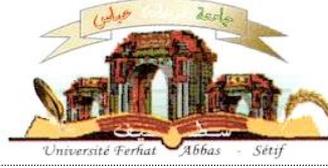


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALE

N°/SNV/2017

THÈSE

Présentée par

ELAFRI Ali

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière: BIOLOGIE

Spécialité: BIOLOGIE ANIMALE

THÈME

**Inventaire et écologie du peuplement d'oiseaux aquatiques dans un
site Ramsar du Nord-est algérien (Lac Tonga, wilaya El-Tarf)**

Soutenue publiquement le 15/10/2017

DEVANT LE JURY

Président	BOUNECHADA Mustapha	Prof. Université Setif-1
Directeur	HOUHAMDI Moussa	Prof. Université Guelma
Co-directeur	BELHAMRA Mohamed	Prof. Université Biskra
Examineurs	MAAZI Mohamed-Chérif	Prof. Université de Souk-Ahras
	TELAILIA Salah	MCA. Université d'El-Tarf

Année universitaire 2016/2017

Remerciements

Jamais je ne saurais m'exprimer quant aux sacrifices et dévouement que vous avez consacrés à mon éducation et mes études. Les mots aussi expressifs soient-ils, restent faibles pour vous énoncer ma gratitude hautement profonde. Puisse Dieu vous exaucer de santé, de prospérité et de bien-être et vous octroyer une longue vie mon cher Papa.

*Mes vifs remerciements vont à ceux qui m'ont orienté, aidé et encouragé tout le temps pour la réalisation de ce travail Pr. **Moussa HOUHAMDI**, et Pr. **Belhamra Mohamed** malgré un emploi du temps toujours chargé. Je l'en remercie vivement et qu'ils veuillent trouver ici l'expression de mon profond respect, ma reconnaissance et mon attachement. Tous les mots ne peuvent exprimer ma profonde gratitude.*

*Mes plus vifs remerciements et ma profonde gratitude vont bien évidemment aux membres de jury Pr. **Bounechada Mustapha**; Pr. **Maazi Mohamed-Chérif** et Dr. **Telailia Salah** d'avoir accepté d'examiner et évaluer ce modeste travail. Honoré par votre assistance chers messieurs que vous trouvez ici tout mon respect et ma profonde reconnaissance.*

A ma petite-famille

Résumé

على مدار حولين كاملين (من سبتمبر 2012 إلى أغسطس 2014)، قمنا بدراسة و تحليل التغيرات البيئية لمجاميع الطيور المائية في واحدة من الأراضي الرطبة الساحلية لشمال شرق الجزائر (بحيرة طونقة). وقد تم تحليل التغيرات السنوية والموسمية في الوفرة النسبية للأصناف المتواجدة عن طريق منهجية التنوع / وفرة . كما قمنا بإجراء وصف كمي لاستخدام هذه الأرض الرطبة بالنسبة لـ 22 طير مائي خلال الفترة الممتدة من نهاية فصل الصيف إلى نهاية فصل الشتاء (من سبتمبر 2013 إلى فيفري 2014)، مع تحليل تغير مجموع نشاطاتهم النهارية خلال هذه الفترة و أيضا خلال فترات متفاوتة من النهار و المكونات البيئية ذات الصلة. هذه الدراسة بينت أن تجمعات الطيور المائية المشتية و المعششة تختلف فقط في عدد الأنواع (35 نوع مسجل خلال موسم الشتاء مقابل 23 خلال موسم التكاثر). أما فيما يخص قيم الوفرة النسبية و باقي المؤشرات فكانت شبه متماثلة في كلا الموسمين حيث كانت جميع المنحنيات في الرسم البياني (Wittakar plot) متماثلة في الواقع، إن البنية الموسمية لتجمعات الطيور المائية تشير إلى مجتمع حيواني غير متكافئ و ذلك لهيمنة بعض الأنواع حيث أن مؤشر "Simpson" دائما أكبر من 5, 0. طائر الغرة السوداء *Fulica atra* و الغطاس الصغير *Tachybaptus ruficollis* هما النوعين المهيمنين في هذه التجمعات سواء المشتية أو المعششة. أظهرت التحاليل المتعلقة بمختلف النشاطات النهارية و المكونات البيئية ذات الصلة أن معظم الأنواع تقضي وقتها النهاري في أربعة أنشطة رئيسية هي: التغذية، النوم، السباحة، و الراحة. وفقا لمؤشر Ivlev وجدنا أن ثلاث وحدات بيئية رئيسية فقط من بين السبع كانت الأكثر أهمية بالنسبة لجميع الأنواع، المياه المفتوحة هي الأكثر جذبا للطيور، تليها المروج الرطبة و المناطق الموحلة.

أن التركيبة الغير متوازنة (هيمنة نوع معين) للمجتمع الطيور المائية في هذا النظام البيئي و المبينة من خلال هذه الدراسة يرجع أساسا إلى النشاطات البشرية أو العوامل الطبيعية. حيث أظهرت دراستنا تراجع ملحوظ في درجة التنوع الحيوي للطيور و ذلك خلال جميع المراحل و على مدار عامين. أن مثل هذه التقويمات البيئية تبين وجود وضعية مقلقة و جب التعامل معها من طرف المختصين في تسيير و حماية هذه المناطق. فيجب دراسة أسباب و نتائج زيادة عدد معين من الأنواع على حساب المجموعة خلال جميع المواسم. كما يمكن للبيانات المتعلقة بدراسة السلوكيات و المتطلبات البيئية للطيور المائية أن توفر معلومات هامة و صحيحة للتعامل مع هذه الأراضي الرطبة و كذلك بالنسبة لمواقع أخرى مشابهة على طول الشريط الساحلي للجزائر.

الكلمات الرئيسية: تجمعات الطيور، مؤشرات التنوع، السلوك النهاري، المكونات البيئية، مخطط تنوع / وفرة، مراقبة الطيور المائية، الأنواع المهيمنة

RESUME

Notre étude consiste à évaluer le statut écologique actuel du peuplement avien du Lac Tonga (une zone humide côtière du nord-est algérien) et à suivre l'évolution temporelle de leur structure au cours de deux cycles annuels complets (Septembre 2012 à Août 2014). Nous avons également analysé les stratégies d'exploitation de l'habitat et les bilans d'activité de ce peuplement d'oiseaux durant la période hivernale. L'étude nous a permis de conclure que la saison hivernale est plus riche (35 espèce) par rapport à la saison estivale (23 espèce). En revanche, des niveaux de similitude très élevés caractérisent l'organisation structurale du peuplement avien dans ces deux périodes comme l'indique les Diagramme Rang-fréquence (DRF). En effet, le peuplement avien est caractérisé par des structures saisonnières fortement déséquilibrées avec une nette dominance de certaines espèces (valeurs faible d'équitabilité). La Foulque macroule *Fulica atra* et le Grebe castagneux *Tachybaptus ruficollis* sont les espèces les plus dominantes dans ce peuplement durant les deux saisons (tous les deux souvent représentent un pourcentage voisin de 50% de l'ensemble des individus recensés). Les analyses des bilans d'activité et les préférences d'habitat ont montré que toutes les espèces passent leur temps diurne dans quatre activités majeures : l'alimentation, le sommeil, la nage et les activités de confort. Bien que les différences entre les espèces sont considérable, seulement trois principales catégories d'habitat dans ce site sont les plus utilisées, les plages d'eau libre, suivis par les prairies inondées et enfin les vasières. En comparaison avec des zones humides similaires, les valeurs de diversité obtenues dans cette étude sont relativement faibles, ce qui mérite d'attirer une attention particulière pour les gestionnaires de cet écosystème. Notre étude permet d'identifier des pistes importantes qui mériteraient d'être développées pour attirer et fournir un habitat adapté à l'avifaune aquatique et amélioré ainsi la biodiversité totale de cette zone humide.

Mots clés: Comportement diurne, DRF, espèces invasives, indices de diversité, indices de la niche écologique, monitoring des oiseaux aquatiques.

ABSTRACT

During two annual cycles (from September 2012 to August 2014), we analyzed structural patterns of bird assemblages in coastal wetlands of Northeastern Algeria. Annual and seasonal differences in relative species abundance were analyzed from the viewpoint of diversity/dominance. Also, we carried out a quantitative description of the use of this wetland by 22 waterbirds species during late summer-wintering period (2013/2014), and analyzing their species-specific diurnal time budgets and the main related features of the landscape. Bird assemblages vary only in the number of species (35 recorded species during the wintering season against 23 during the breeding season). Values of the relative abundance in both seasons were similar; curves in the diversity/dominance diagram were analogous. Indeed, the seasonal structure of waterbird communities indicates highly dominated assemblages (Simpson's index $>0,50$). The Eurasian Coot *Fulica atra* and the Little Grebe *Tachybaptus ruficollis* were highly dominant species among the two seasons. The diurnal time budgets and habitat preferences analyses showed that all most al species spend their diurnal time in four major activities: feeding, sleeping, swimming, and resting. According to Ivlev's electivity index we found that only three main habitat categories were the most important, open water body, mudflats, and flooded meadows. The marked decline in bird species diversity recorded during the study period may be of concern to wetland managers as causes and consequences of the increased number of widespread species and data on behavior requirements and habitat preferences can provide important and optimal correct wetland management at multi-species assemblage level for this wetland and similar area around the Algerian coast.

Keywords: Bird assemblages, diurnal behavior, microhabitats preferences, niche indexes, rank/abundance plot, waterfowl monitoring, widespread species.

Sommaire

Remerciements**Résumé****Sommaire**

Abréviations.....	I
Liste des figures.....	II
Liste des tableaux.....	VI
Liste des travaux.....	VII
Introduction.....	1

Chapitre I: Point sur les zones humides et les oiseaux aquatiques

1- Aperçu sur zones humides.....	6
1-1- Définitions et fonctionnements.....	6
1-2- Classification et typologie des zones humides.....	8
1-3- Les zones humides algériennes.....	9
1-4- Etat des connaissances sur les zones humides algériennes.....	10
2- Les oiseaux d'eau.....	11
2-1- Caractères généraux.....	12
2-2- Systématique : Clé des familles.....	13
2-2-1- PODICIPEDIDÉS	13
2-2-2- PHALACROCORACIDÉS	13
2-2-3- ARDÉIDÉS	13
2-2-4- CICONIIDÉS	15
2-2-5- TRESKIORNITHIDÉS	15
2-2-6- PHOENICOPTÉRIDÉS.	15
2-2-7- ANATIDÉS	15
2-2-8- RALLIDÉS	17
2-2-9- RÉCURVIROSTRIDÉS	17
2-2-10- LARIDÉS.....	17
2-2-11-CHARADRIIDÉS	19
2-2-12- SCOLOPACIDÉS.....	19
2-2-13- STERNIDÉS	21
2-2-13- ALCÉDINIDÉS	21
2-2-11- ACCIPITRIDÉS.....	21

2-2-14-GRUIDÉS	21
2-2-15- HIRUNDINIDÉS.....	21
2-2-16- MOTACILLIDÉS	22
2-2-17- SYLVIIDÉS.....	22
3- Écologie et biogéographie.....	23
3-1-Les principales étapes du cycle de vie des oiseaux d'eau.....	23
3-2- La migration.....	24
3-3- Les facteurs structurant les communautés d'oiseaux aquatiques et sélection de l'habitat.....	28
3-3-1- La profondeur d'eau.....	28
3-3-2- Végétation (Vegetation).....	29
3-3-3- La salinité (Salinity).....	30
3-3-4- La topographie (Topography).....	30
3-3-5- La taille de la zone humide (wetland size).....	30
3-3-6- La proximité des zones humides (wetland connectivity).....	31
3-3-7- Autres variables de l'habitat.....	31
3-3-8- Interaction entre les variables de l'habitat.....	32
4-Les méthodes de l'ornithologie.....	33

Chapitre II : Description de la zone humide étudiée

1-Présentation générale du lac Tonga.....	34
2- Situation géographique.....	36
3- Situation administrative.....	36
4- Caractéristiques de la zone humide lac Tonga.....	36
4-1- Sol et réseau hydrographique.....	36
4-2- Bathymétrie.....	38
4-3- Climat et bioclimat.....	38
4-4- Identification des habitats naturels du lac Tonga.....	40
4-5- Biodiversité de la zone humide lac Tonga.....	44
4-6- L'occupation humaine.....	46

Chapitre III: Méthodologie du travail

1-Analyse globale et spécifique du peuplement d'oiseaux d'eau fréquentant et visitant le site.....	47
1-1-Suivi et dénombrement des oiseaux d'eau	47
1-2-Méthode utilisée.....	49
1-3- Matériel utilisé.....	50
1-4-Traitement des données.....	51
1-4-1- Indice écologiques de structure.....	51
a- Abondance relative (%).....	51
b- Fréquence d'occurrence (fi).....	51
c- Richesse spécifique « S ».....	51
d- Indice de diversité de Shannon-Weaver (H').....	52
e- Indice d'Équitabilité (E).....	52
1-4-2-Les analyses statistiques.....	53
2- Etude des rythmes et bilans d'activité diurne de deux regroupements d'oiseaux d'eau différents, espèces migratrices <i>versus</i> espèces résidentes.....	54
2-1- Méthode <i>FOCUS</i>	54
2-2- Méthode <i>SCAN</i>	54
2-3-Analyses des données.....	56
3-Etude des stratégies d'exploitation de l'habitat par le peuplement avien hivernant dans le Lac Tonga.....	59
3-1-Suivi des oiseaux et de leurs habitats.....	59
3-2- Analyse des données.....	61

Chapitre IV : Résultats et discussion

I- Résultats	62
1-Composition globale du peuplement ornithologique actuel du Lac Tonga.....	62
2-Composition phénologique du peuplement.....	63
3- Statut de conservation des espèces d'oiseaux aquatiques du Lac Tonga.....	64
4-Evolution saisonnière du peuplement d'oiseaux d'eau du lac Tonga.....	69
4-1- Cycle annuel des effectifs.....	69
4-2-Evolution des indices écologiques de la structure et de la diversité.....	72
4-3-Analyse comparative de la structure du peuplement avien des quarts saisons de l'année.....	74

5-Commentaires spécifique.....	78
6-Etude des rythmes d'activité diurne de deux regroupements d'oiseaux d'eau différents, espèces migratrices <i>versus</i> espèces résidentes.....	83
6-1- Représentativité des données.....	83
6-2- Activités diurnes.....	83
6-3- Comparaison des budgets temps en fonction du statut phénologique des espèces.....	87
6-4- Comparaison du rythme d'activités en fonction du statut phénologique des espèces...	88
7-Etude des préférences d'habitats des d'oiseaux aquatiques hivernants dans le lac Tonga (saison 2014/2015).....	90
7-1- Répartition des espèces d'oiseaux d'eau en fonction du type d'habitat.....	91
7-2- Analyse comparative des niches écologiques.....	93
II-Discussion.....	99
1-Analyse globale de la structure du peuplement avien actuel du Lac Tonga.....	99
2-Stratégies d'exploitation du Lac Tonga par le peuplement avien au cours de la période hivernal.....	104
Conclusion et perspectives régionales.....	114
Références bibliographiques.....	118

Annexes

ABREVIATIONS

ANOVA : Analyse de la variance

D : Indice de Simpson

Df: Degré de liberté

E : Indice d'Équitabilité

Fi : Fréquence d'occurrence

GEST : Groupe d'évaluation scientifique et technique

H' : Indice de diversité de Shannon-Weaver

INA : Institut National Agronomique

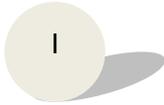
IUCN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

P: probabilité

PNEK : Le Parc National d'El-Kala

S : Richesse spécifique

UPGMA: Weighted Pair Group Method with Arithmetic mean



LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Schéma théorique de situation d'une zone humide (BOUZILLÉ, 2014)	6
2	Repartitions des principales zones humides Algériennes (Direction Générale des Forêts, 2004)	11
3	a : <i>Podiceps ruficollis</i> . b : <i>Podiceps cristatus</i> . c : <i>Phalacrocorax carbo</i> . d : <i>Ardea cinerea</i> . e : <i>Egretta garzetta</i> . f : <i>Ardeola ralloides</i> . g : <i>Bubulcus ibis</i> .	14
4	a : <i>Ciconia ciconia</i> . b : <i>Anser anser</i> . c : <i>Plegadis falcinellus</i> . d : <i>Platalea leucorodia</i> . e : <i>Tadorna tadorna</i> . f : <i>Phoenicopterus roseus</i> . g : <i>Anas clypeata</i>	16
5	a : <i>Fulica atra</i> . b : <i>Gallinula chloropus</i> . c : <i>Porphyrio porphyrio</i> . d : <i>Himantopus himantopus</i> . e : <i>Recurvirostra avocetta</i> . f : <i>Larus cachinnans</i> g : <i>Larus ridibundus</i>	18
6	a : <i>Charadrius hiaticula</i> . b : <i>Charadrius alexandrinus</i> . c : <i>Vanellus vanellus</i> . d : <i>Limosa limosa</i> . e : <i>Calidris alpina</i> . f : <i>Tringa ochropus</i> . g : <i>Gallinago gallinago</i> .	20
7	a : <i>Sterna nilotica</i> . b : <i>Chilonias hybridus</i> . c : <i>Alcedo atthis</i> d : <i>Circus aeruginosus</i> e : <i>Grus grus</i> f : <i>Riparia riparia</i> g : <i>Molacilla flava</i> h : <i>Acrocephalus paludicola</i>	22
8	Les principales voies de migration chez les oiseaux (DARMANGEAT, 2008).	26
9	Cycle annuel des déplacements d'oiseaux d'eau	27
10	Variation des profondeurs d'eau et les groups d'oiseaux aquatiques associés (ZHIJUN <i>et al.</i> , 2010).	29
11	Interaction entre les variables majeurs de l'habitat qui peuvent influencer la vie des oiseaux aquatiques (ZHIJUN <i>et al.</i> , 2010). La direction des flèches indique le sens de l'influence.	32
12	Représentation graphique du lac Tonga et le parc national d'El-Kala (PNEK), wilaya d'El-Taref (Land/water ; Landscape Esri, 2010)	35
13	Carte du réseau hydrographique de la région d'étude (RAACHI, 2007)	37

LISTE DES FIGURES

14	Position de la région d'El-Kala dans le Climatogramme d'Emberger période (1995-2012)	39
15	Diagramme ombro-thermique de la région d'El-Kala période (1995-2012)	40
16	Zones isophènes du lac Tonga (en fonction de la teinte d l'image satellite SPOT 2007).	41
17	Carte de répartition des différents habitats de reproduction du lac Tonga (SAÏFOUNI et BELLATRECHE, 2014).	43
18	Localisation des points d'observation au niveau de la zone humide lac Tonga	50
19	Illustration des différents types d'activités et sous-activités	58
20	Représentation de la zone humide 'lac Tonga' avec les sept unités écologiques identifiées (ArcGIS. 10)	60
20	Richesse spécifiques des différentes familles d'oiseaux aquatique rencontre dans le lac Tonga durant tout la période d'étude	62
21	Statut phénologique des d'oiseaux aquatique rencontre dans le lac Tonga durant tout la période d'étude	64
22	Evolution des moyennes mensuelles (\pm Ecart type) de l'effectif total du peuplement d'oiseaux aquatique du lac Tonga durant la periode septembre 2012-Août 2014.	70
23	Carte de l'analyse factorielle des correspondances de l'abondance des espèces d'oiseaux aquatiques dans le Lac Tonga de septembre 2012 à août 2014 [12 mois x 52 espèces (combinaison des deux années)]	71
24	Evolution saisonnière (mensuelle) des indices de diversité écologique et d'équitabilité des populations d'oiseaux d'eau du Lac Tonga	73
25a	Diagrammes Rangs-Fréquences des regroupements d'oiseaux d'eau de chaque saison. Les espèces ont été classées par ordre d'abondance relative (2012/2013)	76
25b	Diagrammes Rangs-Fréquences des regroupements d'oiseaux d'eau de chaque saison. Les espèces ont été classées par ordre d'abondance relative (2012/2013)	77
26	Model phénologiques des espèces d'anatidés hivernantes dans le Lac Tonga (le cycle annuel commence par le mois de septembre '1')	79

LISTE DES FIGURES

27	Model phénologiques des espèces migratrices de l'été dans le Lac Tonga (Le cycle annuel commence par le mois de septembre '1')	80
28	Model phénologiques des espèces d'oiseaux d'eau sédentaire dans le Lac Tonga (Le cycle annuel commence par le mois de septembre '1')	82
29	Classification ascendante hiérarchique, présentant les similitudes et les divergences entre budgets temps des 22 espèces étudiées	86
30	Pourcentage de temps alloué a chaque activité par les différentes espèces durant la période septembre 2014 à février 2015. Les valeurs ont été présentées en pourcentage de 108 h (M : matin ; A : Après-midi)	86
31	Pourcentage total des budgets temps (moyenne) alloué à chaque activité en fonction du statut phénologique durant la période d'étude. Les valeurs sont représentées comme les pourcentages de 108 h	87
32	Pourcentage du temps alloué par les espèces sédentaires (S) et migratrice (M) a chaque activité pendant la journée. Pourcentage de 60h dans le matin et 40h dans l'après-midi	89
33	Relation entre le statut de l'assemblage (S : sédentaire ; M : migrateur) et le temps alloué a l'alimentation, le toilette, le repos et la nage durant les deux phases (proportion de 54h pour chaque phase)	89
34	Variation de l'abondance et la richesse spécifique en fonction des habitats	90
35	Fréquences des coups de fusils entendus durant chaque sortie pendant la période d'étude au niveau du lac Tonga	103
36	Répartition des activités anthropiques : constructions et aménagements (cercles) et agricoles (couler verte) observées durant la période d'étude (2012/2014)	104
37	Pourcentages d'utilisation aux activités d'alimentation des sept catégories d'habitat du lac Tonga par les différents groupes d'espèces en période d'hivernage 2014/2015	108
38	Aigrette garzette, Canard chipeau et Ibis falcinelle (jeunes) bénéficient de certains micro-habitats offerts par le Lac Tonga (Photos present le 09/10/2014 par Elafri Ali)	108

LISTE DES FIGURES

39	Pourcentages d'utilisation aux activités de sommeil des sept catégories d'habitat du lac Tonga par les différents groupes d'espèces en période d'hivernage 2014/2015	109
40	Pourcentages d'utilisation aux activités de nage des sept catégories d'habitat du lac Tonga par les différents groupes d'espèces en période d'hivernage 2014/2015	110
41	Pourcentages d'utilisation aux activités de repos des sept catégories d'habitat du lac Tonga par les différents groupes d'espèces en période d'hivernage 2014/2015	111

LISTE DES TABLEAUX

N°	Tableau	Page
1	Principales fonctions des zones humides (LARSON <i>et al.</i> , 1989)	8
2	Moyenne des données météorologiques d'El-Kala (1995-2012) (Station météorologique d'El Kala, 2012)	39
3	Identification des habitats naturels du lac Tonga sur le terrain selon les zones isophènes (SAÏFOUNI et BELLATRECHE, 2014).	41
4	Exemple de prélèvement des données de comportement pour chaque heure de 7h à 17h	56
5	Description des sept unités écologiques	59
6	Liste des oiseaux aquatiques observés dans le Lac Tonga (septembre 2012 à août 2014) avec leur statut phénologique et celui de conservation	65
7	Valeurs moyenne annuelle des indices de diversité et d'équitabilité	73
8	Nombre d'observations cumulées pour chaque espèce durant le cycle hivernal (2014/2015)	85
9	Représentation de chaque habitat sur le site d'étude	91
10	Préférence (en vert) et évitement (en orange) des sept catégories d'habitats pour chaque espèce	93
11	Largeur des niches indice de Feinsinger des oiseaux aquatiques hivernants dans la zone humide lac Tonga (2014/2015)	94
12	Chevauchements des niches entre les différentes espèces d'oiseaux aquatiques dans le Lac Tonga (un cycle hivernal)	97

LISTE DES TRAVAUX

PUBLICATIONS INTERNATIONALES

- **Elafri. A, Halassi. I et Houhamdi. M, 2016.** Diversity patterns and seasonal variation of the waterbird community in Mediterranean wetlands of Northeastern Algeria. *Zoology and Ecology* 26 (2): 85-92.
- **Elafri. A, Halassi. I et Houhamdi. M. 2016.** Time budget patterns and complementary use of Mediterranean wetlands (Lake Tonga, North-east Algeria) by migrant and resident waterbirds. *Rivista Italiana Di Ornithologia* 86 (1): 19-28.

VII

COMMUNICATIONS NATIONALES ET INTERNATIONALES

- **Premier Séminaire National Santé et Bio-Surveillance des Écosystèmes Aquatiques SBSEA, 2014, Université Mohamed Cherif Messaadia Souk-Ahras :** Evolution saisonnière et bio bio-surveillance des oiseaux d'eau dans un site Ramsar du Nord-est algérien. le Lac Tonga : Connaissance et conservation.
- **3ème Colloque International sur l'Ornithologie Algérienne à l'aube du 3ème millénaire (les oiseaux et leurs milieux), les 19, 20 avril 2015, Université 08 mai 1945, Geulma:** Composition Et Evolution Des Oiseaux D'eau Dans Un Site Ramsar Du Nord-est algérien. Le Lac Tonga : Connaissance et Conservation.

INTRODUCTION GENERALE

1- Contexte

Face à la forte croissance démographique et les progrès technologiques des sociétés humaines, la perte des milieux naturels est devenue l'une des plus grandes préoccupations environnementales du siècle dernier (MERAL, 2010). Les tendances observées actuellement sur la terre montrent les graves dangers que représente la dégradation de ces milieux pour la durabilité de notre bien-être et au développement économique et social futur. La perte de ces milieux naturels donc aux bénéfiques qui nous ont fournis (la nourriture, l'eau, le bois, la purification de l'air, la formation des sols, la pollinisation...etc.) nécessitera des alternatives coûteuses, et si nous n'agissons pas maintenant pour arrêter le déclin, l'humanité devra payer un prix élevé dans l'avenir (LAMARQUE *et al.*, 2011 ; SERPANTIE *et al.*, 2012).

“Les zones humides sont les plus précieuses pour tous les peuples du monde” : c'est une des conclusions majeures du Groupe d'évaluation scientifique et technique (GEST) de Ramsar réuni pour la première fois en 1971. Ces milieux représentent non seulement des cœurs de biodiversité mais fournissent également un grand nombre de bénéfiques à la société en contribuant au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau, à la régulation des régimes hydrologiques ou encore à la régulation du climat local et global. Aussi, les zones humides constituent un patrimoine naturel exceptionnel, en raison de leur richesse biologique et des fonctions naturelles qu'elles remplissent. Elles sont, aux côtés des forêts tropicales et des récifs coralliens, parmi les milieux naturels les plus riches et les plus productifs au monde; elles tracent à la surface de notre globe des routes que suivent depuis des siècles les oiseaux migrateurs (BOUZILLE, 2014). Sans oublier enfin, qu'elles constituent un excellent support d'activités touristiques ou récréatives socialement et économiquement importantes.

Malheureusement, les zones humides sont parmi les écosystèmes les plus menacées et les plus vulnérables aux changements climatiques et aux pressions anthropiques, la dégradation et la perte de ces milieux étant plus rapides que celles de tout autre écosystème d'après le rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat GIEC (2007) ; ZAKARIA et RAJPAR (2014) ; ZHIJUN *et al.* (2010), SHINE *et de* KLEMM (1999) ; KLOSKOWSKI *et al.* (2009).

Selon les différents scénarios climatiques, celles-ci pourraient être touchées par les modifications des régimes des précipitations, les sécheresses, les tempêtes et les inondations plus fréquentes et plus intenses. En outre, les déficiences en matière de gestion de l'eau et l'inéquation croissante entre la demande et l'offre en eau exerceront très probablement des

pressions de plus en plus fortes sur ces milieux. Les zones humides souffrent ainsi d'une contradiction apparente d'intérêts entre usages et protection des écosystèmes.

Mais comme les soulignent, MATHEVET *et al.* (2002): « la compréhension de leurs valeurs et de leurs fonctionnements s'avère d'une importance capitale si la société veut se donner les moyens de les utiliser durablement et de les conserver ». Délimiter une zone humide, réaliser des suivis, de sa biodiversité et comprendre ses fonctionnalités nécessitent des compétences tant conceptuelles que pratiques. En effet, le raisonnement de base retenu ici considère, quelque soit la fonction écologique prise en compte, que les fonctions de ces écosystèmes sont dépendantes de processus et de mécanismes étroitement liées à ces composantes structurales (BOUZILLE, 2014). Et sans doute les oiseaux d'eau (canards, oies, hérons, mouettes, sternes, etc.) constituent l'une des composantes la plus importante des paysages de ces milieux. Leur tendance à se rassembler, souvent en concentration spectaculaire, ont fait de ces éléments des objets fondamentaux de recherche et de suivis et permet en partie d'évaluer la biodiversité et l'état de conservation des écosystèmes dont ils dépendent. Les oiseaux d'eau sont aussi considérés comme un descripteur intégrateur des fonctionnements écologiques de ces écosystèmes (productivité biologique, instabilité des conditions, qualité globale d'écosystème, organisation spatiale et hétérogénéité des milieux) (MAAS, 2013) et également un excellent vecteur de sensibilisation et de mobilisation de la société civile pour leur conservation. En améliorant les compétences et la sensibilisation des gestionnaires privés de sites, de la société civile et des administrations responsables, il est possible d'aboutir à une meilleure gestion et conservation de ces milieux clés pour la biodiversité, actuellement fortement menacés (SKINNER *et al.*, 1994 ; TRIPLET, 2012).

