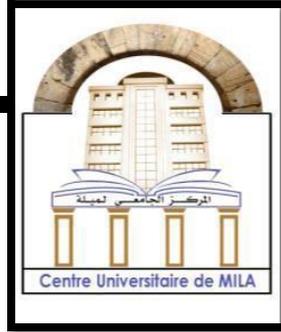


République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



No Réf : - - - - -

Centre Universitaire de Mila
Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Science de la Nature et de la Vie

Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master
Domaine : Science de la nature et de la vie
Filière : Ecologie Et Environnement
Spécialité : Protection Des Ecosystèmes

Thème

***Effet du climat et la profondeur de l'eau sur l'abondance et la
richesse des oiseaux d'eau dans le barrage de Beni Haroun***

Préparé par:

BENDEKICHE HOUDA

BENHAMADA Nassir

OUAHABI Houssam

Soutenu devant le jury :

Président : TABET Slimane

MAA

Centre Universitaire de Mila

Examineur : SEMARA Lounis

MAA

Centre Universitaire de Mila

Promoteur :BOUZEGAG Abdelaziz

MCB

Centre Universitaire de Mila

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous souhaiterons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

*Nous exprimons sincèrement notre gratitude à notre encadreur Monsieur **BOUZEGAG Abdelaziz** pour nous avoir dirigé ce travail et de sa générosité et la grande patience dont il a su faire preuve malgré ses charges académiques et professionnelles.*

Nous tenons à remercier tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance à nos professeurs du département de Science de la Nature et de la Vie pour la formation enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils nous ont fait vivre durant ces cinq années au sein de Centre Universitaire de Mila.

*Nous tenons également à adresser nos vifs remerciements à l'ensemble des membres du jury : **TABET Slimane** et **SEMARA Lounis** qui ont bien accepté d'examiner notre travail.*

Liste des abréviations

Fig: Figure.

Tab: Tableau.

T: Température.

P: Précipitation.

°C: Degré Celsius.

M/S : Mètre/ seconde.

mm : Millimètre

Log : Logarithme.

S : Richesse spécifique.

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver.

N : somme des effectifs des espèces.

ni : Effectif de la population de l'espèce i.

E : L'indice d'équitabilité.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Les espèces végétales qui se trouvent au niveau du lac de barrage de Beni Haroun, Selon la Conservation des forêts de Mila 2020.	07
02	La diversité faunistique qui existe dans le lac du barrage de Beni Haroun d'après la conservation des forêts de la wilaya de Mila 2018.	08
03	Corrélation entre l'abondance et les paramètres climatiques	28
04	Détail des facteurs abiotiques par saisons au Barrage de Beni Haroun.	28
05	Corrélation entre la richesse et les paramètres climatiques	29
06	Fluctuation temporelle de l'indice de Shannon (H) et d'équitabilité (E) au Barrage de Beni Haroun	31

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Situation géographique de la wilaya de Mila.	04
02	Localisation géographique du barrage de Beni Haroun	07
03	Les précipitations mensuelles moyennes de la wilaya de Mila durant la période (2013-2015).	10
04	Les températures mensuelles moyennes de la wilaya de Mila durant la période (2013-2015).	11
05	Les vents mensuels moyennes de la wilaya de Mila durant la période (2013-2015).	12
06	Relation entre l'abondance des oiseaux du barrage Beni haroun et les paramètres climatiques.	26
07	Relation entre la richesse spécifique des oiseaux du barrage Beni haroun et les paramètres climatiques.	27

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Chapitre I : Description du site

1.	Généralité sur la wilaya de Mila	4
1.1.	La situation	4
1.1.1.	La situation géographique	4
1.1.2.	La situation administrative de la wilaya de Mila	4
1.2.	La végétation	5
1.3.	Réseau hydrographique	5
1.4.	La Géologie	5
1.5.	La Pédologie	6
2.	Description de la zone d'étude	6
2.1.	Généralité	6
2.2.	Situation géographique	6
2.3.	Cadre biotique	7
2.3.1.	La flore	7
2.3.2.	La faune	8
2.4.	Étude climatique	9
2.4.1.	La précipitation	9

2.4.2. La température	10
2.4.2. Le Vent	11

Chapitre 02 : L'effet du climat et de la profondeur d'eau sur les oiseaux aquatiques

I. L'effet du climat sur les oiseaux aquatiques	14
1. Migration	14
1. Le vent	15
1.2. La Précipitation	15
1.3. La Température	16
2. La Reproduction	16
2.1. Le vent	17
2.2. La Précipitation	17
2.3. La Température	17
3. L'hivernage	18
3.1. Le vent	19
3.2. La Précipitation	19
3.3. La Température	19
II. L'effet de la profondeur de l'eau sur les oiseaux aquatiques	20

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Matériels	22
2. Méthodologie	22
2.1 La méthode relative	22

2.2	La méthode absolue	23
3.	Méthodes d'exploitation des résultats par divers indices écologiques	23
3.1	Richesse spécifique « S »	23
3.2	Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')	23
3.3	L'indice d'équitabilité (E)	24
4.	Analyses statistiques	25

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1.	l'abondance	26
1.1.	L'influence des paramètres climatique sur l'abondance des espèces d'oiseaux	26
1.2.	L'influence du niveau d'eau sur l'abondance des espèces d'oiseaux	28
2.	la richesse spécifique	29
2.1.	L'influence des paramètres climatique sur la richesse	29
3.	Les indices écologiques	31
4.	Analyse statistique	32

Conclusion

Références bibliographiques

Résumé

Introduction

Les zones humides ne couvrent que 6 % de la surface de la terre mais constituent l'un des écosystèmes les plus productifs et les plus précieux au monde (**Hai-bing et Zheng, 2020**). Elles sont d'une importance capitale tant pour la biodiversité que pour le bien-être humain (**Nigel et al., 2021**), et également pour le maintien de la biodiversité, y compris les oiseaux d'eau (**Esther et al., 2013**). Les oiseaux d'eau sont une composante essentielle des écosystèmes aquatiques (**Jamwal et al., 2020**), et peuvent être utilisées comme un indicateur de la santé et de la biodiversité des zones humides ; Leur abondance et leur diversité sont souvent utilisées comme critères pour identifier et qualifier ces zones comme une importance internationale et pour les désigner comme zones protégées (**Bourafa et al., 2018 ; Zhijun et al., 2010**). Les zones humides fournissent des sites de nutrition, d'hivernage et de reproduction pour l'avifaune (**Elagbani et al., 2005**).

Les zones humides et les oiseaux d'eau sont affectés directement et indirectement par une combinaison de facteurs climatiques (comme la température, la précipitation, le vent...etc.). qui conduisent à des changements dans la richesse et l'abondance des espèces aviaires, et un changement dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes des milieux aquatiques, tel que le changement de la profondeur d'eau qui peut affecter la capacité de recherche de nourriture et l'écologie des oiseaux car ça limite l'accès de certaines espèces aviaires, contribuant ainsi à leur déclin (**Guareschi et al., 2015**).

Compte tenu de la disparition continue des zones humides naturelles dans le monde, les zones humides artificielles deviennent de plus en plus importantes en tant qu'habitats pour les oiseaux d'eau (**Zhijun et al., 2010**). Ces zones sont des marais artificiels ou des filtres plantés dans des sites où les zones humides ne s'y trouvent pas naturellement (**Marie-Éléonore, 2017**).

Les zones humides artificielles offrent donc des possibilités infinies pour retrouver certaines des fonctions naturelles des zones humides naturelles, tels que la création d'habitats pour la faune et la flore, des espaces inondables, des espaces récréatifs, etc... et compensent dans une certaine mesure les pertes importantes de superficie des zones humides naturelles (**Marie Éléonore, 2017**).

La région méditerranéenne constitue l'un des endroits les plus riches du monde en termes de la diversité des oiseaux. L'Algérie abrite une grande diversité de zones humides qui sont d'importants sites d'hivernage et de halte migratoire pendant la migration des oiseaux (**Ouarab et al., 2018**). La wilaya de Mila, région de l'intérieur du pays au climat méditerranéen par excellence est devenue ces dernières années une destination privilégiée pour une importante variété d'oiseaux migrateurs (**Bouabdellah, 2017**). Parmi ces zones humides on trouve le lac de barrage de Beni Haroun. Ce dernier est un grand complexe hydraulique stratégique en Algérie parce qu'il est considéré comme l'une des régions les plus riches et les plus complexes en raison de sa diversité biologique (**Bouhila et al., 2017**).

L'objectif principal de ce travail est la réalisation d'une étude rétrospective sur la variation de l'abondance et de la richesse des oiseaux d'eau du lac de barrage de Beni Haroun de la wilaya de Mila en relation avec les paramètres climatiques (la température, le vent et la précipitation) et la profondeur de l'eau durant deux ans successive 2013/14 et 2014/15.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres :

- Le premier est réservé à la description de la zone d'étude. Il résume des données sur la pédologie, la climatologie, la géologie et le cadre biotique.
- Le second décrit l'influence de trois variables climatiques (température, vent et précipitation) sur les phases de cycle de vie des oiseaux d'eau (migration, hivernage et reproduction).
- Le troisième présente le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de cette étude.
- Enfin, un dernier chapitre qui illustre, dans des figures, les résultats obtenus. Et une conclusion, à partir des résultats constatés et des analyses effectuées au cours de notre étude.

Chapitre. I

Description du site

1. Généralité sur la wilaya de Mila :

1.1. La situation

1.1.1. La situation géographique

La wilaya de Mila est située dans le Nord-est Algérien à 464m d'altitude, et à 33 km de la mer Méditerranée.

1.1.2. La situation administrative de la wilaya de Mila : Les wilayas limitrophes de Mila sont :

- Au Nord, par la wilaya de Jijel et Skikda.
- A l'Est, par la wilaya de Constantine.
- A l'Ouest, par la wilaya de Sétif.
- Au Sud, par la wilaya de Batna et Oum el Bouaghi. **(Fig. 1) (Abbas et al., 2016).**

Elle se trouve dans une situation géographique intermédiaire entre les hautes plaines constantinoises au sud et le massif montagneux du Tell au Nord. **(Abbas et al., 2016).**

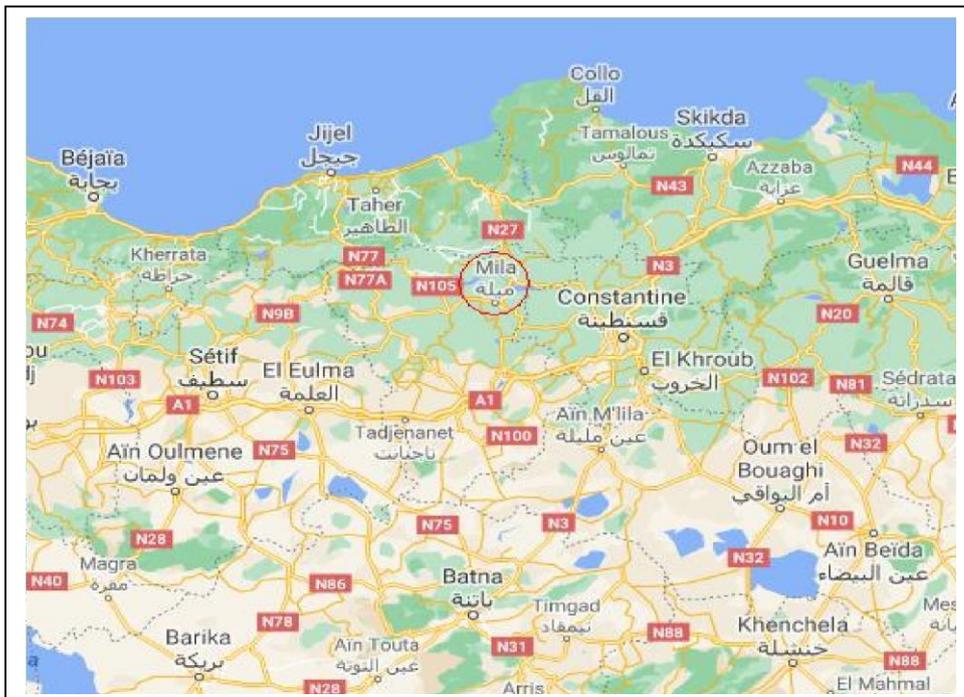


Figure 1 : Situation géographique de la wilaya de Mila (Google Maps, 2021)

1.2. La végétation :

La superficie agricole utile occupe 10438 hectares soit 80% de la superficie agricole totale. Le couvert végétal est peu important, il se résume principalement aux cultures céréalières et des herbes sauvages (**Chebbah, 2015**). Les céréales occupent 4903 hectares de la surface agricole, les Légumes secs occupent 63 hectares, les cultures maraîchères 186 hectares, l'arboriculture occupent 212 hectares (**Ayadi et Khelafi, 2018**).

