

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

FACULTÉ DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



Numéro de série :

Numéro d'inscription : D.SB/3C/02/16

Thèse

Présentée pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT 3ème cycle (LMD)

Spécialité: Sciences Biologiques

Option: Biodiversité et Ressources naturelles

THEME

Utilisation des habitats et facteurs de distribution de certaines espèces aviennes dans les zones humides du Nord-Est Algérie.

Présenté Par

M^{me} Ahlam CHETTIBI

Soutenue le : 08/10/2020

Devant le jury composé de:

<u>Nom & Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Qualité</u>
BOUNAR Rabah	MCA	Univ. de M'sila	Président
BENSACI Ettayib	Professeur	Univ. de M'sila	Encadreur
NOUIDJEM Yassine	MCA	Univ. de M'sila	Examineur
SLIMANI Nour Eddine	MCA	Univ. d 'El Oued	Examineur
GUERGUEB El-Yamine	MCA	Univ. de Ghardaia	Examineur

Année Universitaire: **2019/2020**

Remerciements

Mes remerciements s'adressent en premier lieu à «الله», qui m'a donné le courage, la force et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Je tiens à présenter mes vifs remerciements et exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mes remerciements sont adressés tout d'abord au Prof. **Ettayib Bensaci**, Professeur au département de Sciences de la nature et de la vie, pour avoir accepté de diriger ce travail ainsi que pour son aide et ces encouragements.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres du jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail :

Docteur Rabah Bounar, Maître de Conférences classe -A- au département de Sciences de la nature et de la vie, en qualité de président de jury.

Docteur Yassine Nouidjem, Maître de Conférences classe -A- au département de Sciences de la nature et de la vie; en qualité d'examineur.

Docteur Nour Eddine Slimani, Maître de Conférences classe -A- au département de Sciences de la nature et de la vie (Université d'El Oued), en qualité d'examineur.

Docteur El-Yamine Guergueb, Maître de Conférences classe -A- au département de Sciences de la nature et de la vie (Université de Ghardaia), en qualité d'examineur.

Mes plus vifs remerciements et ma profonde gratitude et respect vont bien évidemment à **Docteur Fateh Mimeche**, Maître de Conférences classe -A- au département des Sciences Agronomiques (Université de M'sila), pour ses précieux conseils, son aide, ses soutiens, ses encouragements et le grand intérêt qu'il a porté à ce travail depuis son lancement et jusqu'à ses ultimes étapes. Qu'il soit remercié du fond du cœur pour tout ce qu'il m'a fait.

J'adresse aussi mes remerciements à tous les ingénieurs du laboratoire du département des Sciences Agronomiques : **M. Radouane Alouani**, **M. Hadj Aroussi Yacine** et **M. Bahache Hicham** pour leurs encouragements.

Je remercie vivement ma sœur et ma meilleure amie **Docteur Soumia Djamai**, pour sa présence et son grand soutien moral.

Ahlam CHETTIBI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents,

Mon très cher époux,

Ma très chère fille Hanin,

Mes frères, leurs épouses et leurs filles,

Mes beaux-parents et mes belles-sœurs,

Ahlam CHETTIBI

Liste des tableaux

Tableau 1: Bilan des statuts des espèces signalées en Algérie (Isenman et Moali, 2000).....	8
Tableau 2: Comparaison entre mode Raster et mode Vecteur.	16
Tableau 3: Répartition des reliefs par classe des pentes.	21
Tableau 4: variation des températures moyennes mensuelle d'El Tarf.	23
Tableau 5: Variation des humidités moyennes mensuelles.....	24
Tableau 6: Variation de précipitations moyennes mensuelles.	26
Tableau 7: Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice DERMARTONNE.	27
Tableau 8: Degré de rareté des espèces aquatique (Aissaoui, 2012) R:Rares; RR: Très rare; RRR: Rarissime.....	38
Tableau 9: Liste des Oiseaux protégés du bassin versant du lac Tonga (Benyacoub et Chabi,2000) ..	40
Tableau 10: Le critère général de classement de la qualité de l'eau selon WQI.	55
Tableau 11: La richesse moyenne et l'abondance moyenne de la famille d'Ardeidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	60
Tableau 12: La richesse moyenne et l'abondance moyenne de chaque espèce de la famille d'Ardeidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.....	61
Tableau 13: L'abondance moyenne de la famille des Phoenicopteridae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	61
Tableau 14: la richesse moyenne et l'abondance moyenne de la famille Threskiornithidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	62
Tableau 15: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille Threskiornithidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	62
Tableau 16: l'abondance moyenne de la famille Recurvirostridae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.....	63
Tableau 17: l'abondance moyenne de la famille des Charadriidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.....	63
Tableau 18: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille des Charadriidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	63
Tableau 19: La richesse moyenne et l'abondance moyenne des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	64
Tableau 20: les indices de diversité des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.....	64
Tableau 21: La richesse moyenne et l'abondance moyenne de la famille d'Ardeidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	69
Tableau 22: La richesse moyenne et l'abondance moyenne de chaque espèce de la famille d'Ardeidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.....	69
Tableau 23: L'abondance moyenne de la famille des Phoenicopteridae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	70
Tableau 24: La richesse et l'abondance moyenne de la famille Threskiornithidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	70
Tableau 25: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille Threskiornithidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	71

Tableau 26: la richesse moyenne et l'abondance moyenne de la famille Recurvirostridae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	71
Tableau 27: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille des Recurvirostridae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	72
Tableau 28: l'abondance moyenne de chaque espèce de la famille Charadriidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	72
Tableau 29: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille des Scolopacidae dans les différentes saisons au niveau du lac Oiseaux.	72
Tableau 30: la richesse moyenne et l'abondance moyenne des grandes échassiers et mes limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	73
Tableau 31: Les indices de diversité des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	73
Tableau 32: La richesse moyenne et l'abondance moyenne des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et les des Oiseaux.	77
Tableau 33: les indices de diversité des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga et Lac des Oiseaux.	77
Tableau 34: Valeurs NDVI, surface de couverture végétal (ha) et pourcentage de la couverture végétal (%) dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	78
Tableau 35: valeurs de NDWI, surface de l'eau (ha) et pourcentage de la surface de l'eau (%) dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	81
Tableau 36: Valeurs de NDVI, surface de couverture végétal (ha) et pourcentage de la couverture végétal (%) dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	84
Tableau 37: valeurs de NDWI, surface de l'eau (ha) et pourcentage de la surface de l'eau (%) dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	87
Tableau 38: Variation de la surface des microhabitats dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.	95
Tableau 39: Variation de la surface des microhabitats dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.	104
Tableau 40: Variation de la température de l'eau dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.	111
Tableau 41 : variation de pH dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.	112
Tableau 42: Variation de la conductivité électrique dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.	113
Tableau 43: Variation d'oxygène dissous dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.	113
Tableau 44: Variation de l'indice de la qualité de l'eau dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.	114
Tableau 45: Variation de la température de l'air dans les 3 saisons au niveau de la région d'étude.	115
Tableau 46: Variation des précipitations de l'air dans les 3 saisons au niveau de la région d'étude.	115
Tableau 47: Variation de l'humidité dans les 3 saisons au niveau de la région d'étude.	116
Tableau 48: Variation de bruit au niveau les 2 sites d'études dans les 3 saisons.	117
Tableau 49: Variation de l'indice de l'urbanisation (NDBI) et la surface d'urbanisation la plus proche au les 2 sites d'études.	118

Liste des figures

Figure 1: les échelles spatiales pour études les habitats de l'avifaune (Block et Bernnan,1993)	12
Figure 2: composantes d'un SIG	13
Figure 3: Image vectorielle.....	15
Figure 4: Image pixélisée	16
Figure 5: Carte de situation géographique de la région d'étude.	19
Figure 6: Carte des unités géomorphologiques d'El Tarf.	20
Figure 7: Carte de pente de la Willaya d'El Tarf.....	21
Figure 8: Carte de réseaux hydrographique d'El Tarf.	22
Figure 9 : Variation des températures moyennes mensuelles.	24
Figure 10: Variation des humidités moyennes mensuelle.	25
Figure 11: Variation des précipitations moyennes mensuelles.	26
Figure 12: Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN.....	28
Figure 13: La position de la région d'étude dans le climagramme d'emberger.....	29
Figure 14: Vue du lac Tonga.	32
Figure 15: Carte de localisation du lac Tonga.	33
Figure 16: Vue par satellite du lac Tonga (Google earth 2019).....	34
Figure 17: Carte géologique du bassin versant du lac Tonga.	35
Figure 18: Carte d'occupation des sols du bassin versant du lac Tonga.	36
Figure 19: Bassin versant du lac Tonga.	37
Figure 20: Vue par satellite du lac des Oiseaux (Google earth 2018).....	41
Figure 21: Vue du lac des Oiseaux.	42
Figure 22: Carte de localisation du lac des Oiseaux.	43
Figure 23: Carte de réseau hydrographique du lac des Oiseaux.	44
Figure 24: Clasiification des limicoles, illustrée d'espèces appartenant à l'ouest paléarctique (Halle, 1980).	49
Figure 25: Les stations d'observation dans lac Tonga.	52
Figure 26: Les stations d'observations dans lac des Oiseaux.	53
Figure 27: Variation de NDVI en fonction de la santé de la végétation (Illustration par Simmon,NASA GSFC).	54
Figure 28: les grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	66
Figure 29: Les grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	66
Figure 30: Analyse factorielle des correspondances(AFC) réalisée sur les 3 saisons et 14 espèces des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	67
Figure 31: La richesse maximale des espèces des grandes échassiers et les limicoles recensée au niveau du lac des Oiseaux.	74
Figure 32: Abondance maximale des familles des grandes échassiers et des limicoles recensées au niveau du lac Oiseaux.	74
Figure 33: Analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur les 3 saisons et 12 espèces des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux.	75
Figure 34: carte de l' NDVI dans la saison de reproduction et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	79
Figure 35: Carte de l'NDVI dans la saison de passage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	79

Figure 36: Carte de l'NDVI dans la saison d'hivernage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	80
Figure 37: Carte de l'NDWI dans la saison de reproduction et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	82
Figure 38: Carte de l'NDWI dans la saison de passage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	82
Figure 39: carte de l'NDWI dans la saison d'hivernage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.	83
Figure 40: Carte de l'NDVI dans la saison de reproduction et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux.	85
Figure 41: Carte de l'NDVI dans la saison de passage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux.	85
Figure 42: Carte de l'NDVI dans la saison d'hivernage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux.	86
Figure 43: carte de l'NDWI dans la saison de reproduction et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux.	88
Figure 44: Carte de l'NDWI dans la saison de passage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux.	88
Figure 45 : Carte de l'NDWI dans la saison d'hivernage et la distribution des grands échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux.	89
Figure 46: Type de formations végétales aquatiques.	90
Figure 47: Tapis de renoncule aquatique au niveau du lac Tonga.	91
Figure 48: Tapis de nénuphare blanc au niveau du lac Tonga.	91
Figure 49: Formation de scirpe au niveau du lac Tonga.	92
Figure 50: Formation de sparganium au niveau du lac Tonga.	92
Figure 51:(a) Formation de Typha au niveau du lac Tonga. (b) Formation de phragmite au niveau du lac Tonga.	93
Figure 52: Formation de cyprée chauve au niveau du lac Tonga.	94
Figure 53: Formation de Paspale à 2 épis au niveau du lac Tonga.	94
Figure 54: Pourcentage de l'utilisations des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison de reproduction au niveau du lac Tonga.	96
Figure 55: Pourcentages de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison de passage au niveau du lac Tonga.	97
Figure 56: Pourcentage de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison d'hivernage au niveau du lac Tonga.	97
Figure 57: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison de reproduction au niveau du lac Tonga.	98
Figure 58: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison de passage au niveau du lac Tonga.	99
Figure 59: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison d'hivernage au niveau du lac Tonga.	100
Figure 60: Analyse factorielle des correspondances(AFC) réalisée sur les 3 saisons et 10 micro-habitats au niveau du lac Tonga.	101
Figure 61: mélange de formation de scirpe et Typha au niveau du lac des Oiseaux.	103
Figure 62: pelouse naturelle au niveau du lac des Oiseaux.	104

Figure 63 : Pourcentage de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison de reproduction au niveau du lac des Oiseaux.....	105
Figure 64: Pourcentages de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison de passage au niveau du lac Tonga.....	106
Figure 65: pourcentage de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison d'hivernage au niveau du lac des Oiseaux.	106
Figure 66: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison de reproduction au niveau du lac des Oiseaux.	107
Figure 67: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison de passage au niveau du lac des Oiseaux.	108
Figure 68: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison d'hivernage au niveau du lac des Oiseaux.....	109
Figure 69: Analyse factorielle de correspondances(AFC) réalisée sur les 3 saisons et 4 micro-habitats au niveau du lac des Oiseaux.....	110
Figure 70: Carte de l'urbanisation la plus proche au lac Tonga.	118
Figure 71: Carte de l'urbanisation la plus proche au lac des Oiseaux.	118

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Table des matières

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I-1-Les oiseaux d'eau	5
I-1-1 Définition des oiseaux d'eau	5
I-1-2 Activités des oiseaux d'eau	5
I-1-3 Dénombrement des oiseaux d'eau	6
I-1-4 L'intérêt d'un dénombrement des oiseaux :	6
I-1-5 Menaces et protection à différentes échelles :	7
I-1-6 Migration des oiseaux d'eau	7
I-1-7 Les oiseaux d'eaux d'Algérie :	8
I-2-Habitat	9
I-2-1 Définition d'un habitat :	9
I-2-2 Classification des échelles d'habitat	10
I-2-3 Unités d'habitat :	10
I-2-4 La sensibilité d'habitat :	10
I-2-5 Classification de protection des habitats :	11
I-2-6 Habitat dans le concept d'ornithologie :	12
I-3 Système d'information géographique :	12
I-3-1-1 Définition de système d'information géographique	13
I-3-2 Les composantes d'un SIG	13
I-3-4 Structure des données sous SIG	15

Chapitre II : Description de la région d'étude

II-1-Situation géographique de la région d'El-Tarf :	19
II-2-Géologie	19
II-3-Géomorphologie	20
II-4- Hydrologie	22
II-5-Climatologie :	22
II-5-1-facteur climatiques	23
II-5-2-Synthèse climatique	26
II-6 Richesse naturel	29

II-6-1 Faune.....	29
II-6-2 Flore	30

Chapitre III : Description des sites d'étude

III-1-Le lac Tonga	32
III-1-1 Situation géographique et description générale.....	32
III-1-2 Situation administrative	32
III-1-3 Critère de classement	34
III-1-4 Géologie :	34
III-1-5 Pédologie :	35
III-1-6 Hydrologie du bassin versant	36
III-1-7 La flore	37
III-1-8 La faune	39
III-2Le lac des Oiseaux	41
III-2-1 Situation géographique et description générale.....	41
III-2-2 Critère de classement	41
III-2-3Géologie.....	44
III-2-4Pédologie	44
III-2-5 Hydrologie du bassin versant	44
III-2-6La flore	45
III-2-7La faune	45

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV-1 Objectif de l'étude	48
IV-2-Modèle biologique.....	48
IV-3- Matériel :	50
IV-3-1Matériel de terrain	50
IV-3-2 Les données satellitaires :	50
IV-3-3-Les logiciels utilisés :	50
IV-4-Méthodes	51
IV-4-1 Dénombrement des oiseaux d'eaux	51
IV-4-2 Méthodes de dénombrement des oiseaux d'eaux	51
IV-4-3Fréquence de dénombrement	52
IV-4-4 Choix des stations d'observation	52
IV-5 Mesures des paramètres environnementales (indices spectraux).....	53
IV-6Indice de qualité de l'eau (WQI) :.....	55
IV-7Identification des micros habitats.....	56
IV-8 Les indices écologiques	56

IV-9-Analyse statistique.....	57
-------------------------------	----

Chapitre V : Résultats et Discussion

V-1- Résultats :	60
V-1-1-Richesse, abondance et diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga. .	60
V-1-2Variation de la richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga.	64
V-1-3Diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga.	64
V-1-4Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	67
V-1-5-Richesse, abondance et diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac des Oiseaux.	69
V-1-6 Variation de la richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles dans lac des Oiseaux.	73
V-1-7 Diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac des oiseaux.	73
V-1-8 Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	75
V-1-8 Variation de la richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga et lac des Oiseaux.	77
V-1-9 Diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga et lac des oiseaux.	77
V-1-10L'utilisation des macro- habitat par les grandes échassiers et les limicoles.....	78
V-1-10-1 Au niveau du lac Tonga.	78
V-1-10-2 Au niveau du lac des Oiseaux.	84
V-1-11-L'utilisation des micro-habitats par les grandes échassiers et les limicoles	90
V-1-11-1Au niveau du lac Tonga.	90
V-1-11-2Au niveau du lac des oiseaux.	103
V-1-12Effet des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac Tonga et lac des Oiseaux sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles.	111
V-1-13Effet de microclimat sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux.	114
V-1-14Effet de bruit sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux.....	116
V-1-15 Effet de l'urbanisme sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux.	117
V-2 Discussion.....	119
Conclusion	127
Référence bibliographique.....	130

الملخص

Résumé

Abstract

Introduction

Introduction

Les zones humides sont des systèmes écologiques très variés, support d'une grande diversité biologique et de nombreux services rendu aux sociétés humaines.

Les zones humides sont des habitats préférentiels pour la plupart des espèces animales et végétales, dans laquelle elles ont une grande variété des ressources en termes de la production et la productivité. En effet, elles représentent des habitats d'hivernage et de reproduction qui se caractérisent par une grande diversité d'oiseaux d'eau, constituant également des escales indispensables à leur migration (Mohamed *et al.*, 2008).

Depuis les reconnaissances des zones humides en 1971 lors de la conférence de Ramsar (Frazier, 1996), la plupart des grandes zones humides sont connues et inventoriées à travers le monde, en raison de leur biodiversité. Ainsi, les zones humides algériennes à caractère patrimonial, qui ont focalisé l'attention des gestionnaires et des décideurs, sont inventories, protégées à travers différents dispositifs (parcs naturels régionaux, Observation national des zones humides...).

L'Algérie compte, selon le dernier recensement effectué en 2006, 1451 zones humides, dont 762 sont naturelles. Et dont cinquante sites algériens ont été classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale en 2010, alors que 13 autres sont en cours de classement. Ces sites classés couvrent une superficie de 3,02 millions d'hectares (ha) pouvant s'étendre à 3,5 millions ha en y incluant les 13 autres zones en cours du classement.

Ces zones humides constituent un territoire d'accueil privilégié pour de nombreuses espèces d'oiseau d'eau. Cependant, ces derniers sont considérés pour être de bons indicateurs écologiques de ces zones humides car ils réagissent rapidement aux changements environnementaux sur plusieurs échelles spatiales (Temple et Wiens, 1989; Carignan et Villard, 2002). Le Nord – Est de l'Algérie englobe le complexe des zones humides de Annaba et El-Kala. Cette région à elle seule, accueille 57% de l'effectif national moyen des oiseaux d'eau (Chalabi, 1990). Particulièrement, la région d'El-tarf (Algérie) composée en grande partie par la zone des lacs du Parc National d'El- Kala, (P.N.E.K).

Les changements environnementaux considérables ont affecté les zones humides Méditerranéennes, en impactant négativement plusieurs oiseaux d'eau ; qui les utilisent comme des terrains d'hivernage, escales ou des sites de reproduction (de Bélair et Samraoui, 1994 ; Hoffmann *et al.*, 1996 ; Battisti *et al.*, 2008 ; Paracuellos, 2008). Bien que quelques espèces apparaissent à avoir réalisé une récupération remarquable sur les dernières décennies (Barbraud *et al.*, 2004 ; Frochot *et al.*, 2008 ; Fuller et Ausden, 2008) ; le déclin mondial des

oiseaux d'eau a été bien documenté (Norris *et al.*, 2004 ; Thomas *et al.*, 2006 ; Ma *et al.*, 2009). La qualité de l'habitat reflète la diversité des oiseaux d'eaux à l'échelle spatiale et temporelle (Wu *et al.*, 2014). Les facteurs biotiques comme l'abondance alimentaire (Blondel, 1995), et les facteurs abiotiques (la profondeur de l'eau, le ph et la salinité...), peuvent agir d'une façon directe sur la répartition biogéographique des oiseaux.

L'étude des oiseaux d'eau peut apporter une importante contribution à la connaissance des écosystèmes tant sur le plan de la recherche fondamentale que sur celui de l'évaluation de l'environnement (Blondel, 1975). Les espèces qui occupent une aire de répartition géographique importante sont soumises à des conditions écologiques variées. Ainsi, pour survivre, les populations qui les constituent, doivent s'adapter aux contraintes spécifiques propres à chaque habitat (Blondel, 1995 ; Chabi, 1998).

240 espèces d'oiseaux peuvent être observées dans ou autour des zones humides en Algérie. Parmi lesquelles, 125 espèces sont des oiseaux d'eau qui ont des liens forts à très forts avec les zones humides, car elles vivent dans ou autour des zones humides et dépendent de ces habitats à certaines périodes de leur cycle biologique (Bellatreche, 2007).

Les études en Algérie sur le groupe des limicoles et les grandes échassiers ont débuté dès les années 1980 dans de nombreuses zones humides (Ledant *et al.* 1981, Houhamdi 2002, Houhamdi & Samraoui 2002, Saheb 2003, Metallaoui & Houhamdi 2008, Houhamdi *et al.* 2008 ; Chettibi *et al.*, 2019).

Avec le développement de l'outil cartographique, les indices spectraux représentent une première étape exploratoire dans la gestion des populations fauniques et de leur habitat.

L'application des systèmes d'information géographiques dans la gestion des peuplements aviaires pourrait s'avérer très bénéfiques, des systèmes d'information géographiques permettent de spécialiser l'information existante, et s'avèrent efficaces pour l'intégration, le stockage et le traitement des données complexes. Leur application permet ainsi aux gestionnaires de prendre des décisions rapides et d'entreprendre des actions efficaces, en vue d'une conservation efficiente des peuplements aviaires.

Notre travail vise à étudier l'utilisation des habitats et facteurs de distribution de certaines espèces aviennes pendant leur cycle annuel d'occurrence dans les zones humides du Nord-Est Algérie.

Tout au long de cette contribution, nous avons essayé d'analyser les relations entre les changements dans les communautés d'oiseaux aquatiques et les variables environnementales et le dérangement anthropique à travers l'effet de la variation saisonnière de la végétation, la

surface d'eau ,la qualité de l'eau, le microclimat, l'urbanisation et le bruit sur la richesse , l'abondance , la diversité, et la répartition temporelle et spatiale des grandes échassiers et les limicoles au niveau des zones humides de nord-est d'Algérie dans l'ordre de Faire des proposition de gestion afin de préserver les richesses de complexe particulièrement de certaines espèces aviennes et assurer les besoins d'habitat appropriés des oiseaux aquatiques.

La présente thèse est structurée en cinq chapitres :

- Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur les oiseaux d'eaux, les habitats et le système d'information géographique.
- Le deuxième présente la région d'étude.
- Le troisième décrit les sites d'étude et leurs principales caractéristiques (situation géographiques, climat, hydrologie, géologie, diversité faunistique et floristique...etc).
- Le quatrième chapitre relate la méthodologie adoptée pour le suivi des oiseaux d'eau dans leur habitat et les outils utilisés pour exploration des résultats obtenus.
- Le cinquième chapitre expose les principaux résultats obtenus avec leurs interprétations suivis d'une discussion.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I-1-Les oiseaux d'eau

I-1-1 Définition des oiseaux d'eau

Les oiseaux d'eau ont été définis comme un ensemble incluant des familles taxonomiques dont les membres sont principalement des oiseaux qui dépendent des zones humides pendant au moins une partie de leur cycle de vie (Rose et Scott, 1994). Deux principales catégories d'oiseaux d'eau sont à distinguer :

Les oiseaux d'eau au sens strict : Ils dépendent totalement des zones humides.

Les oiseaux d'eau au sens large : Ils ne dépendent pas totalement des zones humides, mais ils les utilisent durant la période de nidification ou comme des zones de nourrissage.

I-1-2 Activités des oiseaux d'eau

Sur une période de 24 heures, l'emploi du temps des oiseaux d'eau se décompose en plusieurs grands types d'activités : l'alimentation et les activités non-alimentaires.

I-1-2-1 L'alimentation

L'alimentation est l'activité principale tout au long de l'année, chaque oiseau y consacrant 4 à 15 heures. Ce temps passé à se nourrir varie.

Selon les espèces : par exemple, un canard herbivore a besoin de plus de temps pour se nourrir qu'un canard granivore ou piscivore.

Selon la période de l'année : la recherche de nourriture occupe beaucoup plus de temps durant la période migratoire (période de grande dépense d'énergie) qu'en période d'hivernage.

I-1-2-2 Les activités non alimentaires

Les activités non alimentaires sont aussi importantes pour la survie des oiseaux que les activités liées à la recherche de la nourriture :

Le sommeil : deuxième activité par sa durée (5 à 8 heures).

La toilette : régulière du plumage, qui est particulièrement importante à l'époque de la mue et occupe alors 3 à 4 heures.

Les activités sociales : qui permettent notamment le maintien de la cohésion d'un groupe, la formation des couples (parades nuptiales), et peut être un échange d'informations sur la localisation de la nourriture.

La couvaison et les activités liées à l'élevage des jeunes : qui occupent une grande partie du temps des femelles pendant la période de reproduction.

I-1-3 Dénombrement des oiseaux d'eau

Le dénombrement des oiseaux d'eau est un programme de suivi sur site des effectifs d'oiseaux d'eau, Le suivi à long terme des oiseaux d'eau à l'échelle continentale fournit des données cruciales pour la conservation des oiseaux d'eaux, de leur habitat et des zones humides. La principale raison pour réaliser un suivi des oiseaux d'eau a été fort bien résumée par Matthews (1967), au début de la coordination internationale des comptages d'oiseaux d'eau : "Alors que l'homme agresse chaque jour un peu plus son environnement, un suivi de base des populations est essentiel pour détecter les menaces dès leur apparition, avant qu'elles ne deviennent des catastrophes évidentes pour tous". Les oiseaux d'eau sont reconnus comme des indicateurs de la qualité des zones humides. Le "critère 1%" est un instrument important qui utilise cette caractéristique d'indicateur. Tout site qui accueille régulièrement 1% ou plus d'une population d'oiseaux d'eau est considéré comme une zone humide d'importance internationale selon les termes de la Convention de Ramsar. Le critère 1% a été adopté par l'Union Européenne pour identifier les Zones de Protection Spéciales dans la Directive Oiseaux. Il est également utilisé par BirdLife International pour identifier les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO, IBA en anglais, Important Bird Area) dans les zones humides à travers le monde.

I-1-4 L'intérêt d'un dénombrement des oiseaux

L'intérêt d'un dénombrement des oiseaux peut-être évalué au trois niveau :

I-1-4-1 Au niveau du site

À ce niveau, il s'agit d'évaluer l'importance du site concerné. La base de données que constitue un dénombrement permet de mieux connaître, donc de mieux gérer une zone humide et sauvegarder sa biodiversité. Plusieurs points peuvent être traités.

I-1-4-2 Au niveau national

- Connaître le rôle et l'importance des zones humides du pays pour les différentes espèces d'oiseaux d'eau, au cours de leur cycle annuel.
- Fournir des informations pour la mise en place des plans de gestion et de conservation, en faveur de l'utilisation durable des ressources naturelles.
- Fournir des informations pour la législation de protection de la nature (espèces chassables, périodes de chasse, espèces et milieux à protéger, espèces menacées, etc.).
- Fournir des informations pour la réalisation de synthèses des connaissances (par exemple, pour la confection des atlas).

I-1-4-3 Au niveau international

-Renforcer les connaissances sur les espèces dans leur aire de répartition (taille des populations, cycle annuel, déplacements, migrations, etc.) et suivre l'évolution de certains paramètres (taille des populations, etc.).

-Renforcer les informations nécessaires aux conventions et accords internationaux (Ramsar, Bonn, AEWA, Biodiversité, etc.), et à l'élaboration de documents stratégiques (exemple : le plan d'action par espèce).

I-1-5 Menaces et protection à différentes échelles

Tous les oiseaux d'eau sont menacés à des degrés divers et figurent dans les listes de plusieurs conventions internationales et directives européennes. De manière générale, les oiseaux sont considérés en fonction, d'une part, de leurs statuts juridiques (espèces protégées, espèces gibiers, etc.) et, d'autre part, de leurs statuts de vulnérabilité (niveaux de rareté et de menace).

Le statut de protection est étroitement lié au degré de connaissance des effectifs, de la répartition et des tendances des espèces. Les réseaux d'observation, essentiellement associatifs, ont une importance capitale pour l'acquisition régulière d'informations de qualité sur l'état des populations d'oiseaux et sur leur classement en fonction de cet état. Les menaces qui pèsent sur les oiseaux d'eau tiennent à la dégradation des habitats par disparition ou banalisation des milieux à la suite d'opérations de drainage, d'aménagement non respectueuses ou encore de l'abandon de pratiques agricoles qui entretenaient ces milieux. Les populations sont ainsi fragilisées par la fragmentation des paysages de milieux humides.

I-1-6 Migration des oiseaux d'eau

Les migrations sont des déplacements réguliers qui ont lieu chaque année aux mêmes saisons selon des directions précises et sur des distances à peu près constantes (Elphick, 1996).

Le cycle biologique annuel des oiseaux d'eau connaît cinq grands événements : la migration d'automne, la migration de printemps, l'hivernage, la reproduction et la mue (Filter et Roux, 1982). Les déplacements saisonniers des oiseaux ont été remarqués depuis la haute antiquité et probablement bien avant. Leurs caractères mystérieux ont été parfois assimilés à des manifestations divines (Jarry, 1988).

Durant les migrations, les oiseaux exécutent chaque année deux mouvements obligatoires qui s'effectuent au rythme d'un aller et retour (Jarry, 1988). La migration pré-nuptiale appelée le REMONT se déroule au printemps du Sud vers le Nord. La migration post-nuptiale appelée la DESCENTE s'effectue en fin d'été-automne, du Nord vers le Sud.

I-1-7 Les oiseaux d'eaux d'Algérie

Selon Blondel (1979), l'Afrique du Nord est relativement isolée par des barrières maritimes et désertiques, barrières qui jouent un rôle considérable dans la dispersion des organismes, même pour des êtres très mobiles comme les Oiseaux.

L'Algérie occupe parmi les pays du Paléarctique occidental une place très privilégiée pour un grand nombre d'espèces d'oiseaux migrateurs. Par ailleurs, de nombreuses études ont montré que la répartition des oiseaux d'eau était structurée dans le temps et dans l'espace (Allouche *et al.*, 1990) et que le succès reproducteur des Anatidés migrateurs dépendait largement des stratégies d'hivernage et des ressources des quartiers d'hivernage et de transit (Krapu 1981 ; Ankney *et al.*, 1991 ; Tamisier *et al.*, 1995).

Isenmann et Moali (2000), font une synthèse sur l'avifaune algérienne qui a été publiée dans un important ouvrage signé par dans lequel ils énumèrent les 406 espèces signalées jusqu'en 2000 par les chercheurs, dont 242 espèces non passeriformes et 164 espèces passeriformes. Le nombre des espèces nicheuses s'élève à 214 (sédentaires et migratrices) (tableau 1).

Tableau 1: Bilan des statuts des espèces signalées en Algérie (Isenman et Moali, 2000)

	<i>Non Passeriformes</i>	<i>Passeriformes</i>	<i>Total</i>
ND	16	0	16
NS	63	73	136
NM	37	27	64
NO	11	3	14
VA	20	20	40
VP	99	45	144
HI	99	39	13
SN	36	1	48

ND : Nicheur disparu - **NS** : Nicheur sédentaire - **NM** : Nicheur migrateur - **NO** : Nicheur occasionnel
VA : Visiteur accidentel – **VP** : Visiteur probable - **HI** : Hivernant – **SN** : Sédentaire nicheur

I-2-Habitat

I-2-1 Définition d'un habitat

L'habitat se définit comme un emplacement particulier où se rencontre une espèce donnée (en quelque sorte l'adresse de l'être vivant, animal ou végétal) qui y trouve l'espace, les ressources et les conditions nécessaires pour remplir son cycle de vie. L'habitat d'une espèce est considéré comme l'aire géographique de sa distribution, ou comme la localisation de sa présence, ou le milieu réel occupé, ce qui est le plus usité et le plus réaliste. Un habitat est donc un ensemble associant un milieu (le biotope, caractérisé par les conditions climatiques, les propriétés physiques et chimiques du sol...) et une communauté d'êtres vivants (Triplet, 2017).

Rameau *et al.* (2000) font le lien entre « végétation » et « habitat » en précisant que « la végétation par son caractère intégrateur permet de déterminer l'habitat, en lien avec les unités de végétation du système phytosociologique ». Ainsi, la végétation permet de définir un habitat puisque dépendante des conditions stationnelles. Cette définition permet également de reconnaître le rôle de la phytosociologie dans la caractérisation des habitats terrestres (Maciejewski *et al.*, 2016). La phytosociologie est l'étude des communautés végétales, i.e. des syntaxons (Meddour, 2011). Ces syntaxons sont des unités de classification hiérarchiques emboîtées où l'association végétale est l'unité élémentaire. La phytosociologie repose sur le fait que l'espèce végétale, voire mieux l'association, est considérée comme le meilleur intégrateur des conditions écologiques (climat, pédologie, biotope, activités humaines, etc.).

La directive Habitats, en Europe, indique qu'un habitat est un concept théorique, synonyme d'écosystème comprenant :

- des caractéristiques stationnelles liées au climat régional et local, au microclimat, au sol et à la roche, au relief, à la topographie, etc. auxquelles on peut ajouter les perturbations naturelles et les activités humaines.
- une végétation particulière, c'est-à-dire une communauté de plantes qui interagissent entre elles.
- une communauté animale associée qui agit en coaction, compétition, prédation sur les différentes composantes de l'habitat.
- des modes de fonctionnement, ou d'évolution de l'habitat, faisant intervenir à la fois la dynamique propre de l'habitat et les facteurs dits de perturbation, que ceux-ci soient d'origine naturel ou humaine.

Certains termes écologiques, souvent utilisés comme synonyme d'habitat naturel, tels que le biotope, le milieu, la station et l'écosystème.

I-2-2 Classification des échelles d'habitat

Mégahabitats : se référer à de grandes caractéristiques physiographiques, ayant des tailles de kilomètres à des dizaines de plus grands. Les méga habitats se trouvent dans les principales provinces physiographiques, par exemple, plateau continental, pente et plan abyssal (Shepard, 1975).

Mésohabitats : sont les caractéristiques ayant une taille de dizaines de mètres à un kilomètre, inclure les petits monts sous-marins, les canyons, les berges, les récifs, les moraines glaciaires, les champs de lave, la masse champs d'éboulement (glissement de terrain), gravier, galets et champs de galets, grottes, surplombs et affleurements rocheux.

Un macro-habitat : correspond aux besoins physiques à grande échelle d'un organisme ou d'une population en particulier.

Un micro-habitat : correspond aux besoins physiques à petite échelle d'un organisme ou d'une population en particulier. Chaque habitat comprend un grand nombre de micro habitats avec une exposition subtilement différente à la lumière, à l'humidité, à la température, aux mouvements de l'air et à d'autres facteurs.

I-2-3 Unités d'habitat

Les différentes unités de l'habitat, appelées « patch » dans la littérature anglaise, se caractérisent par des tailles et des formes différentes. La forme des unités est déterminée par la variation du périmètre et par de nombreux facteurs écologiques comme la topographie (montagnes, rivières, éruptions), des processus climatiques (tempêtes, avalanches, inondations), d'érosions (vents, eaux) mais aussi les activités humaines.

L'élongation d'une unité est le premier trait d'une unité d'habitat. Elle se mesure par le rapport de la longueur sur la largeur du rectangle qui inclut l'ensemble de l'unité. Ce trait augmente le périmètre d'une unité d'habitat et donc, les interactions avec les zones environnantes. L'effet peut être négatif (absence d'effet tampon pour les espèces sensibles ou exigeantes, dépendant strictement de facteurs écologiques propres à l'habitat) comme il peut être positif (effet d'écotone ou de lisière favorable aux espèces typiques des lisières ou qui utilisent à la fois l'unité d'habitats et le milieu environnant). La zone intérieure ou zone noyau d'une unité d'habitat, mesurée par exemple par la surface du plus large cercle qu'il est possible de placer au cœur de l'unité d'habitat, ainsi que son périmètre sont donc aussi deux des traits caractéristiques majeurs.

I-2-4 La sensibilité d'habitat :

La sensibilité d'un habitat est une combinaison de ces deux paramètres, avec une valeur finale dépendant de la valeur de la résistance et de la résilience à chaque pression. Les valeurs de la

résistance et de la résilience sont fondées sur une gamme de critères incluant la sensibilité des espèces ingénieuses, structurantes, caractéristiques, du type de substrat et des caractéristiques biologique de la communauté.

- Un habitat est résistant s'il est capable de tolérer une pression sans que celle-ci engendre de changements dans ses caractéristiques biotiques et abiotiques.
- Un habitat est résilient lorsqu'il faut du temps afin qu'il puisse retourner à son état initial après que la pression exercée sur lui ait disparu.

I-2-5 Classification de protection des habitats

Parmi les systèmes de classification des habitats les plus utilisés dans le monde, on trouve principalement :

I-2-5-1- la classification CORINE-Biotopes (Coordination de la Recherche et de l'Information en Environnement)

C'est le document de référence décrivant et codifiant tous les habitats européens, il a été publié en 1991 par la commission européenne. Il fournit une typologie basée sur la classification phytosociologique de la végétation, c'est à dire le niveau du groupement végétal. Son objectif est d'identifier tous les groupements majeurs, dont la présence contribue à l'évaluation de l'importance d'un site en matière de conservation.

I-2-5-2- Typologie Natura 2000

La commission européenne a publié en 1992 la Directive "Habitats". Cette directive européenne a instauré l'obligation de préserver les habitats et les espèces qualifiés d'intérêt communautaire. Chaque état membre, est chargé d'identifier sur son territoire, puis de désigner comme Zones Spéciales de Conservation (ZSC), les sites importants pour la sauvegarde des habitats et des espèces visés par la directive. Ces zones bénéficieront de mesures réglementaires ou contractuelles et, le cas échéant, de plans de gestion permettant leur préservation à long terme, en intégrant les activités humaines dans une démarche de développement durable. L'ensemble des ZSC constituera le réseau européen des sites protégés, baptisé "Natura 2000". Les Zones de Protection Spéciales (ZPS) désignées au titre de la directive "Oiseaux" s'intègrent dans ce réseau.

La Directive Habitats, distingue en effet dans son texte les définitions suivantes (Salles., 2001) :

Habitats naturels : « zones terrestres ou aquatiques se distinguant par leurs caractéristiques géographiques, abiotiques et biotiques, qu'elles soient entièrement naturelles ou semi-naturelles ».

Habitat d'une espèce : « milieu défini par des facteurs abiotiques et biotiques spécifiques où vit une espèce à l'un des stades de son cycle biologique ».

I-2-6 Habitat dans le concept d'ornithologie

Les ornithologues ont joué un rôle clé dans le développement du concept d'habitat. La nature remarquable des oiseaux a permis aux ornithologues de rassembler une grande quantité d'information sur la répartition et l'abondance des oiseaux par rapport aux aspects de l'environnement (Block et Brennan, 1993). Beaucoup de ces permutations peuvent être attribué à différentes échelles d'observation.

Selon Johnson (1980), l'approche hiérarchique à l'égard des habitats repose sur la sélection des échelles spatiales (Fig.01). Par exemple, les échelles spatiales peuvent utiliser d'un perchoir ou d'un substrat de butinage pour dresser la liste des l'aire géographique de l'espèce. Les descriptions temporelles peuvent comprendre les environnements utilisés de façon saisonnière (p. ex., reproduction, hivernage, migration), annuelle, ou historiquement.

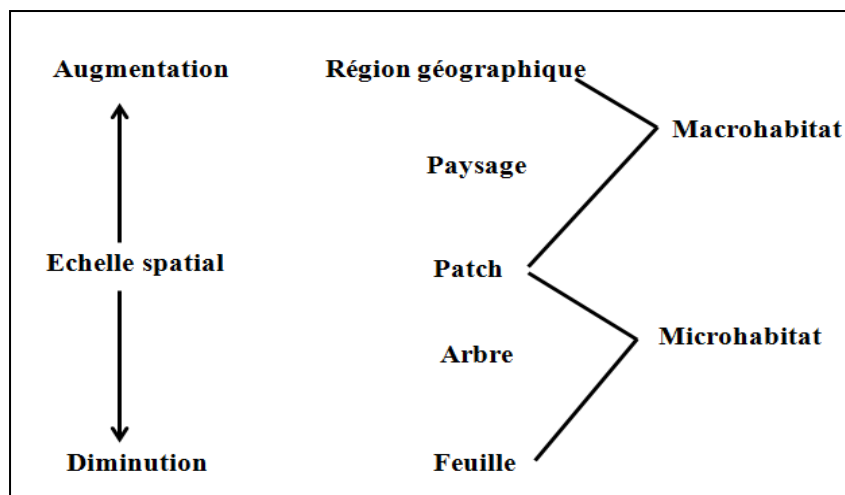


Figure 1: les échelles spatiales pour études les habitats de l'avifaune (Block et Bernnan,1993)

I-3 Système d'information géographique

I-3-1-1 Définition de système d'information géographique

Un système d'information géographique (SIG) est un système informatique permettant à partir de diverses sources, de rassembler et organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace. Un système d'information géographique est aussi un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées. C'est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

I-3-2 Les composants d'un SIG

Un système d'information géographique, comme le montre la figure 2., est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision.

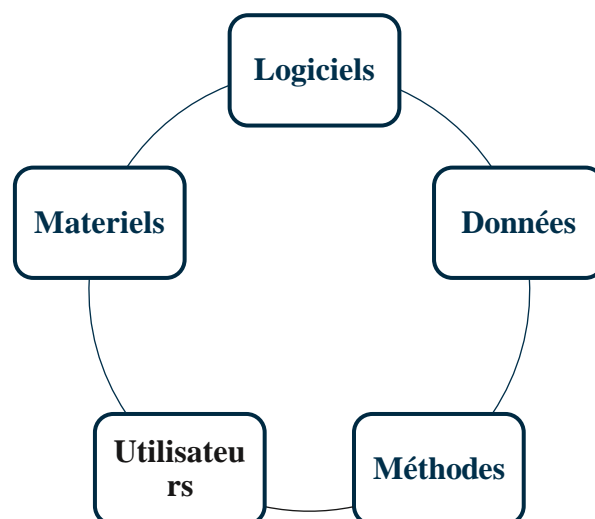


Figure 2:composantes d'un SIG

Les matériels informatiques : Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome. Des systèmes client-serveur en intranet, extranet voire via Internet facilitant ensuite et de plus en plus la diffusion des résultats.

Les logiciels : Ils assurent les 6 fonctions suivantes (parfois regroupées sous le terme des '6A'):

- saisie des informations géographiques sous forme numérique (*Acquisition*)
- gestion de base de données (*Archivage*)
- manipulation et interrogation des données géographiques (*Analyse*)
- mise en forme et visualisation (*Affichage*)
- représentation du monde réel (*Abstraction*)
- la prospective (*Anticipation*)

Les données : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

Les utilisateurs_: Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.

Méthodes et savoir-faire_: La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation. Un SIG fait appel à une connaissance technique et à divers savoir-faire et donc divers métiers qui peuvent être effectués par une ou plusieurs personnes.

I-3-3 Volets du système d'information géographique

Les SIG proposent 3 volets pour manipuler les informations géographiques :

Le volet géodatabase - catalogue_: un SIG correspond à une base de données spatiales contenant des jeux de données qui représentent des informations géographiques selon un modèle de données SIG générique (entités, rasters, attributs, topologies, réseaux, etc.)

Le volet géovisualisation - carte_: un SIG est un ensemble de cartes intelligentes (2D ou 3D) et de vues (2D ou 3D) qui montrent des entités spatiales et leurs relations à la surface de la terre. Il est possible d'élaborer différentes vues cartographiques des informations

géographiques sous-jacentes, qui s'utilisent comme des "fenêtres ouvertes sur la base de données géographique" afin d'effectuer des requêtes, des analyses et de modifier les informations géographiques.

Le volet géotraitement – boîte à outils: un SIG comprend des outils de Transformation des informations qui produisent des informations à partir des jeux de données existants. Les fonctions de géotraitement partent des informations contenues dans les jeux de données existants, appliquent des fonctions analytiques et écrivent les résultats dans de nouveaux jeux de données.

