

## LES ATLAS FAUNISTIQUES COMME OUTILS D'ANALYSE SPATIALE DE LA BIODIVERSITÉ

Jorge M. LOBO, Jean-Pierre LUMARET & Pierre JAY-ROBERT

Laboratoire de Zoogéographie, Université Paul Valéry, F-34199 Montpellier cedex 5.

**Mots-clés :** Biogéographie, échantillonnage, Coléoptères Scarabéides Laparosticti, France continentale, Corse.

**Résumé.** – La conservation de la biodiversité constitue un enjeu planétaire qui passe obligatoirement par une parfaite connaissance de la distribution de la faune et de la flore. La constitution de bases de données et la réalisation d'inventaires faunistiques s'inscrivent dans cette perspective. Toutefois une étude de la représentativité de l'information qu'ils recèlent est nécessaire afin de vérifier les relations entre le nombre d'observations répertoriées et le nombre d'espèces recensées. Le présent travail analyse la base de données de l'Atlas des Coléoptères Scarabéides Laparosticti de France en considérant séparément les différents domaines biogéographiques de la France, que l'on a subdivisés en secteurs de surface comparable. L'analyse de la qualité de l'échantillonnage permet d'identifier les secteurs pour lesquels l'information faunistique est satisfaisante : recensement d'au moins 70 % des espèces potentiellement présentes dans le secteur. Le nombre d'observations nécessaires par secteur pour obtenir une information satisfaisante dépend du domaine biogéographique considéré : respectivement 311, 260, 193, 355 et 115 observations pour les domaines océanique, continental, méditerranéen, d'altitude et corse. Les causes du déficit d'échantillonnage, qui concerne essentiellement les domaines océanique, continental et corse, sont discutées.

**Abstract.** – **Taxonomic databases as tools in spatial biodiversity research.** – The conservation of biodiversity constitutes an international goal today, but it needs a good knowledge of the ecology and distribution of fauna and flora. Electronic taxonomic database programs are being developed by many organizations around the world. Once taxonomic databases are established for the purpose of inventory and monitoring, it is necessary to enhance and correct the databases. Through baseline samplings, it is possible to record a very large proportion of the biodiversity present. But it is necessary to evaluate the representativity of the information in order to verify the relationship between the number of discovered species and the number of available samplings. The aim of the present study was to show how the French dung beetle database (Coleoptera, Scarabaeoidea Laparosticti) could provide data for conservation planners in order to encourage greater use of the work of systematists in conservation programmes. The data allow the presence and absence in France (continental part and Corsica) of species in each 0.8 x 0.4 grades squares (301 squares in total). France was also divided into five biogeographic subprovinces, and each square was allotted to one subprovince. The curve showing the accumulation of records in new squares was almost asymptotic. Well sampled squares were those where more than 70 % of the species potentially present in the square were found. The number of records to obtain well sampled squares depended on the subprovince : 311, 260, 193, 355 and 115 samples for the oceanic, continental, mediterranean, alpine and corsican subprovinces, respectively. Sixty four squares among 301 showed a good quality of information, and could be used later to detect the hotspots of species richness.

Le taux actuel d'extinction des espèces du fait des activités humaines est de 100 à 1000 fois plus élevé qu'un taux normal d'extinction (MAY *et al.*, 1995). Ce problème aigu de la conservation de la biodiversité a été au centre des débats du Sommet de Rio, en juin 1992, et a présidé à l'actuelle mise en place du réseau Natura 2000 au sein de l'Union européenne. Au cours de la dernière décennie, des efforts ont été déployés pour mettre au point des méthodes et critères rationnels d'analyse de cette biodiversité (SOULÉ, 1991 ; WRI, IUCN & UNEP, 1992), en particulier en prenant en compte les données relatives à différents groupes biologiques, et avant tout ceux les plus diversifiés. A ce titre les insectes, qui constituent plus de 50 % de la diversité de la planète (WILSON, 1988) et près de 80 % de celle du règne animal (PAVAN, 1986), devraient faire l'objet d'une attention particulière. La place mineure qui leur est encore accordée aujourd'hui dans beaucoup de domaines est sans commune mesure avec leur importance biologique et écologique (MAURIN & HAFNER, 1994 ; HÉBERT, 1995). Dans de nombreux cas, cela est dû au peu d'informations dont on dispose sur chaque espèce quant à sa distribution géographique au niveau le plus fin et à la place réelle qu'elle occupe dans les écosystèmes. Or seule une connaissance précise de la taxonomie, de l'écologie et de la biogéographie de nombreux groupes biologiques permettra d'envisager d'utiliser les plus intéressants d'entre eux, ainsi que les paramètres environnementaux qui leurs sont liés, comme indicateurs indirects de la biodiversité (NOSS, 1990), voire comme outils de gestion des milieux naturels (MAURIN & HAFNER, 1994 ; DUPONT & LUMARET, 1997).

La détection des zones de diversité maximale d'une région ou d'un pays consisterait d'abord à rassembler, puis à analyser, toute l'information disponible, taxon par taxon, pour chacun des groupes biologiques considérés. L'accumulation et surtout la manipulation d'une quantité énorme de données variées ne peut pratiquement pas être menée à bien sans l'utilisation des outils informatiques que sont les systèmes de gestion des bases de données (S.G.B.D.) et les systèmes d'information géographique (S.I.G.) (MILLER, 1994 ; DAVIS, 1994). Seule l'utilisation associée de ces deux outils peut rendre efficace une manipulation des données, en permettant de générer rapidement de nouvelles informations biogéographiques dont la synthèse va conduire à circonscrire les aires de diversité maximale.