La plupart des plantes spontanées se développent et fleurissent au printemps grâce aux températures relativement douces de cette saison et grâce à la lumière et à l'abondance de l'eau des neiges. La flore printanière est particulièrement riche ; On trouve dans les friches et les prairies une flore spontanée constituée surtout : d'Astéracées, Apiacées, Brassicacées, Poacées, et de Lamiacées (**Ayadi et Khelafi, 2018**).

1.3. Réseau hydrographique :

Oued Endja à la limite Nord-Est du bassin versant et oued El Kébir qui allonge la limite Nord-Est du bassin sont deux grands principaux oueds qui traversent le bassin de Mila, les parties superficielles du bassin sont couvraient par les dépôts détritiques (conglomérats, graviers et sable), qui facilitent l'infiltration et l'emménagement des eaux souterraines et le développement de nappes phréatiques. La qualité de l'eau est classée comme médiocre dont la plupart des puits et forages, car ces eaux sont généralement contaminées par des teneurs élevées en chlorures et sodium (**Athmania et al., 2009**).

1.4. La Géologie :

Le bassin de Mila appartient au domaine externe de la chaîne Alpine d'Algérie Nord Orientale qui est rattachée à la branche Sud des maghrébines entre le détroit de Gibraltar à l'Ouest et la Sicile et la Calabre à l'Est. La partie Nord Orientale de cette branche est généralement subdivisée en deux grands domaines qui sont:

- Un domaine interne, regroupant le socle kabyle et les formations des flyschs.
- Un domaine externe, correspondant aux formations telliennes et de l'avant pays (**Berkal et Elouaere, 2014**).

1.5. La Pédologie :

En général la région de Mila couvre par des sols bruns claires (**Berkal et Elouaere, 2014**). Ces sols sont caractérisés par une structure argileuse, moyenne à fine en surface et plus fine en profondeur. Ils sont riches en potassium échangeable, calcaire et pauvres en phosphore assimilable. Ainsi que ce type de sol possède une forte rétention en eau et caractérisé par l'apparition de fentes de retrait en périodes sèches (**Belattar, 2007**)

2. Description de la zone d'étude :

2.1. Généralité :

Le barrage a été construit en 2001. En raison de multiples interruptions. Toutefois, la première mise en fourrière a eu lieu le 1er août 2003, Le barrage est situé dans un rétrécissement de gorges calcaires, où la géologie est complexe et très cisailé, Destiné à fournir l'eau potable pour à pas moins de cinq millions de personnes des wilayas de Mila, Constantine, Jijel, Oum El Bouaghi, Khenchela et Batna, Et l'eau d'irrigation pour 30.000 hectares à Teleghma, Chemora et Tafouna (**Chabou et al., 2020**).

2.2. Situation géographique:

Le barrage de Beni Haroun est le plus grand de l'Algérie et l'un des plus grands barrages d'Afrique, situés au nord-est de la wilaya de Mila, et au sud-est de la wilaya de Jijel entre $36^{\circ} 33' 19''$ N et $6^{\circ} 16' 11''$ E. Il constitue un grand réservoir artificiel qui s'étend sur une superficie de 3 929 ha, avec une capacité de 960 millions de mètres cube. Ce barrage de 120m d'hauteur s'alimente par deux branches principales : Oued Rhumel et Oued Endja (**Chabou et al., 2020**).

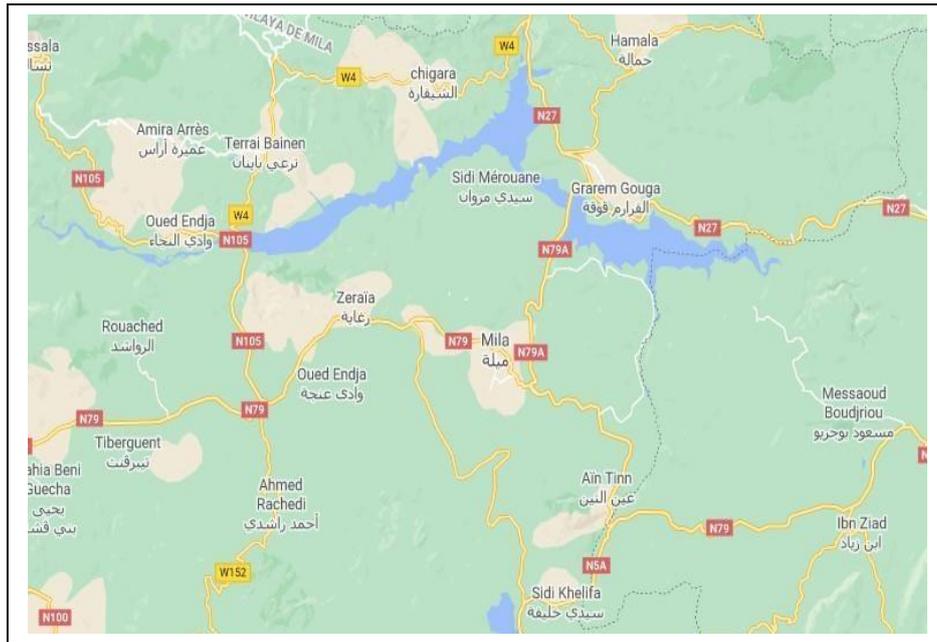


Figure 2 : Localisation géographique du barrage de Beni Haroun (Google Maps 2021)

2.3. Cadre biotique:

2.3.1. La flore :

Tableau 01 : Les espèces végétales qui se trouvent au niveau du lac de barrage de Beni Haroun, Selon la Conservation des forêts de Mila 2020.

Famille	Espèce	Nom scientifique
Oleaceae	Oléastre	<i>Olea Oreupea</i>
Poaceae	Roseau	<i>Phragmithe australis</i>
Anacardiaceae	Pistachier	<i>Pistacia terebinthus</i>
Cactaceae	Opuntia	<i>Cactus raquettes</i>
Capparaceae	Câprier	<i>Capparis spinosa</i>
Pinaceae	Pin d'Alep	<i>Pinus halpensis</i>
Mirtaceae	Eucalyptus	<i>E. globulus</i>
Tamaricaceae	Tamarix	<i>Tamarix africana</i>
Apocynaceae	Laurier-rose	<i>Nerium oleander</i>
Fabaceae	Calicotome	<i>Calicotom spinosa</i>
Juncaceae	Juncus	<i>Juncus effusus</i>

2.3.2. La faune :

Tableau 02 : La diversité faunistique qui existe dans le lac du barrage de beni haroun d'après la conservation des forêts de la wilaya de Mila 2018.

Groupe	Espec	Nom scientifique
Les Mammifères	Le Chacal commun	<i>Canis spp</i>
	Renard roux	<i>Vulpes vulpes</i>
	Lièvre	<i>Lepus spp.</i>
	Hérisson d'Afrique du nord	<i>Atelerix algirus</i>
	Sanglier	<i>Sus scrofa</i>
	Porc-épic	<i>Hystrixindica</i>
	Le lapin commun	<i>Oryctolagus cuniculus</i>
	L'Hyène rayée	<i>Hyaena hyaena</i>
	La Mangouste	<i>Cynictis penicillata</i>
	La Belette	<i>Mustela nivalis</i>
	Le Chat sauvage	<i>Felis silvestris</i>
	Le grand Gerboise	<i>Jaculus orientalis</i>
	La Genette	<i>Genetta genetta afra</i>
	Mérione Shaw	<i>Pallasiomys shawi</i>
Les poissons	Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>
	Carpe argentée	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>
	Carpe à grosse tête	<i>Hypophthalmichthys noblis</i>
	Barbeau	<i>Barbatus barbatus).</i>
	Carassin	<i>Carassius carassius</i>
	Brème	<i>Abramisbramas</i>
Avifaune	Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
	Canard souchet	<i>Anas clypeata</i>
	Canard chipeau	<i>Anas strepera</i>
	Canard Siffleur	<i>Anas penelope</i>
	Fuligule nyroca	<i>Aythya nyroca</i>
	Fuligule milouin	<i>Ayhtya ferina</i>
	Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>
	Tadorne de belon	<i>Tadorna tadorna</i>
	Tadorne casarca	<i>Tadorna ferruginea</i>
	Grébe castagneux	<i>Tachybaptu sruficollis</i>
	Grébe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>
	Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>
	Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>
	Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>
	Grande airgette	<i>Egretta alba</i>
	Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i>
	Crabier chevelu	<i>Ardeola ralloides</i>
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	
Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>	
Foulque macroule	<i>Fulicaatra</i>	
Géolond leucophée	<i>Larus michahellis</i>	

Mouette rieuse	<i>Larusri dibundus</i>
Sterne caspienne	<i>Hydroprogne caspia</i>
Grand cormorant	<i>Phalacrocorax carbo</i>
Gruecendrée	<i>Grus grus</i>
Buzard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>
Petit gravelot	<i>Charadrius dubius</i>
Grand gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i>
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>
Spatule blanche	<i>Platalealeu corodia</i>

2.4. Étude climatique:

Le facteur du milieu le plus important est certainement le climat. Il a une influence directe sur la faune et la flore (**Metallaoui, 2010**). Notre zone d'étude est caractérisé par un climat de type méditerranéen ; Il est caractérisé par un hiver doux et pluvieux et une période estivale longue chaude et sèche qui se prolonge du mois de Mai au mois d'Octobre avec une variation saisonnière et spatiale. Son régime climatique dépend de deux paramètres principaux : la précipitation météorologique et la température (**Boulbair et Soufane, 2011**).

2.4.1. La précipitation:

La Pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime de cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. Les précipitations sont également variables et irrégulières d'une année à l'autre (**Berkal et Elouaere, 2014**).