2- Problématique

En Algérie, on dispose d'une grande bibliothèque ornithologique, que se soit sur les oiseaux terrestres ou les oiseaux aquatiques. Cette large documentation est issue depuis les prospections faites par l'armée française durant la période coloniale et depuis 1967 à travers les recensements internationaux des oiseaux d'eau à la Mi-hiver organisées par le Bureau International de Recherche sur la Sauvagine (The International Waterfowl Research) (SKINNER et SMART, 1984). Après cette évaluation de nombreuses prospections ornithologiques ont été réalisées, dans un premier temps par des expéditions expatriées notamment de Johnson et HAFNER (1972) et SMART (1974), suivi à partir de 1977 par les recensements de l'Institut National Agronomique (INA), El Harrach, Alger (SKINNER et SMART, 1984). Après ces recensements les études commencent à se concrétiser par les

travaux de LEDANT et al. (1981) ; BOUMEZBEUR (1993); HOUHAMDI et SAMRAOUI (2001) ; SAMRAOUI et al., (2006, 2007, 2011, 2013) ; BELHADJ et al. (2007a,b) ; HOUHAMDI et al. (2008, 2009) ; AISSAOUI, HOUHAMDI et SAMRAOUI (2009); LAZLI et al. (2011); LAZLI et al., (2012); CHETTIBI et al. (2013); MEZIANE et al., (2014) ainsi que d'autres travaux sur les différentes zones humides du pays (MAAZI, 2009 ; SAHEB, 2009 ; Si-BACHIR et al., 2000). Jusqu'à l'heure actuelle, les études effectuées portent souvent sur des sujets limités à une seule espèce (reproduction et études des budgets temps) principalement les espèces en danger telle l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* et le Fuligule Nyroca *Aythya nyroca*, et d'autres ont été focalisé sur le suivi de certaines familles comme les Ardeidés. A nos connaissances actuelles, rare sont les études qui analyse les patrons annuels et saisonniers de la diversité (Abondance, fréquence, richesse spécifique et autres indices), les budgets d'activités et les relations habitat-espèces (les indice de la niche écologique) d'un multi-spécifique rassemblement (Peuplement) d'oiseaux aquatique qui partage le même écosystème zone humide. Certains efforts peuvent concevoir des principes raisonnés de gestion conservatoire ou de restauration des zones humides et l'ensemble du peuplement qui les cohabitent.

3- Les objectifs du travail

Dans cette optique, la présente étude vise à approfondir les connaissances sur l'évolution et l'équilibre de la biodiversité de l'avifaune aquatique d'une zone humides d'importance internationale et site Ramsar du Nord-est du pays (le Lac Tonga, géré par le parc national d'El-Kala Wilaya d'El-Tarf) et nous sommes attachées à apporter d'une façon analytique les informations nécessaires à la compréhension des mesures de gestion indispensable à la conservation non seulement d'une seule espèce ou une famille mais de toutes les espèce quelque soit son statut phénologique dans cet écosystème aquatique : hivernant, nicheur, halte migratoire...etc.

4- Présentation du travail

La recherche bibliographique qui a fait requête à cette étude montre qu'il existe plusieurs aspects à révéler pour bien apprécier les mécanismes qui supportent l'existence de cette classe d'animaux et permet par conséquence d'évaluer l'état écologique du milieu qu'ils occupent:

- 1- **Les recensements** : les dénombrements des populations ont pris une importance considérable en ornithologie; il y a peu de recherches écologiques qui ne comportent pas actuellement l'utilisation de données numériques précises sur les densités des populations aviennes et leurs fluctuations dans le temps (phénologie de migration) et dans l'espace.

De plus la préservation des oiseaux, devenue si préoccupante à travers le monde entier, exige des évaluations aussi précises que possible des effectifs des espèces menacées (DORST, 1963 ; SUTHERLAND *et al.*, 2004).

- 2- **La connaissance de la structure et la composition des populations (Biodiversité)** : Il s'agit ici de suivre l'abondance et la diversité de l'avifaune aquatiques en se basant généralement sur l'analyse de plusieurs variables comme la richesse spécifique, les indices de diversité (Shannon, Simpson, Equitabilite, Margalef, diagramme de Whittaker...etc). Pouvons ainsi détecter les éventuels changements dans la structure de la communauté des oiseaux d'eau et mettant la lumière sur les conditions causales naturelles ou anthropiques (CHARLES, 1964 ; MAGURRAN, 2004 ; BATTISTI *et al.*, 2009, MARCON, 2015).
- 3- Comme les oiseaux sont un maillon important des réseaux trophiques des zones humides, l'étude de leur **écologie trophique (régime alimentaire)** s'avéré d'une importance majeure pour mieux appréhender le fonctionnement de ces écosystèmes et les relations animal-environnement (KEREKES, 1994).
- 4- **L'écologie comportementale** qu'il s'agit de l'étude des budgets temps et le suivi des comportements des oiseaux d'eau, est aussi reconnu comme un important outil pour comprendre l'utilisation de l'espace et du temps par ces espèces, constituant ainsi une véritable aide pour la gestion des communautés d'oiseaux d'eau et de leurs habitat (HEPWORTH et HAMILTON, 2001).
- 5- **La biologie de la reproduction**, un axe fondamental dans les recherches menées sur les oiseaux des zones humides, car la nidification constitue un stade crucial dans leurs vie. La collection des informations dans ce domaine est une partie essentielle pour identifier les mesures efficaces pour la conservation de ces espèces ainsi que leurs habitats (SUTHERLAND *et al.*, 2004).

En effet notre démarche s'articule sur trois axes fondamentaux de l'écologie des oiseaux aquatiques. Plus spécifiquement, nous tenterons à réaliser :

- Un inventaire et une évaluation du statut écologique actuel du peuplement avien du Lac Tonga et un suivi de l'évolution temporelle de leur structure au cours de deux cycles annuels complets (étude comparative des indices écologiques de la diversité).
- Une étude comparative des bilans et rythmes d'activité diurne de deux regroupements d'oiseaux d'eau différents, espèces migratrices versus espèces résidentes à l'échelle d'un cycle hivernal.

- Une analyse des préférences d'habitats des espèces d'oiseaux d'eau hivernantes dans le site et de mettre la lumière sur les mécanismes qui supportent leur coexistence. Il s'agit habituellement de mesurer certains paramètres de la niche écologique principalement la largeur (indice de FEINSINGER, 1981) et le chevauchement (indice de PIANKA, 1973) des niches puis les taux de compétition et de ségrégation qui en découlent.

Pour achever nos objectifs de recherche, il s'est avéré utile de nous doter de ressources d'informations pertinentes et variées, que nous avons actualisées à partir d'enquêtes et d'observations directes sur le terrain. Notre travail était fondé sur trois principales étapes, à savoir:

- La recherche bibliographique (chapitre I et II) : Il s'agit d'un premier chapitre qui évoque des généralités sur les concepts de zones humides et de leur fonctionnement. Suivi par des connaissances scientifiques sur les oiseaux d'eau, leurs caractères généraux et les facteurs structurant leur peuplement (chapitre I). Un deuxième chapitre sera consacré à connaître la zone d'étude soit la climatologie, l'hydrologie, la géologie et l'aspect socioéconomique de la région d'étude.
- La méthodologie de travail tel, la prospection de terrain et la collecte des données sera détaillée dans le troisième chapitre (chapitre III).
- Enfin, le quatrième chapitre (chapitre IV), traitera les résultats des observations sur terrain échelonnées sur les années 2012/2014 soit deux cycles annuels complets avec une analyse spécifique.

Réalisée pour l'ensemble ou la majorité des espèces, les résultats de cette étude pourront apporter des éléments de connaissance complémentaires aux travaux antérieurs, et servir de données de base pour des études à venir sur cette zone humide ainsi que d'autres sites similaires autour du pays. Un ensemble de propositions pour la gestion durable à propos de la zone humide étudiée et pour la protection de l'avifaune aquatique sera, par ailleurs, émis lors de la conclusion générale du présent document.

Chapitre I

Point sur les zones humides et les oiseaux aquatiques

1- Aperçu sur les zones humides

1-1- Définitions et fonctionnements

Une zone humide est une région où l'eau est le principal facteur contrôlant le milieu naturel et la vie animale et végétale associée. Le terme recouvre des milieux très divers, qui ont les caractéristiques suivantes : présence d'eau au moins une partie de l'année, de sols saturés en eau (hydromorphes) et d'une végétation de type hygrophile, adaptée à ces sols ou à la submersion (Figure 1) (BOUZILLÉ, 2014).

La définition des zones humides la plus communément admise est celle de la convention de Ramsar (adopté en 1971) : ce sont « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres » (BEAUMAIS *et al.*, 2008).

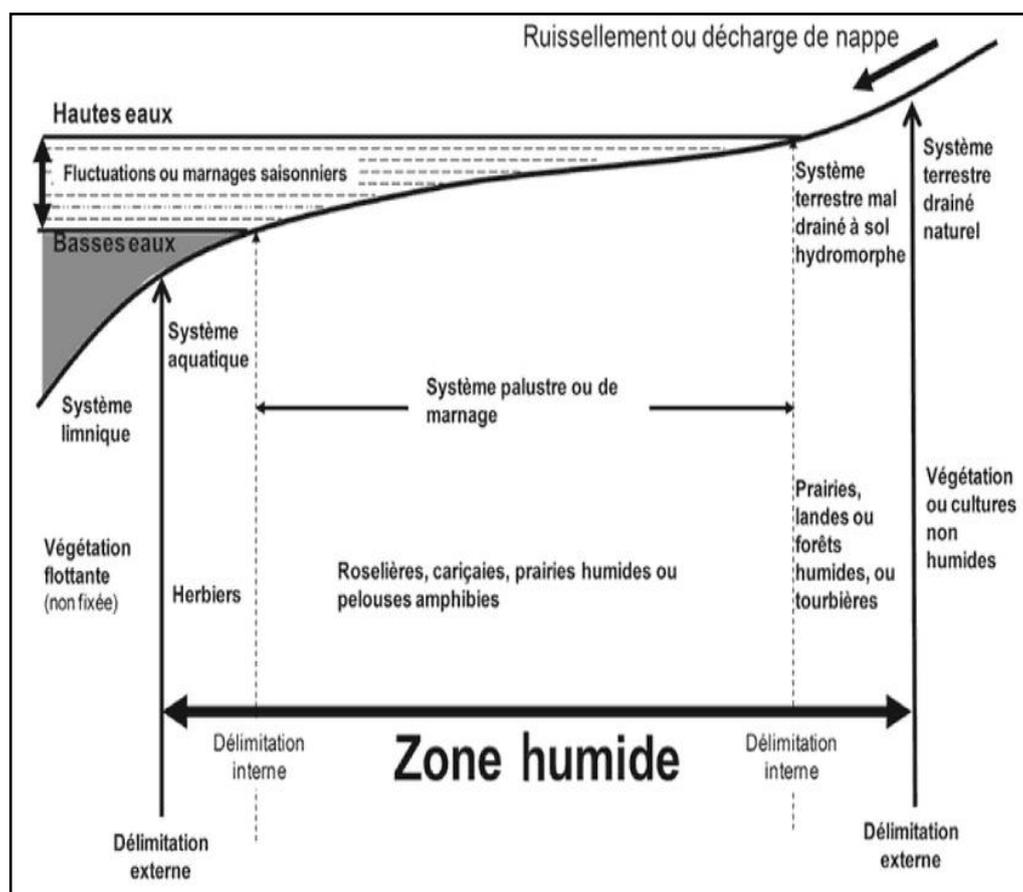


Figure 1 : Schéma théorique de situation d'une zone humide (BOUZILLÉ, 2014)

Ces zones humides offrent de nombreux services à la société (Tableau 1). Leurs fonctionnalités sont généralement regroupées en trois catégories (LARSON *et al.*, 1989 ; DE GROOT *et al.*, 2002 ; AMIGUES *et al.*, 2002) : les fonctionnalités écologiques, productives et récréatives.

Parmi les fonctionnalités écologiques, trois s'en détachent particulièrement. Les premières correspondent à des fonctions hydrologiques. Les zones humides détiennent effectivement une place décisive dans la régulation des régimes hydrologiques; elles stockent une partie de l'eau lors des crues pour ensuite la restituer progressivement. De même, elles améliorent la qualité de l'eau par le biais de leur capacité d'auto-épuration physique (sédimentation des MES, fonction de lagunage) et biologique (rétention des phosphates et nitrates par les végétaux, rétention des métaux lourds...). Les deuxièmes fonctions sont d'ordre biologique. Ces espaces forment de véritables réservoirs de biodiversité en représentant l'habitat, le lieu de reproduction et d'alimentation de nombreuses espèces végétales et animales parfois menacées d'extinction. Leur rôle dans le maintien de la biodiversité va au-delà de leurs simples limites géographiques, ce type d'espaces entretenant des relations complexes avec des écosystèmes proches ou éloignés. Enfin, les troisièmes correspondent à des fonctions climatiques à travers les influences qu'elles exercent sur les conditions climatiques locales. Les zones humides possèdent également des fonctionnalités productives en réduisant les coûts de purification de l'eau, en améliorant la productivité de la pêche ou en constituant une barrière face aux inondations et tempêtes.

Enfin, les zones humides offrent de nombreuses possibilités d'usages récréatifs et culturels. La chasse au gibier d'eau, les activités de pêche, les excursions ou autres sports de pleine nature sont effectivement couramment pratiqués.

Tableau 1 : Principales fonctions des zones humides (LARSON et *al.*, 1989)

Fonctions	Biens et/ou services économiquement évalués
Recharger la nappe phréatique	Hausse des quantités d'eau
Décharger la nappe phréatique	Hausse de la productivité de la pêche en aval
Contrôle de la qualité de l'eau	Baisse des coûts de purification de l'eau (qualité)
Rétention, enlèvement et transformation des nutriments	Baisse des coûts de purification de l'eau (qualité)
Habitat pour les espèces aquatiques	Développement de la pêche commerciale ou de loisir à l'intérieur ou à l'extérieur du site
Habitat pour les espèces terrestres et aviaires	Observation (loisir) et chasse. Évaluation de la non-utilisation par les espèces.
Production de biomasse et exportation	Production de fibres et de biens valorisables pour les récoltes
Contrôle des inondations et amortissement des tempêtes	Baisse des dommages liés aux inondations et tempêtes
Stabilisation des sédiments	Réduction des érosions
Environnement global	Valeur des aménités fournies par la proximité de l'environnement

1-2- Classification et typologie des zones humides

À ce sujet, de nombreuses classifications ou typologies ont été proposées. La Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale a réalisé un classement précis, valable à l'échelle mondiale, des différentes catégories des zones humides naturelle (Lagunes, estuaires, lacs, marais saumâtres, salées ou douces, deltas, rivières...etc.), y compris celles artificielles (barrages, réservoirs...etc.). La première version officielle date de 1990, Cette classification a été complétée depuis et comporte 42 types (12 zones humides marines-côtières, 20 intérieures et 10 artificielles) (FRAZIER, 1999) (Tableau I annexe).

1-3- Les zones humides d'Algérie

En Algérie, les zones humides peuvent être classées en cinq zones géographiques et écologiques, dont seules les deux premières sont totalement exoréiques. Ce sont, d'est en Ouest et du Nord au Sud (LEDANT et VAN DIK, 1977) (Figure 2) :

- la région d'El Kala, dans le Nord-est du pays, près de la frontière tunisienne, qui comprend des lacs et marais côtiers, pour la plupart d'eau douce. Le climat y est doux et pluvieux en hiver;
- les lacs artificiels de barrage, répartis pour la plupart dans l'Atlas Tellien montagnes longeant la mer;
- la région oranaise, dans le Nord-Ouest, de climat semi-aride, voire aride, doux, selon la classification bioclimatique d'Emberger. Les conditions de salinité y sont plus variées que dans les régions précédentes et se caractérise surtout par des plans d'eau salée tels que ; les marais de la Macta et la sebkha d'Oran ;
- les chotts sahariens et des Hauts-Plateaux steppiques, salés et intermittents, souvent secs, en climat rigoureux, aride ou saharien, parfois très froid l'hiver sur les Hauts-Plateaux. On rencontre principalement des chotts et des sebkhas qui sont des lacs continentaux salés de très faible profondeur qui se sont formés au Pléistocène et s'étendent sur de très grandes superficies en millions de km carré, tel que Chott El Hodna, Chott chergui et Chott Melghir.
- le Sahara renferme de nombreuses zones humides artificielles : les oasis, créées totalement par l'homme grâce à son génie hydraulique, c'est l'oasien qui a profité des ressources aquifères souterraines dans un milieu très aride pour créer des petits paradis d'ombre et de verdure. Les massifs montagneux de l'Ahaggar et du Tassili renferment dans leur réseau hydrographique de nombreuses zones humides permanentes appelées Gueltats qui témoignent encore d'une période humide du Sahara.

Aussi, certains points d'eau non repris ci-dessus, comme les oueds ou les oasis, ne sont pas à négliger non plus, notamment pour leur rôle dans le stationnement des oiseaux migrateurs transsahariens.

1-4- Etat des connaissances sur les zones humides algériennes

Les zones humides d'Algérie sont restées longtemps méconnues et, encore aujourd'hui, leurs richesses ne sont pas bien connues dans leurs détails et, de ce fait demeurent largement sous-estimées (ISENMANN et MOALI, 2000).

Jusqu'en 1995, il n'y avait aucun inventaire national des zones humides en Algérie ni une classification des écosystèmes aquatiques. Depuis cette année, un effort des services de la Direction Générale des Forêts, des conservations de forêts et des parcs nationaux, a été élaboré dans le cadre de la mise en œuvre de la convention Ramsar pour répondre aux engagements internationaux de l'Algérie vis-à-vis de ladite convention.

Dés 1997, un premier inventaire a fait le point sur l'ensemble des zones humides algériennes importantes au nombre de 254 (publié en 1998). Ensuite fut l'édition de trois (03) Atlas des zones humides d'importance internationale en 2001, 2002 et 2004. Actuellement l'autorité de la Convention de Ramsar en Algérie et la Direction générale des forêts, a procédé au classement de 42 sites sur la Liste de la Convention de Ramsar des zones humides d'importance internationale, englobant une superficie totale de 2 959 000 ha (Figure 2). Le classement de ces sites est intervenu entre 1982 et 2004 (les deux premiers sites, Lac Tonga et Lac Oubeïra sont inscrit en 1983). Dix huit autres sites sont proposés pour classement et normalement l'Algérie comptera d'ici aux années qui suivent une soixantaine de zones humides classées (METALLAOUI et HOUHAMDI, 2010).

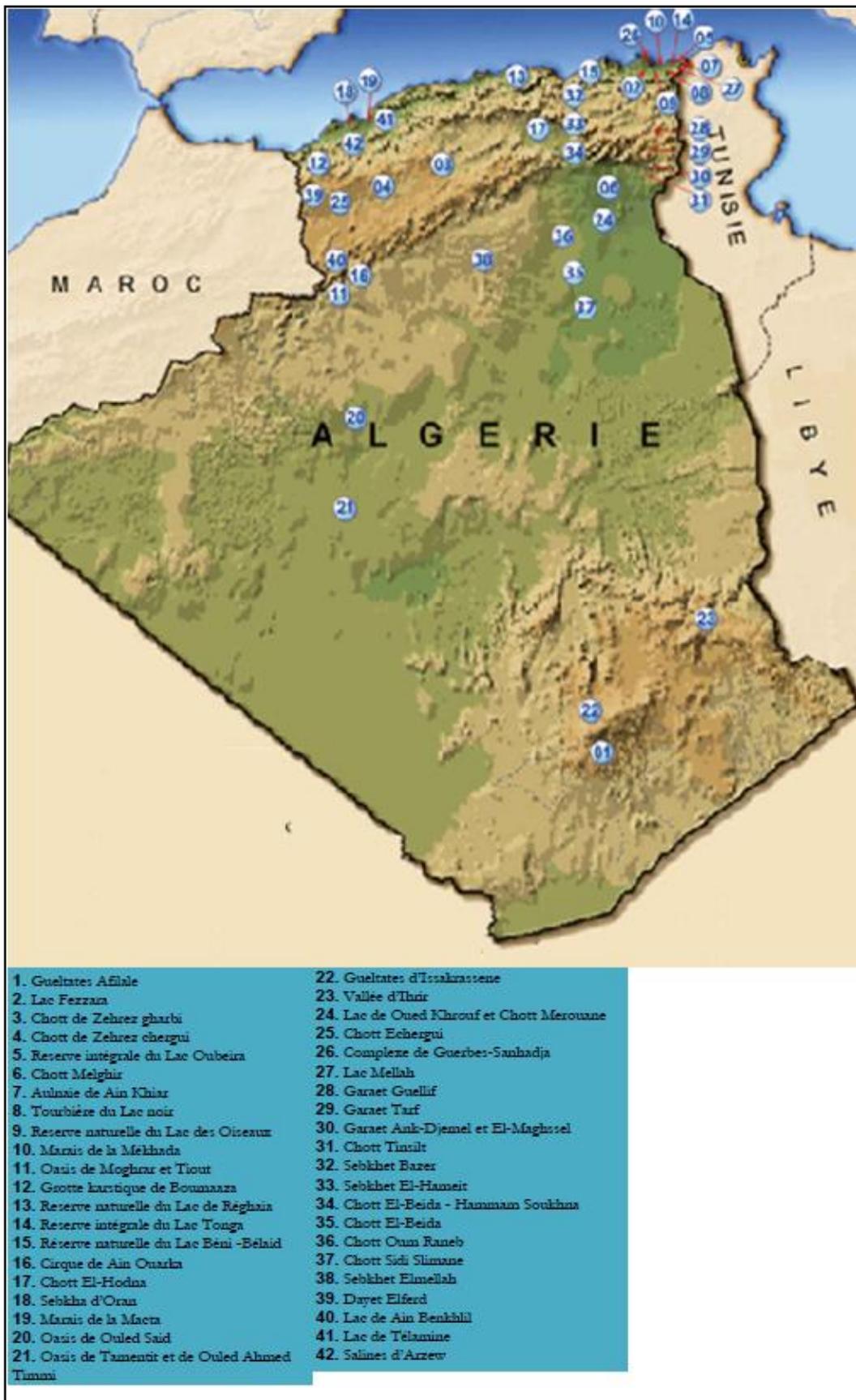


Figure 2 : Répartitions des principales zones humides Algériennes (Direction Générale des Forêts, 2004)

2- Les oiseaux d'eau

2-1- Caractères généraux

La classe des oiseaux représente parmi les vertébrés une unité bien définie par la présence de plumes. La plume n'est toutefois qu'une des manifestations de l'adaptation au vol, très poussée chez la plupart des oiseaux et se traduisant par une modification du squelette (aile, etc.). La capacité de déplacement rapide par le vol, donne aux oiseaux une certaine indépendance vis-à-vis du milieu (migrations périodiques vers des zones favorables) ou la possibilité d'exploiter des sources de nourriture tels les essaimages d'insectes, mais elle implique une forte dépense énergétique (VIELLIARD, 1981).

Libérés des conditions ambiantes, mais soumis à de fortes exigences trophiques, les oiseaux présentent encore deux particularités importantes au point de vue de leur écologie. Les oiseaux pondent des œufs qu'ils doivent incuber et sont, de ce fait, fixés à un territoire au moins pendant leur reproduction. La croissance est limitée aux premiers stades juvéniles et la taille adulte est atteinte dès l'âge de quelques semaines à quelques mois. Notons enfin que le nombre des espèces est relativement élevé et que, le principe de spécificité des niches écologiques étant grossièrement vérifié, chacune présente des préférences marquées pour certains paysages et climats, pour sa nourriture, son site de nidification, etc. (DEJONGHE, 1990 ; DARMANGEAT, 2008). Ainsi, Les oiseaux d'eau ont été définis comme "les espèces d'oiseaux écologiquement dépendantes des zones humides". C'est la définition utilisée par la Convention de Ramsar sur les Zones Humides (Wetlands International 2010).

Les liens qui unissent ces oiseaux à l'eau sont cependant complexes et multiples. Certains vivent en permanence au contact de l'élément liquide où ils trouvent leur nourriture en nageant ou en plongeant (grèbes), d'autres n'y pénètrent que brièvement pour pêcher (sternes..), ou encore ceux qui ne se mouillent que le bec et les pattes (limicoles..). Par contre il y a ceux qui ne sont jamais en contact avec l'eau mais qui en dépendent pour leur habitat (rousseroles).

Les oiseaux d'eau réalisent une grande variété de modes de vie, permis par des adaptations de leur anatomie, physiologie et comportement. Par leurs exigences en termes de qualité et d'étendue des milieux, les oiseaux d'eau jouent un rôle intégrateur. Ils ont de ce fait été fréquemment utilisés pour mettre en évidence l'intérêt et l'évolution de la qualité des zones humides (VIELLIARD, 1981 ; COLWELL et TAFT, 2000).

2-2- Systématique : Clé des familles

A ce sujet, nous avons retenu seulement les espèces et/ou les familles dont leur répartition à travers les zones humides Algériennes est confirmée (LEDANT et VAN DIJK, 1977 ; LEDANT et *al.*, 1981 ; ISENMANN et MOALI 2000 ; SAMRAOUI et SAMRAOUI, 2008 ; SAMRAOUI et *al.*, 2011).

2-2-1- PODICIPEDIDÉS (fig.3, a et b).

Oiseaux archaïques aux pattes lobées, au plumage épais, ne quittant pas l'eau et préférant plonger plutôt que de fuir en vol, représentés principalement par le Grèbe castagneux *Podiceps ruficollis* et le Grèbe huppé *Podiceps cristatus* des lacs permanents (DEJONGHE, 1990).

2-2-2- PHALACROCORACIDÉS (fig.3, c).

Caractérisés comme les pélicans par une palmure englobant les 4 doigts, les Cormorans (le Grand cormoran *Phalacrocorax carbo* bien répandu) sont d'habiles plongeurs, pêcheurs de poissons, mais leur plumage sombre se mouille et ils doivent se sécher au soleil (CALLAGHAN et *al.*, 1998).

2-2-3- ARDÉIDÉS (fig.3, d,e,f et g).

Échassiers de stature élevée avec leur long cou terminé d'un bec en poignard, les Hérons (le Hérons cendré *Ardea cinerea* et le Hérons pourpre *A. purpurea* sont les plus répandus) disséminés dans les marais, les Aigrettes et plusieurs espèces voisines comme le Garde-boeufs *Ardea ibis* souvent sociables associé au bétail et les Butors et les Crabiers vivant plutôt cachés et isolés, sont des chasseurs à l'affût : insectes en général, poissons pour les plus grosses espèces. La reproduction a lieu en principe dans les arbres en colonies et dans les héronnières (BOLOGNA, 1980 ; BIDDAU, 1996).

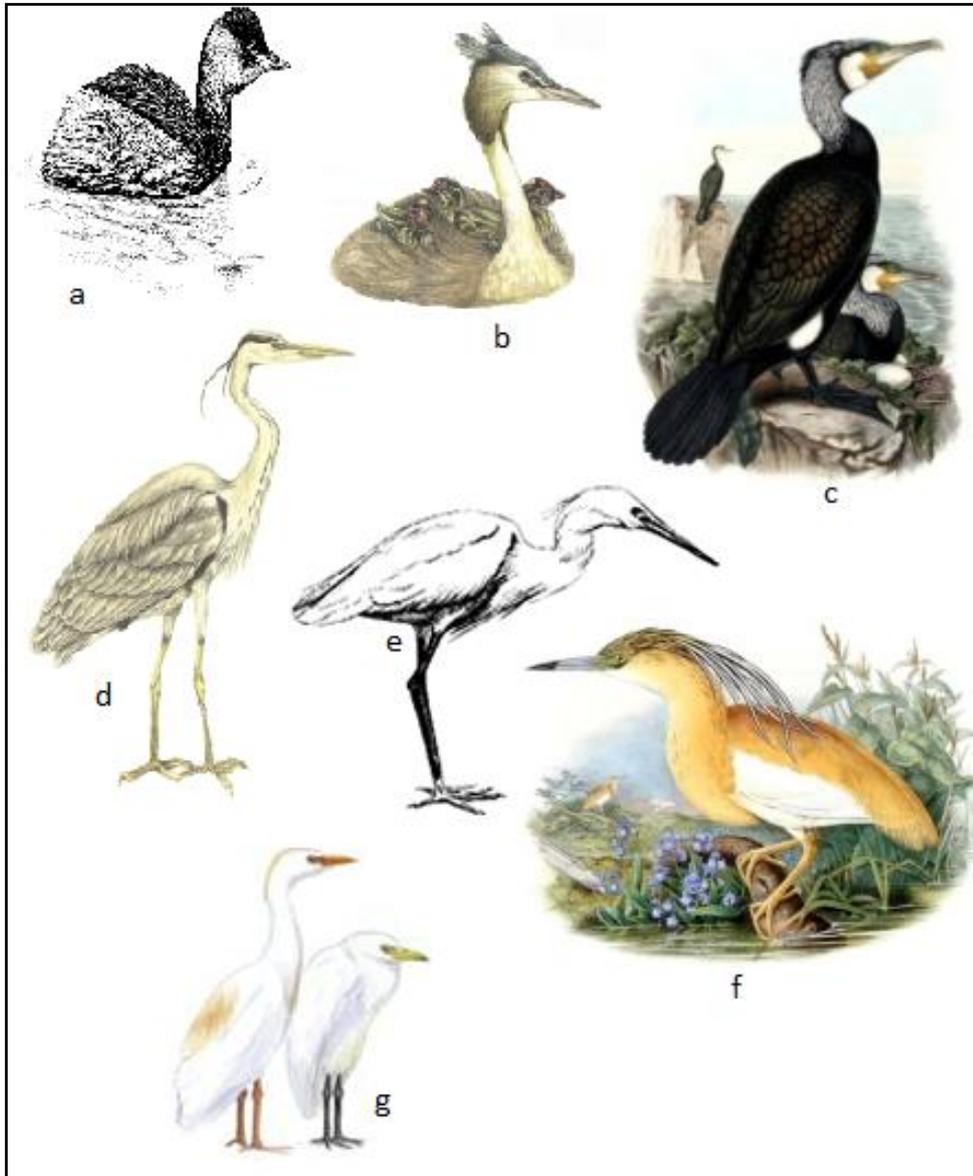


Figure 3 : **a :** *Podiceps ruficollis*. **b :** *Podiceps cristatus*. **c :** *Phalacrocorax carbo*. **d :** *Ardea cinerea*. **e :** *Egretta garzetta*. **f :** *Ardeola ralloides*. **g :** *Ardea ibis*.

2-2-4- CICONIIDÉS (fig.4, a)

Ce sont des grands oiseaux aux pattes longues, au cou allongé et aux ailes longues et larges. La base palmée des pieds dénotent des habitudes aquatiques. Ils se nourrissent cependant dans les terrains plus secs que la plupart des oiseaux du même ordre. Leur vol, extrêmement puissant, est saisissant : le cou et les pattes sont étendus à l'horizontale, ces derniers traînant légèrement. Il existe 17 espèces de cigognes, toutes sauf trois se retrouvent dans l'Ancien Monde. Les populations nordiques sont migratrices la Cigogne blanche est la seule espèce qui existe au niveau de l'Afrique du nord venus du sud pour y niché (GEROUDET, 1978 ; HEINZEL et *al.*, 1997).

