

Biotypologie spatiale des coléoptères carabiques ripicoles au niveau du lac Dayat Aoua (Atlas marocain)

K. BOURAADA¹, A. JANATI IDRISSE¹, G. CHAVANON², H. OUABDELHADI¹, M. ESSAFI^{1,3}

(Reçu le 26/04/2017.; Accepté le 16/11/2017)

Résumé

Les espèces carabiques de Dayat Aoua sont caractérisées par un grand nombre d'espèces rares et peu d'espèces communes à toutes les unités d'échantillonnage. Une grande hétérogénéité est observée au sein d'un type d'habitat ou même d'une sous-station (cas de la sous-station Sud). Ces observations semblent indiquer que les assemblages d'espèces carabiques sont des systèmes ouverts, où l'équilibre local est rarement atteint. Il existe une relation nette entre la distribution des carabidés et celles des facteurs écologiques potentiels. L'effet du climat régional et des caractéristiques physico-chimiques du sol sont à l'origine de microclimats particuliers qui déterminent leurs distributions locales et aussi à l'origine d'une hétérogénéité, qui est observé dans nos résultats des captures, même au sein d'une sous-station qui semble homogène.

Mots-clés: Biotypologie, carabiques ripicoles, Dayat Aoua, Maroc

Spatial biotypology of carabids coleoptera at Dayat Aoua lake (Moroccan Atlas)

Abstract

The carabids species of Dayat Aoua Lake are characterized by a large number of rare species and few species common to all sample units. Great heterogeneity is observed in a habitat type or even at a sub-station (case of South sub-station). These observations suggest that the carabid species assemblages are open systems where the local balance is rarely achieved. There is a clear relationship between the distribution of Carabidae and potential environmental factors. The effect of regional climate and physicochemical characteristics of the soil are causing particular microclimates that determine their local distributions and also the source of heterogeneity that is observed in our results, even within a sub-station which appears homogeneous.

Keywords: Biotypology, carabids species, Dayat Aoua, Morocco

INTRODUCTION

Le Maroc est le pays qui possède les rivières et les fleuves permanents les plus importants du Maghreb. Il se distingue également, en Afrique du Nord, par l'existence de lacs naturels permanents concentrés essentiellement dans le Moyen Atlas, comme le lac Dayat Aoua, dont le fonctionnement crée des conditions particulières très favorables à la biodiversité, constituant des écosystèmes exceptionnels faisant partie intégrante du cycle hydrologique.

La présente étude est consacré aux coléoptères carabiques ripicoles du lac Dayat Aoua, qui ont pour la plupart, une activité nocturne et se déplacent rapidement. Le meilleur moyen de les observer est de les piéger ou les chasser. Les larves de Carabidés vivent dans le sol. Elles sont donc moins connues que les adultes et plus difficiles à quantifier dans un milieu. C'est pourquoi, les études s'intéressent en général aux adultes.

La famille des coléoptères carabiques est caractérisée par un très large succès adaptatif aux multiples conditions écologiques rencontrées à l'échelle du globe. Leur succès phylogénétique en fait un modèle biologique extrêmement intéressant pour l'étude de la manière dont les espèces et les populations d'insectes terrestres s'adaptent à leur environnement.

L'humidité du sol qui est le facteur-clé de la distribution des Carabidés et non la composition de la végétation. Mis à part le cas des Carabides halobiontes ou halophiles, les facteurs chimiques n'interviendraient pas directement dans les distributions. Aucune préférence pour le calcaire (CaCO₃) ne s'observe chez les espèces typiques des pelouses calcicoles. D'autres facteurs édaphiques comme la granulométrie expliquent la distribution de nombreuses espèces, notamment dans les cultures, dans les milieux rivulaires ou dans les habitats xériques.

La disponibilité en nourriture semble aussi être un facteur-clé pour certaines espèces (Loreau, 1984; Agray et Bigot, 1984; Bigot, 1978). Ce facteur est lié à la productivité du site mais aussi aux facteurs micro-climatiques.

L'idée que les facteurs biotiques comme la compétition ne jouent qu'un rôle mineur et qu'on ferait bien de parler du principe de la coexistence plutôt que de celui de la compétition-exclusion. Cette opinion est contestée par Loreau (1984), qui observe un partage dans le temps des ressources par des espèces écologiquement proches. D'après Loreau (1984), seules les espèces dominantes seraient soumises à des pressions de compétition. Les autres espèces seraient influencées par d'autres facteurs comme la prédation et la variabilité temporelle des facteurs environnementaux.

¹ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Sciences. Département de Biologie, Laboratoire de Biotechnologie et Préservations des Ressources Naturelles, Fès, Maroc. Email: khbouraada@laposte.net

² Université Mohamed Premier. Faculté des Sciences. Département de Biologie. Oujda Maroc

³ Laboratoire Régional d'Épidémiologie et d'Hygiène du milieu, Ministère de la Santé, Direction Régionale de la Santé -Région Fès-Meknès

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Site d'étude

Le lac Dayat Aoua fait partie des zones humides les plus importantes au Moyen Atlas Marocain. Ce lac se situe dans la partie West du Moyen Atlas. Ses coordonnées sont 32°58'N et 05°27'W. Il est le lac le plus réputé du Maroc, il se situe à 15 Km au nord de la ville d'Ifrane. Du point de vue administratif, le lac appartient à la commune rurale de Dayat Aoua (Province Ifrane). Il a une superficie de 157 ha et une profondeur maximale de 4,5 m (Khodari, 1983 ; Chillasse et al. 2001). Le lac Dayat Aoua fait partie du grand bassin hydraulique du Sebou qui est l'un des bassins les plus importants du Maroc du fait qu'il renferme près du tiers (1/3) des eaux de surface et 20% des eaux souterraines du pays.