La région d'étude est l'une des régions les plus arrosées, avec une moyenne annuelle des pluies précipitées est de 692.99mm. Le mois de février est le mois le plus abondant en pluie; il a connu un excédent de 94.06 mm, à l'inverse le mois de juillet a connu un déficit de 9.24 mm c'est le mois le plus sec. (**Fig. 3**)

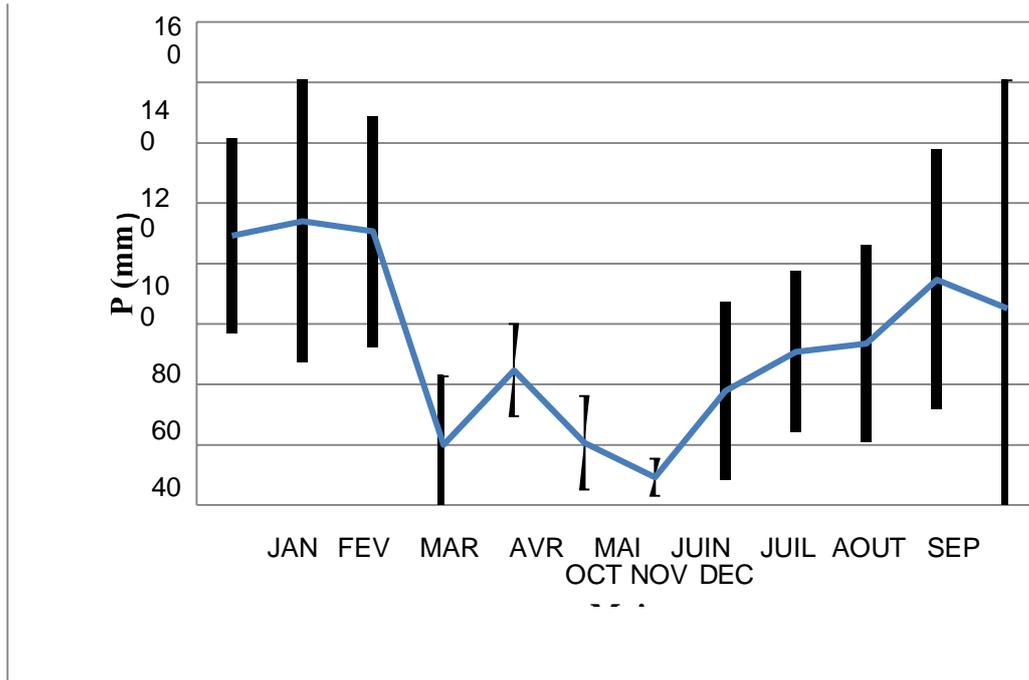


Figure 3 : Les précipitations mensuelles moyennes de la wilaya de Mila durant la période (2013-2015)

2.4.2. La température:

La température de l'air est l'un des facteurs ayant une grande influence sur le climat et sur le bilan hydrique car il conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle. Elle est fonction de l'altitude, de la distance de la mer des saisons, et de la topographie (Berkal et Elouaere, 2014).

D'après les données climatiques, la saison chaude est bien marquée. La température moyenne est enregistrée durant le mois de juillet où elle atteint 26.27°C et tandis que janvier est le mois le plus froid avec une température minimale de 6,96°C. (Fig. 4)

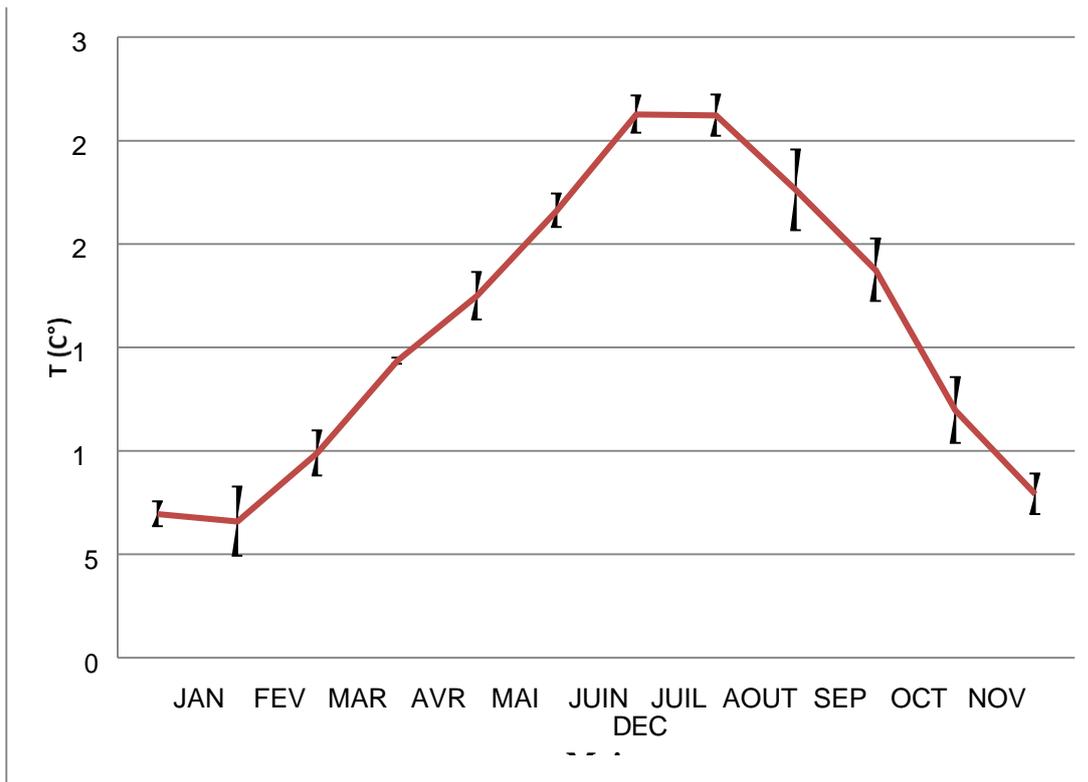


Figure 4 : Les températures mensuelles moyennes de la wilaya de Mila durant la période (2013-2015)

2.4.3. Le Vent :

Le vent fait partie des éléments les plus caractéristiques du climat, et peut exercer une grande influence sur les êtres vivants dans certains biotopes. Il active l'évaporation et pouvant intensifier ainsi la sécheresse (**Meddour, 2013**).

Le graphe montre que la vitesse maximale des vents dans notre région d'étude qui y soufflent est enregistrée durant le mois de janvier avec une valeur maximal de 3.03 m/s, et la vitesse minimale représente pendant le mois de juillet avec une valeur de 2,12 m/s. (**Fig. 5**)

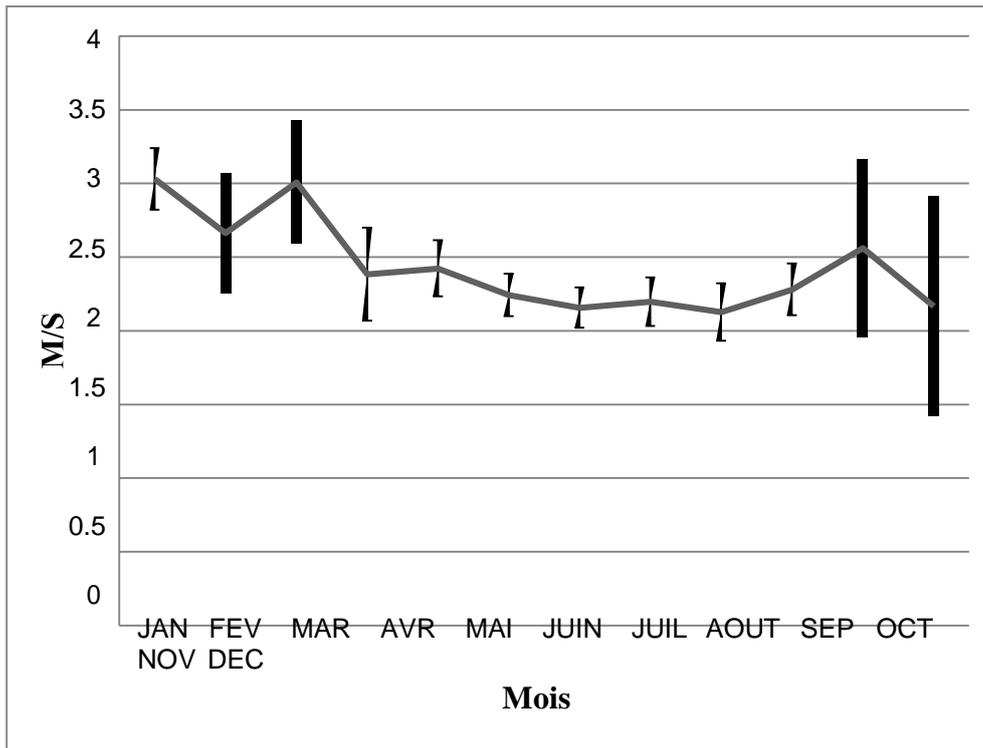


Figure 5 : Les vents mensuels moyennes de la wilaya de Mila durant la période (2013-2015)

Chapitre. II

*Synthèse bibliographique sur
l'effet du climat et de la
profondeur d'eau sur les
oiseaux aquatiques*

I. L'effet du climat sur les oiseaux aquatiques :

Le climat est un facteur clé dans la dynamique des populations d'oiseaux, affectant leur taux métabolique, leurs modèles comportementaux, leur répartition et leurs mouvements et le succès de la nidification (**Torres 2010**), la température et l'humidité relative ont été parmi les principaux facteurs qui peuvent influencé sur la distribution des oiseaux aquatiques dans les zones humides (**Rajpar et Zakaria, 2011**).

Dans ce chapitre nous étudions l'influence de trois variables climatiques (température, vent et précipitation) sur les phases de cycle de vie des oiseaux d'eau (migration, hivernage et reproduction).

1. Migration :

La migration animale est un ensemble de déplacements périodiques intervenant entre une aire de reproduction qualifiée de patrie, et une aire où l'animal séjourne un temps plus ou moins long, en dehors de la période de reproduction, et qu'il quitte ensuite pour retourner dans la première (**Isabelle, 2016**).

Selon la majorité des études, la plus part des migrations ont lieu dans des conditions météorologique sans vent clairs et anticycloniques sans précipitation ou avec de vent arrière (**Bozó et al., 2018**).

Le climat est le facteur déterminant de la migration des oiseaux, alors la progression de la migration devrait se faire par vagues correspondant à celles du climat (**Wells, 2014**), Il peut agir sur les dates d'arrivé et de départ des oiseaux migrateurs dans leurs territoire de reproduction (**Arnaud et Jean-Yves, 2014**), le déroulement et la trajectoire, ainsi que sa survie pendant la migration (**Bozó et al., 2018**).

Les conditions météorologiques favorables permet aux oiseaux d'eau de raccourcir leur distance de migration, réduire les coûts énergétiques et augmentent la vitesse de la migration et initier la reproduction plus tôt et en mieux état du corps (**Diego et al., 2017**).

1.1. Le vent :

Le vent joue un rôle important pour les vols des oiseaux migratoires, car il influe sur la vitesse et les dépenses énergétiques de migration de manière très importante (**thorup et al., 2006**), Il affecte la date de départ, les directions, les itinéraires migratoires, les durées de vol, et consommation d'énergie (**László et al., 2018**). Ainsi, il joue un rôle primordial dans la sélection de l'altitude de vol (**Vidal-M et al., 2016**).

Les changements dans la direction du vent prédominant peuvent avoir un effet sur le moment et la capacité des individus d'accomplir leur voyage migratoire (**Maclean et al., 2008**). Dans le cas des vents de face et des vents latéraux la migration des oiseaux sont retardée, par contre en cas des vents arrière les oiseaux sont capables de voler sur de plus longues distances en dépensant moins d'énergie (**László et al., 2018**).

L'un des principaux coûts visibles de la migration chez les oiseaux est la mort pendant ce processus (**Newton 2007**), Malgré que ces oiseaux à éviter de voler en cas de mauvais temps ; Le vent de face peut provoquer la mortalité des oiseaux migrateurs, car il les oblige à voler plus longtemps, et épuisant leurs réserves d'énergie (**Newton 2007**).