Mais, au préalable, il convient de déterminer si les données des inventaires réalisés sont, ou ne sont pas, comparables. Comme le nombre d'espèces répertoriées dans une région dépend à la fois de la taille de celle-ci (WILLIAMSON, 1988) et de la pression d'échantillonnage exercée, la comparaison entre deux localités ou régions ne peut être envisagée que si les paramètres que sont la surface prospectée et la pression d'échantillonnage, ne présentent pas entre eux de disparités trop importantes. Le problème de la taille des zones étudiées peut être partiellement résolu si l'on compare la biodiversité de zones de surface équivalente. Toutefois l'aire potentielle de distribution d'une espèce, telle qu'elle est définie par l'échantillonnage, peut être sensiblement différente de l'aire effectivement occupée par cette espèce (GASTON, 1991), et un certain niveau d'incertitude va persister de toutes façons. Le problème lié à la qualité de l'échantillonnage est plus complexe. Mettre au point une méthode d'échantillonnage qui permette d'obtenir rapidement des mesures comparables en tous points n'est pas facile (SOUTHWOOD, 1979), de même qu'il n'est pas aisé de définir un seuil à partir duquel l'échantillonnage permet une bonne estimation de la diversité (MAGURRAN, 1988). De fait, les problèmes inhérents à la pression d'échantillonnage sont bien souvent négligés lorsque l'on effectue une estimation de la biodiversité en ayant pris soin de définir des aires d'égale surface. Les éventuels artefacts qui en résultent sont généralement sous-estimés par rapport aux facteurs naturels qui régulent cette biodiversité (WILLIAMS, 1993).

Il conviendrait donc, avant de réaliser les analyses qui permettent d'isoler les zones de diversité maximale, de distinguer les régions bien prospectées de celles qui, au contraire, requièrent une prospection urgente, en estimant approximativement l'effort de collecte qui permettrait d'obtenir un inventaire fiable. Cet effort complémentaire peut être fourni mais, le plus souvent, il est difficile à réaliser à court terme lorsque l'aire prospectée (une région ou un pays, par exemple) est très importante. Aussi l'analyse de la répartition de la biodiversité ne doit-elle être envisagée qu'à partir des seules données fiables dont on dispose.

En nous appuyant sur un exemple concret, nous avons voulu analyser les points forts et les faiblesses d'un inventaire entomologique qui a été mené à son terme afin de vérifier si un tel outil pouvait se prêter à une analyse pertinente de la biodiversité à l'échelle d'un pays. L'Atlas des Coléoptères Scarabéides Laparosticti de France (LUMARET, 1990) se place exactement dans cette perspective. Cet ouvrage, qui fait le point sur dix années de prospection et de collecte de données, propose une synthèse de toute l'information biologique et géographique concernant 190 taxa présents en France métropolitaine et en Corse. La base de données, qui repose sur environ 37300 observations (LUMARET, 1990), est gérée par le SGBD Oracle couplé au SIG Arc-Info (MAURIN & HAFFNER, 1994). Toutefois, malgré le nombre et la variété des sources exploitées (piégeages, collections, données bibliographiques, développement d'un réseau riche de 183 entomologistes...) (LUMARET, 1993), l'information présentée reste tributaire de la qualité de l'échantillonnage, et en particulier de sa structure spatiale. Cette dernière conditionne la fiabilité des cartes de répartition élaborées pour chaque espèce. Il était donc opportun, avant d'envisager l'utilisation d'une telle information pour des analyses plus théoriques, de s'interroger sur la représentativité des données recueillies.

Le présent travail a pour objectifs : 1) d'analyser la structure des données disponibles dans la base de données sur les Scarabéides Laparosticti de France ; 2) de mettre en évidence les déficiences éventuelles de l'échantillonnage en estimant l'effort supplémentaire qui permettrait d'analyser objectivement les variations de la biodiversité sur l'ensemble du territoire.

## Matériel et méthodes

**Données entomologiques disponibles.** – Dans la base de données, les localités échantillonnées sont référencées selon leurs coordonnées géographiques précises, exprimées en grades (DE BEAUFORT & MAURIN, 1988). Afin d'obtenir le découpage de la France qui soit le plus homogène possible avec un degré de précision géographique suffisant, la France métropolitaine et la Corse ont été divisées en secteurs de 0,8 grades (longitude) sur 0,4 grades (latitude), d'une surface variant entre 2030 km<sup>2</sup> pour le nord de la France et 2430 km<sup>2</sup> pour le sud de la Corse. Ce carroyage en 301 secteurs est quatre fois moins précis que celui qui a été choisi pour tracer les cartes de l'Atlas des Scarabéides (LUMARET, 1990), mais il est suffisant pour estimer la diversité faunique à l'échelle de l'ensemble du pays. Pour chaque secteur, deux informations ont été retenues : le nombre d'espèces présentes et le nombre d'observations recensées, chaque observation correspondant au signalement à une date déterminée d'un ou de plusieurs individus d'une espèce donnée pour un lieu de coordonnées précises.

