

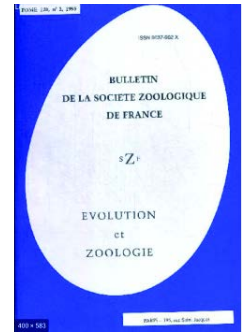


## Bulletin de la Société Zoologique de France

2021, volume 146 (4), pages 139 à 147

ISSN : 0037-962X

<http://societe-zoologique.fr/>



### Nouvelles données sur les insectes d'intérêt écologique dans les zones humides, cas des régions arides d'Algérie

Djamel BRAHIMI<sup>\*1</sup>, Abdelghani BRAHIMI <sup>2</sup>, Abdelkader RAHMOUNI<sup>3</sup>, Lotfi MESLI<sup>4</sup>

1\*. Université de Salhi Ahmed, Faculté des sciences et technologies, Département des sciences de la nature et de la vie, Laboratoire « Gestion durable des ressources naturelles en zones arides et semi-arides », Equipe 3 : Valorisation et conservation de la biodiversité en zones arides et semi-arides, Naâma-45000, Algérie, Email 1 : [djamelbrahimi1218@gmail.com](mailto:djamelbrahimi1218@gmail.com) ; Email 2 : [brahimi@cuniv-naama.dz](mailto:brahimi@cuniv-naama.dz).

2 Université de Salhi Ahmed, Faculté des sciences et technologies, Naâma, Algérie. Courriel : [ghanictc@yahoo.fr](mailto:ghanictc@yahoo.fr).

3 Département de Chimie, laboratoire de Chimie des Polymères, Université d'Oran I Ahmed Benbella, 31000-Oran, Email : [ramaek23@yahoo.fr](mailto:ramaek23@yahoo.fr).

4 University of AbouBakrBelkaid, Faculty of Sciences of Nature and Life and Sciences: [meslilotfi@yahoo.fr](mailto:meslilotfi@yahoo.fr).

Manuscrit reçu le 17/07/2021, accepté le 11/10/2021, mis en ligne le 22/12/2021

#### Résumé

Par sa situation géographique dans la région aride d'Algérie, la zone humide de Naâma offre une importante diversité de la faune et de la flore, elle constitue le principal lieu de repos en Afrique du Nord pour les oiseaux migrateurs provenant de l'Europe du nord. Cette zone subit aujourd'hui une dégradation massive causée par la désertification et la pollution d'origine anthropique.

Afin de contrôler et protéger cette zone humide, les insectes sont utilisés comme bio-indicateurs en raison de leurs particularités écologiques, ces espèces renseignent sur les caractéristiques des milieux terrestres et aquatiques. Le but de cette étude est de connaître l'entomofaune bio-indicatrice et l'état de santé de la zone humide de Naâma (sud-ouest de l'Algérie). Durant la période de septembre 2017 à septembre 2020, les insectes benthiques ont été prélevés selon le protocole IBGN (Standard Global Biological Index), L'étude et l'analyse statistique des communautés d'insectes reposent sur l'utilisation des indices de structures et statistiques, l'analyse des facteurs de correspondance (CFA) et la classification hiérarchique ascendante (C.H.A).

51 espèces appartenant à 9 ordres ont été recensées, l'ordre des Coléoptères est le plus représenté avec 11 espèces, suivi par les Odonates avec 6 espèces, L'indice de diversité Shannon-Weaver obtenu dans la zone d'étude est de 2,24 bits, la diversité maximale est de 1,89, l'équitabilité est de l'ordre de 0,56. Ces indices montrent que ce milieu est caractérisé par une biodiversité faunistique importante. L'étude de la qualité hydrobiologique des cours d'eau de ce site, évaluée par la méthode IBGN, a montré une bonne qualité hydrobiologique avec une pollution modérée (IBGN = 14). Les résultats obtenus constituent une base de données sur l'entomofaune bioindicatrice de la qualité des zones humides, elles permettent de contrôler et de suivre la pollution afin de protéger ces écosystèmes fragiles menacés par la désertification et les actions humaines.

#### Mots-clés

Aride, Entomofaune, Bioindicateur, Zone humide, Algérie..

### New data on insects of ecological interest in wetlands; the case of arid regions of Algeria

#### Abstract

Due to its geographical location in the arid region of Algeria, the Naâma wetland offers an important diversity of fauna and flora. It constitutes the main resting place in North Africa for migratory birds from Northern Europe. This area is now undergoing massive degradation caused by desertification and anthropogenic pollution.

In order to control and protect this wetland, insects are used as bio-indicators because of their ecological peculiarities; these species provide information on the characteristics of terrestrial and aquatic environments. The aim of this study is to understand the bioindicator entomofauna and the state of health of the Naâma wetland (southwest of Algeria). During the period from September 2017 to September 2020, benthic insects were collected according to the IBGN protocol (Standard Global Biological Index), The study and statistical analysis of insect communities are based on the use of structure indices and statistics, correspondence factor analysis (CFA) and ascending hierarchical classification (CHA).

51 species belonging to 9 orders have been identified. The order Coleoptera is the most represented with 11 species, followed by Odonata with 6 species. The Shannon-Weaver diversity index obtained in the study area is 2.24 bits, maximum

diversity is 1.89 and fairness is around 0.56. These indices show that this environment is characterized by an important fauna biodiversity. The study of the hydrobiological quality of the watercourses at this site, evaluated by the IBGN method, showed good hydrobiological quality with moderate pollution (IBGN = 14). The results obtained constitute a database on the entomofauna as bioindicators of the quality of wetlands. They make it possible to control and monitor pollution, in order to protect these fragile ecosystems threatened by desertification and human actions.

**Keywords** arid, entomofauna, bioindicator, wetland, Algeria.

## Introduction

En Algérie, les écosystèmes steppiques arides, sont marqués par une grande diversité paysagère en relation avec une grande variabilité des facteurs écologiques.

L'introduction de moyens et de techniques de développement inadaptés au milieu, le manque de concertations entre les différents acteurs du développement sont autant de facteurs qui ont contribué à la dégradation du milieu et des ressources naturelles et à la rupture des équilibres écologiques et socioéconomiques (NEDJRAOUI D *et al.*, 2008).