1.2. La Précipitation :

Les facteurs environnementaux tels que les précipitations limitent ou modifient généralement la phénologie et la distribution des espèces migratrices (**Bara et Luciano, 2019**).

Ainsi la variation annuelle des précipitations peut modifier le déclenchement de la migration printanière (**Colin et peter, 2011**), Les oiseaux migrateurs rencontrent souvent des mauvaises conditions climatiques au cours de leurs trajets comme les pluies ; Ces dernières peuvent saturer le plumage en eau et provoquer la perte de chaleur corporelle (**Newton 2007**).

Les fortes précipitations ralentissent la progression migratoire des oiseaux vers leur destination et même les forcer à faire l'escale, et par conséquent, ils retardent leurs date d'arrivée (**Gordo, 2007**).

La précipitation augmente les dépenses énergétiques de vol pendant la migration et aussi, en cas de beaucoup de nuages elle provoque des difficultés d'orientation et une mauvaise visibilité (**Kasper et al., 2006**).

1.3. La Température :

La température est la variable climatique la plus fréquemment liés à la phénologie aviaire. (**Gordo, 2007**), Plusieurs études ont déterminées une influences de la température printanière sur la date de départ des oiseaux vers leur site d'hivernage ((**Xu et al., 2017**; **Haest et al., 2020**), Les oiseaux migrateurs arrivent plus tôt, durant les années où les températures printanières sont relativement élevées (**Saino et al., 2007**).

La température peut également avoir des effets directs et indirects sur les taux de développement des insectes qui constituent les principaux proies pour les oiseaux migrateurs insectivores. Et par conséquent elle a une influence sur la durée de l'escale migratoire et sur le déroulement de la migration en limitant la capacité des oiseaux à reconstituer des réserves de graisse épuisées (**Peter et al., 2004**).

2. La Reproduction :

La reproduction est un moyen de renouvellement chez toutes les populations animales. Et c'est une succession de plusieurs processus chez les oiseaux : le cantonnement, la ponte, l'incubation et l'élevage des jeunes (**Houmci et Hmidani, 2019**).

Les conditions météorologiques peuvent avoir divers impacts biologiques et écologiques sur les activités de reproduction des oiseaux d'eau; ils sont particulièrement sensibles à la température, le vent et aux précipitations pendant la reproduction (**Ahmad Ismail et al., 2013**). et par conséquent ils affectent leurs succès de nidification (**Torres 2010**).

2.1. Le vent :

Le vent peut agir comme une barrière invisible qui affecte négativement le succès de nidification de toutes les espèces ainsi que la capacité des oiseaux à accéder à leurs poussins. Il est la cause principale des pertes d'œufs chez la plupart des oiseaux dans toute l'aire de répartition des espèces ; ce qui conduit à la morts d'un nombre

important des embryons dans des œufs qui n'ont pas encore éclos à cause de la prédation et à d'autres facteurs... (**Ricardo T et al., 2010 ; Emily. S et al., 2019**).

La Température:

La plupart des études sur la phénologie migratoire aviaire ont établi un lien entre les modes d'arrivée des oiseaux et les conditions climatiques dans les aires de reproduction, en particulier la température (**Oscar.G, 2005**).

La température est la variable environnementale le plus clairement influe sur la reproduction et provoque une variation dans le calendrier de reproduction des espèces aviaires (**Marcel et al., 2015 ; Rajpar et al., 2011**).

Les températures élevées peuvent généralement réduire les taux de survie des nids ; Elles affectent directement la viabilité des œufs, donc les adultes doivent dépenser plus d'énergie pour la thermorégulation au début de la saison de reproduction (**Zuckerberg et al., 2018**). De même, plusieurs études ont signalé que les températures élevées limitent la croissance des poussins, diminuent leur taille et réduisent la probabilité de leur survie (**Bourne et al., 2020**).

2.2. La Précipitation :

Les précipitations ont des effets directs sur la sélection des sites de nidification le long des gradients environnementaux, le succès des nids, la survie des juvéniles et au total affectent la démographie de la population (**Timothy et al., 2019**), Ainsi, Tout changements dans les précipitations peuvent changer le temps de reproduction et l'abondance de nourriture (**Alexandra, 2014**), Les fortes précipitations peuvent causer la mortalité directe des adultes et des oisillons ainsi que des défaillances des nids. Par exemple, les conditions météorologiques pluvieuses et froides provoquent une forte mortalité des poussins chez les jeunes cigognes ; ce qui réduit considérablement le succès de la reproduction et la survie. On a également constaté que les variations des précipitations avaient des effets négatifs sur le succès de l'envol des cigognes blanches dont les ressources alimentaires sont faibles (**Ahmad Ismail, et al., 2013**).

3. L'hivernage :

L'hiver est une saison difficile pour la survie des oiseaux ; Et pour survivre à de telles conditions, ils ont adoptés différentes stratégies d'hivernage (**Duriez, 2003**), Qui leurs permet de finir leurs saison hivernale dans des meilleurs conditions corporels (**Houmci et Hmidani, 2019**), Cette stratégie repose sur la bonne alimentation pour assurer les réserves de graisse et de protéine, afin de refaire le chemin inverse au printemps et regagner les sites de reproduction (**Mollay, 2011**).

La période de l'hivernage est importante dans le cycle vital des oiseaux ; car les conditions auxquelles ils sont confrontés pendant cette période ont un impact décisif sur la reproduction et le succès de la reproduction grâce aux ressources énergétique accumulées (**Houmci et Hmidani, 2019**).

Dans la période d'hivernage plusieurs facteurs climatiques affectent les oiseaux par la modification de la qualité, la disponibilité, et l'accessibilité des proies. Ce qui affecte leur survie (**La Sorte et Thompson, 2007 ; Paprocki et al.; 2014**), Car un site d'hivernage adéquat riche en végétation et en nourriture est un élément essentiel pour soutenir les populations d'oiseaux d'eau hivernantes (**Hai-bing et al., 2020**), Les variabilités des conditions météorologiques pendant la saison non reproductive peuvent aussi affecter l'abondance des oiseaux d'eau à la saison suivante, et en fin de compte, la dynamique de la population de ces espèces (**Diego, 2017**).

Donc ce lien qui établit entre les réserves énergétiques des oiseaux en fin d'hiver et leur succès de reproduction fait que la période hivernale cesse d'être considérée comme une simple étape de transition entre deux périodes de reproduction, et qu'elle est considérée dès lors comme un maillon fonctionnel dans les processus de reproduction (**Houmci et Hmidani, 2019**).

3.1. Le vent :

Un changement des vents pourrait avoir un impact non négligeable sur la dépense énergétique associée au comportement de vol des oiseaux ; Un impact positif ou négatif en fonction des espèces considérées (**Fort, 2009**), la vitesse des vents parmi Les conditions climatiques difficiles rencontrées pendant la saison d'hivernage, il augmente de façon très importante le dépense énergétique quotidienne et diminue l'efficacité prédatrice et la capacité à acquérir l'énergie pour les oiseaux. Ainsi, elle considère comme une des principales raisons de la mortalité hivernale et des échouages massifs observés chez certaines espèces d'oiseaux (**Fort, 2009**).

3.2. La Température :

L'hiver est principalement marqué par des conditions plus froides et une diminution de la durée du jour (**Fort, 2009**), Ces fluctuations de la température peuvent causer la limitation de la nourriture sur les sites d'hivernages et donc la mortalité directe de plusieurs oiseaux aquatiques (**Sarah et al., 2016**). En cas d'évènement extrême hivernaux, les «espèces spécialistes à affinité chaude » subissent de fortes mortalités dont la cause principale est l'augmentation des coûts de thermorégulation et la diminution de la disponibilité alimentaire (**Elie Gaget, 2018**), Parmi les conséquences directes de l'augmentation de la température en hiver certains individus réduire leur distance de migration et passer l'hiver sur des sites d'hivernage nouvellement disponibles plus proches des sites de reproduction (court-circuitage) (**Diego, 2017**).

3.3. La Précipitation :

Les précipitation jouent un rôle vital pour un bon nombre des espèces hivernantes non seulement limité la portée de nombreuses zones humides, mais promouvoir la croissance des ressources alimentaires (**Arnaud et al., 2014**). La quantité de pluie peut également affecter l'abondance et la répartition des oiseaux d'eau (**Stenzel et al., 2018**), Dont des hivers plus secs peuvent potentiellement réduire la qualité et la disponibilité des milieux humides utilisés par de nombreux oiseaux d'eau hivernants (**Gordo et., al 2011**), Et par contre, des précipitations hivernales supérieures à la moyenne peuvent augmenter la disponibilité de l'habitat (**Rendón et al., 2008**).

II. L'effet de la profondeur de l'eau sur les oiseaux aquatiques :

La profondeur de l'eau est l'une des variables hydrologiques importante affectant les oiseaux d'eau qui se trouvent, s'alimentent et nichent dans les zones humides (**Francesca, 2009 ; Zhijun et al., 2010**). De plus, elle affecte les ressources alimentaires disponibles car elle limite l'accès pour certaines espèces aviaires (**Mark et al., 2012**).

Cette flexibilité dans l'utilisation de l'habitat est probablement liée à la morphologie des espèces, et la profondeur des sites de recherche de nourriture, qui sont corrélées positivement à la longueur du cou ou à la longueur du culmen et du tarse. Par conséquent, dans les eaux plus profondes la nourriture n'est disponible que pour les espèces plus grandes (**Colwell et tafi 2013 ; Thomas et al., 2015**); Par exemple les

Chapitre. II Synthèse bibliographique sur l'effet du climat et de la
profondeur d'eau sur les oiseaux aquatiques

espèces plus grandes avec un cou, un bec et des pattes plus longs peuvent se nourrir

dans des habitats plus profonds que les taxons plus petits. Et les oiseaux d'eau non plongeurs, tels que les échassiers et les canards de surface ont généralement besoin d'eaux peu profondes pour se nourrir, leur accès à l'habitat de recherche de nourriture est limité par la profondeur de l'eau. En revanche, les oiseaux aquatiques plongeurs ont besoin d'eaux profondes et leur accès à l'habitat de recherche de nourriture est limité par la profondeur minimale de l'eau qui leur permet de plonger (**Zhijun et al., 2010**), Nous pouvons tirer de tout ce qui précède que les zones humides peu profondes devraient abriter une plus grande diversité et abondance d'oiseaux d'eau que les zones humides profondes. Donc Les densités d'oiseaux sont systématiquement corrélées à la profondeur (**Colwell et Tafi, 2013**).

Chapitre. III

Matériels et méthodes

1. Matériels :

Le dénombrement des oiseaux d'eau au niveau du lac de barrage de Beni haroun, a été réalisé durant deux années consécutives (2013-2014 et 2014-2015) par utilisation de matériels suivants :

- Un télescope monté sur trépied de marque *KOWA* (20 x 60).
- Une paire de jumelles (12 x 50).
- Un carnet, un stylo (pour prendre des notes).
- Un guide d'identification des oiseaux (Oiseaux d'Europe d'Afrique du Nord et du Moyen- Orient).
- Un GPS Garmin 72H - 010- 10117- 02.

2. Méthodologie :

Plusieurs techniques et méthodes sont employées pour permettre de suivre au mieux les dénombrements des oiseaux, mais ces dernières se heurtent toujours à de nombreux facteurs liés à la biologie des oiseaux et aux transformations physiologiques que subissent les milieux aux rythmes des saisons et des années (**Benmebarek et Zabat, 2015**). Les dénombrements ont été réalisés dans des points d'observation choisie pour trois raisons ; l'accessibilité, la meilleure visibilité des groupes des oiseaux d'eau et éloignement de tout type de dérangement.