I-3-4 Structure des données sous SIG

La construction d'un système d'Information Géographique nécessite, comme le montre la Figure , deux composants principaux : des données localisée sur le territoire sous format graphique (sous forme de cartes, données vectorielles) et des données alphanumériques (attributaires) organisées sous un système d'information (sous Excel par exemple).

I-3-4-1 Les données graphiques

La représentation des données se fait sous deux formats:

Format de vecteur (Points, Lignes, Polygones)

Ce type de représentation, également appelée image vectorielle (Fig.03) ou couche vectorielle, est une image numérique composée d'objets géométriques de type : segment de droite, polygones, polylignes, arc de cercle, point, etc. Ce type de données peut comporter des données attributaires individuelles pour chaque élément.

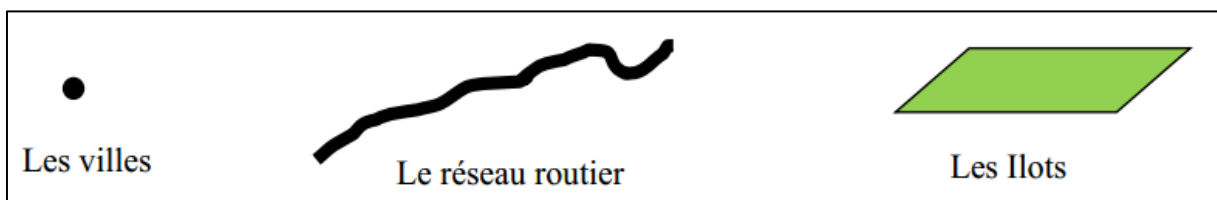


Figure 3:Image vectorielle

Format Raster ou les données Raster

Il s'agit d'images matricielles ou images en mode points. C'est une image numérique composée de Pixels ou de points généralement de forme rectangulaire ou plane(Fig.04). On distingue plusieurs types d'images Raster : Image satellite, photographies, image ou carte scannée.



Figure 4:Image pixélisée

- Comparaison entre le mode Raster et le mode vecteur

Les deux types de représentation des données sous un SIG (Raster et vecteur) sont complémentaires. Le mode raster est mieux adapté aux applications de télédétection et pour certaines études où l'utilisation des données raster ne nécessite pas un traitement de données attributaires ou constitue uniquement fond pour les réseaux numérisés dessus pour une meilleure prise de décision. Cependant, la représentation en mode vecteur est nécessaire pour la réalisation de calculs essentiels à la prise de décision (statistique, spatial, logiques, thématique,...). Il est possible de convertir une table vectorielle en table raster ou une table raster en table vectorielle. Cependant, le passage du mode vecteur au mode raster est facile tandis que le passage du mode raster au mode vecteur nécessite des cartes de bonne résolution. Le tableau ci-dessous montre présente la comparaison entre mode Raster et mode Vecteur.

Tableau 2:Comparaison entre mode Raster et mode Vecteur.

	Avantages	Inconvénients
Raster	<ul style="list-style-type: none"> - Structure de données simple - Compatible avec des données à distance senties ou analysées - Procédures spatiales simples d'analyse. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige un plus grand espace sur l'ordinateur - Selon la taille de pixel, le rendement graphique peut être moins agréable. - Les transformations de projection sont plus difficiles. - Plus difficile de représenter des rapports topologiques.

Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> - Exige moins d'espace de mémoire à disque - Les rapports topologiques sont aisément maintenus. - Le rendement graphique ressemble plus étroitement aux cartes tirées par la main. 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure de données plus complexes. - Non compatible avec des données à distance senties. - Le logiciel et le matériel sont souvent plus chers - Quelques procédures spatiales d'analyse peuvent être plus difficiles - Recouvrement des multiples cartes de vecteur est souvent long.
---------	--	---

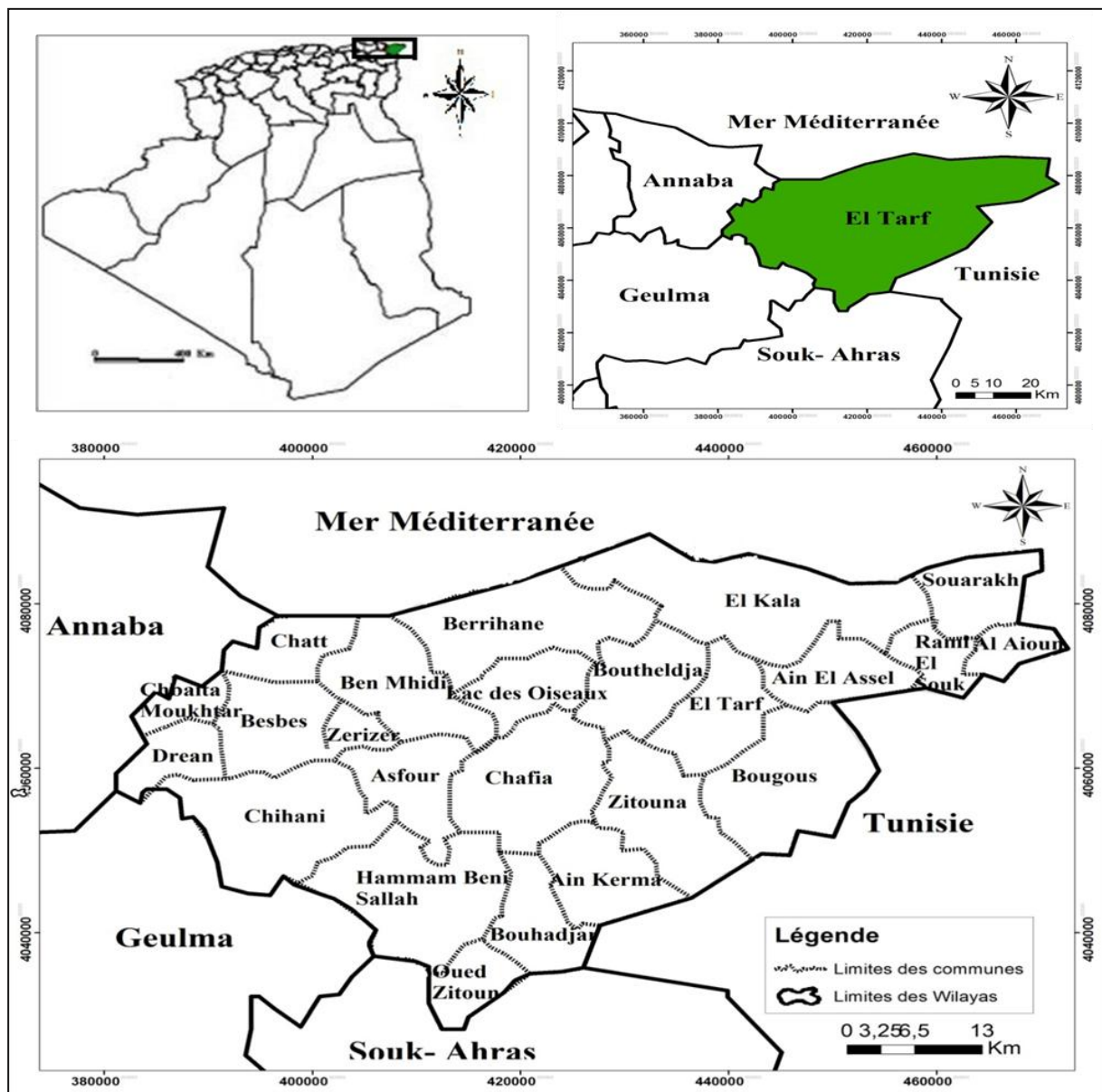
I-3-4-2 Les données attributaires

Il s'agit de données alphanumériques récupérées sous format numérique (Excel, Texte,...) ou papier (un tableau de coordonnées topographique, un rapport d'étude,...). Ces données sont par la suite organisées sous un format numérique (système d'information) pouvant être lu par le logiciel de SIG utilisé.

Chapitre II : Description de la région d'étude

II-1-Situation géographique de la région d'El-Tarf

La wilaya d'El Tarf située entre la latitude $36^{\circ}75'00''$ et la longitude $08^{\circ}16'66''$ à l'extrême Nord Est Algérien sur l'axe routier El Kala – Annaba à 60 km à l'ouest de Annaba, comprend 24 communes (Fig.05), Elle s'étend sur une superficie d'environ $2\,891\text{ Km}^2$. Le linéaire côtier de la wilaya s'étend sur 90 km de long. La région d'étude est limitée, au nord par la mer méditerranée, au sud par les Wilayas de Guelma et Souk Ahras, à l'est avec la limite d'état de la Tunisie, et à l'ouest par la Wilaya d'Annaba(Fig.05).



II-2-Géologie

La présence des grés numidiens forme l'ensemble des massifs. Seuls les bassins montrent des affleurements de roches tendres des unités telliennes ou maritimes et massyliennes .

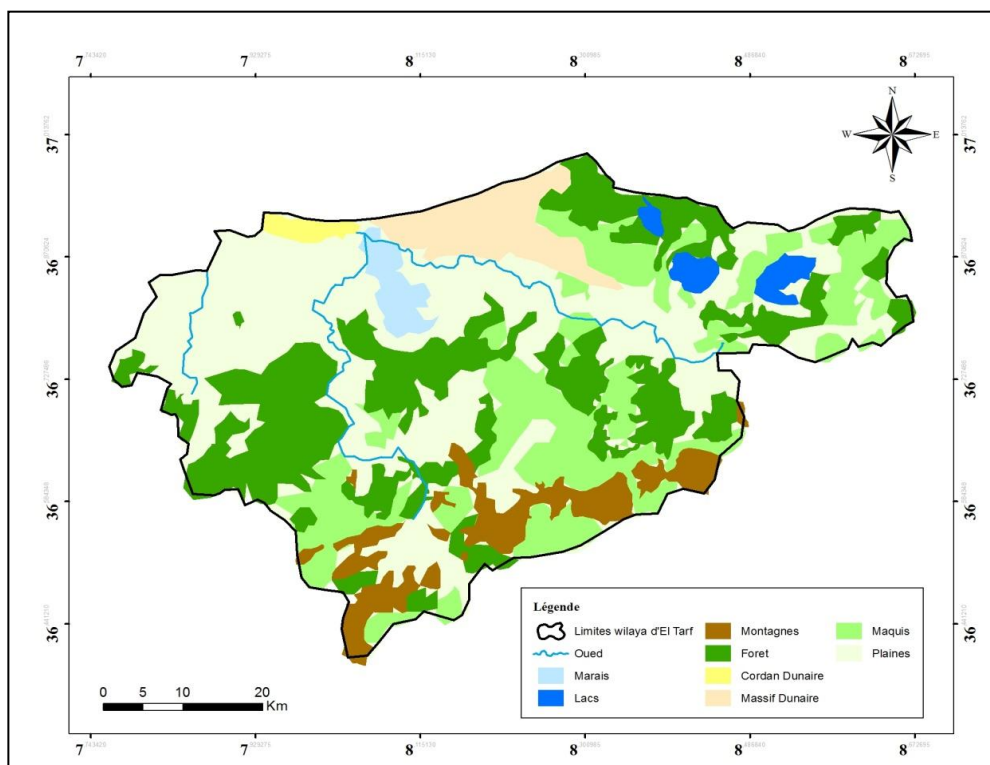
Ainsi, deux grands ensembles lithologiques se distinguent :

- Le complexe argilo-gréseux du Numidien Tertiaire a base marneuse du Secondaire constituant le substratum général de la région.
- Les remblaiements du Quaternaire qui eux seuls constituent un système géologique.

II-3-Géomorphologie

La région d'El Tarf se caractérise par différentes unités géomorphologiques (Fig.06) qui se présentent comme suit :

Les Marais de la Mekhrada qui constituent un milieu particulier où pendant l'hiver un lac et durant l'été des pâturages , les Grabbens qui sont représentés par différentes plaines, les Horests qui sont représentés par les grés et les argiles du numidien, le Massif Dunaire et les Massifs Rocheux, les Terrasses et les différentes Lacs ,les Montagnes, les Collines, les Oueds tel que El Kebir Est ,la Bounamoussa et la Seybouse et finalement les Plainnes citons celles de Annaba; d'El Tarf; de Bouteldja; d'El Asfour et d'Oum Teboul.



II-3-1 La pente

La topographie de la wilaya d'El Tarf s'intègre globalement dans les reliefs de l'extrémité nord-est de la chaîne tellienne algérienne. Les dénivellations dans le domaine montagneux sont généralement supérieures à 300 m entre les bas-fonds d'oueds et le haut des reliefs. Les pentes sont très fortes au niveau de la montagne (>25%), moyennes sur les bas reliefs (12.5-25%), faibles au niveau de certaines collines et cordons dunaires littoraux (3-12,5%) et très faibles (<3%) au niveau des plaines et des vallées ouvertes vers la mer (Fig.7 ; Tableau 03).

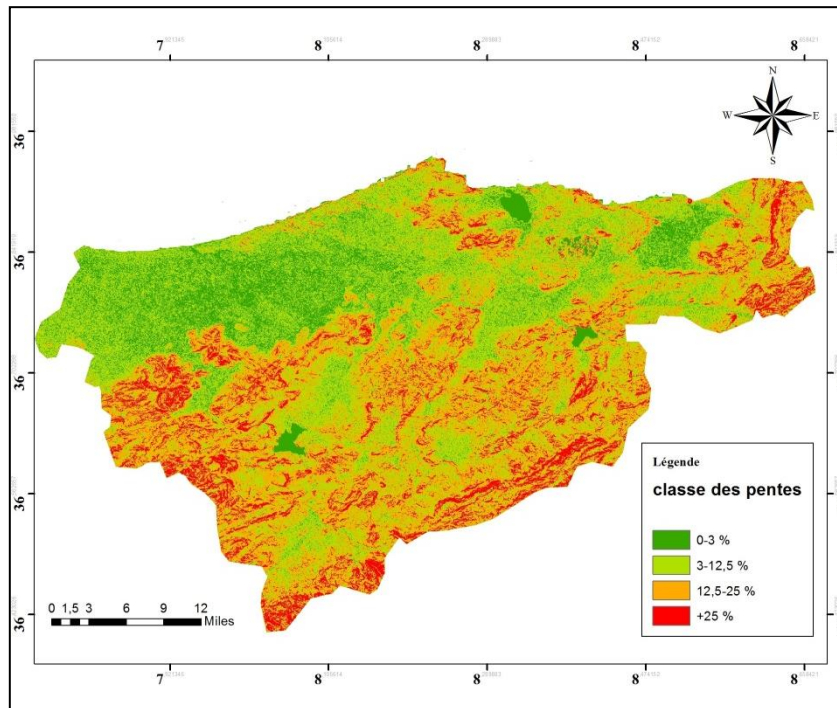


Figure 7: Carte de pente de la Wilaya d'El Tarf (Chettibi, 2020).

Tableau 3: Répartition des reliefs par classe des pentes.

Classes %	Superficie en Km ²	% de la superficie Totale	Classe des pentes
0 – 3 %	1100	41,47	Très faibles
3 – 12.5 %	758	6,48	Faibles
12.5 – 25 %	533	22,09	Moyennes
>25%	261	9,84	Très fortes

II-4- Hydrologie

La région est drainée par un réseau hydrographique très dense (fig.08) dont les principaux oueds

sont : oued El-Kebir, oued Bounamoussa et oued Seybousse, les deux principaux bassins versants sont ceux de oued Kebir et oued Seybousse. La région est aussi riche en eaux souterraines (plusieurs sources), des barrages, des lacs et des retenues collinaires (figure 08).

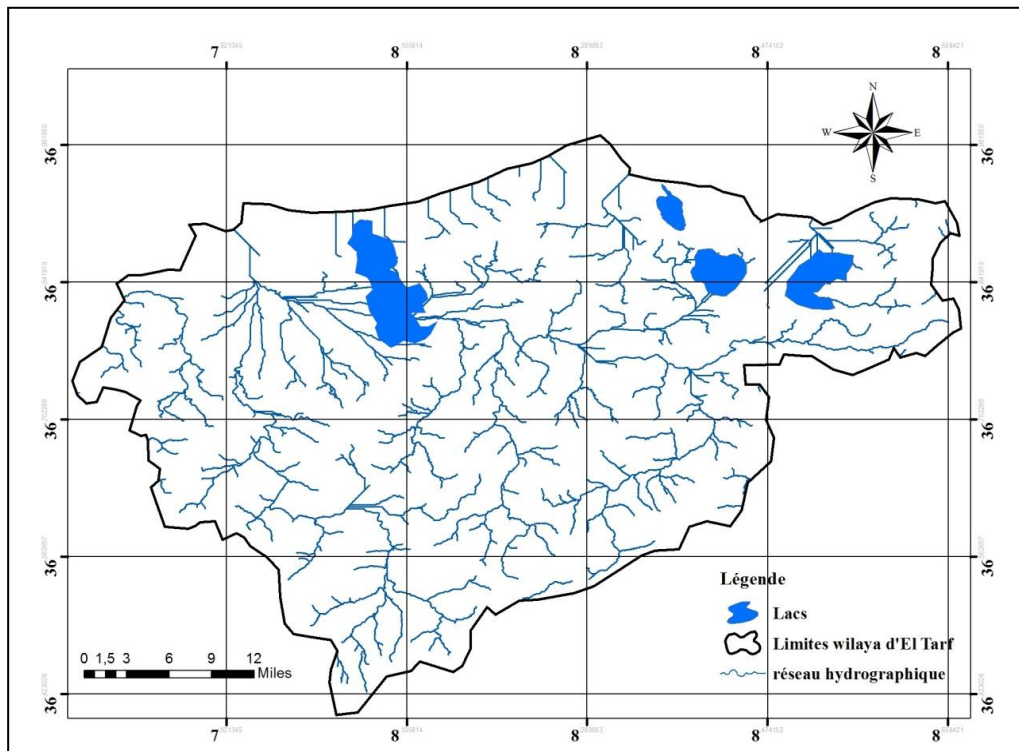


Figure 8: Carte de réseaux hydrographique d'El Tarf (Chettibi, 2020).

II-5-Climatologie

Le climat est un facteur abiotique important dans l'étude de la typologie et le fonctionnement d'un milieu naturel (Fustec et Lefeuvre, 2000), il nous permet de déterminer les composants et les caractéristiques de ce dernier. La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux.

II-5-1-facteur climatiques

Selon Dajoz (1998), Les facteurs climatiques ont des actions multiples sur la physiologie et sur le comportement des êtres vivants. Les facteurs climatiques agissent aussi à tous les stades du développement de l’oiseau en limitant l’habitat de l’espèce (Bourliere, 1950).

Lors de l’élaboration de cette étude climatique, on s’est basé sur les données climatiques de la station météorologique du lac des Oiseaux (El Tarf) couvrant une période d’observation de 1988 à 2018.

a- Les températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l’ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d’être vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

La température de l’air est un facteur ayant une grande importance dans l’étude climatique car elle agissant directement sur le phénomène d’évapotranspiration et d’évaporation qui sont des éléments importants du bilan hydrique. Elle est fonction de l’altitude, de la distance de la mer, des saisons (Ozenda, 1982 et Toubal, 1986).

Les données récoltées de la station météorologique, nous donnent un schème opposé à celui des précipitations. La variation de l’allure de la courbe prend cependant la forme d’un (U) ou les mois de Janvier et février sont les plus froids et le mois d’Aout est le plus chaud (Fig.9).

Tableau 4: variation des températures moyennes mensuelle d'El Tarf.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
T Moy (°C)	24,7	21,5	16,8	13,3	11,5	12,1	13,9	16,4	19,9	23,8	26,7	27,3

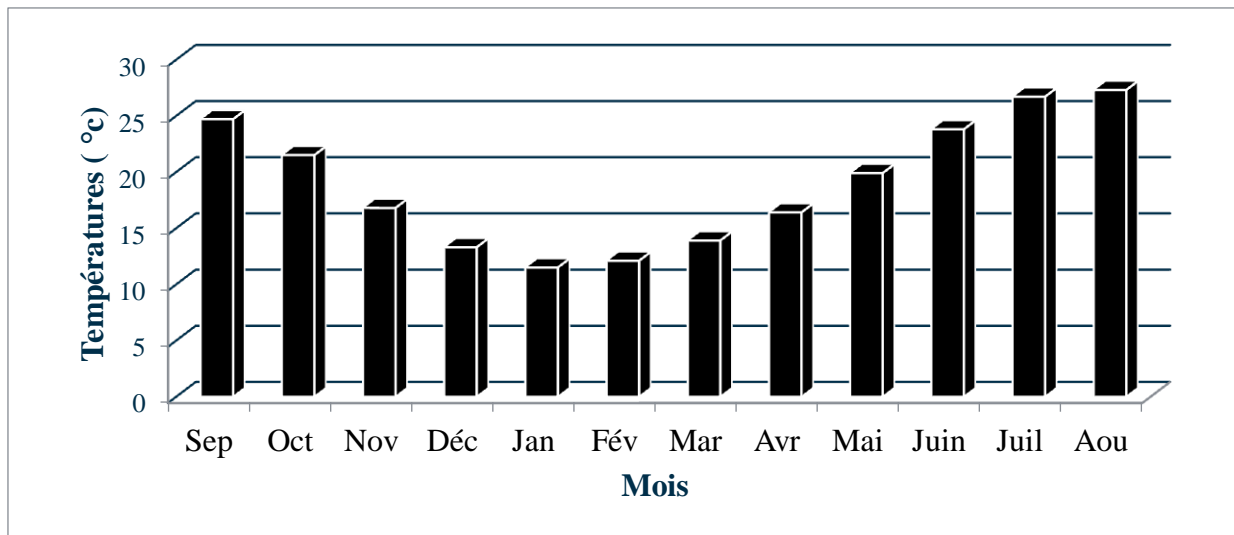


Figure 9 : Variation des températures moyennes mensuelles.

b- L'humidité

L'humidité est le facteur qui conditionne l'évaporation, il influe sur les conditions de développement de la végétation et par conséquent sur la nature de l'écoulement de surface. La région d'el Tarf est l'une des régions les plus humides de l'Algérie, Les formations marécageuses et lacustres, la proximité de la mer et la présence d'une couverture forestière intense contribuent à un degré d'hygrométrie élevé pendant toute l'année, ce qui favorise le maintien d'une végétation éprouvée par un important déficit hydrique pendant la période sèche (Benyacoub , 1993).

Valeurs de l'humidité relative moyenne de l'air notées en 1988 à 2018 dans la région d'El Tarf sont mentionnées dans la figure 10.

Tableau 5: Variation des humidités moyennes mensuelles.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
H %	75,3	76,3	75,6	80,4	79,8	79,6	77,4	77,2	76,2	71,9	73,2	73,1

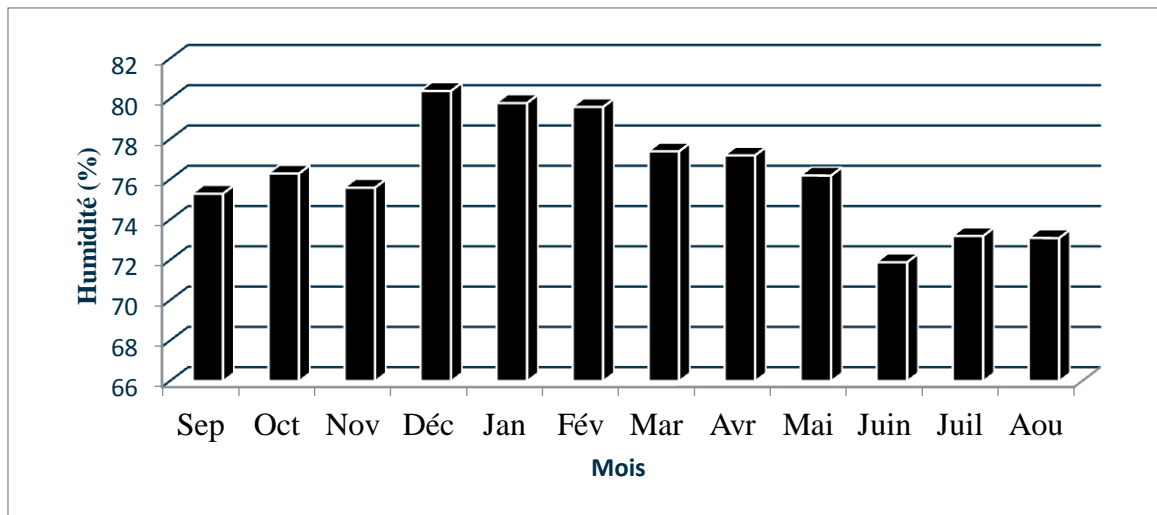


Figure 10: Variation des humidités moyennes mensuelle.

c- Le vent

Le vent est un paramètre climatique qui nous permet de déterminer les régimes pluvieux, l'évapotranspiration et donc du climat d'une région quelconque.

Les vents Nord-Ouest sont les plus violents et les plus dominants pendant tous les mois de l'année, ce qui explique le grand développement des dunes de l'Est algérien, ils sont souvent liés aux pluies des équinoxes qui apportent les précipitations les plus importantes, venues de l'atlantique. Les vents du Sud-Est parfois Sud-Ouest dus généralement aux siroccos provenant du Sahara, sont plus fréquents pendant le mois d'Août avec une haute température.

La vitesse maximale des vents est enregistrée durant les mois d'hiver : décembre, janvier et février.

d- Les précipitations

Les précipitations désignent tous corps liquides ou solides qui tombent du ciel, (neige, pluie, grêle, etc.). Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres. La répartition annuelle des précipitations est importante aussi bien par son rythme que par sa valeur volumique absolue.

Nous remarquons à travers les données annoncées, que le mois présentant le plus de précipitations est le mois de Novembre avec le mois le moins de précipitations est le mois de juillet (Tableau 06).

Tableau 6: Variation de précipitations moyennes mensuelles.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou
P moy(mm)	61,4	66,9	106,6	97,6	79,2	78,1	63,3	49,5	47,4	14,3	1,9	12,2

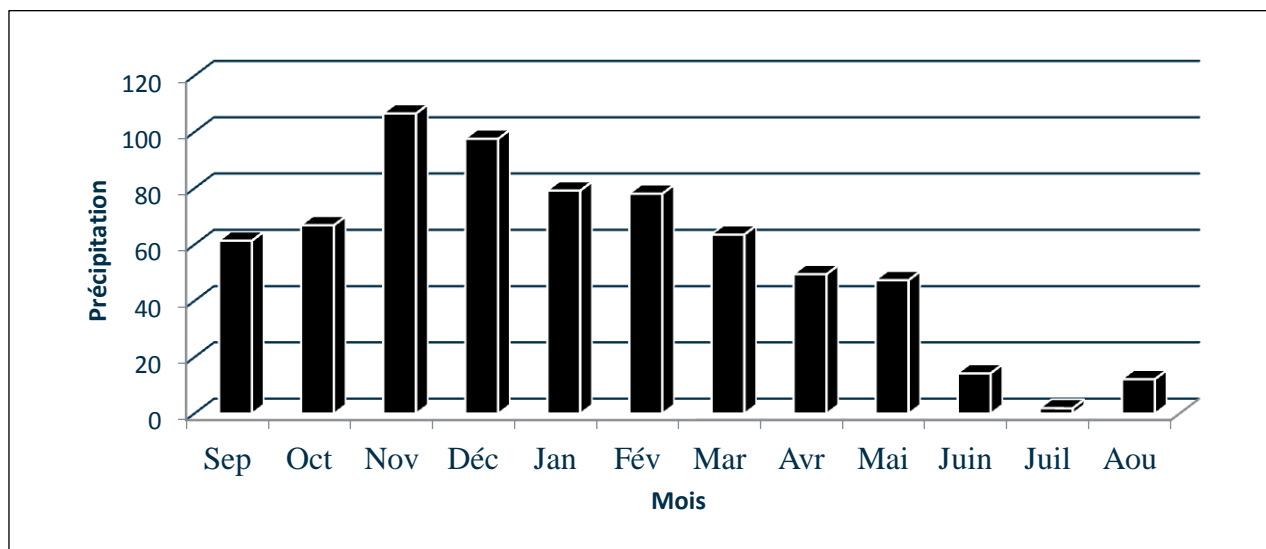


Figure 11: Variation des précipitations moyennes mensuelles.

II-5-2-Synthèse climatique

Tous les éléments du climat agissent en même temps pour former un milieu climatique. Pour estimer rapidement l'influence des principaux éléments, divers systèmes sont proposés. Les plus utilisés en région méditerranéenne sont :

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et le climagramme pluviométrique d'Emberger. Ces deux systèmes résument le bioclimat d'une station donnée par trois éléments fondamentaux du climat: précipitations (mm) - températures maximales et minimales (C°).

a-Indice d'aridité

La formule de calcul de cet indice est la suivante :

$$\text{IAM} = P / T+10$$

Où : P : Pluviométrie annuelle moyenne (mm)

T : Température annuelle moyenne (C°)

De Martonne (1923) a proposé une formule caractérisant la saison sèche, il est plus élevé que le climat est moins aride.

Tableau 7:Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice DERMARTONNE.

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyperaride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Subhumide
$30 < I < 55$	Humide

Paramètre	P (mm)	T (°c)	I
El Tarf	723	17,1	26,67

Pour les valeurs de I compris entre 20 et 30 se trouve le milieu est considéré comme **subhumide**.

b-Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson

Ces auteurs déterminent la saison sèche par une représentation graphique portant en abscisse les mois de l'année et en ordonnée, à gauche, les précipitations (P) du mois exprimées en millimètres et à droite les températures (T°) du mois exprimées en degrés Celsius. Ils adoptent l'échelle $P=2T$ et considèrent un mois sec lorsque $P < 2T$.

D'après le diagramme ombrothermique (figure12) pour la période 1980 à 2018 on peut déduire deux saisons bien distinctes :

- Une saison humide, caractérisée par des précipitations relativement élevées 106,6 mm et qui s'étale du la fin de mois de Septembre jusqu'au début de mois de Mai.
- Une saison sèche et chaude qui s'étend du fin du mois de Mai jusqu'au début du mois de septembre avec une température maximale de 27,3°c.

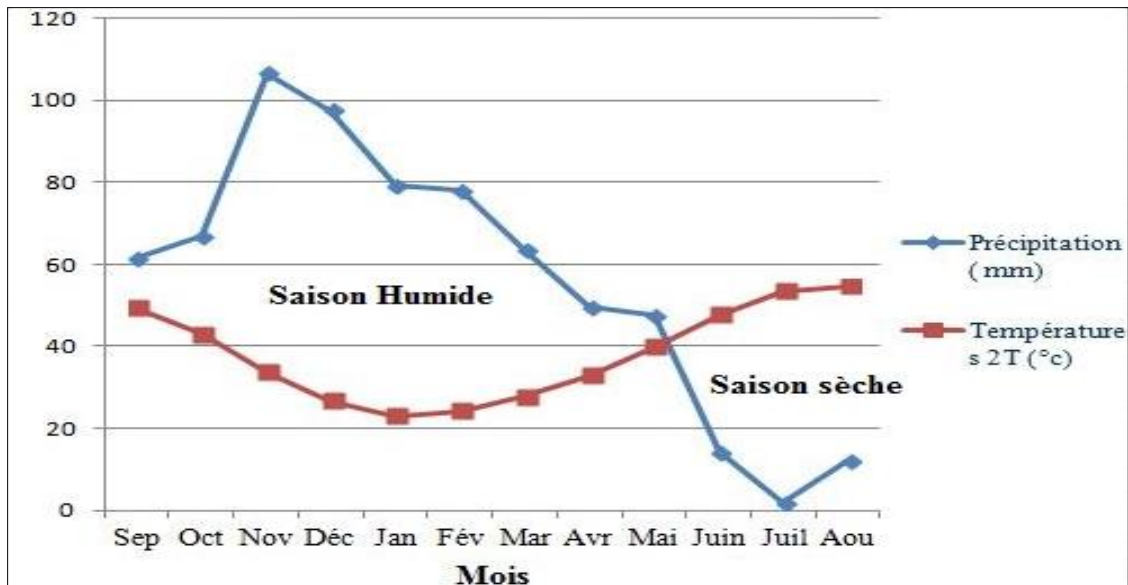


Figure 12: Diagramme pluvio-thermique de GAUSSEN

c-Climagramme d'emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger "Q2" spécifique au climat méditerranéen permet de définir les cinq étages de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haut montage (Emberger, 1955). Le quotient pluviométrique d'Emberger s'exprime selon la formule suivante:

$Q = \frac{100P}{2 \left(\frac{M+m}{2} \right) (M - m)}$	<p>Q₂=quotient pluviométrique d'EMBERGER</p> <p>P= précipitation annuelle moyenne (mm)</p> <p>M=Température des maxima du mois le plus chaud (K°)</p> <p>M= Température des minima du mois le plus froid (K°)</p>
---	--

Cet indice été simplifié par Stewart (1969) pour l'Algérie du nord et le Maroc :

$$Q_2 = 3,43P.1 / (M-m).$$

D'après les données climatiques de la région d'El Tarf :

P=723 mm ; M= 305,5 K° ; m= 20,4 K° ; **Q₂=98,80.**

Le quotient pluviothermique sur les données climatiques récentes a révélé que la région d'El Tarf est classée dans l'étage subhumide à hiver doux (Figure 13).

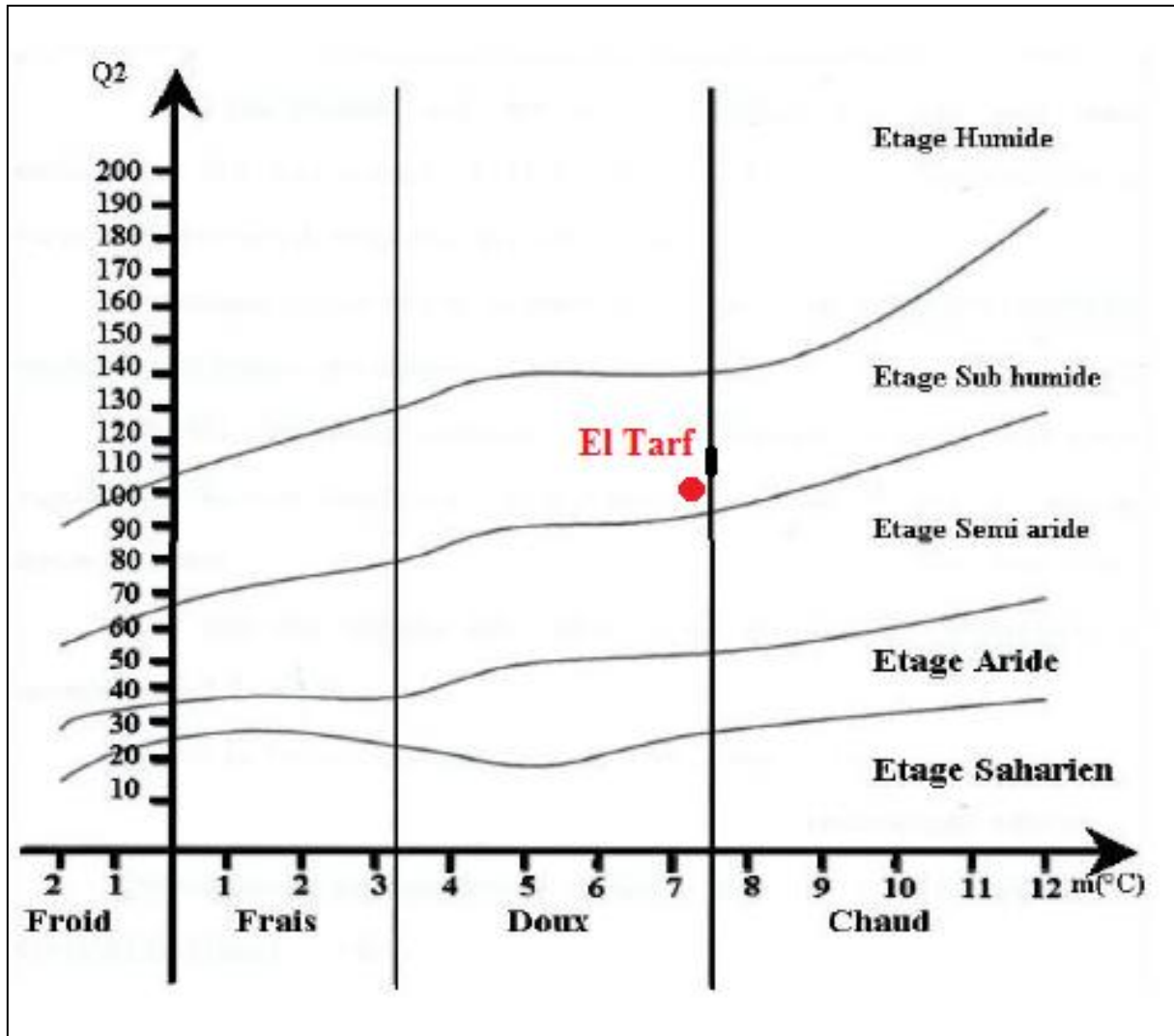


Figure 13: La position de la région d'étude dans le climagramme d'emberger.

II-6 Richesse naturel

II-6-1 Faune

L'hétérogénéité des habitats naturels de la région d'El Tarf abrite une grande diversité de la faune et particulièrement l'avifaune. Bouazouni, (2004) signale des espèces en voie de disparition telles que le cerf de barbarie, la hyène tachetée et le chacal doré, l'hyène rayée, le porc-épic, le renard doux, la loutre, la cigogne blanche, l'oie cendrée et d'autres canards d'eau.

II-6-2 Flore

De par la diversification du sol de la région, La flore d'El Tarf est riche et diversifiée. Le PNEK abrite le tiers de l'ensemble de la flore d'Algérie soit environ 850 espèces (De belair, 1990), notamment: le pin maritime, le chêne liège, le pin d'Alep, le chêne zen, les oliviers sauvages, les frênes, les orchidées de province, ainsi que les châtaignes d'eau.

Chapitre III : Description des sites d'étude

III-Description des sites d'étude

Nous avons retenu pour notre travail deux sites : le lac Tonga et le lac des Oiseaux. Les deux sites Constituent deux zones humides classées d'importance internationale dans la liste Ramsar. L'un de ces sites situé au niveau du parc national d'El Kala (PNEK).

III-1-Le lac Tonga

III-1-1 Situation géographique et description générale

Le lac Tonga est situé à l'extrême nord-est de l'Algérie au niveau du Parc National d'El-Kala (wilaya d'El-Tarf) (Fig.15). Les coordonnées géographiques du lac sont établies comme suit : 36° 49' N-8° 32' E. Il est distant d'environ 3 km de la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est, à l'Ouest d'environ 80km des complexes industriels d'Annaba et à 3km à vol d'oiseau de la mer. Il s'étendant sur une superficie de 2500 ha. Il est l'un des sites Ramsar le plus important des zones humides d'Afrique du Nord. C'est un lac de type palustre d'eau douce en communication avec la mer Méditerranée par un canal artificiel, le Canal Messida.

III-1-2 Situation administrative

Le lac Tonga, site d'importance internationale géré administrativement par la direction de P.N.E.K. Un certain nombre de décrets internationaux concerne ce site ainsi que la rive ouest du lac Oubeira.

- Décret n° 82-440 du 11/12/1982, portant ratification de la convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles, signée à Alger le 15/09/1968.
- Décret n° 82-498 du 25/12/1982 portant adhésion à la convention sur le commerce international des espèces de la faune et de la flore sauvage menacée d'extinction signée à Washington le 03/03/1973.
- Décret n° 85-01 du 05/01/1985, portant ratification du protocole relatif aux aires spécialement protégées de la Méditerranée, signé à Genève le 03/04/1982.



Figure 14: Vue du lac Tonga (Chettibi, 2020).

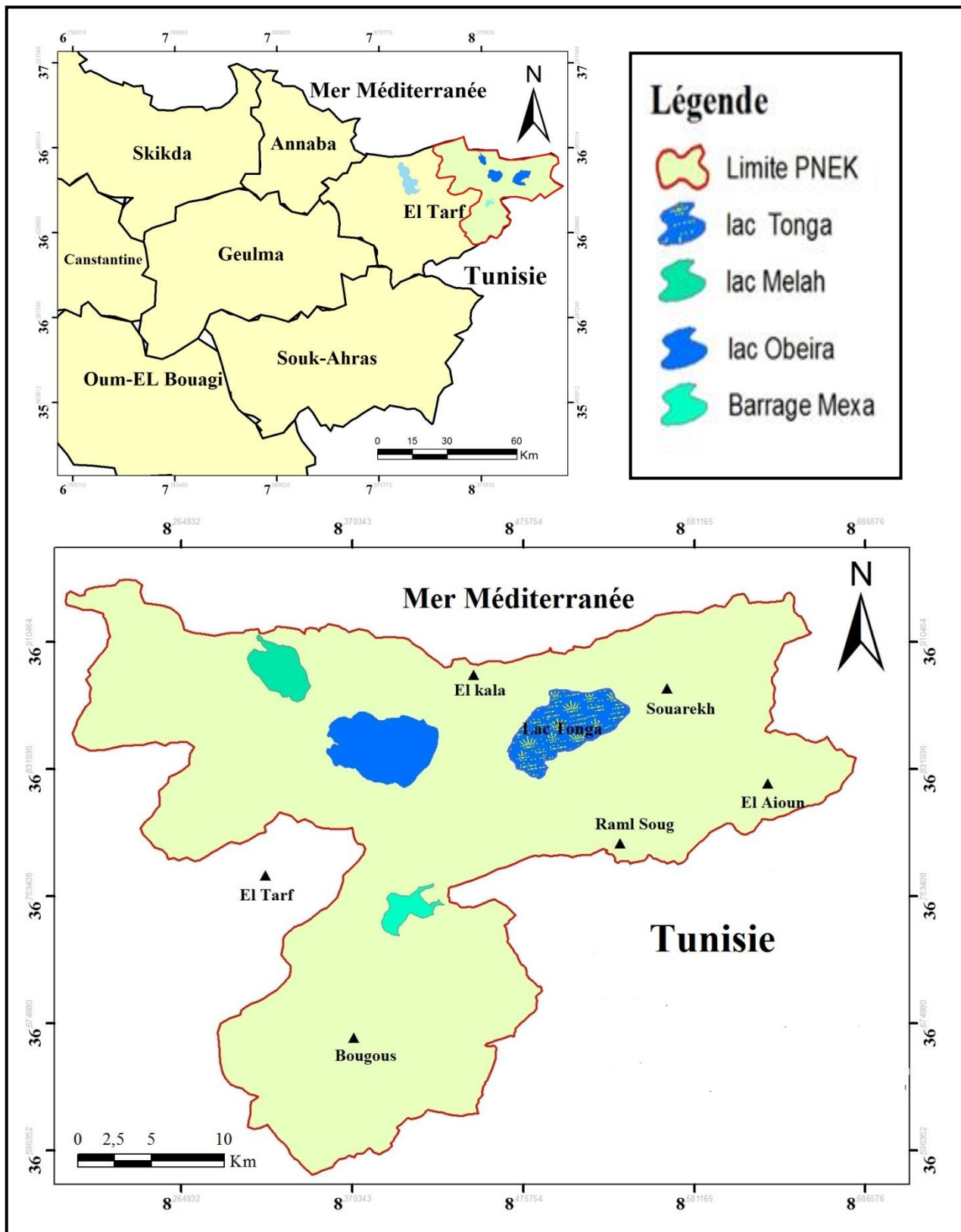


Figure 15: Carte de localisation du lac Tonga (Chettibi, 2020).

III-1-3 Critère de classement

Justification de classement du site selon les Critères Ramsar : 1, 2, 3, 5, 6.

Critère 1 : Zone humide d'importance internationale unique dans la région méditerranéenne.

Critère 2 : Nidification de l'Erismature à tête blanche et du Fuligule nyroca, espèces vulnérables sur la Liste Rouge de l'IUCN, sans oublier la Talève sultane, des colonies d'ardéidés et de Guifette moustac.

Critère 3 : Du fait de la qualité et de la diversité de ses habitats, le site abrite une diversité biologique très importante. C'est le plus important site de nidification en Afrique du Nord, pour au moins deux espèces vulnérables l'Erismature à tête blanche et le Fuligule nyroca, dont il abrite les populations les plus importantes de Méditerranée.

Critère 5 : Le lac Tonga abrite habituellement plus de 20.000 oiseaux d'eau hivernants.

Critère 6 : Le lac accueille le 1% de la population mondiale, pour plusieurs espèces comme l'Erismature à tête blanche et le Fuligule nyroca (DGF., 2004).