**Approche biogéographique.** – La France métropolitaine et la Corse n'appartiennent pas à la même entité biogéographique et on peut définir plusieurs sous-ensembles. En ce qui concerne la végétation, on distingue classiquement pour la France : les domaines atlantique, médio-européen, méditerranéen et celui de la haute montagne (OZENDA, 1964 ; EHANNO, 1983). De façon analogue, nous avons distingué les domaines océanique, continental et méditerranéen ; le domaine d'altitude (valeurs supérieures à 1000 mètres) ; le domaine corse.

Les limites des trois premiers domaines ont été circonscrites à partir de la carte des régions florales établie par Gaussen (ANONYME, 1951). Le choix de cette source documentaire repose sur la nécessité de disposer d'une carte suffisamment précise pour pouvoir procéder à sa numérisation en vue d'un travail d'analyse à l'aide du SIG Arc-Info. Le choix du seuil altitudinal de 1000 mètres a été dicté par la surface des secteurs (entre 2030 et 2430 km<sup>2</sup>) où les zones de haute altitude (étages sub-alpin et alpin) ne peuvent être individualisées pour l'échelle retenue. Par ailleurs, dans le cas d'un secteur qui serait situé à cheval sur deux domaines contigus, sa dévolution à un domaine précis a été décidée au vu de la position géographique du centre de ce secteur.

**Analyse de la qualité de l'échantillonnage.** – Le nombre d'espèces recensées dans une région dépend de la pression de collecte dont celles-ci ont été l'objet. La distribution de la biodiversité (y) en fonction du nombre d'observations (x) suit approximativement une courbe asymptotique (MAGURAN, 1988). Si, dans un premier temps, le nombre d'espèces inventoriées augmente régulièrement à chaque nouvelle observation, il atteint ensuite un seuil qui correspond au nombre total d'espèces que

compte la région. Les caractéristiques de l'asymptote peuvent être différentes selon la région considérée (fig. 1A). Pour chacun des domaines biogéographiques, nous avons donc ajusté le nuage de points à une courbe asymptotique d'équation  $y = A - B(e^{-Cx})$ . La valeur (A) de l'asymptote de la courbe fournit une estimation du nombre total d'espèces que l'on peut espérer trouver dans chaque secteur. On peut ainsi calculer, pour chaque secteur de chaque domaine :

- le nombre d'observations nécessaires pour qu'au moins 90 % de toutes les espèces théoriquement présentes aient été réellement collectées. Tous les secteurs qui présentent un nombre d'observations permettant d'égaler ou de dépasser ce seuil de 90 % seront qualifiés de "très bien échantillonnés" ;

- le nombre d'observations nécessaires à la collecte d'au moins 70 % de l'ensemble des espèces théoriquement présentes dans un secteur. Tous les secteurs présentant un nombre d'observations permettant d'atteindre le seuil de 70 % des espèces, ou même de le dépasser sans toutefois atteindre le seuil de 90 %, seront considérés comme "bien échantillonnés". Cependant, on a aussi associé à cette classe les très rares secteurs dont le nombre d'observations permettait de s'approcher très près du seuil de 70 % (68 ou 69 %).

Pour les secteurs restants, nous avons calculé le nombre d'observations manquantes (déficit D) pour qu'ils puissent être considérés comme étant "bien échantillonnés" en atteignant le seuil de 70 %. Selon l'ampleur de ce déficit (D), ils ont été classés en quatre catégories : catégorie 1 :  $D < 25$  % ; catégorie 2 :  $25 \leq D < 50$  % ; catégorie 3 :  $50 \leq D < 75$  % ; catégorie 4 :  $D \geq 75$  %.

## RÉSULTATS

### 1) Qualité des données de l'inventaire

#### \* *Domaine océanique*

Ce vaste domaine couvre 61,5% de l'ensemble de la France. Le coefficient de détermination de la courbe asymptotique est de 98 % (fig. 1B). Selon cette courbe, chaque secteur rassemble au plus 81,2 espèces et 311 observations indépendantes sont suffisantes pour rendre compte de 90 % de ces espèces, tandis que 161 observations permettent d'estimer 70 % de la richesse de ce secteur. L'analyse des données disponibles dans la base de données "Scarabéides" montre que seuls 8,6 % des secteurs ont été correctement échantillonnés (tableau 1), avec deux pôles de prospection, l'un dans la région parisienne et l'autre, plus important, situé dans la partie sud-ouest du domaine océanique (fig. 2).

#### \* *Domaine continental*

Le coefficient de détermination est égal à 98 % (fig. 1C). Il suffit de 260 observations pour recenser 90 % de l'ensemble estimé des espèces d'un secteur (72,6 espèces) tandis que 134 observations permettent d'en recenser 70 %. Sur cette base, 28,9 % des secteurs du domaine continental sont bien ou très bien échantillonnés (tableau 1), avec une répartition spatiale relativement homogène des secteurs bien échantillonnés (fig. 2).

#### \* *Domaine méditerranéen*

Le coefficient de détermination du modèle est égal à 98 % (fig. 1D). Il s'agit du domaine dont la richesse spécifique estimée par secteur est la plus élevée (92,9 espèces) mais où, bien que 193 observations soient nécessaires pour tenir compte d'au moins 70 % de cette richesse, la qualité de l'échantillonnage est la meilleure, avec 69,6 % des secteurs bien ou très bien échantillonnés (tableau 1).