2-2-5- TRESKIORNITHIDÉS (fig.4, c et d)

Les Ibis se reconnaissent à leur gros bec courbe, tel l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* avec un corps tout noirs. Les Spatules sont blanches avec un bec aplati, noir chez la Spatule d'Europe (HEINZEL, 1997).

2-2-6- PHOENICOPTÉRIDÉS (fig.4, f)

Roses et dégingandés les Flamants vivent en groupes sur les lagunes et lacs saumâtres où ils se nourrissent de plancton. Pendant sa migration, cette espèce préfère les étendues spacieuses d'eau salée (JOHNSON, 1989)

2-2-7- ANATIDÉS (fig.4, b, e et g)

Les anatidés regroupent les cygnes, les oies et les canards. Ce sont des oiseaux plutôt massifs, avec des pattes courtes, des pieds palmés et des ailes courtes, mais puissantes. Leur régime alimentaire est assez varié. Certaines espèces sont exclusivement végétariennes, d'autres filtrent le plancton et des petits invertébrés, d'autres pêchent des poissons ou des coquillages. Certaines espèces pâturent sur la terre ferme, d'autres barbotent à la surface de l'eau, d'autres enfin plongent, quelquefois profondément. La plupart des espèces sont grégaires pour se nourrir, dormir ou migrer et solitaires pour nicher (MADGE et BURN, 1988 ; OWEN et BLACK, 1990).

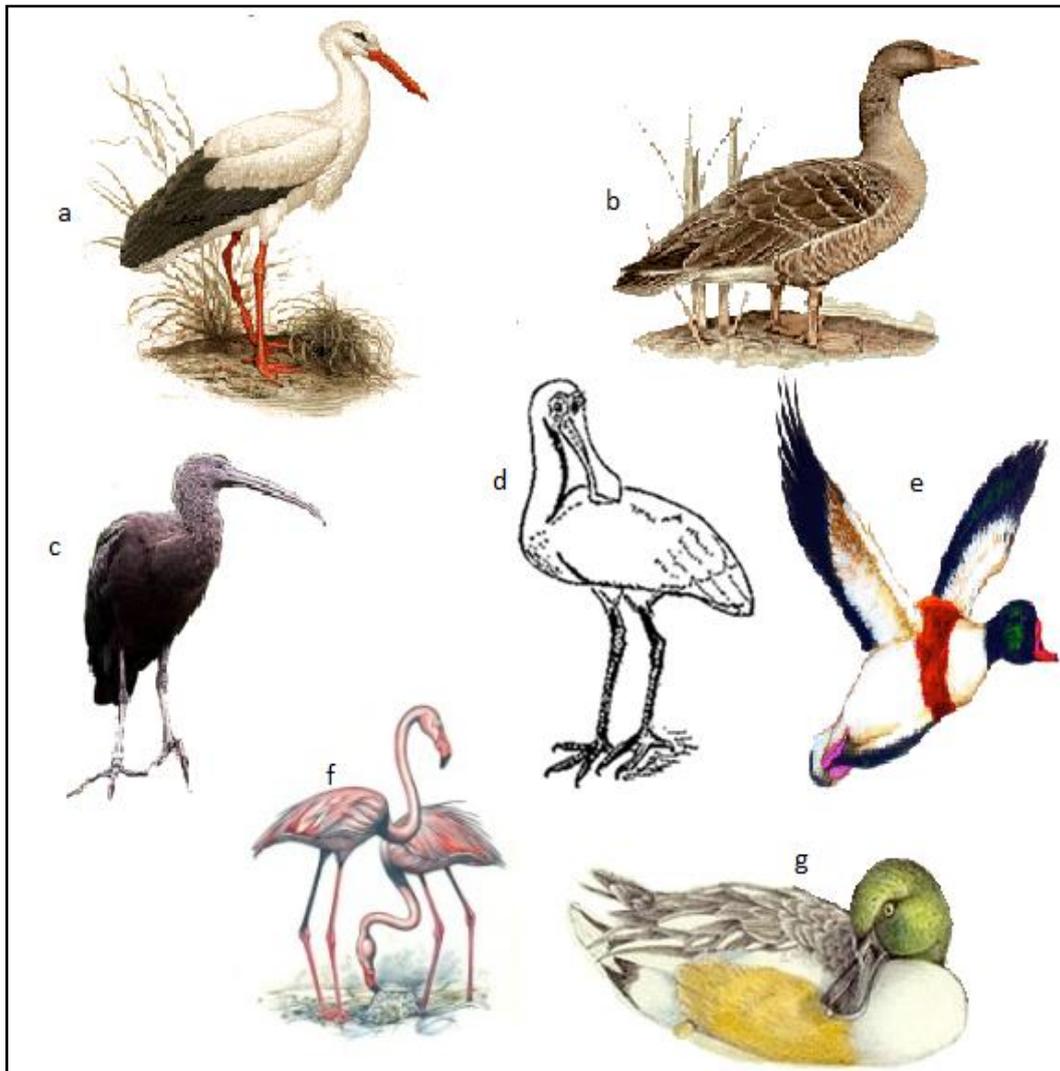


Figure 4 : **a :** *Ciconia ciconia*. **b :** *Anser anser*. **c :** *Plegadis falcinellus*. **d :** *Platalea leucorodia*. **e :** *Tadorna tadorna*. **f :** *Phoenicopterus roseus*. **g :** *Anas clypeata*

2-2-8- RALLIDÉS (fig. 5, a, b et c)

Tantôt se faufilant dans les roseaux, comme les Râles d'eau, tantôt nageant à découvert comme les Poules d'eau (espèces du genre *Gallinula*), sont des oiseaux d'allure assez variables. Leur plumage lâche leur donne une silhouette ronde en général et leurs doigts sont assez longs, fins ou (chez les Foulques *Fulica*) festonnés ; les Poules sultanes *Porphyrio porphyrio* se reconnaissent aux reflets bleu et vert brillants de leur plumage et à leur bec et leurs pattes rouge vif (DEJONGHE, 1990).

2-2-9- RÉCURVIROSTRIDÉS (fig. 5, d et e)

Très hauts sur pattes, bariolés de blanc et de noir et déambulant dans les eaux peu profondes, ces oiseaux sont bien visibles : l'Échasse blanche *Himantopus himantopus* au bec droit très fin, l'Avocette *Recurvirostra avocetta* au bec retroussé (DAVIS et SMITH, 1998).

2-2-10- LARIDÉS (fig. 5, f, g, h et I)

Les Goélands et Mouettes (quelques visiteurs du genre *Larus* et une espèce locale *L. michahellis*) sont d'élégants voiliers, blancs avec un manteau ou un capuchon plus sombre. Les sternes et les guifettes. Ce sont des oiseaux aquatiques, marins ou dulçaquicoles, grégaires, aux longues ailes effilées et à la queue souvent échancrée, ce qui leur vaut parfois le qualificatif d'hirondelle de mer. Les sternes et les guifettes sont des oiseaux élégants au vol ou quand ils pêchent des poissons en plongeant sous l'eau ou en cueillant, au vol, des insectes à la surface des eaux ; un peu moins, à terre, quand elles trottent sur leurs courtes pattes (VIELLIARD, 1981 ; CRAMP et SIMMONS, 1983).

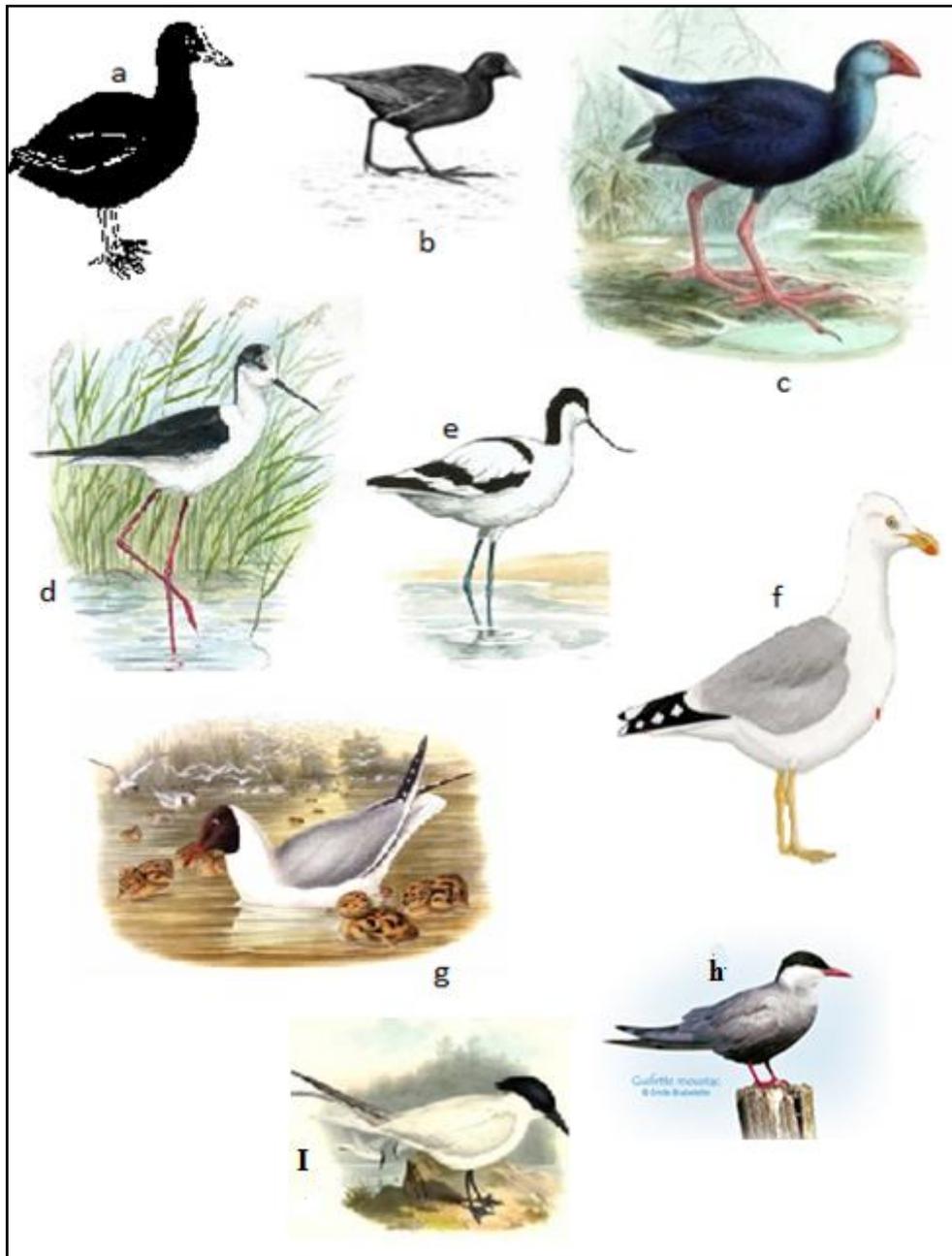


Figure 5 : **a :** *Fulica atra*. **b :** *Gallinula chloropus*. **c :** *Porphyrio porphyrio*. **d :** *Himantopus himantopus*. **e :** *Recurvirostra avocetta*. **f :** *Larus michahellis* **g :** *Chroicocephalus ridibundus*. **H :** *Chidonias hybridus* **I :** *Sterna nilotica*.

2-2-11-CHARADRIIDÉS (fig. 6, a, b et c)

Il s'agit de petits échassiers qui se tiennent sur le sol nu au bord de l'eau et qui chassent les insectes en courant. Les Vanneaux (une demi-douzaine d'espèces du genre *Vanellus*, dont la plus répandue est le Vanneau huppé, (*V. vanellus*) sont plus gros et bariolés de noir et blanc, les Pluviers (quelques visiteurs du genre *Pluvialis*) sont de taille moyenne et gris-brun uni, les petits Gravelots (7 ou 8 espèces du genre *Charadrius*) sont brun dessus et blanc dessous avec parfois des marques noires (LE DREAN-QUENEC'HDU ; MAHEO 1997).

2-2-12- SCOLOPACIDÉS (fig. 6, d, e, f et g)

Il s'agit uniquement de migrants venant d'Europe et peu reconnaissables dans leurs livrées blanchâtres maculées de gris et de brun. Le bec est fin et long, droit chez les Chevaliers (du genre *Tringa* et le Combattant souvent très denses) et les petits Bécasseaux (une demi-douzaine d'espèces du genre *Calidris*), très long et droit chez les Barges (genre *Limosa*, taille forte et en troupe) et les Bécassines (genre *Gallinago*, taille moyenne, pattes assez courtes, vivant cachées et isolées), long et arqué chez les Courlis (genre *Numenius*). (CRAMP et SIMMONS, 1983 ; TRIPLET, 2012).



Figure 6 : **a:** *Charadrius hiaticula*. **b:** *Charadrius alexandrinus*. **c:** *Vanellus vanellus*. **d:** *Limosa limosa*. **e:** *Calidris alpina*. **f:** *Tringa ochropus*. **g:** *Gallinago gallinago*.

2-2-13- ALCÉDINIDÉS (fig. 7, b)

A l'affût sur un perchoir qui domine l'eau, les Martins-pêcheurs, dont le plus (*Alcedo atthis*), se reconnaissent à leur bec en forme de poignard, arme efficace pour saisir petits poissons et insectes aquatiques (CRAMP et SIMMONS, 1983).

2-2-14-ACCIPITRIDÉS (fig. 7, c et d)

Parmi les divers Rapaces, certains fréquentent surtout les marais et leurs proies sont diversifiées elle peut être des amphibiens, reptiles, œufs et poussins, petits mammifères (campagnols, rats...), insectes et même des charognes. D'autres sont spécialement des pêcheurs de poisson : le Balbuzard (*Pandion haliaetus*, blanc et gris cendré) plonge habilement sur ses proies. (DEJONGHE, 1980).

2-2-15-GRUIDÉS (fig. 7, a)

Ces grands échassiers ont l'allure des Hérons et Cigognes, mais leur bec est plus court et plat. La Grue cendrée *Grus grus* est l'un des oiseaux qui symbolise le mieux ce formidable phénomène naturel qu'est la migration. Depuis des millénaires, elle traverse l'Afrique du nord et la grande Europe deux fois l'an, inscrivant dans le ciel le passage des saisons. (Cousi et Petit 2005)

2-2-16- HIRUNDINIDÉS (fig. 7, e)

Les Hirondelles chassent les insectes en vol et sont souvent attirées au-dessus des marais. La petite Hirondelle de rivage *Riparia riparia*, venue d'Europe, se perche pour la nuit en grands dortoirs dans les roseaux (VIELLIARD, 1981).

2-2-17- MOTACILLIDÉS (fig. 7, f)

L'un des migrateurs européens les plus répandus en hiver en Afrique est la Bergeronnette printanière (*Motacilla flava*), dont la silhouette fine et vive anime tous les terrains humides. Cette famille compte plusieurs autres espèces plus ou moins liées à la présence d'eau (NELSON et al., 2003).

2-2-18- SYLVIIDÉS (fig.7,g)

Parmi les nombreuses Fauvettes, les espèces du genre *Acrocephalus* ne vivent que dans les roselières inondées (VIELLIARD, 1981).



Figure 7 : a : *Grus grus* b : *Alcedo atthis* c : *Pandion haliaetus* d : *Circus aeruginosus* e : *Riparia riparia* f : *Motacilla flava* g : *Acrocephalus paludicola*

La rapide revue ci-dessus des groupes d'oiseaux représentatifs des milieux aquatiques (mer exclue) soulève une première remarque : il est en effet difficile de dire si une espèce d'oiseau est aquatique ou non. Notre liste, nécessairement incomplète, montre que certaines espèces signalées ne sont liées à la présence d'eau que pour une partie de leur activité. Tous les oiseaux ont certes besoin d'eau, au moins pour s'abreuver, mais beaucoup profitent aussi des milieux et des ressources qu'offrent les marais, sans être strictement liés aux zones humides (VIELLIARD, 1981). Nous avons retenu seulement les espèces dont la répartition suit de près celle de toute zone humide ; il aurait fallu peut-être ajouter des oiseaux comme les Guépriers qui creusent leur nid dans les berges des fleuves, certains passereaux qui affectionnent les roselières et encore d'autres.

Il appartient à l'écologiste de définir les relations unissant l'espèce et son milieu. Il faudrait ainsi mettre en évidence les facteurs des zones aquatiques qui sont indispensables à telle ou telle espèce. Un premier critère à étudier est l'origine du régime alimentaire : un oiseau appartiendra vraiment à l'avifaune aquatique s'il se nourrit essentiellement de poissons ou de plantes ou d'insectes aquatiques. En fait plusieurs espèces d'oiseaux vivent seulement au bord de l'eau, comme le Vanneau, se nourrissent surtout d'insectes terrestres ; elles ne participent donc pas à la vie écologique du système aquatique. Par ailleurs beaucoup d'espèces terrestres viennent, à l'occasion exploiter les éclosions d'insectes aquatiques (BALLA, 1994 ; HAREBOTTLE, 2012).

3- Écologie et biogéographie

3-1- Les principales étapes du cycle de vie des oiseaux d'eau

La vie des oiseaux est rythmée principalement par deux grandes phases : la période nuptiale ou de reproduction et la période inter nuptiale. Au cours de cette dernière, une grande partie des oiseaux effectuent une migration pour rejoindre les sites d'hivernage (LEFEUVRE, 1999) :

- La période de reproduction, définie comme la succession de plusieurs processus : le cantonnement, la ponte, l'incubation et l'élevage des jeunes.
- La période d'hivernage, qui correspond à l'intervalle de temps compris entre la migration d'automne et la migration de printemps. La conception la plus largement acceptée est celle qui définit l'hivernage comme le temps passé en dehors de la période de reproduction de ces oiseaux migrateurs et donc loin de leurs quartiers de nidification.

A l'intérieur de ces deux périodes, d'autres processus interviennent :

- La mise en couple, qui survient en novembre-décembre pour des nicheurs précoces tels que le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*) et le Canard pilet (*Anas acuta*) et en janvier-février pour les canards plongeurs tel que le Fuligule morillon et le Fuligule milouin (TAMISIER et DEHORTER, 1999).
- La mue des rémiges (plumes des ailes), qui survient généralement en juillet-août et peut s'achever aussitôt après la migration d'automne sur les lieux d'hivernage (TAMISIER et DEHORTER, 1999).

3-2- La migration

Parmi les caractéristiques biologiques des oiseaux la migration est la plus impressionnante, c'est une stratégie adaptative qui conduit les oiseaux à aller chercher plus loin des sites d'accueil et de stationnement plus favorables sur le plan climatique et alimentaire (DAJOZ, 2006).

Prenons la définition la plus simple de DORST (1962) la migration c'est : " ensemble de déplacements périodiques intervenant au cours du cycle d'un animal, entre une aire de reproduction - qualifiée de patrie - et une aire où l'animal séjourne un temps plus ou moins long en dehors de la période de reproduction et qu'il quitte ensuite pour retourner se reproduire dans la première".

Poussés par des conditions climatiques difficiles, les oiseaux se déplacent en des effectifs spectaculaires et traversent de longues distances avec des orientations bien précises, pour passer l'hiver plus au sud sous des températures plus clémentes et où la nourriture est abondante (DORST, 1962 et DAJOZ, 2006)

Chez ces êtres ailés, on distingue deux mouvements migratoires chaque année, le premier, au printemps, correspond à l'arrivée des populations migratrices dans les aires de nidification situées aux hautes latitudes. Le second, à l'automne marque le déplacement des individus vers les zones d'hivernage, souvent situées dans les régions intertropicales (RAMADE, 2003).

La migration d'automne est dite postnuptiale ou aller, s'étale sur deux mois environs, par contre celle du printemps dite de retour ou pré-nuptiale est très courte, les individus étant pressés de rejoindre leurs sites de reproduction (NEWTON et BROCKIE, 2008). Ces derniers auteurs notent aussi que la migration des oiseaux est en rapport avec les phénomènes de la reproduction d'une part et les modifications climatiques saisonnières

d'autre part mais plusieurs autres aspects restent inconnus. Le déclenchement de la migration est une combinaison entre facteurs externes et endogènes selon le même auteur.

LEFEUVRE (1999) précisent que les calendriers et les itinéraires de migration varient selon les espèces et que l'étendue du voyage ainsi que les variations dans la chronologie migratoire dépendent largement des conditions météorologiques surtout s'il s'agit de vent qui impose des haltes non programmées.

Les schémas de migration des oiseaux sont infiniment variables cependant les itinéraires les plus fréquentés sont situés entre l'Europe et l'Afrique où la Méditerranée, constitue un obstacle quasi infranchissable pour la plus part des espèces. De fait, deux grandes voies de passage s'offrent tout naturellement aux migrateurs : Gibraltar à l'Ouest et le Bosphore à l'Est. C'est exactement sur ces deux détroits que concentrent la grande majorité des oiseaux en route pour l'Afrique. Ceux venus d'Europe occidentale et du Nord transitent par Gibraltar pour gagner l'Afrique occidentale, l'Afrique subsaharienne et l'Afrique australe par l'Ouest. Quant aux populations issues de l'Europe orientale et de Sibérie, elles empruntent le Bosphore, Traversent la Turquie, longent les côtes proche-orientales et gagnent l'Afrique par Suez et le nord de la mer Rouge. Il ne leur reste plus qu'à mettre le cap au sud pour rejoindre l'Afrique australe. En outre, si l'on observe une carte de la Méditerranée, on s'aperçoit qu'en sa partie centrale, il suffit de longer l'Italie pour passer en Sicile puis, les côtes d'Afrique du Nord (Figure 8) (DARMANGEAT, 2008).

Ainsi la migration est un cycle annuel, qui se répète de manière globalement semblable. Chaque automne, les oiseaux migrateurs quittent leurs territoires de reproduction à une date presque identique et de même au printemps pour la migration de retour sauf conditions extraordinaires (vague de froid, grands vents...). (Figure 9).

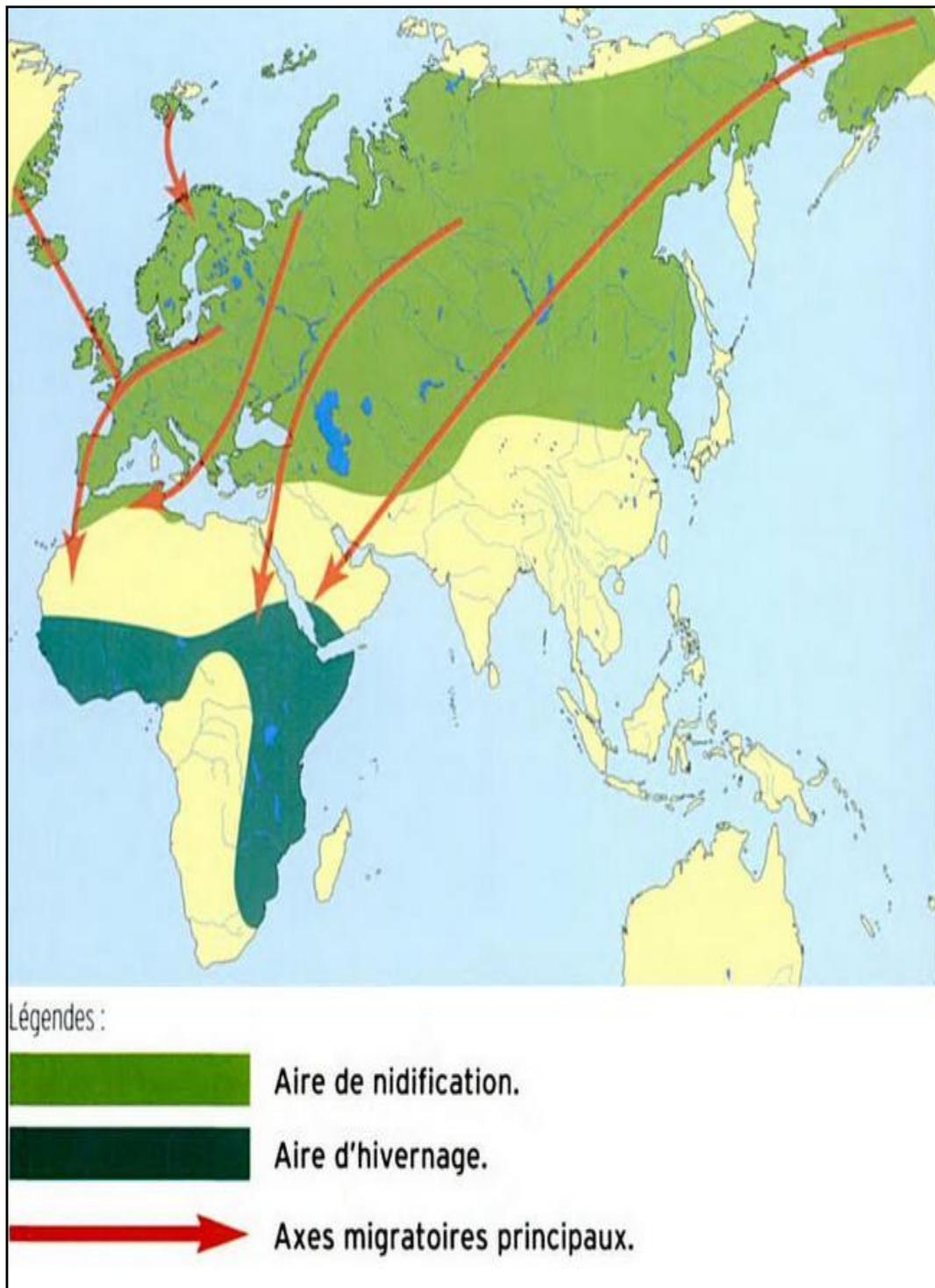


Figure 8 : Les principales voies de migration chez les oiseaux (DARMANGEAT 2008).

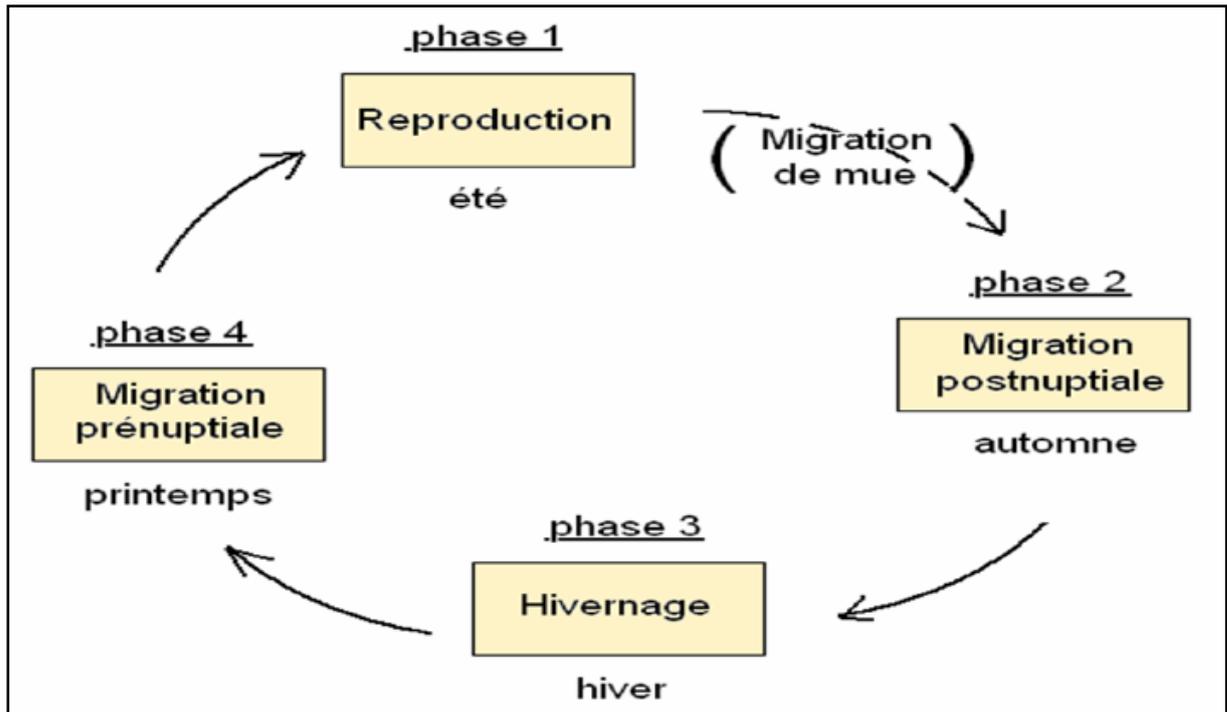


Figure 9: Cycle annuel des déplacements d'oiseaux d'eau (LEFEUVRE, 1999)

En revanche, les migrateurs, appelés à se déplacer sur de longues distances, effectuent généralement leur voyage en plusieurs escales. Les migrateurs transsahariens éprouvent la nécessité de procéder à plusieurs étapes consacrées au repos et à la reconstitution de leurs réserves énergétiques. Ainsi, la rapidité de la migration va dépendre de ces différents facteurs mais aussi des conditions climatiques et atmosphériques rencontrées (LEFEUVRE, 1999).

Le comportement migratoire d'une espèce est fonction de son habitat d'origine ; plus la vie est difficile à la mauvaise saison, plus il est avantageux de migrer. Certains oiseaux peuvent être alors migrateurs dans un pays, migrateurs partiels dans un autre, voire sédentaires dans un troisième pays (LEFEUVRE, 1999).

3-3- Facteurs structurant les communautés d'oiseaux aquatiques et sélection de l'habitat

Il est d'observation courante que les zones humide, abritent une grande diversité d'oiseaux aquatique. La nature et la densité de ces espèces dépend de caractéristiques de la station plus ou moins confusément perçues par l'observateur averti, qui connaît l'influence de facteurs environnementaux comme, la profondeur et la qualité de l'eau, la nature et la pente des rives ou la nature et l'importance de la végétation aquatique et riveraine (BOURNAUD, 1980). C'est la combinaison de ces variables qui permet aux individus de survivre et de se reproduire qui constitue la niche écologique d'une espèce (HUTCHINSON, 1957). Des relations précises sont délicates à exprimer, voire à détecter.

