

Inventaire des coléoptères carabiques du Grand Dijon et de Côte-d'Or

Michel LOUBÈRE* & Monique PROST**

Résumé

Nous présentons l'état d'avancement de l'inventaire des Carabidae de Côte-d'Or. De 1920 à 2012, 1250 observations furent récoltées, dans 192 sites, représentant 8939 individus de 163 espèces, dont une nouvelle pour la Bourgogne, une accidentelle. Parmi les espèces non ré-observées après 1990, 9 sont considérées prioritaires, car se trouvant aussi en limite d'aire de répartition ou pouvant se révéler intolérantes aux pratiques actuelles de gestion des milieux : *Nebria salina* Fairmaire, *Notiophilus aestuans* Dejean, *Notiophilus germyi* Fauvel, *Bembidion stephensii* Crotch, *Bembidion milleri* Jacquelin du Val, *Harpalus serripes* Quensel, *Stenolophus skrimshiranius* Stephens, *Calathus ambiguus* Paykull, *Philorhizus sigma* Rossi. Elles se localisaient : pour 5 dans le val de Saône, pour 3 dans la Côte et pour 1 dans la montagne bourguignonne. Cinq existèrent dans l'agglomération dijonnaise.

A l'aide d'un site à Hauteville-lès-Dijon, on illustre les possibles effets sur les faunes d'une succession d'anomalies climatiques printanières telles que celles observées en 2011 et 2012, ainsi que les enseignements que l'on peut en tirer en termes de conservation.

Mots-clés : Carabidae, effort d'échantillonnage, inventaire régional, conservation.

Abstract

Côte-d'Or's ground beetles inventory progress is presented. Between 1920 and 2012, 1250 observations have been collected from 192 sites, accounting for 8939 individuals and 163 species. Amongst these, 1 species is new in Burgundy and 1 accidental and 9 missed after 1990. Status evaluation seems a priority for the latter, because they reach their extension limit in Côte-d'Or or might prove intolerant to modern management practices: *Nebria salina* Fairmaire, *Notiophilus aestuans* Dejean, *Notiophilus germyi* Fauvel, *Bembidion stephensii* Crotch, *Bembidion milleri* Jacquelin du Val, *Harpalus serripes* Quensel, *Stenolophus skrimshiranius* Stephens, *Calathus ambiguus* Paykull *Philorhizus sigma* Rossi. In this group, 5 species used to exist in the Saône river valley, 3 in the « Côte » natural region, 1 in the « montagne bourguignonne » natural region. Five of the species in this list used to exist in Dijon urban area.

Possible outcomes for populations of successive unusually adverse spring weather conditions, such as those observed in 2011 and 2012, are examined with an example from Dijon suburban area. Issues for conservation are discussed.

Key words : Carabidae, sampling intensity, regional inventory, conservation.

* 2 rue des Époutières - 21240 TALANT - malachius@orange.fr (Société Entomologique de Dijon)

** Museum Jardin des Sciences de Dijon - B.P. 1510 - 21033 DIJON CEDEX

I. Introduction

Nous commencerons par présenter la famille des Carabidae, ainsi que les problématiques actuelles qui s'y rattachent. Le sujet est si vaste qu'il ne peut évidemment qu'être survolé.

L'ordre des coléoptères se subdivise en 4 sous-ordres.

Les sous-ordres Myxophaga et Archostemata sont des reliques préhistoriques qui ne comptent plus que quelques espèces.

Le sous-ordre des Polyphaga, littéralement « mangeurs de plusieurs choses », se reconnaît au fait que les coxa (hanches) de leurs pattes postérieures ont une articulation mobile qui ne divise pas complètement ventralement le premier segment abdominal visible (staphylins, scarabées, lucanes, charançons, chrysomèles, coccinelles etc...). Il regroupe 85 % (PAPIER *et al.*, 2005) à 92 % (DRESSLER & BEUTEL, 2010) des espèces actuelles.

Enfin, le sous-ordre qui nous intéresse ici est celui des Adephega, littéralement « gloutons », dont les hanches postérieures ont une articulation rigide qui partage ventralement en deux le premier segment abdominal visible. Il représente 8 % (DEUVE, 2004) à 10 % (DRESSLER & BEUTEL, 2010) des espèces actuelles. Ses espèces se répartissent selon leur mode de vie : Geadephega (terrestres) et Hydradephega (aquatiques). Avec environ 40000 espèces à travers le monde, les Carabidae sont à la fois les principaux Adephega et Geadephega tandis que les Dytiscidae (dytiques), qui sont également des Adephega, sont les principaux Hydradephega.

C'est au Permien supérieur ou au Trias (PAPIER *et al.*, 2005), à la fin de l'ère primaire ou au début de l'ère secondaire, que l'on situe l'apparition des Carabidae. Les discussions sur la monophylie et la composition de cette famille sont par trop complexes et foisonnantes pour être résumées ici. Certains auteurs regroupent tous les carabiques dans une unique famille des Carabidae (FREUDE *et al.*, 1971 ; LINDROTH, 1985 ; LAWRENCE & NEWTON, 1995). D'autres pensent que les sous-familles de Carabidae sont elles-mêmes des familles valides (JEANNEL, 1941-1942 ; DEJVE, 2004). Pour l'instant, nous nous contentons de rester dans le système nomenclatural de FREUDE *et al.* (1971) avec lequel nous avons commencé cette étude. Nous prendrons en compte les cicindèles. Dans la suite le vocable « carabiques » désignera les autres espèces. A l'intérieur de ces derniers, on distinguera les « carabes », qui sont les représentants du genre *Carabus*.

Les Carabidae de nos régions sont des espèces noires ou vivement colorées, parfois très variables. Chez nous la plus grande espèce est *Carabus coriaceus* Linné, dont le plus gros exemplaire mesuré par nous atteignait 3,86 cm.

L'activité de recherche sur cette famille est si intense et ancienne (KOTZE *et al.*, 2011 ; DESENDER *et al.*, 1994 ; THIELE, 1977) que l'on en vint à former le terme « carabidologie » pour rassembler cette somme de travaux.

Régulièrement étudiés, ils sont connus pour leur sensibilité aux perturbations d'origine naturelle ou anthropique, leur diversité spécifique, leur richesse spécifique, leur biomasse, leur brachyptérisme, leurs variations anatomiques, leurs fréquences alléliques. L'ensemble de ces traits physiologiques, écologiques et comportementaux concourt à faire d'eux de précieux bio-indicateurs (NIEMELÄ & KOTZE, 2000 ; DUFRÈNE & LEGENDRE ; 1997 ; LUFF, 1996 ; STORK, 1990 ; THIELE, 1977).

Ils fournissent des modèles pour l'écologie (méta-populations, écomplexes, évolution) et jouent un rôle important dans nos écosystèmes, qu'ils ont d'ailleurs tous investis (forêts, grottes, champs, prairies, zones humides, zones urbaines et même une espèce semi-aquatique).

La famille compte un petit nombre de phytophages, mais pour l'essentiel ce sont des prédateurs souvent généralistes, car leur physiologie leur fait obligation de varier leurs proies (WALLIN *et al.*, 1992) : mollusques, annélides, larves et œufs des autres insectes. Ces espèces sont autant d'auxiliaires pour le jardinage, l'agriculture et la foresterie. Un affaiblissement des populations de Carabidae peut par exemple induire des pullulations plus fréquentes et plus violentes des lépidoptères défoliateurs (CIORNEI *et al.*, 2003).

Ces insectes appartiennent à la faune du sol et à la strate herbacée, sauf pour quelques uns qui savent grimper aux troncs pour atteindre la canopée. Quoiqu'anatomiquement peu adaptés au fouissage, ils sont capables de creuser rapidement et profondément. Ils sont aptères, brachyptères ou macroptères. Pour beaucoup d'espèces, le degré de développement alaire varie d'un individu à l'autre au sein d'une même population. En conséquence, la dispersion fait donc intervenir la marche et le vol en proportions variables suivant les espèces mais aussi entre les populations au sein d'une même espèce. Elle est donc généralement inégale et souvent très peu importante.