#### \* *Domaine d'altitude*

Le coefficient de détermination de la courbe est de 95 % (fig. 1E). Cette valeur sensiblement plus faible que les précédentes est due à la diversité des milieux de montagne qui

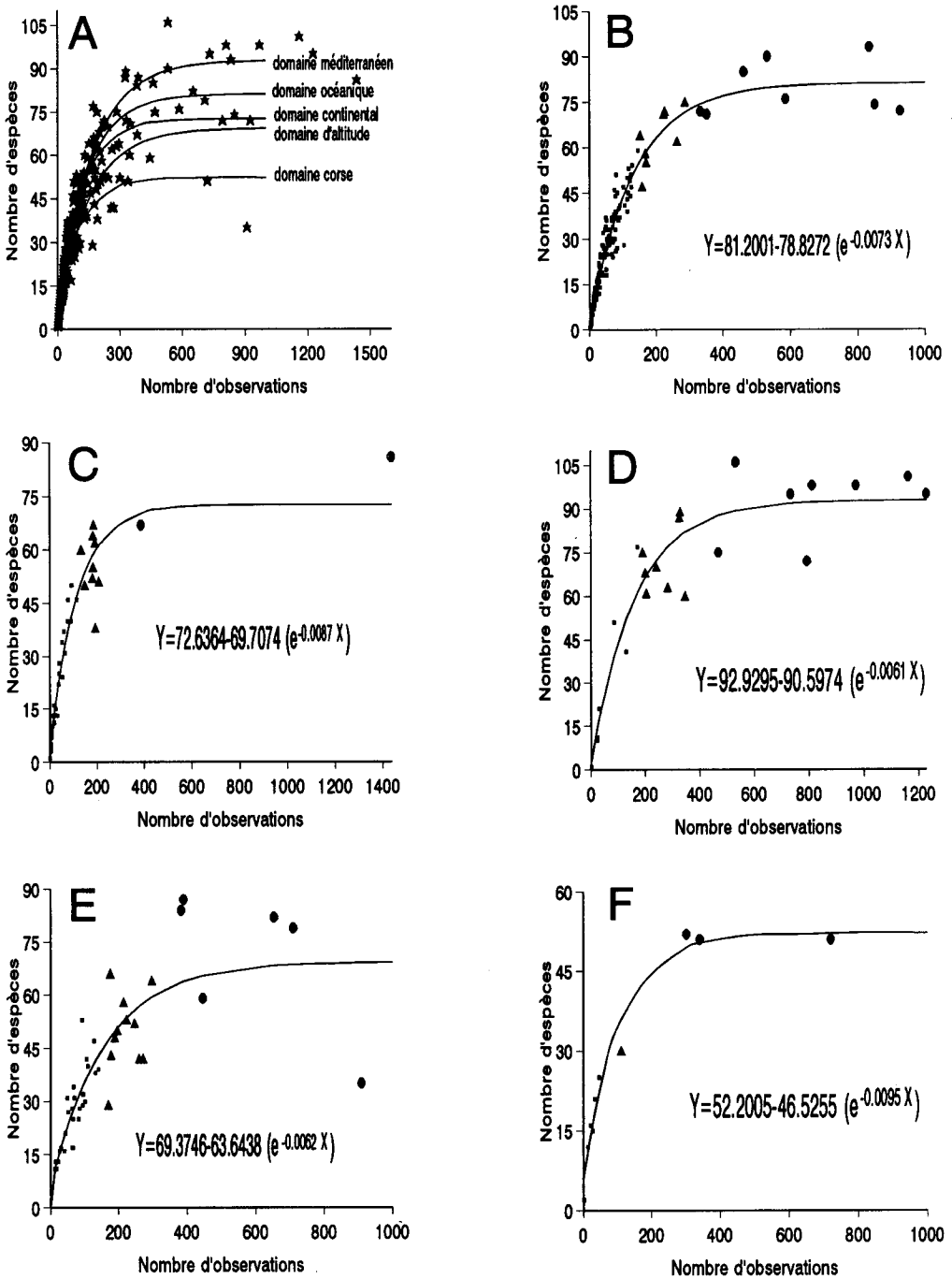


Fig. 1, relation entre le nombre d'espèces recensées et le nombre d'observations. – A, pour l'ensemble des secteurs de France. – B, pour les secteurs du domaine océanique. – C, pour les secteurs du domaine continental. – D, pour les secteurs du domaine méditerranéen. – E, pour les secteurs du domaine d'altitude > 1000 m. – F, pour les secteurs du domaine corse. Les lignes continues représentent l'ajustement des données à une courbe asymptotique d'équation  $y = A - B (e^{-Cx})$ . ★ : tous secteurs confondus ; ● : secteurs "très bien échantillonnés" ; ▲ : secteurs "bien échantillonnés" ; ■ : secteurs insuffisamment échantillonnés (voir texte).

n’ont pas été distingués les uns des autres, étant donné le degré de précision géographique choisi. Or, dans certains secteurs, seuls les milieux de haute altitude ont été prospectés, avec pour effet d’augmenter les disparités de ces secteurs par rapport aux autres du fait d’un appauvrissement sensible de leur diversité spécifique mesurée. La richesse maximale estimée par secteur est de 69,4 espèces, avec respectivement 355 et 180 observations par secteur pour atteindre les seuils de 90 et 70 % de la richesse totale. Selon ces critères, 38,6 % des secteurs du domaine d’altitude ont été convenablement échantillonnés (tableau 1), avec une qualité spatiale de l’échantillonnage élevée (fig. 2).