○ Pour réaliser l'inventaire des oiseaux deux méthodes ont été utilisées :

2.1. La méthode absolue

Dans ce cas le dénombrement est dit exhaustif car on considère que la population est estimée directement dans sa valeur absolue et tous les individus sont comptés. On retiendra ce comptage individuel si le groupe d'oiseaux se trouve à une distance inférieure à 200 m et ne dépasse pas les 200 individus (**Benmebarek et Zabat, 2015**).

2.2. La méthode relative

Cette méthode est utilisée si la taille du peuplement avien est supérieure à 200 individus ou si le groupe se trouve à une distance éloignée, elle est basée principalement sur une estimation quantitative. Pour cela, il faudra diviser le champ visuel en plusieurs bandes, compter le nombre d'oiseaux d'une bande moyenne et reporter autant de fois que de bandes. D'après la littérature, cette méthode présente une marge d'erreur estimée de 5 à 10% (**Benmebarek et Zabat, 2015**).

3. Méthodes d'exploitation des résultats par divers indices écologiques :

L'étude de l'écologie de cette avifaune a été abordée par la détermination d'indices écologiques liés directement à l'équilibre des peuplements : l'abondance totale, la richesse spécifique, l'indice de diversité de Shannon et Weaver ainsi que l'indice d'équitabilité. (**Boudraa et al., 2014**)

3.1. Richesse spécifique « S » :

La richesse spécifique décrite par (**Blondel, 1975**) est le nombre d'espèces rencontrées au moins une fois en termes de N relevés. Ce paramètre renseigne sur la qualité du milieu, plus le peuplement est riche plus le milieu est complexe et par conséquent stable. Il n'est statistiquement pas interprétable dans le cas d'une comparaison entre plusieurs peuplements.

Ce paramètre donne une place primordiale aux espèces importantes. (**Faurie et al., 2003**).

3.2. Indice de diversité de Shannon-Weaver (H') :

L'indice de diversité de Shannon (H') mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement. Plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement composé d'un grand nombre d'espèces avec une faible représentativité. A l'inverse, une valeur faible traduit un peuplement dominé par une espèce ou un peuplement à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité. (**Blondel, 1975**) Il est considéré comme l'un des meilleurs moyens d'exprimer la diversité d'un assemblage (**Ouarab et al., 2018**).

- Il est calculé par la formule suivante :

$$H' = -\sum (n_i / N) \times \log_2$$

(n_i / N) . H' : diversité

spécifique.

N : somme des effectifs des espèces.

n_i : Effectif de la population de l'espèce i .

La valeur de H' varie de 0 quand la communauté n'est composée que d'une seule espèce ($\log_2 1 = 0$) à 4.5 ou 5 bits/individus pour les communautés les plus diversifiées. Les valeurs les plus faibles, inférieures à 1.5 bit/individu, sont associées à des peuplements dominés par 01 ou quelques espèces. (**Berkal et al., 2014**).

3.3. L'indice d'équitabilité (E) :

L'indice d'équitabilité (E) qui est le rapport de la diversité observée (H') à la diversité maximale (H'_{\max}) (**Barbault, 1981 ; Ramade, 1984 ; Dajoz, 2000**). Il permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne peut pas connaître. Plus sa valeur a tendance à se rapprocher de 1, plus il traduit un peuplement équilibré. (**Legendre et al., 1979**) L'équitabilité varie entre 0 et 1.

- Il est calculé par la formule suivante :

$$E = H' / H_{\max} \text{ ou } H_{\max} = \log_2 (S)$$

S : Le nombre d'espèces formant le peuplement.

H'_{\max} (La diversité maximale) : correspond à la valeur la plus élevée possible qu'elle peut avoir dans un peuplement.

$$H'_{\max} = \log_2 S$$

S : est la richesse totale. (**Weesie, 1996**)

4. Analyses statistiques

La caractérisation de la variabilité intra-annuel de l'abondance (comparaison entre saison) a été effectuée par une analyse de variance non paramétrique de Kruskal-Wallis vu la distribution anormale des données.

Un modèle de régression linéaire simple a été développé pour modéliser la relation entre l'abondance et la richesse des oiseaux du barrage Beni-Haroun et les paramètres climatiques après vérification de la corrélation linéaire en utilisant une corrélation non paramétrique de Spearman. Ce paramètre statistique (Corrélation de Spearman) a été utilisé aussi pour tester le lien entre les indices écologiques. Tous les tests statistiques ont été produits sous le logiciel IBM SPSS 24.

Chapitre. IV

Résultats et discussion

1. L'abondance :

Durant les deux années d'étude nous avons enregistré des variations saisonnières du nombre total d'oiseaux au niveau de barrage de Beni Haroun ; le nombre maximum d'oiseaux aquatiques a toujours été enregistré à l'hiver : 3761 en 2013/14 durant le mois de Décembre et 4951 en 2014/15 durant le mois de janvier. Alors que le minimum a été noté en Eté de l'année 2013/14 durant le mois d'Aout et en printemps de l'année 2014/15 durant le mois d'Avril respectivement avec 401 et 555 individus. D'autre part les valeurs d'abondance nous expose une déférence inter annuelle très hautement significative ($H = 12,62$ $P > 0,001$).

1.1. L'influence des paramètres climatique sur l'abondance des espèces d'oiseaux :

Bien que le climat soit largement reconnu comme un prédicteur important de l'abondance des oiseaux le long des gradients environnementaux à grande échelle, les mécanismes par lesquels il influence sur l'abondance des oiseaux restent une source de débat (Bara et Segura, 2018).

La relation entre les paramètres climatiques (température, précipitation et la vitesse du vent) et l'abondance nous montre que 69,8 % la variabilité de l'abondance est expliqué par le paramètre de température ($R^2 = 0,698$) (Fig. 6), qui peut généralement limiter ou modifier la phénologie et la répartition des espèces migratrices (Bara et Segura, 2018)

L'analyse de corrélation entre les paramètres climatiques et l'abondance nous exposée une corrélation négative avec la température ($r = -0,781$ $P \leq 0,001$) et une corrélation positive avec la précipitation et la vitesse de vent respectivement avec ($r = 0,658$ $P \leq 0,001$) et ($r = 0,560$ $P \leq 0,01$) (Tab.3).

Tableau 3 : Corrélation entre l'abondance et les paramètres climatiques

Corrélations			
Année	Température	Précipitation	Vitesse du vent
2013/14	-.818***	.455	.392
2014/15	-.776**	.769**	.839***
Globale	-.781***	.658***	.560**
*. La corrélation est significative. **. La corrélation est hautement significative. ***. La corrélation est très hautement significative.			

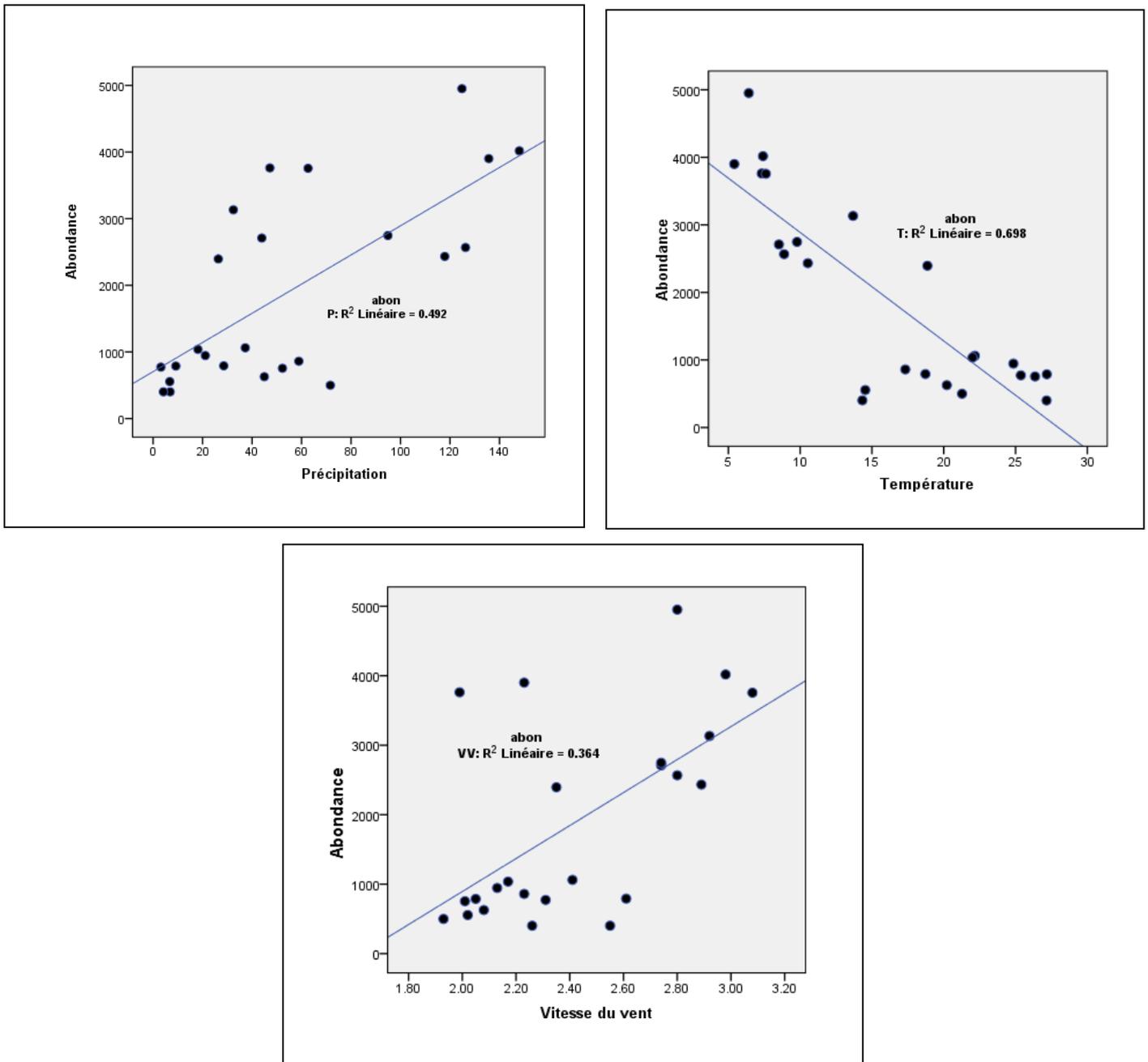


Figure 6 : Relation entre l'abondance des oiseaux du lac de barrage Beni Haroun et les paramètres climatiques.

1.2. L'influence du niveau d'eau sur l'abondance des espèces d'oiseaux :

Le niveau d'eau parmi les principaux facteurs connus qui affectent l'attractivité des zones humides pour les oiseaux d'eau (**Hamza et Selmi, 2018**).

Il ne fait aucun doute que l'amélioration de nos connaissances sur les effets des fluctuations du niveau d'eau sur les communautés d'oiseaux migrateurs est essentielle pour comprendre le rôle du contrôle de l'eau sur la structuration des communautés d'oiseaux du lac (**Y. Li et al., 2019**).

Les valeurs du niveau d'eau du barrage de Beni Haroun présentant des fluctuations saisonnières. Ils variaient entre 99,72m et 100,26m pour l'année 2013/14 et 98,77m et 100,51m pour l'année 2014/15. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées en printemps avec 100,99 m et les plus faibles en automne avec 98,65 m.