3-3-1- La profondeur d'eau

De nombreuses études ont montré que la profondeur de l'eau est un facteur très important qui affect l'utilisation des habitats des zones humides par les oiseaux aquatiques et cette relation a servi comme base pour les lignes directrices de gestion de ces écosystèmes. La profondeur d'eau détermine directement l'accessibilité de l'alimentation pour les oiseaux aquatiques en raison des restrictions dans leur morphologie, tels que les longueurs de tarse chez les Echassiers ou le cou chez les canards (COLWELL et TAFT, 2000). Les oiseaux aquatiques non plongeurs, comme les Echassiers et les barboteurs (canard de surface), exigent généralement des eaux peu profondes pour se nourrir, et leur accès à l'habitat d'alimentation est limité par la profondeur de l'eau. En revanche, les oiseaux aquatiques plongeurs ont besoin d'eau profonde, au moins qui leur permet de plonger pour se nourrir (Figure 10) (ZHIJUN et *al.*, 2010).

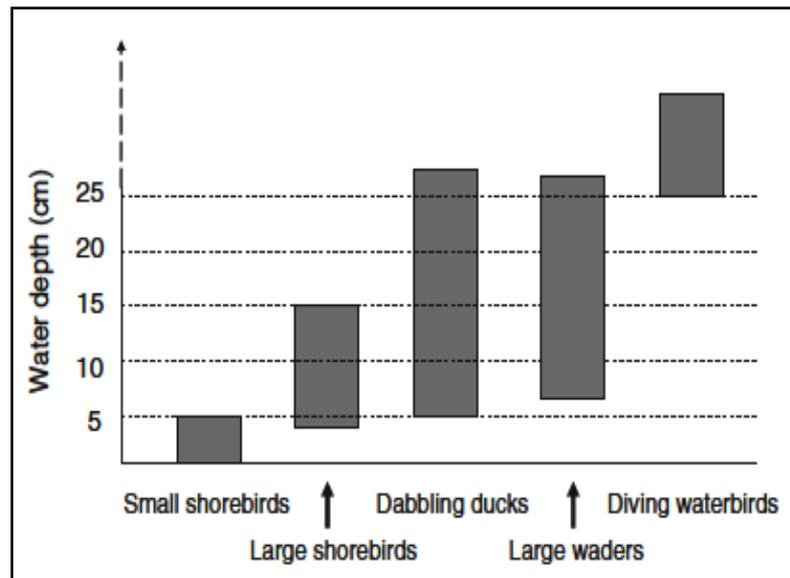


Figure 10 : Variation des profondeurs de l'eau et les groupes d'oiseaux aquatiques associés (ZHIJUN *et al.*, 2010)

3-3-2- Végétation (Vegetation)

En plus que la fourniture des aliments tels que les graines, les feuilles, les tubercules et les rhizomes pour les oiseaux herbivores, la végétation est un élément important de l'habitat et influence fortement l'utilisation des zones humides par ces espèces. L'effet et l'importance de la végétation dépend de la saison et du groupe d'oiseaux aquatiques. Dans la saison de reproduction, les plantes dite hydrophytes (émergente ou flottantes) constituent les principaux matériaux de construction des nids de foulques, colverts et poules d'eau et d'améliorer par conséquent leur succès de reproduction (FRONEMAN *et al.*, 2001). Aussi, les hydrophytes (émergentes) offrent également un abri contre la prédation ou toute sorte de perturbation soit dans les sites de reproduction, de gagnage ou de remise. En outre, les îlots d'arbres fournissent un endroit propice pour la reproduction principalement des oiseaux coloniaux, surtout dans les zones humides ouvertes (HATTORI et MAE, 2001). En outre, la végétation dense fournit également des conditions favorables pour la croissance des invertébrés ce qui augmente leur densité et par conséquent celle des oiseaux aquatiques (ZHIJUN *et al.*, 2010).

3-3-3- La salinité (Salinity)

En général, l'eau de salinité élevée est nuisible pour les oiseaux aquatiques. Les individus qui boivent l'eau d'une salinité élevée perdent de poids corporel par déshydratation et ils évitent aussi, même pour le repos ou d'autre activité, car les sels réduisent l'imperméabilité des plumes et augmente ainsi les coûts énergétiques de thermorégulation (RUBEGA et ROBINSON, 1997). La salinité de l'eau affecte également la composition et l'abondance de la végétation, zoo-benthos et les animaux aquatiques et donc influence la présence et la répartition des oiseaux aquatiques (ZHIJUN *et al.*, 2010).

3-3-4- La topographie (Topography)

Avec une profondeur d'eau donnée la variation de la topographie d'une zone humide contribue à élargir la gamme des micro-habitats, boues ; vasières et eau profonde ce qui répond aux besoins des différents groupes d'oiseaux aquatiques associés, les limicoles, les échassiers, les canards de surface et plongeurs (ZHIJUN *et al.*, 2010). En plus la répartition des plantes aquatiques émergentes et conditionnée par une favorable profondeur d'eau ce qui génère un habitat hétérogène pour les oiseaux aquatiques. En outre, les îlots et les terres hautes au sein d'une zone humide constitue un lieu de nidification et de mue propice pour plusieurs espèces (HOFFMAN *et al.*, 1994) et plusieurs études ont montré que la combinaison entre la variabilité de la topographie avec une profondeur d'eau convenable constitue un habitat accessible pour divers oiseaux aquatiques (ISOLA *et al.*, 2002).

3-3-5- La taille de la zone humide (wetland size)

De nombreuses études ont montré que la taille des zones humides influence positivement la richesse l'abondance des oiseaux aquatique. En général, la configuration spatiale et l'hétérogénéité des micro-habitats d'une zone humide sont absolument liés à sa taille. Tandis que les oiseaux aquatiques ont des préférences différentes vis-à-vis la physionomie de l'habitat, les zones humides de grande taille qui sont plus hétérogène par rapport a celles de petite taille, sont les plus susceptibles d'accueillir une grande diversité d'oiseaux d'eau. En général, les espèces qui se nourrissent près du rivage persistent dans les grands et les petites zones humides et sont considérés comme des espèces de la indépendante de la taille du site, alors que les espèces qui se nourrissent dans les espaces dégagées et en eau profonde sont considérés comme des espèces de la dépendante de la taille du site et sont relativement limités à des grandes zones humides (PARACUELLOS 2006 ; PARACUELLOS et TELLERIA, 2004).

3-3-6- La proximité des zones humides (wetland connectivity)

La prise en compte d'un site comme entité séparé pour étudier et comprendre la présence et l'abondance des oiseaux aquatiques est une erreur. En général, une zone humide individuelle répond rarement à toutes les exigences de ces espèces d'oiseaux (alimentation, repos, perchoir, sites de nidification, etc.) (ZHIJUN et *al.*, 2010). La stratégie d'alimentation basée sur l'exploitation tournante des milieux complémentaires qu'il s'agit d'exploiter efficacement au bon moment ces milieux. Ainsi, le maintien de plusieurs zones humides, complémentaires au sein d'une mosaïque, peut fournir les ressources requises par l'avifaune aquatique. Le succès de la reproduction de certaines espèces d'oiseaux aquatiques dans une zone humide peut être affecté par d'autres zones humides de proximité. A ce titre, pour les espèces qui consomment des proies surabondantes mais éphémères, la recherche de la nourriture en se déplaçant entre les zones humides est plus efficace que de rester au niveau d'une seule zone humide, même si elle est de superficie importante (FRONEMAN et *al.*, 2001; KELLY et *al.*, 2008).

3-3-7- Autres variables de l'habitat

En plus des variables mentionnées précédemment, certains d'autres liées aux caractéristiques du sédiment (par exemple, la teneur en matière organique et la taille des particules) et la qualité de l'eau (par exemple, la transparence, la température, l'oxygène dissous et le pH) peuvent également affecter directement ou indirectement l'utilisation des zones humides par les oiseaux aquatique. Par exemple, la teneur en matière organique dans l'eau et les sédiments affecte la croissance des plantes aquatiques, et détermine ainsi l'abondance des invertébrés. La taille des particules des sédiments conditionne la pénétration de l'eau, l'oxygène et la lumière ce qui affecte donc la présence de la méiofaune et les invertébrés endofauniques et épifauniques. Aussi, la transparence et la température de l'eau affectent la croissance des algues (NIELSEN et *al.*, 2002). Enfin, la température de l'eau affecte également l'éclosion des œufs et le développement des invertébrés (ZHIJUN et *al.*, 2010).

3-3-8- Interaction entre les variables de l'habitat

En plus de leur conséquence sur l'utilisation des zones humides par les oiseaux aquatiques, les variables d'habitat interagissent également pour affecter directement ou indirectement l'utilisation des oiseaux d'eau des zones humides, la figure 11 récapitule tous les scénarios qui peuvent être existés (ZHIJUN et *al.*, 2010).

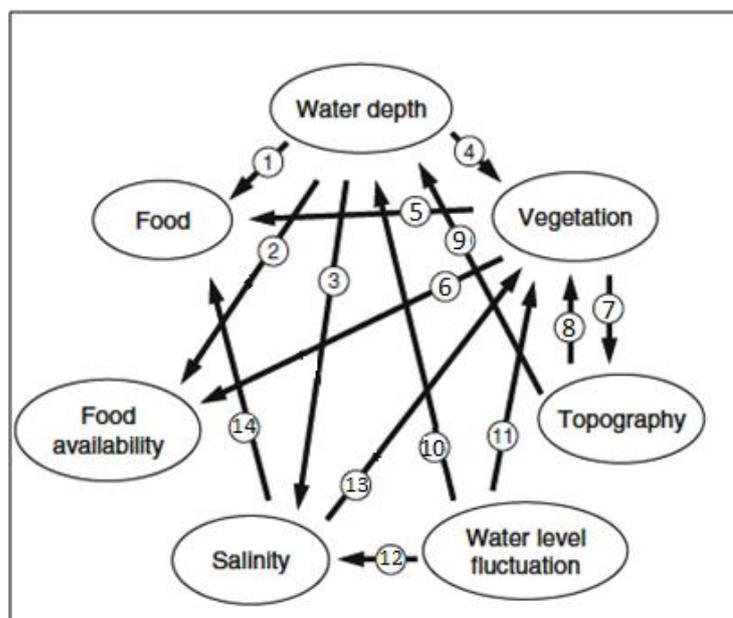


Figure 11 : Interaction entre les variables majeures de l'habitat qui peuvent influencer la vie des oiseaux aquatiques (ZHIJUN et *al.*, 2010). La direction des flèches indique le sens de l'influence.

1: la profondeur d'eau affectant la distribution des plantes et animaux aquatiques servant de nourriture pour les oiseaux d'eau; **2:** la profondeur de l'eau limite la disponibilité des aliments **3:** Augmentation de la salinité lorsque l'eau se retire; **4:** la profondeur de l'eau affecte la répartition de la végétation; **5:** la végétation c'est le support des animaux aquatiques qui sont les aliments des oiseaux aquatiques; **6:** la végétation dense gêne la recherche de nourriture; **7:** la végétation affecte fonctionnellement la topographie des zones humides; **8:** la topographie affecte la répartition de la végétation dans l'eau; **9:** la topographie affecte la variabilité de la profondeur de l'eau; **10 :** les fluctuations du niveau de l'eau résultant des changements de profondeur de l'eau; **11 :** les fluctuations du niveau de l'eau affectant la croissance des plantes aquatiques; **12 :** les fluctuations du niveau de l'eau causée par les précipitations et l'évaporation affectant la salinité de l'eau; **13:** la salinité affecte la distribution des plantes; **14 :** la salinité affecte les plantes et les animaux aquatiques qui servent comme d'aliments pour les oiseaux d'eau

4- Les méthodes de l'ornithologie

La stature, le plumage, la voix et certains traits de biologie permettent la reconnaissance des espèces et parfois même du sexe et de l'âge. L'observation est facilitée par l'usage de jumelles ; un grossissement de 8 fois est généralement suffisant, mais un bon télescope est utile pour les dénombrements sur de grandes surfaces d'eau libre. La voix est une aide souvent précieuse, mais l'emploi du magnétophone est très délicat, et, d'autre part, la reconnaissance des espèces à l'oreille nécessite l'écoute de disques de référence dont la publication est en cours (BIBBY et *al.*, 2000 ; DEVINEAU, 2010).

L'étude des oiseaux libres dans la nature se suffit à elle-même, mais si l'occasion se présente d'avoir un spécimen en main, certaines données complémentaires sont à relever. L'état du plumage, notamment s'il est en cours de mue, le degré d'engraissement et le poids n'ont d'intérêt que s'ils sont notés très précisément.

De toutes les mensurations, celle de l'aile « pliée » est la plus utile, celles du bec (ligne droite de la pointe aux premières plumes du front) et du « tarse » (entre les deux articulations) sont souvent moins précises. Si l'oiseau est mort, inciser l'abdomen, retirer les intestins (que l'on peut conserver pour y chercher des parasites ou des restes plus ou moins reconnaissables de nourriture). Les bols alimentaires peu fournis se révèlent en général non représentatifs du régime car les éléments fragiles ont disparus et on n'y trouve plus que certains éléments durs. L'interprétation des résultats doit s'appuyer sur des observations dans la nature : méthodes de la capture de sa nourriture par l'oiseau étudié, ressources alimentaires de son terrain de chasse (DEVINEAU, 2010 ; TRIPLET, 2012).

Chapitre II

Description de la zone humide étudiée

1- Présentation générale du lac Tonga

Le Lac Tonga est situé à l'extrême nord-est de l'Algérie au sein du Parc National d'El-Kala* (wilaya d'El Taref) fait partie de la Numidie orientale (Figure 12). Il est situé à l'Est de la ville d'El Kala, à 3 km à vol d'oiseau de la mer. Au nord, le lac Tonga est séparé de la mer par des dunes littorales. Au sud, c'est un lac de type palustre d'eau douce en communication avec la mer Méditerranée par un canal artificiel, le Canal Messida. Il se caractérise par une importante couverture végétale en mosaïque composée d'hélophytes (scirpes, phragmites et typhas). Il est considéré comme un important site d'hivernage pour plus de 25 000 Anatidés et Foulques, et est également un site de nidification pour plusieurs espèces, dont certaines sont très rares ou en recul dans leurs habitats, comme l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) (BOUMEZBEUR, 1993), le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) (AISSAOUI *et al.*, 2009), la Poule Sultane (*Porphyrio porphyrio*), la Guifette moustac *Chlidonias hybridus* (BAKARIA *et al.*, 2002), etc. ce qui lui donne une importance internationale, classé site Ramsar en 1983 (BOUMEZBEUR, 1993).

*Le Parc National d'El-Kala (PNEK) (36°52 N, 8°27 E) situé à l'extrême Nord-Est Algérien au niveau de la wilaya d'El-Tarf, a été créé en 1983 par le décret n° 83-458, classé réserve de biosphère en 1990, regroupe neuf communes entièrement contenues dans la wilaya d'El-Tarf (wilaya issue du découpage administratif de l'année 1985). Cette réserve intégrale s'étend sur une superficie de 76 438 ha, soit 26% de l'espace de la wilaya (Figure 11). Le Parc représente un réservoir de la biodiversité méditerranéenne (STEVENSON *et al.*, 1988) ; on y trouve 1264 espèces végétales, soit 32% de la flore algérienne et 878 espèces animales, dont les plus emblématiques sont le cerf de barbarie, le lynx caracal, la hyène rayée, le renard roux ou doré et la mangouste. Il renferme de nombreuses espèces rares ou menacées selon les listes IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature). Fortement boisé (plus de 69% de sa superficie), Le PNEK s'étend sur une bande côtière de 40 km et longe la frontière tunisienne sur 98 km. Plus de 120 000 habitants vivent sur ce territoire. Cette pression humaine sur les espèces faunistiques et floristiques les rend très vulnérables (SKINNER et SMART, 1984 ; STEVENSON *et al.*, 1988 ; KADID, 1989; BOUMEZBEUR, 1993).

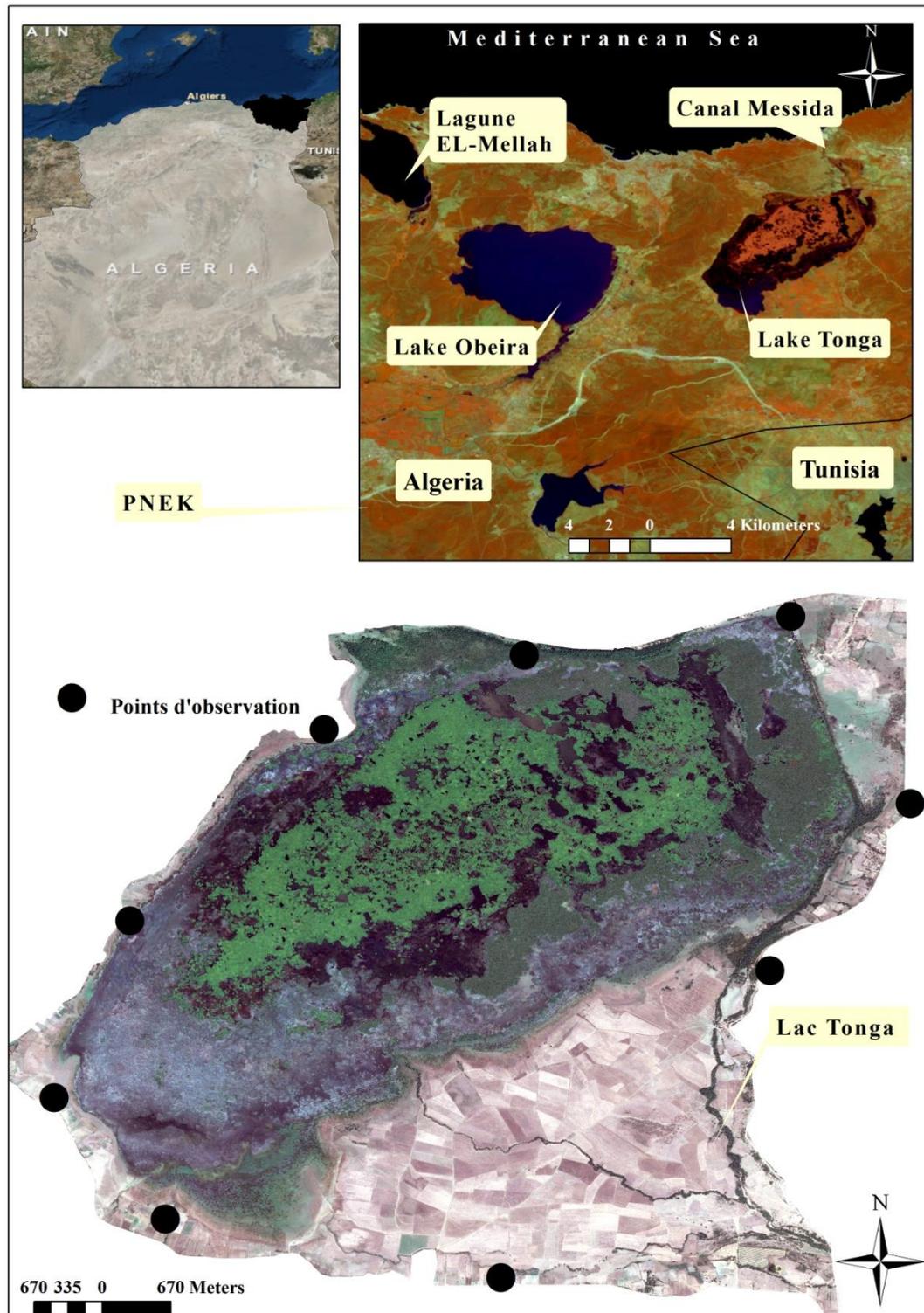


Figure 12 : Représentation graphique du lac Tonga et le parc national d’El-Kala (PNEK), wilaya d’El-Tarf (Land/water ; Landscape Esri 2010)

2- Situation géographique

C'est une zone humide classée Réserve Intégrale du Lac Tonga, Wilaya d'El-Tarf

Coordonnées géographiques : Longitude : 36°53' N Latitude : 08°31' E

Altitude : Altitude moyenne 2,2 mètres

Superficie : 2 700 hectares (KADID, 1989)

3- 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 Oubeïra (ANONYME, 1998) :

- ✓ 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.

4- Caractéristiques de la zone humide Lac Tonga

4-1- Sol et réseau hydrographique

Faisant partie du domaine tellien de la zone extrême orientale, la région présente essentiellement des formations tertiaires composées d'argile, de grès numidiens, de sables et de conglomérats, ainsi que de formations quaternaires représentées par des dépôts fluviaux résultant de l'action érosive. Deux formes sont alors observables : des formations perméables et des formations peu perméables, ce qui a permis le développement d'une végétation forestière riche, et d'un réseau très important parcourue par deux cours d'eau majeurs qui coulent toute l'année (Oued El Hout, long de 14 km, et Oued El Eurg qui fait 10 km de longueur), donc deux sous bassins versants (Figure 13) (RAACHI, 2007) :

- ✓ Celui de Oued El Eurg qui naît en amont de l'amorce de l'ouverture de la plaine d'Oum Teboul à partir du point de confluence entre Chaabet Dridir et Oued Dridra au pied de Djebel Djibil (97 m). Les branches amont des deux cours d'eau s'étalent en un réseau réparti sur toute la paroi du versant. Les extrémités de ces deux branches coulent en parallèle, jusqu'au point 130 m à partir duquel elles contournent, chacun de son côté le petit massif de Djebel Djibil qui termine la ligne de crête avant de converger à son pied pour former Oued El Eurg qui a pu construire le cône de déjection qui est la plaine d'Oum Teboul.
- ✓ Celui de Oued El Hout qui naît en amont de la plaine d'El Aïoun, au niveau du col qui le sépare d'Oued Djenane qui coule en sens inverse vers la Tunisie.

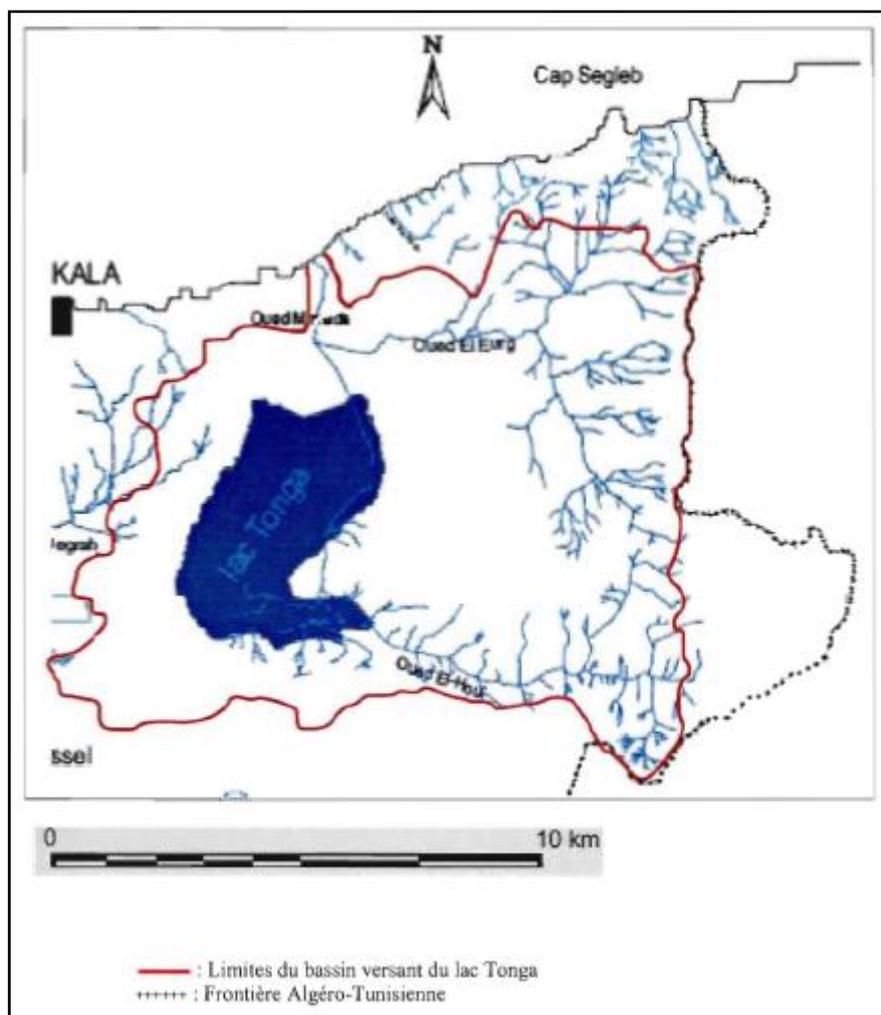


Figure 13 : Carte du réseau hydrographique de la région d'étude (RAACHI, 2007)

4-2- Bathymétrie

Les mesures bathymétriques font ressortir que Le lac Tonga est un plan d'eau peu profond. La profondeur maximale mesurée en période estivale est de 1,80 m. La profondeur moyenne est de 1,20 m. Cependant le Lac Tonga se caractérise par une variation relativement faible de la profondeur au niveau des rives sauf au niveau de la digue. Dans sa majeure partie, la topographie du fond du lac peut être considérée comme très homogène (RAACHI, 2007).

4-3- Climat et bioclimat (pour plus de détail voir Figure I et II annexe)

La zone d'étude bénéficie de conditions climatiques favorables et de microclimats de type sub-humide à hiver chaud (Figure 14). Le régime pluviométrique est de type méditerranéen. Les précipitations varient autour d'une moyenne de 700 mm par an, dont 65% sont concentrées entre les mois de novembre et mars, et font apparaître une période sèche de 7 mois (Figure 15). Les températures sont maximales en été, et les minimales sont enregistrées en hiver (Tableau 2).

Tableau 2 : Moyenne des données météorologiques d'El-Kala (1995-2012) (Station météorologique d'El Kala, 2012)

	T min (°C)	T max (°C)	T moyenne (°C)	P (mm)
jan	8	17	13	113
Fév	9	18	13	63
mar	10	19	15	75
avr	12	22	17	59
mai	16	26	21	41
juin	19	29	24	21
jui	22	32	27	4
août	23	33	28	11
sep	21	30	26	62
oct	17	27	22	73
nov	13	22	17	105
déc	10	18	14	112
Année	15	24	20	741

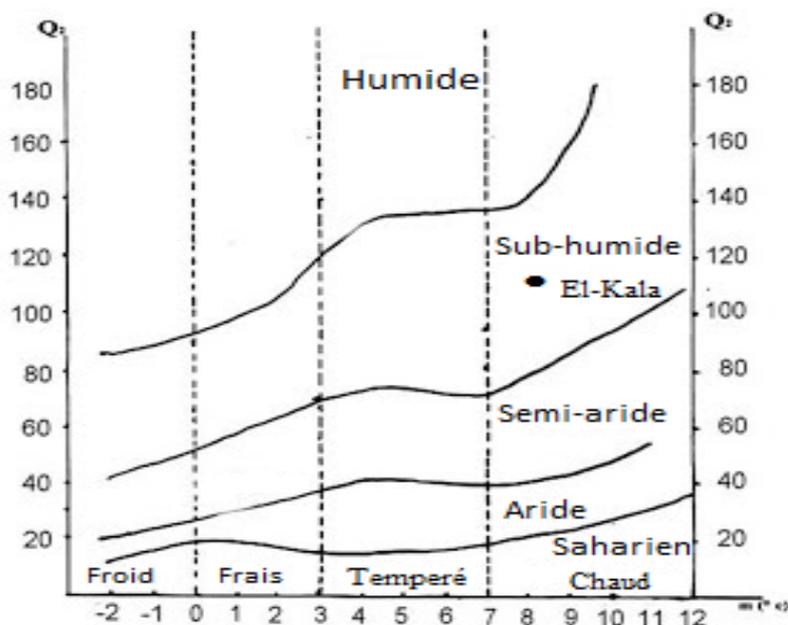


Figure 14 : Position de la région d'El-Kala dans le Climatogramme d'Emberger période (1995-2012)

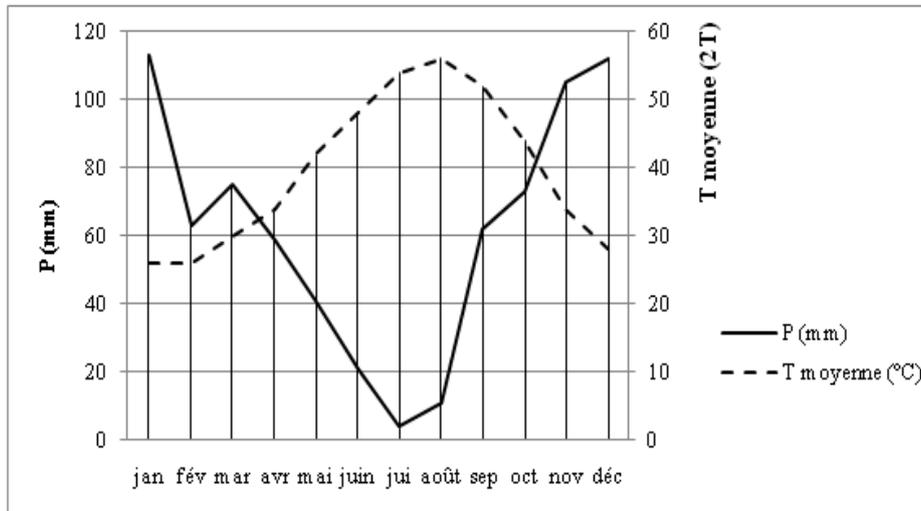


Figure 15 : Diagramme pluvio-thermique de la région d'El-Kala période (1995-2012)

4-4- Identification des habitats naturels du lac Tonga

L'identification des habitats naturels du Lac Tonga ont été décrit dans cette partie on se basant sur la plus récente photo-interprétation et cartographie fait par SAÏFOUNI et BELLATRECHE (2014). Cette photo-interprétation nous a permis d'établir une vue générale de site d'étude et de déterminer les différentes formations végétales et leur emplacement, les formes et les contours des habitats ayant été déterminés (Figure 16). Grâce à l'intensité de la couleur grise de l'image satellite SPOT 2007, qui exprime la densité de la végétation, ou encore son recouvrement, ainsi que les analyses et les prospections de terrains, 5 classes de teintes correspondantes a 5 micro-habitats naturels ont été rencontrés sur le site (Figure 16) (Tableau 2).