Il y a donc un enjeu de conservation pour cette famille. En Europe, des inquiétudes sont apparues notamment dans le nord, où DESENDER & TURIN (1989) et KOTZE *et al.* (2003) estimaient qu'un tiers de ses espèces était menacé en Belgique, au Luxembourg, aux Pays-Bas et au Danemark. Dans le Bade-Wurtemberg et la Rhénanie du Nord - Westphalie les ratios sont respectivement de 40 % et 40,9 % d'espèces menacées, ainsi que de 4 % et 3,5 % d'espèces éteintes (TRAUTNER *et al.*, 2005 ; SIMON, 2000). Les facteurs de sensibilité de cette famille sont (AVGIN & LUFF 2010) : la fragmentation des habitats consécutive à l'aménagement du territoire (NIEMELÄ, 2001 ; NIEMELÄ & KOTZE, 2000), les pratiques culturales et sylvicoles (tassement du sol, simplification de la strate herbacée), le tourisme, la pollution (LAGISZ *et al.* 2005)

Pour l'instant, peu de régions voisines de la Bourgogne ont complété leur inventaire des Carabidae (Alsace, Rhône-Alpes). Il est donc encore trop tôt pour porter un jugement sur le statut de ces espèces en France ou au niveau régional. Cependant, deux exemples donnent à réfléchir en Côte-d'Or : des cas de dérive génétique ont été diagnostiqués par ALIBERT *et al.* (2001) dans les populations de l'espèce forestière stricte *Carabus auronitens* Fabricius (espèce incapable de traverser les lisières), que la fragmentation des habitats

a placées en situation d'isolement. Considéré comme menacé ou en voie d'extinction chez plusieurs voisins européens (Allemagne : BINOT *et al.* 1998 ; Belgique : KESTEMONT, 2010), c'est au XIX^e siècle que *Bembidion velox* Linné, cet habitant des vases exondées, fut mentionné pour la dernière fois de Côte-d'Or.

Dans ce contexte, avec l'inventaire des Carabidae de Côte-d'Or, notre objectif est d'apporter des données sur les points suivants :

- la richesse spécifique des Carabidae sur le territoire Côte-d'Or et ses variations locales ;
- la répartition spatiale et le statut des espèces ;
- les relations espèce-milieu.

A l'instar de nos voisins, nous n'avons pas encore complété l'inventaire de la Côte-d'Or. La présente communication est destinée à exposer sa mise en place et à en rapporter l'état actuel d'avancement. Nous nous intéresserons essentiellement à la richesse spécifique. D'autres paramètres tels que la dominance au sein des populations, la taille moyenne des espèces qui les composent, le brachyptérisme, le ratio des espèces généralistes par rapport aux espèces spécialisées, seront analysés lorsqu'une plus grande exhaustivité aura été atteinte.

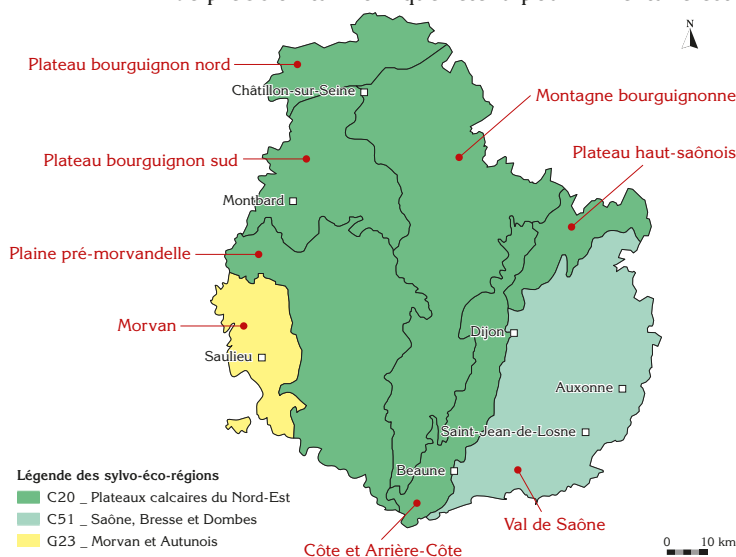
II. Mise en place de l'inventaire et principales notions

II.1. Définitions

Dans la suite, les vocables « station » et « site » désignent un point de coordonnées géographiques (x, y, z), où x est la longitude, y la latitude et z l'altitude. En ce point plusieurs opérateurs peuvent avoir travaillé à différentes dates. L'« observation » est l'occurrence d'une espèce dans une station à une date donnée, ce qui s'écrit sous la forme d'un triplet (*Espèce, Date, Station*). Dans l'inventaire, nous ne pouvons prendre en compte cette information additionnelle que représente le nombre d'individus observés, car il n'est généralement pas comparable entre les opérateurs dont les protocoles expérimentaux sont divers.

Conformément au code de déontologie de l'Union de l'Entomologie Française, le propriétaire intellectuel d'une observation est l'opérateur qui a effectué la capture, même quand il n'est pas déterminateur. Ainsi, une partie des observations présentées ici nous furent-elles gracieusement communiquées par Messieurs P. GIRARDOT et G. JACOB de la Société Entomologique de Dijon.

La taxinomie infra-spécifique étant trop instable pour être prise en compte, le degré de précision taxinomique retenu pour l'inventaire est l'espèce.



II.2. Les régions naturelles de Côte-d'Or et leurs cortèges faunistiques

Le Ministère de l'Agriculture a récemment mis en place un nouveau découpage naturel de la France (CAVAIGNAC, 2009) : les sylvo-éco-régions (abrégées ci-après en SER). Ces nouvelles unités remplacent les anciennes régions forestières nationales (abréviation : RFN), que l'administration centrale jugeait trop petites. Dans le cas particulier de la Côte-d'Or, ancien et nouveau référentiel se superposent (figure 1). Chez nous, les SER sont un simple regroupement des anciennes RFN, qui en deviennent des subdivisions.

Il existe un risque que les faunes de ces grandes SER, qui

Figure 1. Changement de la nomenclature des régions naturelles ordonné par le Ministère de l'Agriculture : comparaison entre l'ancienne nomenclature (Régions Forestières Nationales, en rouge) et la nouvelle (Sylvo-éco-régions).

agrègent des milieux très divers à l'échelle entomologique, se révèlent tellement hétérogènes qu'il en devient impossible d'identifier les variations locales significatives et donc les cortèges faunistiques ou les secteurs d'intérêt. On peut prendre l'exemple de la nouvelle SER C20 appelée « Plateaux calcaires du Nord-Est de la France ». A notre niveau local, elle réunit entre autres la montagne bourguignonne avec la Côte en dépit de différences d'exposition et d'altitude très ressenties par les Carabidae. A l'échelle nationale, elle s'étend jusqu'à la frontière belge, ce qui représente, pour d'aussi petits animaux, un gradient latitudinal significatif, le long duquel varient la composition des cortèges faunistiques ainsi que les niches écologiques.

En conséquence, nous avons choisi de conserver le référentiel RFN et ses petites unités plus adaptées à l'entomologie.

Avec des observations non quantitatives, une méthode d'identification des espèces caractéristiques de chaque RFN telle que les indicatrices de DUFRÈNE & LEGENDRE (1997) ne nous est pas accessible. Nous avons néanmoins conservé leur idée de pondérer le nombre d'observations par le nombre de sites dans lesquels l'espèce a été observée, afin de résumer sous forme synthétique les particularités de la distribution de chaque espèce. Pour chaque espèce i et chaque RFN j , nous avons calculé le score A_{ij}

défini comme : $A_{ij} = 100 \cdot \frac{O_{ij}}{O_i} \cdot \frac{S_{ij}}{S_i}$, où O_{ij} et S_{ij} sont le nombre d'observations et de sites

pour l'espèce i dans la RFN j , O_i et S_i sont le nombre total d'observations et de sites pour l'espèce i dans tout le département. Le coefficient A_{ij} varie de 0 à 100. Sa valeur se lit comme « x % des observations et sites ».

La RFN j pour laquelle A_{ij} est maximal est donc celle qui concentre à la fois le plus grand nombre d'observations et de sites de l'espèce i . A l'échelle du département, cette espèce est caractéristique d'une RFN si 100 % de ses observations et sites s'y trouvent, spécifique de celle-ci si plus de 75 % de ses observations et sites s'y trouvent, affine si plus de 50 % de ses observations et sites s'y trouvent. Si A_{ij} ne dépasse nulle part 50 %, c'est qu'il s'agit d'une espèce généraliste.