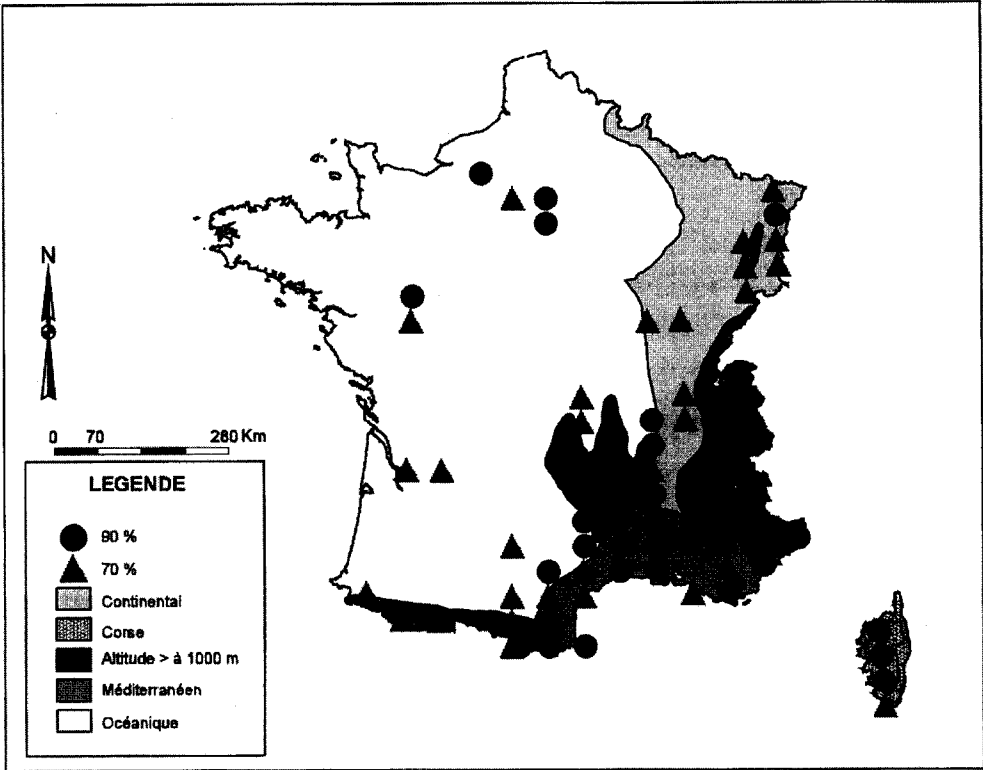


Fig. 2, distribution des secteurs bien (▲) et très bien (●) échantillonnés dans les cinq domaines biogéographiques.

Tableau 1. – Caractéristiques et représentativité des données de l’inventaire des Scarabéides.

Domaines	Secteurs			Nombre d’observations	
	Total	Bien / très bien échantillonnés	% du total	Nombre moyen par secteur	Nombre nécessaire pour un bon échantillonnage
océanique	185	16	8,6	70,73 ± 9,81	161
continental	38	11	28,9	116,03 ± 38,26	134
méditerranéen	23	16	69,6	404,74 ± 77,29	193
altitude > 1000 m	44	17	38,6	180,12 ± 28,57	180
corse	11	4	36,4	148,09 ± 67,53	115
Total	301	64	21,4	120,76 ± 12,02	

### \* *Domaine corse*

La richesse estimée de la Corse est de 52,2 espèces par secteur (fig. 1F). Avec un coefficient de détermination de 99 %, la courbe décrit particulièrement bien la relation existant entre le nombre d'espèces et le nombre d'observations. 115 observations suffisent pour appréhender de manière fiable au moins 70 % des espèces d'un secteur. Selon ces critères, 36,4 % des secteurs de la Corse ont été bien échantillonnés (tableau 1), avec toutefois des lacunes dans la partie orientale de l'île (fig. 2).