Dans notre étude nous avons délimité deux sous-stations pour avoir un aperçu sur l'organisation et la distribution écologique des Carabiques. La station du lac est ainsi divisé en 4 parties: la sous-station Nord, la sous-station Sud, la sous-station Est et la sous-station West.

La teneur en argile, limon et sable peut varier selon les faciès de végétation et par rapport à l'endroit où les échantillons ont été pris. Les échantillons du sol sont globalement plus pauvres en sable grossier qu'en sable fin lequel présente un pourcentage plus élevé et marquant dans la sous-station Est du à l'intensité de la fragmentation de la roche mère. Dans les sous-stations Nord et West, le

sol se caractérise par une structure grumeleuse due à une texture où les fractions argilo-limoneuses et les sables dominant. La texture du sol est généralement sableuse dans la sous-station Est et argilo-limono-sableuse dans les autres sous-stations.

Le lac Dayat Aoua appartient au causse d'Imouzer du Kandar. C'est une cuvette en forme de reculée qui se tient sur un nœud de failles et de fractures dont l'orientation est NW - SE de part et d'autre du lac et WSW-ENE de même lac (Figure 1). Cette zone est considérée comme un carrefour tectonique qui est à l'origine de la reculée. A la base des versants, les dolomies sont broyées ou sableuses à côté de la source du lac (partie Sud). Les dépôts de pentes indiquent un remaniement du Trias. Il est relevé par une petite digue calée sur le cône induré. Ce lac, situé à 1462 m d'altitude, a envahi une grande partie des vallons engorgés qui ravinaient le cône et les chicots. La carte topographique montre que la dépression a été tronçonnée par le cône Tensiftien faisant de Dayat Aoua une dépression fermée non karstique. Alors qu'en aval de celle-ci, le déversement provoquait une petite ouverture par creusement dans le cône. Le creusement de la dépression de Dayat Aoua est, pour la grande part, à rapporter aux épisodes quaternaires anté-Tensiftien.

Hydrologie

Les eaux souterraines des causses du Moyen Atlas ont pour seule origine les précipitations météoriques (pluie et neige) dont 35 à 40 % s'infiltré dans le Karst calcaire et

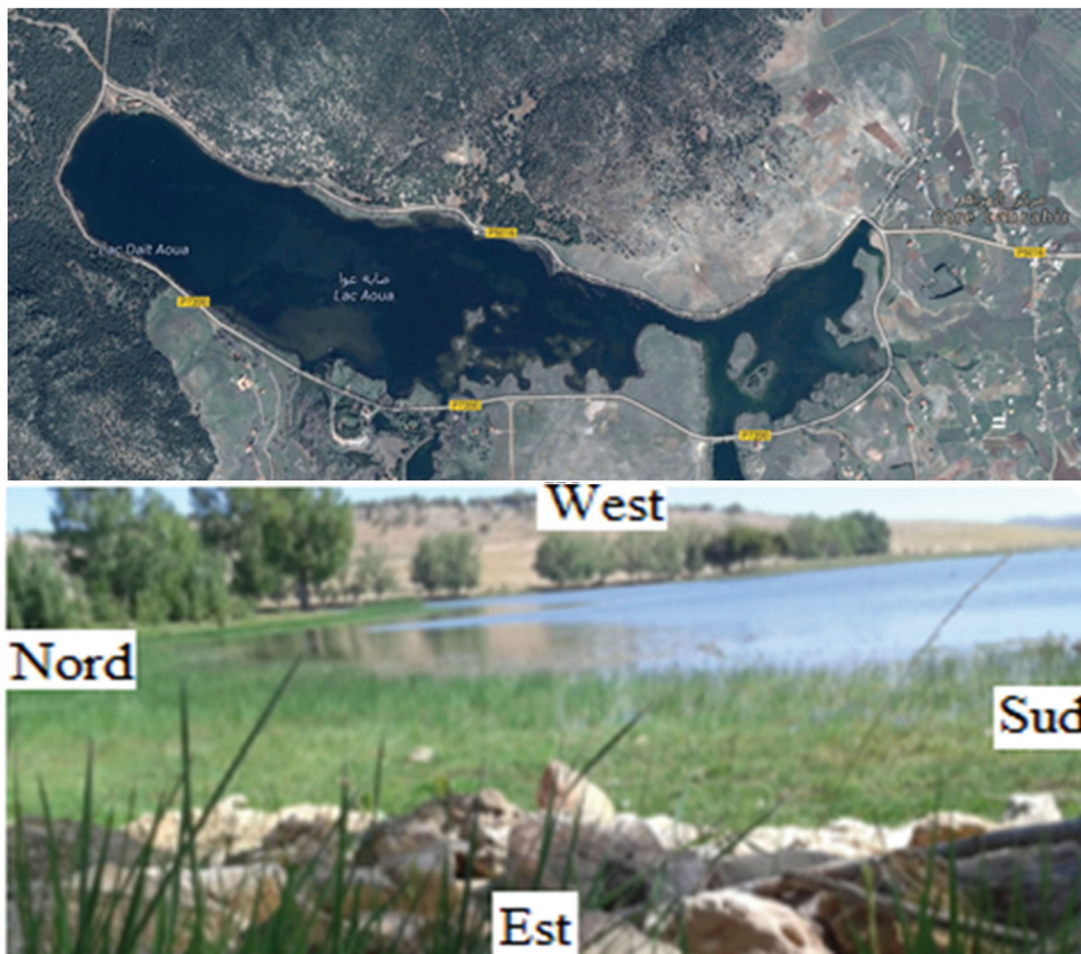


Figure 1: Situation géographique du lac Dayat Aoua (Photo satellite)

réapparaît principalement à la périphérie du Moyen Atlas tabulaire au contact du Lias et du Trias. Le lac Dayat Aoua appartient au grand bassin versant du Sebou «sous-bassin versant d'Imouzzet du Kandar». La cuvette d'Imouzzet du Kandar, se trouve dans un synclinal étroit d'orientation SSE -NNW. Ce «sous-bassin versant» est parcouru par l'oued El Kantra dont la vallée contient de nombreuses et importantes sources. La nappe du causse d'Imouzzet du Kandar donne des sources en cascades qui vont du niveau de Dayat Aoua et Ayoun sidi Mimoun au Sud, jusqu'au niveau d'Ain Chifa et Ain Sebaa au Nord. De même, on peut voir de petites sources qui alimentent Dayat Hachlaf et Oued el Kantra.