Au stade où nous en sommes, toutes les RFN n'ont pas encore été échantillonnées avec une intensité comparable. Le nombre de sites disponibles pour chacune reflète encore beaucoup ces disparités. Nous ne présenterons donc que les valeurs A_{ij} des RFN dans lesquelles on a atteint une intensité d'échantillonnage comparable.

II.3. Collecte des données

La famille des Carabidae compte quelques espèces immédiatement identifiables, notamment celles de la sous-famille des Carabinae (genres *Calosoma*, *Carabus*, *Cychrus*). Mais pour l'immense majorité, l'étude des genitalia mâles en laboratoire est indispensable.

En entomologie, chaque méthode d'inventaire possède un spectre de capturabilité. Pour chacune, il y a un cortège d'espèces fréquemment observées, cependant que d'autres échappent complètement au recensement. C'est pourquoi, l'estimation de la richesse spécifique requiert l'emploi simultané de plusieurs méthodes d'échantillonnage (LONGINO *et al.*, 2002).

Pour les Carabidae, c'est la méthode d'échantillonnage au piège à fosse qui est recommandée (BARBER, 1931). Un grand nombre des données présentées ici proviennent de ses différents déclinaisons (piège sec, attractif, non attractif). Mais elle n'est pas utilisable partout, notamment où il y a un passage d'animaux ou de véhicules. C'est pourquoi le filet fauchoir ou l'exploration des refuges, que constituent pierres et morts-bois, fournissent aussi d'utiles observations complémentaires.

II.4. Statut des espèces

Même après autant d'années de travaux internationaux sur cette famille, l'écologie de nombreuses espèces est encore très imprécisément connue, en sorte que l'on ne sait pas toujours où les chercher ni quand. La qualité des relevés est également fonction des aléas climatiques. Par conséquent, les inventaires entomologiques ne sont jamais exhaustifs : des espèces peuvent ne pas être observées bien qu'elles soient réellement présentes. Aussi, toute la difficulté de l'évaluation du statut des espèces d'insectes consiste-t-elle à éviter d'inclure dans les listes d'espèces prioritaires celles manquées durant la phase d'inventaire.

Nous avons tenté d'éviter cet écueil en développant une procédure de sélection des espèces prioritaires en deux étapes :

1 – d'abord, nous avons utilisé les données historiques pour générer une première liste d'espèces candidates au statut de prioritaires. Y furent incluses celles qui n'avaient pas été revues depuis au moins 20 ans, durée choisie en référence à la répartition de l'effort d'échantillonnage dans le temps.

Une espèce prioritaire s'entend donc comme étant une espèce à rechercher en priorité. La liste d'espèces prioritaires n'a pas vocation à évoluer vers une liste d'espèces protégées. En effet, une telle disposition est contre-productive (BOOSTEN, 1995) chez les insectes. Seule la protection du milieu de l'espèce menacée est une mesure efficace ;

2 – ensuite, la seconde étape a consisté à filtrer les espèces candidates. D'une part nous nous référons aux connaissances disponibles sur leur répartition dans les régions voisines et en Europe. D'autre part, nous avons considéré les artefacts usuels, qui aboutissent à ce qu'une espèce puisse échapper à l'inventaire et n'être pas revue, alors qu'elle est toujours présente :

- (1) évolution de la nomenclature : l'espèce n'est caractérisée que depuis peu et était confondue avec une autre auparavant ;
- (2) fluctuations de l'intérêt pour les milieux : les inventaires sont souvent adossés à des politiques de conservation si bien que les milieux ciblés peuvent différer d'une décennie à la suivante en fonction des orientations choisies par les pouvoirs publics ; certaines espèces ne sont alors pas revues simplement parce que leur habitat n'a pas fait l'objet d'un suivi ;
- (3) variation des techniques d'échantillonnage : les opérateurs d'une décennie peuvent avoir employé des techniques différentes des ceux des décennies précédentes ;
- (4) espèce accidentelle arrivée dans nos régions par le tourisme ou le transport de marchandises, mais qui ne peut se maintenir dans cet environnement trop éloigné de son milieu d'origine ;
- (5) espèce en limite d'aire de répartition, dont l'activité est passée sous le seuil de détection des méthodes employées par les expérimentateurs ;
- (6) espèce dont l'activité est passée sous le seuil de détection par suite d'une réaction négative à une variation du milieu d'origine anthropique ou naturelle.

Les cas 1 à 3 sont des artefacts méthodologiques courants. Ils concernent généralement des espèces dont nous ne pouvions justifier l'absence de Côte-d'Or au vu de leurs données biogéographiques. Celles-ci furent écartées de la liste finale. Elles y seront éventuellement incluses plus tard, si elles ne sont toujours pas observées lors des futures prospections de leur milieu. Le cas 4 n'a pas d'intérêt. Dans une perspective de conservation, on s'intéresse généralement aux cas 5 et 6. Ce sont donc les espèces dont l'absence des relevés modernes pouvaient relever de ces critères, qui ont été retenues.

Naturellement, la liste ainsi obtenue n'est pas close. Une phase ultérieure consistera à prendre en compte celles des espèces observées aujourd'hui qui sont rares, en limite d'aire de répartition ou dont le milieu est menacé. Mais cette dernière étape ne pourra être accomplie qu'au stade final de l'inventaire, lorsque l'exhaustivité taxinomique et géographique sera suffisante.

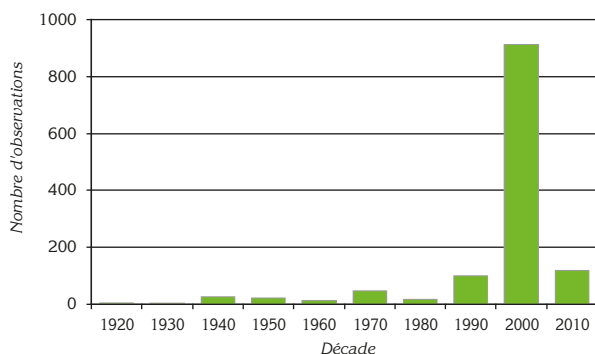


Figure 2. Répartition temporelle par décennies d'inventaire des observations présentées dans cet état d'avancement.

III. L'état d'avancement de l'inventaire

Les 1275 observations présentées ici s'échelonnent de 1920 à 2012 (figure 2). Celles pour la période 1920-1990 nous viennent du Muséum-Jardin des Sciences de Dijon et sont celles qui ont été utilisées pour l'évaluation du statut des espèces. Mais le plus grand nombre des données provient de travaux réalisés entre 1990 et 2012, dont les principaux furent :

- les études d'impact de la LGV Rhin-Rhône ;

- les études réalisées sur les forêts domaniales de Bourgogne en collaboration avec l'ONF ;
- les études réalisées dans le cadre de la recherche de nids de la fourmi *Leptothorax cistercianus* nov.

Ces trois phases s'enchaînent dans le temps, créant aussi une progression géographique depuis les sites de la LGV Rhin-Rhône au sud-ouest du Département (val de Saône) en direction du nord et de l'est. C'est pourquoi l'on peut observer une hétérogénéité de la répartition spatiale des 192 sites exposés ici (figure 3). Leur densité est encore faible dans la plaine pré-morvandelle, le Morvan, ainsi que sur le plateau bourguignon. Notre présentation des cortèges faunistiques se restreindra donc aux 3 régions naturelles, dans lesquelles l'intensité d'échantillonnage a atteint des niveaux à la fois acceptables et comparables : val de Saône, Côte, montagne bourguignonne.

A ce stade, avec ses 106 espèces (figure 4), le val de Saône apparaît pour la RFN la plus riche en valeur absolue. Cependant, si la richesse spécifique est rapportée à la superficie de la RFN, la petite région de la Côte révèle alors un fort et intéressant potentiel.