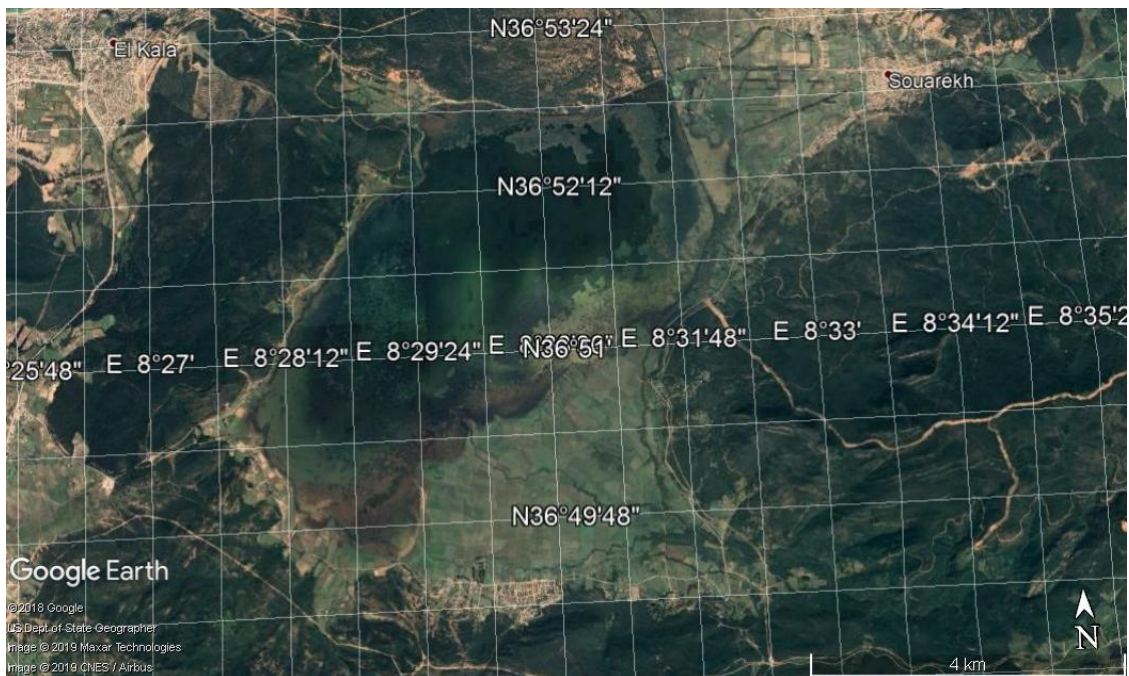


Figure 16: Vue par satellite du lac Tonga (Google earth 2019).

III-1-4 Géologie

D'après la carte géologique de Joleaud (1936), les différentes formations géologiques rencontrées dans le bassin du lac Tonga sont (Figure 17) :

- 1- Les alluvions lacustres couvertes d'eau l'hiver, formées d'argiles.
- 2- Les alluvions limoneuses au fond des vallées du Pléistocène, formées de sable et limon.

- 3- Les grés à hélices qui, par désagrégation, ont donné les dunes.
- 4- Les formations du Pontien qui présentent deux faciès d'argiles sableuses grises, jaunes ou rouges ; des conglomérats et sables rouges ou jaunes à *Archaelix solignaci* et des argiles marneuses, salifères et argiles rouges gypseuses. Dans le bassin du lac Tonga c'est le premier faciès qui domine.
- 5- Les grés de Numidie, quartzeux, souvent blanchâtres, parfois assez friables, transgressifs sur les argiles de Numidie et formant des reliefs durs. Ils recouvrent 33 % de la superficie du bassin versant.
- 6- Les marnes argilo-schisteuses de couleurs variées avec intercalation de petits bancs de grés quartzite développés surtout sur les pentes des vallées et groupées sous le nom d'argiles de Numidie.
- 7- Les argiles, grés et calcaires noirs à nummulites de l'Éocène moyen.

Donc Le bassin versant du lac Tonga de 150 km² est constitué de diverses formations géologiques:

- Sols de marécages : formés de limons de bas-fonds.
- Alluvions limoneuses : formées de sable et limons récents.
- Des argiles, grés et calcaires noirs de l'Éocène moyen qui constituent les contreforts entourant le lac.

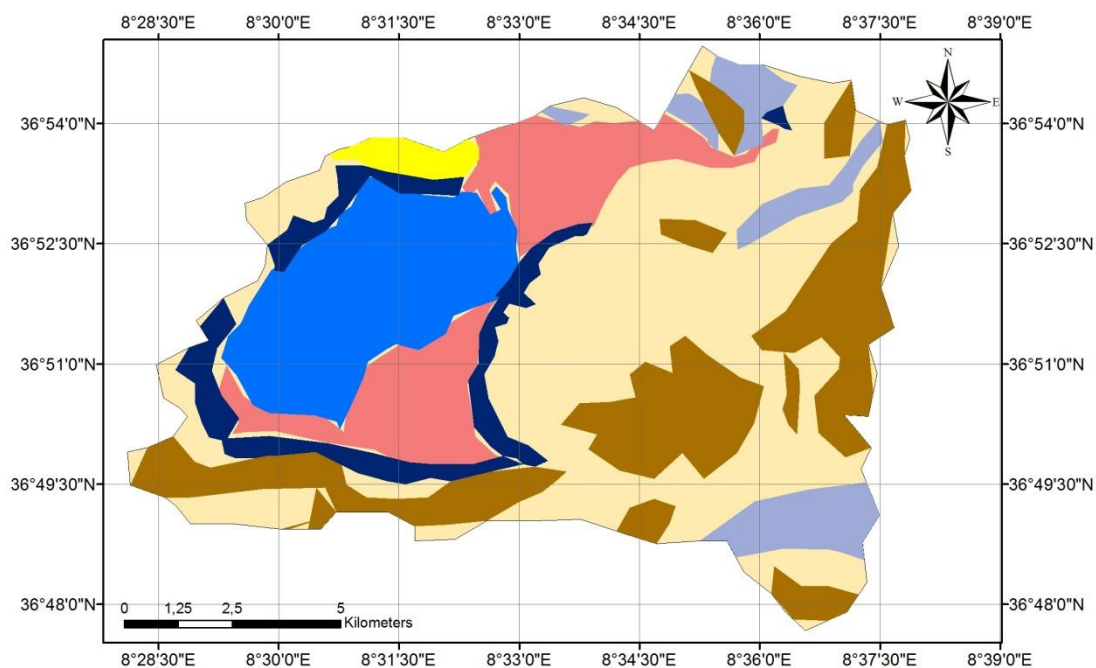


Figure 17: Carte géologique du bassin versant du lac Tonga (Chettibi, 2020).

III-1-5 Pédologie

Selon Durand, 1952 in Boumezbeur, 2005 ; On y distingue 4 types de sols(Fig.18):

- Les sols des marais dans la partie centrale du lac.
- Les sols tourbeux au niveau de l'aulnaie au Nord du Tonga.
- Les dépôts alluvionnaires d'oued ElHout et oued El-Eurg et autour du lac.
- Les sols de prairies marécageuses qui s'assèchent en été.

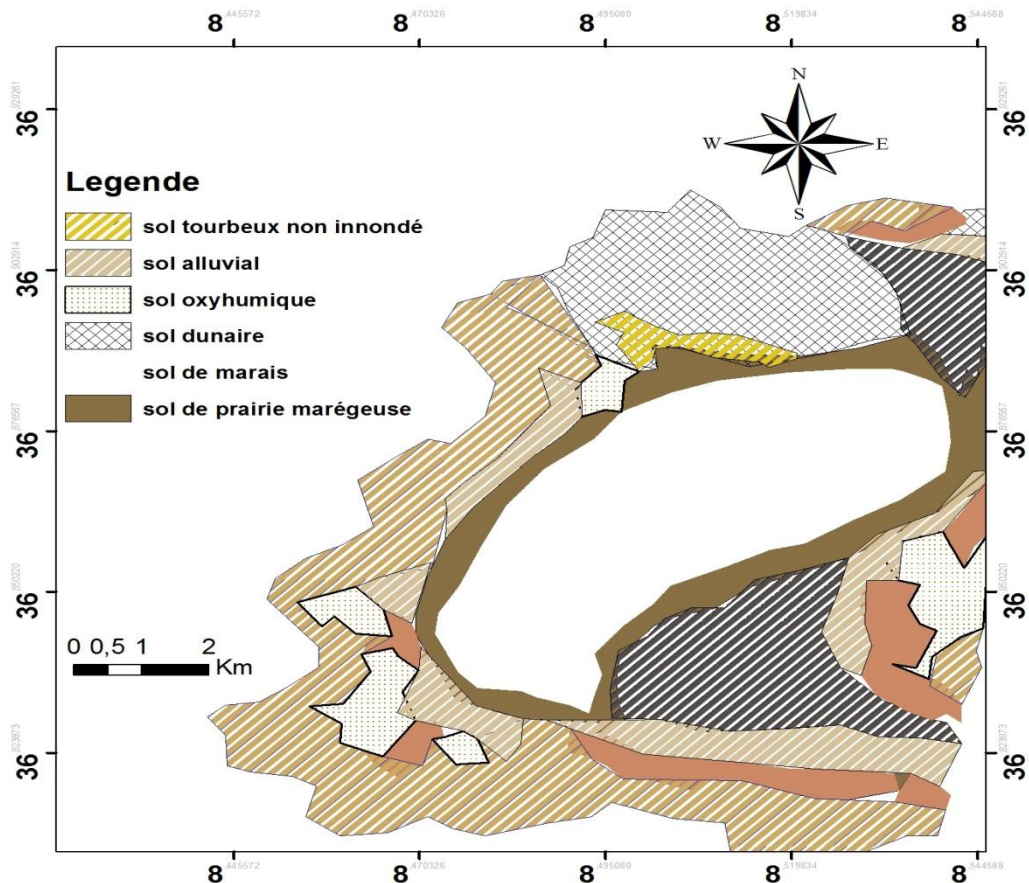


Figure 18: Carte d'occupation des sols du bassin versant du lac Tonga (Chettibi, 2020).

III-1-6 Hydrologie du bassin versant

Le bassin versant du lac Tonga est alimenté d'une part par de nombreux affluents (petits ravins) secs en été tout au long des rives Ouest et sud et d'autre part par à l'Est et au Nord Est par des oueds et de 02 sous bassins versants, celui d'oued EL Hout au sud (long de 14 Km) et d'oued El Eurg au Nord (long de 10 Km) :

- L'oued El Eurg draine la zone montagneuse au Nord et Nord-est du bassin.
- L'oued El Hout proprement dit prend ses sources dans les massifs autour d'El Aïoun et draine la partie montagneuse du Sud du bassin.

Plusieurs tentative d'assèchement du lac Tonga qui se sont échelonnée de la fin du 19ème siècle jusque vers 1940, sont modifiées et rectifié le lit de l'oued pour canaliser les eaux

directement vers mer. L'exutoire du Tonga est l'oued Messida qui peut être considérée comme partiellement artificiel.

Le Bassin versant du lac joue un rôle important dans la maîtrise des crues en période hivernale, le captage des sédiments et des matières arrachées par les crues en amont et charriées vers le lac, et la stabilisation des dunes littorales.

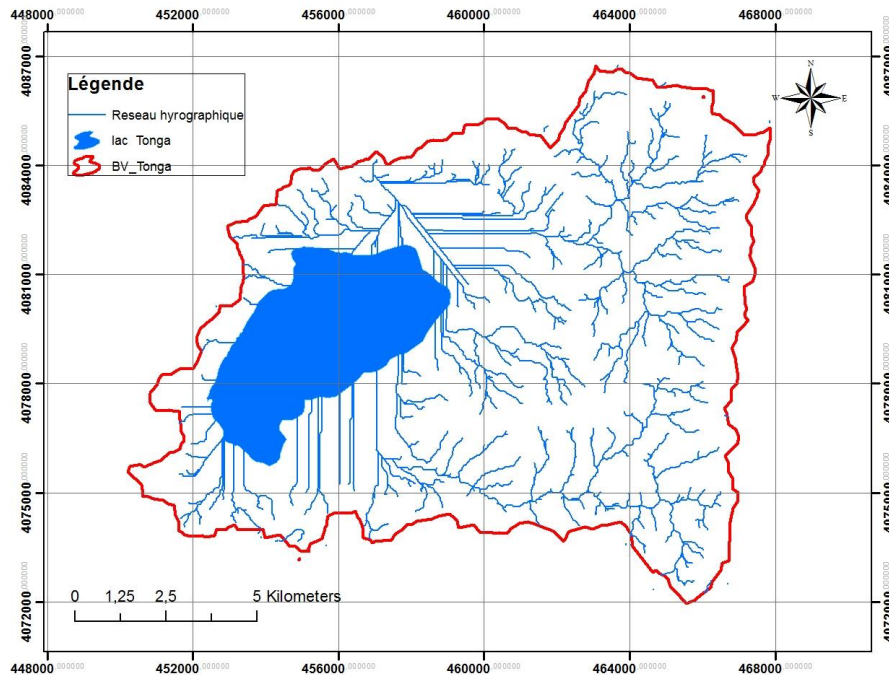


Figure 19:Bassin versant du lac Tonga (Chettibi, 2020)

Caractéristiques du bassin versant	
Superficie Totale du bassin	16 390 ha
Superficie du plan d'eau	23 000 ha
Superficie du bassin versant ruisselant	14 341 ha
Périmètre du bassin	63,57 Km
Périmètre du lac	23 Km
Longueur totale du réseau hydrographique	419 Km
Densité de drainage du bassin ruisselant	2,9 Km/ Km ²

III-1-7 La flore

Le milieu bioclimatique du lac Tonga conditionne la répartition d'un couvert végétal très riche et très diversifiée. Il existe 14 groupements dont dix associations, 82 espèces végétales qui appartiennent à 31 familles floristiques, dont 32 espèces (39% de l'ensemble) sont classées d'assez rares à rarissimes (Kadid, 1989).

La flore forestière se répartit en trois strates, les essences arborées, buissonnantes et herbacées. Le chêne liège est l'espèce arborée dominante par excellence, suivi des peuplements naturels ou plantés de résineux : pin maritime, pin pignon et pin d'Alep. L'aulne glutineux espèce relique rare, le frêne, le peuplier blanc et noir, et l'orme champêtre sont peu abondants et confinés aux milieux humides.

La végétation du lac Tonga est formée par :

- une végétation émergée qui se distingue par la présence de Scirpe lacustre (*Scirpus lacustris*), qui occupe le centre du lac et s'étend jusqu'à l'extrémité Sud du plan d'eau.
- La végétation immergée correspond à un tapis de végétation, dense et diversifiée représenté par les Potamots (*Potamogeton lucens*, *Potamogeton irichoides* et *Potamogeton pectinatus*).
- La végétation flottante est essentiellement représentée par le Nénuphar blanc (*Nymphaea alba*).

La végétation aquatique du lac Tonga recouverte à 90 % la surface du lac, dont 39% de l'ensemble sont classées d'assez rares à rarissimes (Tableau 8) telles que *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba*, *Utricularia exoleta* (Kadid, 1989 ; Abbaci, 1999). La végétation aquatique se divise en deux groupes principaux :

- Les héliophytes, dominés par le Scirpe lacustre (*Scirpus lacustris*), les Massettes (*Typha angustifolia*), le Roseau (*Phragmites australis*), l'Iris des marais (*Iris pseudacorus*) et le Rubanier (*Sparganium erectum*).
- Les hydrophytes, dominés par le Nénuphar blanc (*Nymphaea alba*), le Conifre d'eau (*Ceratophyllum demersum*) et les Myriophylles (*Myriophyllum alterniflorum*, *M. spicatum* et *M. verticillatum*).

Tableau 8:Degré de rareté des espèces aquatique (Aissaoui, 2012) R:Rares; RR: Très rare; RRR: Rarissime.

Espèces	Degré de rareté
Marsilea quadrifolia hydrocharis	RRR
Morsus ranae	RR

Naja pectinata	RR
Salvinia natans	RR
Scirpus inclinatus	RR
Scirpus supinus	RR
Lemna trisulca	RR
Nymphéa alba	R
Ranunculus flammula	RR
Utricularia exoleta	RRR

III-1-8 La faune

La diversité de la flore et la mosaïque d'écosystèmes du bassin versant du Tonga, constitue une hétérogénéité des habitats naturels et un biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée.

- L'avifaune aquatique

Le lac Tonga Classé dans le cadre de la convention de Ramsar comme site d'importance internationale, pour la richesse de son avifaune hivernante. Elle est également le site de nidification le plus important d'Algérie et d'Afrique du Nord, pour les oiseaux d'eau, tels que la Poule sultane *Porphyrio porphyrio*, Héron crabier *Ardea ralloïdes*, Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax*, Le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* (Chalabi, 1990). Le lac Tonga abrite habituellement plus de 20.000 oiseaux d'eau. Il abrite également 1% de la population mondiale pour plusieurs espèces comme l'Erismature à tête blanche *Oxuyura leucocephala* (64, 108, 64 individus en 1990,

1991, 1992) et le Fuligule Nyroca *Aythya nyroca* (724, 1424, 650 individus en 1990, 1991,1992) (Boumezbeur, 1993).

Tableau 9: Liste des Oiseaux protégés du bassin versant du lac Tonga (Benyacoub et Chabi,2000)

Espèces protégées	Abondance au niveau du bassin versant	Espèces protégées	Abondance au niveau du bassin versant
<i>Recurvirostra avosetta</i>	Peu commune	<i>Asio otus</i>	Commune
<i>Baturus stellaris</i>	Peu commune	<i>Otus scops</i>	Commune
<i>Ciconia ciconia</i>	Abondante	<i>Milvus migrans</i>	Abondante
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Peu commune	<i>Milvus milvus</i>	Rare
<i>Himantopus himanropus</i>	Commune	<i>Neophron percnopterus</i>	Peu commune
<i>Caprimulgis rufieollis</i>	Peu commune	<i>Alcedo allhis</i>	Commune
<i>Stururus unicolor</i>	Commune	<i>Ardea purpure</i>	Abondante
<i>Phoenicopterus ruber</i>	Peu commune	<i>Ardiola ralloids</i>	Abondante
<i>Aythya nyroca</i>	Commune	<i>Carduelis carduelis</i>	Abondante

- L'Entomofaune

Le lac Tonga recense 22 espèces d'odonates qui appartiennent à quatre familles taxonomiques: Lestidae, Coenagrillonidae, Aeshnidae et Libellulidae. (Saouche, 1993 ;Djamai, 2018 ;Djamai,2020)

- Amphibiens

Plusieurs espèces de reptiles et d'amphibiens vivent dans le bassin versant du Tonga: *Emys orbicularis*, emyde lépreuse *Mauremys leprosa*, la grenouille verte *Rana saharica*, le discoglosse peint *Discoglossus pictus*, le crapaud de Mauritanie *Buto mauritanicus*, le triton de poiret *Pleurodels poireti*, le psammodrome algiré *Psammodromus algirus*, le sep ocellé *Chalcides ocellatus*, le lézard ocellé *Lacerta pater*, la couleuvre vipérine *Natrix maura* et la tortue mouresum *Testudo graeca* (Rouag, 1993).

- Mammifères

La Loutre *Lutra lutra* est une espèce endémique de l'Algérie et de la Tunisie. Rare et menacée d'extinction et confinée au lac Tonga, elle reste tributaire de l'intégrité de son biotope (Ghalmi, 1997)

III-2 Le lac des Oiseaux

III-2-1 Situation géographique et description générale

Le lac des Oiseaux est situé à 45 Km respectivement à l'Ouest et à l'Est des villes d'El Kala et d'Annaba. Il fait partie de la commune du Lac des Oiseaux, Daïra de Boutheldja et wilaya d'El Tarf (Fig.22). Les coordonnées géographiques du lac sont établies comme suit : $36^{\circ} 47'$ et $08^{\circ} 7' E$. Il se trouve à environ 20 km, à vol d'oiseaux, des lacs Oubeira et Mellah situés à l'Est dans le Parc national d'El Kala, et à 10 km du Marais de La Mékhada situé à l'Ouest. La RN 44 longe ses berges (côté Sud). C'est un lac d'eau. Sa profondeur maximale signalée antérieurement était de 2,5 mètres (Joleaud, 1936). Aujourd'hui, selon Cherouana (1996), elle n'excède pas deux mètres, ce qui laisse supposer un fort atterrissement, renforcé par l'apport de dépôts d'alluvions importants engendrés par la vidange du château d'eau qui le surplombe. Le lac se situant dans un complexe de zones humides qui viendrait en troisième position après ceux du delta de l'Ebre, en Espagne et la Camargue, en France.



Figure 20: Vue par satellite du lac des Oiseaux (Google earth 2018)

III-2-2 Critère de classement

Critère 1 : Le lac des Oiseaux est un bon exemple d'une zone humide représentative, rare et unique de type de zone humide naturelle de la région méditerranéenne se situant dans un complexe de zones humides qui viendrait en troisième position après ceux du Delta de l'Ebre, en Espagne et la Camargue en France.

Critère 2 : Le site abrite, une importante avifaune rare telle que l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* espèce en voie de disparition sur la Liste Rouge de l'IUCN, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* inscrites comme espèces vulnérables sur la Liste Rouge de l'IUCN.

Critère 3 : Malgré une superficie réduite, le lac des oiseaux est l'habitat d'une grande diversité faunistique et floristique (flore, oiseaux d'eau, insectes et batraciens). Il abrite, en effet, une importante avifaune rare telle que l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* espèce en voie de disparition sur la Liste Rouge de l'IUCN, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* inscrites comme espèces vulnérables sur la Liste Rouge de l'IUCN.

Critère 6 : Le lac abrite plus de 1% des individus de la population mondiale d'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, avec 6 couples enregistrés en 1992 et un nombre d'hivernants (tableau II) dépassant 200 individus au mois de mars (Boumezbeur, 1993).



Figure 21:Vue du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020) .

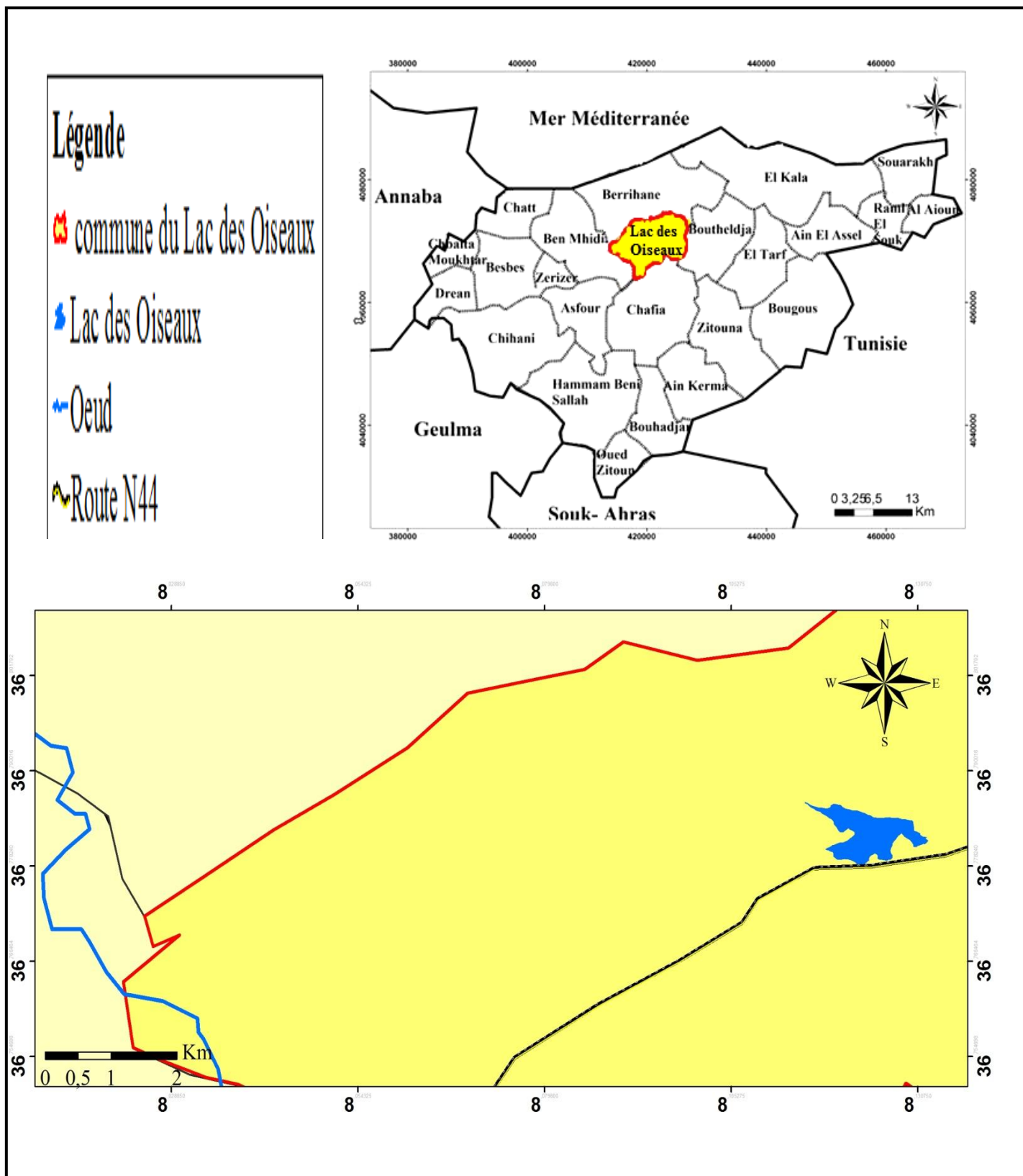


Figure 22: Carte de localisation du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

III-2-3 Géologie

Les principales formations géologiques sont représentées par les sols de marécages, les grès et les argiles de Numidie. Ces dernières occupent les bas-fonds de toute la région. Les grès de Numidie reposent sur les argiles.

III-2-4 Pédologie

Il y a deux types de sols :

- Le type 1 : représenté par des sols saturés acides et des sols podzoliques.
- Le type 2 : représenté par des sols des marais, occupant la partie centrale du lac, des sols hydromorphes et des sols de prairies marécageuses.

III-2-5 Hydrologie du bassin versant

Le réseau hydrographique du lac est limité à quelques cours d'eau, torrentiels en hiver et secs pendant la majorité de l'année. L'alimentation se fait naturellement par les eaux superficielles de ruissellement du bassin versant et par les eaux souterraines.

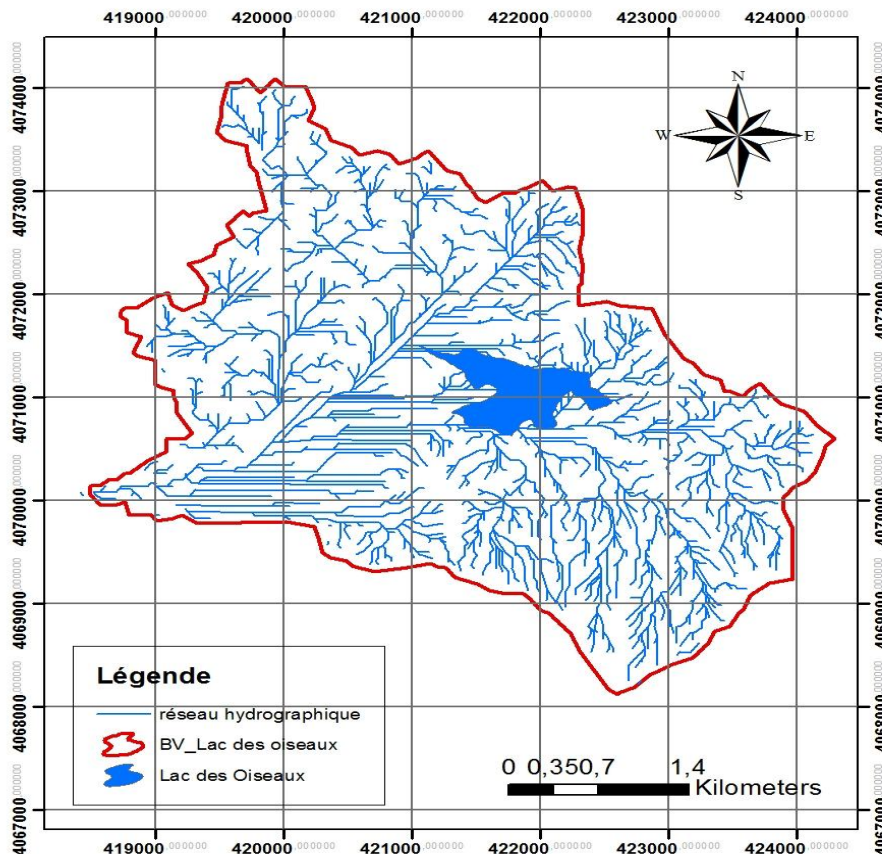


Figure 23: Carte de réseau hydrographique du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

Caractéristiques du bassin versant	
Superficie Totale du bassin	1728 ha
Superficie du plan d'eau	55 ha
Périmètre du bassin	21Km
Périmètre du lac	5 Km

III-2-6 La flore

Les unités végétales les plus importantes sont représentées par une grande ceinture de *Scirpus lacustris* s'étalant tout au long des rives Nord et Nord-Ouest; une grande plage de *Typha angustifolia* couvrant la totalité de la pointe Sud-Ouest du lac; des îlots de *Typha angustifolia* mélangée au *Scirpus lacustris* le long des rives Nord-Est et Sud-Est. Le substratum du plan d'eau libre est recouvert d'une végétation submergée très dense poussant sur un sol de vase riche. La flore est remarquable par la présence de 26,7 % d'espèces cosmopolites, 13,3 % de subcosmopolites, 13,3 % d'Eurasiatiques, 13,3 % de méditerranéennes, 6,7 % de circumboréales, 6,7 % de tropicales et 3,3 % d'européennes et subcircum boréales. Elle est représentée notamment par *Nymphaea alba*, *Myriophyllum verticillatum*, *Lemna minor*, *Callitriche stagnalis*, *Ceratophyllum demersum*, *Ranunculus aquatilis* et enfin par *Zanichellia pedunculata* (Cherouana, 1996).

III-2-7 La faune

Le lac recèle une abondante faunistique remarquable Malgré sa taille réduite. La richesse aviaire constitue en effet la principale caractéristique de la zone humide.

- L'avifaune aquatique

Le site abrite une importante avifaune rare telle que l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, espèce catégorisée comme étant en voie de disparition sur la Liste Rouge de l'IUCN, 6 couples enregistrés en 1992 et un nombre d'hivernants dépassant 200 individus au mois de mars, (Boumezeur, 1993). Il est utile de noter que l'effectif de l'espèce est en légère hausse dans les zones humides du littoral est du pays (Atoussi, 2008 ; Metallaoui et Houhamdi, 2008) et sa présence est signalée dans les Hauts-Plateaux du Sud Constantinois (Houhamdi, 2009). Le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, 16 individus dénombrés en 2009,

(Harbi, 2011) et la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* inscrites comme espèces vulnérables sur la Liste Rouge de l'UICN sont également présents dans cette zone humide.

- L'entomofaune

Le lac abrite 23 espèces d'odonates dont 14 espèces d'Anisoptères, 9 zygoptères, soit le 1/3 des odonates signalées en Algérie. Parmi les huit espèces d'odonates d'origine afro-tropicale signalées pour la région d'El-Kala, le lac des oiseaux en compte cinq, à savoir : *Orthetrum chrysostigma*, *Acisoma panorpoides*, *Diplacodes lefebvreii*, *Brachythemis leucosticta* et *Trithemis annulata*.

- Mammifères

La périphérie du lac est fréquentée par une faune mammalienne importante. Maazi (1991), cite la présence du chacal (*Canis aureus*), du Renard (*Vulpes vulpes*), du Hérisson (*Erinacereus algirus*), de la Mangouste (*Herpestes ichneumon*), du Sanglier (*Sus scrofa*) et du Lièvre (*Lepus capensis*). Concernant les insectes, Samraoui, 1993 (in Cherouana, 1996), note que parmi les huit espèces d'Odonates d'origine afrotropicale signalées pour la région d'ElKala, le Lac des Oiseaux en abrite cinq : *Orthetrum chrysostigma*, *Acisoma panorpoides*, *Diplacodes lefebvreii*, *Brachythemis leucosticta* et *Trithemis annulata*.

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV-1 Objectif de l'étude

Les objectives de ce travail sont :

1. Inventorier les espèces aviennes des zones humides du Nord-est de l'Algérie.
2. Déterminer les différentes relations avifaune – habitats en basant sur les caractéristiques environnementales (la surface et la profondeur de l'eau, la couverture végétales, le paramètre physico-chimiques de l'eau).
3. Etudier les effets des facteurs de dérangement sur la distribution spatial de l'avifaune.
4. Cartographie la distribution spatio-temporelle de l'avifaune des zones humides du nord-est de l'Algérie afin de fournir aux gestionnaires certaines directives qui aide à la conservation et à la gestion durable de ce patrimoine.

IV-2-Modèle biologique

Les espèces concerné par cette travail sont les limicoles et les grands échassiers.

a. Les limicoles

Le terme limicole (du latin *limus* = vase, limon, boue et *colare* = fréquenter, habiter, exploiter) regroupe les petits échassiers, fréquentant préférentiellement les zones humides.

Les oiseaux limicoles sont de petits échassiers inféodés aux zones humides. Ils appartiennent à l'ordre des Charadriiformes et au sous-ordre des Charadrii, (Cramp *et al.*, 1983)(Fig.24). Le sous-ordre des Charadrii regroupe 222 espèces réparties en 14 familles au sein de l'ordre des Charadriiformes. Les limicoles se caractérisent par un vol puissant, une course rapide et une physiologie particulière adaptée à leur milieu et mode de vie. La longueur du bec est généralement corrélée à celle des pattes (Géroudet, 1982 ; Ould- Aveloitt, 2014) ; la hauteur totale de celles-ci varie selon les habitats fréquentés et le mode d'alimentation des différentes espèces. Les pattes sont relativement courtes chez les Gravelots et plusieurs Bécasseaux et atteignent leur maximum proportionnel chez l'Echasse blanche. Le cou s'allonge aussi proportionnellement au bec et aux pattes. Les ailes sont généralement longues et pointues. La queue est, dans la plupart des cas, de longueur moyenne à faible. Les teintes du plumage sont neutres chez beaucoup de Limicoles (gris, brun, jaunâtre) ; le blanc est souvent localisé aux parties inférieures. L'Huitrier-pie, l'Echasse blanche et l'Avocette présentent, cependant, des contrastes de blanc et de noir. Chez la Bécasse et les Bécassines, en particulier, le plumage est cryptique en harmonie parfaite avec l'environnement.

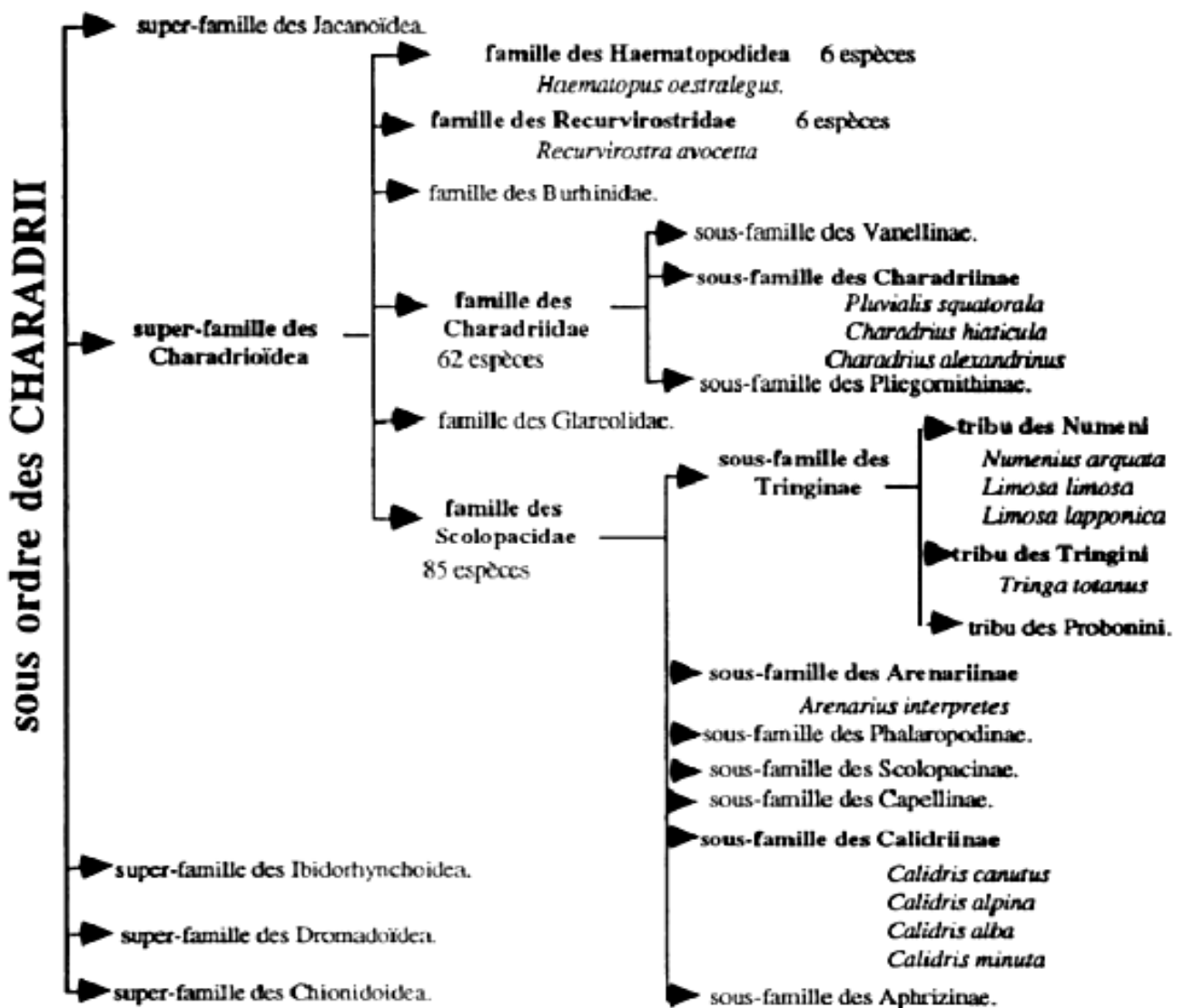


Figure 24: Classification des limicoles, illustrée d'espèces appartenant à l'ouest paléarctique (Halle, 1980).

b. Les grands échassiers

Les grands échassiers appartiennent à l'ordre de Ciconiiformes (trois familles, 39 genres, 116 espèces) et l'ordre de phoenicoptériformes (une famille, trois genres, cinq espèces). La plupart des espèces nichent en colonies dans les grands arbres ou dans les massifs de roseaux. Leur mode de vie est très lié à la présence d'eau (lacs, marais, étangs, rivières), dont ils tirent l'essentiel de leur nourriture (poissons, amphibiens, invertébrés), qu'ils pêchent en eau peu profonde. Certains, en livrée nuptiale, portent de longues plumes (aigrettes). Les grands échassiers sont des oiseaux long bec et à long pattes qui cherchent de la nourriture vivante en pataugeant dans les eaux peu profondes.

IV-3- Matériel

IV-3-1 Matériel de terrain

- Un télescope (20x 80)
- Une paire de Jumelles
- Guide d'identification des oiseaux (Guide Heinzel des Oiseaux d'Europe d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient)
- Un G.P.S
- Un appareil photo numérique (Nikon 5100)
- Un bloc note de terrain
- Un multiparamètre : pour les mesures des paramètres physico chimique (in situ),
- Un sonomètre : qui permet de mesurer le niveau sonore en décibels. Le bruit environnant est capté par le microphone à électret puis traité par l'appareil.

IV-3-2 Les données satellitaires

a. Les images (MNT) : Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une représentation 3D de la surface d'un terrain ou d'une planète, créée à partir des données d'altitude du terrain.

b. Les images satellitaires (LANDSAT 8) : sont des images de 185 km x 185 km, en 16 bits, comptant 11 bandes spectrales : 9 dans le visible (8 multispectrales de résolution 30 m ; 1 panchromatique à 15m) et 2 thermiques (60 m).

c. Les images Google Earth : les images satellitaires de Google Earth de très haute résolution (Images Spot, filiale d'Astrium).

IV-3-3-Les logiciels utilisés

ArcGis 10.2: ArcGis est une Suite de Logiciels d'information géographique (ou Logiciel SIG) Développés par les sociétés ESRI (Environmental Systems Research Institute). ArcGis Desktop comprend une suite d'applications intégrées : *ArcMap*, *ArcCatalog* et *ArcToolbox*. A l'aide de ces trois applications, on peut effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée, y compris la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données et le géotraitement.

Google Earth Pro: Est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies satellitaires. Ce logiciel permet à tout utilisateur de survoler la Terre et de zoomer sur un lieu de son choix. Selon les régions géographiques, les informations disponibles sont plus ou moins précises.

La Logiciel statistique SPSS V-23 : est un logiciel pour l'analyse statistique des données qui sont largement utilisés par une variété d'organisations. Initialement appelé Statistical Package for Social Sciences, la société qui était propriétaire, SPSS Inc., a été acquis par IBM en 2009.

IV-4-Méthodes

IV-4-1 Dénombrement des oiseaux d'eau

Le dénombrement des oiseaux d'eau se fait pour plusieurs raisons, tel obtenir des renseignements sur le monitoring et la dynamique des espèces sur différents niveaux que cela soit au niveau local, pour estimer les effectifs qui occupent un site, leurs fluctuations et les capacités d'accueil de l'écosystème ou bien, au niveau national pour connaître l'importance et le rôle des zones humides, leur préconiser les moyens à mettre en place pour élaborer des plans d'action et de conservation de ces écosystèmes et enfin le dénombrement des oiseaux a une grande importance sur le plan international dans l'estimation des populations régionales de plusieurs espèces et leur tendance (Bensaci *et al.*, 2011).

IV-4-2 Méthodes de dénombrement des oiseaux d'eau

Les méthodes d'observation des oiseaux sont nombreuses et dépendent des espèces étudiées et du but recherché. Deux méthodes répondent à cet objectif à savoir : la méthode relative et la méthode absolue. Le dénombrement des oiseaux d'eau fait beaucoup plus appel à cette dernière.

- a. **La méthode absolue** : Un comptage individuel si le groupe d'oiseau d'eau est situé à une distance inférieure de 200m et compte un effectif moins de 200 individus. Elle vise à obtenir des valeurs non biaisées du nombre d'individus se rapportant à une surface déterminée. Cette méthode présente plusieurs variantes et le choix de l'une ou de l'autre dépend de la taille du site, de la taille des populations d'oiseaux d'eau à dénombrer, et de l'homogénéité de leur distribution (Schricke, 1985).
- b. **La méthode relative** : Un comptage visuelle si la population avienne est assez important (plus de 200 individus) ou se trouve à une distance très éloignée (plus des 200 mètres), dans cette technique nous divisons le champ visuel en plusieurs bandes, nous comptons le nombre d'oiseaux dans une bande moyenne et nous reportons autant de fois que de bandes (Blondel, 1969). Cette dernière méthode est la plus utilisée pour recenser les effectifs des oiseaux d'eau dans la quelle on trouve une marge d'erreur comprise entre 5 à 10%. Elle dépend essentiellement de l'expérience de l'observateur et de la qualité du matériel utilisé (Lamotte et Bourliere, 1969).

IV-4-3 Fréquence de dénombrement

Les dénombrements de ce peuplement avien ont été effectués de mars 2017 à février 2018, au cours de différentes saisons de la vie des oiseaux d'eau (reproduction, passage et hivernage). Les recensements ont été effectués pendant la saison de reproduction (fin avril-fin juin), la saison du passage (fin juillet-fin novembre) et la saison d'hivernage (fin décembre-début mars) (Yahner, 1986). Toutes les observations et les dénombrements ont été effectués aux premières heures de la journée, entre le lever du soleil à 12 h et entre 14 h et le coucher du soleil.

IV-4-4 Choix des stations d'observation

Les stations d'observation sont essentiellement choisies selon La répartition des bandes d'oiseaux sur le site(Fig.25 ; Fig.26), la vision globale du site et l'accessibilité (Schricke , 1990).