Le régime hydrique du «sous-bassin versant» d'Imouzzet du Kandar montre que les eaux d'infiltration qui alimentent la nappe du causse d'Imouzzet du Kandar sont estimées entre 41 et 49% des précipitations totales annuelles. Le causse d'Imouzzet du Kandar reçoit par précipitations annuelles un volume d'eau de 404 millions de m³/an, dont 181,5 millions de m³ s'infiltrent pour alimenter la nappe du causse d'Imouzzet du Kandar (45% des précipitations annuelles).

Les eaux superficielles du bassin versant drainent les ravins de la partie nord de Tamrabta. Les eaux souterraines sont assurées par le karst de la partie sud du causse d'Imouzzet du Kandar. Cette dernière alimentation est faite par l'intermédiaire d'un certain nombre de sources locales de Jbel Aoua ainsi qu'avec l'Oued el Kantra dont l'alimentation est assurée par des sources de la même nappe. De même la fonte des neiges de toute la vallée de l'Oued el Kantra et des versants de Jbel Aoua contribuent à l'alimentation du lac Dayat Aoua.

Climatologie

Pour la région de Dayat Aoua, la moyenne des précipitations est de l'ordre de 674,4 mm entre 1948 et 1982. Pour la période allant de 1991 à 2003, la moyenne observée est de 366,1 mm (1997 -1998) et 719 mm pour l'année pluviométrique 1999 et 2000.

Les précipitations

Le maximum de précipitations a été enregistré le mois d'avril entre 1948 et 1982 ainsi qu'au mois de février (1992-2003). Par contre le minimum a été enregistré au mois de juillet pour les mêmes périodes. L'étude du régime saisonnier des précipitations permet de savoir la répartition des précipitations au cours des quatre saisons. Et pour une meilleure gestion des eaux, surtout pour la région du lac Dayat Aoua et l'écosystème lacustre en question, la connaissance du régime mensuel et saisonnier reste très important, surtout que le lac a connu cette dernière décennie deux assèchements à savoir été 1995 et été 2002.

Le régime saisonnier des précipitations de la région du lac Dayat Aoua est de type: HPAE (Hiver Printemps Automne et Été). La courbe du régime pluviométrique saisonnier présente un creux très important pendant la saison estivale appelé creux estival. En plus des faibles précipitations, s'ajoute l'effet des températures élevées qui entraînent une évapotranspiration importante pendant la même saison. Ces deux facteurs climatologiques peuvent être

associés au pompage excessif des eaux souterraines de la zone du lac Dayat Aoua pour expliquer la diminution du volume d'eau dans le lac lui-même et qui peut aller jusqu'à l'assèchement total. Les précipitations solides sous forme de neige tombent généralement au cours de la saison hivernale ou les températures sont toujours très basses. Pour le causse d'Imouzzet du Kandar où se trouve le lac Dayat Aoua, il est classé parmi les zones à enneigement modéré (6 jours).

La température

La température moyenne annuelle de la station de Dayat Aoua est de 11,66°C. Par contre la température moyenne minimale mensuelle est de l'ordre de 4,8°C. La moyenne maximale mensuelle est de 21,1°C.

Le vent

Comme pour toute la région du Moyen Atlas central, la région de Dayat Aoua est soumise aux vents humides venant de la partie West pendant les périodes pluviales et aux vents secs du type Chergui en provenance du côté Est du pays pendant les saisons sèches en général.

Le facteur édaphique

Dans la région de Dayat Aoua, d'une façon générale, la roche mère qui constitue le sous-sol et qui affleure même en surface est de nature dolomitique ou calcaire. En effet les différents types de sols qu'on peut rencontrer dans la région sont: l'Harch (60%), l'Hamri (30%) et les Tirs (10%).

La végétation

Le lac Dayat Aoua est au voisinage de Jbel Aoua, qui est caractérisé par la présence du Chêne vert (*Quercus ilex*). Les bords du lac sont plantés de peupliers et de quelques saules qui forment une ceinture autour du lac. On note une flore submergée et émergée très diversifiées surtout pendant la saison printanière tel que *Myriophyllum spicatum*, *Juncus bufonicas*, *Carex* sp., *Polygonum amphibium*, *Ranunculus millifolius*, *Scirpus lacustris*, *Phragmites communis* et *Typha* sp.

Méthode de prélèvement des Coléoptères

L'objectif de cette étude est d'obtenir une image faunistique la plus complète possible de la faune des Coléoptères carabiques du lac Dayat Aoua. Nous avons donc privilégié les méthodes susceptibles de nous fournir une liste faunistique aussi exhaustive que possible et représentative de ce milieu sélectif.

Chasse a vue

Afin d'obtenir un inventaire riche et de donner une idée réelle sur la diversité entomologique de notre station d'étude, nous avons pratiqué cette technique d'échantillonnage. Pour cela nous avons capturé de tous les carabiques rencontrés sur le sol, sous la litière, sous les pierres et sur toutes les parties des végétaux en place.