La moitié des espèces trouvées dans le val de Saône ne s'observent que dans cette RFN (figure 4), et seul un tiers du cortège faunistique est partagé avec les autres RFN du Département. Quant à elle, la Côte partage la moitié de son cortège avec les autres RFN du Département, mais l'autre moitié, soit a une forte affinité avec ces milieux, soit ne s'observe que dans cette RFN. Ainsi, quoique Côte et val de Saône partagent une longue limite commune, leurs cortèges faunistiques apparaissent nettement différenciés. Le cortège du val de Saône contient bon nombre d'espèces des milieux

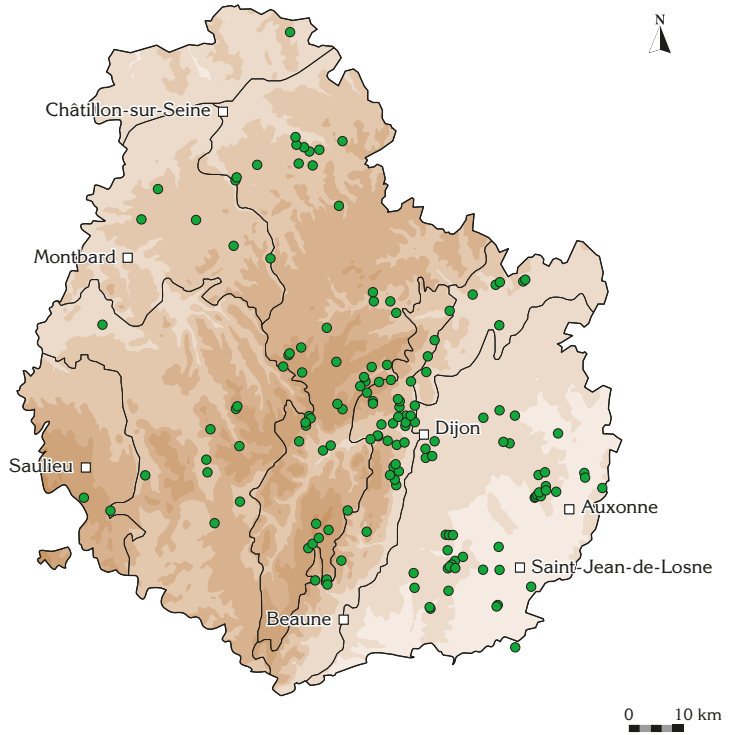


Figure 3. Répartition géographique des sites échantillonnés dans la période 1920-2012.

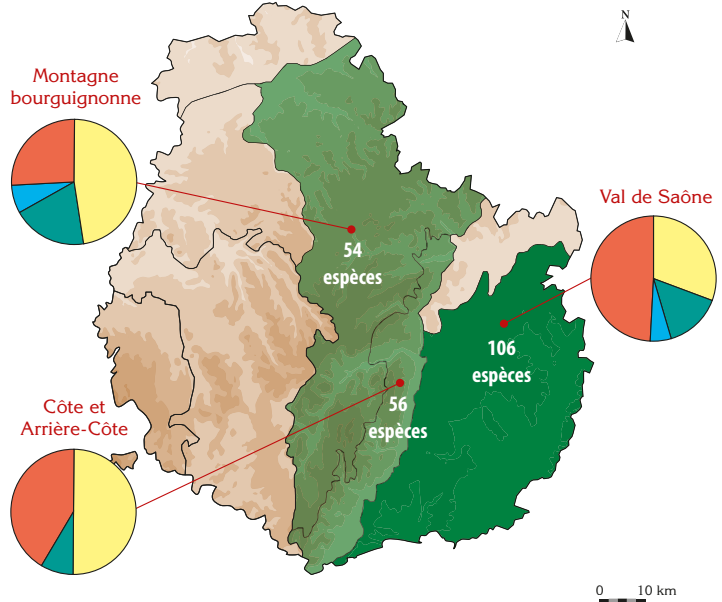


Figure 4. Richesse spécifique des régions forestières les plus prospectées et structure de la faune.

- espèces caractéristiques (100 % des observations et sites dans la région forestière)
- espèces spécifiques (> 75 % des observations et sites dans la région forestière)
- espèces affines (> 50 % des observations et sites dans la région forestière)
- espèces généralistes

humides. Celui de la Côte se caractérise par sa richesse en Harpalinae liés aux sols calcaires thermophiles. La Montagne est celle qui possède la plus petite proportion d'espèces caractéristiques. Parce que c'est la plus boisée (126500 ha ; 56,2 % : IFN 2004), le cortège des espèces forestières strictes, qu'elle partage avec les autres milieux forestiers du Nord-Est de la France, y a un poids plus fort.

Des travaux spécifiques sont menés sur l'agglomération dijonnaise, zone d'une emprise maintenant significative à l'échelle départementale, dont l'intérêt pour la conservation tient notamment à sa localisation au point de rencontre de trois cortèges faunistiques (Côte, val de Saône et plateau haut-saônois), une circonstance favorable à une importante richesse spécifique. L'agglomération offre aussi l'opportunité d'étudier des problématiques, telles que le gradient rural-urbain, notamment dans sa partie nord-ouest mitoyenne de la RNR du Val-Suzon, où l'urbanisation augmente graduellement de Hauteville-lès-Dijon à Dijon. C'est pourquoi ce secteur a été plus intensivement prospecté que l'est et le sud de l'agglomération, qui n'ont pas encore été inventoriés.

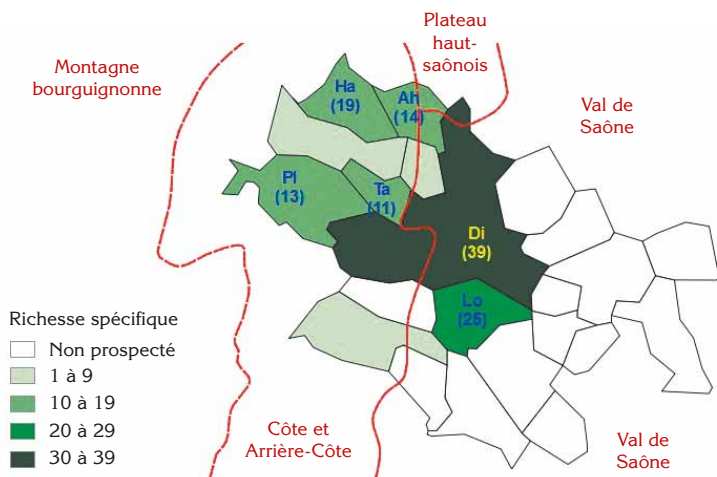


Figure 5. Inventaire du Grand Dijon et état actuel de notre connaissance de la richesse spécifique des Carabidae

Les régions forestières sont en rouge et les limites communales en noir.

Ont été identifiées, celles des communes ayant fait l'objet de prospections dans la dernière décennie. Le nombre d'espèces qui y sont connues est indiqué entre parenthèses :

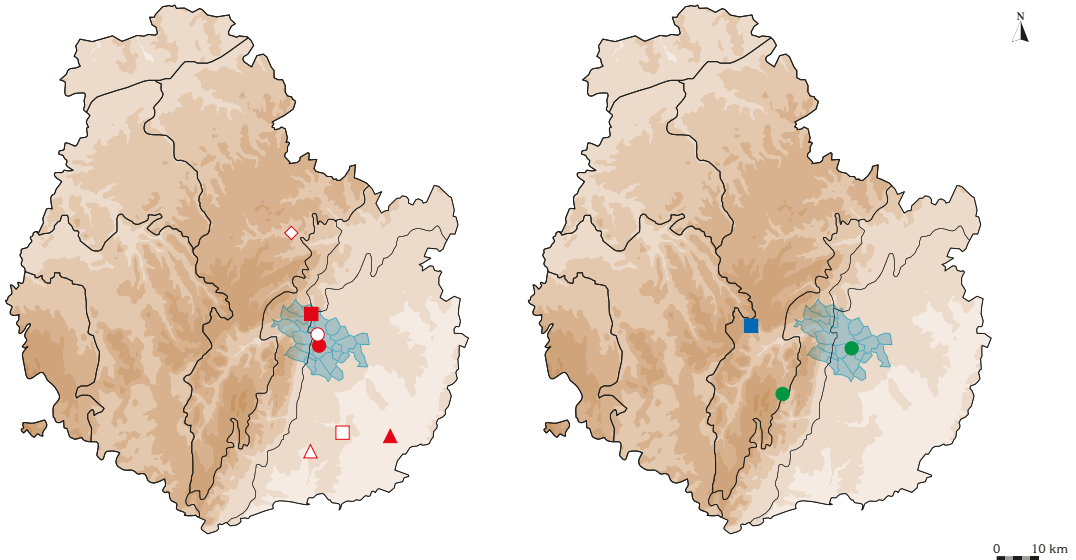
Ah : Ahuy ; Di : Dijon ; Ha : Hauteville-lès-Dijon ; Lo : Longvic ; Pi : Plombières-lès-Dijon ; Ta : Talant.