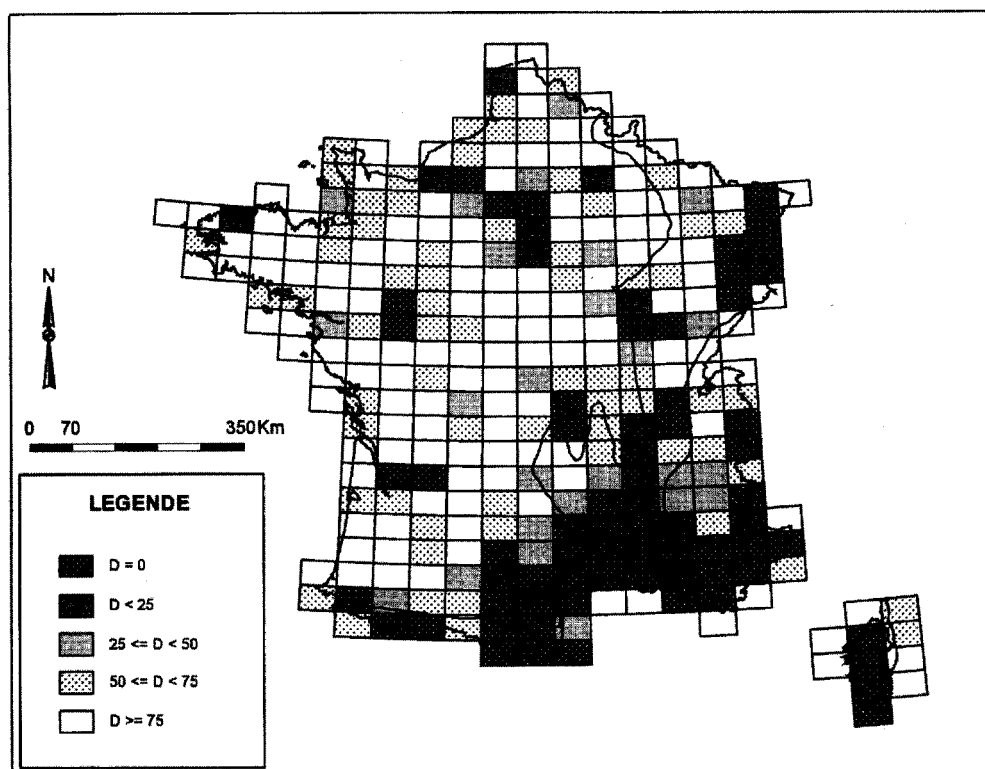


Fig. 3, ampleur du déficit d'échantillonnage selon les secteurs. Le déficit D est exprimé en % par rapport au seuil de 70 % des espèces potentielles recensées dans chaque secteur.

**Tableau 2.** – Niveaux du déficit d'échantillonnage (D) dans chacun des domaines biogéographiques.

Domaines	Nombre total de secteurs	Nombre de secteurs présentant un déficit d'échantillonnage (D)			
		D < 25 %	25 ≤ D < 50 %	50 ≤ D < 75 %	D ≥ 75 %
océanique	185	6	14	46	103
continental	38	1	3	7	16
méditerranéen	23	1	1	1	4
altitude > 1000 m	44	1	7	10	9
corse	11	0	0	2	5
Total	301	9	25	66	137

## 2) Principales insuffisances de la base de données

21,4 % des secteurs de la France (sur 301 au total) sont bien ou très bien échantillonnés (tableau 1) tandis que 67,4 % des secteurs disposent de moins de la moitié des observations

nécessaires pour une bonne estimation de la biodiversité (tableau 2). Les lacunes sont inégalement réparties dans l'espace et, si près de 70 % du domaine méditerranéen sont bien décrits, moins de 40 % de chacun des quatre autres domaines le sont (tableau 2 ; fig. 3). Le domaine océanique est à la fois le plus vaste et le plus mal connu. Il couvre 61,5 % de la France pour seulement 8,6 % de secteurs bien ou très bien étudiés (tableau 1). D'une façon générale, on observe pour l'ensemble du territoire (à l'exception du domaine continental) que les secteurs sont, ou bien très correctement échantillonnés, ou au contraire le sont très mal (déficit  $D \geq 75\%$ ) (tableaux 1 et 2), avec peu de secteurs situés dans les catégories intermédiaires ( $D$  compris entre 25 et 75 %). Si on considérait qu'un complément d'échantillonnage était indispensable pour tous les secteurs dont le déficit excède 75 %, c'est 45,5 % du territoire national qui serait concerné (tableau 2). Mais là encore des disparités géographiques apparaissent, avec d'une part les domaines méditerranéen et d'altitude et d'autre part les domaines océanique, continental et corse. Les domaines méditerranéen et d'altitude ne présentent un très fort déficit d'observations ( $D > 75\%$ ) que dans un secteur sur cinq environ ; ceux-ci sont souvent situés en marge de ces domaines et représentent dans la réalité moins de 1/5 de leur surface totale. En revanche, 40 à 60 % de la surface des trois autres domaines sont très mal échantillonnés (tableau 2).

## DISCUSSION

Malgré un nombre important de données disponibles, la connaissance précise de la répartition des Coléoptères Laparosticti en France est encore incomplète. Si le tiers sud-est du pays est aujourd'hui bien connu, en revanche le reste du territoire est sous-échantillonné, surtout le centre-ouest du pays qui constitue un vaste et profond "désert de connaissances". Cette situation, qui est comparable à celle rencontrée pour d'autres groupes d'insectes (DOMMANGET, 1993 ; HAMON *et al.*, 1995), n'est pas le fruit du hasard. Notre analyse ne fait que mettre en évidence, de façon aiguë, une tendance générale de l'entomologie française : la zone méditerranéenne et, dans une moindre mesure, les zones d'altitude ont depuis longtemps attiré les entomologistes qui pouvaient y trouver une faune riche et variée, quelquefois endémique. Ces régions peuvent être décrites, parfois de longue date, par un nombre considérable de données. La tendance a été renforcée récemment par les multiples études de terrain effectuées dans la zone méditerranéenne et certains secteurs des Alpes (LUMARET, 1978 ; LUMARET & STIERNET, 1989 ; PONEL *et al.*, 1995). Il en va exactement de même pour les Diplopodes et Chilopodes encore très largement méconnus (GEOFFROY, 1981). D'autres régions ont également bénéficié d'un effort de recherche soutenu dans ce domaine, en particulier l'Alsace (GANGLOFF, 1991). Tous ces travaux constituent une source importante de documentation mais leur intégration dans la base de données peut parfois conduire à déséquilibrer la répartition spatiale de l'échantillonnage. Ceci explique que, malgré les apparences et en dépit de ces recherches, la répartition précise de nombreux taxa de Scarabéides Laparosticti de France est encore largement méconnue. Seul un effort durable et important pourrait permettre de combler des lacunes qui concernent près de la moitié du territoire français (MAURIN & HAFFNER, 1994).