Piégeage

L'emploi des pièges d'interception, encore connus sous le nom de «pièges de Barber (1931)» est une méthode fréquemment utilisée pour capturer les insectes qui se déplacent à la surface du sol, notamment la nuit, tel qu'un

certain nombre de coléoptères carabiques. Il s'agit des pots (gobelets en plastique utilisés pour la boisson) enterrés de façon à ce que leur bord affleure le sol (Figure 2), les insectes sont ainsi interceptés et tombent directement dedans. Ces pots peuvent également contenir un mélange liquide. Le liquide attractif utilisé est un mélange de bière, de sel et d'eau. Cette technique est utilisée par plusieurs chercheurs notamment dans l'étude des carabiques ripicoles au Maroc Oriental (Bouraada, 1993; Chavanon, 1994 b; Chavanon et Chavanon, 1992a) et dans l'étude des coléoptères du milieu sablonneux (Bouraada, 1996; Chavanon et Bouraada, 1996; Bouraada et al., 2016; Bouraada et al., 2015; Bouraada et al., 2014).



Figure 2: Piège Barber au sol

L'efficacité de cette méthode a été démontrée par de nombreux auteurs: (Agray et Bigot, 1984; Remade, 1987; Chavanon, 1992; Chavanon et Chavanon, 1992; Bouraada, 1994; Bouraada, 1999). Elle permet de connaître des peuplements très complexes et d'obtenir une image de la variation numérique des insectes.

L'identification de l'échantillon a lieu ensuite, par l'utilisation des ouvrages et publications spécialisés (Antoine 1955-1962), et aussi par comparaison avec des échantillons de référence quand cela est possible.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Inventaire taxonomique

La richesse spécifique est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré effectivement présentes sur un site d'étude et à un moment donné. La richesse spécifique est fréquemment utilisée comme une variable reflétant l'état d'un système et intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la biodiversité ainsi que dans l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la biodiversité. Les différents indices de diversité actuellement utilisés en écologie des peuplements permettent d'étudier leur structure en faisant référence à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la biodiversité des peuplements Bigot et Aguesse, 1984; Bouraada, 1996; Bouraada et al., 1999).

Toutefois, selon leur caractère synthétique peut s'avérer être un handicap dans la mesure où il manque une grande partie de l'information.

Pour un bilan de 216 échantillons récoltés pendant la période d'étude, qui s'étend du Mars à Mai 2015, l'analyse de la composition faunistique globale a conduit à la détermination d'une collection de 1129 individus appartenant à 34 espèces inégalement représentées entre 9 sous-familles et 11 tribus. Toutes Les espèces inventoriées dans la présente étude sont pour la plupart déterminées jusqu'au niveau spécifique (Tableau 1) (classification adoptée par Antoine (1955-1962).

Organisation du peuplement

Richesse taxonomique spatiale

La richesse spécifique du Dayat Aoua regroupe 34 espèces réparties dans 9 sous-familles, la sous-station Sud, étant par ailleurs la plus riche avec un pourcentage de 43% par rapport à la richesse totale du lac (Figure 2). La sous station la plus pauvre étant celle de Nord (7% du totale de la richesse). Par ailleurs, les sous stations de l'Est et de l'Ouest est présentent à peu près une richesse spécifique rapprochée (respectivement 24 et 26% du total) et sont relativement semblables. Cette richesse s'avère donc être assez faible par rapport à celle enregistrée sur les berges d'autres étendues d'eau.

La sous-station Sud (Figure 3b) est la plus riche du point de vue spécifique et héberge 27 espèces. Nous remarquons que la sous-famille des Harpalinae est la plus riche avec 7 espèces soit un taux de 26%. En second rang, nous trouvons la sous-famille des Platyninae et Pterostichinae, 6 espèces de chaque soit 22% chacune aussi, sont au troisième rang. La quatrième position avec un taux de 11% est occupé par les sous-familles des Trechinae et des Callistinae (3 espèces chacune). Les sous-familles des Brachininae et Nebrinae, avec 1 espèce chacune, sont au cinquième avec un taux de 3,7%.

La sous-station Est contient 14 espèces. La représentation globale de la richesse (Figure 4c), montre toujours que la sous-famille des Harpalinae est la plus riche avec 5 espèces soit 35,7% du peuplement. La sous-famille des Platyninae occupe la seconde position avec 4 espèces soit 28,5% du peuplement. La sous-famille Pterostichinae représentée par 3 espèces soit 21,4%, et les 2 sous-familles des Carabinae et des Trechinae, avec 1 espèce soit 7,1% du peuplement, sont en 4^{ème} position (Figure 3c).

La sous-station West contient 15 espèces. Les deux sous-familles Harpalinae et Pterostichinae sont les principaux constituants de la richesse dans la sous-station West avec respectivement 5 espèces chacune soit 33,3% du peuplement (Figure 3d). A ces 2 sous-familles s'ajoutent les Callistinae et les Platyninae avec 2 espèces chacune soit 13,3% et enfin les Trechinae avec 1 espèce, soit 6,6% (Figure 3d).

La sous-station nord ne contient que 4 espèces réparties entre 4 sous-familles (Figure 3a): Pterostichinae, Brachininae, Platyninae et Harpalinae représentant chacune 25 % du peuplement de la sous-station. L'exposition nord ne contient que 4 sous-familles (Figure 3a) (avec 1 espèce chacune soit 25% chacune aussi) alors qu'à l'opposé la sous-station sud en contient 7 espèces des Harpalinae.

Abondance spatiale

L'abondance est le nombre d'individus d'une population donnée présent par unité de surface ou de volume. Les deux méthodes classiques de capture utilisées (chasse à vue et piégeage), nous ont permis de recenser 1129 individus (Tableau 1) répartis sur les 34 espèces déjà signalées dans le tableau I. A l'exception d'un *Harpalus*, tous ont été identifiés jusqu'au rang d'espèce.

Les deux méthodes d'échantillonnage adoptées sont complémentaires. Elles nous ont permis d'avancer un schéma décrivant la distribution spatiale des espèces carabiques inféodées dans la station Lac Dayat Aoua.

Sur l'ensemble de la station du Lac Dayat Aoua la sous-famille Pterostichinae est celle qui est la plus dominante avec 277 individus soit 24,5% du total, suivi par la sous-famille Harpalinae avec 89 individus, 7,88% du total. Les autres sous-familles sont représentées par des effectifs faibles voire presque nuls (Figure 4).