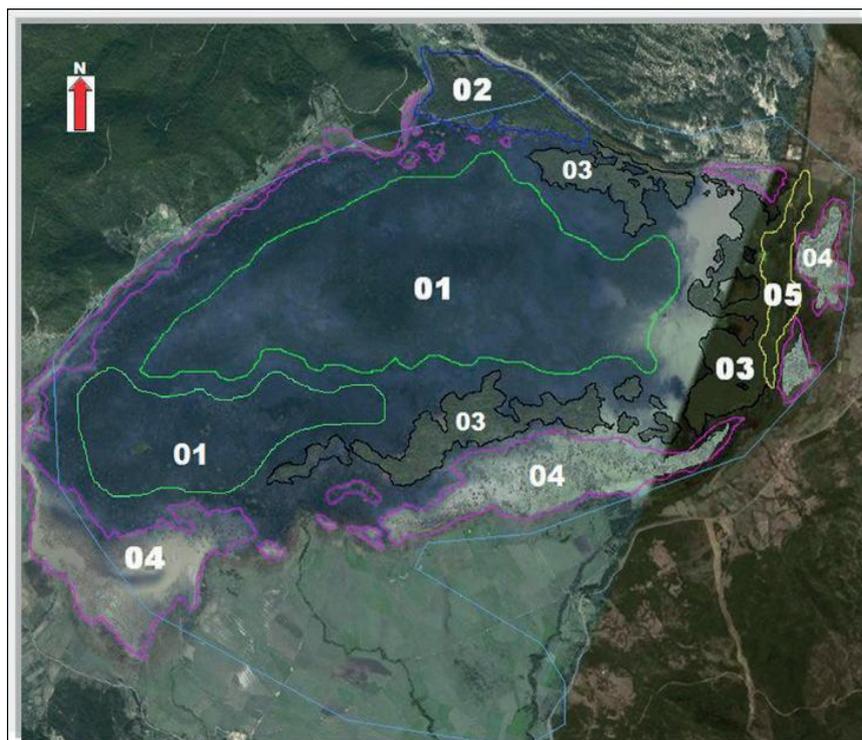
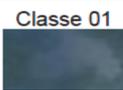
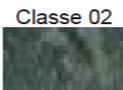
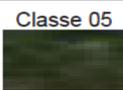


Figure 16 : Zones isophènes du lac Tonga (en fonction de la teinte d l'image satellite SPOT 2007).

Tableau 3 : Identification des habitats naturels du lac Tonga sur le terrain selon les zones isophènes (SAÏFOUNI et BELLATRECHE, 2014).

Classe de teinte	Habitats naturels correspondants, identifiés sur le terrain						
 Classe 01	Nénupharaie	Plage d'eau libre					
 Classe 02	Aulnaie	Prairie humides					
 Classe 03	Ceinture de Saulaie	Saulaie flottant	Formation boisée à Cyprès chauve				
 Classe 04	Formation a Tamaris	Prairie humide et Pelouse naturelle	Scirpaie	Sparganaie	Typhaie	Phragmitaie	
 Classe 05	Scirpaie	Sparganaie	Typhaie	Phragmitaie	Iridaie	Formation à Acacia	Pelouse Naturelle

16 habitats naturels parmi lesquels 10 habitats appartiennent à la végétation lacustre et 6 habitats à la végétation palustre ont été identifié (Figure 17).

➤ VEGETATION LACUSTRE

- *Habitat 1* : Plage d'eau libre à végétation immergée ;
- *Habitat 2* : La Scirpaie : Formation à Scirpe lacustre (*Scirpus lacustris*) et à Scirpe maritime (*Scirpus maritimus*);
- *Habitat 3* : Sparganaie : Formation à Rubanier (*Sparganium erectum*) ;
- *Habitat 4* : Scirpaie-Sparganaie ;
- *Habitat 5* : Typhaie : formation à Massette à feuilles larges (*Typha angustifolia*) ;
- *Habitat 6* : Phragmitaie : formation à Phragmite commun ou à Roseau commun (*Phragmites australis*) ;
- *Habitat 7* : l'Iridaie : Formation à Iris des marais (*Iris pseudacorus*) ;
- *Habitat 8* : Prairie humide, avec du Fourrage naturel, des Arachides, des cultures maraichères, de petits vergers fruitiers, qui se partagent les sols profonds et fertiles de la zone humide ;
- *Habitat 9* : Pelouse naturelle, c'est une formation à Paspale à 2 épis (*Paspalum distichum*) ;
- *Habitat 10* : Nénupharaie : Formation à Nénuphar blanc (*Nymphaea alba*).

➤ VEGETATION PALUSTRE

- *Habitat 11* : Aulnaie : Formation à Aulne glutineux (*Aulus glutinosa*) ;
- *Habitat 12* : Formation à Cyprès chauve (*Taxodium distichum*);
- *Habitat 13* : Saulaie flottante : Formation à Saules blanc (*Salix pedicellata*) ;
- *Habitat 14* : Ceinture de Saulaie : Formation à Saules blanc émergents (*Salix pedicellata*) ;
- *Habitat 15* : Formation à Acacia (*Acacia eburnea*) ;
- *Habitat 16* : Formation à Tamaris commun (*Tamarix gallica*).

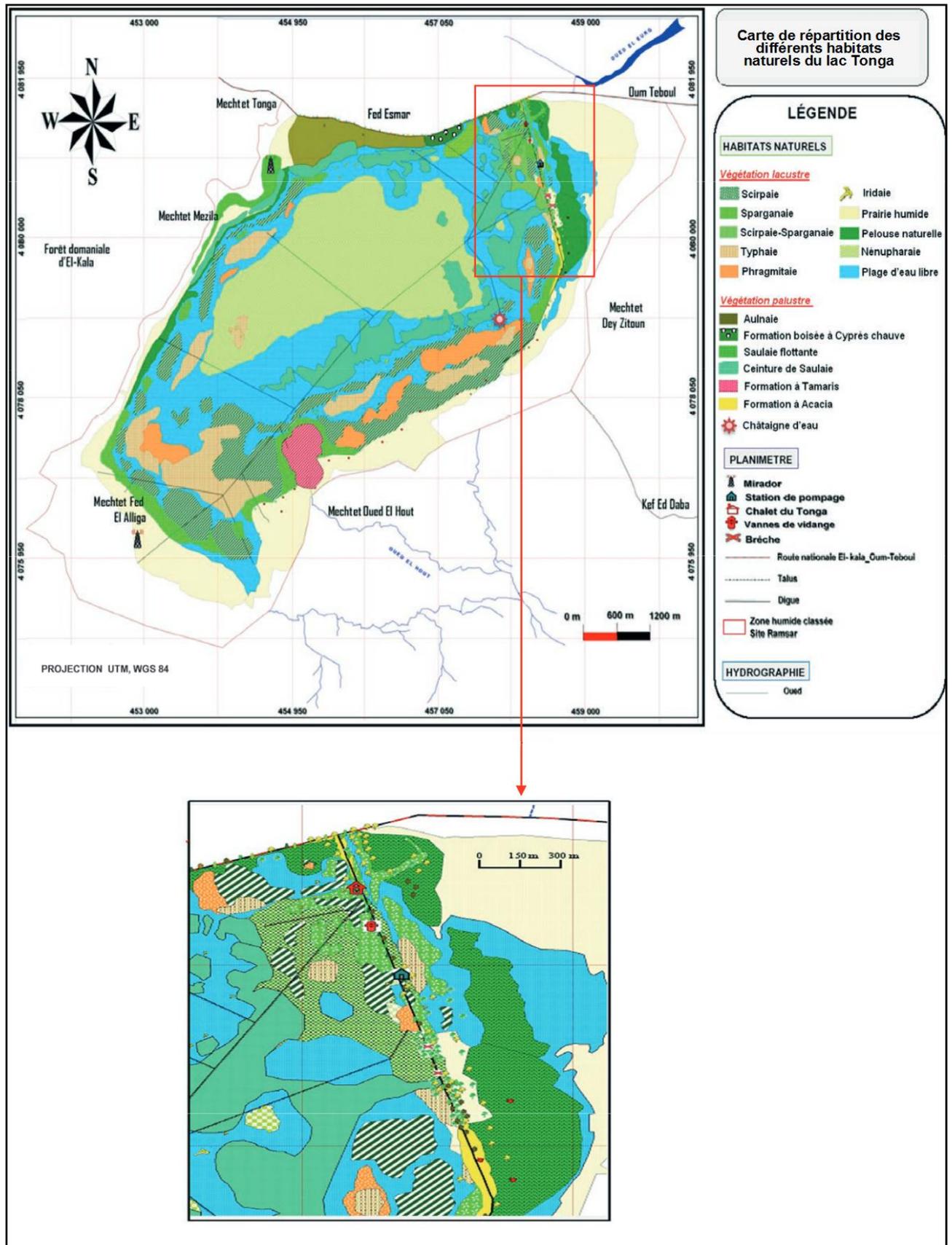


Figure 17 : Carte de répartition des différents habitats de reproduction du lac Tonga (SAÏFOUNI et BELLATRECHE, 2014).

4-5- Biodiversité de la zone humide ‘Lac Tonga’ (plus de détails tableau II et III annexe)

La mosaïque d'écosystèmes du bassin versant du Lac Tonga, constitue un habitat remarquable et un biotope favorable à l'installation ou la transition d'une faune riche et diversifiée. En effet, les principaux groupes systématiques y sont rencontrés, comme les mammifères, les oiseaux et les reptiles.

La faune mammalienne du bassin versant du Lac Tonga, tous écosystèmes confondus est représentée par 37 espèces. Certaines de ces espèces sont rares et localisées. La loutre *Lutra lutra* espèce rare et menacée d'extinction, confinée au lac Tonga reste tributaire de l'intégrité de son biotope. Le cerf de barbarie *Cervus elaphus barbarus*, seul grand mammifère du Maghreb tellien du Maroc à la Tunisie, en Algérie il est confiné au nord de la région frontalière algéro-tunisienne et occupe donc toute la subéraie, la pineraie et la cocciferaie de bassin versant du Lac Tonga et sa présence à l'intérieur des frontières algériennes est fortement liée à la présence d'eau dans le bassin versant, et le lac Tonga en périodes de sécheresse est l'unique point d'eau des deux côtés de la frontière. Le caracal *Caracal caracal* est le plus grand félinidé d'Afrique du Nord. Grand prédateur, très rare, sa survie est conditionnée par la disponibilité de territoires forestiers de grande taille (RAACHI, 2007).

Concernant la faune aviaire, la qualité des habitats au sein du Lac Tonga lui a valu son classement en étant le plus important site de nidification en Afrique du Nord pour une multitude d'espèces. Il est le siège de reproduction d'une colonie plurispécifique d'Ardéidés qui construisent leurs nids dans la saulaie à l'intérieur du lac. Cette héronnière comprend l'Aigrette garzette *Egretta garzetta*, le Héron pourpre *Ardea purpurea*, le Héron bihoreau *Nycticorax nycticorax*, le Héron crabier *Ardeola ralloides*.

Il est également le site de nidification pour la poule d'eau *Gallinula chloropus*, les grèbes castagneux *Podiceps ruficollis* et huppé *P. cristatus*, l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Poule sultane *Porphyrio porphyrio*, le Blongios nain *Ixobrychus minimus*, la Guifette moustac *Chlidonias hybridus*, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* et bien d'autres espèces. 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 et le Fuligule nyroca (LAZLI et al., 2011; MEZIANE et al., 2014 ; AISSAOUI et al., 2009; BAKARIA et al., 2002 ; BELHADJ et al. 2007).

Les travaux sur l'Entomofaune du Lac Tonga ont enregistré la présence de 22 espèces d'odonates qui appartiennent à quatre familles taxonomiques : Lestidae, Coenagrillonidae, Aeshnidae et Libellulidae (RAACHI, 2007).

En outre, 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* et la couleuvre vipérine *Natrix maura Testudo graeca* (RAACHI, 2007).

Les données dans le domaine de l'ichtyofaune ne sont pas disponibles, car aucune étude n'a été entreprise dans ce sens, mais il reste que l'anguille *Anguilla anguilla* est l'espèce migratrice par excellence qui peuple les eaux du lac Tonga et ses principaux cours d'eau (RAACHI, 2007).

4-6- L'occupation humaine

Le bassin versant du Lac Tonga se trouve partagé entre quatre communes, la commune d'El Kala, la commune d'Oum Teboul, la commune de Ramel El Souk et la commune d'El Aioun et d'après les chiffres fournis par la Chambre d'Agriculture de la Wilaya d'El Tarf, la population qui vit sur ce bassin peut donc être estimée à : 17460 habitants. La région est incontestablement à vocation agricole, soit 2,33% du bassin versant est exploité. Les cultures sont nettement dominées par le maraîchage et l'arachide, pratiquées aux abords des sources d'eau facilement accessibles comme les Oueds et le lac. La jachère généralement associée à l'élevage devient également une pratique courante qui prend de l'extension au niveau des forêts (vides labourables) des plaines et dépressions dunaires (aulnaies, oueds et lac).

Les systèmes d'élevage qui sont pratiqués dans la région d'El-Kala ont une importance considérable pour l'économie rurale. Le troupeau existant sur le territoire du bassin versant du lac Tonga s'élève à 22 080 têtes (bovines, ovines et caprines), ce qui explique les effets négatifs sur les massifs forestiers et les zones humides, et distinctement les ripisylves et aulnaies où le potentiel fourrager offert est énorme.

Concernant l'industrie, au sens propre du terme elle est pratiquement inexistante sur l'aire du bassin versant, à l'exception d'une petite unité de fabrication de Siporex (brique sil ica-calcaire) à Oum Teboul, partiellement à l'arrêt. La région a été ainsi préservée par les choix faits dans les années 70, et la création du PNEK dont la principale mission est la conservation (RAACHI, 2007).

Chapitre III

Méthodologie du travail

Cette partie concerne la description des outils, des méthodes et des moyens mis en œuvre pour aborder le travail de terrain, la collecte des informations et le traitement des données en vue d'atteindre les objectifs de recherche émis.

1- Analyse globale et spécifique du peuplement d'oiseaux d'eau fréquentant et visitant le site

L'objectif principal de cette étude est de présenter une mise à jour actuelle de l'état écologique de la zone humide Lac Tonga après 30 années de leur désignation site Ramsar (en 1983) on se basant sur l'avifaune aquatique comme un bio-indicateur.

1-1- Suivi et dénombrement des oiseaux d'eau

L'organisation des observations a vu le jour face au besoin de quantifier les populations aviennes et de suivre leur évolution face à un impact anthropique ayant induit des variations dans les effectifs des espèces exploitées. Les méthodes d'étude des oiseaux d'eau se basent donc, essentiellement sur les dénombrements. Ce sont les pratiques les plus utilisées pour l'étude de l'avifaune, le but majeur étant de contribuer le plus possible à la connaissance et à la conservation des espèces et de leurs habitats.

Les dénombrements de populations ont pris une importance considérable en ornithologie au cours des dernières années; il est peu de recherches écologiques qui ne comportent pas actuellement l'utilisation de données numériques précises sur les densités des populations aviennes et leurs fluctuations dans le temps et dans l'espace. La connaissance de l'importance numérique des populations, de leur composition et de leur structure, de la capacité-limite d'une aire déterminée nécessite des dénombrements et des recensements de divers types (DORST, 1963).

Les méthodes sont nombreuses et variées, en fait ce sont des variantes adaptées à des conditions de taille du site et de la population d'oiseaux (Schricke, 1989), mais qui émanent de deux principales méthodes ;

Les méthodes relatives qui utilisent des indices qui renseignent sur l'abondance relative des espèces d'oiseaux ; On y inclut les Indice Kilométrique d'Abondance et Indice Ponctuel d'Abondance, entre autres.

Les méthodes absolues dont l'objectif est de donner un aperçu aussi proche que possible de la densité par rapport à une superficie (Blondel, 1969). Elles permettent de déterminer un nombre d'individus le plus proche de la réalité, d'une population rassemblée sur un espace délimité et relativement court dans le temps (oiseaux coloniaux, hivernants...); Entrent dans cette catégorie les comptages au sol et aériens.

Les méthodes absolues sont les plus utilisées pour les oiseaux d'eau.

1-1-1- Méthode absolue

Méthode de recensement qui vise à obtenir des valeurs non biaisées du nombre d'individus. Les effectifs d'oiseaux peuvent être soit comptés précisément soit estimés, le choix dépend des conditions du site et des populations à dénombrer. Selon BLONDEL (1975); LEGENDRE et LEGENDRE (1979) deux types de comptage sont utilisés :

a- Le comptage direct et individuel

On compte les individus d'une même espèce un par un et on passe à une autre espèce, est alors utilisé dans les cas où :

- ✓ la population présente en petit nombre.
- ✓ il y a peu de mouvements (nourriture, repos).
- ✓ la perturbation est faible ou nulle.
- ✓ le site est de petite étendue ou une zone ouverte.

b- Estimation des effectifs

L'estimation se fait par la méthode des « paquets » : il s'agit de compter précisément un paquet de 10, 50 ou 100 individus, de faire un balayage de toute la population et de compter le nombre de paquets de mêmes dimensions. Le cas où :

- ✓ Le nombre des individus est important.
- ✓ Les oiseaux sont en mouvement.
- ✓ Il ya une cause de perturbation d'où une observation prolongée difficile.
- ✓ Les oiseaux forment un groupe compact (foulques...).
- ✓ La distance d'observation est grande d'où une difficulté de bien observer.

L'acquisition d'une certaine expérience facilite ce type de recensement.

c- Conditions de comptage

- ✓ une connaissance préalable du terrain et de la détermination des espèces.
- ✓ un choix de positions dominantes pour les points d'observation.
- ✓ le comptage se fait les premières heures matinales tout en ayant soin d'avoir le soleil dans le dos pendant l'opération. Les comptages de l'après midi sont moins fiables.
- ✓ Le dénombrement requiert aussi de bonnes conditions météorologiques (vent et pluies fortes entravent considérablement les comptages).

Par ailleurs un bon suivi implique l'utilisation des mêmes techniques, les mêmes points et si possible des conditions similaires.

1-2- Méthode utilisée

La période prise en compte dans cette analyse s'étale sur deux années successives (Septembre 2012 à Août 2014). Dix points ont été choisis grâce à leur accessibilité et leur vue dégagée (Figure 18). Au total, 80% du site a été prospecté. Nous avons procédé à des comptages individuels (un par un) quand la taille de la population des oiseaux à dénombrer est faible, en revanche cette méthode est exclue lorsque les regroupements concernent plusieurs milliers d'oiseaux et on procède ainsi à des estimations, nous divisons le champ visuel en plusieurs bandes, nous comptons le nombre d'oiseaux d'une bande moyenne et nous reportons autant de fois que de bandes, cette méthode présente une marge d'erreur estimée de 5 à 10% (BLONDEL, 1975; LEGENDRE et LEGENDRE, 1979).

N.B : Pour les groupes mixtes on compte le tout puis on extrait simultanément les effectifs ou les pourcentages des espèces à faible population.

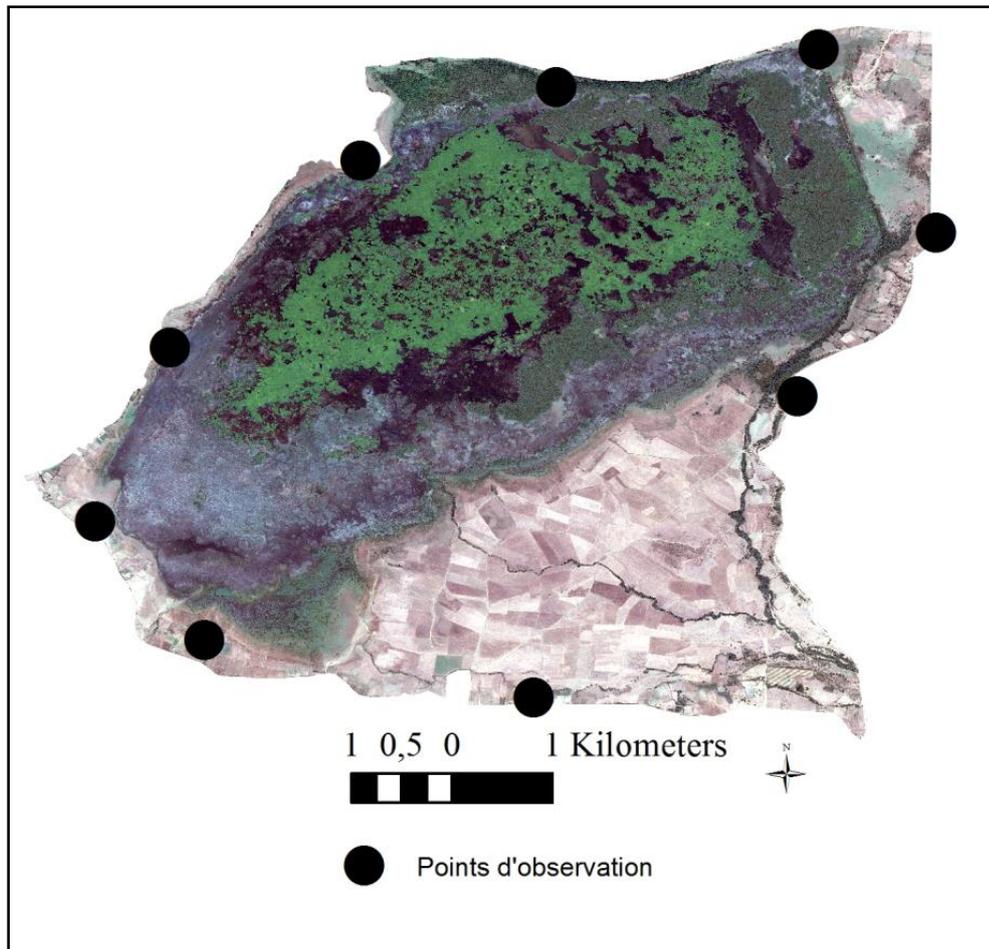


Figure 18 : Localisation des points d'observation au niveau de la zone humide
Lac Tonga

1-3- Matériel utilisé

Pour l'élaboration de cette étude sur l'écologie des oiseaux d'eau, nous avons utilisé :

- ❖ Un télescope monté sur trépied de model *KONUS SPOT* (20 X 60)
- ❖ Une paire de jumelles: *SBS. VERGÜTET*, (6 x 50)
- ❖ Un GPS Garmen
- ❖ Un appareil photo et caméscope : Nikon D5100

1-4- Traitement des données

1-4-1- Indices écologiques

L'étude de l'écologie de cette avifaune a été abordée par la détermination d'indices écologiques liés directement à l'équilibre du peuplement. Pour chaque sortie (48 sortie) nous avons calculé les indices suivant selon BLONDEL (1975) ; DAJOZ (2006) ; OKPILIYA (2012):

a- Abondance relative (%)

L'abondance relative d'une espèce compare le nombre d'individus de l'espèce et le nombre total d'individus, elle est calculée d'après la formule suivante : $n/N \times 100$, dont n est le nombre d'individu d'une espèce et N le nombre d'individu de toutes les espèces.

b- Fréquence d'occurrence (fi)

La fréquence d'occurrence d'une espèce est le rapport exprimé en pourcentage entre le nombre total de sortie où cette espèce est notée et le nombre total de toutes les sorties effectués :

- $f_i = 100\%$ espèces omniprésentes (F:100%) ;
- $75 = f_i = 100$ espèces constantes ;
- $50 = f_i = 75$ espèces régulières ;
- $25 = f_i = 50$ les accessoires ;
- $f_i = 25$ les espèces accidentelle.

c- Richesse spécifique « S »

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

d- Indice de diversité de Shannon-Weaver (H')

L'indice de diversité de Shannon (H') mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement. Plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement composé d'un grand nombre d'espèces avec une faible représentativité. A l'inverse, une valeur faible traduit un peuplement dominé par une espèce ou un peuplement à petit nombre d'espèces avec une grande représentativité. L'indice de Shannon et Weaver n'a de signification écologique que s'il est calculé pour une communauté d'espèces exerçant la même fonction au sein de la biocénose. La diversité est maximale ($H' = \log_2 S$) qui correspond à la situation où toutes les espèces présentent des effectifs identiques. Il s'exprime en Bit (binary digit unit) et calculé par la formule suivante:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \log_2(p_i)$$

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

n_i : Effectif de l'espèce n

N : Effectif total du peuplement

S : Richesse spécifique

e- Indice d'Équitabilité (E)

L'indice d'équitabilité (E) permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne peut pas connaître. Il traduit un peuplement équilibré quand sa valeur tend vers 0,1 et tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une seule espèce. De ce fait l'évolution de la structure de l'avifaune aquatique peut être exprimée de façon plus intéressante par l'évolution temporelle de son indice d'équitabilité.

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

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

H' = indice de diversité

S = Richesse spécifique

1-4-2- Les analyses statistiques

Les indices écologiques de la structure du peuplement avien sont traités à l'aide de tests paramétriques (analyse de la variance "ANOVA", quand les données suivent la loi normale) et de tests non paramétriques (Mann-Whitney, quand les données ne suivent pas la loi normale), pour les comparaisons interannuelles et inter-mensuelles, toujours avec $p < 0,05$ comme seuil de signification. De manière à mettre en évidence l'effet de la variable temps (mois) sur le nombre d'individus des différentes espèces d'oiseaux d'eau une analyse multivariée de correspondance a été utilisée. C'est une technique récente qui a pour but de décrire (en particulier sous forme de graphique) le maximum de l'information contenue dans un tableau rectangulaire de données. Ce tableau doit être constitué de données provenant de mesures faites sur deux ensembles de caractères (METALLAOUI et HOUHAMDI, 2010). Cette analyse a été appliquée sur les nombres d'individu moyen de chaque mois (combinaison des deux années) pour mieux illustrer l'évolution temporelle de la structure du peuplement. XLSTAT.2014.5 et SPSS 15.0 version pour Windows sont les deux logiciels utilisés dans les analyses statistiques des données.

2- Etude des rythmes et bilans d'activité diurne de deux regroupements d'oiseaux d'eau différents, espèces migratrices *versus* espèces résidentes

L'étude des activités diurnes a porté sur 22 espèces de deux statuts phénologiques différents (hivernant et résidant) durant un cycle hivernal (septembre 2014 à février 2015). Les deux méthodes les plus communément utilisées pour achever cette étude sont "animal focal sampling" ou *FOCUS* et "instantaneous scan sampling" ou *SCAN*.

2-1- Méthode *FOCUS*

L'échantillonnage focalisé implique l'observation d'un individu pendant une période prédéterminée, où nous enregistrons continuellement les activités manifestées. Les résultats obtenus sont par la suite proportionnés afin de déterminer le pourcentage de temps de chaque comportement. Cette méthode permet l'étude du comportement de petits groupes d'oiseaux et dans de petites surfaces. Elle permet d'avoir un meilleur suivi, définit et valorise aussi les comportements qui ne sont pas toujours fréquents comme l'agression et le parasitisme. Cependant, les pertes de vue "continuelles" ont été signalées à plusieurs reprises ainsi que la fatigue de l'observateur, sont remédiées par la méthode "Focal-switch sampling" ou *SWITCH* où chaque perte de vue doit être remplacée par un autre individu du même groupe manifestant la même activité (ALTMANN, 1974).

2-2- Méthode *SCAN*

Cette méthode se base sur l'observation d'un groupe en permettant d'enregistrer les activités instantanées de chaque individu puis grâce à des transformations mathématiques fait ressortir le pourcentage temporel de chacune d'elle (ALTMANN, 1974). Elle présente l'avantage d'être la seule méthode appliquée dans des sites à végétations denses où les oiseaux d'eau (particulièrement les Anatidés) ne sont toujours pas observés durant de longues périodes (limite de l'échantillonnage focalisé). Elle élimine aussi le choix d'individus (BALDASSARE et *al.*, 1988) mais comme il s'agit d'un échantillonnage instantané, il est pratiquement impossible de déterminer le statut social (par paires ou séparés) des oiseaux observés (PAULUS, 1984).

La méthode du ‘‘scan sampling’’ a été retenue pour l’évaluation quantitative des comportements des espèces d’oiseaux aquatiques ciblées (SCAN : Instantaneous or Scan Sampling method). Elle consiste à donner une image précise des comportements d’un grand ensemble d’individus à un instant t (ALTMANN, 1974).

Les observations ont été conduites sur l’ensemble des effectifs visibles. Nous avons procédé chaque heure du jour à des séries de transects tracés virtuellement à travers le groupe d’oiseaux sur les quels on oriente le télescope et on compte dans le champ de vision les différentes activités manifestées par ces espèces (Tableau 4). Nous avons marqué les activités les plus facilement identifiables comme l’alimentation ; le sommeil ; la nage ; le toilettage (toute activité de confort) ; le vol ; l’alerte ou vigilance et enfin les activités nuptial (Figure 19) (THOMPSON et BALDASSARRE, 1991; CLARK *et al.*, 1994). A cet effet douze visites ont été réalisées dans le lac Tonga depuis la fin de l’été (septembre 2014) jusqu’à la fin de l’hiver (février 2015).

Les observations ont été faites durant les heures du jour dans deux périodes : le matin (de 7 :00 – 12 :00) et l’après-midi (de 13 :00 – 17 :00), avec une fréquence approximative de deux fois par mois.

En plus, en concordance avec la phénologie de migration des oiseaux aquatiques dans la région (arrivées et départ), et afin d’évaluer l’influence des changements saisonnières sur le comportement des oiseaux, la période d’étude a été divisée en deux phases : (1) fin d’été-automne (septembre à novembre) considéré comme le début de l’hivernage, et (2) l’hiver (décembre à février) c’est l’hivernage.

Tableau 4 : Exemple de prélèvement des données de comportement pour chaque espèce de 7h à 17h (7h à 8h ; 8h à 9h.....16 à 17)

	Alimentation	Nage	Toilette	sommeil	vol	parade	vigilance	Total
Colvert	1,2,9	10,1	2	30	0	0	0	55
Souchet	100,50,15...	30,15....	30,15...	20,12...	0	0	0	
Nyroca	0	20	2	20	0	0	0	
Chipeau	.	.	.	.	.	.	.
Aigrette	.	.	.	.	.	.	..
Heron	.	.	.	.	.	.	.
.	
.	
.	
.	