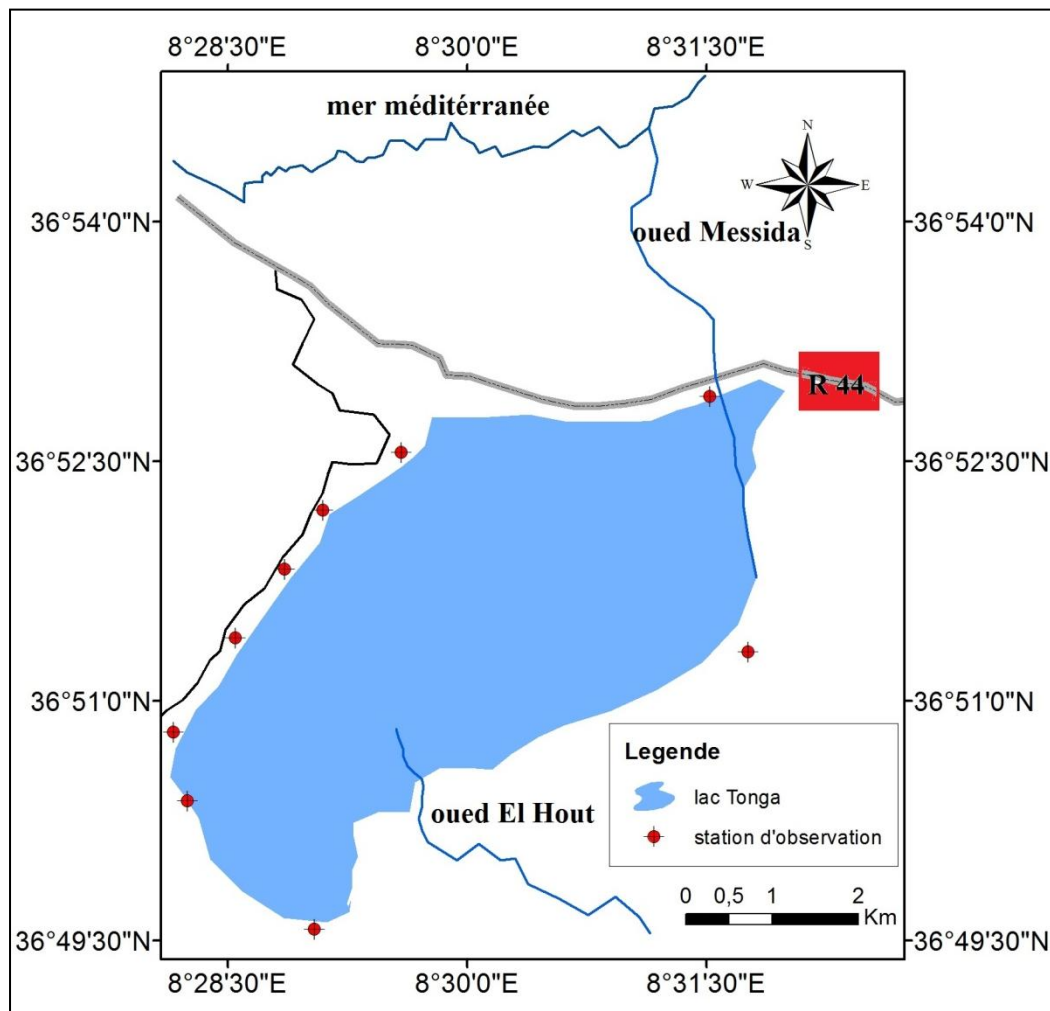


Figure 25: Les stations d'observation dans lac Tonga (Chettibi, 2020).

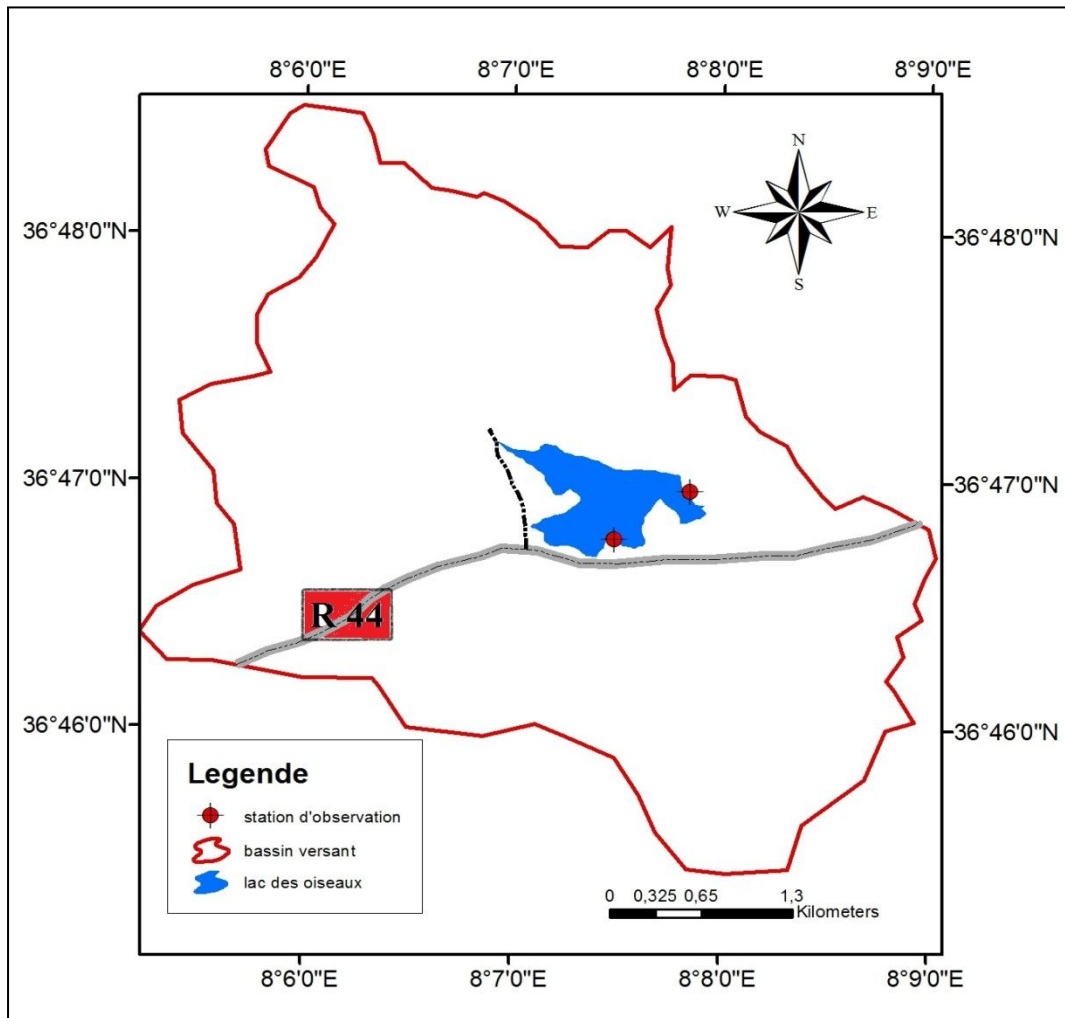


Figure 26: Les stations d'observations dans lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

IV-5 Mesures des paramètres environnementales (indices spectraux)

a. L'indice de végétation par différence normalisée ou indice de Tucker (NDVI)

L'indice de végétation de différence normalisée (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) est un indice normalisé qui vous permet de générer une image illustrant une couverture végétale, également appelée biomasse relative (Tucker, 1979). Cet indice tire parti du contraste des caractéristiques de deux canaux d'un jeu de données raster multispectral : l'absorption de pigments chlorophylliens dans le canal rouge et la réflectivité élevée des matières végétales dans le canal proche infrarouge (NIR).

L'équation NDVI par défaut documentée est la suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

NIR = valeurs de pixel du canal infrarouge

RED = valeurs de pixel du canal rouge

Les valeurs du NDVI sont comprises entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages pour lesquelles la réflectance dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

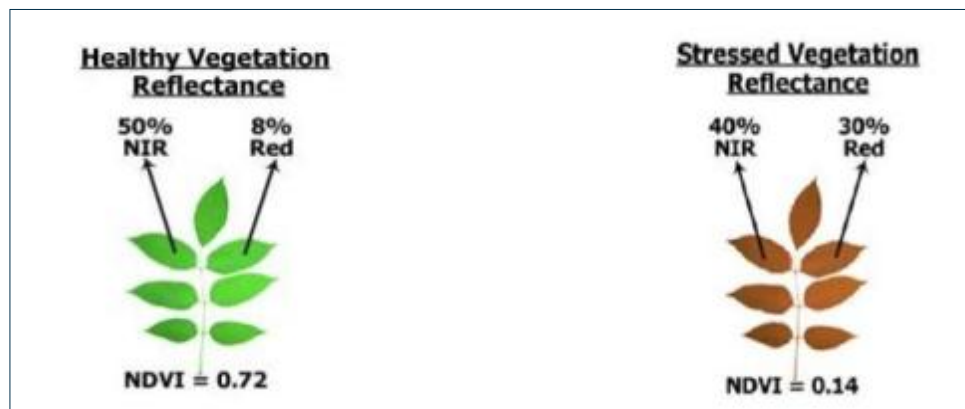


Figure 27: Variation de NDVI en fonction de la santé de la végétation (Illustration par Simmon,NASA GSFC).

b.L'indice de l'eau par différence normalisée NDWI

L'indice de teneur en eau par différence normalisée (Normalised Difference Water Index, NDWI) utilise la bande proche infrarouge et une bande de l'infrarouge à courtes longueurs d'onde (short-wave infrared, SWIR) (Gao, 1996 ; McFeeters, 1996 ; McFeeters, 2013). L'indice NDWI se calcule selon l'équation suivante:

$$\text{NDWI} = (\text{GREEN} - \text{RED}) / (\text{GREEN} + \text{RED})$$

GREEN= valeurs de pixel du canal vert.

RED = valeurs de pixel du canal rouge.

Cet indice permet de vérifier l'efficacité des systèmes d'irrigations car les plantes correctement irriguées ayant une teneur en eau forte vont refléter une valeur de NDWI proche de 1. Le NDWI peut être calculé d'une autre manière de telle façon à mettre l'accent cette fois sur les surfaces d'eau et non pas de l'humidité des plantes et des sols, cela permet d'estimer l'évolution des superficies des eaux en comparant une série des images satellitaires à différente période du temps. Les valeurs du NDWI sont comprises entre -1 et +1.

$$\text{NDMI} = (\text{NIR} - \text{SWIR1}) / (\text{NIR} + \text{SWIR1})$$

NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge.

SWIR1 = valeurs de pixel du canal d'onde courte infrarouge 1.

c.L'indice d'urbanisation par différence normalisé (NDBI)

L'indice d'urbanisation par différence normalisé (NDBI) utilise les canaux NIR et SWIR pour mettre en évidence les agglomérations. Cet indice basé sur les ratios permet d'atténuer les effets des différences d'éclairage du MNT, ainsi que les effets atmosphériques.

$$\text{NDBI} = (\text{SWIR} - \text{NIR}) / (\text{SWIR} + \text{NIR})$$

SWIR = valeurs de pixel du canal d'onde courte infrarouge.

NIR = valeurs de pixel du canal proche infrarouge.

IV-6 Indice de qualité de l'eau (WQI)

Il exprime la qualité globale de l'eau d'une source particulière à un moment donné en utilisant une «valeur unique» basée sur des variables sélectionnées de la qualité de l'eau (Jahan et Strezov, 2017). L'IQE comprend les paramètres physico-chimique. Une fois les tests terminés, les résultats sont enregistrés et transférés sur un graphique à courbes de pondération dans lequel une valeur numérique est obtenue pour chaque test, la valeur numérique ou la valeur Q est multipliée par un «facteur de pondération». Par exemple, l'oxygène dissous a un facteur de pondération relativement élevé (0,17); car il est plus important pour déterminer la qualité de l'eau que les autres tests.. Le score le plus élevé qu'une eau puisse recevoir est de 100. Le critère général de classement de la qualité de l'eau se répartit en cinq catégories (Wu *et al.*, 2018) (tableau 10):

Tableau 10:Le critère général de classement de la qualité de l'eau selon WQI.

valeur de WQI	la qualité de l'eau
<25	très mauvais
25 - 50	mauvais
50 - 70	moyen
70– 90	bon
90 – 100	très bon

IV-7 Identification des micros habitats

Pour l'identification des micros habitats, nous avons déterminé les principales formations végétales existantes. Les méthodes d'étude physionomiques et phytosociologiques, constituent les principales approches méthodologiques, habituellement utilisées pour analyser les communautés végétales (Saifouni, 2009). Dans notre cas, pour la détermination des principales formations végétales existantes, nous avons opté pour l'approche physionomique. Nous nous basons sur les facteurs écologiques (physiologiques) suivants :

- Espèces végétales dominantes (formation végétale).
- Recouvrement de la végétation (estimation visuelle = Nombre, superficie, pourcentage).
- Hauteur de la végétation.
- La profondeur de l'eau.
- Le faciès apparents au sein de la formation (morphologie, couleur, ...).

IV-8 Les indices écologiques

Pour l'analyse de nos résultats, on a eu recours à l'utilisation de certains paramètres et indices écologique :

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. Plus le peuplement est riche plus le milieu est complexe et stable.

Richesse moyenne

La richesse moyenne correspond au nombre moyen des espèces présentes dans N relevés (Ramade, 1984)

L'abondance

Elle quantifie le nombre des individus de toutes les espèces (peuplement), dans chaque relevé (Ramade, 2003).

Abondance relative (AR%)

L'abondance relative (AR%) est le rapport du nombre des individus d'une espèce ou d'une catégorie, d'une classe ou d'un ordre n_i au nombre total des individus de toutes les espèces confondues N. (Zaïme et gautier, 1989).

Elle est calculée selon la formule suivante :

$$\mathbf{ARi \% = ni/N * 100}$$

Indice de diversité de Shannon et Weaver (H)

Cet indice mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement. Il intègre les deux éléments de la composition du peuplement, la richesse spécifique S et l'abondance des espèces. Il semble constituer le moyen le plus utile pour obtenir des indices de diversité significatifs, relativement indépendants de la taille des échantillons (Stirn, 1981). 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 s'exprime en Bit (Binary Digit Unit) et est calculé par la formule suivante :

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i$$

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i : Effectif de l'espèce n.

N : Effectif total du peuplement.

Indice d'équitabilité (E)

L'indice d'Equitabilité est le rapport de la diversité observée H' à la diversité maximale H'_{\max} (Blondel, 1979).

$$E = H / H_{\max}$$

La diversité maximale H'_{\max} est représentée par la formule suivante :

$$H_{\max} = \log_2(s)$$

D'après Ramade (2003) les valeurs de l'équitabilité varient entre **0** et **1**. Elles tendent vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce et il est égal à **1** lorsque toutes les espèces ont la même abondance

IV-9-Analyse statistique

IV-9-1 Analyse de variance

Toutes les analyses ont été effectuées après vérification des critères de normalité (teste de Shapiro-Wilk) des différentes variables dépendantes et indépendantes. Les données de dénombrements des espèces regroupées par familles (abondance et richesse) ont été analysées pendant toute les différentes saisons. T-simple test a été utilisé afin de comparer la variation de l'abondance et la richesse entre les deux habitats (végétation et eau) et entre les deux sites (lac Tonga et lac des Oiseaux). L'analyse de variance à un facteur (One way ANOVA) a été effectuée pour chercher une éventuelle variation de l'abondance et la richesse des familles

recensées entre les différentes saisons. En outre, la corrélation de Pearson a été utilisée pour rechercher la relation et l'association entre la richesse, l'abondance et les facteurs relatifs à l'habitat. Les valeurs de $P < 0.05$ ont été considérées comme significatives. Toutes ces analyses statistiques ont été réalisées par le logiciel SPSS version 23.

IV-9-2 Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'analyse factorielle des correspondances est un outil statistique de présentation et d'analyse de tableaux de données. L'objectif est de classer un nombre d'individus en fonction de variables qui les décrivent. L'analyse factorielle permet d'afficher les données d'un tableau sous la forme graphique d'un nuage de points répartis sur un plan. Ce graphique n'est finalement que le résumé des résultats de l'analyse des données.

Le but de l'Analyse Factorielle des Correspondances consiste à représenter un maximum de l'inertie totale sur le premier axe factoriel, un maximum de l'inertie résiduelle sur le second axe, et ainsi de suite jusqu'à la dernière dimension.

Chapitre V : Résultats et Discussion

V-1- Résultats

V-1-1-Richesse, abondance et diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga

V-1-1-1 Famille des Ardeidae

Au cours de la période d'étude, le lac Tonga a enregistré huit espèces de la famille des Ardeidae, dont sept ont un statut de reproduction (Tableau 11 ; Tableau 12). Les trois espèces des Ardeidae observées aux lac Tonga sont menacés en Europe : le héron pourpré *Ardea purpurea*, Blongios nain *Ixobrychus minutus* (qui sont considérés comme « décline ») et Crabier chevelu *Ardeola ralloides* qui est considérée comme « rare » (Leon et coll., 2004).

La différence significative pour la richesse des Ardeidae entre les trois saisons, a été comparée par le test paramétrique (distribution normale), l'ANOVA. Le test one-way ANOVA a indiqué que la richesse dans les trois saisons étaient significativement différentes ($F = 3,85$, $p < 0,05$). Cependant, était une différence significative dans la richesse moyenne des espèces des Ardeidae entre différentes habitats (végétation et eaux) ($t(18) = -5,06$, $p < 0,001$).

Tableau 11: La richesse moyenne et l'abondance moyenne de la famille d'Ardeidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Richesse			Abondance		
	moy \pm sd	%	Range (Min – Max)	moy \pm sd	%	Range (Min – Max)
Reproduction	5 \pm 1.15	87.5	3– 7	303,92 \pm 133,11	57,66	160– 553
Passage	4.83 \pm 0.75	75	4– 6	294,66 \pm 60,86	38,06	213– 365
Hivernage	3.5 \pm 0.57	43.75	3– 4	34,25 \pm 9,06	4,27	21– 41

Le test one-way ANOVA a révélé une différence importante dans l'abondance des Ardeidae entre les trois saisons ($F = 10,17$, $p < 0,001$). En outre, la variation de l'abondance moyenne entre l'habitat végétal et l'habitat aquatique était différents ($t(18) = 2,37$, $p < 0,05$).

Tableau 12: La richesse moyenne et l'abondance moyenne de chaque espèce de la famille d'Ardeidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Reproduction			Passage			hivernage		
	Noms des espèces	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%
Aigrette garzette	95.63 \pm 38.47	26.73	38-149	133.83 \pm 90.21	39.24	33-250	5.5 \pm 3.69	18.36	1-9
Héron-garde-bœufs	104.9 \pm 79.79	39.46	6-223	5.66 \pm 1.63	1.25	4-8	4.66 \pm 0.57	10.20	4-5
Crabier chevelu	118.75 \pm 21.26	28.14	97-159	52.23 \pm 52.27	17.26	7-110	-	-	-
Héron cendrée	2.1 \pm 0.69	0.53	1-3	48.16 \pm 52.54	19.15	4-122	10.16 \pm 4.15	32.65	4-16
Héron peurprée	10.87 \pm 5.02	2.83	1-16	3.33 \pm 4.04	1.25	1-8	-	-	-
Bihoreau gris	8.25 \pm 5.12	2.30	1-13	-	-	-	-	-	-
Blongios nain	1.66 \pm 0.57	0.35	1-2	-	-	-	-	-	-
Grande aigrette	-	-	-	90 \pm 52.12	21.82	24-139	10.71 \pm 6.60	38.77	1-19

V-1-1-2 Famille des phoenicopteridae

Durant la période de l'étude, la Famille des phoenicopteridae recensés dans les différentes saisons dans lac Tonga est composées d'une seule espèce qui est Flamant rose (Tableau 13).

L'abondance est variée significativement entre les différents saisons (One-way ANOVA ($F=27.65$, $p = 0.003$)). Le flamant rose occupe juste l'habitat d'eau libre.

Tableau 13: L'abondance moyenne de la famille des Phoenicopteridae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Reproduction			passage			hivernage		
	Nom de l'espèce	Moy \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Moy \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Moy \pm <i>sd</i>	%
Flamant rose	-	-	-	9 \pm 2.16	100	7-12	1.76 \pm 1.15	100	1-3

V-1-1-3 Famille des Threskiornithidae

Durant notre étude dans lac Tonga, nous avons noté une richesse de 2 espèces appartiennent à la famille des Threskiornithidae (Tableau 14 ; Tableau 15). Du point de vue variations saisonnières, la saison de passage représente la richesse la plus élevée avec 2 espèces. Le test

t student a indiqué que la richesse des espèces des Threskiornithidae entre différents habitats (végétation et eaux) étaient indifférentes ($t(11) = -1.42, p > 0,05$).

Tableau 14: la richesse moyenne et l'abondance moyenne de la famille Threskiornithidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Richesse			Abondance		
	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (Min – Max)	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (Min – Max)
Reproduction	-	50	1	13.7 \pm 8.35	14.96	2- 25
Passage	1.33 \pm 0.51	100	1-2	89.66 \pm 57.01	70.60	3-152
Hivernage	-	50	1	23.33 \pm 22.67	14.43	6 -49

L'abondance de la famille des Threskiornithidae est variée significativement entre les différents saisons (One-way ANOVA ($F= 11.59, p = 0.001$)). Cependant, elle ne diffère pas entre les habitats (végétation et eau) (T-test $T(11)= 2.33, p = 0.40$).

Tableau 15: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille Threskiornithidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Reproduction			Passage			hivernage		
	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)
Ibis falcinelle	13.7 \pm 8.53	100	2- 25	85.83 \pm 49.67	98.88	47- 152	23.33 \pm 22.67	100	6 - 49
Spatule blanche	-	-	-	2 \pm 1.41	1.11	1- 3	-	-	-

V-1-1-4 Famille des Recurvirostridae

A travers notre étude au niveau de lac Tonga, nous avons compté une seule espèce d'oiseaux d'eau appartenant à la famille des Recurvirostridae (Tableau.16). Ce dernier est occupé un seul habitat.

L'abondance est variée significativement entre les différents saisons (One-way ANOVA ($F=53.42, p =0.000$)). L'abondance moyenne la plus élevée a été notée au niveau de passage (51.5 \pm 12.14), suivi par la saison de reproduction (6 \pm 3.67) et la saison d'hivernage (1.33 \pm 0.57).

Tableau 16: l'abondance moyenne de la famille Recurvirostridae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Reproduction			Passage			hivernage		
	Mean ± <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)	Mean ± <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)	Mean ± <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)
Echasse blanche	6 ±3.67	100	3- 12	51.5 ±12.14	100	38 -72	1.33 ±0.57	100	1 -2

V-1-1-5 Famille des Charadriidae

Pendant la période d'étude au sein du lac Tonga, nous avons inventorié 2 espèces de la famille des Charadriidae (Tableau 17 ; Tableau 18). Aucune espèce n'a été notée dans l'habitat de végétation.

Le test one –way ANOVA a révélé une différence significative dans l'abondance des Charadriidae entre les trois saisons ($F=12.88$, $p=0.01$). L'abondance moyenne la plus élevée a été notée au niveau de saison de reproduction (14 ± 1.41), suivi par la saison d'hivernage (12.33 ± 2.88) et la saison de passage (4.5 ± 0.7).

Tableau 17: l'abondance moyenne de la famille des Charadriidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Abondance		
	moy ± <i>sd</i>	%	Range (<i>Min – Max</i>)
Reproduction	14±1.41	34.88	13-15
Passage	4.5±0.7	11.62	4 -5
Hivernage	12.33±2.88	53.48	9-14

Tableau 18: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille des Charadriidae dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Reproduction			Passage			hivernage		
	Mean ± <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)	Mean ± <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)	Mean ± <i>sd</i>	%	Range (min.- max.)
Vanneau x huppé	-	-	-	-	-	-	12.33±2. 88	100	9-14
Gravelot	14±1.41	100	13-15	4.5±0.7	100	4 -5	-	-	-

V-1-2 Variation de la richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga

La richesse spécifique des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga entre les différentes saisons ne diffère pas (One-way ANOVA ($F(2,7) = 0.92$, $p = 0.43$). La richesse moyenne la plus élevée a été noté au niveau de saison de passage (7.33 ± 0.57), suivi par la saison de reproduction (6.5 ± 2.08) et la saison d'hivernage (5 ± 2) (Tableau 19).

L'abondance des grandes échassiers et les limicoles recensés dans lac Tonga présente des variations importantes d'une saison à l'autre (One-way ANOVA ($F(2,7) = 10.1$, $p = 0.009$). L'abondance moyenne la plus élevée a été observée au niveau de la saison de passage (408 ± 57.41), suivi par la saison de reproduction (361.75 ± 162.06) et la saison d'hivernage (40.33 ± 16.86).

Tableau 19: La richesse moyenne et l'abondance moyenne des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Saison	Richesse			Abondance		
	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (<i>min</i> – <i>Max</i>)	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (<i>min</i> – <i>Max</i>)
Reproduction	6.5 \pm 2.08	64.28	4-9	361.75 \pm 162.06	53.44	216-589
Passage	7.33 \pm 0.57	57.14	7-8	408 \pm 57.41	41.83	347-461
Hivernage	5 \pm 2	50	3-7	40.33 \pm 16.86	4.71	21-52

V-1-3 Diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga

Les valeurs d'indice de diversité de Shannon et Weaver et d'équitabilité diffèrent d'une saison à l'autre (Tableau 20). la saison de passage est la saison le plus diversifiée (1.883). Cependant, la saison de reproduction est le moins diversifiée et équilibré.

Tableau 20: les indices de diversité des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

	Reproduction	Passage	Hivernage
Richesse spécifique	10	11	8
Shannon et Weaver	1.578	1.883	1.796
Equitabilité	0.685	0.785	0.808

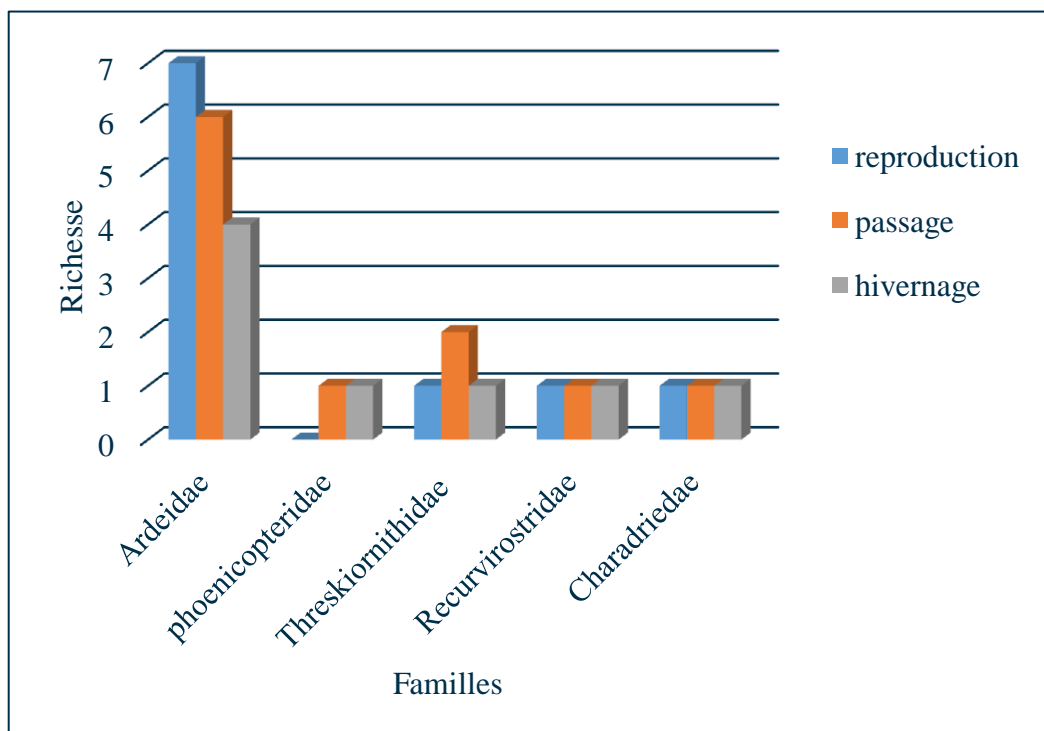


Figure 28: la richesse maximale des espèces des grandes échassiers et des limicoles recensées au niveau du lac Tonga.

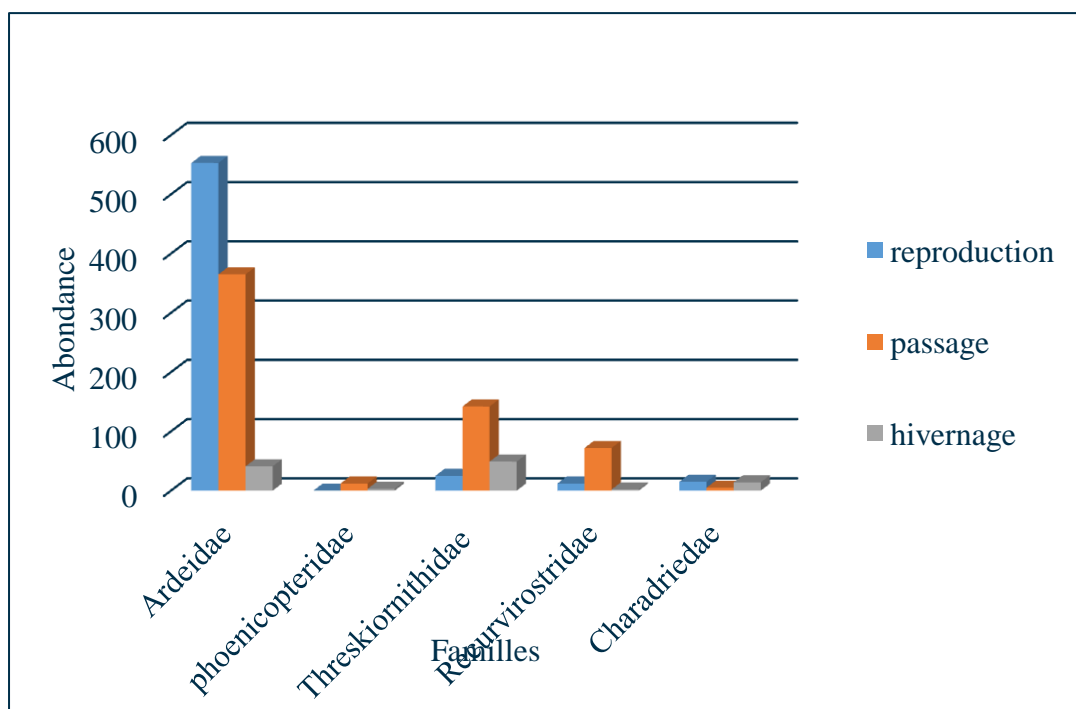


Figure 29: Abondance maximale des familles des grandes échassiers et les limicoles recensées au niveau du lac Tonga.



Figure 28: les grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).



Figure 29: Les grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

V-1-4 Analyse factorielle des correspondances (AFC)

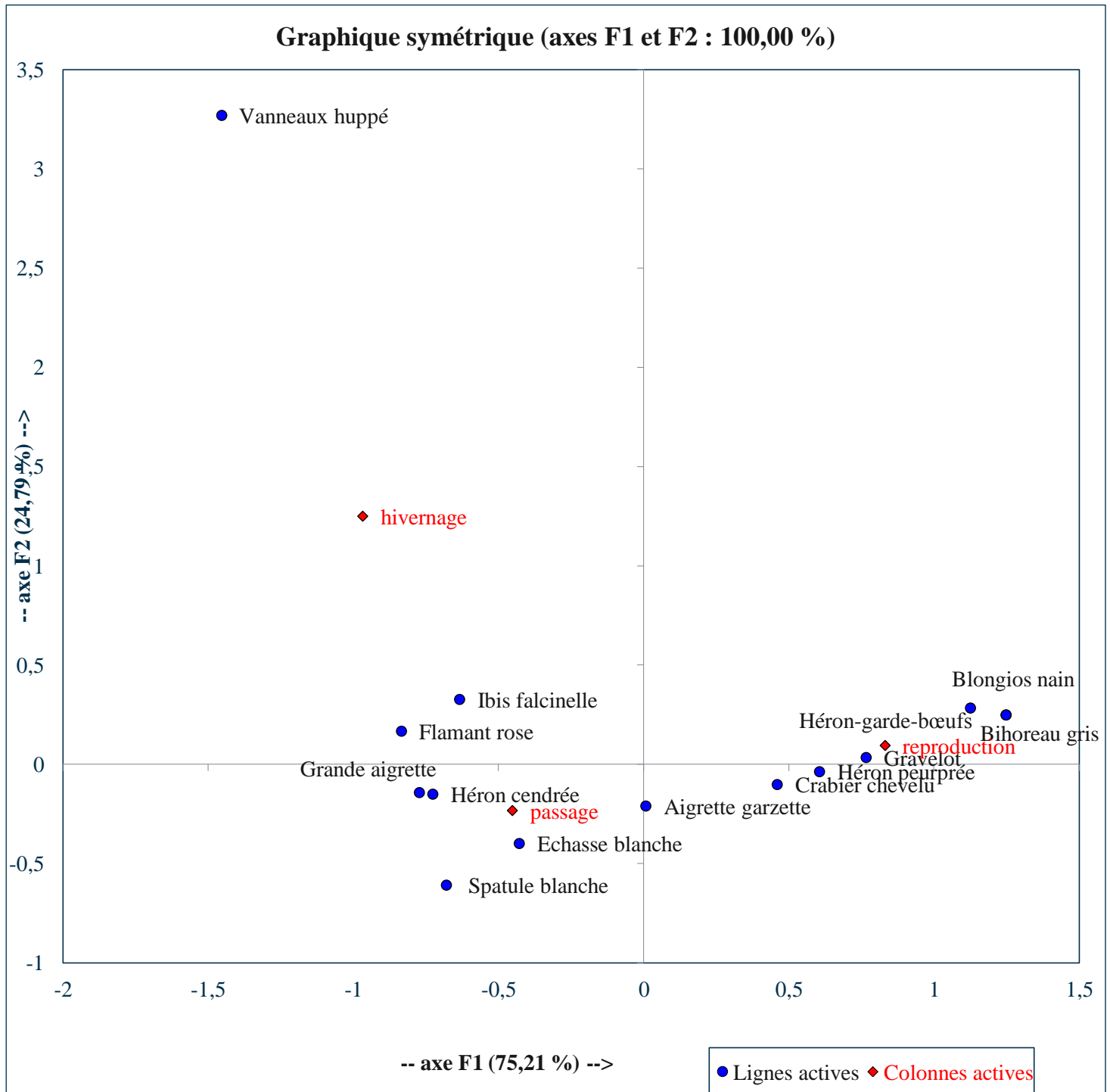


Figure 30: Analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur les 3 saisons et 14 espèces des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga.

L'Analyse factorielle des correspondances des données récoltées durant la toute la période d'étude est exprimée sur le plan factoriel (F1xF2) de l'AFC avec un taux d'inertie autour 100%(Fig.32). La carte factorielle expose une information sur l'abondance des grands échassiers et les limicoles inventoriée durant notre étude dans chaque saisons. Les graphiques issus de l'analyse factorielle, montre clairement que l'axe F1 exprime 75.21% et l'axe F2 exprime 24,79%.

L'axe 1 oppose deux groupes, le premier en position positive il correspond aux espèces inféodés à la saison de reproduction avec 14 espèces à très fortes abondances il s'agit de: Bihoreau gris, Blongios nain, Héron-garde-bœuf, Gravelot, Héron pourprée et le crabier chevelu .Le deuxième groupe caractérisé par des espèces moins fréquents et moins abondants inféodés a saison de passage sur le côté négative il s'agit de: échasse blanche et Spatule blanche.

L'axe 2 est caractérisé par un groupe, qui est en position positive, il est y compris 14 espèces notées à la saison d'hivernage à très fortes abondances: Vanneaux huppé, Ibis falcinelle et Flamant rose.

V-1-5-Richesse, abondance et diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac des Oiseaux

V-1-5-1 Famille des Ardeidae

Durant notre étude sur la famille des Ardeidae au niveau du lac des Oiseaux, nous avons noté une richesse totale de 5 espèces (Tableau 21 ; Tableau 22). La saison de reproduction représente la richesse moyenne la plus élevée (3.25 ± 0.95). Le test one-way ANOVA a indiqué que la richesse dans les trois saisons étaient significativement différentes ($F = 12.4$, $p = 0,005$). Cependant, il n'y avait pas de différence significative dans la richesse moyenne des espèces des Ardeidae entre différents habitats (végétation et eaux) ($t(17) = 2.59$, $p = 0.019$).

Tableau 21: La richesse moyenne et l'abondance moyenne de la famille d'Ardeidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Richesse			Abondance		
	moy \pm sd	%	Range (min – Max)	moy \pm sd	%	Range (min – Max)
Reproduction	3.25 \pm 0.95	80	2-4	336.25 \pm 276.05	67.40	2- 677
Passage	-	60	3-3	171 \pm 143.31	30.53	49-349
Hivernage	-	40	1-1	13.66 \pm 4.16	2.06	6-17

La saison de reproduction représente l'abondance moyenne la plus élevée (336.25 ± 276.05) suivi par la saison passage (171 ± 143.31) et la saison d'hivernage (13.66 ± 4.16). L'abondance de la famille des Ardeidae ne diffère pas entre les différentes saisons (One-way ANOVA ($F = 2.33$, $p = 0.167$)). Cependant, elle est variée entre les habitats (végétation et eau) (T-test T (17) = 2.42, $p = 0.027$).

Tableau 22: La richesse moyenne et l'abondance moyenne de chaque espèce de la famille d'Ardeidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Reproduction			Passage			hivernage		
	Mean \pm sd	%	Range (min.-max.)	Mean \pm sd	%	Range (min.-max.)	Mean \pm sd	%	Range (min.-max.)
Aigrette garzette	24.36 \pm 47.29	16	1-132	55 \pm 85.55	53.24	1-186	-	-	-
Héron-garde-boeuf	157.21 \pm 223.32	78.82	1-670	29.16 \pm 33.99	20.51	1-79	-	-	-
Crabier chevelu	1.66 \pm 1.03	0.35	1-3	-	-	-	-	-	-

Héron cendrée	8.22±1 5.44	5.29	1-45	48.5±42. 65	31.16	6-120	7.5± 2.12	34.6 1	6-9
Bihoreau gris	-	-	-	-	-	-	14±3.6	65.3 8	10-17

V-1-4-2 Famille des Phoenicopteridae

Pendant la période d'étude au sein du lac des Oiseaux, nous avons inventorié qu'une seule espèce de la famille des Phoenicopteridae dans la saison de passage avec abondance moyenne de (6.25±5.37). Aucune espèce n'a été notée pendant la saison de reproduction et la saison d'hivernage (Tableau 23). Elle occupe un seul habitat (eau).

Tableau 23: L'abondance moyenne de la famille des Phoenicopteridae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Reproduction			passage			hivernage		
	Moy ±sd	%	Range (min.-max.)	Moy ± sd	%	Range (min.-max.)	Moy ± sd	%	Range (min.-max.)
Flamant rose	-	-	-	6.25±5.37	100	1-13	-	-	-

V-1-5-3 Famille des Threskiornithidae

Au niveau du lac des Oiseaux nous avons inventorié 2 espèces de la famille des Threskiornithidae (Tableau 24 ; Tableau 25). Aucune espèce n'a été notée dans la saison de reproduction. la saison d'hivernage représente l'abondance moyenne la plus élevée (20±5.65). Le test one-way ANOVA a indiqué que l'abondance dans les trois saisons étaient significativement différentes (F = 9.39, p= 0,03). La famille des Threskiornithidae utilise un seul habitat (végétation).

Tableau 24: La richesse et l'abondance moyenne de la famille Threskiornithidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Richesse			Abondance		
	moy ± sd	%	Range (min – Max)	moy ± sd	%	Range (min – Max)
Reproduction	-	-	-	-	-	-
Passage	-	50	1-2	11± 2.16	51.02	8-13
Hivernage	-	100	1	20±5.65	48.9	16-24

Tableau 25: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille Threskiornithidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Reproduction			Passage			hivernage		
	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)
Ibis falcinelle	-	-	-	10 \pm 2.82	48	8-12	20 \pm 5.65	100	16- 24
Spatule blanche	-	-	-	12 \pm 1.41	52	11-13	-	-	-

V-1-5-4 Famille des Recurvirostridae

Pendant la période d'étude au sein du lac des Oiseaux, nous avons inventorié 2 espèces de la famille des Recurvirostridae (Tableau 26 ; Tableau 27). Absence totale de la famille des Recurvirostridae dans saison d'hivernage. La richesse moyenne la plus élevée a été noté dans la saison de passage (1.66 \pm 0.51). Le test one –way ANOVA a indiqué que la richesse et l'abondance de la famille des Recurvirostridae dans les trois saisons ne diffère pas (F= 3, p=0.134) (F= 0.5, p=0.5) respectivement.

Tableau 26: la richesse moyenne et l'abondance moyenne de la famille Recurvirostridae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Richesse			Abondance		
	moy \pm <i>sx</i>	%	Range (<i>min</i> – <i>Max</i>)	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (<i>min</i> – <i>Max</i>)
Reproduction	-	100	1	39 \pm 87	34.52	39- 87
Passage	1.66 \pm 0.51	50	1-2	42.66 \pm 34.96	65.47	18-165
Hivernage	-	-	-	-	-	-

Tableau 27: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille des Recurvirostridae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Reproduction			Passage			Hivernage		
	Noms des espèces	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	moy \pm <i>sd</i>	%
Echasse blanche	63 \pm 33.9 4	100	39- 87	39.5 \pm 37.22	90.9	9-97	-	-	-
Avocette élégante	-	-	-	\pm	9.09	1-8	-	-	-

V-1-5-5 Famille des Charadriidae

La famille des Charadriidae a été observée au niveau du lac des Oiseaux avec une seule espèce dans la saison de passage seulement avec une abondance moyenne de (19.5 \pm 13.72). Elle occupe un seul habitat (eau).

Tableau 28: l'abondance moyenne de chaque espèce de la famille Charadriidae dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Reproduction			Passage			hivernage		
	Noms des espèces	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%
Gravelot	-	-	-	19.5 \pm 13 .72	100	5-38	-	-	-

V-1-5-6 Famille des Scolopacidae

Pendant la période d'étude au sein du lac des Oiseaux, une seule espèce de la famille des Scolopacidae a été observée dans la saison de reproduction avec une abondance moyenne de (5 \pm 2.73). Elle préfère un seul habitat (eau).

Tableau 29: L'abondance moyenne de chaque espèce de la famille des Scolopacidae dans les différentes saisons au niveau du lac Oiseaux.

Saison	Reproduction			Passage			hivernage		
	Noms des espèces	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%	Range (min.-max.)	Mean \pm <i>sd</i>	%
Bécasseaux minute	5 \pm 2.73	100	1-8	-	-	-	-	-	-

V-1-6 Variation de la richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles dans lac des Oiseaux

La richesse spécifique des grandes échassiers et les limicoles dans lac des Oiseaux entre les différentes saisons est variée (One-way ANOVA ($F(2,7) = 14.86$, $p = 0.003$). La richesse moyenne la plus élevée a été noté au niveau de saison de passage (6.66 ± 0.57), suivi par la saison de reproduction (4.25 ± 1.70) et la saison d'hivernage (1.33 ± 0.57).

L'abondance des grandes échassiers et les limicoles recensés dans lac des Oiseaux ne diffère pas entre les différentes saisons (One-way ANOVA ($F(2,7) = 2.24$, $p = 0.176$). L'abondance moyenne la plus élevée a été observée au niveau de la saison de reproduction (363.75 ± 278.39), suivi par la saison de passage (249 ± 203.22) et la saison d'hivernage (21.66 ± 15.53) (Tableau 30).

Tableau 30: la richesse moyenne et l'abondance moyenne des grandes échassiers et mes limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Saison	Richesse			Abondance		
	moy \pm sd	%	Range (min – Max)	moy \pm sd	%	Range (min – Max)
Reproduction	4.25 \pm 1.70	50	2-6	363.75 \pm 278.39	64.15	2-681
Passage	6.66 \pm 0.57	58.33	6-7	249 \pm 203.22	32.89	84-476
Hivernage	1.33 \pm 0.57	16.66	1-2	21.66 \pm 15.53	2.86	9-39

V-1-7 Diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac des oiseaux

Les valeurs d'indice de diversité de Shannon et Weaver et d'équitabilité diffèrent d'une saison à l'autre (Tableau 31). la saison de passage est la saison la plus diversifiée (1.69). Cependant, la saison d'hivernage est la moins diversifiée et la plus équilibrée.