L'analyse de corrélation entre le niveau d'eau et l'abondance nous indique que la hauteur d'eau est non corrélée avec l'abondance ($r = 0,164$ $P = 0,444$)

Pour les paramètres climatiques, la température est le seul paramètre qui représente une corrélation significative avec le niveau d'eau ($r = -0,424$ $P = 0,039$) par rapport aux deux autres paramètres

Tableau 4 : Détail des facteurs abiotiques par saisons au niveau du lac de Barrage de Beni Haroun

	Hauteur d'eau		Température		Précipitation		Vitesse du vent	
	Moy \pm SD	Min- Max	Moy \pm SD	Min- Max	Moy \pm SD	Min- Max	Moy \pm SD	Min- Max
Automne 13/14	99,72 \pm 0,37	99,42- 100,14	17,34 \pm 5,92	10,53 - 21,27	78,15 \pm 36,9	44,94 - 117,89	2,3 \pm 0,52	1,93 - 2,89
Hiver 13/14	100,23 \pm 0,07	100,19 - 100,31	7,82 \pm 0,63	7,32 - 8,52	51,25 \pm 9,98	43,94 - 62,62	2,6 \pm 0,56	1,99 - 3,08
Printemps 13/14	100,26 \pm 0,27	100,04 -100,56	13,51 \pm 4,28	8,88 - 17,32	64,01 \pm 59,86	6,87 - 126,27	2,53 \pm 0,29	2,23 - 2,80
Eté 13/14	99,72 \pm 0,38	99,33 - 100,09	24,9 \pm 2,53	22,17 - 27,16	14,86 \pm 19,39	3,16 - 37,24	2,33 \pm 0,08	2,26 - 2,41
Automne 14/15	98,77 \pm 0,14	98,65 - 98,92	19,13 \pm 5,59	13,68 - 24,85	26,62 \pm 5,68	21,08 - 32,43	2,46 \pm 0,41	2,13 - 2,92
Hiver 14/15	99,81 \pm 1,03	98,86 - 100,9	6,41 \pm 1,00	5,41 - 7,41	136,17 \pm 11,61	124,81 - 148,01	2,67 \pm 0,39	2,23 - 2,98
Printemps 14/15	100,51 \pm 0,42	100,21 - 100,99	14,34 \pm 4,47	9,78 - 18,72	43,39 \pm 45,91	6,73 - 94,89	2,46 \pm 0,38	2,02 - 2,74
Eté 14/15	99,92 \pm 0,22	99,69 - 100,12	25,18 \pm 2,78	22,01 - 27,18	26,53 \pm 22,75	9,17 - 52,29	2,08 \pm 0,08	2,01 - 2,17

2. La Richesse spécifique :

Au total 35 espèces d'oiseaux d'eau ont été enregistrées dans le barrage de Beni Haroun durant les deux années d'étude. La richesse spécifique est variée entre 12 et 17 espèces pour l'année 2013/14 et entre 11 et 24 espèces pour l'année 2014/15. Le maximum est enregistré pendant l'hiver de l'année 2014/15 avec 24 espèces. Ces résultats indiquent que le barrage de Beni Haroun est devenu un site très important pour l'hivernage et le stationnement d'oiseaux d'eau migratrice.

2.1. L'influence des paramètres climatique sur la richesse :

Les facteurs environnementaux tels que la température, la vitesse du vent ont été utilisés par les scientifiques pour évaluer les fluctuations saisonnières des communautés d'oiseaux des zones humides. Ils peuvent influencer sur l'écologie des espèces et leur comportement alimentaire (Branco *et al.*, 2015).

Durant notre étude la relation entre les paramètres climatiques et la richesse spécifique est faible. Nous avons enregistré que 24,4 % la variabilité de la richesse est expliqué par le paramètre de température ($R^2 = 0,244$) (Fig.7).

L'analyse de corrélation entre le niveau d'eau et la richesse nous indique que la hauteur d'eau est non corrélé avec la richesse ($r = -0,150$ $P = 0,485$)

L'analyse de corrélation entre les paramètres climatiques et la richesse spécifique nous expose une corrélation négative avec la température ($r = -0,605$ $P \leq 0,01$) et non corrélé avec la précipitation ($r = 0,365$ $P = 0,079$) et la vitesse du vent ($r = 0,320$ $P = 0,127$) (Tab.5).

Tableau 5 : Corrélation entre la richesse et les paramètres climatiques

Corrélations			
Année	Température	Précipitation	Vitesse de vent
2013/14	-.560	.370	.018
2014/15	-.681*	.540	.628*
Globale	-.605**	.365	.320
* . La corrélation est significative. ** . La corrélation est hautement significative. ***. La corrélation est très hautement significative.			

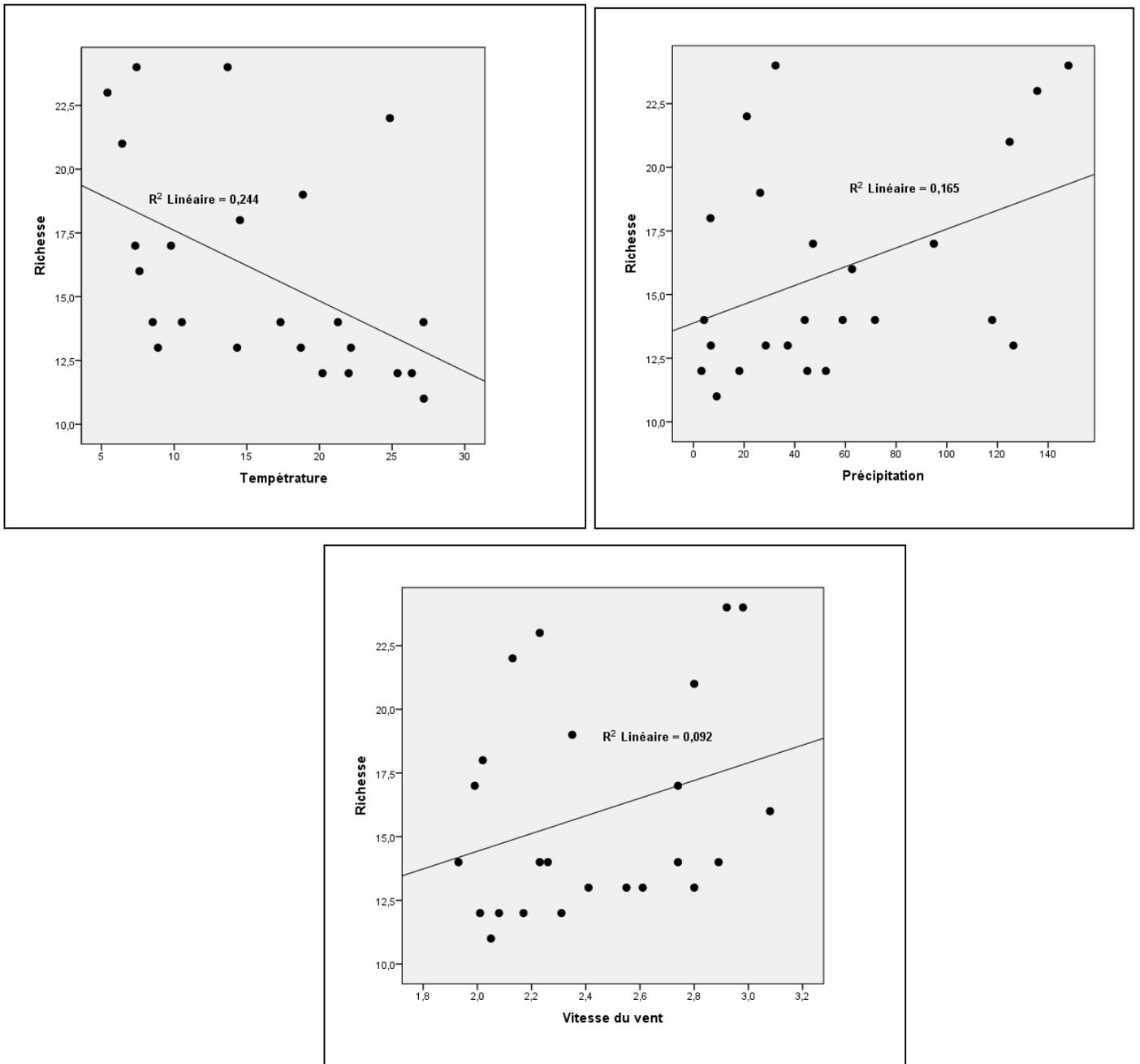


Figure 7 : Relation entre la richesse spécifique des oiseaux du lac de barrage Beni Haroun et les paramètres climatiques.

3. Les indices écologiques :

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité (E) présentent les mêmes fluctuations saisonnières. Ils variaient entre 2,92 et 0,53 pour l'indice de diversité et 0,32 et 0,68 pour l'indice d'équitabilité. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées en été et les plus faibles en hiver de l'année 2013/14. Par contre pendant l'année 2014/15 les valeurs les plus élevées ont été enregistrées en automne et les plus faibles en printemps (**Tab.6**).

La corrélation de Spearman entre de l'indice de diversité de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité (E) est très hautement significative ($r = 0,92$, $p \leq 0,001$). La variation de l'indice de diversité de Shannon (H') non change pas entre les années (Levene's test : $F = 1,48$ $P = 0,23$) et (Levene's test : $F = 1,55$ $P = 0,22$)

La corrélation de Spearman a révélé une corrélation négative non significative entre la hauteur d'eau et l'indice de Shannon ($r = - 0,307$, $P = 0,145$) et l'indice d'équitabilité ($r = - 0,305$, $P = 0,148$)

Tableau 6 : Fluctuation temporelle de l'indice de Shannon (H) et d'équitabilité (E) au niveau du lac de Barrage de Beni Haroun

Année	Saisons	Indice de Shannon		Equitabilité	
		Moy \pm SD	Min-Max	Moy \pm SD	Min-Max
2013/14	Automne	1,86 \pm 0,14	1,72 - 2	0,50 \pm 0,03	0,49 - 0,53
	Hiver	1,28 \pm 0,68	0,53 - 1,86	0,32 \pm 0,16	0,14 - 0,45
	Printemps	2,1 \pm 0,51	1,51 - 2,43	0,56 \pm 0,13	0,41 - 0,66
	Été	2,52 \pm 0,35	2,26 - 2,92	0,68 \pm 0,08	0,63 - 0,77
2014/15	Automne	2,53 \pm 0,58	2,08 - 3,18	0,57 \pm 0,12	0,49 - 0,71
	Hiver	2,06 \pm 0,04	2,02 - 2,11	0,46 \pm 0,01	0,45 - 0,47
	Printemps	2,06 \pm 0,68	1,31 - 2,64	0,52 \pm 0,17	0,32 - 0,63
	Été	2,1 \pm 0,01	2,09 - 2,12	0,59 \pm 0,0	0,58 - 0,59

Conclusion

Les changements climatiques ont significativement modifié la structure et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, et par conséquent les répartitions temporelles (saisons, année...) et spatiales des populations, ainsi que l'abondance et la richesse des espèces (**Sandra et al., 2017**).