La figure 5 compile les résultats de ces inventaires, ainsi que ceux de PROST & SOICHOT (2010). Pour l'heure, la zone la plus urbanisée (communes de Dijon et Longvic) semble la plus riche, mais c'est aussi la commune la plus étendue et surtout la plus anciennement prospectée. Cette tendance serait plutôt à l'inverse de la diminution de la richesse spécifique en milieu urbain usuellement observée (SADLER *et al.*, 2006 ; NIEMELÄ *et al.*, 2002), mais il y a en fait peu de comparaisons possibles, car les principaux travaux se concentrent sur la faune forestière, alors que nous échantillons aussi celle des milieux ouverts. Avec cette même restriction, on peut également comparer aux 22 espèces observées par nous en forêt de Cîteaux, où les relevés furent également surtout effectués sous couvert.

La distribution des 9 espèces jusqu'ici identifiées prioritaires est résumée dans la figure 6a. Parmi celles-ci, 5 n'ont pas été revues depuis 1960 et 4 depuis 1990. Le val de Saône est la région la plus concernée avec 5 espèces, devant la Côte avec 3 espèces et la Montagne avec seulement 1 espèce. Même si nous prenons en compte la faible exhaustivité géographique des données anciennes, le potentiel de richesse spécifique de l'agglomération dijonnaise, que nous mentionnions plus haut, apparaît quand même en ce que 5 des espèces prioritaires n'étaient connues que là et parmi elles les 3 identifiées dans la Côte.

Comme nous l'avons indiqué, la liste des espèces prioritaires n'est pas close, car certaines des espèces récemment observées correspondent elles aussi aux critères 5 et 6 du paragraphe II.4. Deux cas sont illustrés dans la figure 6b : *Trichotichnus nitens* Heer et *Brachinus sclopetata* Fabricius.

Trichotichnus nitens Heer est une espèce de l'Est de la France à répartition montagnarde : Vosges, Jura, Alpes, Massif du Pilat (COULON *et al.*, 2011). Les données du passé ne suggèrent pas d'autres localités possibles (CALLOT & SCHOTT, 1993 ; JEANNEL, 1942). En 2012, nous obtînmes la première observation de cette espèce en Bourgogne.



a. Les espèces non revues depuis au moins 20 ans, qui sont à rechercher en priorité. Les symboles pleins sont pour les espèces non revues depuis 1960 et les vides pour celles non revues depuis 1990.

■ *Notiophilus aestuans* Motsch. + *Notiophilus germinyi* Fauvel + *Harpalus serripes* Quensel.
 ● *Calathus ambiguus* Payk. ▲ *Philorhizus sigma* Rossi. ◆ *Bembidion milleri* Duv.
 ○ *Nebria salina* Fairm. △ *Stenolophus skrimshirianus* Steph. □ *Bembidion stephensi* Crotch

b. Les espèces nouvelles ou redécouvertes
 ■ *Trichotichnus nitens* Heer. ● *Brachinus sclopeta* F.

Figure 6. Les espèces prioritaires et répartition de leurs données connues (le Grand Dijon est symbolisé en bleu).

Brachinus sclopeta Fabricius est une espèce assez courante dans le Sud de la France. Elle le fut aussi dans les milieux agricoles du Nord jusqu'à l'époque de l'intensification de l'agriculture. A partir de là, elle connut une régression. CALLOT & SCHOTT (1993) ne l'ont pas retrouvée en Alsace. En Lorraine, elle n'est connue que des environs de Vittel (CLERGUÉ, 2009), où elle habite des zones de cultures qui se trouvent justement être des cultures biologiques, ce qui amène à se demander si elle ne pourrait pas être un indicateur de la qualité du milieu. En Côte-d'Or, plus aucune observation ne fut portée à la connaissance du Muséum de Dijon de 1978 à 2011, quand l'un de nous la redécouvrit à Longvic, dans la station d'épuration de l'agglomération dijonnaise.

IV. Discussion

IV.1. Estimation de l'effort d'échantillonnage

Comme les Départements limitrophes n'ont pas achevé leur inventaire, situer notre état d'avancement actuel n'est guère aisé. Les références disponibles proviennent souvent de territoires éloignés par la géographie ou par la nature de leurs milieux. En Alsace, on dénombre 350 à 380 espèces par département (CALLOT & SCHOTT, 1993), mais la Côte-d'Or ne possède pas de milieux d'altitude tels que ceux des Hautes-Vosges ou de reliques glaciaires comparables à la Réserve de Biosphère des Vosges du Nord. Pour les mêmes raisons, il n'y aurait non plus guère de sens à baser notre estimation sur les départements montagnards (Haute-Savoie, Savoie) ou méditerranéens (Drôme, Ardèche) de la région Rhône-Alpes, mais on peut retenir ceux de la Loire et du Rhône. Quant à lui, le territoire luxembourgeois est comparable par sa faible altitude, même s'il est soumis à des influences nettement plus continentales. Les valeurs de richesse spécifique vont alors de 266 espèces au Luxembourg (BRAUNERT & GEREND, 1997) à 310 dans la Loire et 392 dans le Rhône (COULON *et al.*, 2000). Du Luxembourg au Rhône, on a un gradient latitudinal. Il apparaît plausible de penser que la Côte-d'Or devrait se situer entre ces valeurs, quoique ce ne soit pas certain en raison de l'importance des effets dus à la gestion des milieux. Toutefois, avec actuellement 163 espèces, on peut estimer être à la moitié de l'inventaire. Considérant que val de Saône, Montagne et Côte totalisent 55 % de la

superficie du département, il semble que : (i) dans ces trois RFN l'effort d'échantillonnage actuel soit peu éloigné de l'optimum ; (ii) la richesse spécifique encore manquante puisse se trouver dans l'ouest du département.

IV.2. Des cortèges très différenciés

Les forts contrastes entre les cortèges des différentes régions forestières et la forte originalité de la Côte et du val de Saône constituent l'un des principaux enseignements. Mais il reste de profondes inconnues dans le département de la Côte-d'Or. Ainsi, si la bibliographie et les collections peuvent nous renseigner sur ce qui exista par exemple autour de Montbard, la plaine pré-morvandelle est, quant à elle, une totale inconnue. Coincée entre deux secteurs d'intérêt pour la conservation (Morvan et Montagne), essentiellement agricole, elle n'attira l'attention d'aucun entomologiste à notre connaissance. On peut donc légitimement se demander si la spécificité trouvée aux cortèges de la Côte et du val de Saône ne s'atténuera pas lorsque nous aurons exploré la totalité du département.

En fait, si nous manquons de données bibliographiques sur l'ouest du département, nous possédons en revanche déjà des données contemporaines récoltées par nous-mêmes et nos collègues dans le Morvan, la plaine pré-morvandelle, le plateau bourguignon sud. Dans l'est, l'exploration du plateau haut-saônois est également en bonne voie. Il eût été trop précocement d'interpréter les résultats de ces RFN à ce stade, mais elles ont été prises en compte dans les calculs.

De plus, une caractéristique générale des cortèges de Carabidae est leur structure très déséquilibrée, avec un petit nombre d'espèces très dominantes et un grand nombre d'espèces très rares. En conséquence, un échantillonnage sub-optimal révèle essentiellement les espèces dominantes, qui sont aussi souvent les plus répandues (KOTZE *et al.*, 2003). Dit autrement : l'accroissement de l'effort d'échantillonnage dans la Côte et le val de Saône nous a surtout amené à collecter les espèces rares, qui ont peu de chance d'être partagées avec les autres régions. Ainsi, l'inventaire de la partie occidentale du département amènera probablement un petit lissage des spécificités identifiées à ce stade, mais il ne les gommara vraisemblablement pas intégralement, car elles sont l'expression de différences entre milieux.