Selon TRIPLET et al. (1995), on peut exprimer en pourcentage l'activité manifestée par les oiseaux on procédant de la manière suivante :

$$55 \text{ colvert} \longrightarrow 100\% \quad \text{sommeil} = (30 \times 100) / 55 = 54,54 \%$$

$$30 \text{ colvert} \longrightarrow \text{sommeil}$$

Ceci dit que pendant une (01) heure (7h a 8h) 57,70 % des colverts sont entrain de somnoler sur les berges. Pour avoir le temps alloué à cette activité on procède de la façon suivante :

$$100\% \text{ oiseaux} \longrightarrow 60 \text{ minutes}$$

$$54,54 \longrightarrow y$$

$$y = (54,54 \times 60) / 100 = 32,76 \text{ minutes}$$

2-3- Analyse des données

Les budgets d'activités, ou budget temps, est défini comme la proportion de temps passé par les individus dans chaque type de comportements pendant une période et dans une zone donnée (TRIPLET, 2012).

L'activité de chaque oiseau observé le long de chaque balayage est inventoriée. Cet échantillonnage instantané de l'activité du groupe permet par conversion d'obtenir le pourcentage de temps alloué à chaque activité, on extrapole ensuite le résultat en considérant par exemple que si 50% des individus s'alimentent au moment du balayage, un individu moyen passe 50 % de son temps à s'alimenter à cette période de la journée (FASOLA et CANOVA, 1993 et CLARK et *al.*, 1994).

La classification ascendante hiérarchique a été utilisée pour regrouper les espèces d'oiseaux aquatiques selon les similarités des pourcentages de temps alloués à chaque activité. Cette analyse est testé plusieurs fois afin de trouver le meilleur model de regroupement (la méthode *Unweighted Pair group Method with Arithmetic mean*, UPGMA pour regrouper les données et la méthode *Bray-Curtis* pour calculer les distances). Ensuite, pour montrer les éventuelles différences entre les budgets temps des deux regroupements suivi (migrateurs *versus* sédentaires), pendant les différentes périodes du jour et durant les deux phases d'études (début-hivernage et hivernage) les données sont traités à l'aide de tests non paramétriques de khi 2 (χ^2), car toutes les données et pour chaque espèce ne suivent pas la loi normal (normalité testé par Kolmogorov-Smirnov) et sans aucunes corrections (ni Yates ni Bonferroni), la valeur- $p < 0,05$ est le seuil de signification. Toutes les analyses ont été réalisées avec Excel Stat. 2014 et Statistica.10. Version pour Windows.

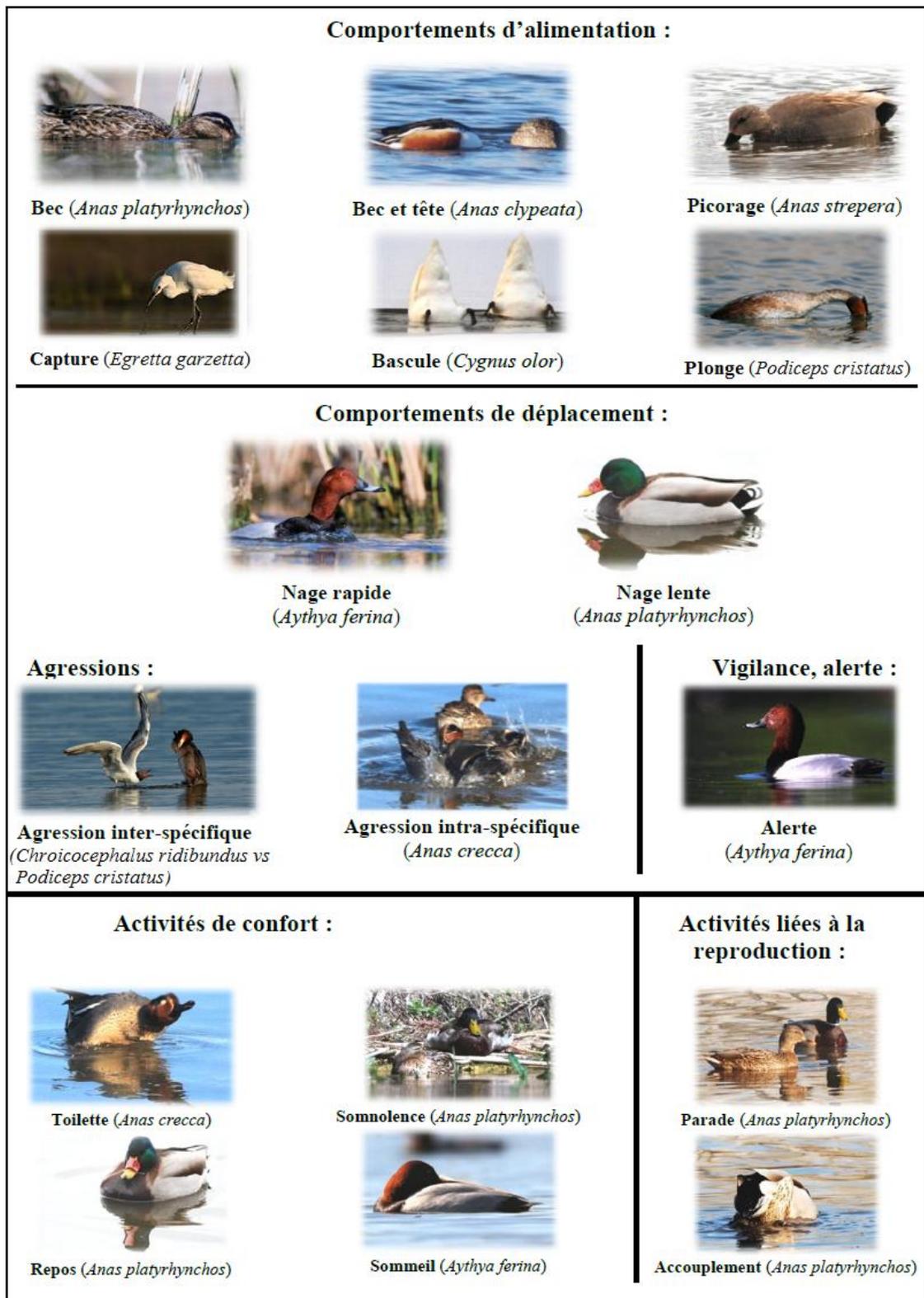


Figure 19: Illustration des différents types d'activités et sous-activités

3- Etude des stratégies d'exploitation de l'habitat par le peuplement avien hivernant dans le Lac Tonga.

3-1- Suivi des oiseaux et de leurs habitats

Les différentes catégories d'habitat ont été identifiées on se basant sur la photo-interprétation des photos aériennes et des images satellites (Google Earth Explorer) prises en hiver (2014/2015). Nous avons également délimité les contours naturels des habitats en prospectant la région. Les données sur la végétation ont été synthétisées à partir des références disponibles (voire chapitre II) et d'observations de terrain. L'ensemble du site d'étude a été divisé en sept grands blocs basés sur des éléments de paysage observés en hiver (Tableau 5 et Figure 19). Les données sur les oiseaux présentées dans cette partie du travail sont issues des comptages réalisés à partir de nos visites à travers des points d'observation choisis en raison de leur accessibilité relative et vue dégagée, en utilisant un télescope *KONUS SPOT* (20 X 60) durant la période allant de septembre 2014 à février 2015.

Tableau 5: Description des sept unités écologiques

Habitat	Description
Champs cultivés	Les terres destinées à l'agriculture, sans distinguer entre les cultures.
Champs non cultivés	Pelouse naturelle couvertes par des herbes et de plantes herbacées, jamais inondées.
Prairies inondées	Pelouse naturelle occupé par des herbes et de plantes herbacées, périodiquement inondées, entre Novembre et Juin
Vasières	Tous les terrains humides nues (absence de végétation) exposés entre l'eau et la terre ferme.
Végétation émergente (Macrophyte)	Formation à végétation aquatique >50 cm (Scirpe lacustre ; Scirpe maritime ; Massette et Phragmite)
Végétation flottantes	Formation à Nénuphar blanc (<i>Nymphaea alba</i>).
Eau libre	Plage d'eau libre à végétation immergée

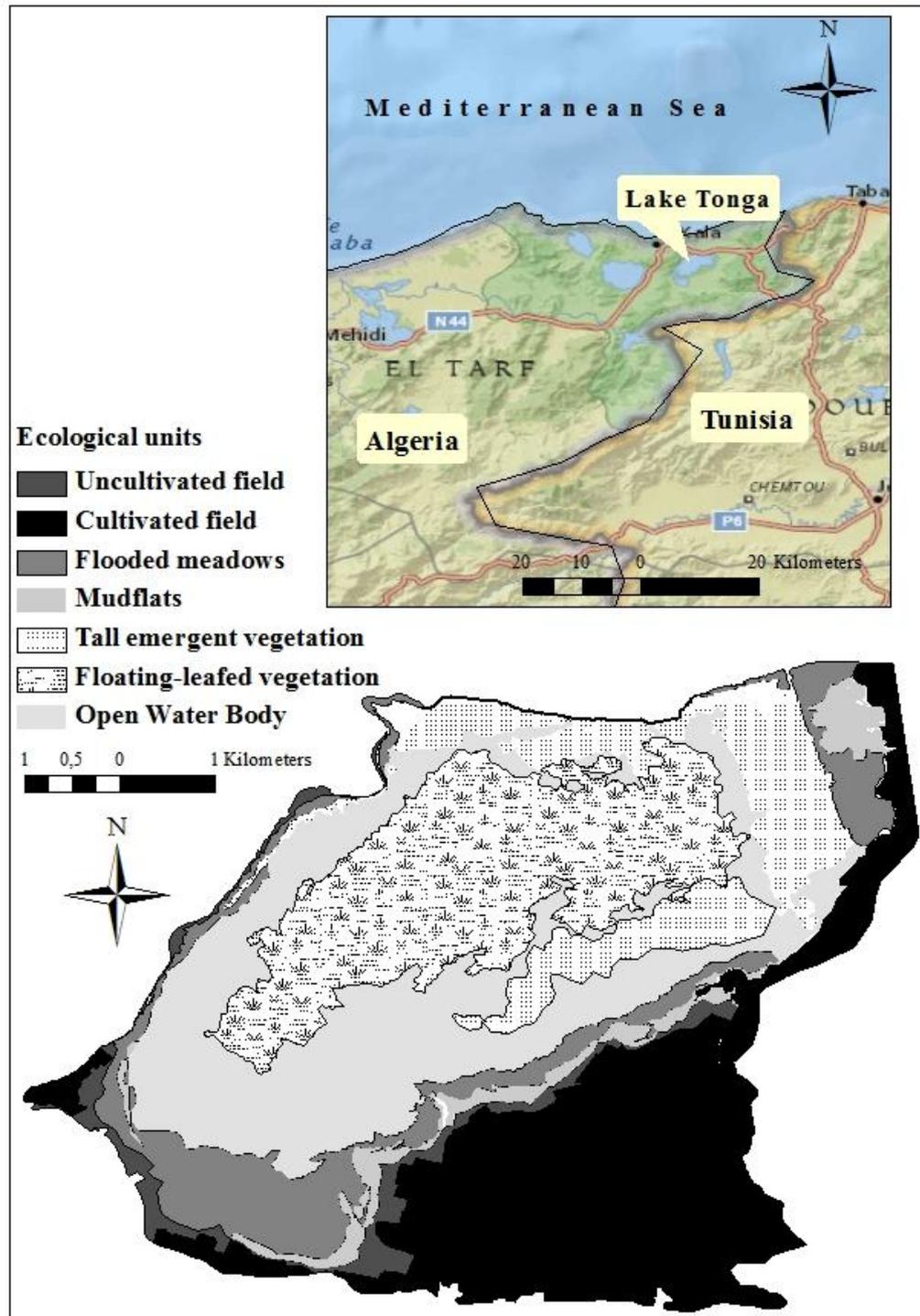


Figure 20 : Représentation de la zone humide lac Tonga avec les sept unités écologiques identifiées (ArcGIS. 10, par l'auteur)

3-2- Analyse des données

Les résultats ont été traités en se basant sur la somme des valeurs obtenues durant l'hiver, sans subdiviser mensuellement les données.

Pour chaque espèce, nous avons calculés les indices exprimant la niche écologique suivants:

- a- La fréquence d'utilisation de l'habitat par chaque group d'espèce est estimée on utilisant l'expression suivante : $n/N \times 100$, dont est le nombre d'individu d'une espèce dans un micro-habitat particulier et N est l'effectif total de cette espèce dans les sept micro-habitats.
- b- Indice ampleur de la niche Feinsinger (FEINSINGER et *al.*, 1981), selon l'expression suivante : $PS = 1 - 0,5 \sum |p_i - q_i|$, pour évaluer la préférence d'utiliser les ressources par rapport à leur disponibilité. Dans l'indice, p_i est la proportion de la ressource utilisée (le pourcentage d'individu utilisant l'habitat (i) et q_i la proportion de la ressource disponible (le pourcentage de l'habitat (i) sur l'aire d'étude totale). L'indice varie de 0 (extrême spécialiste pour cette ressource spécifique) à 1 (extrême généraliste).
- c- Le chevauchement de la niche écologique a été calculé avec l'indice de PIANKA (1973):

$$O_{jk} = (\sum p_{ij} p_{ik}) (\sum p_{ij}^2 p_{ik}^2)^{-1/2}$$

Où p_{ij} et p_{ik} représentent les proportions de la ressource i , utilise respectivement par l'espèce j et k . Cet indice comprend des valeurs comprises entre 0 et 1. L'indice de Pianka est symétrique et prend des valeurs allant de 0 (Il n'y a aucun partage de la ressource entre les espèces ; à 1 (représente un chevauchement intégrale dans l'utilisation de cette ressource entre ces espèces).

Chapitre IV

Résultats et discussion

I- Résultats

1- Composition globale du peuplement ornithologique actuel du Lac Tonga

L'actualisation de la composition du peuplement ornithologique du Lac Tonga a été faite grâce à la base des données recueillies lors des deux années d'étude. L'inventaire global des oiseaux d'eau qui a été fait compte 52 espèces appartenant à 13 familles. Ce peuplement est composé principalement de 14 espèces d'Anatidés (Anatidae), de 8 Ardeidés (Ardeidae), de 6 Scolopacidae, de 5 Laridae et de 4 Rallidae. Les Ciconiidae, les Pandionidae, les Accipitridae et les Recurvirostridae sont représentées seulement par une (1) espèce chacune (Figure 21).

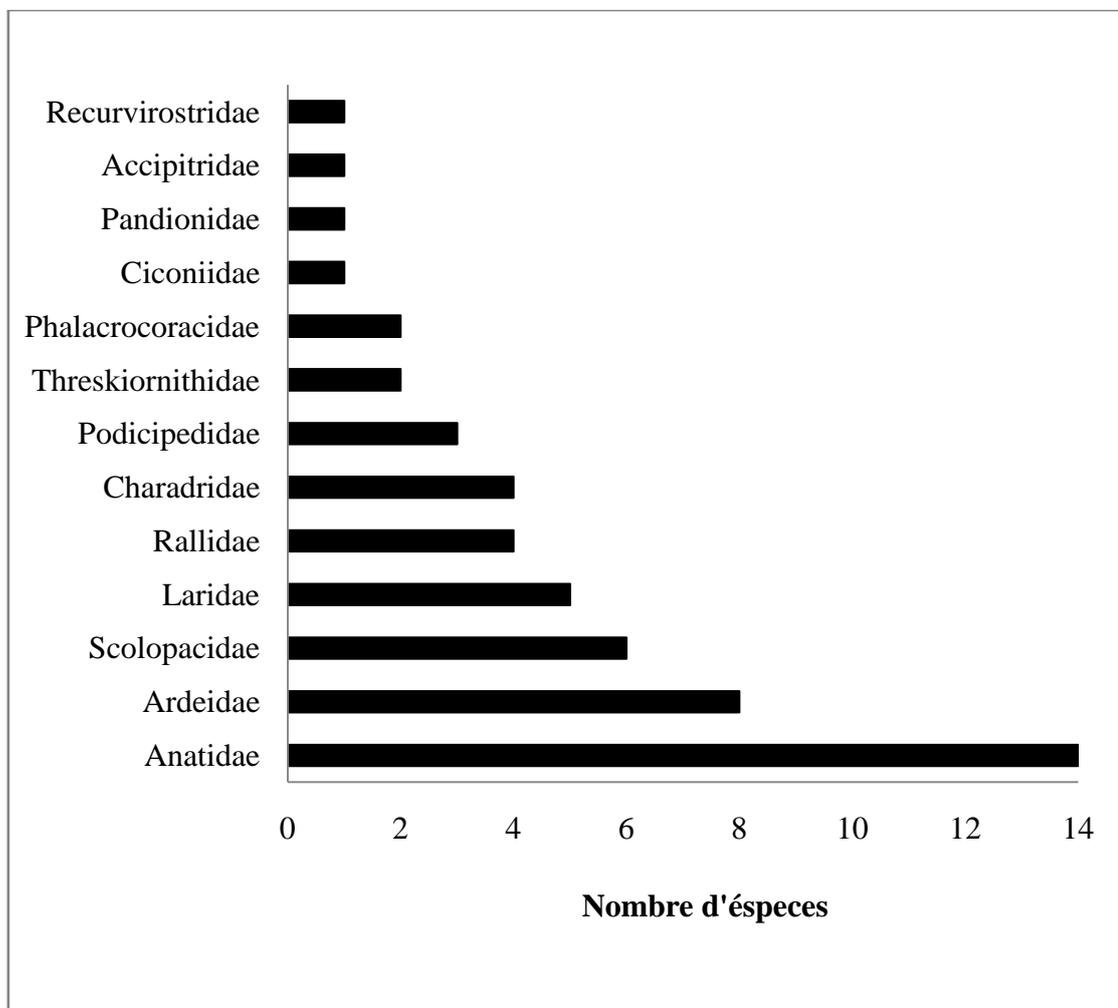


Figure 21 : Richesse spécifique des différentes familles d'oiseaux aquatiques rencontrés dans le Lac Tonga durant toute la période d'étude

Toutefois, ce peuplement est caractérisé par une forte dispersion des effectifs, en ce sens que sur l'ensemble des deux cycles annuels, trois espèces ont cumulé les deux tiers (moyenne annuelle des deux années) de l'effectif global du peuplement d'oiseaux d'eau : la Foulque macroule (53,9%), le Grèbe castagneux (7,2%) et l'Héron garde bœufs (7,2%). Parmi les Anatidés le Fuligule nyroca (4,7%) et le canard Chipeau (4,4%) sont les deux espèces les plus abondantes. Chez les autres espèces cette abondance relative reste faible et ne dépasse pas les 2% (Tableau 6).

2- Composition phénologique du peuplement

Le suivi effectué durant les deux années a permis de définir quatre groupes phénologiques, sur la base des résultats relatifs aux espèces observées.

- ***Les migrants d'hiver*** (hivernants) (18 espèces, ce qui représente 33% du peuplement) : Durant la période d'étude, ces visiteurs ont été présents en automne, en hiver et au printemps; il s'agit principalement de l'ensemble des Anatidés (canards de surfaces et canards plongeurs) et de la plus part des Laridés (Mouettes et Goélands). On rajoute aussi comme hivernants stricts le Grand cormoran et le Vanneau huppé (Figure 22 et Tableau 6).
- ***Les migrants de l'été*** (estivants et/ou nicheurs) (5 espèces, 9% du peuplement)
Il s'agit des espèces qui fréquentent le site durant la période estivale. Représentées principalement par quatre Ardéidés et un (1) Laridés (la Guifette moustac) (Figure 22 et Tableau 6).
- ***Les visiteurs de passage*** (17 espèces, 32% du peuplement).
Cette catégorie concerne les espèces qui peuvent être observées occasionnellement pendant la période d'étude, on parle ici d'un groupe des Limicoles (les Scolopacidés) et certains grands anatidés (l'Oie cendrée et le Tadorne de Belon) (Figure 22 et Tableau 6).

- **Les espèces sédentaires** (14 espèces, 24% de tous les oiseaux rencontrés (Figure 22). Cette catégorie phénologique correspondant aux espèces qui sont présentes dans le site durant toute l'année, et/ou sans se reproduire, est en grande partie composée des Rallidés, des Grèbes et de certains Ardéidés (Figure 22 et Tableau 6).

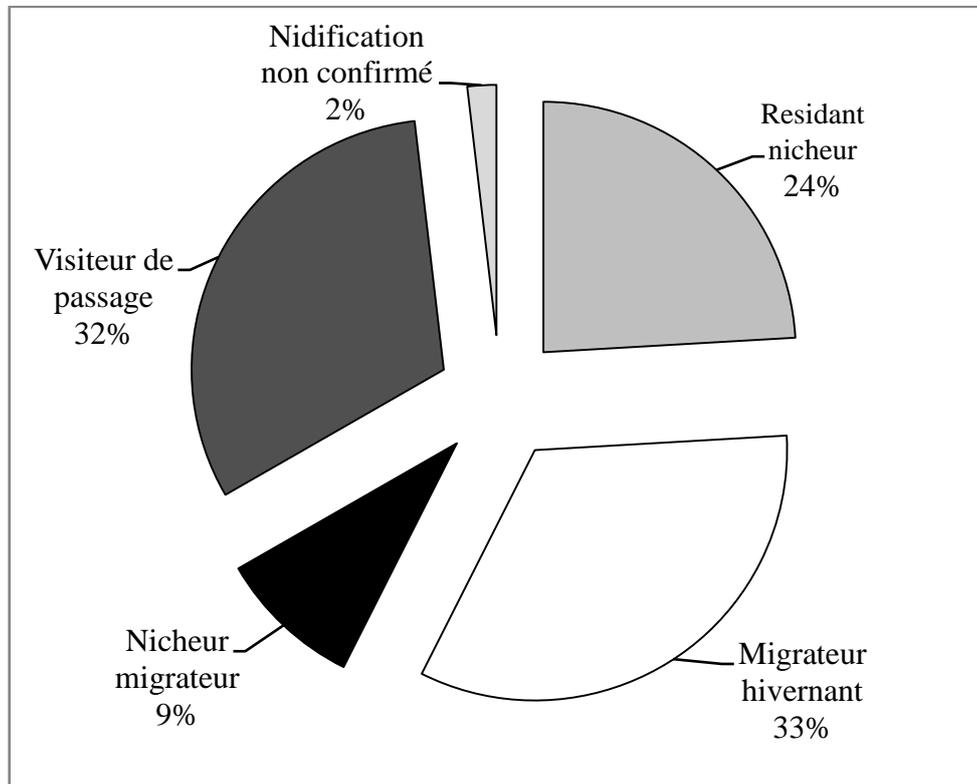


Figure 21 : Statut phénologique des d'oiseaux aquatiques rencontrés dans le Lac Tonga durant toute la période d'étude

3- Statut de conservation des espèces d'oiseaux aquatiques du Lac Tonga

Sur les 52 espèces qu'accueille le site, 5 ont un statut de conservation défavorable (BirdLife Liste Version_7, 2014) ce qui démontre la stabilité de sa valeur ornithologique et son importance comme zone d'hivernage, de reproduction et comme étape d'escale migratoire depuis sa désignation site Ramsar en 1983. Parmi celles-ci, trois présentent le statut de conservation « quasi menacées » (NT) ; il s'agit du Vanneau huppé, de la Barge à queue noire et du Fuligule nyroca. Une espèce est classée dans la catégorie « vulnérable » (VU), la Sarcelle marbrée et une dans la catégorie « En danger » (EN), l'Érismature à tête blanche (Tableau 6). Les autres espèces sont toutes classées dans la catégorie « Préoccupation-mineure »

Tableau 6: Liste des oiseaux aquatiques observés dans le Lac Tonga (septembre 2012 à août 2014) avec leur statut phénologique et celui de conservation

Nom français	Nom scientifique (abbreviation)	Statut phénologique*	Statut de conservation**	Abundance relative annuelle (%)
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i> (EC)	RB	LC	53,9
Poule d'eau	<i>Gallinula chloropus</i> (CM)	RB	LC	1,2
Poule sultane	<i>Porphyrio porphyrio</i> (PS)	RB	LC	0,3
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i> (WR)	AV	LC	0,0
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i> (LG)	RB	LC	7,2
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i> (GCG)	RB	LC	2,5
Grèbe à cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i> (BNG)	WV	LC	0,9
Héron garde-boeufs	<i>Bubulcus ibis</i> (CE)	RB	LC	7,2
Grande Aigrette	<i>Casmerodius albus</i> (GE)	RB	LC	0,3
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i> (GH)	RB	LC	0,3
Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i> (PH)	MB	LC	0,1
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i> (LE)	RB	LC	2,1
Blongios nain	<i>Ixobrychus minutus</i> (LB)	MB	LC	< 0,01

Tableau 6: (Suite)

Nom français	Nom scientifique (abbreviation)	Statut phénologique*	Statut de conservation**	Abundance relative annuelle (%)
Héron crabier	<i>Ardeola ralloides</i> (SH)	MB	LC	0,9
Héron bihoreau	<i>Nycticorax nycticorax</i> (BNH)	MB	LC	0,3
Oie cendrée	<i>Anser anser</i> (GG)	AV	LC	< 0,01
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i> (CS)	AV	LC	< 0,01
Canard Colvert	<i>Anas platyrhynchos</i> (ML)	RB/WV	LC	0,4
Canard Siffleur	<i>Anas penelope</i> (EW)	WV	LC	0,1
Canard Chipeau	<i>Anas strepera</i> (GD)	WV	LC	4,4
Canard Souchet	<i>Anas clypeata</i> (NS)	WV	LC	2,3
Canard Pilet	<i>Anas acuta</i> (NP)	AV	LC	< 0,01
Erismature à tête blanche	<i>Oxyura leucocephala</i> (WHD)	RB/WV	EN	0,5
Fuligule Milouin	<i>Aythya ferina</i> (CP)	WV	LC	0,2
Fuligule Morillon	<i>Aythya fuligula</i> (TD)	WV	LC	0,1
Fuligule Nyroca	<i>Aythya nyroca</i> (FD)	RB/WV	NT	4,7
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i> (ET)	WV	LC	2,0

Tableau 6: (Suite)

Nom français	Nom scientifique (abbreviation)	Statut phénologique*	Statut de conservation**	Abundance relative annuelle (%)
Sarcelle d'été	<i>Anas querquedula</i> (GA)	AV	LC	< 0,01
Sarcelle marbrée	<i>Marmaronetta angustirostris</i> (MD)	AV	VU	< 0,01
Goéland railleur	<i>Chroicocephalus genei</i> (SBG)	WV	LC	0,7
Goéland leucopché	<i>Larus michahellis</i> (YLG)	WV	NR	0,5
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i> (BHG)	WV	LC	0,5
Guifette moustac	<i>Chlidonias hybrida</i> (WT)	MB	LC	2,5
Sterne hansel	<i>Gelochelidon nilotica</i> (GBT)	WV	LC	0,1
Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i> (GS)	AV	LC	< 0,01
Chevalier stagnatile	<i>Tringa stagnatilis</i> (MS)	PV	LC	< 0,01
Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i> (CR)	AV	LC	< 0,01
Barge à queue noire	<i>Limosa limosa</i> (BTG)	AV	NT	0,2
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i> (CS)	PV	LC	0,5
Bécassine sourde	<i>Lymnocyptes minimus</i> (JS)	AV	LC	< 0,01
Grand gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i> (CRP)	AV	LC	< 0,01

Tableau 6: (Suite)

Nom français	Nom scientifique (abbreviation)	Statut phénologique*	Statut de conservation**	Abundance relative annuelle (%)
Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i> (KP)	AV	LC	< 0,01
Petit Gravelot	<i>Charadrius dubius</i> (LRP)	PV	LC	< 0,01
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i> (NL)	WV	LC	< 0,01
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i> (GC)	WV	LC	< 0,01
Cormoran huppé	<i>Phalacrocorax aristotelis</i> (ES)	WV	LC	1,6
Ibis falcinelle	<i>Plegadis falcinellus</i> (GI)	RB	LC	0,7
Spatule blanche	<i>Platalea leucorodia</i> (ES)	AV	LC	< 0,01
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i> (WS)	PV	LC	0,1
Busard Harpaye	<i>Circus aeruginosus</i> (WMH)	RB(NCB)	LC	< 0,01
Balbuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i> (WO)	WV	LC	0,2
Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i> (BWS)	NCB	LC	< 0,01

*Statut phénologique : RB = résidant nicheur; NCB = nidification non confirmée; MB = migrateur nicheur; WV = migrateur hivernant et PV = Visiteur de passage.

**Statut de conservation : Bird Life Checklist Version_7 (2014)

CR = En danger critique; EN = En danger; VU = Vulnérable; NT = Quasi menacée; LC = Préoccupation mineur

4- Evolution saisonnière du peuplement d'oiseaux d'eau du lac Tonga

La structure d'un peuplement est définie par certain nombre de composantes, Les deux principales, et les plus simples, sont la richesse spécifique, qui est le nombre d'espèces dans la zone étudiée, et l'équitabilité, qui tient compte de la répartition de l'ensemble des individus au sein des différentes espèces et intègre la notion de rareté. Dans la suite de ce document, nous nous intéressons au nombre d'espèces observées, reflet de la richesse spécifique, et aux nombres d'observations par espèce et à la présence d'espèces rares, reflets de l'équitabilité, La notion de diversité tiendra donc compte à la fois du nombre d'espèce mais aussi de l'importance relative de chaque espèce,

4-1- Cycle annuel des effectifs

Les effectifs fluctuent au fil des saisons dans le Lac Tonga. Grâce aux données mensuelles recueillies, il a été possible d'étudier quantitativement cette variation saisonnière. Sur la figure 23 ont été reportés les effectifs moyens des différentes espèces (en nombre d'individus) et le nombre d'espèces à différentes dates de l'année. L'analyse de cette figure nous a permis de délimiter différentes périodes : c'est en mi-janvier, au cœur de l'hivernage, que les effectifs sont les plus élevés (une moyenne de 9000 individu), période durant laquelle le nombre d'espèces affiche aussi les valeurs les plus élevées (32 espèces en moyenne). Les valeurs de ces deux paramètres (nombre d'individus et nombre d'espèces) sont très faibles en juillet, car la plupart des espèces quittent le site vers les lieux de reproduction. En septembre, toutes les espèces ne sont pas encore arrivées (les valeurs commence à augmenter), tandis qu'en avril plusieurs sont déjà reparties (la diminution des valeurs s'observe a partir de ce moi). En général, on peut constater que le cycle annuel des effectifs est caractérisé par deux périodes majeurs. La première correspond aux mois de septembre jusqu'à février est caractérisée par des effectifs et un nombre d'espèces élevés. En revanche, les faibles valeurs déterminent la deuxième période qui s'est étalée entre mars et août.