Dans notre étude rétrospective nous avons analysé l'influence du climat et la profondeur d'eau sur l'abondance et la richesse des oiseaux aquatiques au niveau du lac de barrage de Beni Haroun durant deux années successive (septembre 2013 à août 2015). Au total 35 espèces d'oiseaux d'eau ont été enregistrées dans le lac du barrage de Beni Haroun pendant la période d'étude. L'année 2014/15 est la plus importante de point de vue d'abondance avec 49 51 individus ont été enregistré durant la saison d'hiver. Mais d'une manier générale les valeurs d'abondance présentant une différence inter annuelle très hautement significative. Les valeurs du niveau d'eau présentant des fluctuations saisonnières ; ils variaient entre 99, 72m et 100,26m pour l'année 2013/14 et 98, 77m et 100,51m pour l'année 2014/15 et les valeurs les plus élevées ont été enregistrées en printemps et les plus faibles en été. Ce paramètre est non corrélé avec l'abondance ($r = 0,164$ $P = 0,444$) et la richesse ($r = -0,150$ $P = 0,485$).

L'analyse de corrélation nous montre une corrélation négative très hautement significative ($r = -0,781$ $P \leq 0,001$) entre la température et l'abondance et positive avec la précipitation et la vitesse du vent. Une corrélation négative hautement significative ($r = -0,605$ $P \leq 0,01$) entre la température et la richesse spécifique et aucune corrélation avec la précipitation et la vitesse du vent. Tandis que pour le niveau d'eau, seul la température présente une corrélation significative ($r = -0,424$ $P = 0,039$) par rapport aux deux autres paramètres.

L'application des indices écologiques de diversité de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité (E) nous montre que leurs valeurs présentent les mêmes fluctuations saisonnières ; ils variaient entre 2,92 et 0,53 pour l'indice de diversité et 0,32 et 0,68 pour l'indice d'équitabilité. La corrélation de Spearman a révélé une corrélation négative non significative entre la hauteur d'eau d'une part et l'indice de Shannon ($r = 0,307$, $P = 0,145$) et l'indice d'équitabilité d'une autre part ($r = -0,305$, $P = 0,148$).

A la lumière des résultats obtenus, il apparait que l'abondance et la richesse de l'avifaune aquatique dans cette zone humide artificielle sont indépendants à la variation du niveau d'eau et influencent principalement par les paramètres du climat surtout la température qui varie d'une année à une autre.

**Références
bibliographiques**

- **Athmania. D, Benaissa. A et Bouassida. M. 2009.** Colloque International Sols Non Saturés et Environnement « UNSA Tlemcen 09 » Tlemcen, 27 et 28 Octobre 2009.
- **Bourafa. Y, Boucheker. A, Seddik. S, Maazi. M et Houhamdi M. 2018.** First study on waterbirds wintering at the southern mekhada marsh (north-east algerian ramsar site).
- **Bourne. AR, Cunningham. SJ, Spottiswoode. CN et Ridley. AR.2020.** High temperatures drive offspring mortality in a cooperatively breeding bird. Proc. R. Soc. B 287: 1140.
- **Chabou. S, Khammar. H, Hadjab. R et Saheb M. 2020.** Avifauna composition of two natural and artificial wetlands in Jijel region of North-eastern Algeria (The BeniHaroun Dam and Redjla Marsh) Eco. Env. & Cons. 26 (4) : pp. (1435-1449).
- **Emily. S, Emma. L, Andrew. N, Emmanouil. L et Andrew. R. 2019.** Wind prevents cliff-breeding birds from accessing nests through loss of flight control. *Life*. ; 8: e43842.
- **Faurie. C, Ferra. C, Medori. P, Dévot. J et Hemptienne. JL. 2003.** Ecologie. Approche scientifique et pratique. Tec. & Doc. ISBN: 27430-0565-3 (5ème édition). 407 p.
- **Gordo. O, Barriocanal. C and Robson. D. 2011.** Ecological impacts of the North Atlantic Oscillation 498 (NAO) in Mediterranean ecosystems. – In Vicente-Serrano, S.M. and Trigo, R.M. (Eds.) 499 Hydrological, socioeconomic and ecological impacts of the North Atlantic Oscillation in the 500 Mediterranean region. Springer.
- **Guareschi. S, Abellán. P, Laini. A, Green. AJ, Sánchez-Zapata. JA, Velasco. J et Millán. A. 2015.** Cross-taxon congruence in wetlands: Assessing the value of waterbirds as surrogates of macroinvertebrate biodiversity in Mediterranean Ramsar sites.
- **Birgen. H, Phillip. MS, Charlotte. E, Wain. w, Felix. L, Silke B. 2020.** climatic drivers of (changes in) bat migration phenology at Bracken Cave (USA)doi: 10.1111/gcb.15433.

- **Kasper. T,a Thomas. A,b, Mikael. H,c et Nils. K b 2006.** Traveling or stopping of migrating birds in relation to wind: an illustration for the osprey Behavioral Ecology doi:10.1093.
- **Kristen M. R, Cody M. K et Sherry. T, 2020.** Morphological traits influence prey selection by coexisting species of New World warblers (Parulidae) Journal of Field Ornithology DOI:10.1111/jof.12352.
- **László. B, Tibor. C, et Wieland. H, 2018.** Weather conditions affect spring and autumn migration of Siberian leaf warbler.
- **Marcel. E V, Gienapp P, Husby A, Morrisey M, de la Hera I et Pulido F. (2015).** Effects of Spring Temperatures on the Strength of Selection on Timing of Reproduction in a Long-Distance Migratory Bird. PLoSBiol 13(4): e1002120. doi:10.1371/journal. pbio.1002120.
- **Mark. SB, Nicola. K, Dale. A, Wrubleski et Gordon. G.2012.** Effects of Water Depth, Cover and Food Resources on Habitat use of Marsh Birds and Waterfowl in Boreal Wetlands of Manitoba, Canada,
- **Metallaoui. S, Maazi. MC, Saheb. M, Houhamdi. M., Barbraud. C A. 2010.** comparative study of the diurnal behaviour of the Northern Shoveller (*Anas clypeata*) during the wintering season at GaraetHadj-Tahar (North-East Algeria) and GaraetTimerganine (Algerian highlands).167.
- **Nigel G. T, Patrick G, Hazem A, Özge B, Maud B, Olivier B, Ana C, Jocelyn C, Semia C, Kerim Ç, Luís T. C, Mohamed D, Mauro F, Thomas Ga, Alessandro G, Nicholas M, Georgiadis, Andy J. Green, Virgilio H, Rezart K, Manfred A, Lange, Zoran M, Maher Os, Eva P, Claire P, Sergi S, Boudjéma S, Farrah S, Abdelkrim S, Eva T, Mathieu T, Antonio T et William J. S. 2021.** The future for Mediterranean wetlands: 50 key issues and 50 important conservation research questions.
- **Oscar. G, Brotons. L, Xavier.F et Perecomas, 2005.** Do changes in climate patterns in wintering areas affect the timing of the spring arrival of trans-Saharan migrant birds?

- **Ouarab. S, Alia. S et Adamou. DM, 2018.** Inventaire des oiseaux d'eau de la zone humide d'Oued El-Alleug, Blida. *Revue Ecologie-Environnement* (15), ISSN: 1112-5888.
- **Paprocki. N, Heath. JA, Novak. SJ, 2014.** Regional Distribution Shifts Help Explain Local Changes in Wintering Raptor Abundance: Implications for Interpreting Population Trends. *PLoS ONE* 9(1)
- **Peter P. M, Charles. M, Francis. R S, Mulvihill et Frank. R. M.2004.** The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration *142*: 307–315.
- **Rendón. M.A, Green. A.J, Aguilera. E et Almaraz. P. 2008.** Status, distribution and long-term changes in the waterbird community wintering in Doñana, south-west Spain *Biological*
- **Ricardo. T, Pablo. M, Jael. D, José. L, Arnaldo. M, Andrés. R, Cecilia. P, Gonzalo. P, Mariana. P et Gerardo. H, 2010.** Effect of weather and water level on reproduction of colonial waterbirds in laguna mar Chiquita – Banados del rio dulce (centre argentina), *ornitologian neotropical* 21: 383–396.
- **Sarah. M R, Joseph. M, Wunderle. Jr, Carol T. S, Bocetti. I, David. EN, Dave. C, Jennifer. DW et Peter P. M. 2016.** Seasonal survival estimation for a long-distance migratory bird and the influence of winter precipitation original research.
- **Timothy. R, Duclos. 1, William. V, DeLuca. 1 et David. I. K. 2019.** Direct and indirect effects of climate on bird abundance along elevation gradients in the Northern Appalachian Mountains. *Diversity and Distributions*. 2019; 00:1–14. DOI: 10.1111/ddi.12968
- Ricardo Torres¹, Pablo Michelutti², Jael Dominino³, José León⁴, Arnaldo Mangeaud⁵, Andrés Rodríguez⁶, Cecilia Pozzi⁶, Gonzalo Plencovich⁶, Mariana.
- **Javier. v-m, Ugo. M, Pascual. L, Javier De, Clara. G R, Ana. B, et Vicente. U, 2016.** Wind effects on the migration routes of trans-Saharan soaring raptors: geographical, seasonal, and interspecific variation, *Current Zoology* 62(2), 89–97.
- **Fei Xu, Guanhua Liu et Yali Si, 2017.** Local temperature and El Niño Southern Oscillation influence migration phenology of East Asian migratory waterbirds wintering in Poyang, China, ORIGINAL ARTICLE.

- **Zhijun. Ma, Yinting. Cai, Bo Li et Jiakuan C, 2010.** Managing Wetland Habitats for Waterbirds: An International Perspective.
- **Benjamin. Z, Christine. A, R, et McCauley. L A. 2018.** Effects of temperature and precipitation on grassland bird nesting success as mediated by patch size. *Conservation Biology*, Volume 32, No. 4, 872–882C _2018 Society for Conservation Biology. DOI:10.1111/cobi.13089.
- **Abbas Lalia, 2016.** Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Géographie et l'aménagement Urbaine, Spécialité : Aménagement et projet des villes, Université l'Arbi ben M'hidi, Oum el Bouaghi, 2016.
- **Ahmad. I et Faid. R. 2013.** Does Weather Play an Important Role in the Early Nesting Activity of Colonial Waterbirds? A Case Study in Putrajaya Wetlands, Malaysia.
- **Alexandra Marie Anderson, 2014.** Population response to climate change: wintering strategy has carryover effects on the timing of nest initiation and mate choice in a partial migrant, the American kestrel (*Falco sparverius*). A thesis Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in raptor biology boise state university.
- **Arnaud. L et Jean-Yves. P. 2014.** Les changements climatiques et les oiseaux : synthèse et impacts sur l'avifaune wallonne. *Aves* 51/4, 193215.
- **Ayadi. K et Khelafi. W. 2018.** Ecologie du Canard colvert *Anas platyrhynchos* hivernant dans le barrage de Beni Haroun (Wilaya de Mila) mémoire de master.
- **Mousslim. B et Luciano N. S. 2019.** Effect of Air Temperature and Water Depth on Bird Abundance: A Case Study of Rallidae and Anatidae in the Northeastern Algerian Garaet Hadj Tahar Pakistan *J. Zool.*, vol. 51(1), p 211217.
- **Barbault. R, 1981.** Ecologie des populations et des peuplements des théories aux faits. Ed. Masson, Paris, 200 p.
- **Belattar. H, 2007.** Diversité dans la végétation cultivée de la région de Mila: inventaire et caractéristiques biologiques. Thèse de Magistère en Biologie végétale. Université Mentouri, Constantine. 99 p.