Toutefois, il ne s'agit pas de considérer les atlas de ce type comme une fin en soi, mais bien comme un outil de recherche (LECLERCQ, 1979 ; LUMARET, 1990). Chacun des quatre domaines de la France métropolitaine est connu par un nombre comparable de secteurs (64 au total) qui couvrent ensemble environ 21 % du territoire. Un tel échantillon ne peut donc permettre une cartographie précise de la biodiversité à l'échelle nationale, mais il peut servir de base à de nombreuses autres analyses. Il est tout à fait pertinent d'utiliser l'information contenue dans ces secteurs représentatifs pour distinguer les paramètres environnementaux (température, altitude, présence de tel taxon animal ou végétal, ...) qui pourraient être corrélés avec le niveau de biodiversité observé ou avec la répartition des espèces (LUMARET, 1994). Les Laparosticti étant essentiellement coprophages, une analyse d'ensemble de ce groupe présente un intérêt tout particulier pour l'analyse de la diversité



fonctionnelle des écosystèmes (GOOD, 1996). En outre, la conceptualisation de connaissances jusqu'alors plus ou moins empiriques ouvre les portes à la modélisation (WILLIAMS, 1993 ; GASTON & BLACKBURN, 1995). En effet, à partir d'indicateurs probants dont la répartition peut être connue sur l'ensemble du territoire, il est tout à fait envisageable d'estimer la répartition totale de chacun des taxa ainsi que celle de la biodiversité. Cela permettrait en particulier, en identifiant *a priori* les secteurs les plus intéressants parmi l'ensemble des secteurs sous-échantillonnés, d'optimiser le champ des recherches biogéographiques ultérieures. Un aspect majeur est aussi l'identification des secteurs pouvant présenter des niveaux exceptionnels de biodiversité ("hotspots") (MYERS, 1988, 1990 ; LAWTON *et al.*, 1994), ce qui doit conduire à s'interroger sur leur origine et les mesures conservatoires à prendre pour leur maintien.

**Remerciements.** – Nos remerciements vont à J.-F. BRULARD (Institut d'Ecologie et de Gestion de la Biodiversité, M.N.H.N., Paris) pour son aide technique sur la base de données centrale et à R. QUISSAC (Laboratoire de Zoogéographie, Montpellier) pour la mise en forme cartographique des données.

## LITTÉRATURE CITÉE

- ANONYME, 1951. – *Atlas de France (Métropole)*. – CNRS, Comité National de Géographie & Société Française de Cartographie édit., Paris.
- BEAUFORT F. de & MAURIN H., 1988. – *Le Secrétariat de la Faune et de la Flore et l'inventaire du Patrimoine naturel : objectifs, méthodes et fonctionnement*. Paris : Secrétariat Faune-Flore / MNHN., 119 p.
- DAVIS F. W., 1994. – Mapping and monitoring terrestrial biodiversity using Geographic Information Systems. In : Peng C. I. & Chou C. H. (eds), *Biodiversity and Terrestrial Ecosystems*, p. 461-471. Taipei : Institute of Botany, Academia Sinica Monograph, series 14.
- DOMMANGET J. L., 1993. – Programme INVOD, bilan et perspectives. In : Lhonoré J., Maurin H., Guilbot R. & Keith P. (eds), *Inventaire et cartographie des Invertébrés comme contribution à la gestion des milieux naturels français. Actes du séminaire tenu au Mans le 6 et 7 novembre 1992*, p. 77-82. Paris : Collection Patrimoines Naturels, Secrétariat Faune-Flore / MNHN, Vol. 13.
- DUPONT P. & LUMARET J.-P., 1997. – *Intégration des Invertébrés continentaux dans la gestion et la conservation des espaces naturels. Analyse bibliographique et propositions*. Ministère de l'Environnement/DNP n° 67/95 & Réserves Naturelles de France, 258 p.
- EHANNO B., 1983. – *Les Hétéroptères Miridés de France. Tome 1 : Les secteurs biogéographiques*. Paris : Série Inventaires de Faune et de Flore, Secrétariat Faune Flore / MNHN, fasc. 25 : 603 p.
- GANGLOFF L., 1991. – *Catalogue et atlas des Coléoptères d'Alsace. Tome 4 : Lamellicornia, Scarabaeidae et Lucanidae*. Strasbourg : Société Alsacienne d'Entomologie & Musée Zoologique de Strasbourg, 108 p.
- GASTON K. J., 1991. – How large is a species' geographic range? – *Oikos*, **61** : 434-438.
- GASTON K. J. & BLACKBURN T. M., 1995. – Mapping biodiversity using surrogates for species richness: macro-scales and New World birds. – *Proceedings Royal Society London*, **262** : 335-341.
- GEOFFROY J.J., 1981. – Les Myriapodes du Parc National des Ecrins. I. Stations de récolte (1976-1979) et présentation générale des peuplements de Chilopodes et de Diplopodes. – *Travaux scientifiques du P.N.E.*, **1** : 97-123.
- GOOD J. A., 1996. – The use of macroinvertebrate indicator assemblages for pan-European habitat conservation of saproxylic communities. – *Actes "Colloque sur la conservation, la gestion et le rétablissement des habitats des invertébrés : favoriser la diversité biologique"*. Killarney, Irlande, 26-29 mai 1996. Strasbourg : Conseil de l'Europe, Rencontres Environnement, **33** : 94-101.
- HAMON J., FONFRIA R., BITSCH J., TUSSAC M. & DUFIS I., 1995. – *Inventaire et Atlas provisoires des Hyménoptères Scoliidæ de France métropolitaine*. Paris : Collection Patrimoines Naturels, Série Patrimoine génétique. Service du Patrimoine Naturel / MNHN, n° 21, 53 p.
- HEBERT C., 1995. – Les insectes : les grands oubliés du discours sur la biodiversité. – *Le Naturaliste Canadien*, **119** : 38-40.
- LAWTON J. H., PRENDERGAST J. R. & EVERS HAM B. C., 1994. – The numbers and spatial distributions of species : analyses of British data. In : Forey P.L., Humphries C.J. & Vane-Wright R.I. (eds), *Systematics and Conservation Evaluation*, p. 177-195. Systematics Association Special Volume N° 50, Oxford : Clarendon Press.
- LECLERCQ J., 1979. – Tous ces atlas, toutes ces cartes, c'est pour quoi faire ? – *Notes fauniques de Gembloux, Faculté des Sciences Agronomique de l'Etat, Gembloux*, **2** : 2-22.
- LUMARET J.-P., 1978. – *Biogéographie et écologie des Scarabéides coprophages du Sud de la France*. Thèse Doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 342 p.
- 1990. – *Atlas des Coléoptères Scarabéides Laparosticti de France*. Paris : Série Inventaires de Faune et de Flore, Secrétariat Faune Flore / MNHN, fasc. 1 : 420 p.