Tableau 31: Les indices de diversité des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

	Reproduction	Passage	Hivernage
Richesse spécifique	6	9	2
Shannon et Weaver	0.748	1.69	0.69
Equitabilité	0.41	0.76	1

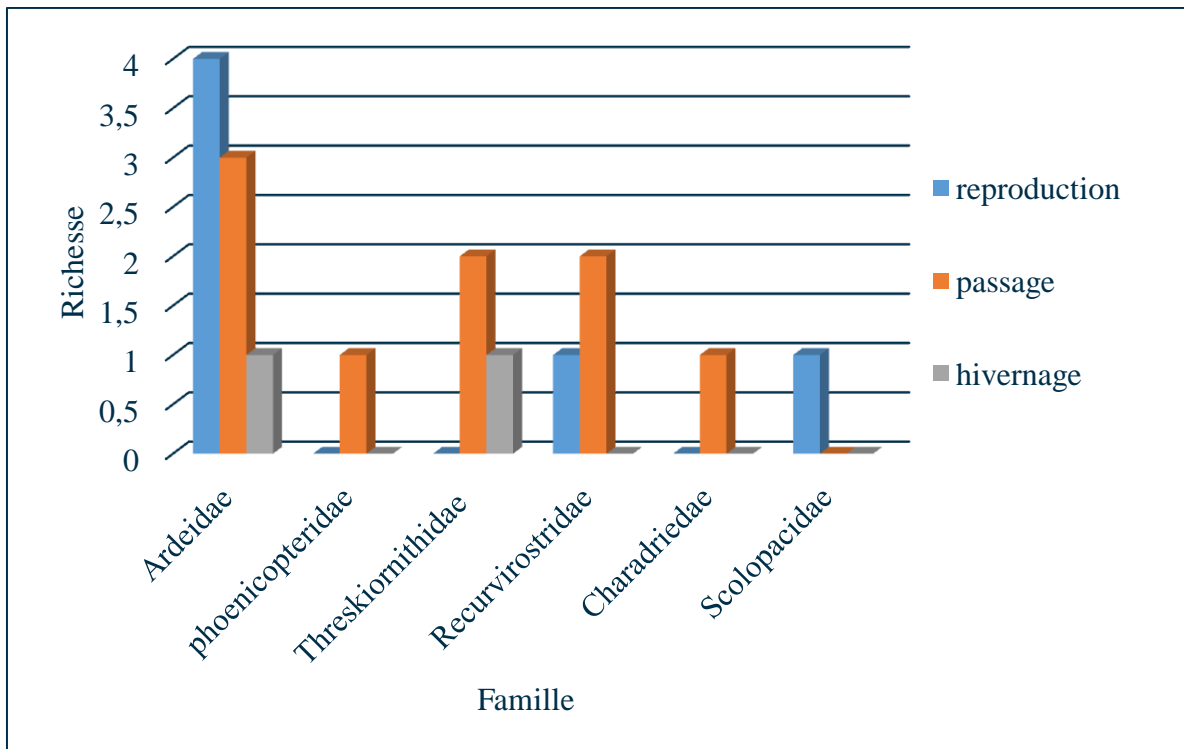


Figure 31: La richesse maximale des espèces des grandes échassiers et les limicoles recensée au niveau du lac des Oiseaux.

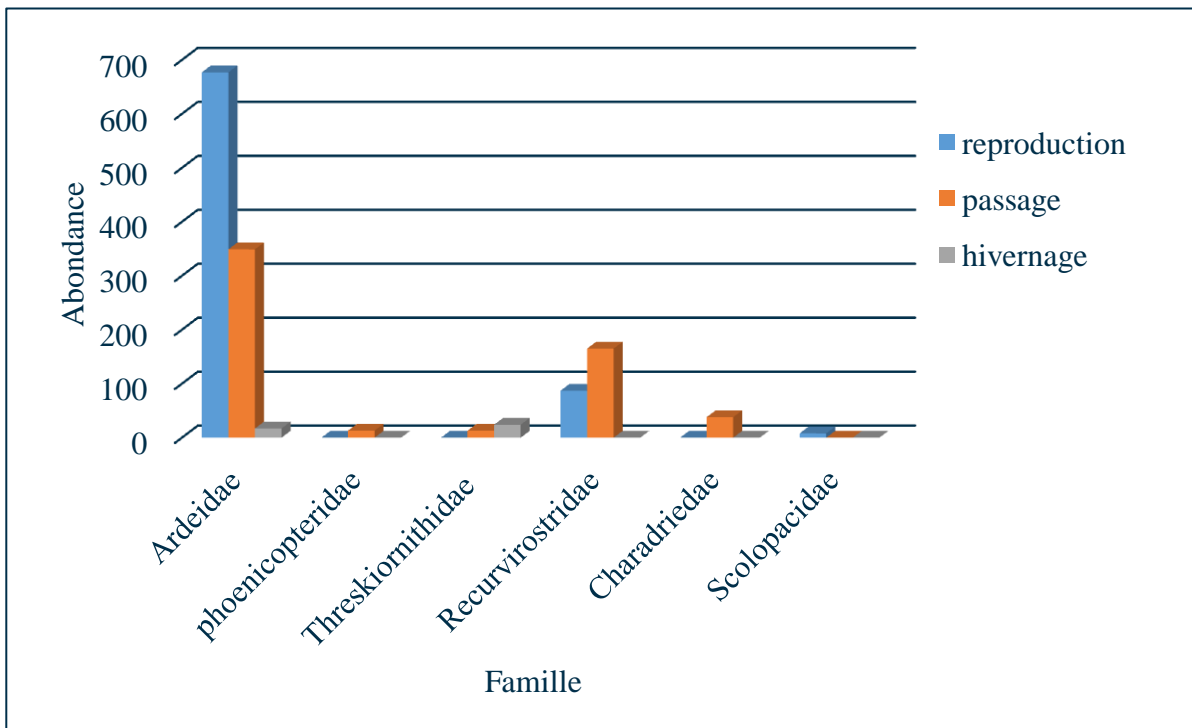


Figure 32: Abondance maximale des familles des grandes échassiers et des limicoles recensées au niveau du lac Oiseaux.

V-1-8 Analyse factorielle des correspondances (AFC)

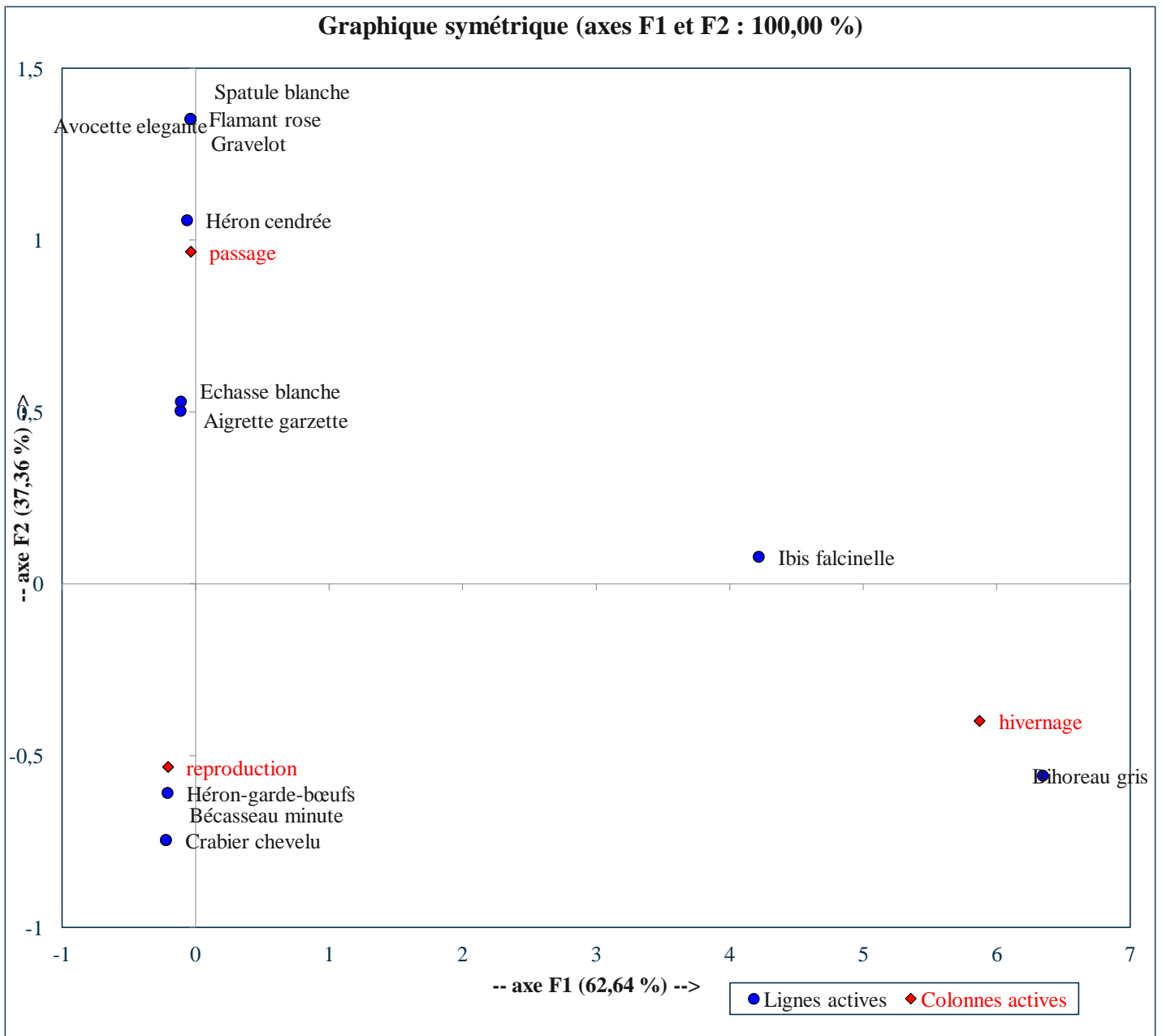


Figure 33: Analyse factorielle des correspondances (AFC) réalisée sur les 3 saisons et 12 espèces des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux.

L'Analyse factorielle des correspondances des données récoltées durant toute la période d'étude est exprimée sur le plan factoriel (F1xF2) de l'AFC avec un taux d'inertie autour 100% (Fig.35). La carte factorielle expose une information sur l'abondance des grands échassiers et les limicoles inventoriée durant notre étude dans chaque saisons. Les graphiques issus de l'analyse factorielle, montre clairement que l'axe F1 exprime 62.64% et l'axe F2 exprime 37.36%.

L'axe 1 oppose deux groupes, le premier en position positive il correspond aux 12 espèces à forte abondances dans la saison d'hivernage, il s'agit de: Bihoreau gris. Le deuxième groupe correspond aux 12 espèces à faible abondances dans la saison d'hivernage il s'agit de: Bécasseaux minute, Héron garde bœufs et crabier chevelu.

L'axe 2 est caractérisé par un groupe, qui est en position positive, il est y compris 12 espèces notée dans la saison de passage à forte abondance: Héron cendrée, aigrette gazette, Avocette élégante, Flamant rose, Spatule blanche et le gravelot.

V-1-8 Variation de la richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga et lac des Oiseaux

Durant notre étude sur les grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et des Oiseaux, nous avons observé une richesse totale de 16 espèces appartiennent de 6 familles. La richesse moyenne la plus élevée a été noté au niveau du lac Tonga (6.3 ± 1.82) suivi par lac des Oiseaux (4.1 ± 2.42). la richesse des grandes échassiers et les limicoles ne diffère pas entre les 2 sites ($t(18) = 0.545$, $p = 0.59$). L'abondance moyenne la plus élevée a été noté au niveau du lac Tonga (279.2 ± 192.68) suivi par lac des Oiseaux (226.2 ± 239.4). L'abondance des grandes échassiers et les limicoles varie entre les 2 sites ($t(18) = 2.29$, $p = 0.034$).

Tableau 32: La richesse moyenne et l'abondance moyenne des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et les des Oiseaux.

	Richesse			Abondance		
	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (<i>min</i> – <i>Max</i>)	moy \pm <i>sd</i>	%	Range (<i>min</i> – <i>Max</i>)
Lac des Oiseaux	4.1 \pm 2.42	43.75	1-7	226.2 \pm 239.4	40.56	2-681
Lac Tonga	6.3 \pm 1.82	56.25	3-9	279.2 \pm 192.68	50	21-589

V-1-9 Diversité des grandes échassiers et les limicoles dans lac Tonga et lac des oiseaux

Pendant la période de notre étude, les valeurs d'indice de diversité de Shannon et Weaver et d'équitabilité différent entre les 2 sites (Tableau 33). Lac Tonga est la zone humide le plus diversifiée et le plus équilibré (2.05) (0.78) respectivement. Cependant, lac des Oiseaux est la zone humide le moins diversifiée et le moins équilibré (1.47) (0.57) respectivement.

Tableau 33: les indices de diversité des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga et Lac des Oiseaux.

	Lac Tonga	Lac des Oiseaux
Richesse spécifique	14	12
Shannon et Weaver	2.059	1.47
Equitabilité	0.78	0.57

V-1-10 L'utilisation des macro-habitat par les grandes échassiers et les limicoles

V-1-10-1 Au niveau du lac Tonga

a-1 L'indice de végétation par différence normalisée ou indice de Tucker (NDVI)

Le test one-way ANOVA pour l'indice de végétation de différence normalisé (NDVI) pour les trois saisons a indiqué que la couverture végétale (NDVI) était différent ($F = 8,7; p=0,01$). Les résultats de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) montrent que la saison de reproduction a la moyenne la plus élevée ($0,237 \pm 0,019$), et la saison d'hivernage a la plus faible moyenne de l'NDVI ($0,139 \pm 0,05$). Le test one-way ANOVA de la surface de la couverture végétale a indiqué une différence significative entre les trois saisons d'étude ($F = 10,97; p=0,001$), la saison de reproduction a la surface de couverture végétale la plus élevée (58,95 %). En revanche, la saison d'hivernage a la surface la plus faible de couverture végétale de (10,44 %) (Tableau 34).

Tableau 34: Valeurs NDVI, surface de couverture végétal (ha) et pourcentage de la couverture végétal (%) dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

	Reproduction	Passage	Hivernage
	Moy \pm sd	Moy \pmsd	Moy \pmsd
NDVI	0.237 \pm 0.019	0,221 \pm 0.021	0,139 \pm 0.05
Surface de la couverture végétal(Ha)	1415 \pm 227.27	1164 \pm 474.59	282 \pm 257.25
Pourcentage de la couverture végétal(%)	58.95	43.11	10.44

Pendant notre étude, nous avons observée 2 familles des grandes échassiers et les limicoles qui utilisent l'habitat de végétation au niveau du lac Tonga. L'examen de la relation entre les variations saisonnières de l'NDVI et les paramètres des populations des grandes échassiers et les limicoles dans le lac Tonga a révélé une corrélation positive entre l'NDVI et la richesse des espèces (corrélation de Pearson $r = 0,727, p=0,01$) et l'abondance (corrélation de Pearson $r = 0,656, p = 0,04$). La distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga dans les 3 saisons selon la variation de l'NDVI est illustré dans les Figure 36, Figure 37 et Figure 38.

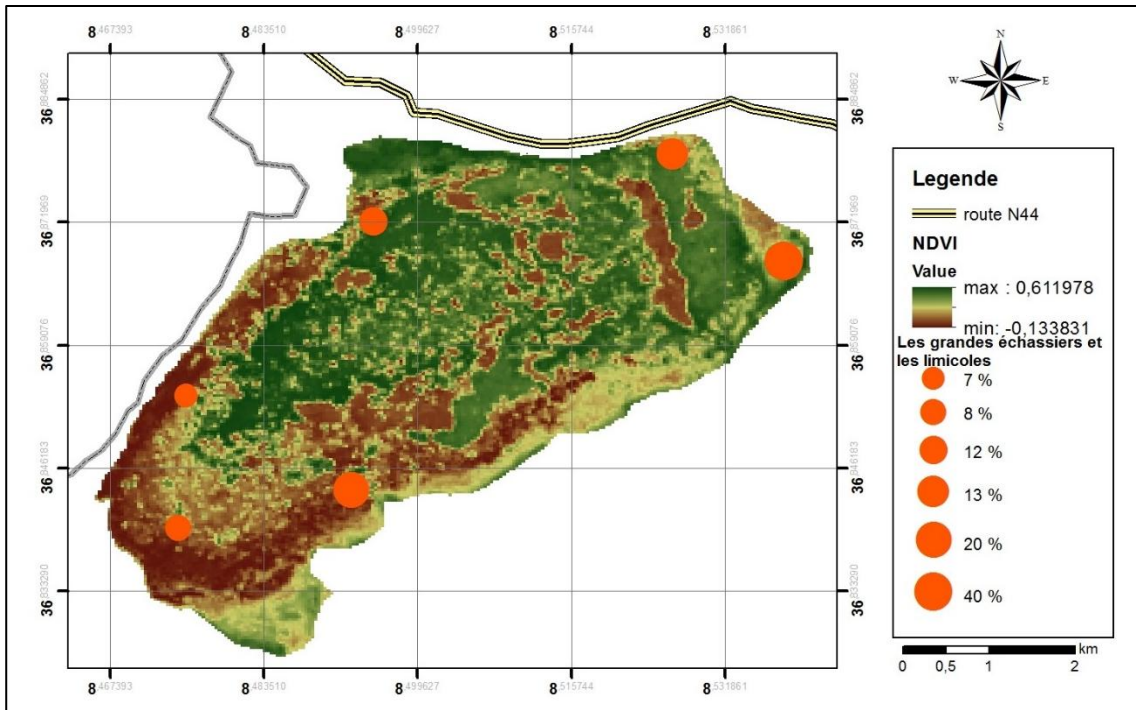


Figure 34: carte de l'NDVI dans la saison de reproduction et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

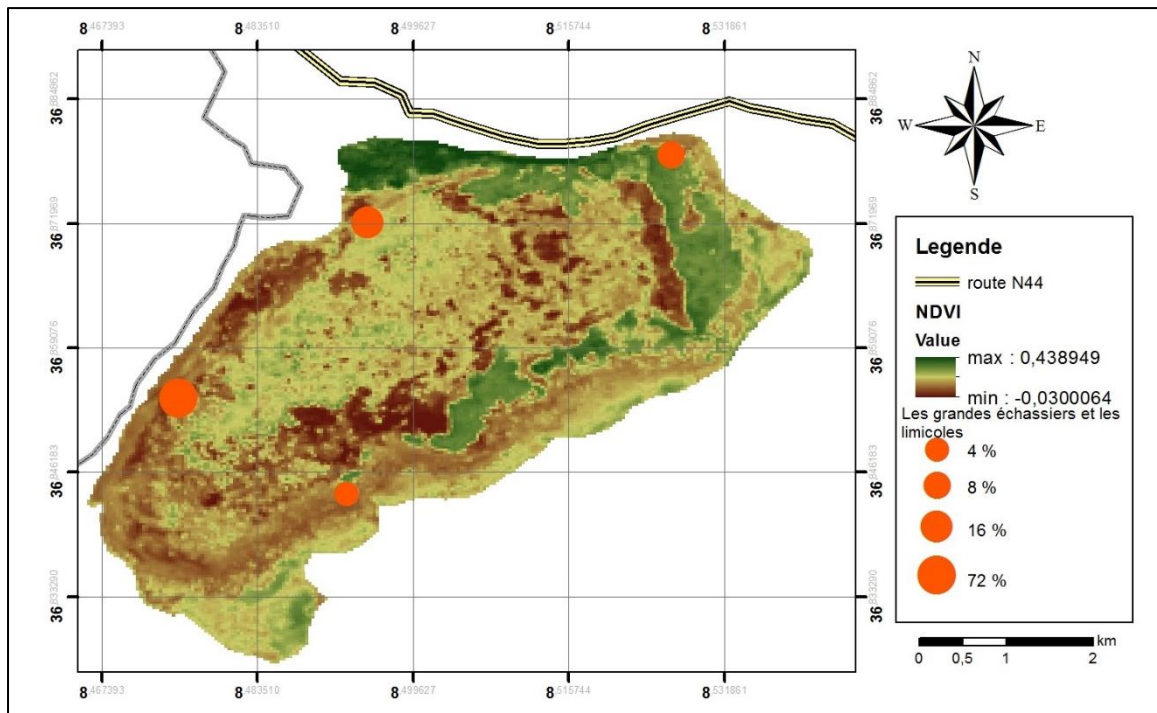


Figure 35: Carte de l'NDVI dans la saison de passage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020) .

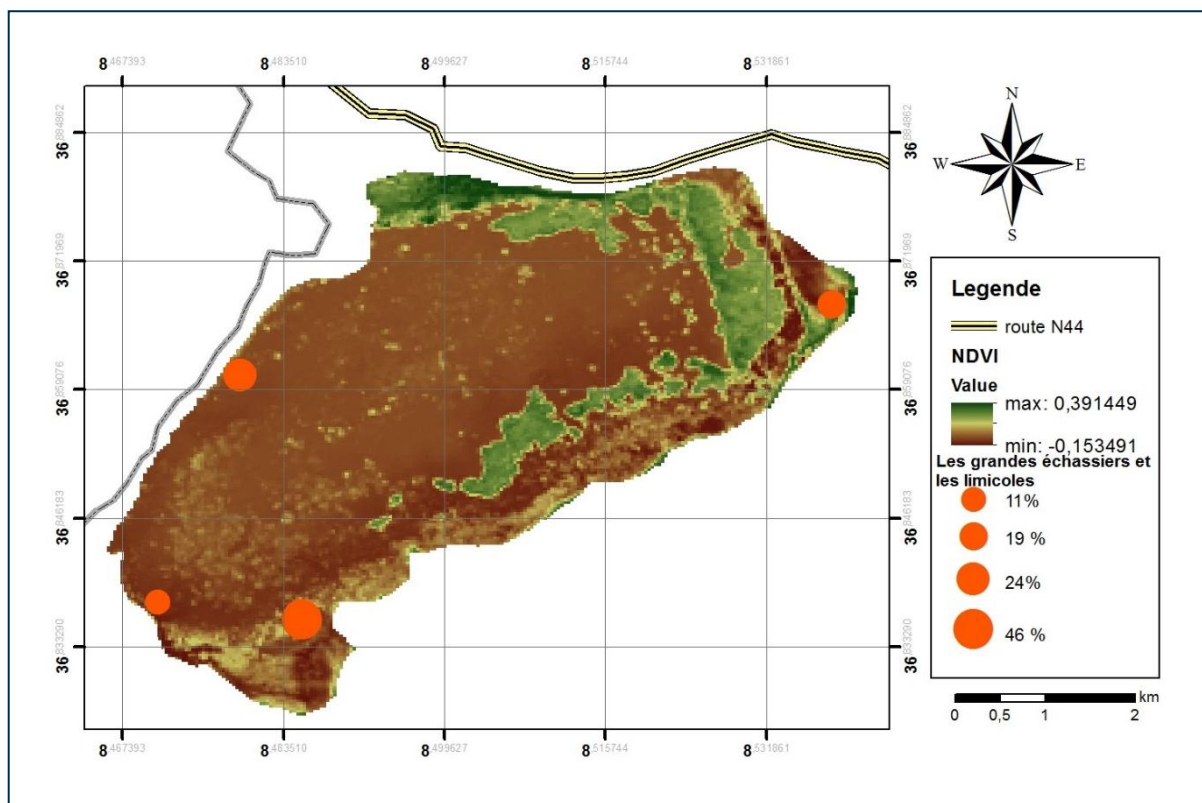


Figure 36: Carte de l'NDVI dans la saison d'hivernage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

b -L'indice de l'eau par différence normalisée (NDWI)

L'analyse de one-way ANOVA a indiqué que de l'indice de différence normalisée de l'eau (NDWI) des trois saisons était très différente ($F(2, 7) = 5.44, p < 0.05$). Toutefois, la saison d'hivernage présente la moyenne de l'NDWI la plus élevée (0.081 ± 0.021), tandis que la saison de passage présente la moyenne la plus basse de l'NDWI (0.031 ± 0.018). L'analyse de one-way ANOVA a montré que la surface d'eau des trois saisons était très significativement différente ($F(2, 7) = 7.24, p < 0.05$). Bien que la variation de la superficie d'eau durant la saison d'hivernage soit la plus élevée (41.95 %), tandis que la saison de passage a la plus faible superficie d'eau (3.79 %) (Tableau 35).

Tableau 35: valeurs de NDWI, surface de l'eau (ha) et pourcentage de la surface de l'eau (%) dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

	Reproduction	Passage	Hivernage
	Moy \pm sd	Moy \pm sd	Moy \pm sd
NDWI	0.047 \pm 0.016	0,031 \pm 0.018	0,081 \pm 0.021
La surface de l'eau (Ha)	475 \pm 264.75	91 \pm 47.07	1007 \pm 446.28
Pourcentage de la surface de l'eau %	19,79	3,79	41, 95

Durant notre étude sur les grands échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga, nous avons observé que 5 familles ont utilisé l'habitat d'eau. L'examen de la relation entre les variations saisonnières de l'NDWI et les variations de l'abondance et de la richesse des espèces a révélé une corrélation négative entre la richesse des espèces et l'NDWI (corrélation de Pearson $r = -0.719; p < 0.05$), et entre l'abondance et l'NDWI (Corrélation de Pearson $r = -0.69; p < 0.05$). La distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga dans les 3 saisons selon la variation de l'NDWI est illustré dans les Figure 39, Figure 40 et Figure 41.

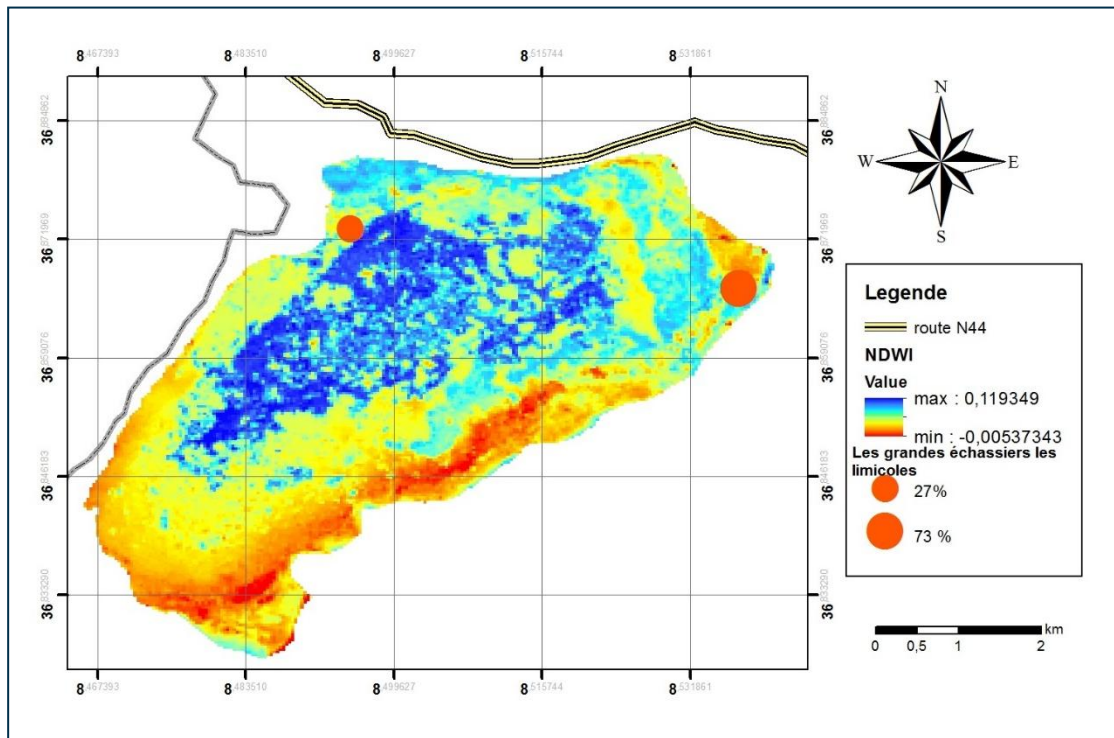


Figure 37: Carte de l'NDWI dans la saison de reproduction et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

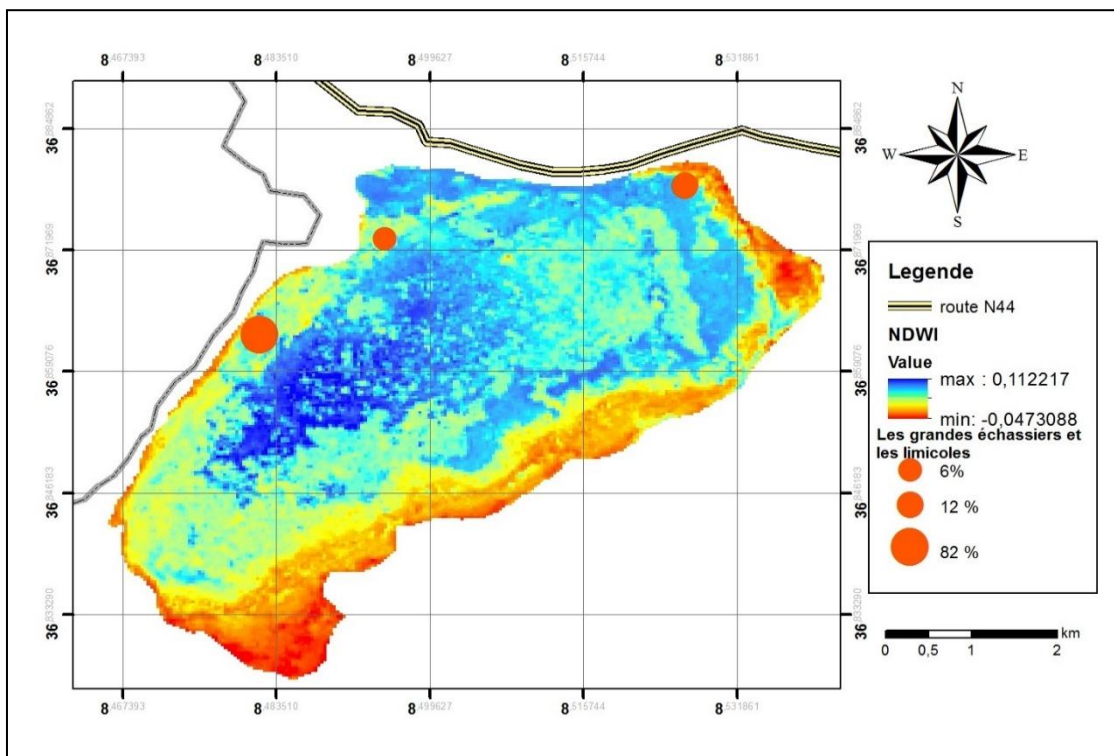


Figure 38: Carte de l'NDWI dans la saison de passage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

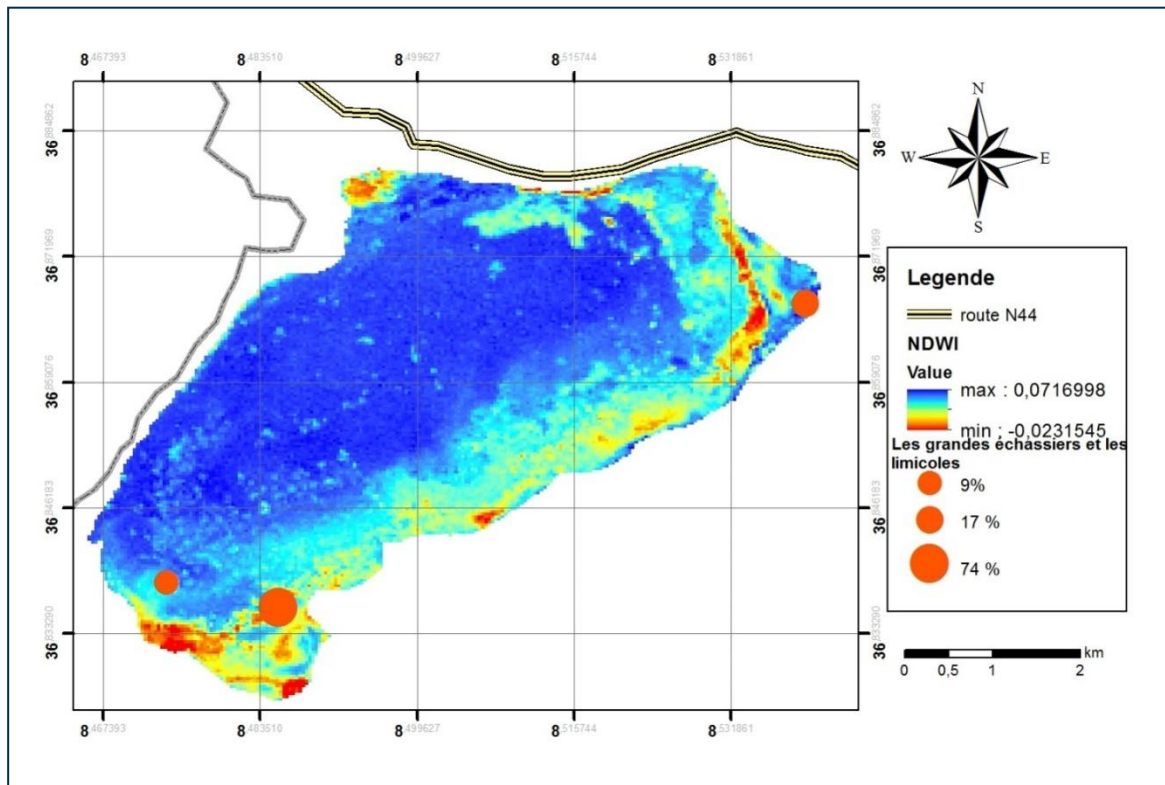


Figure 39: carte de l'NDWI dans la saison d'hivernage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

V-1-10-2 Au niveau du lac des Oiseaux

a -L'indice de végétation par différence normalisée ou indice de Tucker (NDVI)

Le test one-way ANOVA pour l'indice de végétation de différence normalisé (NDVI) pour les trois saisons au niveau du lac des Oiseaux a indiqué que la couverture végétale(NDVI) était différent ($F = 4.61$; $p=0.05$). Les résultats de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) montrent que la saison de passage a la moyenne la plus élevée (0.182 ± 0.037), et la saison d'hivernage a la plus faible moyenne de l'NDVI (0.096 ± 0.037). Le test one-way ANOVA de la surface de la couverture végétale a indiqué une différence significative entre les trois saisons d'étude ($F = 4.93$; $p=0.046$), la saison de passage a la surface de couverture végétale la plus élevée (48.54 %). En revanche, la saison d'hivernage a la surface la plus faible de couverture végétale de (9.56 %) (Tableau 36).

Tableau 36: Valeurs de NDVI, surface de couverture végétal (ha) et pourcentage de la couverture végétal (%) dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

	Reproduction	Passage	Hivernage
	Moy \pm sd	Moy \pmsd	Moy\pmsd
NDVI	0.159 \pm 0.034	0,182 \pm 0.037	0,096 \pm 0.037
Surface de la couverture végétal(Ha)	17.70 \pm 2.44	26.7 \pm 14.48	5.26 \pm 5.32
Pourcentage de la couverture végétal(%)	32.18	48.54	9.56

Pendant notre étude, nous avons observée 2 familles des grandes échassiers et les limicoles qui utilisent l'habitat de végétation au niveau du lac des Oiseaux. L'examen de la relation entre les variations saisonnières de l'NDVI et les paramètres des populations des grandes échassiers et les limicoles dans le lac des Oiseaux a révélé une corrélation positive entre l'NDVI et la richesse des espèces (corrélation de Pearson $r = 0,768$, $p=0,02$) et aucune relation avec l'NDVI et l'abondance (corrélation de Pearson $r = 0,1$, $p = 0,78$). La distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga dans les 3 saisons selon la variation de l' NDVI est illustré dans les Figure 42, Figure 43 et Figure 44.

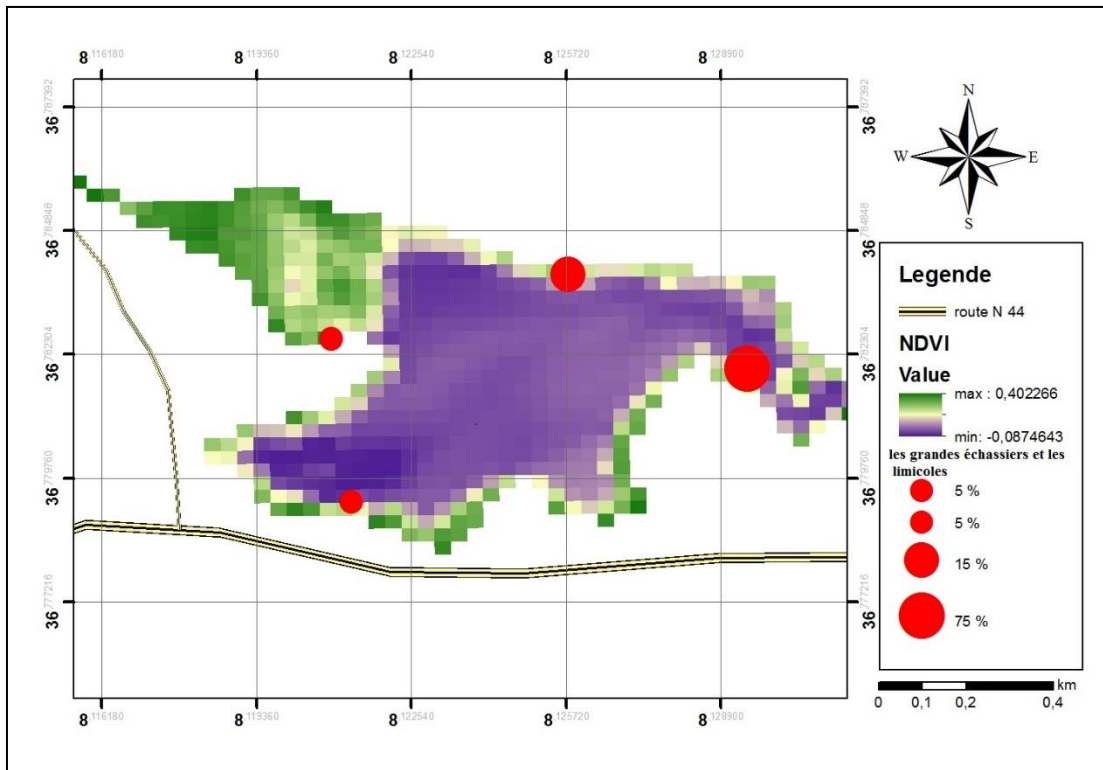


Figure 40: Carte de l'NDVI dans la saison de reproduction et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

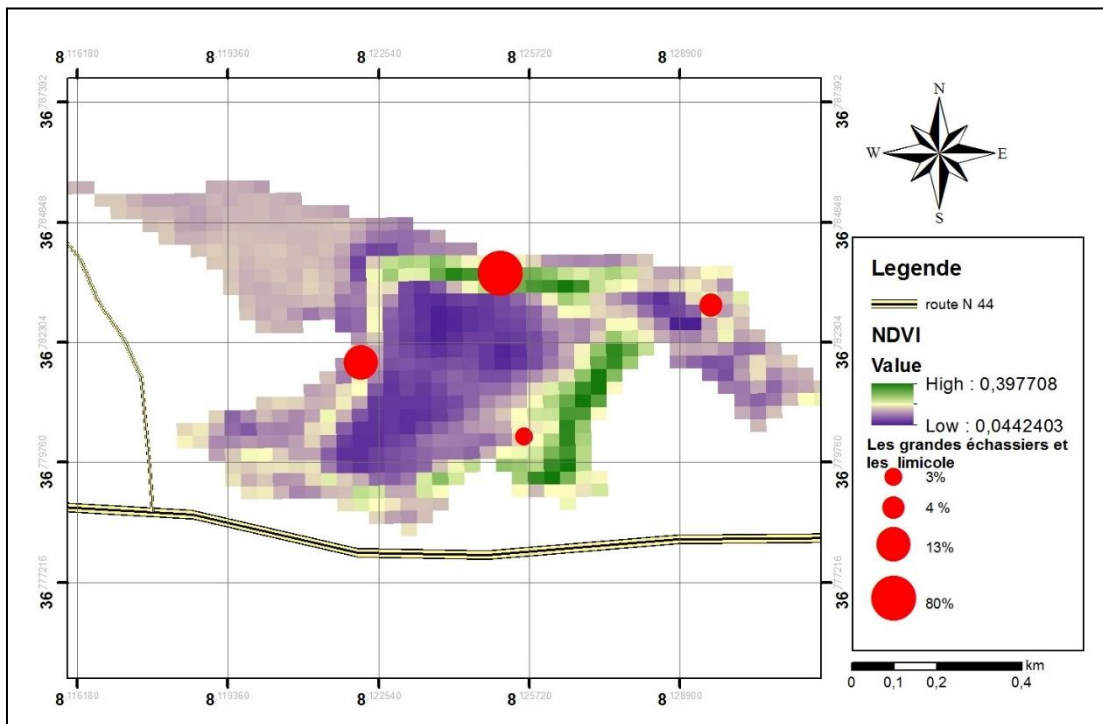


Figure 41: Carte de l'NDVI dans la saison de passage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

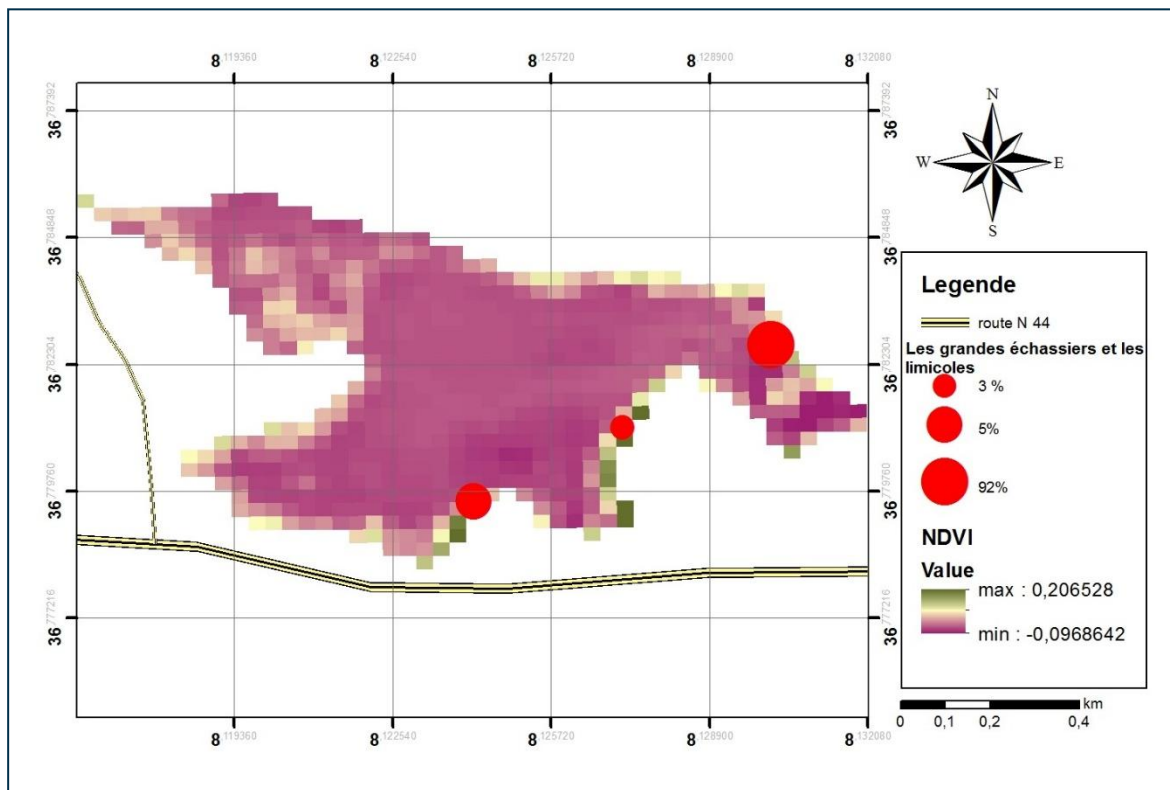


Figure 42: Carte de l'NDVI dans la saison d'hivernage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020) .

b- L'indice de l'eau par différence normalisée (NDWI)

L'analyse de one-way ANOVA a indiqué que de l'indice de différence normalisée de l'eau (NDWI) des trois saisons était très différente ($F(2, 7) = 4.44, p < 0.05$). Toutefois, la saison d'hivernage présente la moyenne de l'NDWI la plus élevée (0.2 ± 0.15), tandis que la saison de passage présente la moyenne la plus basse de l'NDWI (0.031 ± 0.005). L'analyse de one-way ANOVA a montré que la surface d'eau des trois saisons était très significativement différente ($F(2, 7) = 9.46, p < 0.05$). Bien que la variation de la superficie d'eau durant la saison d'hivernage a été la plus élevée (81.30 %), tandis que la saison de passage a la plus faible superficie d'eau (48.92 %) (Tableau 37).

Tableau 37: valeurs de NDWI, surface de l'eau (ha) et pourcentage de la surface de l'eau (%) dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux

	Reproduction	Passage	Hivernage
	Moy \pm sd	Moy \pm sd	Moy \pm sd
NDWI	0.036 \pm 0.010	0,031 \pm 0.005	0,2 \pm 0.15
La surface de l'eau (Ha)	33.48 \pm 2.34	26.91 \pm 3.72	44.72 \pm 8.26
Pourcentage de la surface de l'eau %	60.87	48.92	81.30

Durant notre étude sur les grands échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux, nous avons observé que 5 familles ont utilisé l'habitat d'eau. L'examen de la relation entre les variations saisonnières de l'NDWI et les variations de l'abondance et de la richesse des espèces a révélé une corrélation négative entre la richesse des espèces et l'NDWI (corrélation de Pearson $r = -0.626; p < 0.05$), et une corrélation négative mais pas significative entre l'abondance et l'NDWI (Corrélation de Pearson $r = -0.45; p > 0.05$). La distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga dans les 3 saisons selon la variation de l'NDWI est illustré dans les Figure 45, Figure 46 et Figure 47.