- **Benmebarek et Zabat, 2015.** L'importance des lacs artificiels pour l'hivernage et le stationnement de l'avifaune aquatique: cas du barrage de Beni Haroun. Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master. Filière : Sciences biologiques. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila.
- **Berkal. KH et Elouaere. F, 2014.** Inventaire et écologie des oiseaux d'eaux au niveau de barrage de Beni Haroun : saison d'hivernage. Mémoire de Master. Centre universitaire de Mila. 65 p.
- **Blondel. J, 1975.** Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Elément d'un diagnostic écologique. I: La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P). *Terre et Vie* 29: 533-589.
- **Bouabdellah, 2017.** L'avifaune à Mila : Quand passent les cigognes.Rapport.
- **Boudraa. W, Bouslama. Z, et Houhamdi M, 2014.** Inventaire et écologie des oiseaux d'eau dans le marais de boussedra (annaba, nord-est de l'algérie). *Bull. Soc. zool. Fr.*139(1-4) : 279-293.
- **Boulbair. N.E et Soufane. A, 2011.** Evaluation du risque de contamination par les métaux lourds dans l'eau, les sédiments et les poissons du barrage de béni Haroun de la wilaya de Mila. Mémoire de fin d'études. Université de Jijel. 22 p.
- **Colin E. Studds et Peter P. Marra, 2011.** Rainfall-induced changes in food availability modify the spring departure programme of a migratory bird *Proc. R. Soc. B* 278, 3437–3443 doi:10.1098/rspb.2011.0332.
- **Colwell et Tafi, 2013.** Waterbird Communities in Managed Wetlands of Varying Water Depth/ M. A. Colwell and O. W. Taft/ *The International Journal of Waterbird Biology*, Vol. 23, No. 1 (2000), pp.45-55/ Published by: Waterbird Society.
- **Dajoz. R, 2000.** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p.
- **Diego Pavón Jordán, 2017.** In a chathnging world: effects of climate, habitat and conservation policy on european waterbirds /diego pavón jordán.2017.
- **Duriez Olivier, 2003.** Stratégies individuelles d'hivernage chez la bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) : compromis énergétiques pour la sélection de l'habitat. *Ecologie, Environnement*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2003. Français. tel-00003509

- **Élie Gaget, 2018.** Importance des politiques de conservation pour faciliter l'ajustement des communautés d'oiseaux d'eau hivernants au réchauffement climatique en Méditerranée. Biodiversité et Ecologie. Museum national d'histoire naturelle - MNHN PARIS; Station biologique de la Tour du Valat(Arles, Bouches-du-Rhône), 2018. Français. NNT : 2018MNHN0016. tel02108970v2.
- **Esther Sebastián-González et Andy J Green, 2013.** Habitat Use by Waterbirds in Relation to Pond Size, Water Depth, and Isolation.
- **Fort Jérôme, 2009.** Réponses des oiseaux marins de l'Arctique aux contraintes environnementales hivernales dans le contexte des changements climatiques. Biodiversité et Ecologie. Université Montpellier II, 2009. Français. tel01098578.
- **Francesca Causarano, 2009.** Effect of seasonal water level decrease on a sensitive bird assemblage in a Mediterranean wetland /Francesca Causarano. Corrado Battisti/ 2009.
- **Gordo. O, 2007.** Why bird migration is dates shifting? A review of weather and climate effects on 496 avian migratory phenology. – Clim. Res. 35:37–58. doi: 10.3354/cr00713. 497.
- **Hai-bing Wu et Bing-hui Zheng, 2020.** Wetland area identification and waterbird protection management in consideration of lake topography and water level change/
- **Homci Imad et Hamidani Soufiane, 2019.** Analyse de la biodiversité de l'avifaune aquatique du lac Ayata entre 2013 et 2018. Memoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master académique en sciences biologiques. Spécialité : biodiversité et environnement, Université Echahid Hamma Lakhdar -El oued.
- **Homci Imad et Hamidani Soufiane, 2019.** Analyse de la biodiversité de l'avifaune aquatique du lac Ayata entre 2013 et 2018. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master académique en sciences biologiques, Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.
- **Isabelle Michallet, 2016.** Maitre de conférences HDR Université Jean Moulin- Lyon 3, CNRS, UMR 5600 EVS, Institut de Droit de l'Environnement, La migration animale, un phénomène juridique.
- **Isenmann P et MOALI, 2000.** Oiseaux d'Algérie. Société d'Etudes Ornithologiques

de France, Muséum Nat. Paris. 336p.

- **La sorte Frank A. et Frank R. Thompson, 2007.** Poleward shifts in winter ranges of north american birdsecology, 88(7), pp. I803- 18I2.
- **Ilya. M.D, Maclean, Mark. M, Rehfisch, Simon. D et Robert. A. R.2008.** The Effects of Climate Change on Migratory Waterbirds within the African-Eurasian Flyway.
- **Marie-Éléonore Petit, 2017.** Pérennité, fonctionnalité, efficacité d'une Zone Humide Artificielle (ZHA) en milieu méditerranéen : un nouvel écosystème au service du traitement secondaire des effluents industriels. Thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université d'Aix-Marseille. Spécialité : Science de l'environnement.
- **Mollay Meliani, K. 2011.** Analyse de la chronologie d'occupation de la zone humide Dayet El ferd par les oiseaux d'eau. Mémoire Magister. Université Aboubeker Belkaid, Tlemcen. 148P.
- **Muhammad. N R et Mohamed. Z, 2011.** Bird Species Abundance and Their Correlationship with Microclimate and Habitat Variables at Natural Wetland Reserve, Peninsular Malaysia. Article ID 758573.
- **Newton, 2007.** Weather-related mass-mortality events in migrants. *Centre for Ecology and Hydrology, Monks Wood Research Station, Abbots Ripton, Huntingdon, Cambs. PE28 2LS, UK Ibis* (2007), 14, 453–467.
- **Nicola. Sa et Giuseppe. B, 2007.** Structure de l'habitat et évolution du chant des oiseaux : une méta_analyse des preuves de l'hypothèse de l'adaptation acoustique, *Écologie fonctionnelle* p 134-142.
Ramade. F, 1984. *Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale.* Ed. Mc. Graw – Hill, Paris, 397 p.
- **Stenzel. L. E et Page. G. W. 2018.** Trends in abundance of wintering waterbirds relative to rainfall patterns at a central California estuary, 1972– 2015, *in Trends and traditions: Avifaunal change in western North America* (W. D. Shuford, R. E. Gill Jr., and C. M. Handel, eds.), pp. 236–257. *Studies of Western Birds 3.* Western Field Ornithologists, Camarillo, CA; doi 10.21199/SWB3.13.

Références bibliographiques

- **Thomas. Eske Holm et Preben Clausen, 2015.** Effects of water level management on autumn staging waterbird and macrophyte diversity in three Danish coastal lagoons /
- **Weesie, P. (1996).** Les oiseaux d'eau du Sahel Burkinabé, peuplement d'hiver, capacité de charges des sites. *Alauda*, 64 (3), 307-332.
- **Wells W. Cooke, 2014.**The relation of bird migration to the weather.

Lavorel. JD, Lebreton et Yvon le Maho. (2017). Rapport coordonné Sandra Les mécanismes d'adaptation de la biodiversité aux changements climatiques et leurs limites.

Résumé

L'étude de l'influence du climat et la profondeur d'eau sur l'abondance et la richesse des oiseaux d'eau dans le lac du barrage de Beni Haroun durant deux années successive (Septembre 2013 à août 2015) a montrée des variations saisonnières de l'abondance avec un nombre maximal toujours enregistré en hiver et une différence inter annuelle très hautement significative ($H= 12,62$ $P = 0,001$)

L'analyse de corrélation nous montre : 1) une corrélation négative très hautement significative ($r = -0,781$ $P = 0,001$) entre la température et l'abondance, 2) une corrélation négative hautement significative ($r = -0,605$ $P = 0,01$) entre la température et la richesse spécifique, 3) une corrélation significative entre la température et le niveau d'eau ($r = -0,424$ $P= 0,039$) 4) aucune corrélation entre le niveau d'eau et l'abondance ($r = 0,164$ $P= 0,444$) et la richesse ($r = -0,150$ $P= 0,485$).

L'application des indices écologiques de diversité de Shannon (H') et l'indice d'équitabilité

(E) nous montre que leurs valeurs présentent les mêmes fluctuations saisonnières ; Ils variaient entre 2,92 et 0,53 pour l'indice de diversité et 0,32 et 0,68 pour l'indice d'équitabilité. Les deux indices sont en corrélation négative non significative avec le niveau d'eau.

Nos résultats soulignent que la température est le facteur clé qui influence sur l'abondance et la richesse de l'avifaune aquatique dans cette zone humide artificielle.

Mots clés : climat, abondance, richesse, niveau d'eau, barrage de Beni Haroun, avifaune.

The study of weather and water level influence on water birds abundance and richness in the Beni Haroun dam, during two consecutive years (September 2013 to August 2015), has revealed a seasonal variation of the abundance with a maximal number which is always registered in winter a very highly significant inter annual difference ($H= 12.62 P\leq 0.001$).

The correlation analysis reveals: 1) A very highly significant negative correlation ($r= -0.781 P\leq 0.001$) between temperature and abundance, 2) A highly significant negative correlation ($r= -0.605 P\leq 0.01$) between temperature and specific richness, 3) A significant correlation between temperature and water levels ($r= -0.424 P= 0.039$), 4) No correlation between water level and abundance ($r= 0.164 P= 0.444$) and richness ($r= -0.150 P= 0.485$).

The application of Shannon's diversity ecological index (H') and the equitability index (E) reveals that their values present the same seasonal fluctuation; it varies between 2.92 and 0.53 for the diversity index and between 0.32 and 0.68 for equitability index. Both indexes are in a non-significant negative correlation with water level.

Our results indicate that the temperature is the key factor that influences on aquatic avifauna abundance and richness in this artificial wetland.

Key words: Weather, abundance, richness, water level, Beni Haroun dam, avifauna.

اظهرت دراسة تأثير المناخ و عمق المياه على وفرة وتنوع الطيور المائية في بحيرة سد بني هارون, خلال سنتين متواليتين (سبتمبر 2013 الى اوت 2015) تغيرات موسمية للوفرة مع عدد اقصى يسجل دائما في الشتاء واختلاف سنوي بارز بشكل جد مرتفع ($P \leq 0,001$ $H= 12,62$).

اظهر لنا تحليل الارتباط (1) ارتباطا سالبا و ذو دلالة جد مرتفعة ($P \leq 0,001$ $r=- 0,781$) بين درجة الحرارة و الوفرة (2) ارتباطا سالبا ذو دلالة مرتفعة ($P \leq 0,01$ $r=- 0,605$). بين درجة الحرارة و تنوع الطيور (3) ارتباطا ذو دلالة بين درجة الحرارة و مستوي المياه ($P =0,039$ $r=- 0,424$) (4) عدم وجود اي ارتباط بين مستوى المياه و الوفرة ($P =0,444$ $r= 0,164$) و بين تنوع الطيور المائية ($P =0,485$ $r=- 0,150$).

اظهر لنا تطبيق المؤشرات الايكولوجية للتنوع شانون (H') و مؤشر التوازن (E) ان قيمتها تمثل نفس الترددات الموسمية فهي تتراوح بين 2.92 و 0.53 بالنسبة لمؤشر التنوع و بين 0.32 و 0.68 بالنسبة لمؤشر لتوازن المؤشرات على ارتباط سالب غير دال على مستوى المياه.

تسطر نتاجنا ان درجة الحرارة هي العامل المفتاحي الذي يؤثر على وفرة و غنى الطيور المائية في هذه المنطقة الرطبة اصطناعيا.

الكلمات المفتاحية: المناخ , الوفرة , الغنى النوعي , نسبة المياه , سد بني هارون , الطيور.