Du fait de sa situation géographique, la région de Naâma est également menacée par les actions humaines et les invasions acridiennes (BRAHIMI *et al.*, 2020).

La zone humide de Naâma située dans la région aride de l'Algérie, offre une importante diversité de la faune et de la flore. Elle constitue le principal site d'escale sur la voie de migration de l'Afrique nord-ouest pour les oiseaux migrateurs.

Les zones humides sont des écosystèmes fragiles qui remplissent des fonctions majeures, telles que le stockage et la restitution de l'eau ainsi que le filtrage naturel des matières minérales et organiques ; elles abritent également une biodiversité riche et adaptée à cet environnement (DELAUNAY, 2016).

Les insectes sont responsables de nombreux processus dans l'écosystème et leur disparition peut avoir des effets négatifs sur tout l'écosystème. Les insectes sont utilisés comme bio-indicateurs, en raison de leur sensibilité aux conditions environnementales ; en raison de ses particularités écologiques, ces espèces renseignent sur les caractéristiques de l'environnement dans lequel ils sont présents. Ils sont utilisés pour détecter les changements de l'environnement et la présence de la pollution.

Les insectes sont les animaux les plus abondants dans presque tous les écosystèmes et peuvent être utilisés pour évaluer l'impact des changements environnementaux.

Des études de l'entomofaune peuvent fournir des informations sur l'état de conservation des écosystèmes, leur productivité et les niveaux de contamination et de pollution de l'eau.

Par conséquent, l'identification des espèces bioindicatrices est essentielle en raison du rôle important que ces organismes jouent en tant que transformateurs et régulateurs des écosystèmes (BROWN, 1991).

Le but de cette étude est :

- d'étudier la structure de l'entomofaune dans la zone humide de Naâma (sud-ouest de l'Algérie),
- d'identifier les espèces bio-indicatrices et évaluer la qualité des milieux aquatiques dans la zone humide,

## Matériels et méthodes

### Description de la zone d'étude

Située à 50 km à l'ouest de la ville de Mécheria, la station correspond à la zone humide d'hawdhedaira et s'éloigne quelque peu (4 km) vers le NW du chef-lieu de la commune Ain Ben Khelil. Elle est limitée par le village de Sidi Moussa à l'Est, au Nord-Est par Djorf el Hamman (dalle montagneuse), au Nord-Ouest par El Marfeg et au Sud-Ouest par el Mesdouria. Les coordonnées géographiques de Oglated Daira sont : 1° 47'30' de longitude W et 33° 18'15" de Latitude N. Le plan d'eau d'Oglat concerne 200 hectares. Il est entouré de plusieurs unités ou zones périphériques. La zone immédiate au plan d'eau est caractérisée par la formation à Tamarix et à Alfa.

### Sites d'échantillonnage

Nous avons étudié les insectes dans cinq sites d'échantillonnage : trois sites sur les plans d'eau de la zone humide de Hawdh Edaira et deux sites le long du lac. Les parcelles couvraient plusieurs types de gradients environnementaux (plan d'eau et zones naturelles sauvages ; zones boisées, herbeuses, rocheuses et forestières) (Figure 1).

Des collectes d'insectes sur le terrain ont été effectuées chaque mois de septembre 2017 à septembre 2020 pour obtenir des données de base sur la composition des populations d'insectes. La méthode du transect (300 m x 200 m) a été utilisée pour étudier les insectes.

L'échantillonnage nécessite le respect des conditions : ciel dégagé, journées bien ensoleillées, Les heures de prospections doivent être réalisées lorsque la température est suffisante.

### Technique d'échantillonnage

L'exploitation des données d'échantillonnage de ces méthodes au mètre carré pourrait conduire à une surestimation de l'abondance et de la diversité des espèces sur le site en raison de la répartition généralement inégale des invertébrés dans les cours d'eau (CHE SALMAH *et al.*, 2013).

Deux outils d'échantillonnage qualitatif (filet à ossature D et filet carré) et un outil d'échantillonnage quantitatif (échantillonneur Surber) ont été utilisés pour collecter les insectes aquatiques de la zone humide de Naâma. Pour les autres insectes, d'autres techniques ont été utilisées, à savoir : filet à papillons (Orthoptères et Lépidoptères...), capture des insectes à la main (Coléoptères...).

### Indices écologiques

Un rappel de définition des différents indices utilisés a été mentionné à savoir :

- **richesse totale et moyenne** : c'est le nombre d'espèces qui composent une population. Dans cette étude,

deux types de richesse sont calculés, à savoir la richesse totale et la richesse moyenne (RAMADE, 2003) ;

– **indice de diversité de Shannon-Weaver H'** : d'après RAMADE (2003), (H') traduit par une distribution d'abondance déterminée, étroitement liée à celle de la diversité spécifique :  $H' = - \sum [(ni / n) * \log_2 (ni / n)]$  ; **ni** : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces), **n** : nombre total d'individus ;

– **équitabilité (E)** : la connaissance de H' et H'max permet de déterminer E ; E varie entre 0 et 1, E tend vers 0 lorsque la quasi-totalité des populations correspond à une seule espèce du peuplement, E tend vers 1 lorsque chaque espèce est représentée par le même nombre d'individus (RAMADE, 2003) ;

– **indice de dispersion** : la connaissance du mode de distribution est utile lors d'une évaluation de densité de population par échantillonnage,  $S_2 = \sum (x-m) / n-1$ . (**n** : ensemble de collection ; **m** : le nombre moyen d'individus dans chaque échantillon ; **x** : nombre d'individus de chaque échantillon ; **Si** :  $S_2 = 0$  : la distribution est uniforme ou régulière ;  $S_2 < m$  : la distribution est contagieuse).

– **la fréquence relative** : selon DAJOZ (1970), le principe consiste à constater la présence ou l'absence d'espèces dans les enregistrements, elle s'exprime comme suit :  $F(i) = ni / N \times 100$ .

**F (i)** : fréquence relative des espèces contenues dans l'énoncé en pourcentage ; **ni** : le nombre de fois que l'insecte (i) est présent ; **N** : nombre total d'individus.