Plus de la moitié des individus (285 individus soit 25,2% de l'effectif total) ont été récoltés dans la sous-station Sud. Alors que le reste des autres stations se répartissant entre les sous-stations Est (93 individus soit 8,2% de l'effectif total) et West (80 individus soit 7% de l'effectif total), la sous-station nord n'ayant que très peu d'individus (19 individus soit 1,6% de l'effectif total).

Tableau 1: Inventaire faunistique des coléoptères *Carabidae* ripicoles de Dayat Aoua (Moyen Atlas Marocain)

Sous-famille	Tribu	Espèce	Total des individus
BRACHININAE	BRACHININI	<i>Brachinus (Brachynidius) sclopeta</i> Fabricius, 1792	19
CALLISTINAE	CHLAENIINI	<i>Chlaenius (Chlaenites) spoliatus spoliatus</i> Rossi, 1790	3
		<i>Chlaenius (Chlaenius) festivus velutinus</i> Duft schmid, 1812	1
		<i>Chlaenius (Chlaeniellus) olivieri</i> Crotch, 1871	2
		<i>Chlaenius (Trichochlaenius) chrysocephalus</i> Rossi, 1790	2
CARABINAE	CARABINI	<i>Calosoma (Caminara) olivieri</i> Dejean, 1831	1
HARPALINAE	HARPALINI	<i>Harpalus (Harpalus) lethierryazrouanus</i> Emden et Schaubberger, 1932	2
		<i>Harpalus (Harpalus) distinguendus distinguendus</i> Dufts chmid, 1812	1
		<i>Harpalus (Harpalus) attenuatus</i> Stephens, 1828	1
		<i>Stenolophus (Egadroma) marginatum</i> Dejean, 1829	56
		<i>Acupalpus (Acupalpus) maculatus</i> Schaum, 1860	3
		<i>Harpalus (Harpalus) oblitus patruelis</i> Dejean, 1829	3
		<i>Anisodactylus (Anisodactylus) heros</i> Fabricius, 1801	3
		<i>Ophonus (Ophonus) rotundicollis</i> Fairmaire et Laboulbène, 1854	2
		<i>Stenolophus (Stenolophus) teutonius</i> Schrank, 1781	16
		<i>Pseudoophonusrufipes</i> De Geer, 1774	1
<i>Harpalus</i> sp.	1		
LEBIINAE	GRAPHIPTERINI	<i>Graphipterus exclamationis exclamationis</i> Fabricius, 1792	1
NEBRIINAE	NEBRIINI	<i>Nebria (Nebria) andalusia</i> Rambur, 1837	1
PLATYNINAE	PLATYNINI	<i>Agonum (Agonum) nigrum</i> Dejean, 1828	3
		<i>Paranchusalbipes</i> Fabricius, 1792	11
		<i>Agonum (Agonum) marginatum</i> Linnaeus, 1758	6
	SPHODRINI	<i>Calathus (Neocalathus) melanocephalus antoinei</i> Puel, 1939	10
		<i>Calathus (Calathus) fuscipes algericus</i> Gautier des Cottés, 1866	2
		<i>Calathus (Baeticocalathus) opacus</i> Lucas, 1846	1
PTEROSTICHINAE	PTEROSTICHINI	<i>Poecilus (Poecilus) quadricollis</i> Dejean, 1828	134
		<i>Corax (Sterocorax) globosus</i> Fabricius, 1792 (s. lat.)	48
		<i>Pterostichus (Melanius) aterrimus surcoufi</i> Antoine, 1933	92
		<i>Poecilus (Carenostylus) purpurascens purpurascens</i> Dejean, 1828	1
	ZABRINI	<i>Amara (Amara) aenea</i> De Geer, 1774	1
		<i>Amara (Amara) subconvexa</i> Putzeys, 1865	1
TRECHINAE	BEMBIDIINI	<i>Bembidion (Metallina) lampros</i> Herbst, 1784	13
		<i>Asaphidionrossii</i> Schaum, 1857	7
		<i>Bembidion (Notaphus) varium</i> Olivier, 1795	8
TOTAL			1129

Dans la Sous-station Nord (Figure 4a), la sous-famille Pterostichinae domine nettement le peuplement avec plus de la moitié des individus (10 individus soit 0,8% du peuplement), elle est suivie des Harpalinae avec 5 individus, soit 0,4% du peuplement puis des Brachininae avec 3 individus, soit 0,26% du peuplement.

Au niveau de la Sous-station Sud, Les Pterostichinae (146 individus) et les Harpalinae (65 individus) dominent le peuplement avec des taux voisins de ceux de la sous station précédente (respectivement 12,93% et 5,75%). Ils sont suivis des Platyninae, Trechinae et Brachininae avec,

respectivement : 25, 22 et 19 individus chacune, soit 2,2%, 1,9% et 1,6% du peuplement (Figure 3a).

Alors que la Sous-station Est, où près des 3/4 du peuplement appartiennent à la sous-famille des Pterostichinae (*Poecilus (Poecilus) quadricollis* Dejean, 1828. *Corax (Sterocorax) globosus* Fabricius, 1792 (s. lat.) ; *Pterostichus (Melanius) aterrimus surcouffi* Antoine, 1933). Le reste est surtout représenté par des Harpalinae (14 individus soit 1,2% de l'effectif total de la sous-station) (Figure 4c).