- 1993. – L'Atlas des Coléoptères Scarabéides : fonctionnement d'un réseau d'inventaire et utilisation des données. In : Lhonoré J., Maurin H., Guilbot R. & Keith P. (eds), *Inventaire et cartographie des Invertébrés comme contribution à la gestion des milieux naturels français. Actes du séminaire tenu au Mans le 6 et 7 novembre 1992*, p. 97-102. Paris : Collection Patrimoines Naturels, Secrétariat Faune-Flore / MNHN, Vol. 13.
- 1994. – La conservation de l'entomofaune dans les aires naturelles protégées. In : Jiménez-Peydro R. & Marcos-García M. A. (eds.), *Environmental Management and Arthropod Conservation*, p. 57-65. Madrid : Asociación española de Entomología.
- LUMARET J.-P. & STIERNET N., 1989. – Inventaire et distribution des Scarabéides coprophages dans le massif de la Vanoise. – *Travaux Scientifiques du Parc de la Vanoise*, **17** : 193-228.
- MAGURRAN A.E., 1988. – *Ecological Diversity and its Measurement*. London : Croom Helm.
- MAURIN H. & HAFNER P., 1994. – Sur la connaissance, la conservation et la gestion des Arthropodes en France. In : Jiménez-Peydro R. & Marcos-García M. A. (eds), *Environmental Management and Arthropod Conservation*, p. 37-55. Madrid : Asociación española de Entomología.
- MAY R.M., LAWTON J.H. & STORK N.E., 1995. – Assessing extinction rates. In : Lawton J.H. & May R.M. (eds), *Extinction Rates*, p.1-24. Oxford : Oxford University Press.
- MILLER R.I., 1994. – *Mapping the Diversity of Nature*. London : Chapman & Hall, 218 p.
- MYERS N., 1988. – Threatened biotas : hotspots in tropical forests. – *Environmentalist*, **8** : 187-208.
- 1990. – The biodiversity challenge : expanded hotspots analysis. – *Environmentalist*, **10** : 243-256.
- NOSS R.F., 1990. – Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. – *Conservation Biology*, **4** : 355-364.
- OZENDA P., 1964. – *Biogéographie végétale*. Collection Biologie, Paris : Douin, 374 p.
- PAVAN M., 1986. – Una rivoluzione culturale europea: la "Carta sugli Invertebrati" del Consiglio d'Europa. – *Pubblicazioni dell'Istituto Entomologico, Università di Pavia*, **33** : 1-51.
- PONEL P., JAY P. & LUMARET J.-P., 1995. – Past and present changes in the Coleopteran fauna since the end of the last glaciation. The case of the Western Alps and the Appennines. In : Guisan, A., Holden, J. I., Spichiger, R. & Tessier, L. (eds), *Potential Ecological Impacts of Climate Change in the Alps and Fennoscandian Mountains*, p. 159-172. Genève : Conservatoire du Jardin Botanique de Genève, CH.
- SOULE M.E., 1991. – Conservation tactics for a constant crisis. – *Science*, **253** : 745.
- SOUTHWOOD T.R.E., 1979. – *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. London : Methuen.
- WILLIAMS P.H., 1993. – Measuring more of biodiversity for choosing conservation areas, using taxonomic relatedness. In : T.Y. Moon (ed.), *International Symposium on Biodiversity and Conservation*, p. 194-227. Seoul : Korean Entomological Institute.
- WILLIAMSON M., 1988. – Relationship of species number to area, distance and other variables. In : Myers A. A. & Giller P. S. (eds.), *Analytical Biogeography, an integrated approach to the study of animal and plant distributions*, p. 91-146. London : Chapman & Hall.
- WILSON E. O., 1988. – The current state of biological diversity. In : E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*, p. 3-18. Washington DC : National Academy Press.
- WRI, IUCN, UNEP. 1992. – *Global biodiversity strategy : guidelines for action to save, study and use Earth's biotic wealth sustainably and equitably*. Washington DC : World Resources Institute, 35 p.