### Étude statistique

Le test de normalité de Shapiro-Wilks est l'un des trois tests de normalité générale conçus pour détecter tous les écarts par rapport à la normalité, il est comparable en puissance aux deux autres tests,  $b = \sum mi = |ai (xn + 1 - i - xi)$ .

### Statistiques descriptives d'une variable numérique

Les statistiques descriptives sont les premières informations utilisées pour comprendre et représenter un ensemble de données. Leur objectif, en substance, est de décrire les principales caractéristiques des informations numériques et catégorielles avec des résumés simples. Ces résumés peuvent être présentés avec une seule mesure numérique, à l'aide de tableaux récapitulatifs ou via une représentation graphique. Dans le présent travail, nous présentons les formes les plus courantes de statistiques descriptives pour les données numériques.

### Test t de Student pour un seul échantillon

Le test t indique à quel point les différences entre les groupes sont significatives ; en d'autres termes, il permet de savoir si ces différences (mesurées en moyennes) auraient pu se produire par hasard.

### Analyse factorielle des correspondances (CFA)

L'analyse factorielle des correspondances est une méthode descriptive, elle vise la représentation des données collectées sous forme de graphes. Le but de cette analyse est de réaliser plusieurs graphiques à partir de tableaux de données. L'observation du graphe peut donner une idée de l'interprétation des facteurs et montrer quelles variables et liens sont responsables de la proximité entre telle ou telle observation. La CFA est une méthode qui consiste à résumer les informations contenues dans un tableau à n lignes (les stations dans ce cas) et p colonnes ou variables (espèces d'insectes).

### Logiciels statistique

La détermination des différents ordres d'insectes a été réalisée par le logiciel Xper3. Cette clé est basée sur une liste de taxons et des descripteurs associés tels que des caractères morphologiques.

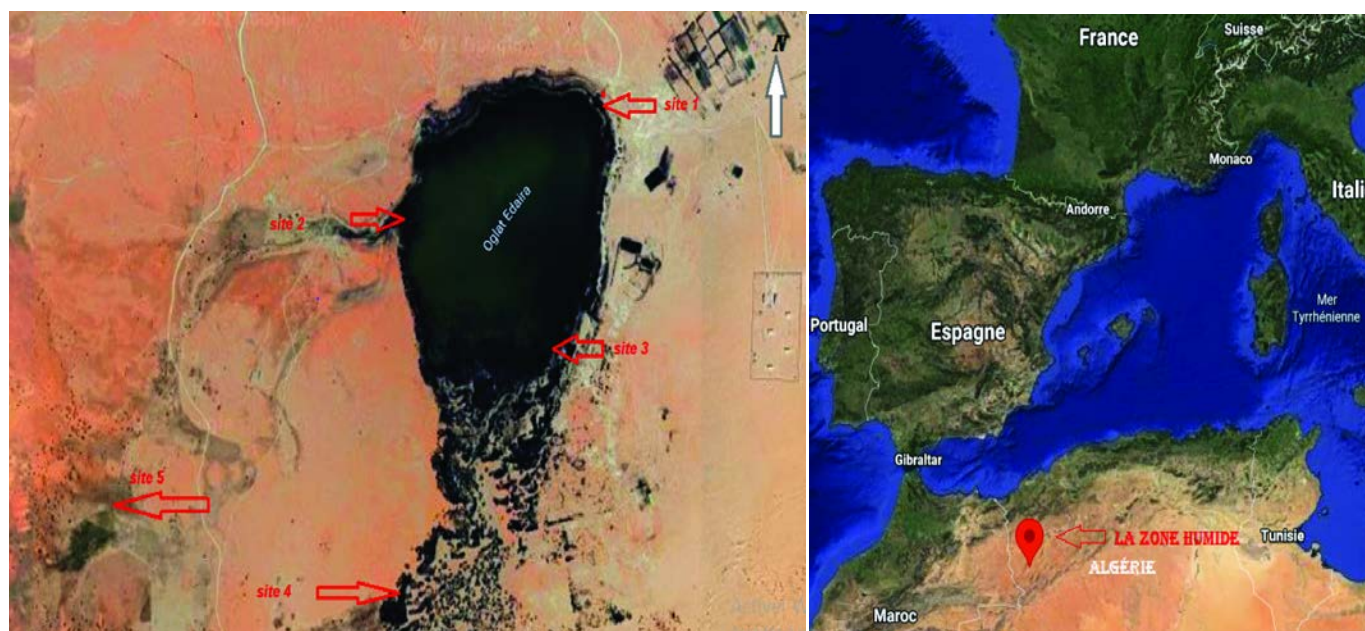


Figure 1

Situation de la zone humide et les sites d'échantillonnage.  
Locations of the wetland and sampling sites.

**Tableau I**

Espèces d'insectes identifiées dans la zone humide de Naâma (\*= espèces indéterminées)  
*Insect species identified in the Naâma wetland.*