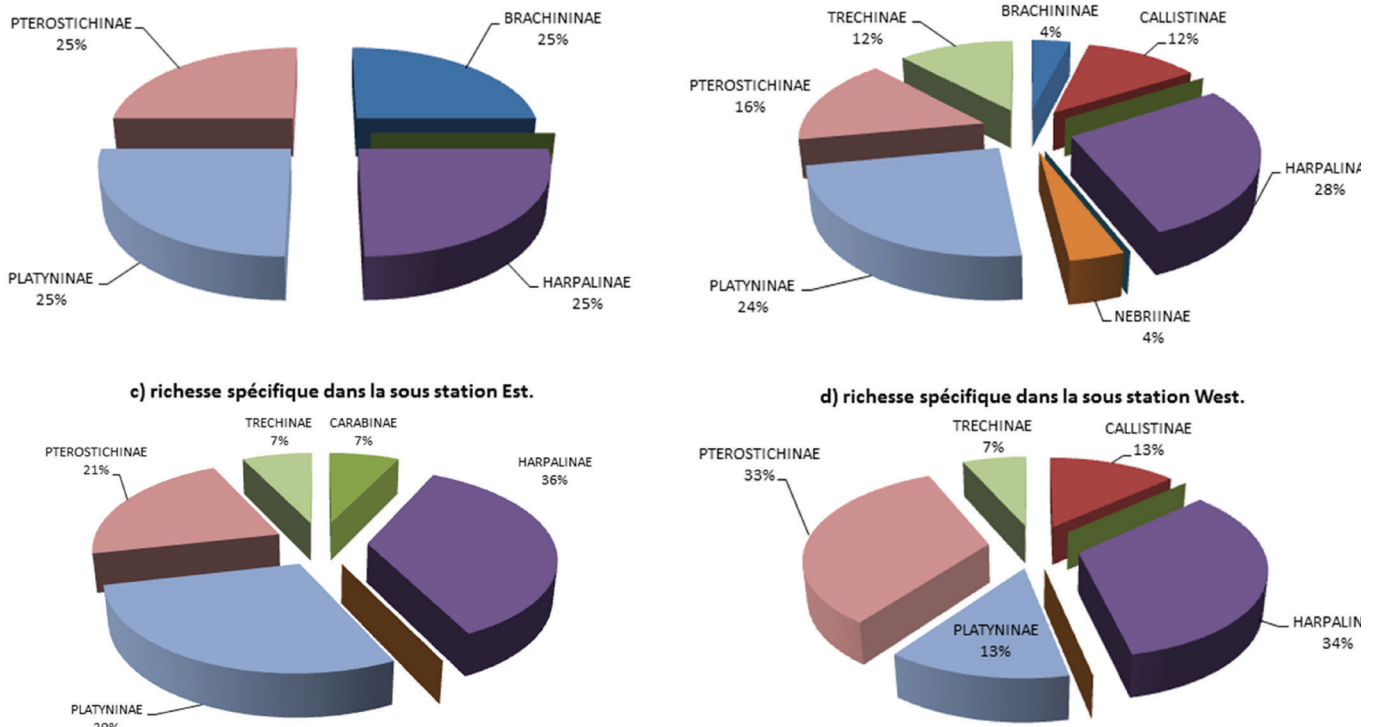


Figure 3: richesse spécifique par sous-famille des différentes sous-stations

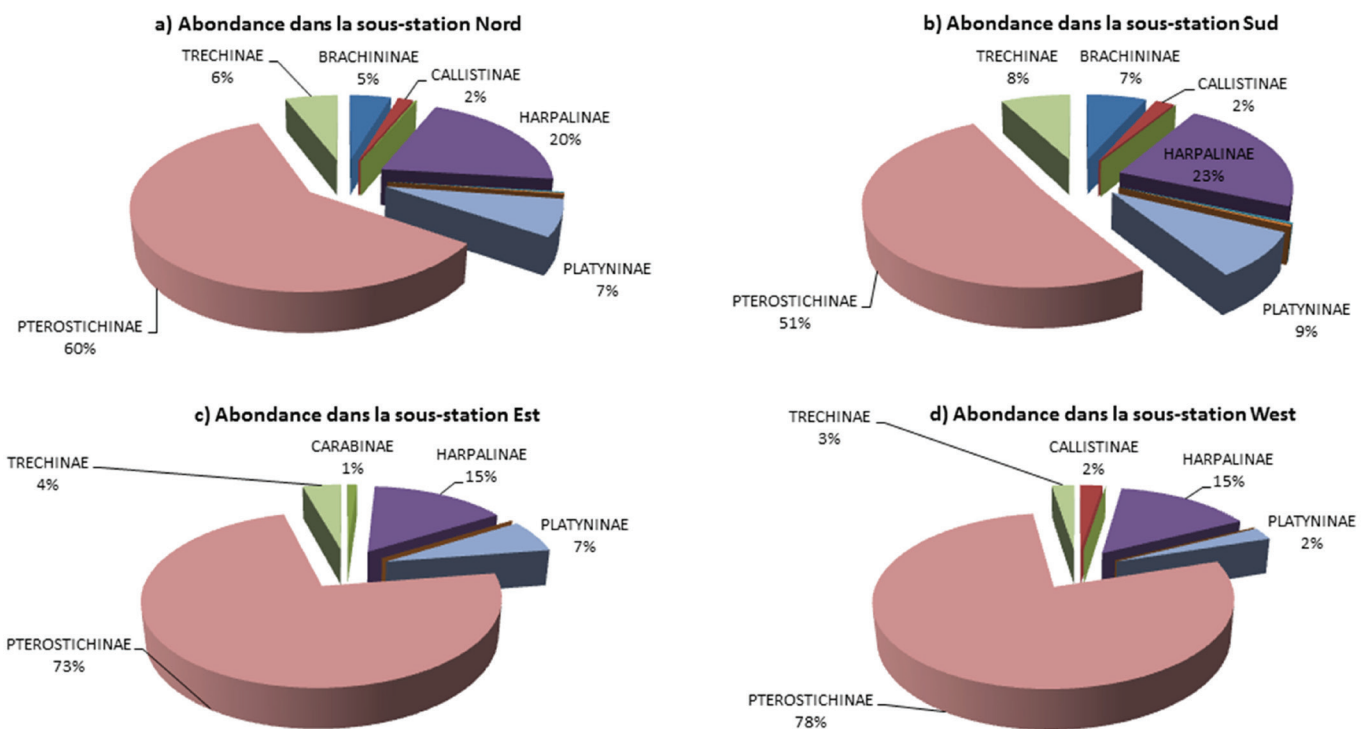


Figure 4: Répartition de l'abondance dans les sous-stations du lac Dayat Aoua

Dans la Sous-station West, on retrouve les mêmes sous-familles dominantes que dans la sous-station précédente (Pterostichinae : 62 individus et Harpalinae : 12 individus), dans des proportions sensiblement identiques (respectivement 5,5% et 1%) (Figure 4d).