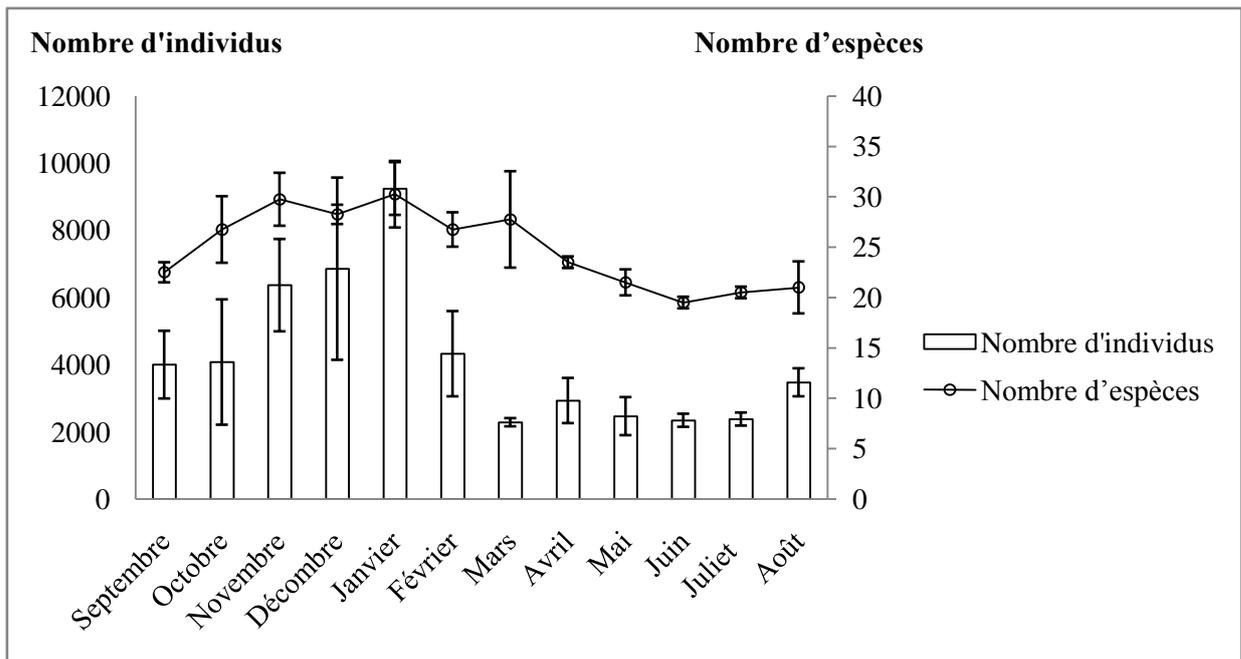


Figure 22 : Evolution des moyennes mensuelles (\pm Ecart type) de l'effectif total du peuplement d'oiseaux aquatique du Lac Tonga durant la période septembre 2012-août 2014

En outre, et d'après l'analyse de la figure 23, d'autres indications peuvent être fournies sur l'occupation temporelle de cette zone humide par l'avifaune aquatique. Cette ordination démontre une véritable succession temporelle et la distribution du nuage de point par rapport aux axes F1 et F2 montre que le cycle annuel de cette faune (nombre d'individus et nombre d'espèces) au niveau du lac se déroule sur quatre périodes distinctes. La structure du peuplement dans chaque période est dominée numériquement par un certain nombre d'espèces d'oiseaux aquatiques. La première période correspond à l'automne et au début de l'hiver (septembre à décembre), autrement dit le début de l'hivernage. Les effectifs au cours de cette saison sont dominés par 20 espèces (Figure 23). La deuxième période s'étale entre les deux mois de l'hiver (janvier et février), c'est l'hivernage proprement dite. Le regroupement d'oiseaux d'eau dans cette période est dominé numériquement par 15 espèces (Figure 23). Dans l'autre côté, sept (7) espèces dominent le peuplement avien durant les deux phases suivantes : le printemps et le début du mois d'été (Mars, Avril, Mai et Juin) et la dernière période qui s'est étalée entre les deux mois de l'été (juillet et août) autrement dit la saison de reproduction (Figure 23).

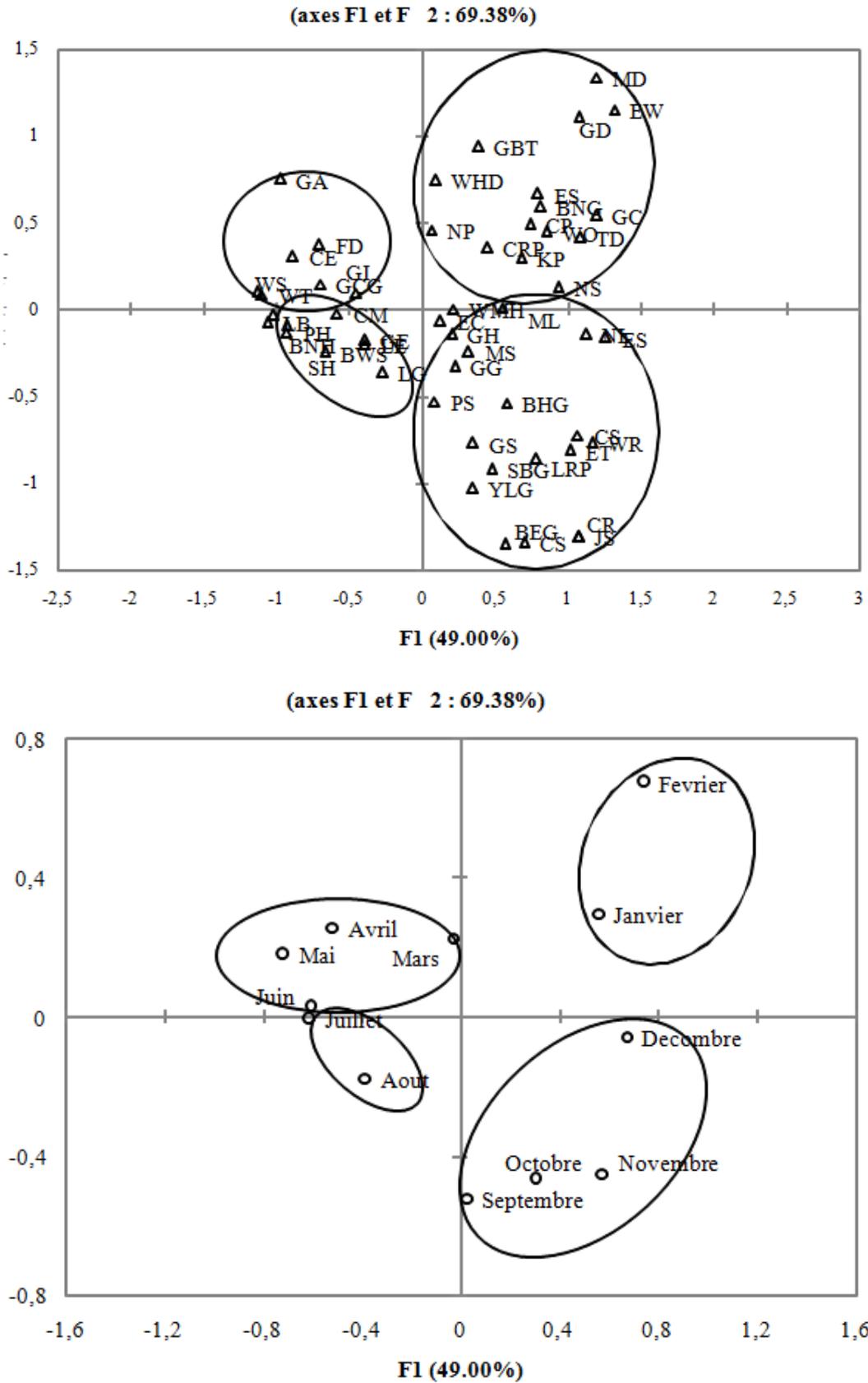


Figure 23 : Carte de l'analyse factorielle des correspondances de l'abondance des espèces d'oiseaux aquatiques dans le Lac Tonga de septembre 2012 a août 2014 [12 mois x 52 espèces (combinaison des deux années) (pour abréviations voir le tableau 6)

4-2- Evolution des indices écologiques de la structure et de la diversité

L'analyse de l'évolution globale du peuplement avien est réalisée à l'aide de deux indicateurs écologiques (l'indice de Shannone H' et d'équitabilité E). La figure 24 relatives à ces deux indices indiquent d'une manière générale la même allure sur les deux années d'étude, autrement dit les valeurs suivent le même model de fluctuation. L'analyse de la variance réalisée sur l'ensemble des indices des 48 relevés (48 sortie), ne permet pas de conclure à une différence statistique au seuil 5 % entre les deux moyennes annuelles des indices (H' : $F= 0,0001$; $DDL=47$; $p=0,98$ et E : $F= 0,05$; $DDL= 47$; $p=0,8$) (Tableau 7). En revanche, la différence intra-annuelle (entre les mois de chaque année) des valeurs de ces deux paramètres est significative au seuil de 1% (H : $F=6,25$; $DDL 47$; $p<0,001$ et E : $F=11,02$; $DDF=47$ $p< 0,001$). De ce fait, les valeurs les plus faibles sont enregistrées durant la période mi-octobre jusqu'à la fin de février (saison d'hivernage) (H' entre 0,8 et 1,5 ; E entre 0,28 et 0,5). Tandis que les maxima sont enregistrés, au mois d'octobre et au mois mars (Figure 24).

Tableau 7 : Valeurs moyenne annuelle des indices de diversité et d'équitabilité

	2012/2013	2013/2014
Nombre de relevés (Sortie)	24	24
Shannon (Moy)	1,65	1,66
Variance	0,077	0,064
Equitabilité (Moy)	0,52	0,51
Variance	0,01	0,009

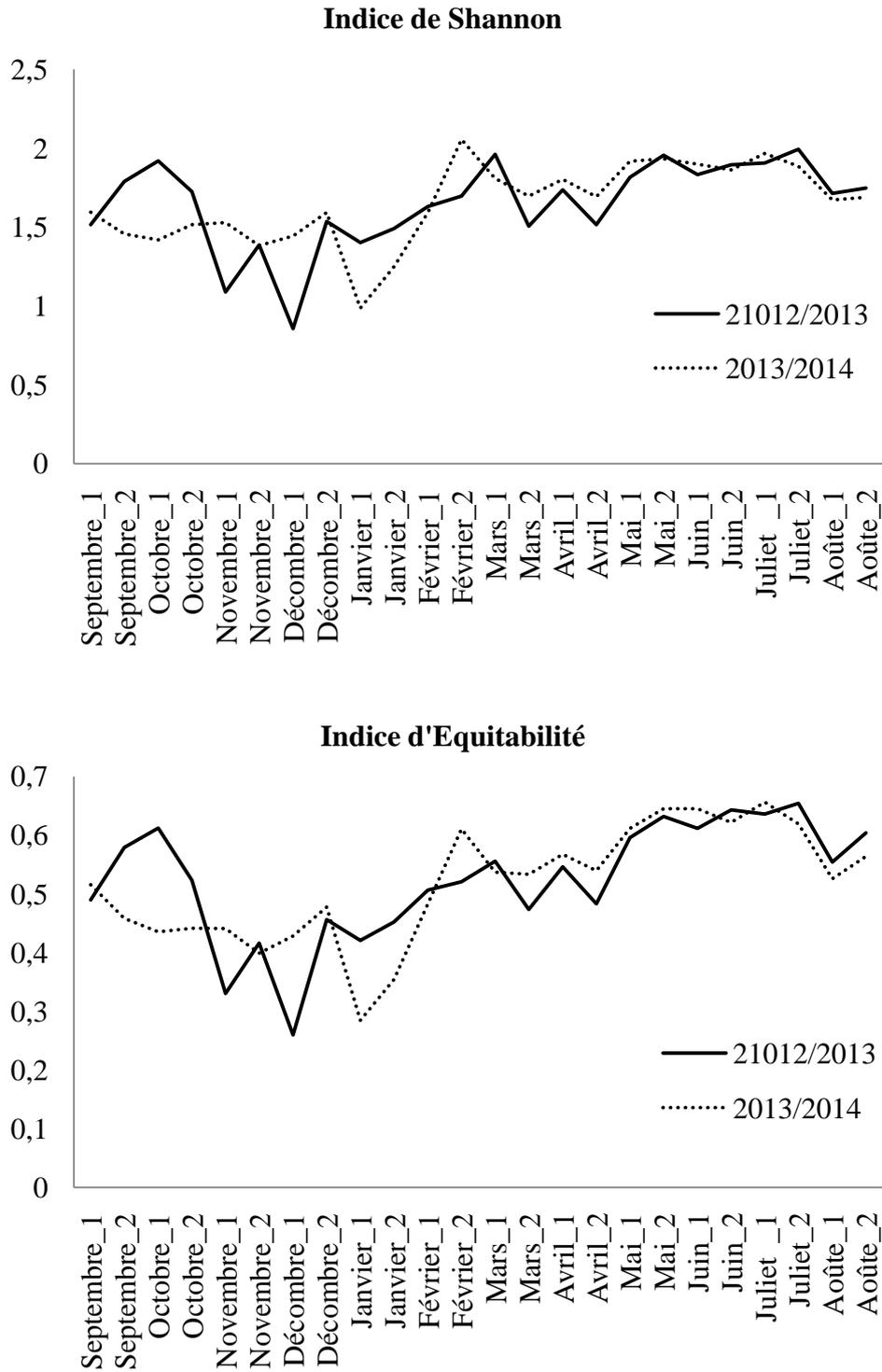


Figure 24 : Evolution saisonnière (mensuelle) des indices de diversité écologique et d'équitabilité des populations d'oiseaux d'eau du Lac Tonga

4-3- Analyse comparative de la structure du peuplement avien des quatre saisons de l'année

Les interprétations de la carte d'analyse factorielle et les courbes de l'évolution des indices écologiques ont montrés l'existence d'une relation entre le nombre d'espèces et/ou le nombre d'individus d'oiseaux d'eau qui fréquentent le Lac Tonga et la saison de l'année, autrement dit, le nombre d'espèces et le nombre d'individus sont influencés par les saisons de l'année. Afin d'avoir bien illustrer cette irrégularité, et fait ressortir l'importance relative des différentes espèces dans le peuplement durant chaque phase de l'évolution du Lac, nous avons regroupé et analysé les données sous quatre période de l'année : septembre-octobre ; novembre-février ; mars-avril et mai-août. Ces données ont été par la suite représentées sur des *Diagrammes Rangs-Fréquences* (DRF), une approche qui tenir compte de l'ensemble de la distribution des individus en espèces.

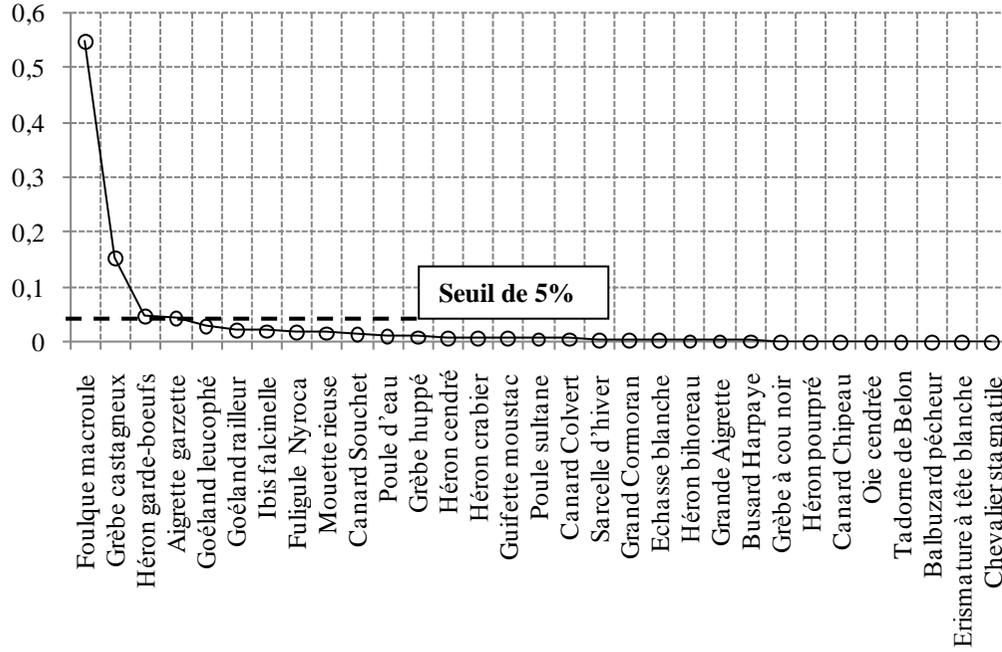
Plusieurs informations sur la structure des regroupements d'oiseaux aquatiques peuvent être tirées après l'analyse de l'allure des DRF relatives aux quatre saisons de l'année :

- Le peuplement avien durant la période de reproduction (mai-août), est assez équilibré, avec 6 espèces dépassant une contribution relative de 5 %. A cette période de l'année, la Foulque macroule arrive en tête, dont elle représente 45% de l'ensemble des individus, suivie par le Grèbe castagneux et le Héron garde-boeufs (entre 10 et 15%). Le Fuligule Nyroca, la Guifette moustac et le Grèbe huppé n'arrivent qu'en quatre, cinq et sixième position. Certains d'autres espèces ont des fréquences intermédiaires qui varient entre 1% et 5%, il s'agit de l'Aigrette garzette, l'Héron crabier et l'Ibis falcinelle. Finalement, de nombreuses espèces sont présentes durant cette période avec des abondances relatives ne dépassant pas les 1%, autrement dite des espèces rares.
- Le peuplement avien durant la période d'hivernage (novembre-février), est le plus riche en espèces (nombre d'espèces = 42), mais le moins équilibré, avec seulement deux espèces dépassants une contribution relative de 5 % et une prédominance très nette de la Foulque macroule (seule représente deux tiers du peuplement), suivi par une autre espèce, la Sarcelle d'hiver qui arrive en deuxième position. Les espèces d'abondances relatives intermédiaires (proche de 5%) sont le Canard Souchet, le Grèbe castagneux et le Canard Chipeau. Les autres espèces sont de faibles représentativités.

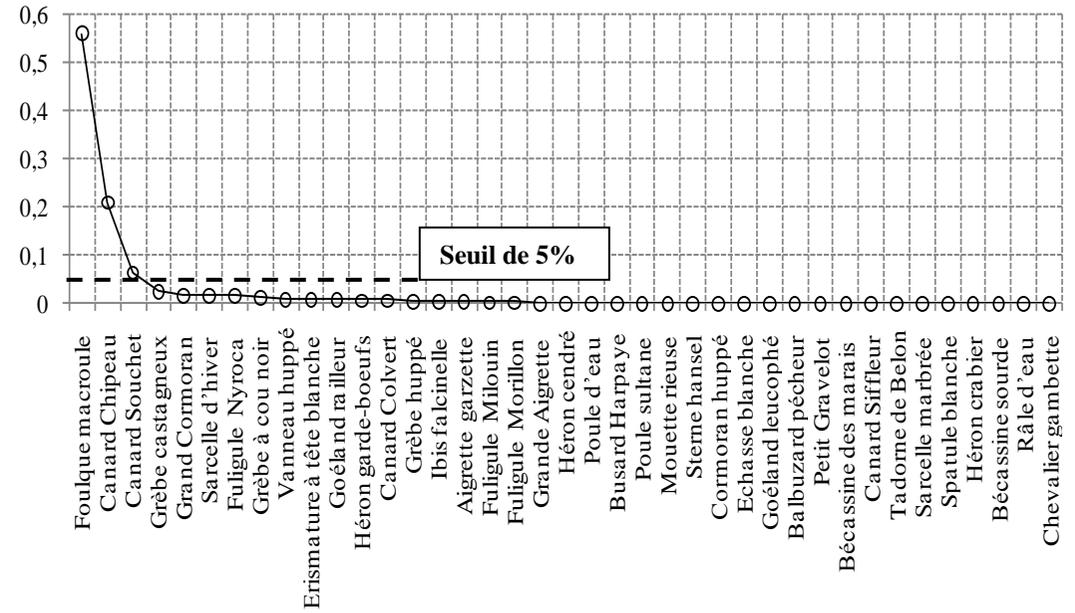
- Toutes les courbes (les quatre saisons) ont une allure relativement similaire (allure concave) qui indique une faible régularité du partage des individus entre espèces. La structure de la communauté aviaire montre le même modèle d'organisation durant toutes les saisons : une forte dominance de l'espèce de premier rang dans les DRF (Foulque macroule, rang 1), suivie par quelques espèces présentes dans le site avec des fréquences intermédiaires varie entre 0,1 et 0,3 et finalement, de nombreuses espèces rares dont leur abondance relative ne dépasse pas les 0,1. Cette organisation structurale explique les valeurs faibles de l'indice de Shannon obtenues (autour de 1,5 durant tous les mois de l'année).
- Ce modèle de partage des individus entre espèces durant chaque saison est le même dans les deux années d'étude. Le test de comparaison de Mann-Whitney (équivalent à l'analyse de variance à 1 facteur dans le cas de deux échantillons), ne permet pas de conclure à une différence statistique au seuil 5 % ($U=21397$; $p=0,8$) entre les valeurs d'abondance relative des deux années. Donc on note que l'organisation structurale du peuplement avien du Lac Tonga n'a pas été changée au fil des ans.

Abondance relative

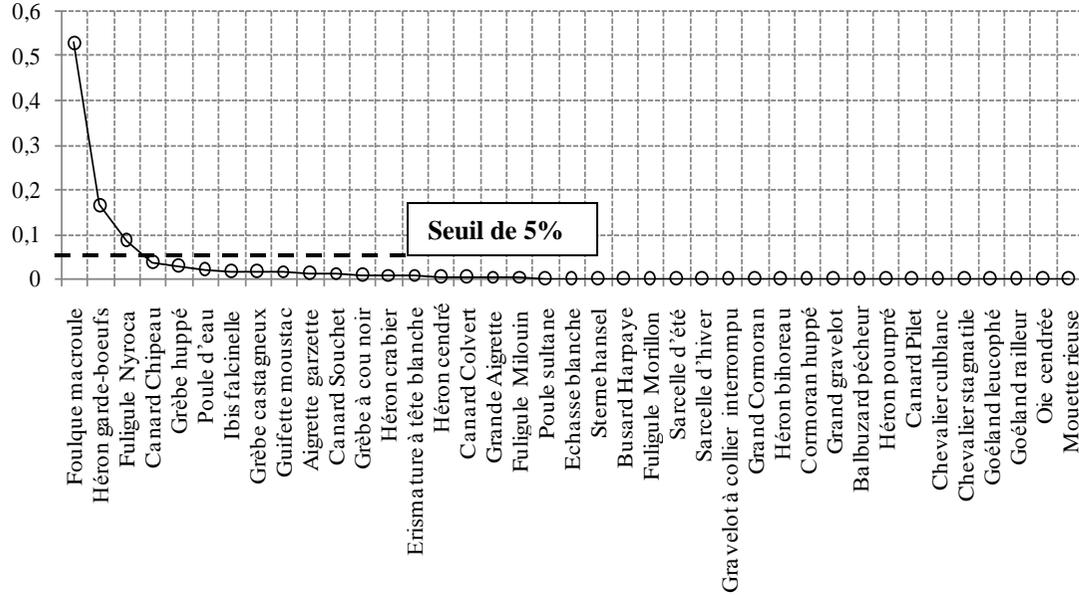
septembre-octobre



novembre-février



mars-avril



mai-août

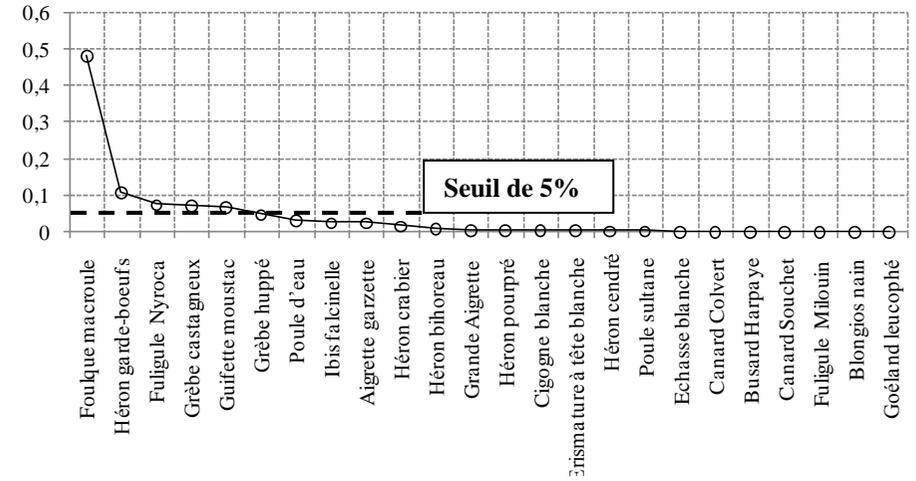
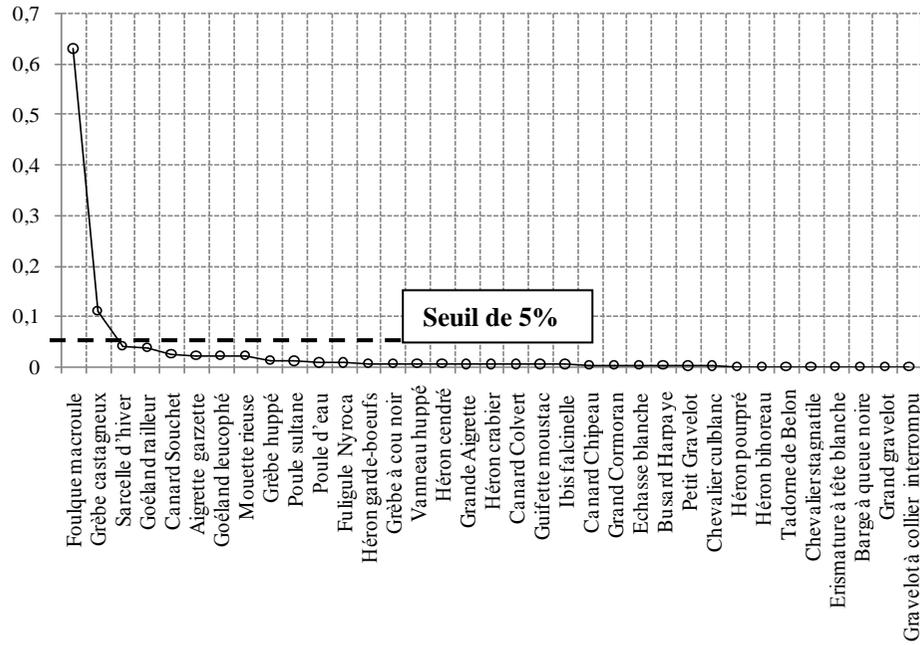


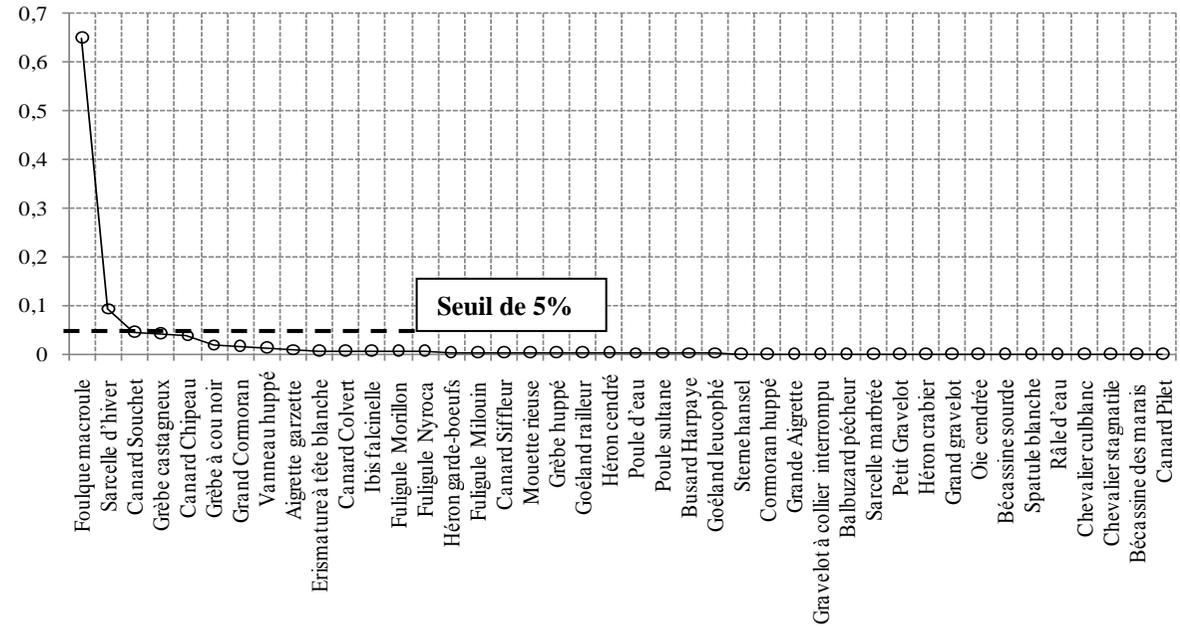
Figure 25 (a): Diagrammes Rang-Fréquences des regroupements d'oiseaux d'eau de chaque saison. Les espèces ont été classées par ordre d'abondance relative (2012/2013)

Abondance relative

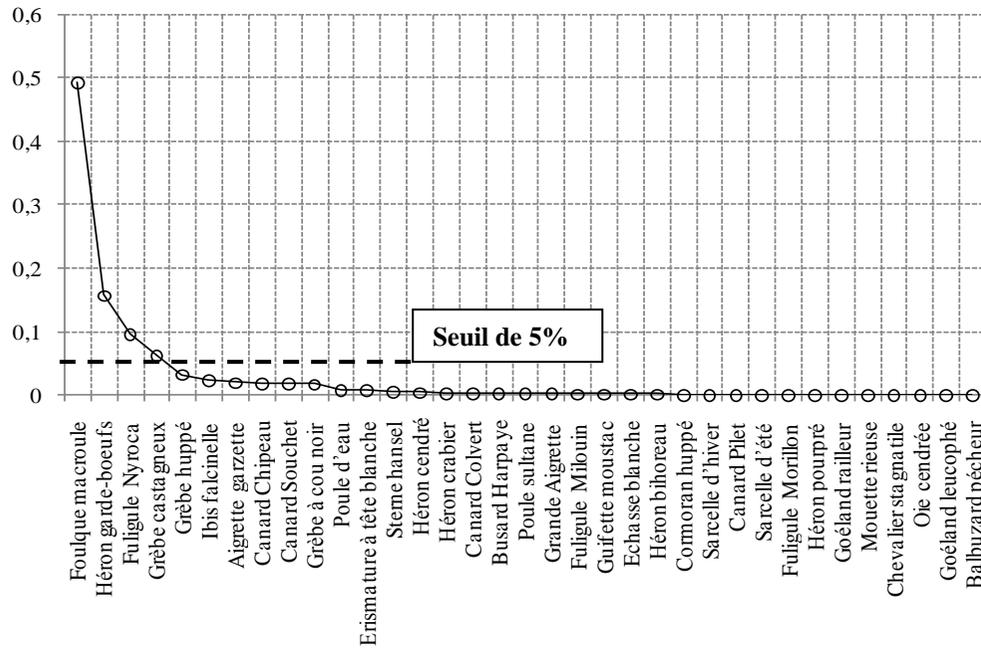
septembre-octobre



novembre-février



mars-avril



mai-août

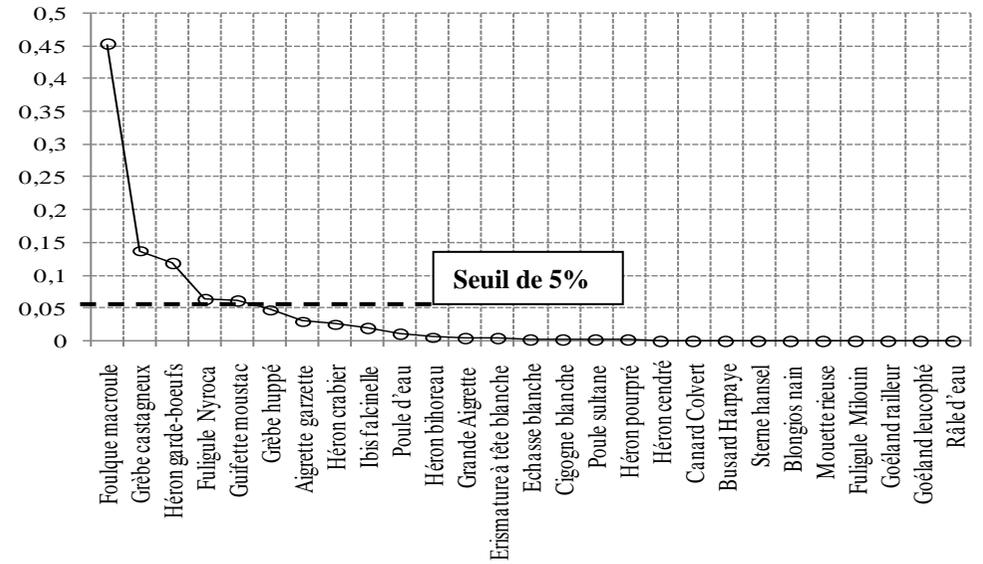


Figure 25 (b): Diagrammes Rang-Fréquences des regroupements d'oiseaux d'eau de chaque saison. Les espèces ont été classées par ordre d'abondance relative (2013/2014)

5- Commentaires spécifique

Certaines espèces d'oiseaux d'eau ont des comportements particuliers suivant les périodes de l'année : mouvements migratoires, nidification, rassemblements...etc.