Classe	Ordre	Famille	Espèce	Fréquence Relative	Indice de Dispersion
Insectes	Coleoptera	Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i> (Linnaeus, 1758)	11,98	8,51
		Tenebrionidae	<i>Blaps lethifera</i> (Marsham, 1802)	7,85	3,73
			<i>Gnaptor spinimanus</i> (Pallas, 1781)	9,22	9,22
			<i>Pimelia bipunctata</i> (Fabricius, 1781)	12,16	9,14
			<i>Lophyraf lexuosa</i> (Fabricius, 1787)	13,22	8,13
		Carabidae	<i>Poecilus</i> sp (Schaller 1783)*	14,22	9,65
		Cantharidae	<i>Cantaris fuxa</i> (Linnaeus, 1758)	6,34	3,33
		Geotrupidae	<i>Geotrupes</i> sp (Latreille, 1796)*	19,34	9,65
		Meloidae	<i>Mylabris variabilis</i> (Pallas, 1781)	2,77	1,22
			<i>Mylabris quadripunctata</i> (Linnaeus, 1767)	2,87	1,39
	<i>Mylabris</i> sp (Pallas, 1781)*		1,92	0,43	
	Orthoptera	Acrididae	<i>Chorthippus</i> sp (Fieber, 1852)*	1,34	0,87
			<i>Acrotylus fischeri</i> (Fieber, 1853)	6,03	0,75
			<i>Oedipoda fuscocincta</i> (Lucas 1849)	15,47	12,3
			<i>Oedipoda miniata</i> (Lucas 1849)	6,41	9,63
			<i>Sphingonotus rebescens</i> (Walker, 1870)	14,13	3,25
			<i>Sphingonotus octofasciatus</i> (Serville, 1838)	4,15	1,2
			<i>Sphingoderus carinatus</i> (Saussure, 1888)	4,52	0,23
			<i>Sphingonotus lucasii</i> (Saussure, 1888)	3,01	2,05
			<i>Calliptamus barbarus</i> (Costa 1836)	4,15	5,36
			<i>Calliptamus wattenwylanus</i> (Pantel, 1896)	1,88	1,11
			<i>Pezotettix giornai</i> (Rossi, 1794)	0,67	0,13
			<i>Anacridium aegyptium</i> (Linnaeus, 1774)	6,79	4,7
			<i>Omocestus lepinyi</i> (Chopard, 1937)	3,39	0,27
		<i>Omocestus lecerfi</i> (Chopard, 1937)	4,15	1,03	
		Pyrgomorphidae	<i>Pyrgomorpha conica</i> (Olivier 1791)	1,88	0,17
		Pamphagidae	<i>Tmethis marocanus</i> (Bolivar, 1908)	15,84	7,4
	<i>Tmethis cisti</i> (Bolivar, 1908)		1,13	1,54	
	<i>Ocneridia volxemii</i> (Bolivar, 1878)		5,28	1,9	
	Gryllidae	<i>Melanogryllus desertus</i> (Pallas, 1774)	0,75	0,16	
	Tettigonidae	<i>Tettigonia albifrons</i> (Fabricius, 1775)	0,75	0,16	
	Hymenoptera	Vespidae	<i>Polistes dominula</i> (Christ, 1791 )	3,87	2,26
		Pompilidae	<i>Arachnospila</i> sp (Kohl, 1898) *	4,74	2,37
		Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	9,76	8,14
		Formicidae	<i>Dinoponera</i> sp (Guérin-Ménéville, 1838) *	3,98	1,92
	Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Issoria</i> sp (Doherty, 1886) *	3,65	1,72
			<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758)	0,23	1,23
		Pieridae	<i>Pieris</i> sp (Schrank, 1801)*	0,83	0,11
		Sphingidae	<i>Agrius convolvuli</i> (Linnaeus, 1758)	1,98	1,10
		Noctuidae	<i>Acronicta</i> sp (Linnaeus, 1758)*	3,99	0,11
	Diptera	Muscidae	<i>Musca domestica</i> (Linnaeus, 1758)	6,87	4,84
		Calliphoridae	<i>Calliphora vicina</i> (Robineau-Desvoidy, 1830)	2,65	1,56
		Sarcophagidae	<i>Sarcophage carnaria</i> (Linnaeus, 1758)	1,88	0,82
		Libellulidae	<i>Orthetrum brunneum</i> (Fonscolombe, 1837)	1,09	0,17
			<i>Orthetrum coerulescens</i> (Fabricius, 1798)	3,87	0,88
		Coenagrionidae	<i>Enallagma</i> sp (Charpentier, 1840) *	1,73	0,27
			<i>Enallagma civile</i> (Hagen, 1861)	2,54	1,88
<i>Ceriagrion tenellum</i> (Villers, 1789)			0,54	1,36	
Hemiptera	Pyrrhocoridae	<i>Pyrrhocoris apterus</i> (Linnaeus, 1758)	2,77	1,02	
Plecoptera	Leuctridae	<i>Leuctra</i> sp (Klapálek, 1905)*	6,58	3,71	
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1843)	3,84	1,77	

**Tableau 2**

Statistiques descriptives d'une variable numérique des espèces d'insectes dans la zone humide de Naâma.  
*Descriptive statistics of a numerical variable of insect species in the Naâma wetland.*

Minimum	Quartile 1	Médiane	Moyenne	Quartile 3	Maximum	Ecart-type
1	1	1	3,065	3	12	3,4345

**Tableau 3**

Test t de Student pour un seul échantillon d'espèces d'insectes dans la zone humide de Naâma.  
*Student's t-test for a single sample of insect species in the Naâma wetland.*

t	Df	p-value	Intervalle de confiance 95%	Effectif	Moyenne	Ecart-type
4,268	51	2,55e-05	[1,8047, 4,3243]	Variable	3,0645	3,4345

L'analyse factorielle des correspondances (CFA) a été étudiée par le logiciel minitab version 19.

Le test t de Student pour un seul échantillon, les statistiques descriptives d'une variable numérique et le test Shapiro-Wilks ont été étudiés par le logiciel de statistiques R ++. (ROSS IHAKA *et al.*, 2019).

### Étude de la qualité du milieu aquatique

#### Indice biologique normalisé mondial IBGN

Les insectes benthiques sont l'un des groupes d'organismes les plus connus utilisés pour les études de biosurveillance des rivières.

L'utilisation d'IBGN est particulièrement indiquée pour les perturbations qui induisent une modification de la nature du substrat et de la qualité organique de l'eau : rejet urbain majoritairement organique, pollution par matières en suspension, effets secondaires de certains types de rejet (organiques, métalliques) et eutrophisation. De plus, les IBGN reflétant la structure d'une biocénose constituée d'organismes intégrateurs à long terme sont particulièrement sensibles aux perturbations chroniques ou bien aux perturbations de type intermittentes mais suffisamment intenses pour provoquer une mortalité immédiate.

#### Analyse et interprétation faunistiques (IBGN)

Après avoir identifié les macroinvertébrés, une liste faunistique est établie listant tous les taxons trouvés par groupes faunistiques et indiquant le nombre total de taxons. L'indice est calculé à partir du tableau valeurs IBGN selon le type et la variété taxonomique de la macrofaune. Il faut ensuite déterminer la variété taxonomique ( $\sum t$ ), et identifier le groupe d'indicateurs faunistiques (IG) dans la liste des espèces inventoriées (Tableau 1).