Les faibles richesses observées, tant au niveau de l'ensemble des prélèvements qu'au niveau de chaque sous-station, peuvent s'expliquer, au moins en partie, par l'absence presque complète de ripicoles stricts, notamment de Trechinae, sous-famille caractéristique de ce type de milieu dans lequel elle est généralement représentée par un nombre assez élevé d'espèces. Cette sous-représentation peut être liée à une faible présence de la sous-famille au niveau des rives du lac mais peut-être également à des techniques d'échantillonnage inappropriées ou à un échantillonnage concentré surtout dans des secteurs défavorables pour cette sous-famille (milieux trop secs, trop éloignés des rives, trop riches en végétation...). Par contre, les hygrophiles (Pterostichinae, Callistinae, Platynini, ...) représentent la majorité des espèces collectées.

À la lumière de ces résultats, nous montrons qu'il y a quelques différences entre les sous-stations de ce site, notamment entre les sous-stations Sud et Nord du point de vue du nombre d'espèces et d'individus et entre les sous-stations Nord et Sud d'une part et Est et Ouest d'autre part quant à la répartition des individus entre les différentes sous-espèces. Ces différences peuvent être dues aussi bien aux facteurs climatiques qu'aux paramètres physico-chimiques du sol (type de sol, humidité, pH, température et teneur en matière organique) ces derniers peuvent être les principaux facteurs qui déterminent la composition de la biocénose.

La recherche des facteurs qui gouvernent la distribution des organismes vivants est le deuxième objectif de notre étude, D'après Hengeveld (1979), les facteurs édaphiques déterminent les types de distribution des Carabidés et surtout le degré d'humidité du substrat, ce qui explique la distribution des espèces entre les différents habitats. Cette affirmation a été infirmée plus tard (Hengeveld, 1985), dans des travaux sur les Carabidés aux Pays-Bas, montrant que la dynamique et la répartition de ces derniers est aussi en fonction des variables climatiques. Le facteur écologique majeur est le degré d'humidité du substrat, il explique la distribution des espèces entre les différents habitats. La présence de plans d'eau semi-permanents et temporaires provoque un changement de la dominance des espèces terricoles au profit des espèces aquatiques. Ce facteur écologique est aussi celui qui est dans les habitats ouverts.

Les conclusions du Hengeveld (1979) révèlent un rôle majeur des facteurs climatiques dans la dynamique de la répartition et une distribution normale des espèces en fonction des variables climatiques. Ce dernier point suggérerait que le groupe des Carabidés est distribué de manière aléatoire en fonction des variables climatiques et que, si ces variables varient de manière régulière dans l'espace, les aires de distribution sont en fait aléatoires.

Ce facteur (humidité) n'est pas le seul facteur écologique constituant un gradient de l'ensemble des données. L'augmentation du taux de la matière organique a un effet direct sur la répartition des carabiques ripicoles du point de vue

de la présence des insectes détritvovores (rapport alimentaire) et l'amélioration de la rétention du sol en eau. Aussi, Thiele (1977) montre que la température et l'humidité sont deux gradients environnementaux qui ont un effet direct sur les individus carabiques.

La couverture végétale intervient également dans la distribution des Carabidae qui pouvaient caractériser des associations végétales. Mais c'est l'humidité du sol qui est le facteur-clé de la distribution des Carabidae et non la composition de la végétation. C'est aussi la conclusion à laquelle plusieurs autres auteurs sont arrivés. On citera par exemple Hengeveld (1979) qui a étudié la distribution spatiale des Carabidae dans différentes prairies le long d'un gradient d'humidité avec un vaste réseau de pièges.

Mis à part le cas des Carabides halobiontes ou halophiles, les facteurs chimiques (salinité) n'interviendrait pas directement dans leurs distributions.

La granulométrie du sol explique la distribution de nombreuses espèces, notamment dans les cultures, dans les milieux rivulaires ou dans les habitats xériques.

D'autres facteurs interviennent dans la distribution des Carabidae, il s'agit d'une part de sporadicité, c'est-à-dire qu'il y a des espèces à large répartition et qui sont parfois présentes de façon sporadique sur l'ensemble de leur aire, car elles exigent probablement des conditions précises. D'autre part, l'effet des perturbations sur les sites qui peuvent être perceptibles et se manifester par l'absence d'espèces caractéristiques d'un milieu où elles sont potentiellement présentes, ou encore par la présence de ces mêmes espèces mais en effectifs anormalement faibles, de telle sorte qu'il peut être difficile de les relever.

Finalement, on peut dire que l'intervention du climat régional, les caractéristiques physico-chimiques du sol sont à l'origine de microclimats particuliers qui déterminent leurs distributions locales. Même au sein d'une sous-station qui semble homogène, ces facteurs sont à l'origine d'une hétérogénéité, qui est observée dans nos résultats et qui ont ordonné l'effet des variables sur les carabiques comme suit: Proportion d'argile > humidité > concentration de matière organique > pH.