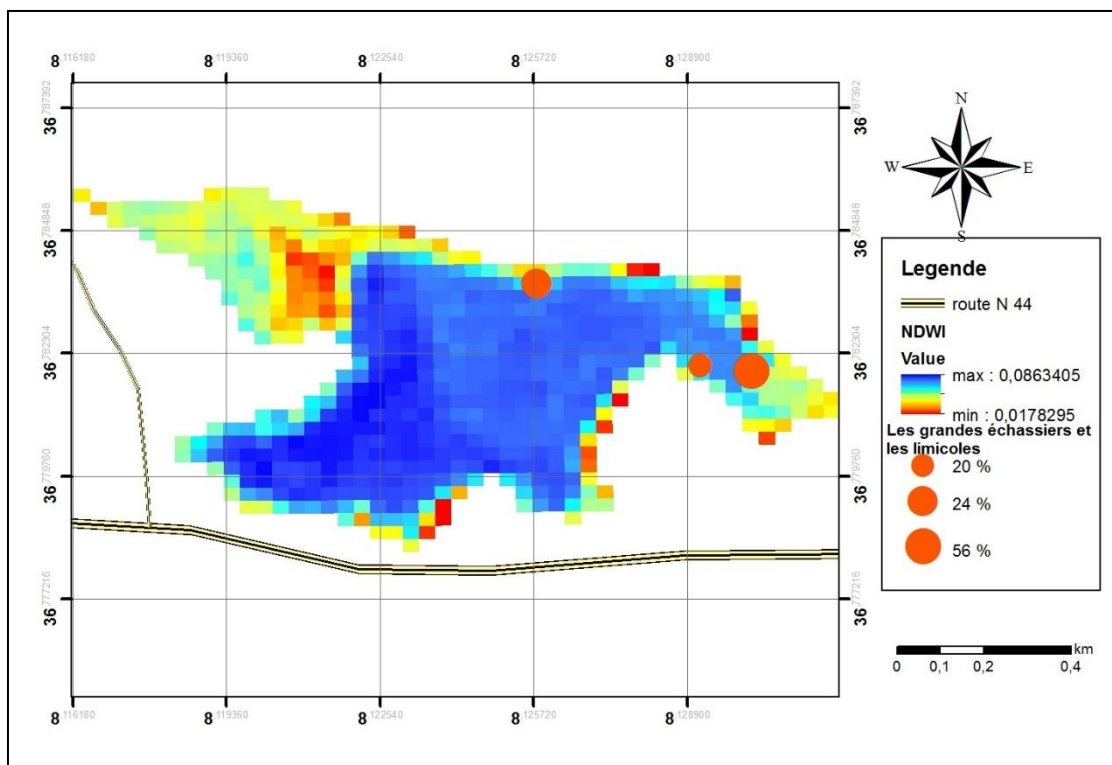


Figure 43: carte de l'NDWI dans la saison de reproduction et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

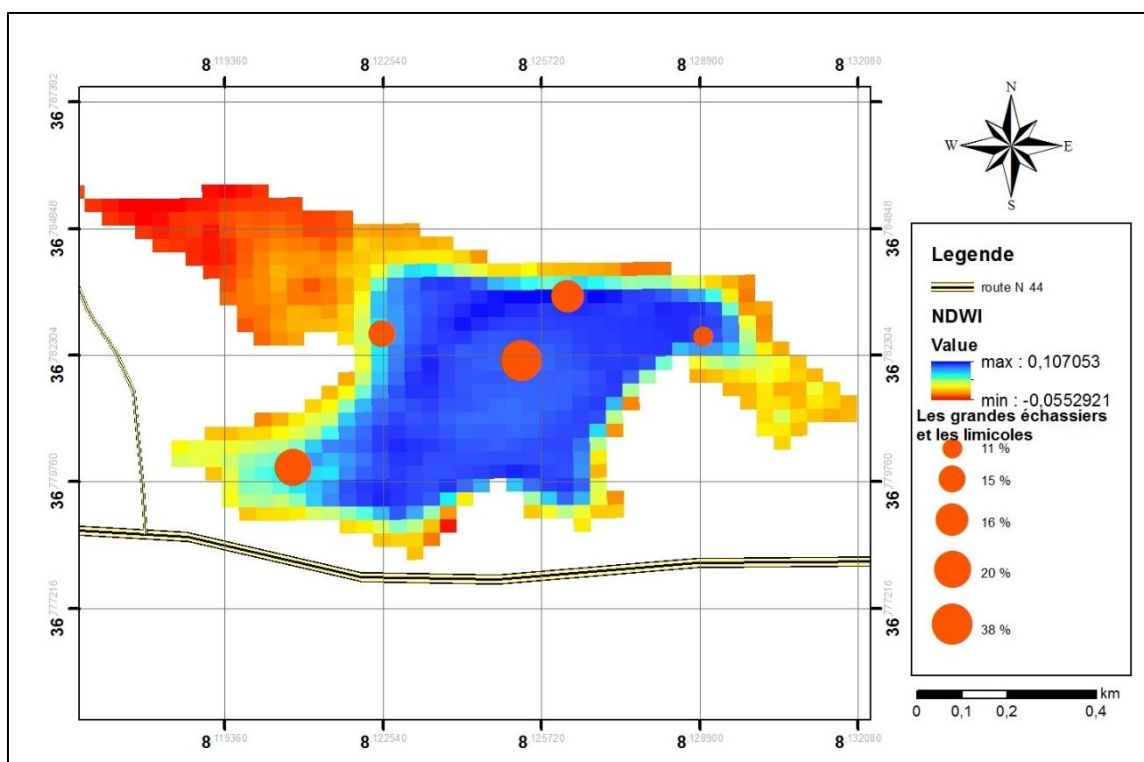


Figure 44: Carte de l'NDWI dans la saison de passage et la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

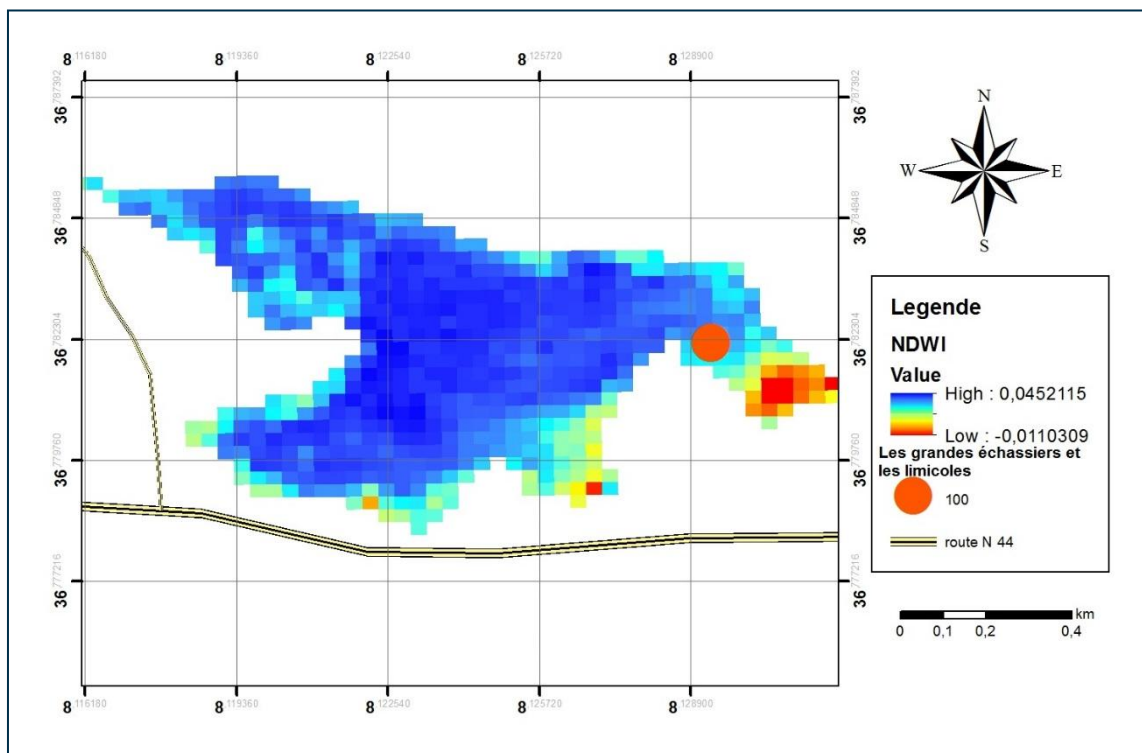


Figure 45 : Carte de l'NDWI dans la saison d'hivernage et la distribution des grands échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

V-1-11-L'utilisation des micro-habitats par les grandes échassiers et les limicoles

V-1-11-1Au niveau du lac Tonga

Durant la période de notre étude au niveau du lac Tonga, nous avons identifiée 10 micro habitats qui sont utilisée par les grandes échassiers et les limicoles (Tableau 38). Cette identification a été basée sur l'identification de chaque type de végétation au niveau du lac.

On a distingué :

- Formations végétales hydrophyte avec 2 micro-habitats.
- Formations végétales hélophyte avec 4 micro-habitats
- Formation végétales arboricoles et arbustives avec 3 micro-habitats.
- 2 autres types de micros habitats

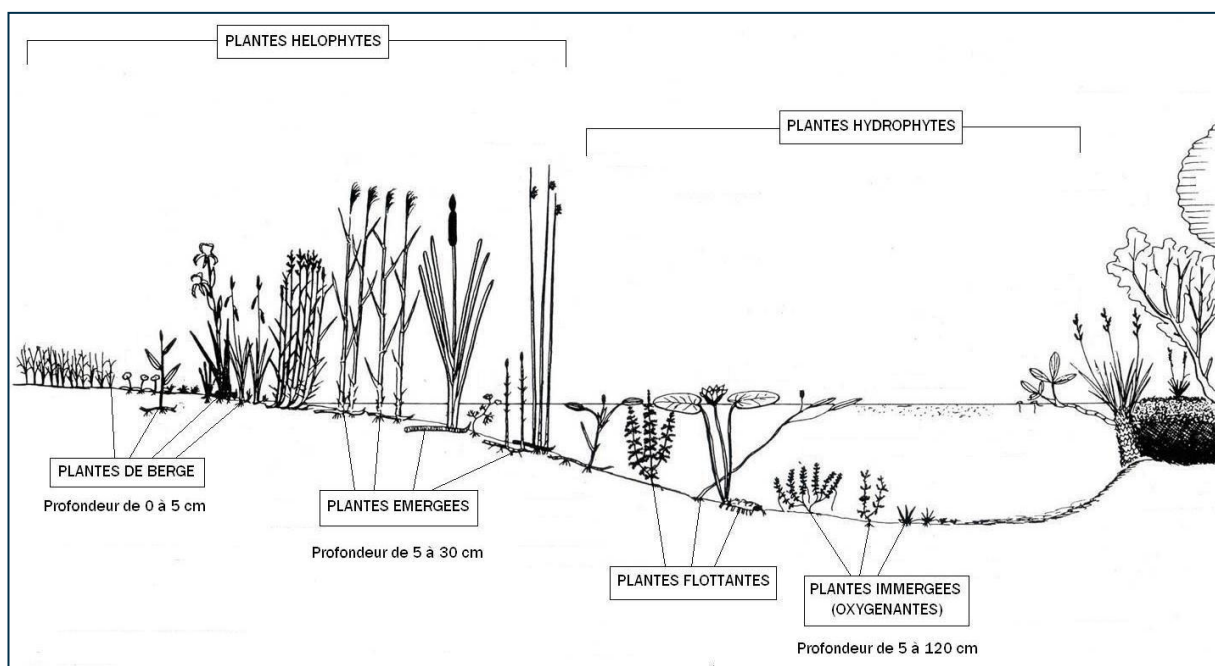


Figure 46: Type de formations végétales aquatiques.

Formations végétales hydrophyte

Micro-habitat 1 : renoncule aquatique : elle forme un tapis à fleur d'eau sur lac Tonga dans la saison de reproduction avec un recouvrement de 3 % (73 ha) de la surface du lac. Elles se placent entre 10 et 100 cm de profondeur. Elles permettent de créer un *habitat* pour de nombreuses espèces de la famille des grands échassiers.

Micro-habitat 2 : nénuphare : elles s'identifient par un tapis vert flottant à la surface de l'eau au centre du lac, doté de grandes fleurs blanches. C'est une formation à recouvrement élevé dans la saison de passage (20%) suivi par la saison de reproduction (15 %) et une absence totale dans la saison d'hivernage.



Figure 47: Tapis de renoncule aquatique au niveau du lac Tonga



Figure 48: Tapis de nénuphare blanc au niveau du lac Tonga .

Formations végétales hélophyte

Micro-habitat 3 : Scirpe : c'est une formation à Scirpe lacustre (*Schoenoplectus lacustris*) et à Scirpe maritime (*Bolboschoenus maritimus*). Elles se développent sur les bordures aquatiques du lac. Elles ont un recouvrement élevé dans la saison de reproduction avec recouvrement de (9.43 %) de la surface du lac. elles se développent à des profondeurs de 5 à 30 cm.



Figure 49: Formation de scirpe au niveau du lac Tonga..

Micro-habitat 4 : Sparganium : Formation à Rubanier (*Sparganium erectum*) d'une hauteur de 30 à 120 cm. comme le scirpe, avec recouvrement élevé dans la saison de reproduction (3.94%).



Figure 50: Formation de sparganium au niveau du lac Tonga.

Micro-habitat 5 : Typha : Formation à Massette à feuilles étroites (*Typha angustifolia*) et formation à Massette à large feuilles (*Typha latifolia*). Elle pouvant atteindre 02 m de hauteur, la Typhaie se développe à des profondeurs qui varient de 5 à 30 cm. avec un

recouvrement élevé dans la saison de reproduction (4,72%) et absence total dans la saison d'hivernage.

Micro-habitat 6 : Phragmite : Formation à Phragmite commun ou à Roseau commun (*Phragmite communis*). Il se localise particulièrement dans la partie Sud du lac.



Figure 51:(a) Formation de Typha au niveau du lac Tonga. (b) Formation de phragmite au niveau du lac Tonga.

Formation végétales arboricoles et arbustives

Micro-habitat 7 : Aulnaie : Formation à Aulne glutineux (*Aulus glutinosa*).

Au niveau de la périphérie Nord du lac. Elle occupe (2.04%) de la superficie du lac Tonga.

Micro-habitat 8 : Saulaie flottante : Formation à Saules blanc (*Salix pedicellata*). Elle présente à partir de l'Aulnaie (Nord-Ouest), et qui s'étend de plus en plus vers le centre du lac sous forme d'une longue ceinture, en suivant l'axe Nord-Est vers le Sud-Est. Elle occupe (5.95 %) de la superficie du lac. elle est connue sous le nom d'héronnière de Tonga, Car elle a abrite un grand nombre d'espèces d'oiseau d'eau de la famille des Ardeidae (les Hérons).

Micro-habitat 9 : Cyprée chauve : Formation boisée à Cyprès chauve (*Taxodium distichum*).

Elle se trouve à l'extrémité Est de l'Aulnaie. Elle est appelée l'arboretum de Tonga. Cette formation occupe (0.33%) de la surface du lac.



Figure 52: Formation de cyprée chauve au niveau du lac Tonga.

Autres micro-habitats

Micro-habitat 10 : Pelouse naturelle : c'est une formation à Paspale à 2 épis (*Paspalum distichum*). La surface la plus élevée a été notée au niveau de la saison de reproduction (3.86%) suivi par la saison de passage (3.21%) et la saison d'hivernage (2.17%).



Figure 53: Formation de Paspale à 2 épis au niveau du lac Tonga.

Tableau 38: Variation de la surface des microhabitats dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga.

Formation végétales	Type des micro-habitats	Saison					
		Reproduction		Passage		Hivernage	
		Surface (Ha)	%	Surface (Ha)	%	Surface (Ha)	%
Formations végétales hydrophyte	Renoncule aquatique	73	3.04	0	0	0	0
	nénuphare	357	15	457	20	0	0
Formations végétales hélophyte	sparganium	91	3.95	81	3.52	0.22	0.01
	scirpe	217	9.43	198	8.60	0.24	0.01
	typha	110	4.72	110	4.72	0	0
	phragmite	50	2.17	50	2.17	0	0
Formation végétales arboricoles et arbustives	Cyprée chauve	8	0.33	8	0.33	8	0.33
	aulnaie	47	2.04	47	2.04	47	2.04
	Saulaie flottante	137	5.95	137	5.95	137	5.95
Autre habitats	Pelouse naturelle	89	3.86	74	3.21	50	2.17

La surface des micro-habitats est variée significativement entre les différentes saisons (One-way ANOVA ($F(2,35) = 3.35, p = 0.05$). La surface des micro-habitats utilisée par moyenne la plus élevée a été notée au niveau de la saison de reproduction (117.9 ± 101.49), suivi par la saison de passage (116.2 ± 133.95). la surface des micro-habitats le plus faible a été notée pour la saison d'hivernage (24.2 ± 44.30).

V-1-11-1-Corrélation entre la surface des micro-habitats et la richesse, l'abondance des grandes échassiers et les limicoles aux niveaux du lac Tonga

L'examen de la relation entre les variations saisonnières de la surface de types de formation végétales et les paramètres des populations des grandes échassiers et les limicoles dans le lac Tonga a révélé une corrélation positive et hautement significative entre la surface et la richesse des espèces (corrélation de Pearson $r = 0,92$, $p=0,001$) et une corrélation positive entre l'abondance et la surface (corrélation de Pearson $r = 0,687$, $p = 0,04$). Les pourcentages de l'utilisations des microhabitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans les 3 saisons au niveau du lac Tonga sont illustrée dans la figure 56, Figure 57et figure 58. La distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans les 3 saisons sont illustrée dans la Figure 59, Figure 60 et Figure 61.

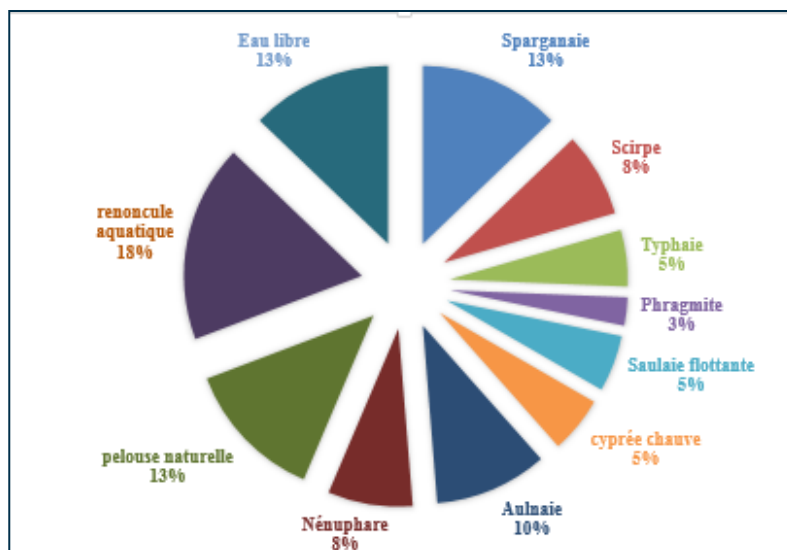


Figure 54: Pourcentage de l'utilisations des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison de reproduction au niveau du lac Tonga.

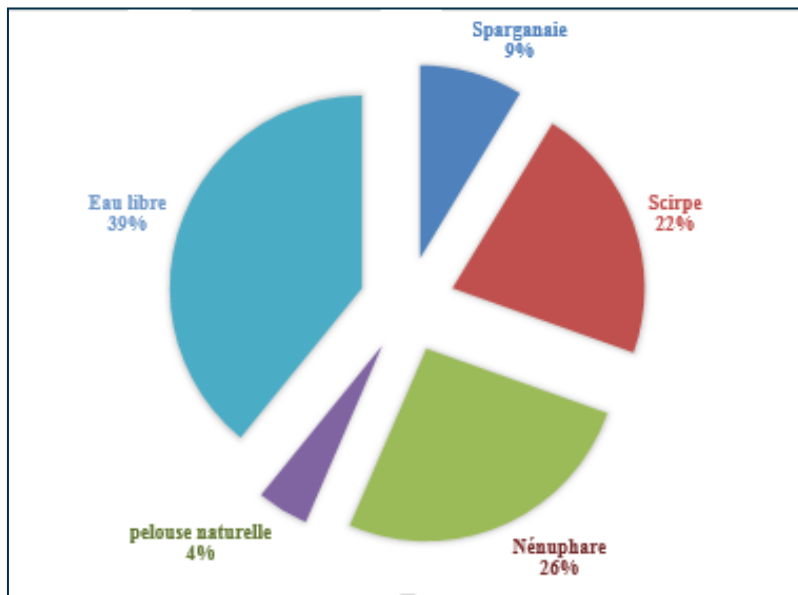


Figure 55: Pourcentages de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison de passage au niveau du lac Tonga.

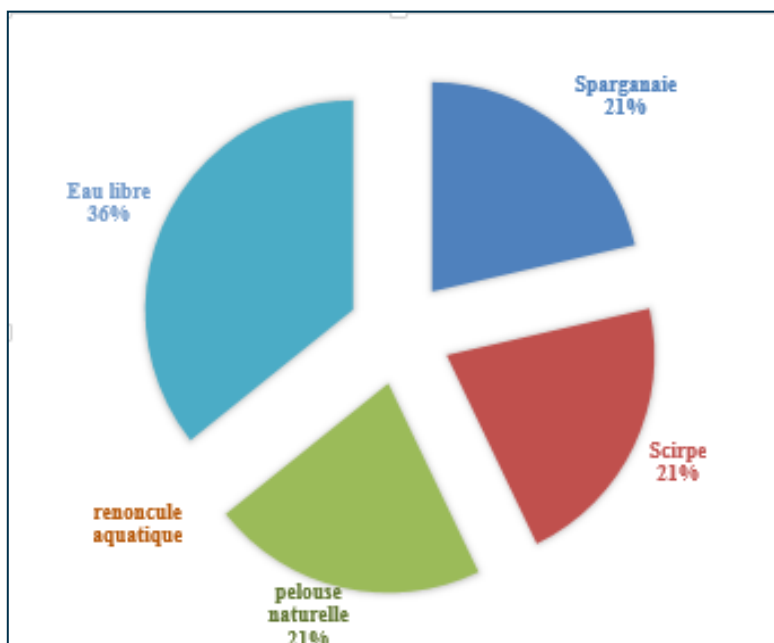


Figure 56: Pourcentage de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison d'hivernage au niveau du lac Tonga.

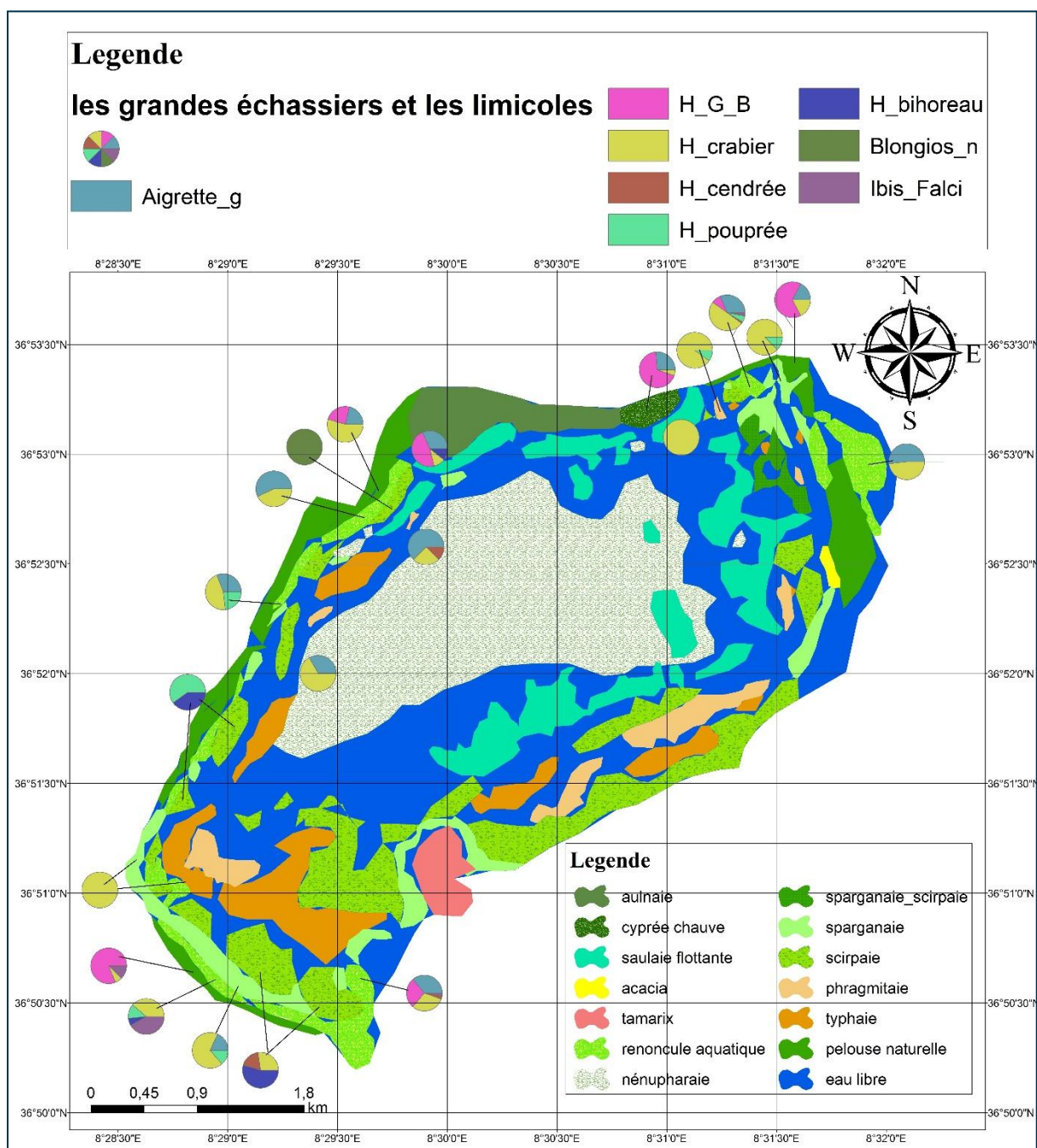


Figure 57: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison de reproduction au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

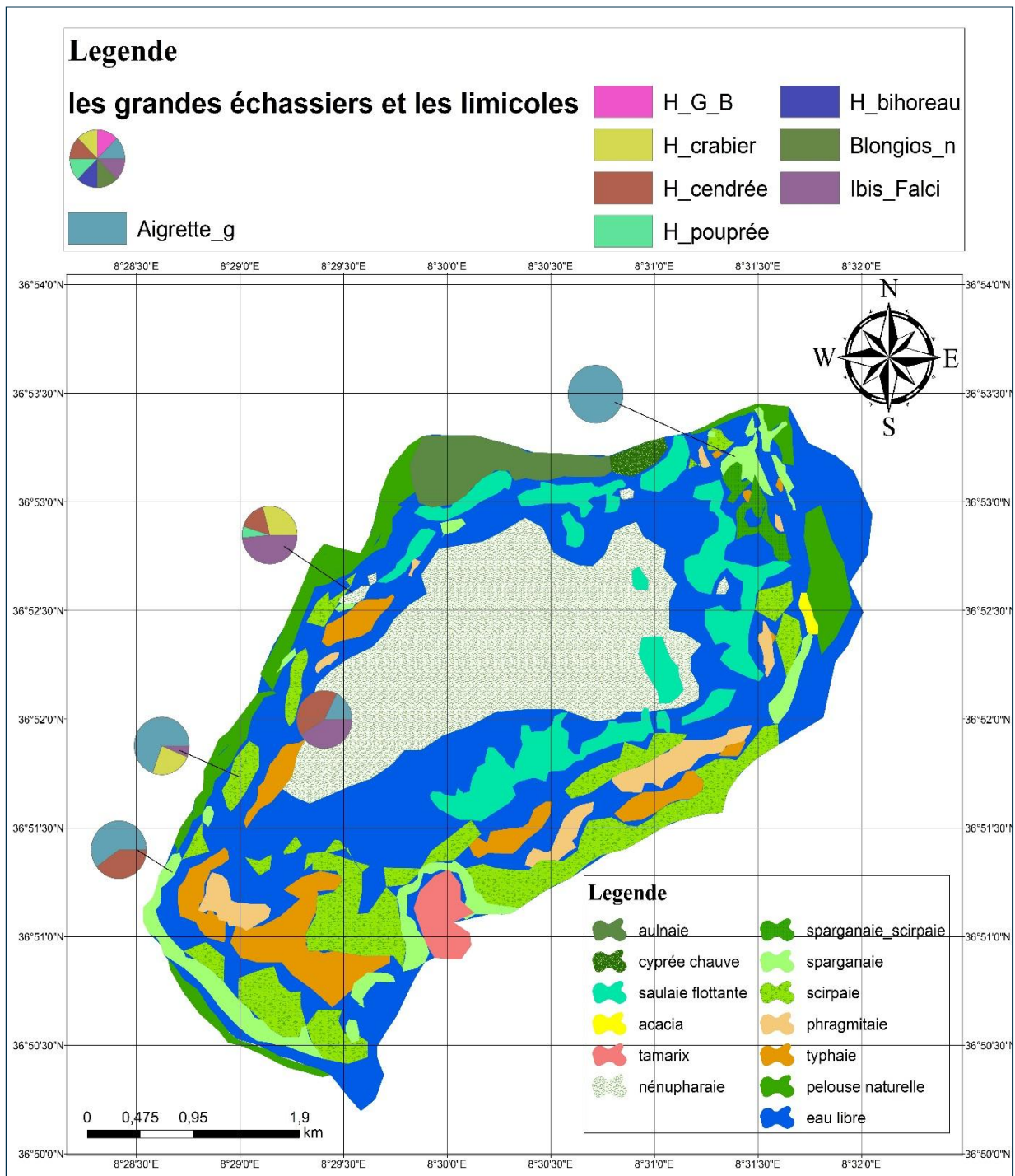


Figure 58: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison de passage au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

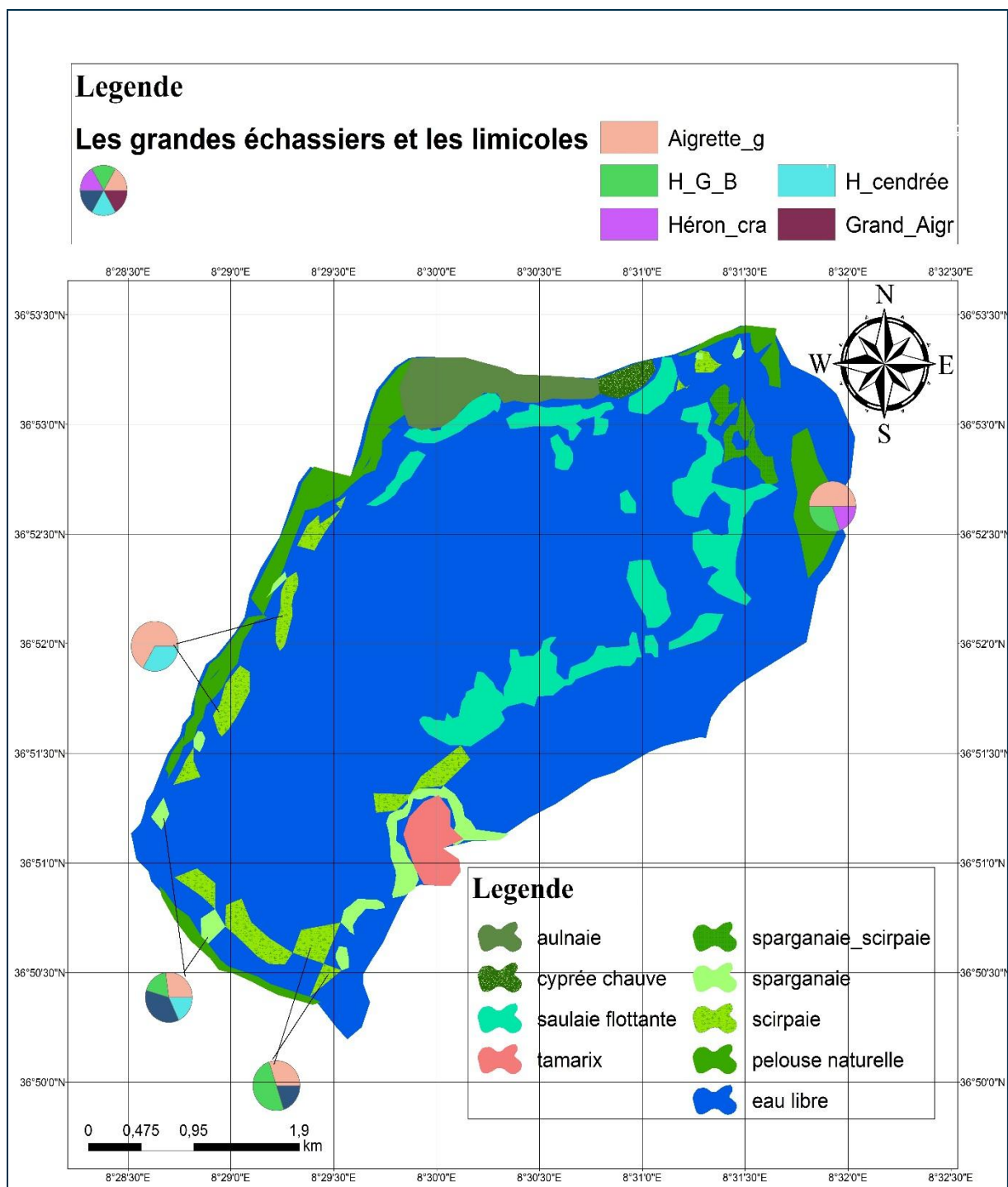


Figure 59: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison d'hivernage au niveau du lac Tonga (Chettibi, 2020).

V-1-11-1-2 Analyse factorielle des correspondances (AFC)

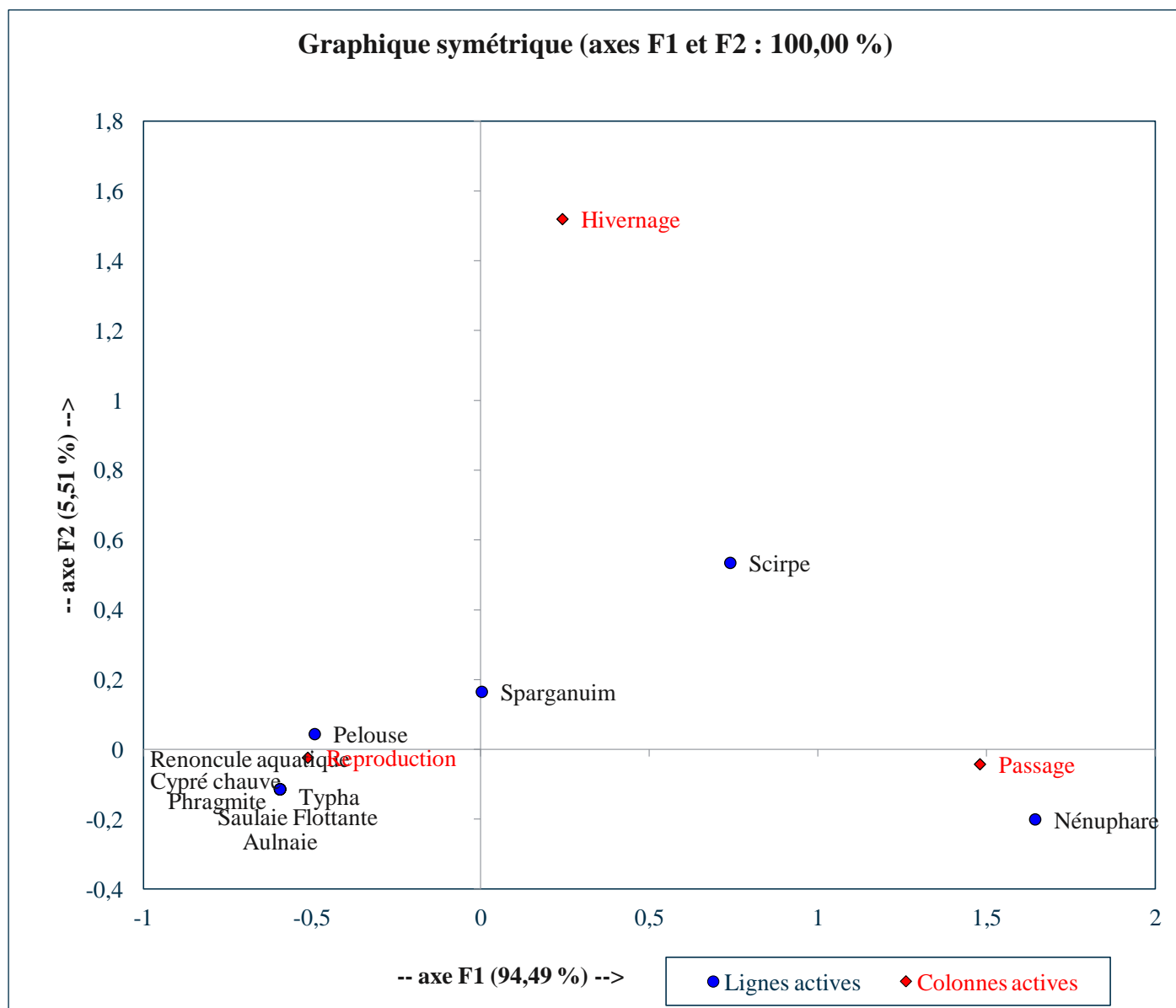


Figure 60: Analyse factorielle des correspondances(AFC) réalisée sur les 3 saisons et 10 micro-habitats au niveau du lac Tonga.

L'Analyse factorielle des correspondances des données récoltées durant la toute la période d'étude est exprimée sur le plan factoriel (F1xF2) de l'AFC avec un taux d'inertie autour 100% (Fig. 62). La carte factorielle expose une information sur la distribution spatio-temporelle des échassiers et les limicoles. Les graphiques issus de l'analyse factorielle, montre clairement que l'axe F1 exprime 94.49% et l'axe F2 exprime 5.51%.

L'axe 1 oppose deux groupes, le premier en position positive il correspond à la saison de passage avec le microhabitat préférence à très fortes abondances des grandes échassiers, il s'agit le nénuphare. Le deuxième groupe caractérisé par les microhabitats moins utilisé dans la saison de reproduction, sur le côté négative il s'agit de: Typha, Phragmite, Cyprée chauve, Aulnaie et saulaie flottante.

L'axe 2 est caractérisé par seul groupe, qui est en position positive, il est y compris la saison d'hivernage avec le microhabitat le plus utilisées par les espèces avienne qui est le scirpe.

V-1-11-1 Au niveau du lac des oiseaux

Pendant la période de notre étude au niveau du lac des oiseaux, nous avons remarqué que les grandes échassiers et les limicoles sont utilisées 4 types de micro-habitats. 3 types de derniers sont regroupés dans la formation végétale héliophyte (Tableau 39).

Formation végétale héliophyte

Micro-habitat 1 : Scirpe : c'est une grande ceinture de *Scirpus lacustris* s'étalant tout au long des rives Nord et Nord-Ouest et le long des rives Nord-Est et Sud-Est. La surface la plus élevée a été notée au niveau de la saison de passage (17.63 %) suivie par la saison de reproduction (8.41%) et la saison d'hivernage (1.81%).

Micro-habitat 2 : Typha : cette formation constitue des îlots de *Typha angustifolia* le long des rives Nord-Est et Sud-Est et une grande plage de *Typha angustifolia* couvrant la totalité de la pointe Sud-Ouest du lac. La formation de Typha occupe (28.18%) de la surface du lac dans la saison de reproduction.

Micro-habitat 3 : Sparganium : elle occupe un petit point dans la partie sud-est du lac. On a remarqué une absence de cette formation dans la saison d'hivernage.



Figure 61: mélange de formation de scirpe et Typha au niveau du lac des Oiseaux.

Autre type de micro habitats :

Micro-habitat 4 : pelouse naturelle : c'est une formation à Paspale à 2 épis (*Paspalum distichum*). La surface la plus élevée a été notée au niveau de la saison d'hivernage (5.81%).



Figure 62: pelouse naturelle au niveau du lac des Oiseaux.

Tableau 39: Variation de la surface des microhabitats dans les différentes saisons au niveau du lac des Oiseaux.

Formation végétales	Type des micro-habitats	Saison					
		Reproduction		Passage		Hivernage	
		Surface (Ha)	%	Surface (Ha)	%	Surface (Ha)	%
Formations végétales hélophyte	sparganium	0.253	0.46	0.2	0.36	0	0
	scirpe	4.63	8.41	9.7	17.63	1	1.81
	typha	11.73	21.32	15.5	28.18	1.72	3.12
Autre type d'habitat	Pelouse naturelle	2.04	3.7	1.2	2.18	3.2	5.81

La surface des micro-habitats ne diffère pas entre les différentes saisons (One-way ANOVA ($F(2,8) = 0.49, p = 0.62$). La surface moyenne la plus élevée des micro-habitats utilisée par les grandes échassiers et les limicoles a été notée au niveau de la saison de passage (6.3 ± 7.02), suivi par la saison de reproduction (4.3 ± 4.72). La surface des micro-habitats la plus faible a été notée pour la saison d'hivernage (2.33 ± 1.52).

V-1-11-1-1 Corrélation entre la surface des micro-habitats et la richesse, l'abondance des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux

L'examen de la relation entre les variations saisonnières de la surface de types de formation végétales et les paramètres des populations des grandes échassiers et les limicoles dans le lac Tonga a révélé une corrélation positive mais pas significative entre la surface et la richesse des espèces (corrélation de Pearson $r = 0,71, p = 0,07$) et aucune corrélation entre l'abondance et la surface (corrélation de Pearson $r = 0,15, p = 0,71$). Les pourcentages de l'utilisation des microhabitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans les 3 saisons au niveau du lac des Oiseaux sont illustrées dans la figure 65, Figure 66 et figure 67. La distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans les 3 saisons sont illustrées dans la Figure 68, Figure 69 et Figure 70.

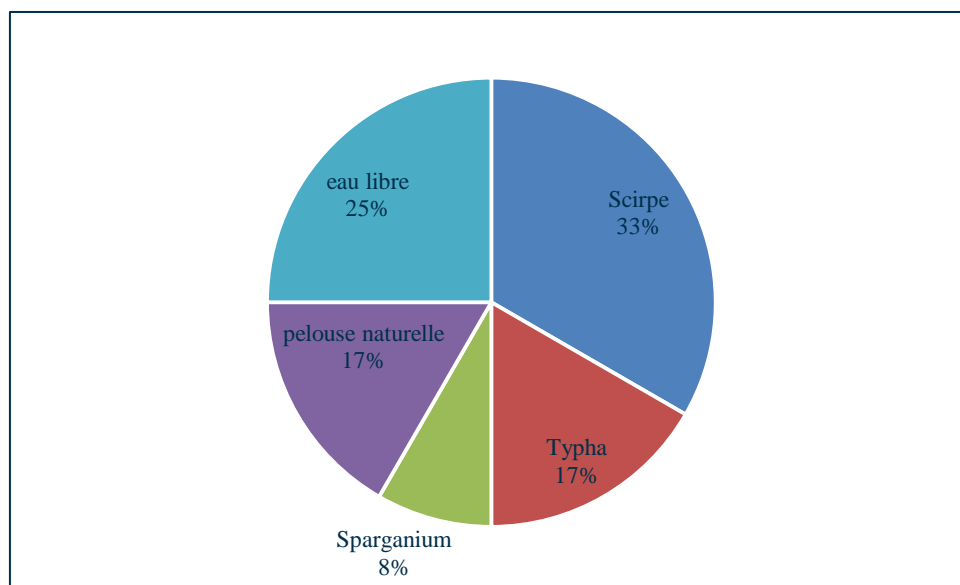


Figure 63 : Pourcentage de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison de reproduction au niveau du lac des Oiseaux.