L'indice peut alors être lu dans le tableau des valeurs de l'IBGN : il se trouve à l'intersection de la colonne pour la variété taxonomique et de la ligne pour l'indicateur groupe faunistique.

### Résultats

Les espèces d'insectes enregistrées sont divisées en 9 ordres : Éphéméroptères, Coléoptères, Orthoptères, Hyménoptères, Lépidoptères, Hémiptères, Odonates, Diptères et Plécoptères. Dans le travail actuel, 27 familles

d'insectes ont été trouvées. L'ordre le plus représenté est celui des Coléoptères avec six familles et 11 espèces, (Tableau 1) ; les Orthoptères représentent 5 familles et 20 espèces, les Hémiptères, Plécoptères et Éphéméroptères ne sont représentés que par une famille et une espèce pour chaque Ordre.

#### Diversité Shannon-Weaver, diversité maximale et équitabilité

L'indice de diversité Shannon-Weaver obtenu dans la zone d'étude est de 2,24 bits, la diversité maximale est de 1,89, l'équitabilité est de l'ordre de 0,56. Ces valeurs indiquent que la zone humide est caractérisée par une diversité entomofaunique très importante, ces résultats montrent une grande diversité d'insectes dans la zone humide de Naâma.

#### Indice de dispersion et fréquence relative

L'étude de l'indice de dispersion et de la fréquence relative de chaque espèce identifiée dans la zone humide hawdh ed-daira de Naâma permet de connaître la fréquence et le type de distribution de chaque espèce (Figure 2).

#### Test de normalité de Shapiro-Wilk

Dans cette étude, le calcul du test de normalité de Shapiro-Wilk est égal :  $W = 0,6428$ , valeur  $p = 1,842e-07$ , cette valeur indique que la valeur  $p$  est supérieure à 0,05, les données de ce stade sont normalement distribuées.

#### Statistiques descriptives d'une variable numérique

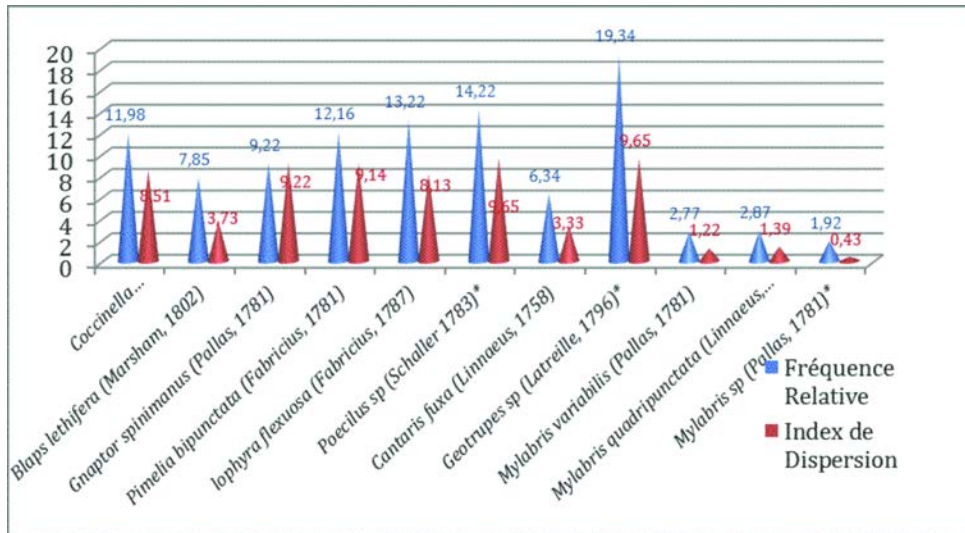
Le calcul des statistiques descriptives d'une variable numérique d'espèces d'insectes dans la zone humide de Naâma montre que la population d'insectes est normalement distribuée avec un écart type égal à 3,4345 (Tableau 2).

#### Test t de Student pour échantillon unique

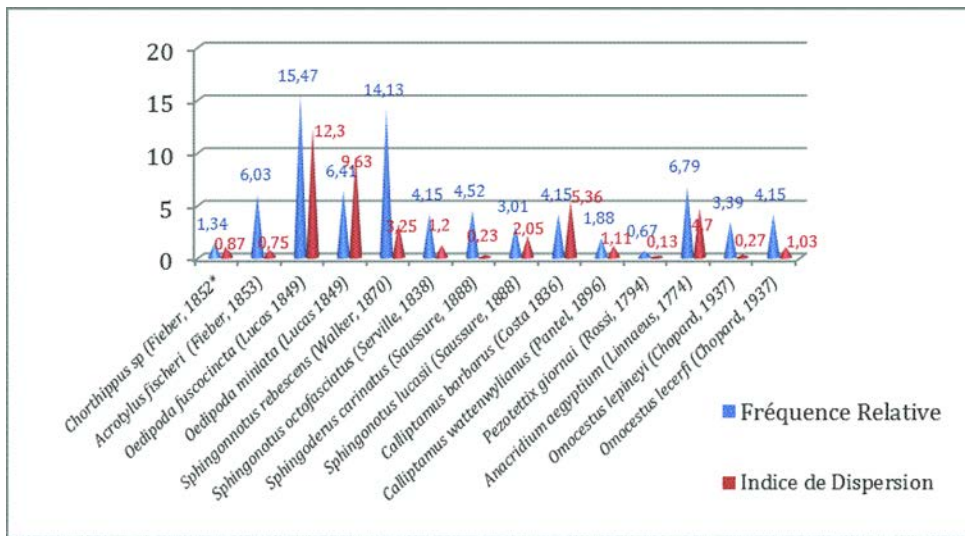
Le calcul du test de Student pour la population d'insectes identifiée dans la zone humide de Naâma montre que la statistique du test suivrait une distribution normale. La moyenne de l'échantillon est égale à la moyenne de la population avec un écart type égal à 3,4345 et le test t de Student égal à 4,26 (Tableau 3).