Dans le val de Saône, la faune reflète les caractéristiques principales que l'on connaît à cette région : présence de milieux humides et thermophiles. Par exemple, la thermophilie se manifeste dans les données de distribution de *Carabus auratus* Linné (la jardinière), qui est fréquent sous les couverts du val de Saône (en forêt de Cîteaux : 14 % des Carabidae), alors que dans la Montagne il se restreint aux milieux ouverts, comportement qu'on lui connaît également plus au nord dans le plateau lorrain (en Meurthe-et-Moselle : 0,03 % des Carabidae de la forêt de Haye). Pour les Carabidae, comme pour la végétation, la limite entre val de Saône et montagne bourguignonne est donc une zone de délimitation entre influences thermophiles et continentales, ainsi qu'entre les cortèges faunistiques associés.

La Côte a très certainement un potentiel élevé. L'originalité de son cortège provient pour l'instant de ses prairies calcaires très favorables aux Harpalinae et Zabrinae. Sans oublier que les pierres y fournissent des refuges contre les intempéries ou les prédateurs, plébiscités par toute les espèces. Le recensement n'y est possiblement pas terminé, car c'est aussi une région de forêts, dont le taux de boisement de 39,2 % est proche de la moyenne départementale. L'exploration des milieux forestiers y fut entamée dès le début de l'inventaire, mais doit être approfondie. Malheureusement, 20 % de la surface boisée y est constituée de plantations de conifères, qui ne s'avèrent guère riches.

Le fort potentiel de la région de Dijon lié à sa localisation au point de rencontre de plusieurs régions naturelles a été identifié de longue date, ce qui avait entraîné la création de plusieurs ZNIEFF (Zones Nationales d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique) sur les territoires de Hauteville-lès-Dijon, Ahuy et Plombières-lès-Dijon. Les derniers emplacements connus de 3 des espèces prioritaires se trouvent sur la commune d'Ahuy, dans l'une des ZNIEFF. Le cas de *Brachinus sclopeta* Fabricius est intéressant car il montre que la zone urbanisée a fourni des milieux de substitution à une espèce fortement fragilisée par l'évolution des pratiques agricoles.

IV.3. Quelques premières tendances dans la faune côte-d'orientienne

Les résultats des échantillonnages forestiers de 2012 furent déconcertants, en raison de l'inusuelle pauvreté du cortège des *Carabus* de printemps, comme illustré par le cas d'une futaie mixte mitoyenne de la Réserve Naturelle Régionale et forêt de protection de Val-Suzon (figure 7). Au printemps, seul y fut actif *Carabus nemoralis* Müller, espèce connue pour réagir positivement aux perturbations (RIBERA *et al.*, 2001). Le cortège estival était conforme pour la région. La synthèse des relevés de la dernière décennie semble effectivement indiquer une activité moindre de nombreuses espèces dans la Montagne (figure 8b) par rapport au val de Saône (figure 8a). La synchronicité des relevés n'ayant pas été privilégiée dans cette démarche de recensement des espèces, ceux du reste du département sont en partie légèrement postérieurs à ceux du val de Saône – notamment en 2012 où notre objectif était de combler le retard dans le reste du département –, si bien que cette raréfaction pourrait être l'expression d'une dynamique comme d'un gradient édaphique. Par contre, les échantillonnages synchrones entre le val de Saône et le plateau lorrain (figure 8c) indiquent une activité comparable de la plupart des espèces à cette époque, malgré les différences d'altitude et de latitude. C'est insuffisant pour une démonstration d'une tendance annuelle à la raréfaction des *Carabus*, que seul pourrait apporter un dispositif de suivi sur le long terme, tel celui de SÁGHI *et al.* (2005) dont nous n'avons pas d'équivalent. Mais cela nous indique, que dans un contexte d'environnement en changement, nous devrions être plus vigilants sur cette question encore trop peu traitée du suivi des populations dans le temps.

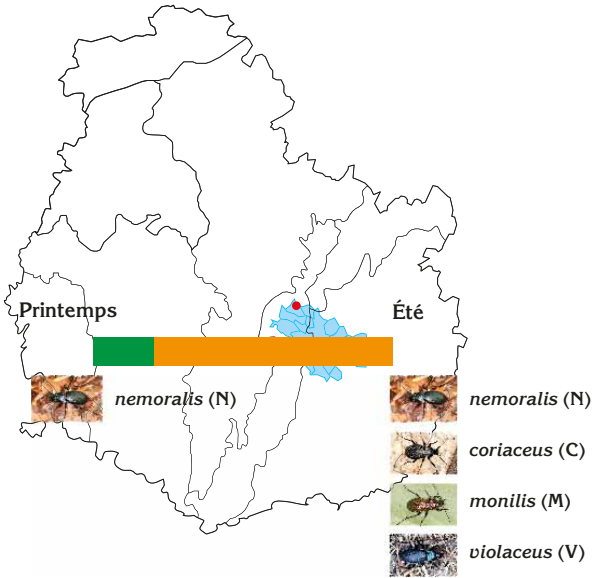


Figure 7. Tendances constatées en 2012 chez les faunes de *Carabus* des forêts côte-d'orientiennes : exemple de la comparaison des faunes printanières (Mai-Juin) et estivales (Juillet-Août) d'un site de la Côte (en rouge). Entre parenthèses, on a indiqué l'abréviation référençant l'espèce dans la figure 8.

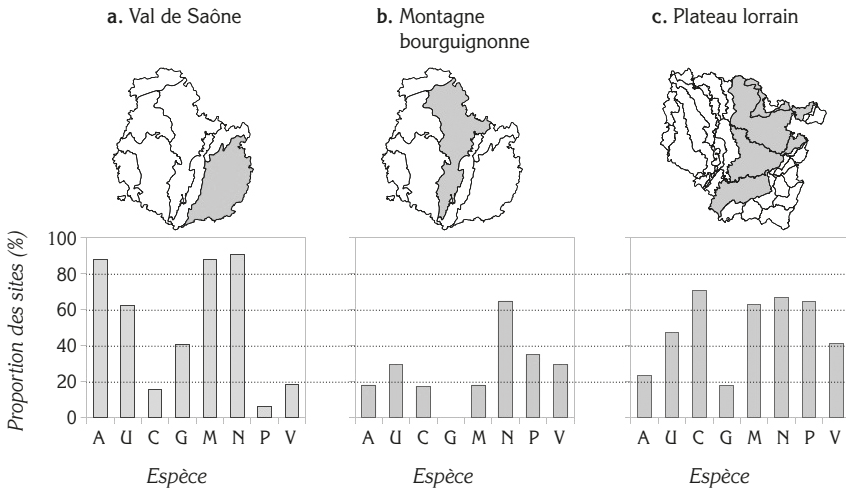


Figure 8. Fréquences d'apparition des principales espèces du genre *Carabus* dans le val de Saône et la montagne bourguignonne. Comparaison avec la situation dans le plateau lorrain échantillonné conjointement au val de Saône.

Abréviations des espèces :

A : *Carabus auratus* L. C : *Carabus coriaceus* L. G : *Carabus granulatus* L. M : *Carabus monilis* F.
 N : *Carabus nemoralis* Müller. P : *Carabus problematicus* Hbst. U : *Carabus auronitens* F. V : *Carabus violaceus* L.



Carabus auronitens, Détain-Gergueil (Côte-d'Or).