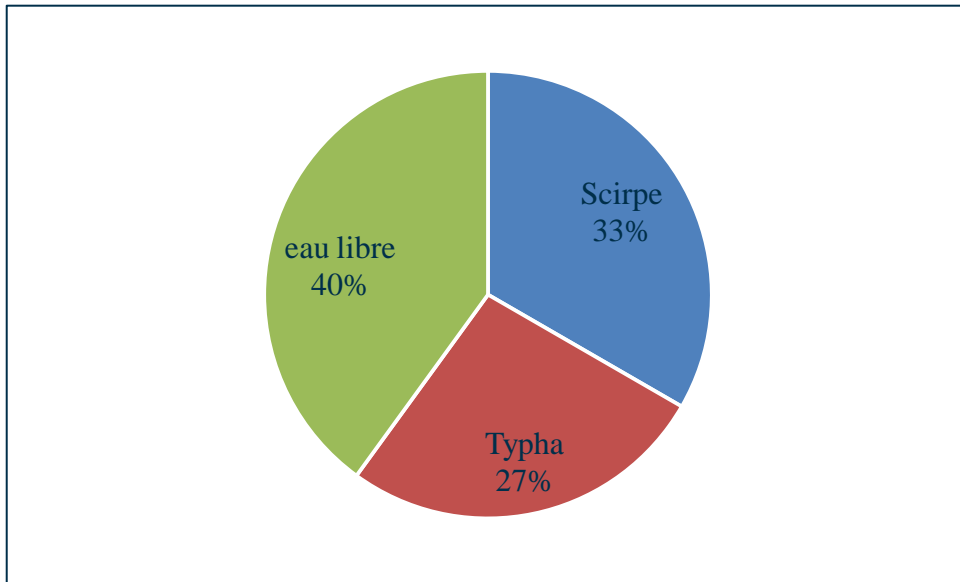


Figure 64: Pourcentages de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison de passage au niveau du lac Tonga.

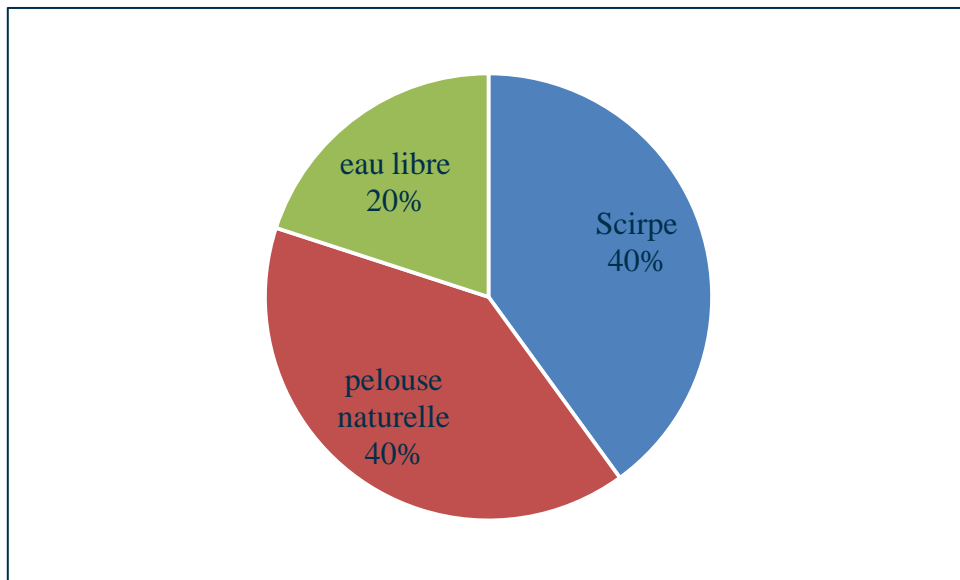


Figure 665: pourcentage de l'utilisation des micro-habitats par les espèces des grandes échassiers et les limicoles dans la saison d'hivernage au niveau du lac des Oiseaux.

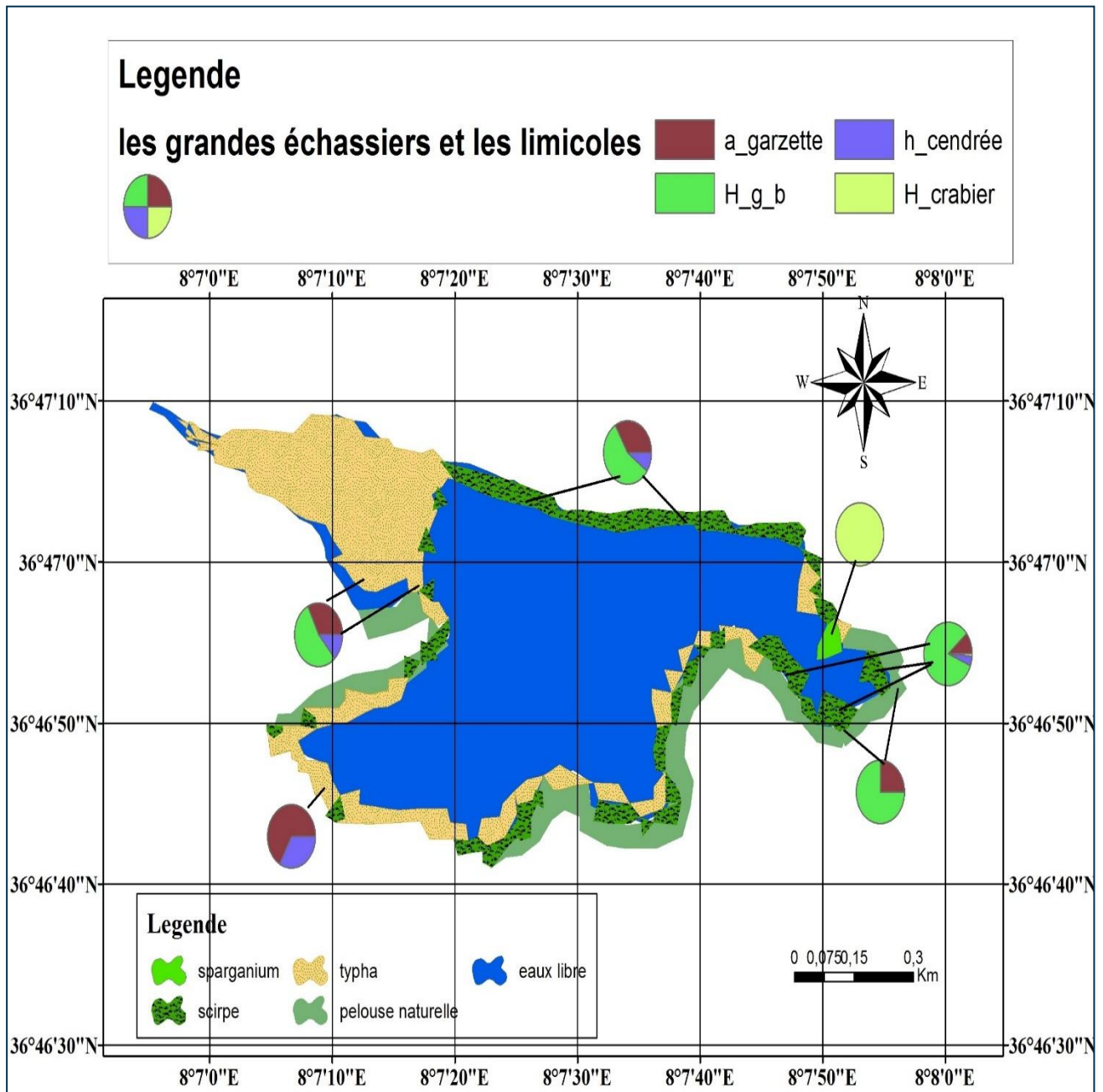


Figure 66: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison de reproduction au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

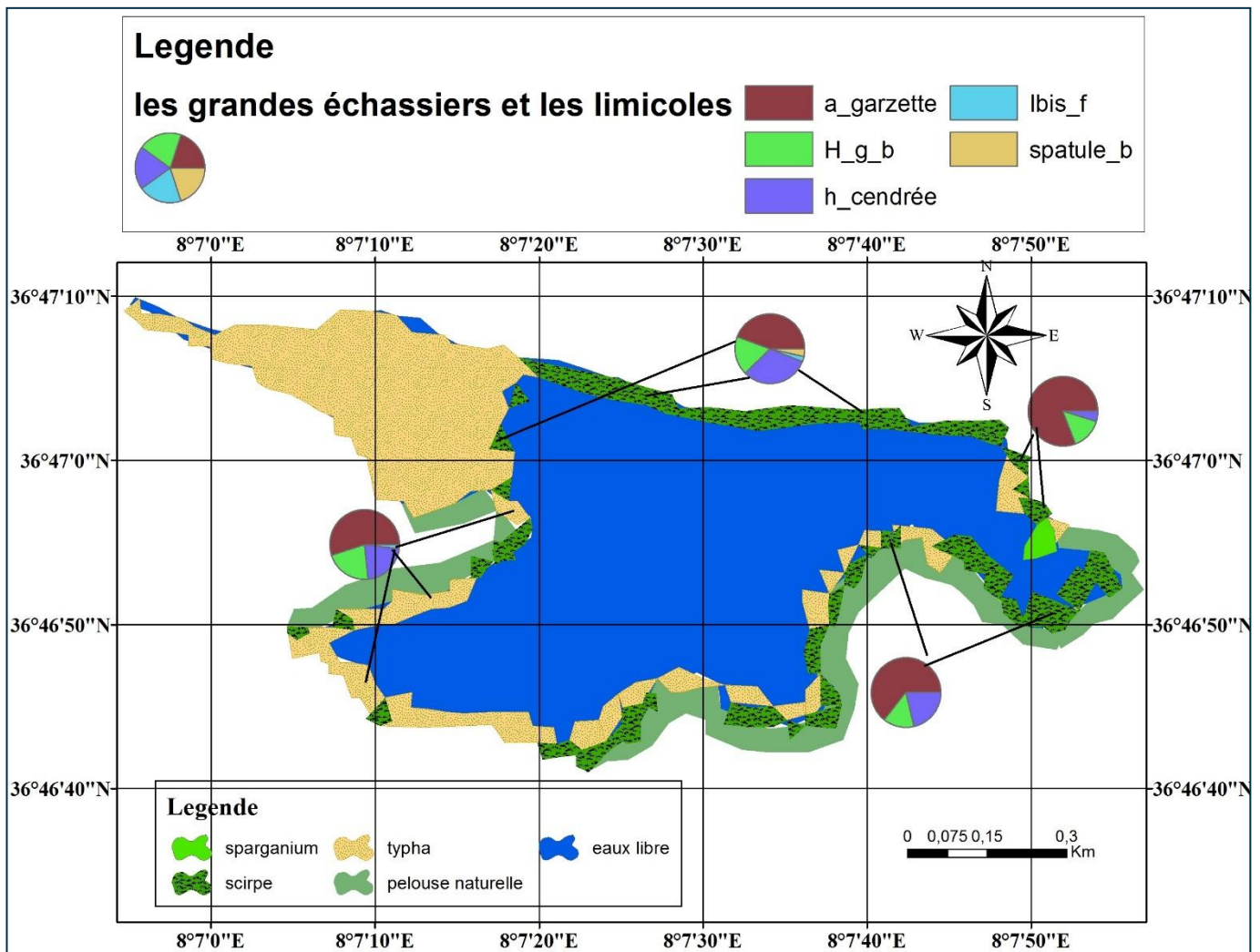


Figure 67: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison de passage au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

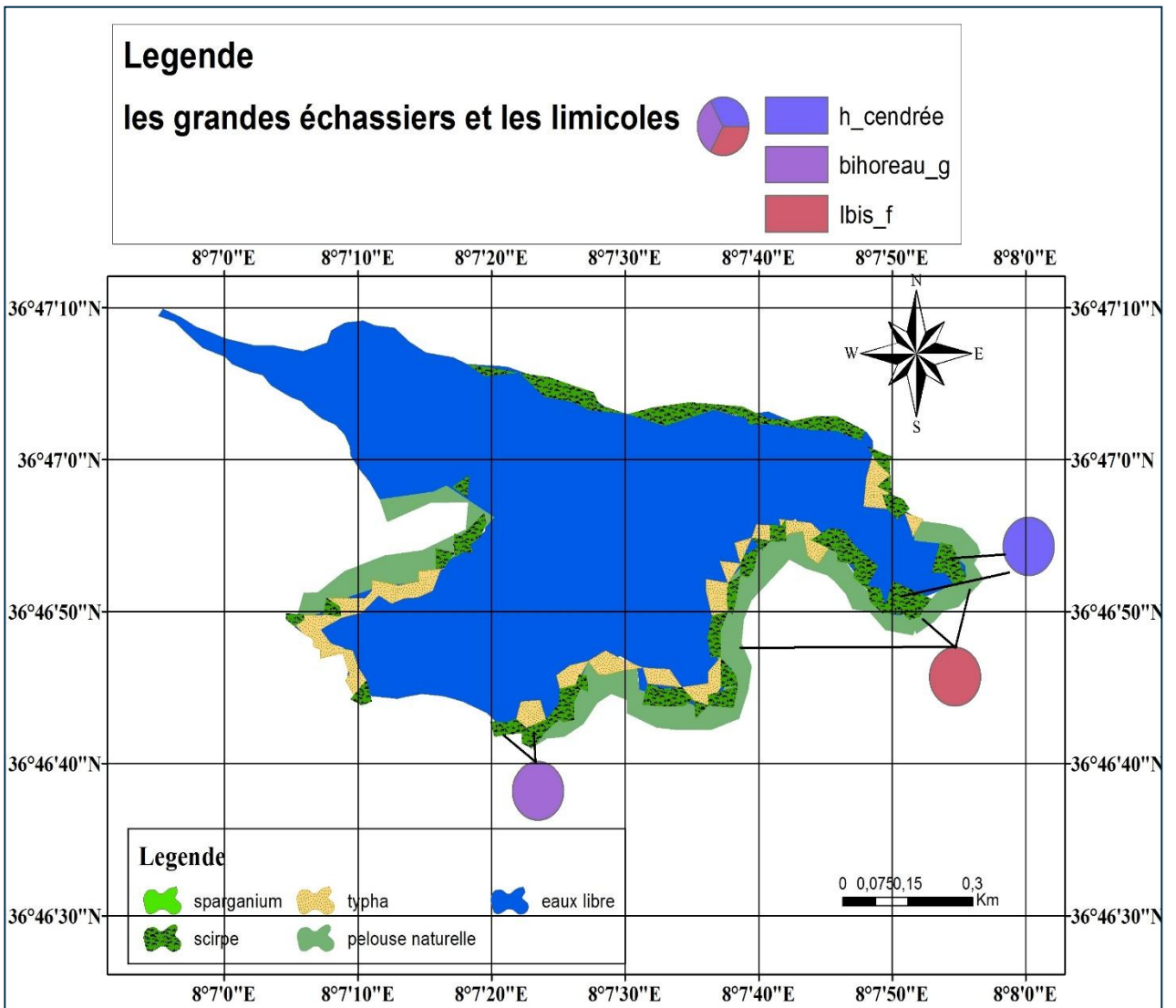


Figure 68: Carte de distribution des grandes échassiers et les limicoles sur les micro-habitats dans la saison d'hivernage au niveau du lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

V-1-11-1-2 Analyse factorielle des correspondances (AFC)

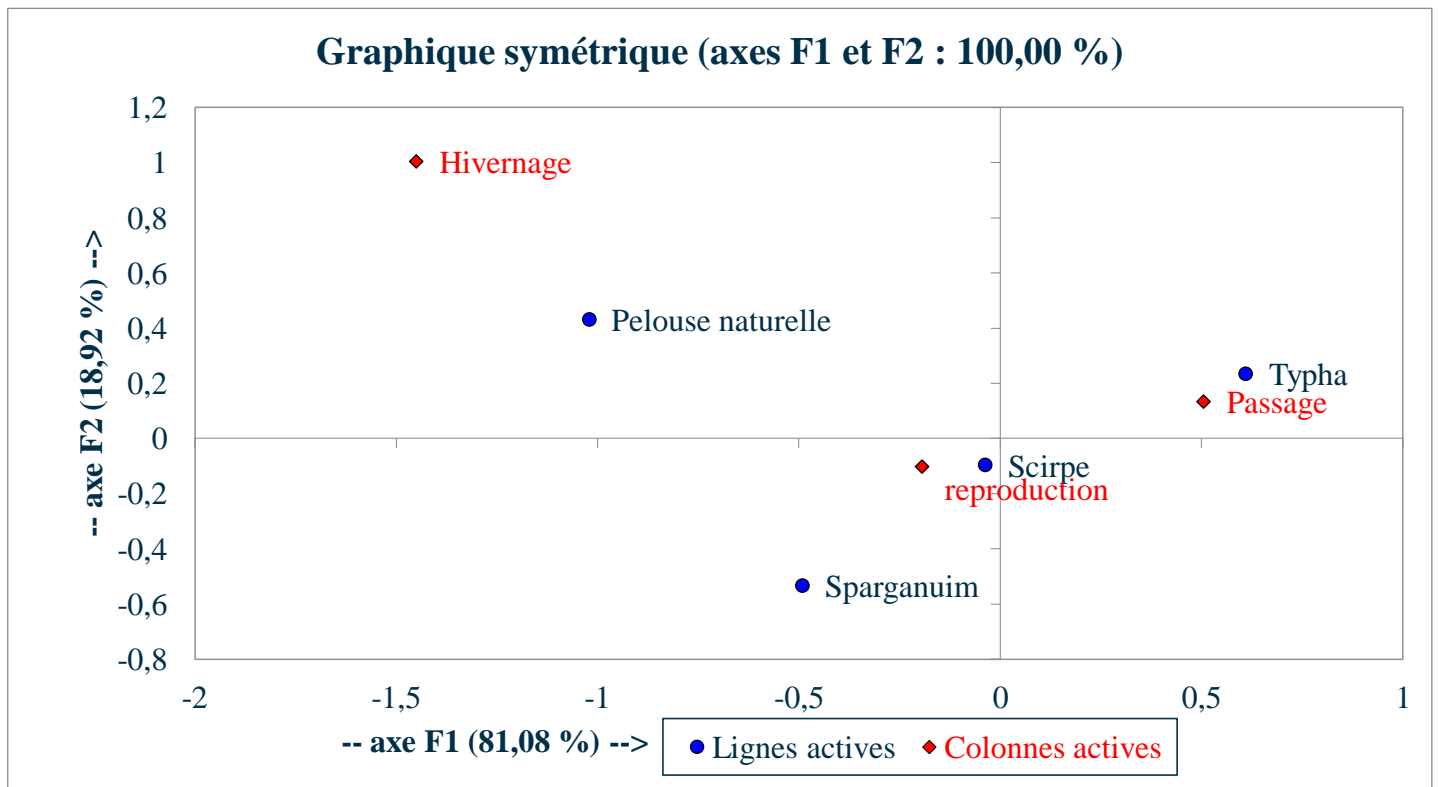


Figure 69: Analyse factorielle de correspondances (AFC) réalisée sur les 3 saisons et 4 micro-habitats au niveau du lac des Oiseaux.

L'Analyse factorielle des correspondances des données récoltées durant la toute la période d'étude est exprimée sur le plan factoriel (F1xF2) de l'AFC avec un taux d'inertie autour 100%. La carte factorielle expose une information sur la distribution spatio-temporelle des échassiers et les limicoles. Les graphiques issus de l'analyse factorielle, montre clairement que l'axe F1 exprime 81.08% et l'axe F2 exprime 18.92%.

L'axe 1 oppose deux groupes, le premier en position positive il correspond à la saison de passage avec le microhabitat préférence à très fortes abondances des grandes échassiers, il s'agit le Typha. Le deuxième groupe caractérisé par les microhabitats moins utilisés dans la saison de reproduction, sur le côté négative il s'agit de: Scirpe et sparganium.

L'axe 2 est caractérisé par seul groupe, qui est en position positive, il est y compris la saison d'hivernage avec le microhabitat le plus utilisées par les espèces avienne qui est la pelouse naturelle.

V-1-12 Effet des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac Tonga et lac des Oiseaux sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles

Nous avons étudiée la qualité de l'eau du Lac des Oiseaux et lac Tonga pour évaluer l'impact de la pollution de l'eau sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles dans les trois saisons, nous avons réalisé une étude physico-chimique. Nous avons choisi de mesurer les paramètres physico-chimiques suivants : la température ; le pH ; la conductivité électrique de l'eau ; la concentration en oxygène dissous, ces paramètres sont mesuré in situ à l'aide d'un multi paramètre du terrain.

a. La température

La température de l'eau joue un rôle dans la vie aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimique et biochimiques. L'activité métabolique des organismes aquatiques est également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. Les valeurs de la température moyenne de l'eau du Lac des Oiseaux et lac Tonga dans les trois saisons, oscillent entre 11.26 C° et 26.62C° (Tableau 40). L'examen de la relation entre la température de l'eau et la richesse spécifiques des grandes échassiers et les limicoles au niveau des 2 sites d'étude a révélé qu'il y a une grande corrélation positive et significatif ($r=0.85$; $p= 0.02$). cependant, il y a une corrélation positive mais pas significatif entre l'abondance des grandes échassiers et les limicoles au niveau des 2 sites d'étude et la température de l'eau ($r= 0.88$, $p= 0.18$).

Tableau 40: Variation de la température de l'eau dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.

	Lac Tonga		Lac des Oiseaux	
	Moy \pm sd	Range (min.-max.)	Moy \pm sd	Range (min.-max.)
Saison de reproduction	26.62 \pm 2.93	23.77-29.72	23.2 \pm 3.7	19.9-27.20
Saison de passage	25.7 \pm 8.94	18.30-37.4	25.24 \pm 6.25	18.25-30.3
Saison d'hivernage	13.25 \pm 1.95	11.21-15.32	11.26 \pm 0.9	10.3-12.1

b. Le pH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin). C'est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il

dépend aux caractéristiques des plans d'eau et du bassin versant et dépend aux variations saisonnières. Le pH moyen le plus élevée a été noté au niveau du lac des oiseaux dans la saison d'hivernage (8.53 ± 0.41), et le pH moyen le plus faible a été note au niveau du lac des oiseaux dans la saison de reproduction (8.04 ± 0.76) (Tableau 41).

La corrélation de Pearson a indiqué qu'il y a une corrélation négative et significatif entre la richesse spécifique et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles au niveau des 2 sites d'études avec le pH ($r = -0.087$, $p = 0.05$) ($r = -0.79$; $p = 0.05$) respectivement.

Tableau 41 : variation de pH dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.

	Lac Tonga		Lac des Oiseaux	
	Moy \pm sd	Range (min.-max.)	Moy \pm sd	Range (min.-max.)
Saison de reproduction	8.2 ± 0.06	8.14-8.26	8.04 ± 0.76	7.20-8.68
Saison de passage	8.35 ± 0.15	8.2-8.5	8.32 ± 0.59	7.73-8.92
Saison d'hivernage	8.39 ± 0.33	8.11-8.7	8.53 ± 0.41	8.20-9.06

c. La conductivité électrique

La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La salinité est proportionnelle à la conductivité électrique. La conductivité électrique moyenne la plus élevée a été note au niveau du lac Tonga dans la saison de passage (639.25 ± 78.95), et la plus faible au niveau du lac Tonga dans la saison d'hivernage (363 ± 52.84) (Tableau 42).

La corrélation de Pearson a indiqué qu'il y a aucune corrélation entre la richesse spécifique et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles au niveau des 2 sites d'études avec la conductivité électrique ($r = 0.60$, $p = 0.18$) ($r = 0.5$; $p = 0.29$) respectivement.

Tableau 42: Variation de la conductivité électrique dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.

	Lac Tonga		Lac des Oiseaux	
	Moy \pm sd	Range (min.-max.)	Moy \pm sd	Range (min.-max.)
Saison de reproduction	522.25 \pm 119.30	410-690	436.33 \pm 13.65	427-452
Saison de passage	639.25 \pm 78.95	570-720	461 \pm 18.24	441-473
Saison d'hivernage	363 \pm 52.84	315-415	417.66 \pm 26.57	390-443

d. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

La valeur moyenne de l'oxygène dissous la plus élevée a été noté au niveau du lac Tonga dans la saison d'hivernage (8.7 \pm 0.19), et la plus faible au niveau du lac des Oiseaux dans la saison de reproduction (2.68 \pm 0.14) (tableau 43).

La corrélation de Pearson a indiqué qu'il y a aucune corrélation entre la richesse spécifique et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles au niveau des 2 sites d'études avec l'oxygène dissous ($r=0.62$, $p=0.18$) ($r=0.1$; $p=0.73$) respectivement.

Tableau 43: Variation d'oxygène dissous dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.

	Lac Tonga		Lac des Oiseaux	
	Moy \pm sd	Range (min.-max.)	Moy \pm sd	Range (min.-max.)
Saison de reproduction	8.38 \pm 1.005	7.32-9.3	2.68 \pm 0.14	2.52-2.79
Saison de passage	7.77 \pm 0.9	7.20-8.82	2.67 \pm 0.2	2.5-2.9
Saison d'hivernage	8.7 \pm 0.19	8.54-8.92	2.87 \pm 0.15	2.7-3.01

e. L'indice de la qualité de l'eau (WQI)

L'examen de l'indice de la qualité de l'eau à indique que les 2 sites d'études ont mauvaise qualité de l'eau (Tableau 44).

La qualité de l'eau la plus mauvaise a été enregistrée au niveau de lac des Oiseaux dans la saison de passage (13.9), et la qualité de l'eau le moins mauvaise a été enregistrée au niveau de lac Tonga dans la saison de reproduction (27.86).

L'étude de la relation de richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles au niveau les 2 sites d'études dans les différentes saisons avec l'indice de qualité de l'eau a révélée qu'il y a aucune corrélation ($r=0.6$; $p=0.5$) ($r=-0.58$; $p=0.9$) respectivement.

Tableau 44: Variation de l'indice de la qualité de l'eau dans les 3 saisons au niveau des sites d'études.

	Lac Tonga	Lac des Oiseaux
Reproduction	27.86	13.94
Passage	25.53	13.9
Hivernage	26.66	14.96

V-1-13 Effet de microclimat sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux

Le microclimat joué un rôle plus important dans la distribution de la faune ainsi de certaines espèces avienne. Dans cette partie on a choisie d'étudié la relation entre la distribution des grandes échassiers et les limicoles dans 2 zones humides avec 3 paramètres de microclimat : la température, les précipitations et l'humidité.

a. La température

La température de l'air moyenne la plus élevée a été noté dans la saison de passage (23.8 ± 3.54), et la plus faible dans la saison d'hivernage (12.24 ± 2.13) (Tableau 45).

Au niveau du lac des Oiseaux, on a marquée qu'il y a une corrélation positive et significatif de la richesse spécifique et l'abondance des grands échassiers et les limicoles avec la température de l'air ($r = 0.69$, $p = 0.02$) ($r = 0.66$, $p = 0.03$) respectivement.

Au niveau du lac Tonga, on a marquée qu'il y a aucune corrélation de la richesse spécifique et l'abondance des grands échassiers et les limicoles avec la température de l'air ($r = 0.5$, $p = 0.13$) ($r = 0.49$, $p = 0.15$) respectivement.

Tableau 45: Variation de la température de l'air dans les 3 saisons au niveau de la région d'étude.

	Reproduction		Passage		Hivernage	
	Moy±sd	Range (min.-max.)	Moy±sd	Range (min.-max.)	Moy±sd	Range (min.-max.)
La température	18.05±4.41	13.9-26.1	23.8±3.54	19.3-27.12	12.24±2.13	10.04-12.41

b. Précipitation

La précipitation moyenne la plus élevée a été noté dans la saison d'hivernage (99.60±85.98), et la plus faible dans la saison de reproduction (14.02±12.43) (Tableau 46).

Au niveau du lac des Oiseaux, on a marquée qu'il y a aucune corrélation entre de la richesse spécifique des grands échassiers et les limicoles et les précipitations ($r = -0.2$, $p = 0.5$). Cependant, il y a une corrélation négative et significatif entre l'abondance des grands échassiers et les limicoles et les précipitations ($r = -0.72$, $p = 0.02$).

Au niveau du lac Tonga, on a marquée qu'il y a aucune corrélation de la richesse spécifique et l'abondance des grands échassiers et les limicoles avec les précipitations ($r = -0.12$, $p = 0.72$) ($r = -0.35$, $p = 0.3$) respectivement.

Tableau 46: Variation des précipitations de l'air dans les 3 saisons au niveau de la région d'étude.

	Reproduction		Passage		Hivernage	
	Moy±sd	Range (min.-max.)	Moy±sd	Range (min.-max.)	Moy±sd	Range (min.-max.)
Les précipitations	14.02±12.43	0-26.4	27.72±49.57	2.03-102	99.60±85.98	24.4-193

c. L'humidité

L'humidité moyenne la plus élevée a été noté dans la saison d'hivernage (77.7±39.81), et la plus faible dans la saison de passage (70.85±4.75) (Tableau 47).

Au niveau du lac des Oiseaux, on a marquée qu'il y a une corrélation négative et significatif de la richesse spécifique et l'abondance des grands échassiers et les limicoles avec l'humidité ($r = -0.63$, $p = 0.05$) ($r = -0.61$, $p = 0.05$) respectivement.

Au niveau du lac Tonga, on a marquée qu'il y a aucune corrélation de la richesse spécifique et l'abondance des grands échassiers et les limicoles avec l'humidité ($r = -0.48$, $p = 0.1$) ($r = -0.04$, $p = 0.22$) respectivement.

Tableau 47: Variation de l'humidité dans les 3 saisons au niveau de la région d'étude.

	Reproduction		Passage		Hivernage	
	Moy±sd	Range (min.-max.)	Moy±sd	Range (min.-max.)	Moy±sd	Range (min.-max.)
L'humidité %	72.45±3.71	67.6-75.7	70.85±4.75	66.1-75.7	77.7±39.81	75.2-79.4

V-1-14 Effet de bruit sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux

Le bruit le plus élevée a été enregistré au niveau du lac des Oiseaux dans la saison de passage (63 ± 7.4) et le bruit le plus faible a été enregistré au niveau du lac des Oiseaux dans la saison de reproduction (51.5 ± 9.7) (Tableau 48).

Les figures 75 et 76 ci-dessous illustrent les cartes de l'urbanisation la plus proche au lac Tonga et lac des Oiseaux respectivement.

a. Au niveau du lac Tonga

Il y a corrélation négative et significative entre la richesse et le bruit dans la saison de reproduction et la saison d'hivernage ($r = -0.85$; $p = 0.002$) ($r = -0.65$; $p = 0.05$) respectivement. Cependant, il y a aucune corrélation avec la richesse et le bruit dans la saison de passage ($r = 0.4$; $p = 0.24$).

La corrélation de Pearson a indiqué qu'il y a une corrélation négative et significative entre l'abondance et le bruit dans la saison de reproduction et la saison d'hivernage ($r = -0.07$; $p = 0.02$) ($r = -0.76$; $p = 0.04$) respectivement. Cependant, il y aucune corrélation entre l'abondance et le bruit dans la saison de passage ($r = -0.041$; $p = 0.22$).

b. Au niveau du lac des Oiseaux

Il y a corrélation négative mais pas significative entre la richesse et le bruit dans la saison de reproduction et la saison de passage ($r=-0.8$; $p=0.5$) ($r=-0.7$; $p=0.1$) respectivement. Cependant, il y a une forte corrélation négative et hautement significative avec la richesse et le bruit dans la saison d'hivernage ($r= -0.9$; $p=0.009$).

La corrélation de Pearson a indiqué qu'il y a une corrélation négative mais pas significative entre l'abondance et le bruit dans la saison de reproduction et la saison de passage ($r=-0.81$; $p=0.4$) ($r=-0.88$; $p=0.46$) respectivement. Cependant, il y a une forte corrélation négative et significative avec la richesse et le bruit dans la saison d'hivernage ($r= -0.97$; $p=0.02$).

Tableau 48: Variation de bruit au niveau les 2 sites d'études dans les 3 saisons.

	Reproduction		Passage		Hivernage	
	Moy ±sd	(min.-max.)	Moy ±sd	(min.-max.)	Moy ±sd	(Min.-max.)
Lac Tonga	56.6±8.7	43-67	56.7±9.15	43-71	52.6±7.63	47-66
Lac des Oiseaux	51.5±9.7	43-65	63±7.4	52-68	55.5±12.81	43-68

V-1-15 Effet de l'urbanisme sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux

L'indice par déférence normalisée de l'urbanisation et la surface de l'urbanisation la plus proche au lac les plus élevées ont été enregistré au niveau du lac des Oiseaux (tableau 49).

a. Au niveau du lac des Oiseaux

Il y a forte corrélation négative et significative de la richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles avec la surface de l'urbanisation la plus proche au lac ($r= -0.86$; $p=0.05$) ($r=-0.89$; $p= 0.04$) respectivement.

b. Au niveau du lac Tonga

Il y a aucune corrélation entre la richesse des grandes échassiers et les limicoles avec la surface de l'urbanisation la plus proche au lac ($r= 0.5$; $p=0.4$). Cependant, Il y a forte corrélation négative et significative de l'abondance des grandes échassiers et les limicoles avec la surface de l'urbanisation la plus proche au lac ($r= -0.91$; $p=0.05$).

Tableau 49: Variation de l'indice de l'urbanisation (NDBI) et la surface d'urbanisation la plus proche au les 2 sites d'études.

	NDBI	Surface d'urbanisation (ha)
Lac Tonga	0.21	38
Lac des Oiseaux	0.25	74

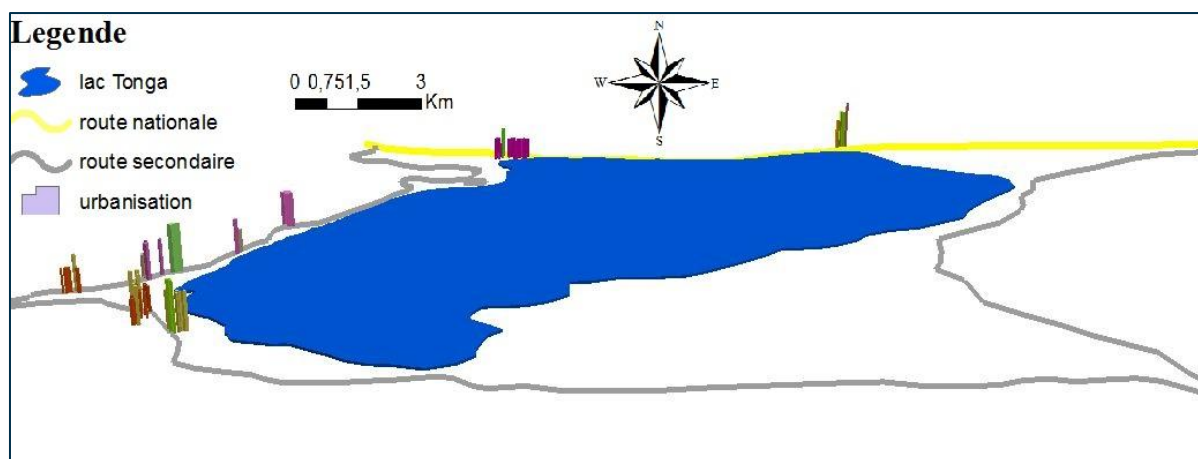


Figure 70: Carte de l'urbanisation la plus proche au lac Tonga (Chettibi, 2020).

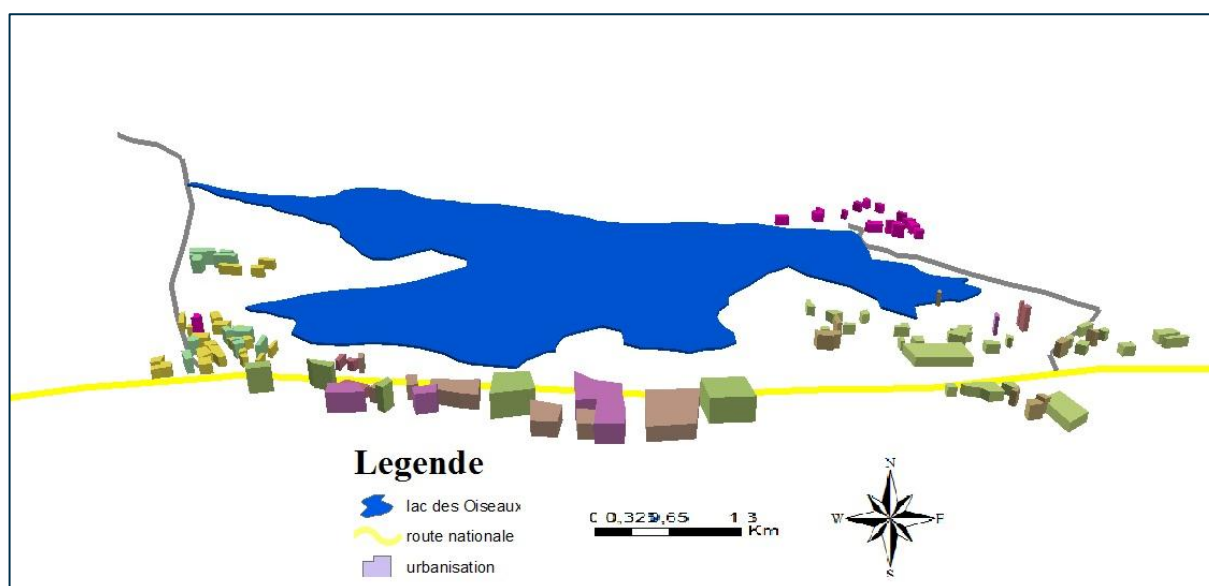


Figure 71: Carte de l'urbanisation la plus proche au lac des Oiseaux (Chettibi, 2020).

V-2 Discussion

La sélection d'habitat est un processus complexe d'exploration où un individu prend une série de décisions pour trouver un habitat adéquat en termes d'aspects physiques, chimiques et biotiques parmi tous les habitats disponibles pour habiter (Jones 2001 ; Piper 2011). Dans cette étude, nous avons comparé la richesse spécifique, l'abondance et la diversité des populations des grandes échassiers et les limicoles dans deux zones humides du nord-est de l'Algérie afin de déterminer les habitats de ces espèces et l'effet de variables environnemental et le dérangement humaine sur la sélection d'habitats.

Dans la présente étude, nous avons trouvé que lac Tonga est plus diversifié en les grandes échassiers et les limicoles (2.05) par rapport le lac des Oiseaux (1.47). L'abondance des grandes échassiers et les limicoles varie entre les 2 sites ($t(18) = 2.29$, $p = 0.034$). L'abondance moyenne la plus élevée a été noté au niveau du lac Tonga (279.2 ± 192.68) suivi par lac des Oiseaux (226.2 ± 239.4). cette variation de diversité et l'abondance sont dépend des caractéristiques biotique et abiotique des zones humides. On a souvent constaté que la présence de la diversité de l'habitat augmentait la richesse spécifique et la présence des grandes échassiers et les limicoles.

Les caractéristiques morphométriques d'un milieu humide, c'est-à-dire les données liées à sa superficie, sa profondeur et sa berge, peuvent avoir un impact direct ou indirect sur les oiseaux d'eau. Les fluctuations de niveau d'eau sont étroitement liées à la profondeur et à la superficie d'un milieu humide.

La richesse des grandes échassiers et les limicoles est varié au niveau du lac des Oiseaux dans les trois saisons ($F(2,7) = 14.86$, $p = 0.003$) mais l'abondance ne varie pas entre les différentes saisons ($F(2,7) = 2.24$, $p = 0.176$). Au niveau du lac Tonga, la richesse ne varie pas entre les différentes saisons ($F(2,7) = 0.92$, $p = 0.43$) mais nous avons trouvée qu'il y a une variation de l'abondance ($F(2,7) = 10.1$, $p = 0.009$). Ces changement et variation dans les trois saisons sont liée à la qualité de l'habitat.

Le choix d'un habitat est lié au gain en survie et en reproduction associé à l'utilisation de ce dernier, ce qui dépend essentiellement de la profitabilité alimentaire du site, ainsi que de la probabilité de prédation qui lui est associée (Jacobsen, 1996). On peut donc supposer que l'augmentation ou le déclin des populations d'oiseaux aquatiques serait un signe de la modification de l'une de ces deux variables, et donc de la qualité globale du milieu.

Le terme « macrohabitat » est utilisé dans le présent travail pour désigner la zone particulière d'un milieu humide qui est utilisée par une espèce soit végétation ou l'eau.

Nous évaluons l'utilisation des macrohabitats par les grandes échassiers et les limicoles au niveau des sites d'études par le système d'information géographiques l'aide des données satellitaires de Landsat 8.

L'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) fournit des renseignements continus sur leur étendue spatiale et fournit des mesures plus directes des conditions environnementales, comme la productivité primaire ou la phénologie, qui peuvent être liées au mécanisme écologique (Tucker, 1979 et Herfindal et coll., 2014).

L'indice de l'eau par différence normalisé (NDWI) mesurer l'évolution et les caractéristiques de la surface des eaux. (Mcfeeters, 2013).

La variation importante de la richesse des espèces et de l'abondance des grandes échassiers et les limicoles entre les différentes saisons pourrait être liée aux mouvements saisonniers et aux changements de macrohabitats.

Les résultats de notre étude ont montré qu'il y a une variation dans le taux de couvertures végétales dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux ($F = 8,7$; $p=0,01$) ($F = 4.61$; $p=0.05$) respectivement. Cependant, la surface la plus élevée de couverture végétale a été observée au niveau du lac Tonga (1415 ha).

La présente étude présente une corrélation positive entre la couverture végétale et la richesse des oiseaux d'eaux au niveau de lac Tonga et lac des Oiseaux ($r = 0,727$, $p=0,01$) ($r = 0,768$, $p=0,02$) respectivement.

La richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles augmentent positivement avec l'NDVI. Une NDVI plus élevée peut indiquer la présence de meilleures ressources alimentaires végétales. Des valeurs plus faibles de l'NDVI peuvent indiquer une couverture végétale plus faible et habituellement déterminer des niveaux d'eau plus élevés. La richesse et l'abondance de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques sont déterminées par la composition de la végétation qui constitue un élément important de leur habitat (Bancroft et coll., 2002 ; Martins et coll., 2017). La saison de reproduction a la couverture végétale la plus élevée ; aussi cette saison a la plus grande abondance des grandes échassiers et les limicoles. Cela pourrait être dû à la surface de la couverture végétale qui a créé différents macrohabitats riches en ressources alimentaires qui offrent des habitats appropriés et attiré un grand nombre d'espèces des familles des grandes échassiers (Cousin and Phillips, 2008 and Hassen-Aboushiba, 2015 ; Chettibi *et al.*, 2019). Ces habitats fournissent des aires de recherche, de repos et de nidification pour les espèces des oiseaux d'eaux. De plus, la végétation peut calmer la surface de l'eau, ce qui augmente la visibilité et peut avoir des densités de proies plus élevées, c.-à-d. invertébrés (insectes et gastéropodes) (Djamai *et al.*, 2019 ; Djamai,

2020), poissons (carpes et chats), amphibiens (grenouilles et salamandres). Autrement dit, l'hétérogénéité de la végétation aquatique peut aussi servir d'abri contre les intempéries et les prédateurs. Cela pourrait aussi être la végétation aquatique a le niveau de l'eau peu profonde.

Les résultats de notre étude ont montré qu'il y a une corrélation négative entre la richesse des grandes échassiers et les limicoles dans les différentes saisons au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux ($r=-0.719$; $p<0.05$) ($r=-0.626$; $p<0.05$) respectivement donc les grandes échassiers et les limicoles présentes une préférence pour les eaux peu profonde.

Dubowy, 1996; Colwel et Taft, 2000 ; Nouidjem *et al.*, 2019 ont signalé que les grandes échassiers et les limicoles préféraient les eaux peu profondes parce qu'elles fournissent des ressources alimentaires appropriées. Cependant, l'effet de la superficie d'eau et la profondeur sur les grandes échassiers et les limicoles variait selon les saisons. La saison de passage présente la plus faible moyenne de l'NDWI et l'indice de diversité le plus élevé pour les espèces avienne étudiées au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux ($H = 1,80$) ($H=1.67$) respectivement. En général, la présence d'un niveau intermédiaire d'eau diminue la richesse, l'abondance et la diversité. La saison sèche aux 2 sites d'étude peut concentrer les proies en eau peu profonde. L'habitat aquatique comprend des eaux peu profondes abritant une plus grande richesse d'invertébrés aquatiques, de poissons et d'amphibiens, ce qui constitue le principal régime alimentaire des espèces des grandes échassiers et des limicoles (Willard, 1977; Montesinos et coll, 2008; Roshnath, 2015). La saison d'hivernage affichait le NDVI le plus bas et le NDWI le plus élevé. Pendant la période hivernale, en raison de fortes précipitations, le niveau d'eau augmente et la couverture de végétation aquatique diminue. En retour, la disponibilité de la nourriture sera gravement affectée; en réponse à cela, les oiseaux d'eaux sont forcés de migrer dans d'autres zones humides. Ces résultats confirment que les habitats des hérons sont étroitement liés aux proies et à la disponibilité alimentaire (Gawlik, 2002).