#### Analyse factorielle des correspondances (AFC)

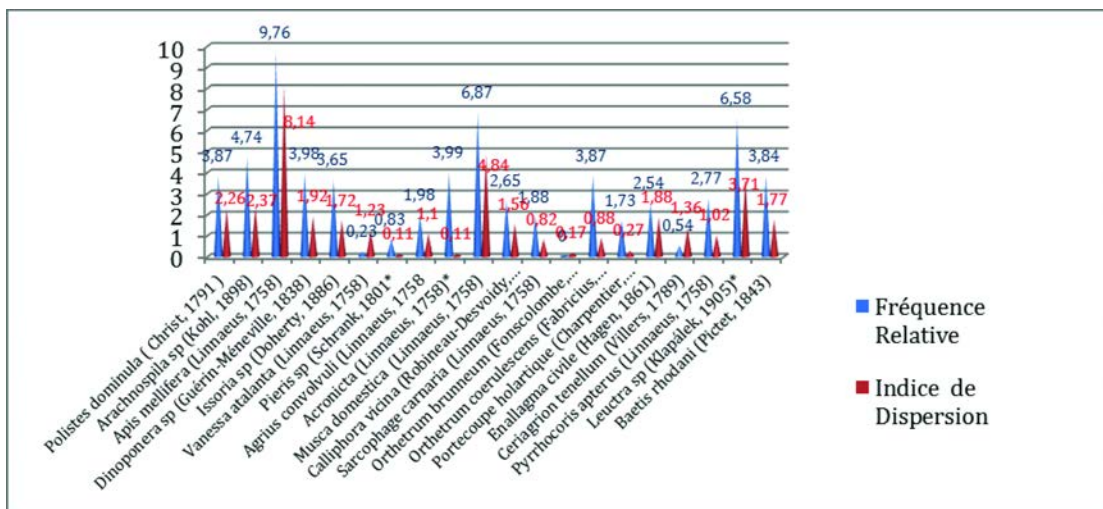
Le tableau initial (1) correspondant à 20 relevés montre la présence d'espèces dans les stations selon le type de mi-



Indice de dispersion et fréquence relative de l'ordre des Coléoptères



Indice de dispersion et fréquence relative de l'ordre des Orthoptères



Indice de dispersion et fréquence relative des autres ordres d'insectes

Figure 2

Fréquences relatives et Indices de dispersions des ordres d'insectes inventoriés dans la zone humide  
*Relative frequencies and dispersal indices of insect orders recorded in the wetland.*

lieu ; milieu végétal, milieu rocheux et milieu humide. Une AFC réalisée sur cette matrice a permis de construire une classification hiérarchique calculée à partir des coordonnées des espèces. Le dendrogramme distingue clairement trois groupes d'espèces de taille inégale :

- groupe A : il est principalement représenté dans le milieu végétal ;
- groupe B : il comprend des espèces spécifiques aux milieux dégradés et rocheux ;
- groupe C : espèces spécifiques des environnements humides (bord de la zone humide) (Figure 3).

### L'indice biologique global normalisé

L'IBGN est organisé en lignes (9 ordres d'indicateurs faunistiques) et en colonnes (27 familles de variétés taxonomiques). Pour cela, on détermine successivement :

- la variété taxonomique de l'échantillon ( $\sum t$ ) qui est égale au nombre total de taxons collectés même s'ils ne sont représentés que par un individu ;
- le groupe indicateur faunistique (IG) en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans l'échantillon. La détermination de l'IG est réalisée en prospectant les colonnes du tableau de haut en bas et en sélectionnant le taxon qui représente le plus haut degré de sensibilité aux polluants de l'ensemble de l'échantillon de la station étudiée. Ensuite, la valeur IBGN est lue en croisant la colonne de variété taxonomique et la ligne de groupe faunistique indicateur. En fonction de la diversité taxonomique de la station OglatedDaira et de la présence ou de l'absence de taxons indicateurs, un score de qualité

hydrobiologique variant de 1 à 20 est attribué. On constate que la zone d'étude présente une bonne qualité hydrobiologique avec une pollution modérée [IBGN = 14 : la variété taxonomique ST = 51 et un groupe indicateur (GI = 9)].

### Discussion

Cette étude a été réalisée dans la région aride de Naâma, cette région caractérisée par des formations steppiques dominées par l'Alfa *Stipa tenacissima*, Selon TORMO (2020), les espèces ligneuses jouent un rôle-clé dans les steppes d'Alfa *Stipa tenacissima*, elles affectent le fonctionnement de l'écosystème, facilitent l'établissement d'autres plantes et augmentent la richesse végétale.

Dans ce présent travail, les espèces d'insectes enregistrées sont divisées en 9 ordres : Éphéméroptères, Coléoptères, Orthoptères, Hyménoptères, Lépidoptères, Hémiptères, Odonates, Diptères et Plécoptères. 27 familles d'insectes ont été trouvées, L'ordre le plus représenté est celui des Coléoptères avec six familles et 11 espèces. Les Orthoptères représentent 5 familles et 20 espèces, les Hémiptères, Plécoptères et Éphéméroptères ne représentent qu'une seule famille et une seule espèce pour chaque ordre. Les invertébrés sont plus sévèrement et plus rapidement affectés que les autres taxons par les modifications du paysage. Les insectes sont responsables de nombreux processus dans l'écosystème et sa disparition peut avoir des effets négatifs sur des communautés entières. Ainsi, une solide com-



Figure 3

Analyse factorielle de la correspondance des espèces d'insectes inventoriées dans la zone humide de Naâma.  
Factorial analysis of the connections between insect species recorded in the Naâma wetland.

préhension des réponses des insectes à l'activité humaine est nécessaire à la fois pour étayer les décisions politiques en matière de conservation et pour évaluer les conséquences fonctionnelles des perturbations humaines sur les écosystèmes (NICHOLSA *et al.*, 2007).

L'indice de diversité Shannon-Weaver obtenu dans la zone d'étude est de 2,24 bits, la diversité maximale est de 1,89, l'équité est de l'ordre de 0,56. Ces valeurs indiquent que la zone humide est caractérisée par une diversité faunistique très importante.