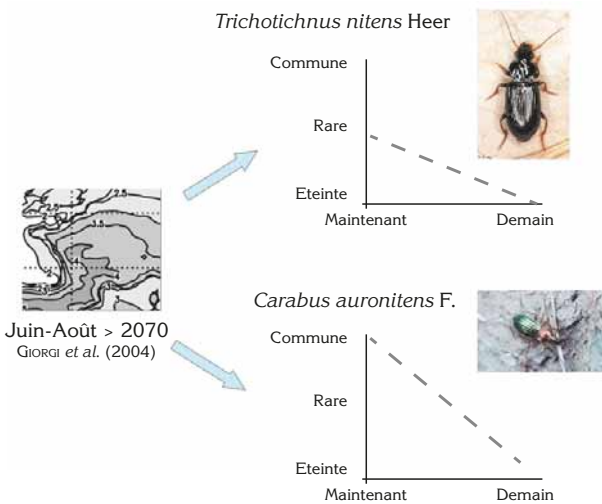


Figure 9. Évolutions possibles du statut des espèces dans un contexte de réchauffement climatique : cas d'une espèce actuellement rare et d'une espèce actuellement commune.

peut l'être aussi. Non seulement le réchauffement peut par lui-même influencer sa survie hivernale, ses synchronisations phénologiques avec ses proies et prédateurs, son cycle de reproduction ou même provoquer des interruptions de reproduction en cas de températures extrêmes. Mais il risque aussi de provoquer la modification de la strate arborescente et de la végétation, comme le montre le modèle biogéographique de BADEAU *et al.* (2007), qui prévoit une raréfaction du hêtre dans notre région, laquelle pourrait entraîner une raréfaction des cortèges entomologiques de la hêtraie et de la chênaie-hêtraie en Côte-d'Or.

Les températures de mai sont un paramètre critique du cycle de reproduction d'espèces printanières comme *Carabus auronitens* Fabricius. En cas d'extrême chaleur (mai 2011) ou d'extrême fraîcheur (mai 2012), ces femelles longévives peuvent choisir de privilégier leur survie à leur reproduction (BAUMGARTNER *et al.*, 1997), un mécanisme qui engendre une instabilité des populations (BAUMGARTNER *et al.*, 2005). On peut dès lors se demander si une succession rapide de conditions printanières défavorables à la reproduction ne pourrait pas mettre ces espèces en difficulté.

IV.4. Inventaire départemental et politiques de conservation

Nous avons déjà évoqué ce que le fait de n'inventorier que dans le cadre de politiques de conservation impliquait comme biais méthodologique et spatial, mais il existe aussi un biais taxinomique. En effet, les politiques de conservation s'adressent traditionnellement aux espèces identifiées comme rares au moment de l'inventaire. En apparence, c'est aussi le point de vue que nous avons adopté ici, en basant notre réflexion sur les critères 5 et 6 du paragraphe II.4. De là vient un manque d'intérêt pour les espèces communes au moment de l'inventaire. Or, l'abondance de ces dernières témoigne précisément de leur adaptation réussie à notre écosystème. Sauf que celui-ci est amené à changer en réponse aux pressions anthropiques ou au changement climatique. On observe d'ailleurs une relation à l'échelle continentale entre la distribution des espèces communes et les variables climatiques (SCHULTZ & ASSMANN, 2009).

Par exemple, le scénario de la figure 9 prévoit une augmentation des températures estivales de 3,5 °C, à la latitude de la Côte-d'Or, à l'horizon 2100 (GIORGI *et al.* 2004), ce qui constitue une estimation intermédiaire par rapport à Météo-France (DÉQUÉ 2007). La température de autres saisons est également amenée à augmenter. Cela engendrera un milieu probablement inhospitalier pour l'espèce montagnarde et rare *T. nitens* Heer, que l'on pourrait considérer comme menacée. Mais la forestière stricte *C. auronitens* Fabricius, actuellement abondante,

V. Conclusion

Ce bilan d'étape nous permet d'établir le plan de marche à venir, concernant notamment l'exhaustivité géographique. Mais l'exposé de ces premiers résultats doit surtout nous amener à une réflexion plus globale sur la pratique moderne de l'inventaire entomologique.

Notre écosystème change. Nous ne sommes plus dans le climat du xx^e siècle et le climat à venir n'est pas encore installé. Nous avons également évoqué les changements des pratiques de gestion qui eux aussi affectent les Carabidae. D'une part, cette situation nous crée le devoir de consigner l'état présent de l'écosystème, qui constituera la base indispensable à toute évaluation des impacts par nos successeurs. D'autre part, nous avons nous-mêmes à évaluer les premiers impacts.

En sous-effectif chronique comparé au nombre de *taxa* visés par les inventaires, l'entomologie souffre de deux autres problèmes au regard du contexte présent.

Premièrement, adosser les inventaires entomologiques aux travaux de conservation engendre des artefacts méthodologiques ainsi qu'une hétérogénéité spatiale de l'effort d'inventaire. En Côte-d'Or, le déséquilibre de connaissances entre l'est et l'ouest du département résulte pour partie du fort investissement de conservation sur la partie est du territoire et du relatif désintérêt pour l'ouest dominé par l'agriculture, à l'exception du Morvan dont l'emprise sur le territoire côte-d'orien est relativement peu importante. Quoique plus lourd à mettre en œuvre, l'échantillonnage régulier du territoire serait une bien meilleure stratégie, ce qui implique un découplage entre travail d'inventaire et de conservation.

Secondement, ce n'est que récemment, sous l'égide de l'ancien Secrétariat Faune Flore Habitat, que reprit en France le travail de suivi de la faune entomologique auparavant quelque peu tombé en désuétude. Pour de nombreux *taxa*, il y avait eu interruption de la transmission inter-générationnelle des savoirs. On parlait donc d'un niveau de connaissances assez bas. La priorité fut dès lors mise sur le recensement des espèces et l'établissement de leur distribution géographique aux différentes échelles. Des aspects méthodologiques tels que la simultanéité des relevés et le suivi de sites dans le temps ont été peu abordés. Jusqu'à présent les dispositifs entomologiques synchroniques étaient temporaires, car ayant pour seul vocation de lisser les effets annuels courants quand on étudie des espèces à sang froid. C'est très insuffisant. La question des *Carabus* nous a montré que des dispositifs de suivis sur le long terme sont indispensables à l'étude des effets des changements du milieu sur les cortèges faunistiques.

Enfin, la réaction des espèces aux changements du milieu ne peut être correctement interprétée sans mesures des caractéristiques du milieu lui-même. C'est la partie des relations espèce-milieu qui n'a pas été exposée ici, afin de ne pas alourdir la présentation de l'inventaire avec les protocoles de mesures actuellement en cours et que nous réservons à la version définitive.

Remerciements

Nous remercions la Ville de Dijon, qui soutient la Société Entomologique de Dijon. Nous remercions également Vincent GODREAU (ONF Bourgogne-Champagne-Ardennes), qui rendit possible plusieurs des travaux exposés ici.

Bibliographie

- ALBERT P., MOUREAU B., DOMMERGUES J.-L. & DAVID B. 2001. Differentiation at a microgeographical scale within two species of ground beetle, *Carabus auronitens* and *C. nemoralis* (Coleoptera, Carabidae): a geometrical morphometric approach. *Zoologica Scripta* 30 (4) : 299-311(13).
- AVGIN S.S. & LUFF M.L. 2010. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators of human impact. *Munis Entomology & Zoology* 5 (1): 209-215.
- BADEAU V., DUPOUEY J.L., CLUZEAU C. & DRAPIER J. 2007. Aires potentielles de répartition des essences forestières d'ici 2100. *Rendez-vous techniques de l'ONF hors-série n° 3* « Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques » : 1-8.
- BARBER H. 1931. Traps for cave-inhabiting insects. *J. Elisha Mitchell Sci. Soc.* 46 : 259-266
- BAUMGARTNER R., PRIGGE M., HEIMBACH U. & WEBER F. 2005. The Dynamics of a *Carabus auronitens* Population Subject to a Powerful Abiotic Key Factor. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem* 308 : 1-112.
- BAUMGARTNER R., BECHTEL A., VAN DEN BOOM A., HOCKMANN P. & HORSTMANN B. 1997. Age pyramid of a local population and viability fitness of phenotypical fractions in *Carabus auronitens* (Coleoptera, Carabidae). *Italian Journal of Zoology* 64(4) : 319-340.