Le terme « microhabitat » est utilisé ici pour désigner le type de chaque végétation d'un milieu humide qui est utilisée par une espèce. Il peut s'agir, par exemple, d'un îlot de végétation émergente, végétation émergée et arbustives.

Chez les échassiers et les autres oiseaux qui ne plongent pas, la longueur du bec, du cou, des pattes et du corps permet à chaque espèce de se nourrir dans une amplitude restreinte de profondeurs d'eau (Pöysä, 1983; Bolduc et Afton, 2004).

Il existe une grande variété des microhabitats par rapport le lac des Oiseaux.

Au niveau du lac Tonga, en période de reproduction, les grands échassiers et les limicoles préfèrent l'habitat de renoucle aquatique. Elles permettent de créer un microhabitat pour de

nombreuses espèces des grands échassiers, (18%) des espèces sont utilisées ce dernier habitat. Elles se placent dans des profondeurs moyennes qui permettent de concentrer les insectes (Djamai, 2019), les amphibiens et les gastéropodes dans ce habitat. Les grands échassiers favorisent aussi ce habitat dans cette saison parce que les individus des deux sexes utilisent des sites dont la densité et le recouvrement arbustif sont moins importants. Cette utilisation spécifique est liée au comportement de parade des mâles (Lemay *et al.*, 1998 ; Turcotte *et al.*, 1993). Les parades nuptiales seraient exécutées dans des milieux plus ouverts améliorant la localisation des mâles par les femelles et par les autres mâles.

Le deuxième microhabitat qui fait préférence pour les grands échassiers est le sparganium, 13 % des espèces occupent ce habitat. Les œufs et les femelles sont vulnérables à la prédation. Les femelles doivent assurer la protection de ces œufs et de lui-même dans ce dernier habitat. En période de passage, les grands échassiers et les limicoles favorisent le nénuphar comme microhabitat parce que ce dernier occupe une grande surface du centre du lac qui permet aux femelles de protéger ces jeunes contre la prédation. En période d'hivernage, nous avons observé une diminution de surface des microhabitats et disparition d'autres microhabitats qui pourraient avoir des conséquences néfastes sur la richesse et l'abondance des grands échassiers et les limicoles parce qu'elle diminuerait de beaucoup la survie hivernale (Turcotte *et al.*, 1993).

Au niveau du lac des Oiseaux, nous avons observé qu'il n'y a pas une variété de microhabitats. En effet, les grands échassiers et le limicole font préférence toujours au scirpe comme microhabitat dans les différentes saisons.

Dans les présentes études, nous avons déterminé que les grands échassiers et les limicoles sont trop influencés avec le microclimat du lac des Oiseaux. Il y a une corrélation positive de la richesse et l'abondance avec la température ($r = 0.69$, $p = 0.02$) ($r = 0.66$, $p = 0.03$) respectivement. Il y a une corrélation négative et significative entre l'abondance des grands échassiers et les limicoles et les précipitations ($r = -0.72$, $p = 0.02$). Il y a aussi une corrélation négative et significative de la richesse spécifique et l'abondance des grands échassiers et les limicoles avec l'humidité ($r = -0.63$, $p = 0.05$) ($r = -0.61$, $p = 0.05$) respectivement.

Le microclimat joue un rôle plus important dans la distribution de la faune ainsi que certaines espèces aviaires. Elle influence la distribution spatiale des oiseaux marins à différentes échelles spatiales et temporelles. Les grands échassiers et les limicoles au niveau du lac des Oiseaux sont influencés par le microclimat à cause de la diminution de la couverture végétale.

Les bioclimatologues ont montré que des gradients de vitesse de vent et de températures existaient au sein de la parcelle, et pouvaient agir sur l'installation de différents animaux en

des lieux choisis en fonction de leurs « préférences » pour certaines conditions de température, d'humidité, d'ensoleillement, etc. ; ces conditions de milieu peuvent intervenir directement sur les espèces concernées ou indirectement par l'abondance de leurs proies par exemple. Le développement des populations en place avec une rapidité plus ou moins grande, en fonction des températures. Les préférences thermiques des espèces d'oiseaux marins déterminent également leur distribution à large échelle (Chown *et al.* 1998). On distingue des espèces à affinités chaudes, qui étendent leur répartition en milieu subtropical et des espèces à affinités froides, restreintes aux eaux antarctiques ou subantarctiques. Les modifications du climat peuvent également avoir un rôle direct sur l'avifaune. Des évènements extrêmes comme des fortes pluies, des inondations, des pics de chaleur ou bien des changements de végétation peuvent affectés les conditions de nidification et avoir des conséquences sur le succès reproducteur.

Les perturbations anthropiques s'aggravent chaque année suite aux augmentations de population humaine et mènent à une réduction des milieux naturels. Il est donc très important de comprendre comment ces perturbations et la réduction des milieux naturels affectent les populations fauniques. Dans cette étude, nous avons comparé la richesse spécifique, l'abondance et la diversité des grands échassiers et les limicoles dans deux zones humides afin de déterminer les effets de qualité de l'eau, l'urbanisation et le bruit.

Pour qu'un écosystème aquatique puisse se développer de façon équilibrée, il faut que la qualité de l'eau soit bonne. Les milieux soumis au développement industriel et urbain et à l'utilisation massive de produits chimiques comme les pesticides, les engrais ou les détergents, les qualités naturelles de l'eau sont dégradées et l'écosystème aquatique perturbé, on parle alors de pollution de l'eau.

Dans la présente étude, Nous avons évalué la qualité physico-chimique d'eau du Lac Tonga et le lac des Oiseaux. Les analyses physico-chimiques sont souvent utilisées pour étudier et vérifier l'état de santé de l'écosystème aquatique.

Nos résultats ont montré que les deux sites d'étude souffrent d'un cas de pollution. Le lac des Oiseaux (WQI= 14.24) est plus polluée que lac Tonga (WQI= 26.68).en effet, lac Tonga est plus diversifier en grands échassiers et les limicoles par rapport le lac des Oiseaux.

Au cours de notre étude, nos résultats ont montrés qu'il y a une grande corrélation positive et significative entre la richesse des grandes échassiers et les limicoles avec la température de l'eau ($r=0.85$; $p= 0.02$).

La température est une mesure momentanée, qui dépend des saisons. Elle est aussi un facteur écologique important du milieu. Elle influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial de stratification des lacs et des mers... (Guiraud, 1998). La température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (Ramade, 1993). Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatiques (Angelier, 2001). Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissout donc sur la conductivité électrique et dans la détermination de pH. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et de leur origine (Leclerc, 1996). Cette mesure est importante pour diverses raisons : la température des eaux affecte les organismes qui y vivent de plusieurs manières et elle influence plusieurs processus biologiques et chimiques. En effet, chaque espèce est adaptée à une gamme de température dans laquelle elle peut se développer et poursuivre son cycle de vie. Les changements de température sont aussi responsables du déclenchement de certains phénomènes physiologiques tels que la métamorphose et la ponte des œufs. Au point de vue de la physique de l'eau, la température affecte le taux d'oxygène dissous dans l'eau ; en effet une eau chaude aura un taux d'oxygène dissous plus faible qu'une eau froide.

Dans la présente étude, nos résultats ont montré qu'il y a une corrélation négative et significative entre la richesse et l'abondance des grandes échantillons et les limicoles avec le pH ($r = -0.087$, $p = 0.05$) ($r = -0.79$; $p = 0.05$) respectivement.

Le pH agit indirectement sur la santé dans la mesure même où il influe sur les différents procédés du traitement destiné à éliminer les virus, les bactéries et autres organismes nocifs. Des études scientifiques démontrent clairement que le nombre d'espèces aquatiques (plancton, insectes aquatiques, plantes, etc.) diminue avec l'augmentation de l'acidité. L'ensemble des organismes ne subissent à peu près pas d'effets néfastes tant que le lac maintient un pH supérieur à 6 unités. Entre 6 et 5,5, l'acidité fait disparaître les espèces les plus sensibles, comme les menés et le doré jaune. L'acidification des lacs conduit à une diminution du nombre d'organismes aquatiques. Cette diminution se traduit à la fois par une réduction du nombre d'espèces et d'individus. Le pH à partir duquel une population périclité dépend de l'espèce, mais les premiers signes de déclin apparaissent généralement dès que le pH passe en dessous de 6,5. L'acidité n'est pas la seule cause du déclin des populations des ruisseaux. En effet, un pH bas favorise l'apparition d'aluminium soluble dont certaines formes sont to

l'acidification est aussi responsable de divers effets directs et indirects sur les organismes biologiques tels que la baisse de la densité de poisson dans les lac, la disparition de certaines espèces, l'accroissement de la mortalité des œufs et des alevins, l'augmentation du stress environnemental, l'apparition de problèmes respiratoires au niveau des branchies, la baisse du rendement de pêche sportive, la toxicité accrue de l'aluminium et des autres micropolluants, l'appauvrissement de la chaîne alimentaire, l'appauvrissement du réservoir génétique des espèces.

Nos résultats ont montré que le taux d'urbanisation est élevée au niveau du lac des Oiseaux (NDBI=0.25) par rapport le lac Tonga (NDBI=0.21).il y a corrélation négative et significative de la richesse et l'abondance avec l'urbanisation au niveau du lac des Oiseaux ($r = -0.86$; $p=0.05$) ($r=-0.89$; $p= 0.04$) respectivement.au niveau du lac Tonga, il y a forte corrélation négative entre l'abondance et l'urbanisation($r = -0.91$; $p=0.05$).

L'urbanisation affecte les communautés biotiques à travers le monde. Les milieux urbanisés représentent des environnements très fragmentés composés d'une mosaïque de parcelles de différents tailles et types d'utilisation des sols, allant des sites naturels préservés aux surfaces de transport pavées et aux pelouses aménagées (Faeth *et al.*, 2011). La fragmentation modifie la quantité, la qualité et la configuration des habitats et est associée aux changements de richesse spécifique des vertébrés (Faeth *et al.*, 2011; Donnelly et Marzluff, 2006). En effet, la présence et l'absence de nombreuses espèces d'oiseaux sont souvent déterminées par la destruction d'habitat. De plus, plusieurs études ont observé que les populations d'oiseaux tendent à démontrer une richesse spécifique et des indices de diversité plus faibles dans des habitats urbains comparativement aux habitats naturels (Seress et Liker, 2015; Mckinney, 2008; Dale, 2018).Plusieurs facteurs associés à l'urbanisation semblent affecter les populations d'oiseaux partout dans le monde et pourraient expliquer pourquoi on observe des richesses spécifiques plus faibles en milieu urbain. Par exemple, la mortalité accrue d'individus due aux collisions avec des bâtiments et les voitures (Isaksson, 2018), ainsi que la prédation par les animaux domestiques, l'exposition à des niveaux de pollution élevés et la fréquence élevée de collisions avec des fenêtres et des voitures, la condition physique globale de la population est réduite dans l'habitat urbain (Donovan et Thompson, 2001; Erritzoe *et al.*, 2003; Bonnington *et al.*, 2015; Isaksson, 2018).

La pollution sonore regroupe les nuisances occasionnelles par différentes sources de bruit. La plupart des espèces animales terrestres et aquatiques sont dérangées par le bruit. Ce dernier affecte aussi les espèces d'oiseaux aquatiques. Dans cette étude, on a déterminée est l'impact de bruit sur la distribution des grands échassiers et les limicoles qui, est l'une des

principales familles bien représentées dans les zones humides du nord-est de l'Algérie. Les sources de bruit dans cette zone sont presque liées aux activités humaines.

Notre résultats ont déterminée au niveau du lac Tonga, qu'il y a une corrélation négative entre la richesse des grandes échassiers et les limicoles et le bruit dans les saisons de reproduction et d'hivernage ($r=-0.85$; $p=0.002$) ($r=-0.65$; $p=0.05$) respectivement. il y a aussi une corrélation négative avec l'abondance et le bruit dans les mêmes saisons ($r=-0.07$; $p= 0.02$) ($r= -0.76$; $p= 0.04$) respectivement.

Au niveau du lac des Oiseaux on détermine qu'il y a une forte corrélation négative et hautement significative de la richesse et l'abondance des grandes échassiers et les limicoles et le bruit dans la saison d'hivernage ($r= -0.9$; $p=0.009$) ($r= -0.97$; $p=0.02$) respectivement.

Le bruit, occasionné par la construction des infrastructures et la circulation sur le chantier, le ravitaillement et l'entretien de la machinerie, pourrait causer un évitement de certains secteurs bruyants, des changements dans le succès de reproduction de certaines espèces de même que des modifications en termes de communication interspécifique. Le bruit entraîne des pertes de territoire de reproduction ainsi que de zone d'alimentation.

De nombreuses études ont émis l'hypothèse que la pollution sonore est probablement le principal facteur qui contribue au déclin des populations d'Oiseaux (Van der Zande *et al.*, 1980; Walper *et al.*, 1981; Illner, 1992; Trombulak et Frissell, 2000; Aradis et Carpaneto, 2001). Pourtant le bruit a des répercussions importantes sur les communautés car les Oiseaux ont une excellente ouïe et se basent sur des signaux acoustiques pour communiquer. Pour fuir les prédateurs ou pour la recherche de partenaire en période de reproduction (Reijnen et Foppen, 1994). Brumm (2004) suggère que le niveau du bruit ambiant affecte l'écologie comportementale des mâles chanteurs. Weiserbs et Jacob (2001) ont observé que le bruit lié aux autoroutes influence négativement la répartition des Oiseaux nicheurs. Selon Rheindt (2003), les Oiseaux dont le chant se situe dans les hautes fréquences sont moins sensibles au bruit des véhicules.

Conclusion

Conclusion

Notre étude a porté un intérêt à la connaissance de l'utilisation des habitats et facteurs de distribution de certaines espèces aviennes dans l'échelle spatiale et temporelle au niveau les zones humides du Nord-Est Algérie.

Notre étude est déroulée entre février 2017 à mars 2018 au niveau du lac Tonga et lac des Oiseaux .Les deux sites Constituent deux zones humides classées d'importance internationale dans la liste Ramsar.

Pour étudier les facteurs de distribution des grandes échassiers et les limicoles, nous avons mesurée l'indice de végétation de différence normalisée (NDVI) pour estimer la couverture végétale, l'indice de teneur en eau par différence normalisée (NDWI) pour estimer l'évolution de la superficie et les caractéristiques de l'eau, L'indice d'urbanisation par différence normalisé (NDBI) pour mettre en évidence les agglomérations et les paramètre physico chimique in situ au niveau des 2 sites.

Les variations saisonnière de la distribution des grandes échassiers et les limicoles sont liées aux les conditions environnementale auxquelles sont soumise les espèces tout au long de l'année.

Notre résultat montré que les familles étudiées présentent une préférence pour les eaux peu profond et les couvertures végétales à forte densité. Ces habitats fournissent des aires de recherche, de repos et de nidification et grandes diversité de ressources alimentaire pour les espèces des grandes échassiers et les limicoles.

La période de travail est montre que les espèces étudiées sont influencées par plusieurs facteurs de dérangement. En effet, nous avons déterminé l'impact de la qualité de l'eau, l'urbanisation et le bruit sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles. Ces facteurs entraînent des pertes de territoire de reproduction ainsi que de zone d'alimentation et de repos pour les oiseaux aquatiques.

Dans notre étude, nous avons observé que les grandes échassiers et les limicoles au niveau du lac des oiseaux sont plus sensibles aux facteurs de dérangements par rapport au lac Tonga parce que le lac des oiseaux est moins diversifié des microhabitats. Le lac des oiseaux a une superficie et couverture végétale réduite par rapport le lac Tonga. Elle a aussi des niveaux de l'eau élevée que le lac Tonga.

On peut conclure que notre étude a montré l'importance des zones humides qui représentent un habitat pour les oiseaux aquatiques. Il a montré aussi que les facteurs de dérangement dans ces milieux tendent à nuire aux populations d'oiseaux aquatiques. Donc, une compréhension plus approfondie des relations entre les variables environnementales et l'utilisation de l'habitat par les grandes échassiers et les limicoles pourrait aider à améliorer les efforts de conservation dans le but de protéger ces milieux de facteurs de dérangement.

Référence bibliographique

- Abbaci, H., 1999.** Ecologie du Lac Tonga : Cartographie de la végétation, palynothèque et utilisation de l'espace lacustre par l'avifaune. Thèse de magister, Univ. Badji Mokhtar, Annaba, 143 p.
- Aissaoui, R., 2012.** Eco-éthologie des Anatidés dans la Numidie orientale : Cas de la Fuligule nyroca *Aythya nyroca* dans le Lac Tonga Thèse de doctorat. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 167p
- Allouche, L., Dervieux A., Tamisier A., 1990.** Distribution et habitat nocturnes comparées des Chipecaux et des Foulques en Camargue. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*. 45: 165-176.
- Angelier, E., 2001.** Ecologie des eaux courantes. Tec & Doc. Paris. P 11
- Ankney, C.D., Afton, A.D., Alisauskas, R.T., 1991.** The role of nutrient reserves in limiting waterfowl reproduction. *The Condor* 9: 1029-1032.
- Aradis, A., Carpaneto, G. M., 2001.** A survey of raptors on Rhodes : an example of human impacts on raptor abundance and distribution. *Journal of Raptor Research*, 35:70–71.
- Atoussi, S., 2008.** Ecologie des canards plongeurs dans la Garaet Hadj Tahar (Ben Azzouz, Skikda), mémoire de magister. Univ de Guelma. 56p.
- Bancroft, G.T., Gawlik, D.E., Rutchey, K. 2002.** Distribution of wading birds relative to vegetation and water depths in the Northern Everglades of Florida, USA. *Waterbirds* 25(3):265-277.
- Barbaud, C., Sadoul, N., Kayser, Y., Pineu, O., Isenmann, P., 2004.** evolution du peuplement des oiseaux reproducteurs en Camargue dans les temps récents. In: Isenmann P(ed), les Oiseaux de camargue et leur habitats, une histoire de 50 ans 1954-2004. Paris : Ecologie, Buchet-Chastel, Méta-Editions. pp 235-259.
- Battisti, C., Luiselli L., Pantano D., Teofili C., 2008.** On threats analysis approach applied to a Mediterranean remnant wetland: is the assessment of human-induced threats related to different level of expertise of respondents? *Biodivers. Conserv.* 17: 1529–1542.
- Bellatreche, M., 2007.** Liste des principales espèces d'oiseaux d'eau fréquentant les zones humides algériennes (à paraître), 12 p.

- Bensaci, E., Bouzegag, A., Guergueb, E., Bounab, Ch., Brahmia, H., Nouidjem, Y., Zeraoula, A., Bouaguel, L., Saheb, M., Metlaoui, S., Mayache, B., Bouselama, Z., Houhamdi M., 2011.** Chott Merouane (Algérie): un nouveau site de reproduction du Flamant rose *Phoenicopterus roseus*. Wildfowl et Wetlands Trust, Slimbridge, UK. *Flamingo*. 18p.
- Benyacoub, S., 1993.** *Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse dans la région d'El Kala (Nord-est Algérien)*. Thèse .Doc. Univ. Dijon. France, 285p. Benyacoub S., Chabi Y., (2000) : Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'El Kala. Revue des sciences et de la technologie. Synthèse N°2, Publication de l'Université Badji Mokhtar-Annaba.
- Blondel, J.,1975.** Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Éléments d'un diagnostic écologique. I : la méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs. (E.F.P). *Terre et Vie*, 29, 533-589.
- Blondel, J.,1979.** Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p .
- Bonnington, C., Gaston, K.J., Evans, K.L., 2015.** Ecological traps and behavioural adjustments of urban songbirds to fine-scale spatial variation in predator activity. *Anim. Conserv.* 18: 529–538.
- Bouazouni, O., 2004.** *Etude socio-économique du PNEK, Parc National d'El KALA*, 50 p.
- Boumezbeur, A., 1993.** *Écologie et biologie de la reproduction de l'Érismature à tête blanche Oxyura leucocephala et du Fuligule nyroca Aythya nyroca sur la lac Tonga et le lac des Oiseaux (Est Algérien). Mesures de protection et de gestion du lac Tonga.* Thèse de doctorat EPHE, Montpellier. 250 p.
- Boumezbeur, A., 2005.** Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du Lac El Mellah (Wilaya d'El Tarf). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 16 p.
- Bourliere, F., 1950.** Senescence and rate of wound healing in the rat. *Rev Med Liege* 5: 669-71.
- Brumm, H., 2004.** The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology*, 73(3):434–440.

- Carignan, V., Villard, M.A., 2002.** Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78: 45–61
- Chabi, Y. 1998.** Étude des paramètres de reproduction des mésanges dans le Nord-Est algérien. Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar d'Annaba. 162 p.
- Chalabi, B., 1990.** Contribution à l'étude de l'importance des zones humides algériennes pour l'avifaune. Cas du lac Tonga (Parc National d'El-Kala). Thèse Magistère. Institut National Agronomique (INA). El-Harrach-Alger. 133 p.
- Chalabi, B., 1990.** Contribution à l'étude de l'importance des zones humides pour la protection de l'avifaune : cas du lac Tonga (PNEK). Thèse de magister, I.N.A, Harrach, Alger, 133 p.
- Cherouana, N., 1996.** Contribution à la cartographie et à l'étude de la végétation du Lac des Oiseaux (W: El-Tarf). Thèse ingénieur agronome INA. Alger 102p.
- Chettibi, A., Bensaci, E., Mimeche, F., Djamai, S., 2019.** Effects of vegetation and water seasonal variation on habitat use of herons (Aves, Ardeidae) in Tonga Lake (North-East Algeria). *STUDIA UNIVERSITATIS BABEŞ-BOLYAI BIOLOGIA*, LXIV, 2, 2019 (p. 25-40)
- Chettibi, F., 2014.** *Ecologie de l'Érismature à tête blanche Oxyura leucocephala dans les zones humides de la Numidie algérienne (du Littoral Est de l'Algérie)*. Thèse de Doctorat
.Univ. BADJI Moukhtar, Annaba 126p.
- Chown, S.L., Gaston, K., Williams, P.H., 1998.** Global patterns in species richness of pelagic seabirds: the Procellariiformes. *Ecography*, **21**, 342-350. Colwell, M. A., Taft, O.W. (2000) Waterbird Communities in Managed Wetlands of Varying Water Depth. *Waterbirds* 23 (1): 45-55.
- Cousin, J.A., Phillips, R.D., 2008.** Habitat complexity explains species-specific occupancy but not species richness in Western Australian woodland, *Australian Journal of Zoology* 56(2): 95–102.
- Cramp, S., Simmons, K.E.L., Brooks, D.J., Collar, N.J., Dunn, E., Gillmor, R., Hollom, P.A.D., Hudson, R., Nocholson, E.M., Ogilvie, M.A., Olney, P.J.S., Roselaar, C.S. Voous, K.H., Wallace, D.I.M., Wattel, J. & Wilson, M.G., 1983.** Handbook of the

- Birds of Europe the Middle East and North Africa – The Birds of the Western Palearctic – Volume III Waders to Gulls. Oxford university press, Oxford, 913 p.
- D.G.F., 2004.** Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. 4ème Edition, IV. 2004. 107p.
- Dajoz, R., 1971.** Précis d'écologie. Ed. Barda, Paris, 434 p.
- De Bélaïr et Samraoui B.1994.Death of a lake ; lac Noir in northeastern Algeria.Environmental Conservation 21 :169-172.
- Dale, S., 2018.** Urban bird community composition influenced by size of urban green spaces, presence of native forest, and urbanization. *Urban Ecosystems* 21: 1–14.
- De Bélaïr, G., 1990.** *Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustre et marécageux (El-Kala Est Algérien)*. Thèse de doctorat. Univ Montpellier II. 193p De Martonne (1923)
- Djamai, S.2019.** Variations Spatiales des Macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (El-Kala – Wilaya El-Tarf).uthese doctorat univ.M'Sila.
- Djamai,S., Mimeche, F., Bensaci, E., Oliva-Paterna, F.J., 2019.** Diversity of macro-invertebrates in Lake Tonga (northeast Algeria). *Biharean Biologist*, 13 (1): 8-11.
- Donnelly, R., Marzluff J.M., 2006.** Relative importance of habitat quantity, structure, and spatial pattern to birds in urbanizing environments. *Urban Ecosystems* 9: 99–117.
- Donovan, T.M., Thompson, F.R.I., 2001.** Modeling the ecological trap hypothesis: a habitat a demographic analysis for migrant songbirds. *Ecological Applications* 11: 871–882.
- Dubowy, P.J. 1996.** Effects of water levels and weather on wintering herons and egrets, *The Southwestern Naturalist* 41(4):341-347.
- Durand, J.H.1952.** *Les sols du bassin versant du lac Tonga (carte au 1/50 000)* S.E.S, Alger. 12p
- Elphick, D., 1996.** A review of 35 yars of bird-ringing at Slapton Ley (1961-1995) together with a brief historical review of ornithological observation.Field Studies 8, 699-725.
- Emberger, L., 1952.** Une classification biogéographique des climats. *Nat. Monspl, Série Bot*, 7, 3-42
- Erritzoe, J., Mazgajski, T., Rejt, L., 2003.** Bird casualties on European roads – a review. *Acta Ornithol.* 37: 77–93.
- Faeth, S.H., Bang, C., Saari, S., 2011.** Urban biodiversity : patterns and mechanisms. *Ann N YAcad Sci* 1223: 69–81.
- Filter, R., Roux ,F., 1982.** Guide des oiseaux. Sélection du reader's digest.
- Frazier, S., 1999.**Ramsar sites overview, Wetlands International, 42 p

- Frochot, B., Godreau, V., 2008.** L'avifaune bourguignonne depuis un siècle. Rev. sci. Bourgogne-Nature n° 7
- Fuller, R.J., Ausden, M., 2008.** Birds and habitat change in Britain. Part 1: a review of losses and gains in the twentieth century. *British Birds* 101 : 644-675
- Fustec, E., Lefeuvre, J-C., coll., 2000.** *Fonctions et valeurs des zones humides*, Dunod, Industries Techniques, série Environnement, 425 p.
- Gawlik, D.E., 2002.** The effects of prey availability on the numerical response of wading birds, *Ecological Monographs* 72(3): 329–346.
- Geroudet, P., 1982.** *Limicoles. Gangas et pigeons d'Europe*. Delachaux & Niestlé. Neuchâtel-Paris. 240 p.
- Ghalmi, R., 1997.** *Étude préliminaire du régime alimentaire de la loutre (Lutra lutra) dans le nord-est algérien (Parc National d'El Kala)* . Mémoire D.E.S, Université de Liège, 57 p.
- Guiraud, J. P., 1998.** Microbiologie alimentaire. Dunod. France. 652 p.
- Hale, W.G., 1980.** Classification and world distribution of wading birds. Waders/Collins Edition: 266-289.
- Harbi, S., 2011.** Structure et écologie des Sarcelles d'hiver *Anas crecca crecca* hivernant au niveau du Lac des Oiseaux et du Marais de la Mékhada (Wilaya d'El-Tarf). these doct.univ Annaba. 96 pp
- Hassen-Aboushiba, A.B., 2015.** Assessing the effects of aquatic vegetation composition on waterbird distribution and richness in natural freshwater Lake of Malaysia, *American Journal of Life Sciences* 3(4): 316-321.
- Heinzel, H., Fitter, R., Parslow, J., 1972.** Oiseaux d'Europe, et Afrique de nord et de moyen –orient. Ed. delachaux et Niestle, Neuchatel, 319p
- Hoffmann, L., Hafner, H., Salathé, T., 1996.** The contribution of colonial waterbird research to wetland conservation in the Mediterranean region. *Colonial Waterbirds* 19 (Special Publication 1): 12–30.
- Houhamdi, M., 2002.** *Ecologie des peuplements aviens du Lac des Oiseaux*. Thèse de doctorat d'état en écologie et environnement. Univ. Badji Mokhtar. Annaba
- Houhamdi, M., Bensaci, E., Nouidjem, Y., Bouzegag, A., Saheb, M., Samraoui, B., 2008.** Eco-éthologie des Flamants roses *Phaenicopterus roseus* hivernants dans la Vallée de Oued Righ, Sahara oriental algérien. *Aves*, 45 (1) : 15–27.

- Houhamdi, M., Maazi, M. C., Seddik, S., Bouaguel, L., Bougoudjil, S., Saheb, M., 2009.** Statut et écologie de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* dans les zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. *Aves* 46 (1): 129–148.
- Illner, H., 1992.** Effects of roads with heavy traffic on grey partridge (*perdix perdix*) density. *Gibier Faune Sauvage*, 9:467–480.
- Isaksson, C., 2018.** Impact of Urbanization on Birds. In Tietze D. (eds) *Bird Species*, 235–257.
- Isenmann, P., Moali, A., 2000.** Oiseaux d'Algérie-Birds of Algeria. *Société d'Etudes Ornithologiques de France (SEOF)*. Paris, 336p
- Jacobsen, O. W. (1996). Habitat Selection by Breeding Eurasian Wigeon (*Anas Penelope* L.) in Western Norway. *Gibier Faune Sauvage*, vol. 13, no 2, p. 667-679.
- Jahan, S., Strezov, V., 2017.** Water quality assessment of Australian ports using water quality evaluation indices. *PLoS ONE* 12(12): e0189284.
- Jarry, G., 1988.** Les migrations d'oiseaux. Bulletin mensuel de l'O. N. C, n°127, pp : 5-9.
- Joleaud, L., 1936.** *Etude géologique de la région de Bône et la Calle, 2ieme série stratigraphie et description générale.* Typo-litho et Jules Carbonel 199p.
- Jones, J., 2001.** Habitat selection studies in avian ecology, *The Auk* 118(2):557-562.
- Kadid, Y., 1989.** Contribution à l'étude de la végétation aquatique du Lac Tonga. Parc National d'El-kala. Thèse ingénieur agronome. INA. Alger 106p
- Kadid, Y., Thébaud, G., Pétel, G., Abdelkrim, H., 2007.** Les communautés végétales aquatiques de la classe des Potametea du lac Tonga, El-Kala, Algérie, *Acta bot. Gallica* 154(4):597-618.
- Krapu, G.L., 1981.** The role of nutriment reserves in mallard reproduction. *The Auk* 98: 29-38. Lamotte J. & Bourliere A. (1969) *Problèmes d'écologie: l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres.* Edition : Masson. 151p.
- Leclerc., 1996.** Microbiologie générale. Doin. 368 p
- Ledant, J.P., Jacobs, J.P., Jacobs, P., Malher, F., Ochando, B. & Roché, J., 1981.** Mise à jour de l'avifaune algérienne. *Gerfault* 71: 295–398
- Lemay, Y., Ferron, J., Ouellet, J.P. et Couture, R., 1998. Habitat de reproduction et succès de nidification d'une population introduite du Tétrás du Canada. *Falci pennis canadensis*. Dans l'île d'Anticosti. Québec. *Canadian Field-Naturalist*. 112(2) : 267-275.
- Ma, Z., Wang, Y., Gan, X., Li, B., Caj, Y. et Chen, J., 2009.** Waterbird population changes in the wetlands at Chongming Dongtan in the Yangtze River estuary, China. *Environmental Management* 43: 1187–1200.

- Maazi, M.C., 1991.** Contribution à l'estimation quantitative et qualitative des Anatidés et Foulques hivernants et nicheurs au niveau du lac des Oiseaux (W. El-Tarf). INA. Alger, 55 p.
- Maciejewski, L., Lepareur, F., Viry, D., Bensettiti, F., Puissauve, R., Touroult, J., 2016.** État de conservation des habitats : propositions de définitions et de concepts pour l'évaluation à l'échelle d'un site Natura 2000. *Revue d'écologie (Terre et Vie)*, 71(1) : 3-20.
- Martins, C.O., Rajpar, M.N., Nurhidayu, S., Zakaria, M. 2017.** Habitat Selection of *Dendrocygna javanica* in Heterogeneous Lakes of Malaysia, *Journal of Biodiversity Management and Forestry*, 6 (3). pp.
- Matthews, G. V. T. 1967.** Some parameters of "nonsense" orientation in mallard wildfowl trust. *Ann.Rept.* 18:88-97.
- McFeeters, S.K. 2013.** Using the Normalized Difference Water Index (NDWI) within a Geographic Information System to Detect Swimming Pools for Mosquito Abatement: A Practical Approach. *Remote Sensing* 5:3544-3561.
- McFeeters, S.K., 1996.** The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. *International Journal of Remote Sensing*, 17:1425-1432.
- Mckinney, M.L., 2008.** Effects of urbanization on species richness : A review of plants and animals. *Urban Ecosystems* 11: 161–176.
- Meddour, R. 2011.** La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-blanketotunisienne. Université de Tizi Ouzou, Algérie, 40 p.
- Metallaoui, S., Houhamdi, M., 2008.** Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est algérien). *ABC Bull* 15(1) : 71-76
- Mohamed, A.C., Nicolas, S., Khaled, M., Arnaud, B., 2008.** Analyse comparative de la richesse avifaunistique du salin de Sfax dans le contexte Tunisien et Méditerranéen. *Revue d'écologie*, vol. 63, no4, pp. 351-369.
- Montesinos, A., Santoul, F., Green, A.J., 2008.** The diet of the night heron and purple heron in the Guadalquivir marshes, *Ardeola* 55(2): 161-167.
- Norris, K., Atkinson, P.W., Gill, J.A., 2004.** Climate change and coastal waterbird populations – past declines and future impacts. *Ibis*. 149. 82-89.
- Nouidjem, Y., Mimeche, F., Bensaci, E., Merouani, S., Arar, A., & Saheb, M., 2019.** Check list of waterbirds at Wadi Djedi in Ziban Oasis–Algeria. *Arx Misc Zool* , 17,34–43.

- Ould- Aveloitt, M., 2014.** L'hivernage des limicoles (aves, charadrii) des zones humides d'importance majeure en mauritanie méridionale : inventaire des espèces et étude phénologique. Thèse de doctorat.Rabat. 138p.
- Ozenda, P.,1982.** *Les végétaux dans la biosphère.* Ed. Doin, Paris, 431p.
- Paracuellos, M., 2008.** Effects of long-term habitat fragmentation on a wetland bird community. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 63: 1–12
- Pöysä, H., 1983.** Resource Utilization Pattern and Guild Structure in a Waterfowl Community. *Oikos*, vol. 40, no 2, p. 295-307. Bolduc, F. and Afton, A. D. (2004).Relationships Between Wintering Waterbirds and Invertebrates, Sediments and Hydrology of Coastal Marsh Ponds. *Waterbirds*,vol. 27, no 3, p. 333-341.
- Ramade, F., 1984.** Elément d'écologie .Ecologie fondamentale Ed.Mc.Geauw-Hill. Paris. 397p.
- Ramade, F., 1993.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Science Internationale. Paris, p 61- 822 p.
- Ramade, F., 2003.** Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale (3° Edition). Dunod, Paris, 690p.
- Rameau, J.-C., Gauberville, C., Drapier, N., 2000.** Gestion forestière et diversité biologique. Identification et gestion intégrée des habitats et espèces d'intérêt communautaire. France - Domaine atlantique – ENGREF, ONF, IDF.
- Reijnen, R., Foppen, R., 1994.**The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. I. Evidence of reduced habitat quality for willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) breeding close to a highway. *J. Appl. Ecol.* **31**, 85–94.
- Rheindt, F. E., 2003.** The impact of roads on birds: Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution? *Journal für Ornithologie*, 144(3):295–306.
- Rose, P.M., Scott, D.A., 1994.** Waterfowl population's estimate.*IWRB Publ.* 29,102 p.
- Roshnath, R. (2015) Preliminary study in diet composition of Indian pond Heron during breeding season, *Biotechnology* 4 (5): 574-577.
- Rouag, R., 1993.** *Inventaire et écologie des reptiles du Parc national d'El Kala.* Mémoire d'ingénieur d'état en écologie environnement, Université de Annaba, 61p.
- Saheb, M., 2003.***Cartographie de la végétation des sebkhas de Guellif et de Boucif (Oum el Bouaghi) et écologie de l'avifaune aquatique.* Thèse de magister. C.U. LARBI ben M'hidi, Oum el Bouaghi, 56p.

- Saifouni, A., 2009.** État des lieux des zones humides et des oiseaux d'eau en Algérie. Magistère. Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A.), El Harrach, Alger. 247 pp.
- Samraoui, B., 2002.** Branchiopoda (Ctenopoda and Anomopoda) and Copepoda from Eastern Algeria. *Hydrobiologia* 470: 173–179.
- Samraoui, B., Benyacoub, S., Mecibah, S. Dumont, H.J., 1993.** Afrotropical libellulids (Insecta: Odonata) in the lake district of el Kala, North-East Algeria, with a rediscovery of *Urothemis e. edwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur). *Odonatologica* 22: 365–372.
- Schricke, V., 1985.** Modalités d'utilisation de l'espace par les canards de surface en période d'hivernage et de migration dans la baie du Mont Saint -Michel. B.M O.N.C. n° 152
- Schricke, V., 1990.** Modalités d'utilisation de l'espace par les canards de surface en période d'hivernage et de migration dans la baie du Mont Saint-Michel. B.M O.N.C. n° 152. Décembre 1990, 8p.
- Seress, G., Liker A., 2015.** Habitat urbanization and its effects on birds. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 61: 373–408.
- Shepard, F.P. 1975.** Progress of internal waves along submarine canyons. *Marine Geology* 19(3), 131-138.
- Stewart, P., 1969.** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. *Bull. Soc. Hist. Natu., Afr. Nord*, New York and London, T. 59, pp. 23 – 36.
- Stirn, S., 1981.** Manual methods in aquatic environment research; *FAO fisheries technical paper* No. 209, part 8, *Ecological assessment of pollution effects*, pp 40–50
- Tamisier, A., Dehorter, O., Delprat B., Maamouri F., 1995.** *Etude pour la sauvegarde du parc national de l'Ichkeul. Le peuplement d'oiseaux d'eaux.* GIS Posidonie. BCEOM/Min. Env. Tunis, 139. Toubal, 1986
- Temple, S. A., Wiens, J. A., 1989.** Bird populations and environmental changes: can birds be bio-indicators? *American Birds*, vol. 43, no 2, p. 260-270 Thomas DL, Taylor EJ (2006) Study designs and tests for comparing resource use and availability II. *Journal of Wildlife Management*, 70, 324-336.
- Triplet, P., 2017.** Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature.
- Trombulak, S. C., Frissell, C. A., 2000.** Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14:18–30.

- Tucker, C.J.,1979.** Red and photographic infrared linear combinations monitoring vegetation. *Journal of Remote Sensing Environment* 8(2): 127-150.
- Turcotte, F., Couture, R.,Ferron, J., Courtois, R.,1993.**Caracterisation des habitats essentiels du Tétras du Canada(*Dendragapus canadensis*) dans la région de l'abitibi-Témiscamingue.57p.
- Van Der ZANDE, A. N., 1980.** the impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat – evidence of a long-distance effect. *Biology and Conservation*, 18:299–321.
- Weiserbs,A. Jacob J.P., 2001.** Is breeding bird distribution affected by motorway traffic noise? *Alauda* 69(4):483-489.
- Willard, D.E. ,1977.** The feeding ecology and behavior of five species of herons in southeastern New Jersey, *the Condor* 79:462-470.
- Wu, X., Lv, M., Jin, Z., Michishita, R., Chen j., Tian, H.,Tu, X., Hongmei, Z., Niu Z., Chen, X.,Yue, T., Xu, B.,2014.** Normalized difference vegetation index dynamic and spatiotemporal distribution of migratory birds in the Poyang Lake wetland, China, *Ecological Indicators* 47: 219–230
- Wu, Z., Wang, X., , Yongjiu Cai, Y.C., Deng, J., 2018.** Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. *Science of the Total Environment* 612 (2018) 914–922
- Yahner, R.H., 1986.** Structure, Seasonal dynamics and habitat relationships of avian communities in Small Even-Aged forest stands. *Wilson Bull*, 98(1):61-82.
- Zaime, A.,Gautier, J.Y., 1989.** Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien au Maroc. *Revue Ecologie (Terre et vie)* 44(3), p. 263-278.

استخدام الموائل وعوامل التوزيع لبعض أنواع الطيور المائية في الأراضي الرطبة بشمال شرق الجزائر

المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد تأثير بعض العوامل البيئية مثل خصائص المياه والغطاء النباتي والمناخ المحلي ، كما قمنا بتحديد تأثير عوامل الازعاج مثل تلوث المياه، التلوث الضوضائي والعمران على توزيع واستخدام موائل بعض أنواع الطيور خلال مواسم مختلفة من حياة الطيور المائية (التكاثر والممر والشتاء) في الأراضي الرطبة في الشمال الشرقي للجزائر من مارس 2017 إلى فبراير 2018. استخدمنا تقنيات الاستشعار عن بعد لدراسة الاختلافات في العوامل البيئية، اعتمدنا مؤشر الغطاء النباتي للاختلاف الطبيعي لإعطاء تقدير للغطاء النباتي، استخدمنا مؤشر الماء للاختلاف الطبيعي لدراسة خصائص المياه واستخدمنا مؤشر البناء لإعطاء تقدير للمساحة العمرانية. هذه الأنواع من الطيور تفضل المياه الأقل ارتفاعا والكثافة العالية من الغطاء النباتي، حيث توفر هذه الموائل مناطق الراحة ومناطق التعشيش بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من الموارد الغذائية. في دراستنا أظهرنا أن أنواع الطيور المائية التي تمت دراستها تتأثر بعوامل الازعاج حيث تؤدي هذه العوامل إلى فقدان مناطق التكاثر والموارد الغذائية والراحة.

الكلمات المفتاحية: الطيور المائية ، الاستشعار عن بعد ، العوامل البيئية ، عوامل الإزعاج، شمال شرق الجزائر.

Utilisation des habitats et facteurs de distribution de certaines espèces aviennes dans les zones humides du Nord-Est Algérie.

Résumé

L'objectif de notre étude visait à déterminer l'effet de certains facteurs environnementaux tels que les caractéristiques de l'eau, la couverture végétale et le microclimat, nous déterminons aussi l'impact de facteurs de dérangements tels que la qualité physicochimique de l'eau, pollution sonore et l'urbanisation sur la distribution et l'utilisation de l'habitat de certaines espèces aviennes au cours de différentes saisons de la vie des oiseaux (reproduction, passage et hivernage) dans les zones humides du nord-est de l'Algérie de mars 2017 à février 2018.

Nous avons utilisé des techniques de télédétection pour étudier les variations des facteurs environnementaux, nous avons adopté l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) pour donner une estimation de la couverture végétale, nous avons utilisé l'indice d'eau par différence normalisée (NDWI) pour étudier les caractéristiques de l'eau et nous avons utilisé l'indice de construction de la différence normalisée (NDBI) pour donner une estimation de la couverture d'urbanisation. Dans notre étude, nous avons recensé 16 espèces appartenant à 6 familles des grandes échassiers et les limicoles. Nous déterminons que l'abondance et la richesse de ces espèces aviennes sont largement influencées par les caractéristiques de l'eau et la couverture végétale. Ces espèces aviennes a une préférence pour les eaux peu profondes et la forte densité de couverture végétale. Ces habitats fournissent des aires de recherche, de repos et de nidification ainsi qu'une grande diversité de ressources alimentaires. Dans notre étude, nous avons montré que les espèces étudiées sont influencées par des facteurs de perturbation. Nous avons déterminé l'impact de la qualité de l'eau, l'urbanisation et le bruit sur la distribution des grandes échassiers et les limicoles. Ces facteurs entraînent la perte de territoires de reproduction et d'aires d'alimentation et de repos pour les oiseaux aquatiques.

Mots clés : oiseaux aquatiques, télédétection, facteurs environnementale, facteurs de dérangements, Nord-est Algérie.

Habitat use and distribution factors of some avian species in the wetlands of North-East Algeria.

Abstract

The present study was aimed to determine the effect of some environmental factors such as water features, vegetation cover and microclimate, we determine also the impact of disturbance factors such as physicochemical water quality , noise pollution and agglomeration on the distribution and habitat use of h some avian species over different seasons of the bird's life (breeding, passage and wintering) in wetlands of North East Algeria from March 2017 to February 2018. We used remote sensing techniques to study the environmental factors variations, we adopted the normalized difference vegetation index (NDVI) to give an estimate of vegetation cover, we used the normalized difference water index (NDWI) to study the water features and we used the normalized difference built index (NDBI) to give an estimate of built cover. In our study, we recorded 16 species belong to 6 families of large waders and shorebirds. We determine that the abundance and richness of shorebirds and large waders species is largely influenced by the water features and vegetation cover. This avian species have a preference for shallow water and high density of vegetation cover. These habitats provide research, resting and nesting areas and great diversity of food resources. In our study, we showed that the species studied are influenced by disturbance factors. We determined the water quality, urbanization and noise on the distribution of large waders and shorebirds. These factors result in loss of breeding territory and feeding and resting areas for waterbirds.

Keywords: waterbirds, remote sensing, disturbance factors, environmental factors, north east Algeria.