Les Orthoptères (criquets) sont capables de menacer les écosystèmes arides, et ils sont résistants aux pesticides ; une étude a été menée par BRAHIMI *et al.* (2020) sur le mécanisme chimique de la résistance acridienne dans la région aride de Naâma. HARDERSEN (2000) a signalé le potentiel des insectes aquatiques comme indicateurs de la qualité de l'eau. Plusieurs autres espèces des familles Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae (Coleoptera), Notonectidae, Veliidae (Heteroptera) et Plecoptera et Ephemeroptera ont une grande capacité d'adaptation, colonisant la plupart des environnements.

Davis (2000) confirme que les espèces de Scarabaeidae (Coleoptera) ont un potentiel élevé en tant qu'indicateurs environnementaux dans la zone forestière.

Dans cette étude, une importante diversité de Coléoptères a été enregistrée dans cette zone ; les Coléoptères jouent un rôle essentiel en tant que décomposeurs de matière organique dans l'équilibre des écosystèmes. Les Coléoptères de la famille des Carabidae sont d'importants prédateurs, ils participent à la lutte biologique, à la surveillance biologique des pollutions par les hydrocarbures, le soufre, les herbicides, le CO<sub>2</sub>, les insecticides et le phosphore radioactif.

Les Lépidoptères sont très sensibles aux changements de l'environnement (DA ROCHA, 2010). Les méthodes de piégeage utilisées sont d'une grande importance pour mieux récolter les espèces en quantité et en qualité. Ceci explique la différenciation des autres Ordres en nombre d'espèces.

D'après RIZO-PATRÓN *et al.* (2013), un groupe de macroinvertébrés (*Baetis sp.*, *Fallceon sp.*, *Leptohyphes sp.*, *Tricorythodes sp.*, *Farrodes sp.*, *Phyllogomphoides sp.*, *Hydroptila sp.*, *Mayatrichia sp.*, *Neotrichiasp.*, *Oxyethirasp.*, *Nectopsyche sp.1*, *Nectopsyche sp.2*, *Oecetissp.*) peut être utilisé comme bioindicateur de la qualité de l'eau dans les pratiques de gestion des agroécosystèmes.

Dans cette étude, nous avons constaté une rareté des espèces pollinisatrices, cette rareté est due à l'utilisation incontrôlée et anarchique de produits phytosanitaires et d'insecticides dans l'action de la lutte antiacridienne. Ces substances peuvent ensuite être détectées à l'aide de méthodes d'analyse (GHINI *et al.*, 2004), les insectes peuvent contribuer à une évaluation pratique du degré de durabilité (LOPES, 2008). Selon EGGLETON *et al.* (1994), les termites sont des décomposeurs importants dans les écosystèmes terrestres, leur activité augmente la capacité d'infiltration du sol, conduisant à la rétention d'eau et à la productivité du sol. READA (2000) a montré la valeur des fourmis en tant qu'indicateurs d'alerte biologique dans les parcours arides australiens.

Selon NUMMELIN *et al.* (2007), une étude des concentrations de métaux lourds de différents insectes prédateurs (Gerridae), des larves de libellules (Odonata), des larves de fourmilion (Myrmeleontidae) et des fourmis (Formicidae) a montré des concentrations de métaux plus élevées et que ces groupes d'insectes peuvent être utilisés comme indicateurs de métaux lourds.

GONCHAROV (2020) indique qu'en utilisant l'indice de densité d'Ephemeroptera Plecoptera-Trichoptera (EPT), on montre une capacité de multiplication de ces groupes indicateurs dans des conditions défavorables. CORTELEZZI (2020) indique que, chez certains taxons de chironomes, leur potentiel en tant que bio-indicateur augmente à mesure que le niveau taxonomique diminue (par exemple, Chironominae). Cependant, dans d'autres taxons, ce potentiel en tant que bio-indicateur de la qualité de l'eau reste au niveau de la sous-famille. Les larves d'Ephemeroptera et de Plecoptera sont reconnues comme de bons bio-indicateurs de l'eutrophisation dans les eaux courantes en raison de leur sensibilité à l'appauvrissement en oxygène. Les indicateurs de pollution peuvent être attribués par la disparition de certaines espèces plus ou moins sensibles ou, au contraire, par l'apparition d'autres espèces dites résistantes. L'environnement fluvial spécifique échantillonné peut influencer la prolifération de certains taxons et les comportements spécifiques de ces derniers dans certains habitats (MERRITT *et al.*, 1996).

## Conclusion

Les espèces d'insectes enregistrées sont divisées en 9 Ordres : Éphéméroptères, Coléoptères, Orthoptères, Hyménoptères, Lépidoptères, Hémiptères, Odonates, Diptères et Plécoptères. Dans le présent travail, 27 familles d'insectes ont été trouvées, l'ordre le plus représenté est celui des Coléoptères avec six familles et 11 espèces. Les Orthoptères représentent 5 familles et 20 espèces, les Hémiptères, Plécoptères et Éphéméroptères ne représentent qu'une seule famille et une seule espèce pour chaque ordre. Par cette étude, nous avons constaté une rareté des espèces pollinisatrices et cette rareté est due à l'utilisation incontrôlée et anarchique de produits phytosanitaires et insecticides dans la lutte anti-acridienne.

L'indice de diversité Shannon-Weaver obtenu dans la zone d'étude est de 2,24 bits, la diversité maximale est de 1,89. L'équité est de l'ordre de 0,56. Ces valeurs indiquent que la zone humide est caractérisée par une diversité faunistique très importante.

L'étude de la qualité hydrobiologique dans la zone humide de Naâma, évaluée par la méthode IBGN, a montré une bonne qualité hydrobiologique avec une pollution modérée (IBGN = 14). Les Éphéméroptères sont des espèces polluo-résistantes dans les milieux aquatiques pollués, contrairement aux Plécoptères qui sont des espèces polluo-sensibles, ces deux ordres sont utilisés comme de bons indicateurs des milieux aquatiques pollués.