Calathus melanocephalus



Calathus melanocephalus



Calathus melanocephalus

*Harpalus distinguendus**Pseudophonus rufipes*

Principales menaces sur le site

La forte fréquentation touristique est devenue extrêmement importante ces dernières années, en particulier durant les week-ends de printemps. Nombre de touristes font preuve de forte négligence vis à vis du respect de l'environnement à travers les rejets de résidus de pique-nique et autres déchets (notamment de bouteilles qui constituent de redoutables pièges mortels pour une multitude d'invertébrés), allumage de feux de camps (avec les risques de départs d'incendie que cela implique), déplacement de nombreuses pierres qui servent de refuge la journée à de nombreux invertébrés nocturnes, de lieu de diapause et de site privilégié pour les pontes, ... Bien que la densité de population dans la zone est assez élevée, son impact sur les écosystèmes semble assez négligeable, en dehors de problèmes de surpâturage en certains endroits.

CONCLUSION

Les assemblages d'espèces carabiques dans notre station sont caractérisés par un grand nombre d'espèces rares et peu d'espèces communes à toutes les unités d'échantillonnage. Une grande hétérogénéité est observée au sein d'un type d'habitat ou même d'une sous-station (cas de la sous-station Sud). Ces observations semblent indiquer que les assemblages d'espèces Carabiques sont des systèmes ouverts, où l'équilibre local est rarement atteint.

Il existe une relation nette entre la distribution des Carabidés et celles des facteurs écologiques potentiels. L'effet du climat régional et des caractéristiques physico-chimiques du sol sont à l'origine de microclimats particuliers qui déterminent leurs distributions locales et aussi à l'origine d'une hétérogénéité, observé dans nos résultats des captures, même au sein d'une sous-station qui semble homogène.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agray F., Bigot L. (1984). Fluctuation d'une communauté ripicole selon le niveau et l'état du plan d'eau dans le Maroc centre-ouest. *Science de l'eau*, 6: 311-318.
- Antoine M. (1955). Coléoptères carabiques du Maroc : 1^{ère} partie. *Mem. Soc. Sc. Nat. Phy. Maroc, Zool.* 1: 1-177.
- Antoine M. (1957). Coléoptères carabiques du Maroc: 2^{ème} partie. *Mem. Soc. Sc. Nat. Phy. Maroc, Zool.* 2: 1-157.
- Antoine M. (1959). Coléoptères carabiques du Maroc: 3^{ème} partie. *Mem. Soc. Sc. Nat. Phy. Maroc, Zool.* 6: 1-150.
- Antoine M. (1961). Coléoptères carabiques du Maroc: 4^{ème} partie. *Mem. Soc. Sc. Nat. Phy. Maroc, Zool.* 8: 1-170.
- Antoine M. (1962). Coléoptères carabiques du Maroc : 5^o partie. *Mem. Soc. Sc. Nat. Phy. Maroc, Zoo.* (9): 1-153.
- Bedel, L. (1895). Catalogue raisonné des coléoptères du nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie, et Tripolitaine avec notes sur la faune des îles canaries et de Madère. *Paris société entomologique de France.* 1-402p.
- Boulinier, T., Nichols, J.D., Sauer, J.R., Hines, J.E. et Pollock, K.H. (1998). Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology* 73: 1018.
- Bigot L. (1978). Éléments d'étude concernant, les communautés d'insectes ripicoles, frondicoles, lapidocoles et coprophiles au Maroc. *Bull. Inst. Sc. Rabat*, 3: 145-154.
- Bigot L., Aguesse P. (1984). Considérations sur les adaptations de la faune des invertébrés aux conditions particulières de fonctionnement des Écosystèmes d'un delta Méditerranéen, (la Camargue ou delta du Rhône). *Bull. mus. Hist., nat. Marseille- T*, 44: 12-14.
- Bouraada K. (1996). Le peuplement des Coléoptères et des végétaux de dunes fixées par des graminées vivaces dans le Maroc Oriental. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Mohamed V, Fac. Sc. Oujda, 137 p.
- Bouraada K., Chavanon G., Chergui H. (1999). Peuplement en Coléoptères de dunes fixées par des graminées vivaces dans la région Orientale du Maroc. *Acte. Inst. Agron. Vét., Rabat*, (Maroc), 19: 219-230.
- Chavanon G. et Bouraada K. (1996). Coléoptères nouveaux ou intéressants de la région de Figuig (Sud-est du Maroc): compléments et nouvelles données, *Nouv. Revue Ent. Paris T.* 13: 287-293.
- Bouraada K., Chavanon G., Essafi M., El Gadraoui L., Benjelloun M. (2016). Diversité écologique du peuplement de coléoptères des écosystèmes dunaires mobiles de la frange septentrionale et de la région orientale du Maroc. *Ecologia Mediterranea*, 42: 39-50.

- Bouraada K., Chavanon G., Essafi M.(2015). Bio-évaluation de la densité des espèces de la faune sabulicole et le gradient vertical de la granulométrie du sable du Maroc oriental et de la frange septentrionale occidentale du Sahara. *Science Lib Editions Mersenne*, Volume 7.
- Bouraada K., Chavanon G., Essafi M. (2014). Catalogue commenté des coléoptères des dunes mobiles de la frange septentrionale et de la région orientale du Maroc. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. Rabat* (Maroc), 2: 27-33.
- Hengeveld R. (1979). Dynamics of Dutch beetles species during the twentieth century (Coleoptera, Carabidae). *Journal of Biogeography*, 12: 289-411.
- Chillasse L., Dakki M., Abbassi M. (2001). Valeurs et Fonctions écologiques des zones humides du Moyen Atlas (Maroc). *Humedales Mediterraneos*, édition SEHUMED, Valencia (España) 139-146.
- Loreau M. (1984). Les niches écologiques des Carabides en milieu forestier. II. Composante trophique et organisation générale des niches. *Bulletin de la Classe des Sciences* (Académie Royale de Belgique), 70: 480-525.
- Thiele H.-U. (1977). *Carabid Beetles in their Environments*. Springer-Verlag, Berlin, 369 pp.