- BOOSTEN G. 1995 : Pour une protection efficace de notre entomofaune et... de l'entomologiste amateur. *Notes fauniques de Gembloux* 30 : 33-34
- BRAIGNERT C. & GEREND R. 1997 : Checkliste der Laufkäfer (Coleoptera : Carabidae) Luxemburgs. *Bull. Soc. Nat. Luxemb.* 98 : 169-184.
- BINOT M., BLESS R., BOYE P., GRÜTTKE H. & PRETSCHER P. 1998. Grundlagen und Bilanzen zur Roten Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. In : Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands: 9-32; Schr.f. Landschaftspflege u. Naturschutz : 55 p.
- CALLOT H.J. & SCHOTT C. 1993. Catalogue et atlas des Coléoptères d'Alsace. Tome 5. Société Alsacienne d'Entomologie, Museum Zoologique de l'Université et de la Ville de Strasbourg, 122 p.
- CAVAIGNAC S. 2009. Les sylvo-écologiques (SER) de France métropolitaine : étude de définition. Convention DGFAR/IFN n°E 12/06. Inventaire Forestier National, 166 p.
- CIORNEI C., LACRAMIOARA C. & HANCE T. 2003. Predator soil fauna with impact on defoliator populations from oak forests of Moldavia. *Anale ICAS* 46 (1) : 187-196.
- CLERGUÉ B. 2008. Evaluation de l'impact des pratiques agricoles sur les fonctions de la biodiversité à l'aide d'indicateurs agri-environnementaux : approche globale et développement d'un indicateur « résistance aux stress biotiques ». Thèse INPL, Vandœuvre-lès-Nancy, 178 p.
- COULON J., PUPIER R., QUEINNEC E., OLLIVIER E. & RICHOUX P. 2011. Coléoptères Carabidae de France : Compléments aux 2 volumes de René Jeannel. Mise à jour, corrections et répertoire. Éd. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, 352 p.
- COULON J., MARCHAL P., PUPIER R., RICHOUX P., ALLEMAND R., GENESTL-C. & CLARY J. 2000. Coléoptères de Rhône-Alpes. Carabiques et cicindèles. Éd. Museum d'Histoire Naturelle de Lyon, Société Linnéenne de Lyon, 192 p.
- DÉQUÉ M. 2007. Changements attendus du climat : quels scénarios ? *Rendez-vous techniques de l'ONF hors-série n° 3* « Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques » : 1-8.
- DESENDER K. & TURIN H. 1989. Loss of habitats and changes in the composition of the ground and tiger beetle fauna in four west European countries since 1950 (Coleoptera: Carabidae: Cicindelidae). *Biol. Conserv.* 48: 277-294.
- DESENDER K., DUFRÈNE M., LOREAU M., LUFF M.L. & MAELFAIT J.P. 1994. Carabid beetles : ecology and evolution. Kluwers (Eds), 474 p.
- DEUVE T. 2004. Phylogénie et classification du genre *Carabus* Linné, 1758. *Bulletin de la Société Entomologique de France* 109(1) : 5-39.
- DUFRÈNE M. & LEGENDRE P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67 : 345-366.
- FREUDE H., HARDE K.W. & LOHSE G.A. 1971. Die Käfer Mitteleuropas. Goecke & Evers (Eds), Band 1., 521 p.
- IFN 2004. Département de la Côte-d'Or : résultats du 4^e inventaire forestier. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 168 p.
- GIORGI F., BI X. & PAL J. 2004. Mean, inter-annual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II: climate change scenarios (2071-2100). *Climate Dynamics* 23 : 839-858.
- JEANNEL R. 1941. Coléoptères carabiques. Première Partie. Éd. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, 571 p.
- JEANNEL R. 1942. Coléoptères carabiques. Deuxième Partie. Éd. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, 592 p.
- KESTEMONT B. 2010 : A red list of Belgian threatened species. Statistics Belgium, Brussels, 1p
- KOTZE D.J., NIEMELÄ, J., O'HARA R.B. & TURIN H. 2003. Testing abundance-range size relationships in European carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). *Ecography* 26 : 553-566.
- KOTZE DJ, BRANDMAYR P, CASALE A, DAUFY-RICHARD E, DEKONINCK W, KOIVULA M.J, LÖVEI G.L, MOSSAKOWSKI D, NOORDIJK J, PAARMANN W, PIZZOLOTTO R, SASKA P, SCHWERK A, SERRANO J, SZYSZKO J, TABOADA A, TURIN H, VENN S, VERMEULEN R & ZETTO T. 2011. Forty years of carabid beetle research in Europe – from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. In: Kotze DJ, Assmann T, Noordijk J, Turin H, Vermeulen R (Eds) Carabid Beetles as Bioindicators: Biogeographical, Ecological and Environmental Studies. *Zookeys* 100 : 55-148.
- LAGISZ M., KRAMARZ P. & NIKLINSKA N. 2005. Metal Kinetics and Respiration Rates in F1 Generation of Carabid Beetles (*Pterostichus oblongopunctatus* F.) Originating From Metal-Contaminated and Reference Areas. *Arch. Environ. Contam. Toxicol* 48 : 484-489
- LAWRENCE J.F. & NEWTON A.F. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). In : Biology, Phylogeny and Classification of Coleoptera : Papers celebrating the 80th Birthday of Roy A. Crowson, vol. II. Pakaluk J. & Ipiński A. Eds, Muzeum i Instytut Zoologii PAN Warszawa, 779-1007.
- LINDROTH C.H. 1985. The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna Entomologica Scandinavia, 225 p.
- LONGINO J.T., CODDINGTON J. & COLWELL R.K. 2002. The ant fauna of a tropical rain forest: estimating species richness three different ways. *Ecology* 83(3) : 689-702.
- LUFF M. 1996. Use of carabids as environmental indicators in grasslands and cereals. *Annales Zoologici Fennici* 33 : 185-195.
- NIEMELÄ J. 2001. Carabid beetles (Coleoptera : Carabidae) and habitat fragmentation : a review. *Eur. J. Entomol.* 98 : 127-132.
- NIEMELÄ J. & KOTZE J. 2000 : GLOBENET : the search for common anthropogenic impacts on biodiversity using carabids. In : P. Brandmayr et al. : Natural history and applied ecology of Carabid Beetles, Pensoft (Ed.), 241-246
- NIEMELÄ J., KOTZE J., VENN S., PENEV L., STOYANOV I., SPENCE J., HARTLEY D. & MONTES DE OCA H. 2002 . Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison. *Landscape Ecology* 17 : 387-401.
- PAPIER F., NEL A. & GRAUVOGEL-STAMM L. 2005. La diversité des Coleoptera (Insecta) du Trias dans le Nord-Est de la France. *Geodiversitas* 27 (2) : 181-199.
- PROST M. & SOICHOT J. 2010. Coléoptères de la ville de Dijon et de sa périphérie urbaine (Côte-d'Or): Deuxième partie. *Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon* 79 (7-8) : 209-240.
- SADLER J.P., SMALL E. C., FISZPAN H., TELFER M. G. & NIEMELÄ J. 2006. Investigating environmental variation and landscape characteristics of an urban-rural gradient using woodland carabid assemblages. *Journal of Biogeography* 33 (6) : 1126-1138.
- SÁGHI Z., BÉRCES S. & TAKÁCS A. 2005. Long-term monitoring of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in a Hungarian wetland area. European Carabidology Proceedings of the 11th European Carabidologist Meeting. *DIAS Report*. 114 : 255-263.
- SCHULDT A. & ASSMANN T. 2009. Environmental and historical effects on richness and endemism patterns of carabid beetles in the western Palaearctic. *Ecography* 32 (5) : 705-714.
- SIMON L. 2000 : Rote Liste der in Rheinland-Pfalz gefährdeten Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae). Ministerium für Umwelt und Forsten, 32 p.
- STORK N.E. 1990 : the role of Ground Beetles in Ecological and Environmental Studies. Intercept (Eds), 424 p.
- THIELE H.U. 1977 : Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by adaptations in Physiology and Behaviour. Springer Verlag (Eds), 367 p.
- TRAUTNER J., BRÄUNICKE M., KIECHLE J., KRAMER M., RIETZE J., SCHANOWSKI A. & WOLF-SCHWENNINGER K. 2005. Rote Liste und Artenverzeichnis der Laufkäfer Baden-Württembergs. 3. Fassung. *Naturschutz-Praxis Artenschutz* 9, 1-33.
- WALLIN H., CHIVERTON P. A., EKBOM B.S. & BORG A. 1992. Diet, fecundity and egg size in some polyphagous predatory carabid beetles. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 65 (2) : 129-140.