Ces données constituent une première base de données sur la structure de l'entomofaune dans la zone humide de Naâma de la région aride d'Algérie. Les résultats obtenus permettent



également de contrôler et de suivre la pollution dans cette zone humide afin de protéger ces écosystèmes fragiles menacés par la désertification et les actions humaines.

### Remerciements

Ce travail a été soutenu par la Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique DGRSDT de la République Algérienne.

### Déclaration d'intérêts concurrents

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts.

### Références

- BRAHIMI, D., MESLI, L. & RAHMOUNI, A. (2020).- Why orthoptera fauna resist of pesticide? First experimental data of resistance phenomena. *Data in Brief*, **30**, 105659.
- BRAHIMI, D., MESLI, L., RAHMOUNI, A., ZEGGAI, F., KHALDOUN, B., CHEBOUT, R. & BELBACHIR, M. (2020).- First data of statistic and ecological behavior of Orthoptera insects in arid region (Southern West of Algeria). *Data in Brief*, **31**, 105857.
- BROWN, K.S. (1991).- Conservation of neotropical environments: Insects as indicators, In: *The conservation of insects and their habitats*, Collins N.M. Editor, Academic Press, chap. 14, pp. 349-404.
- CHE SALMAH, M.R., AL-SHAMI, S.A., MADZIATUL, M. & ABU HASSAN, A. (2013).- Biological and ecological diversity of aquatic macroinvertebrates in response to hydrological and physicochemical parameters in tropical forest streams of Gunung Tebu, Malaysia: Implications for ecohydrological assessment. *Ecohydrology*, **7** (2), 496-507.
- CORTELEZZIA, A., SIMOYA, M., SIRIB, A., DONATOB, M., CEPEDAA, R., MARINELLIA, C. & BERKUNSKYA, I. (2020).- New insights on bioindicator value of Chironomids by using occupancy. *Ecological Indicators Modelling*, **117**, 106619.
- DAVIS, A. (2000).- Does reduced-impact logging help preserve biodiversity in tropical rainforest? A case study from Borneo using dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) as indicators. *Environ. Entomology*, **29** (3), 469-473.
- DA ROCHA, J.R.M., ALMEIDA, J.R., LINS, G.A. & DURVAL, A. (2010).- Insects as indicators of environmental changing and pollution. *HOLOS Environment*, **10** (2), 250-262.
- DAJOZ, R. (1970).- *Précis d'écologie*. Paris, Dunod, 357 pp.
- DELAUNAY, M. (2016).- *Clé d'identification numérique des insectes aquatiques d'Ile-de-France : un outil pour les acteurs de terrain*. Conférence : Septièmes Rencontres Naturalistes.
- EGGLETON, P., WILLIAMS, P.H. & GASTON, K.J. (1994).- Explaining global termite diversity: productivity or history? *Biodivers. Conserv.*, **3**, 318-330.
- GHINI, S., FERNÁNDEZ, M., PICÓ, Y., MARÍN, R., FINI, F., MAÑES, J. & GIROTTI, S. (2004).- Occurrence and distribution of pesticides in the province of Bologna, Italy, using honeybees as bioindicators. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **47**, 479-488.
- GONCHAROV, A.V., BATURINA, N.S., MARYINSKY, V.V., KAUS, A.K. & CHALOV, S.R. (2020).- Ecological assessment of the Selenga River basin, the main tributary of Lake Baikal, using aquatic macroinvertebrate communities as bioindicators. *Journal of Great Lakes Research*, **46** (1), 53-61.
- HARDERSEN, S. (2000).- The role of behavioural ecology of damselflies in the use of fluctuating asymmetry as a bioindicator of water pollution. *Ecological Entomology*, **25**, 45-53.
- LI, L., ZHENG, B. & LIU, L. (2010).- Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends. *Procedia Environmental Sciences*, **2**, 1510-1524.
- LOPES, B.G.C. (2008).- Levantamento da entomofauna bioindicadora da qualida deambientalem diferentes áreas do Alto Jequitinhonha—47f, Trabalho de Conclusão de Curso - EscolaAgrotécnica Federal.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. (1996).- An introduction to the aquatic insects of North America, 3rd ed, Iowa, USA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- MINITAB (2019).- Logiciel statistique. Université d'État de Pennsylvanie et Barbara Falkenbach Ryan, <https://www.minitab.com>.
- NEDJRAOUI, D. & BÉDRANI, S. (2008).- La desertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, **8** (1), doi.org/10.4000/vertigo.5375.
- NICHOLS, E., LARSEN, T., SPECTOR, S., DAVIS, A.L., ESCOBAR, F., FAVILA, M. & VULINEC, K. (2007).- Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation. A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, **137**, 1-19.
- NUMMELIN, M., LODENIUS, M., TULISALO, E., HIRVONEN, H. & ALANKO, T. (2007).- Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution. *Environmental Pollution*, **145** (1), 339-347.
- RAMADE, F. (2003).- *Éléments d'écologie – Écologie fondamentale*. Paris, DUNOD, 3<sup>e</sup> éd, 690 p.
- READ, J.L. & ANDERSEN, N. (2000).- The value of ants as early warning bioindicators: responses to pulsed cattle grazing at an Australian arid zone locality. *Journal of Arid Environments*, **45** (3), 231-251.
- RIZO-PATRÓN, F.V. (2013).- Macroinvertebrate communities as bioindicators of water quality in conventional and organic irrigated rice fields in Guanacaste, Costa Rica. *Ecological Indicators*, **29**, 68-78.
- ROSS, I. & ROBERT, G. (2019).- Logiciel statistique R, R Core Team. Licences, GNU GPLv22.
- TAYLOR, B.W., McINTOSH, A.R., PECKARSKY, B.L. (2001).- Sampling stream invertebrates using electroshocking techniques. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **58** (3), 437-445.
- TORMO, J.A., AMAT, B.B. & CORTINA, J.B. (2020).- Litter as a filter for germination in semi-arid *Stipatenacissima* steppes. *Journal of Arid Environments*, **183**, 104258.
- Xper3. Logiciel de détermination de la Biodiversité développé par le Laboratoire d'Informatique et Systématique de l'Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), UMR 7205 (CNRS, MNHN, UPMC, EPHE).