Après l'analyse globale de l'évolution du peuplement avien du lac Tonga, nous présentons dans cette partie une illustration spécifique de ce peuplement en se basant uniquement sur les espèces régulièrement observées, autrement dit, les espèces clés qui fréquentent cette zone humide. Les espèces de présence occasionnelle et celle de faible effectif sont écartées dans cette analyse. Les chronologies d'occurrence de ces oiseaux nous a permis de leurs construire des modèles «patterns» phénologique (la phénologie de migration) très utile dans l'indication des moments les plus propices pour leur observation dans ce site. Durant deux saisons successives d'hivernage et de reproduction nous pouvons conclure que :

- **Hivernage des canards**

Toutes les espèces d'anatidés font leur apparition dans le site en automne, précisément avant le mois de novembre et leur présence dans le site dure au minimum 6 mois. En suit, elle commence à quitter le Lac dès le mois de février, cas de la Sarcelle d'hiver. En revanche certaines anatidés prolongent leur séjour hivernal jusqu'au mois de mai (Canard souchet et Canard chipeau). On note aussi que les arrivées en masses sont principalement observées dans les deux mois hivernaux, décembre et janvier. Enfin, et exceptionnellement, le Canard colvert et le Fuligule milouin indiquant une présence beaucoup plus longue (dernière observation au mois de juillet), mais toujours aucune nidification observée localement pour ces deux espèces (Figure 26).

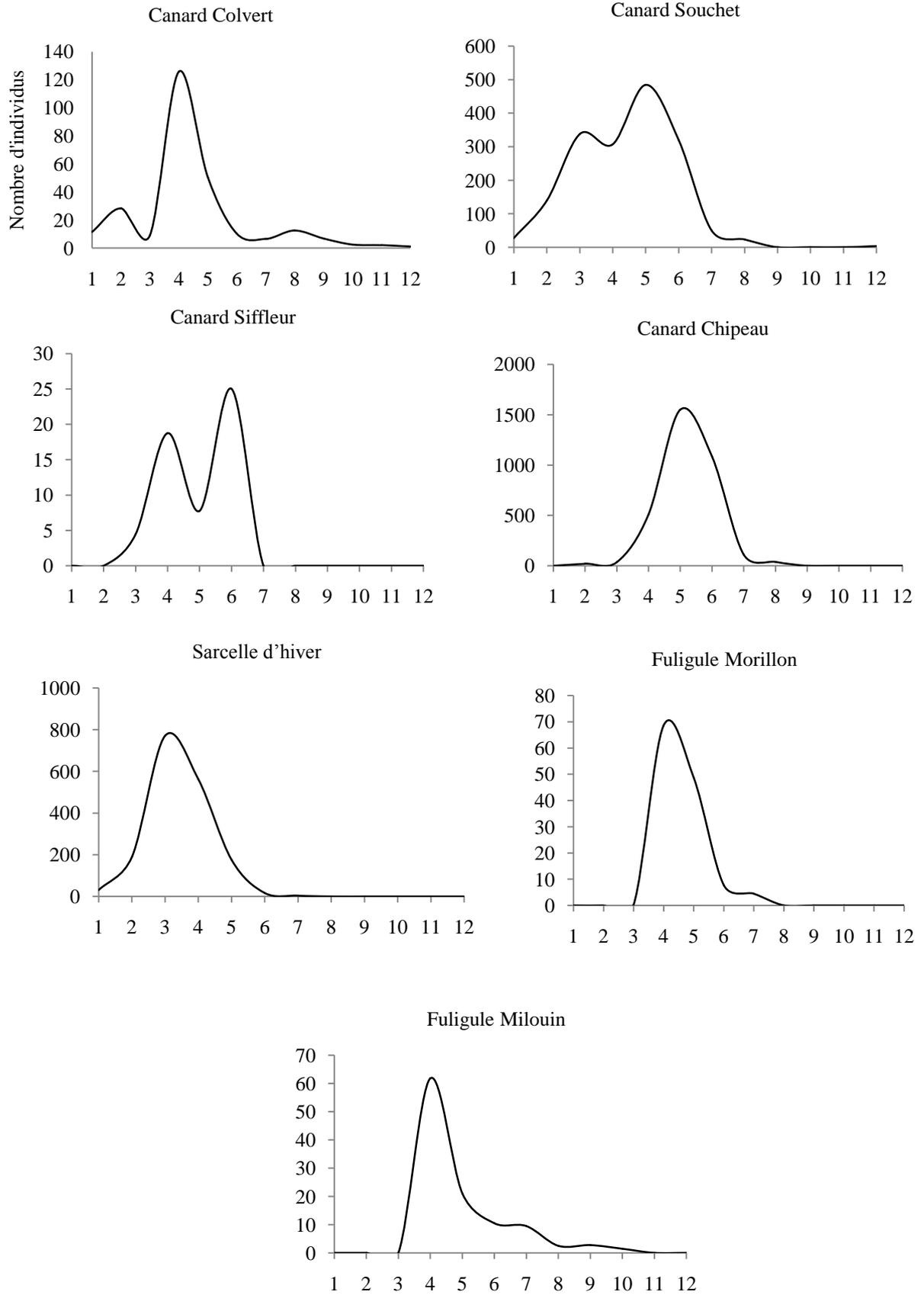


Figure 26 : Model phénologiques des espèces d’anatidés hivernantes dans le Lac Tonga (le cycle annuel commence par le mois de septembre ‘1’)

- **Les migrateurs de l'été**

Le printemps est synonyme de retour pour les oiseaux migrateurs de l'été (les estivants nicheurs). Il s'agit ici de trois espèces remarquables, le Guifette moustac, le Héron bihoreau et le héron pourpré. Sur la zone d'étude, les premiers individus ont été observés lors de la 1^{ère} décennie de mars (Figure 27). Leurs abondances mensuelles augmentent régulièrement et atteignent un maximum entre juillet et août. On peut donc mettre à profit cette période pour observer ces espèces.

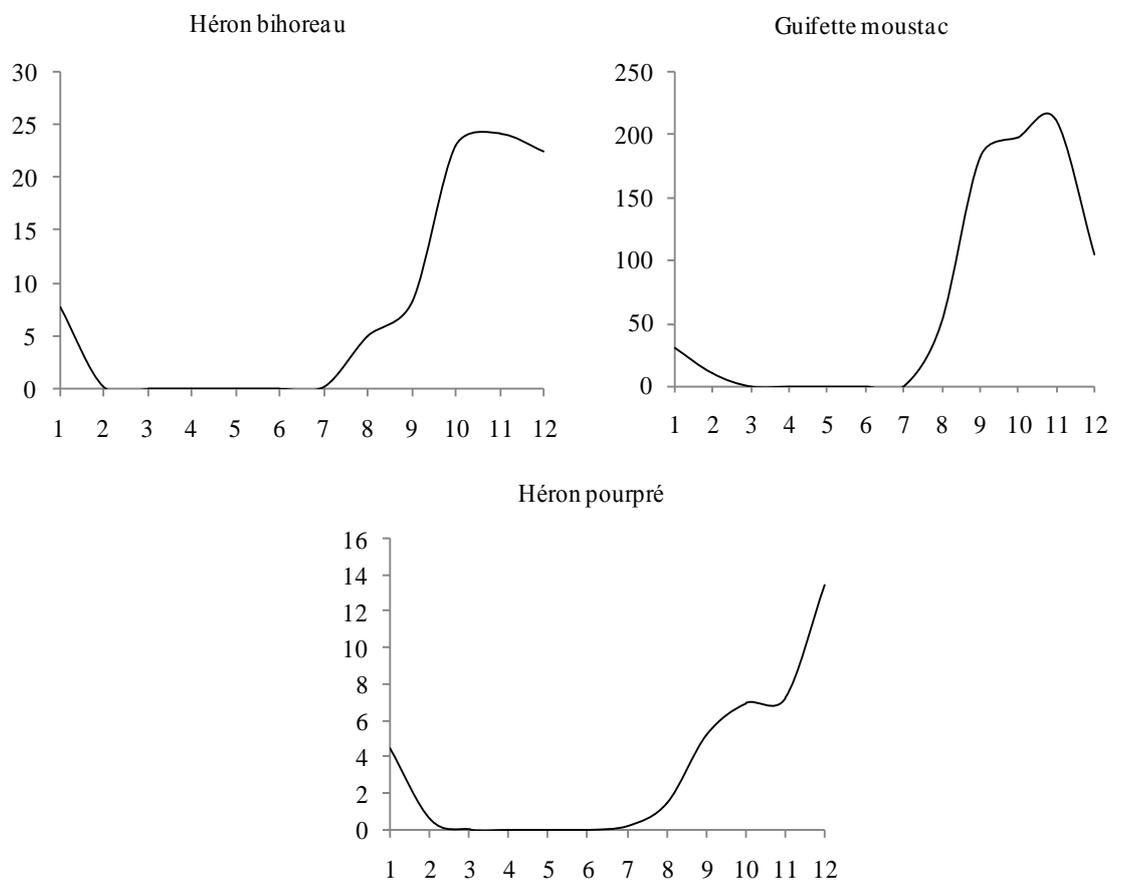


Figure 27 : Model phénologiques des espèces migratrices de l'été dans le Lac Tonga
(Le cycle annuel commence par le mois de septembre '1')

- **Les sédentaires**

Cette catégorie concerne les espèces d'oiseaux d'eau, dont le Lac Tonga constitue leur habitat principale durant toute l'année. Selon leurs chronologies d'occurrence ces oiseaux montrent des modèles phénologiques différents. Trois espèces : la Foulque macroule, le Fuligule Nyroca et l'Erismature à tête blanche se reproduisent dans le site mais leurs effectifs sont maximaux durant l'hiver et les périodes de passage (L'ajout des migrateurs de passage et des hivernants) (Figure 28). Pour le reste des espèces sédentaires, l'augmentation de leurs effectifs est principalement notée durant les mois de l'été jusqu'au début de l'automne (Juillet-septembre) (Figure 28). Cette hausse dans le nombre d'individus est due essentiellement à l'observation de jeunes nés dans le site.

La période de reproduction au niveau de cette zone humide est caractérisé par des phénomènes remarquables chez les oiseaux aquatiques : accouplement, parades nuptiales, construction des nids,...etc. on peut donc mettre à profit cette période pour observer ces espèces.

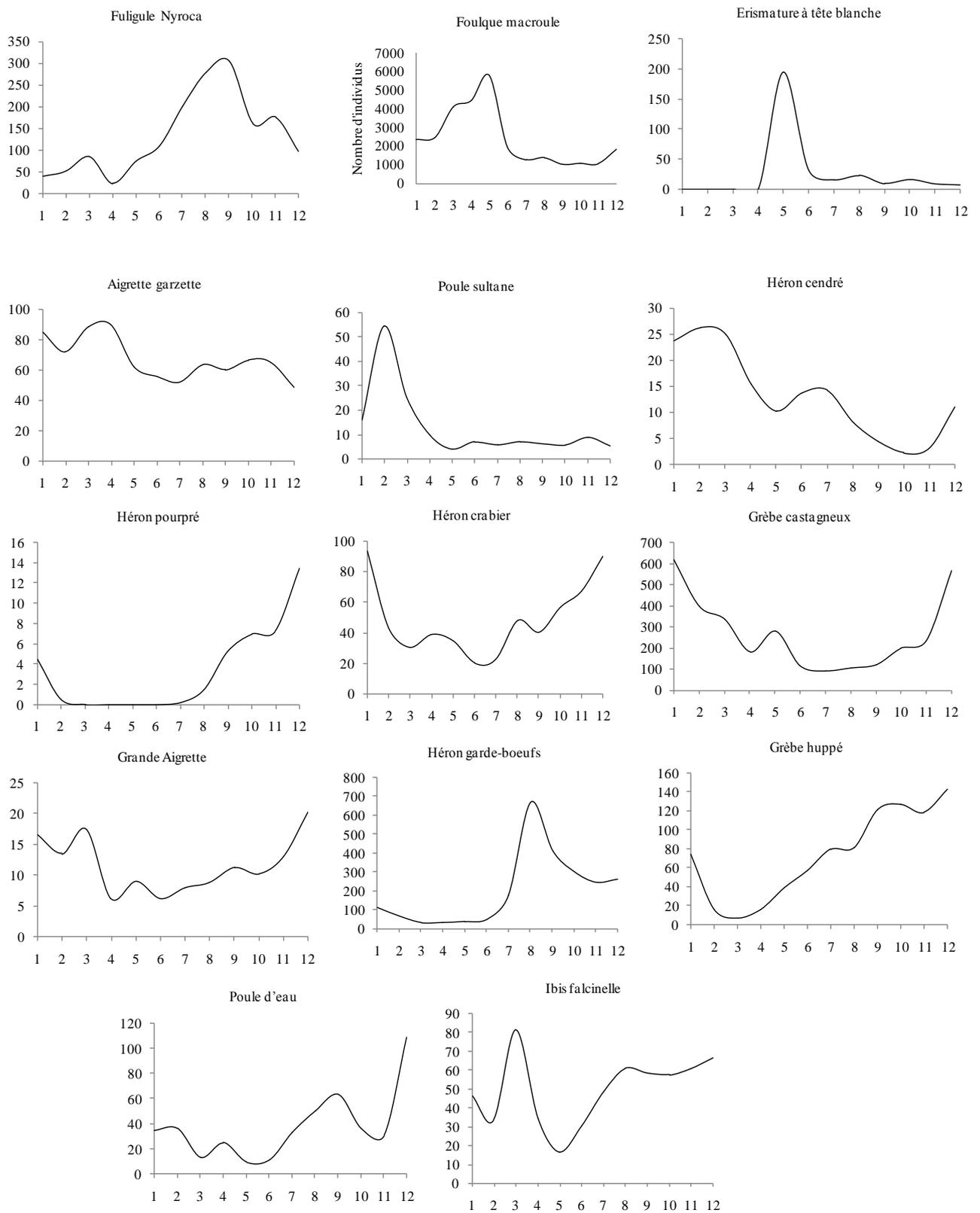


Figure 28 : Model phénologiques des espèces d’oiseaux d’eau sédentaire dans le Lac Tonga (Le cycle annuel commence par le mois de septembre ‘1’)

6- Etude des rythmes d'activité diurne de deux regroupements d'oiseaux d'eau différents, espèces migratrices *versus* espèces résidentes

La présente étude consiste en un suivi de l'activité journalière de vingt-deux (22) espèces témoins, choisies en raison de leur présence régulière dans le Lac Tonga au cours des mois de septembre à février et de leurs effectifs suffisamment élevés pour permettre l'étude des rythmes d'activité.

6-1- Représentativité des données

L'étude totalise plus de 108 heures d'observations (60 h le matin et 48 h l'après-midi) toutes espèces confondues sur le cycle hivernal septembre 2014 à février 2015. Le nombre de données récoltées est lié à la fréquence d'occurrence de chaque espèce. La Foulque macroule bénéficie du plus grand nombre de données (plus de 20.000 observations de rythmes d'activités). Le Grèbe castagneux et la plus part des canards de surface (Sarcelle d'hiver, Canard Chipeau et Canard Souchet), arrivent en deuxième position avec un nombre d'observations entre 1.000 et 4.000). Enfin, et avec moins de 500 observations, les autres espèces sont les moins bien représentées de l'étude (Tableau 8).

6-2- Activités diurnes (Figure 29 et 30)

Sur l'ensemble du cycle hivernal, 4 activités prédominent : l'alimentation, les activités de confort, le sommeil et la nage. Ces quatre comportements sont les générateurs des regroupements des espèces dans la classification ascendante hiérarchique (Figure 29).

L'analyse de ces activités fait apparaître des similitudes et des divergences entre les espèces. En effet, cette ordination montre quatre groupes d'espèces distinctes :

- **Groupe 1** : l'alimentation représente la principale activité manifestée par les espèces de ce groupe au cours du cycle hivernal. Les oiseaux passant entre 42% et 98% de leur temps à s'alimenter dans le site (Figure 30). Dans le dendrogramme, ces espèces sont la Foulque macroule, le canard Chipeau, l'Ibis falcinelle, l'Aigrette garzette, l'Héron garde-bœufs, l'Héron cendré, la Talève sultane, la poule d'eau, le Canard souchet, le Vanneau huppée et le Canard siffleur. Ce qui représente exactement la moitié des espèces suivit.

Tableau 8 : Nombre d'observations cumulées pour chaque espèce durant le cycle hivernal (2014/2015)

Nom de l'espèce		Nombre d'observations	Nom de l'espèce		Nombre d'observations
Aigrette garzette	Matin	576	Canard Chipeau	Matin	1058
	Après-midi	502		Après-midi	3794
Héron garde-boeufs	Matin	362	Sarcelle d'hiver	Matin	3381
	Après-midi	214		Après-midi	1791
Héron cendré	Matin	187	Canard Souchet	Matin	1353
	Après-midi	101		Après-midi	1831
Foulque macroule	Matin	8296	Ibis falcinelle	Matin	430
	Après-midi	17166		Après-midi	82
Poule sultane	Matin	289	Vanneau huppé	Matin	476
	Après-midi	32		Après-midi	137
Poule d'eau	Matin	179	Canard Colvert	Matin	74
	Après-midi	183		Après-midi	236
Grèbe castagneux	Matin	1382	Grand Cormoran	Matin	157
	Après-midi	2770		Après-midi	546
Grèbe huppé	Matin	161	Fuligule Milouin	Matin	153
	Après-midi	271		Après-midi	425
Goéland railleur	Matin	1234	Erismature à tête blanche	Matin	37
	Après-midi	212		Après-midi	30
Mouette rieuse	Matin	484	Canard Siffleur	Matin	128
	Après-midi	136		Après-midi	109
Fuligule Nyroca	Matin	300	Fuligule Morillon	Matin	50
	Après-midi	290		Après-midi	345

- **Groupe 2** : une prédominance du sommeil est notée chez les oiseaux de ce groupe. La proportion du temps alloué à cette activité est comprise entre 40 et 75% (Figure 30). Il s'agit de l'Erismature à tête blanche, le Fuligule nyroca, la Sarcelle d'hiver, le Fuligule milouin, le Fuligule morillon et le Goéland railleur.
- **Groupe 3** : il comprend les espèces les plus dynamiques du peuplement avien. En effet, des pourcentages élevés d'activité de nage (50 et 90%) ont été enregistrés notamment pour le Grèbe castagneux, le Grèbe huppé et le Canard colvert.
- **Groupe 4** : le toilettage est l'activité dominante chez les espèces de ce groupe. Des proportions de temps très élevées (70 à 90%) ont été consacrées aux activités de confort, exclusivement par le Grand Cormoran et la Mouette rieuse.

Enfin, les autres activités (vigilance, la plongée, le vol, l'agression et la parade nuptiale) sont extrêmement ponctuelles, où tous les oiseaux ne leur consacrent pas beaucoup de temps ou n'ont jamais été observé avec l'un de ces comportements. En outre, le désir de copulation, manifestée par des comportements de parade tels que la danse et les cries, durant cette période d'étude ont été seulement limitée au Grèbe huppé (7,45% du budget temps total) et à la Foulque macroule (0,02%) (Figure 30).

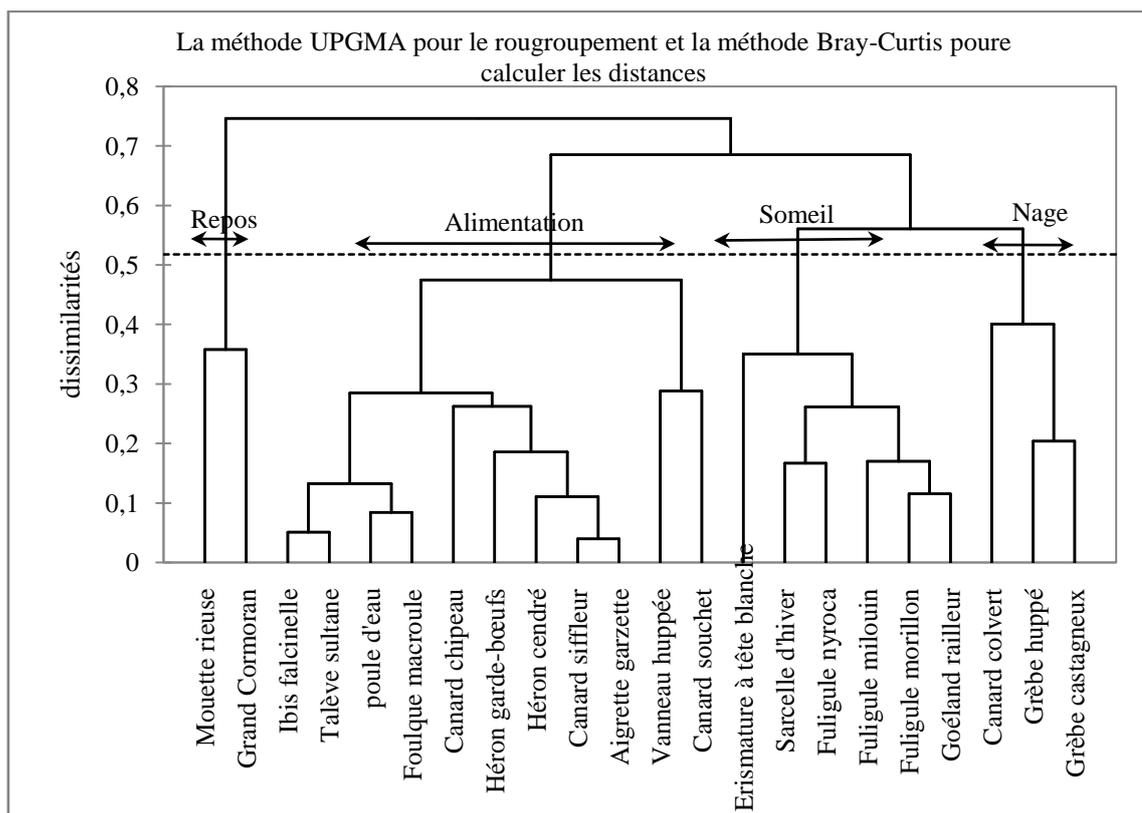


Figure 29: Classification ascendante hiérarchique, présentant les similitudes et les divergences entre budgets temps des 22 espèces étudiées

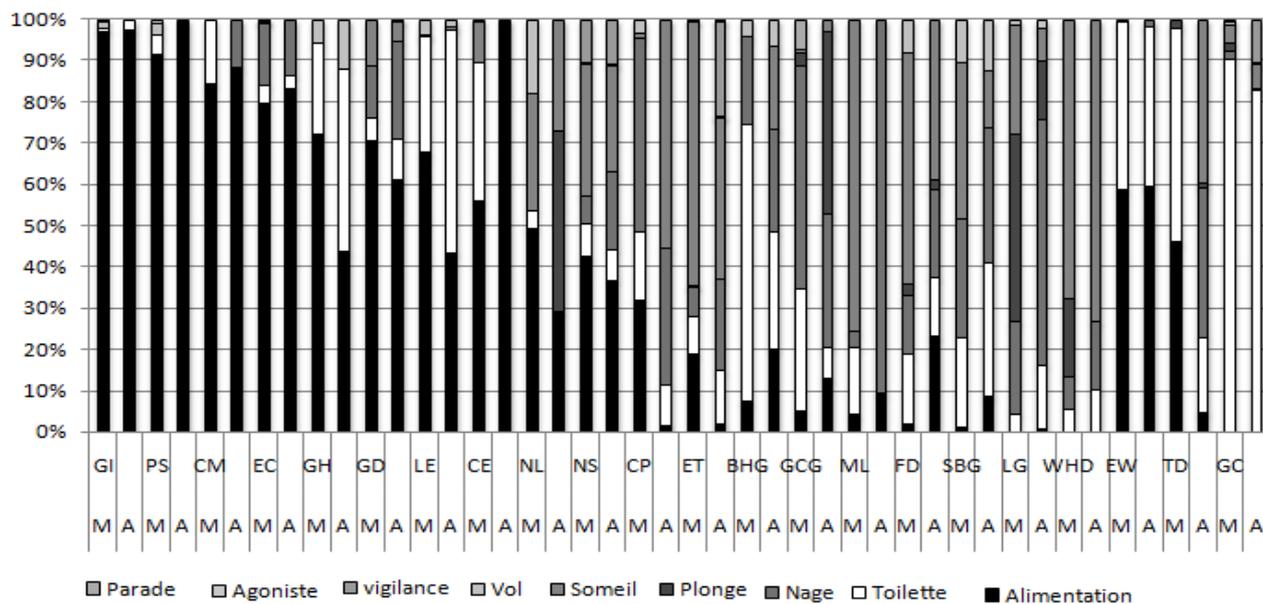


Figure 30 : Pourcentage de temps alloué a chaque activité par les différentes espèces durant la période septembre 2014 à février 2015. Les valeurs ont été présentées en pourcentage de 108 h (M : matin ; A : Après-midi)

6-3- Comparaison des budgets temps en fonction du statut phénologique des espèces

Le test non paramétrique de Chi², permet de conclure à une différence statistique au seuil 5 % ($p < 0,05$ pour chaque type d'activité) entre les budgets temps des regroupements d'oiseaux aquatiques sédentaires et migrateurs. De ce fait, le statut phénologique des espèces semble avoir de conséquences significatives sur les comportements des oiseaux utilisant le Lac Tonga durant la saison hivernale, autrement dit, les deux regroupements ne se comportent pas de la même manière durant cette saison (Figure 31). Des divergences majeures à noter concernant les quatre activités principales :

- **L'alimentation** (χ^2 sans correction de Yates = 5476,09; df = 1; $P < 0,001$) :
Près de 50% de l'activité des oiseaux sédentaires présents en journée sur le Lac Tonga relèvent d'activité d'alimentation. De ce fait, l'alimentation est une activité majoritaire chez les espèces sédentaires. En revanche, les oiseaux migrateurs s'alimentent presque moins deux fois devant les sédentaires (Figure 30).
- **Le sommeil** (χ^2 sans correction de Yates = 1188,07; df = 1; $P < 0,001$) ; **la nage** (χ^2 sans correction de Yates = 1413,4; df = 1; $P < 0,001$) et **le repos** (χ^2 sans correction de Yates = 341,5; df = 1; $P < 0,001$) :
Ces trois activités sont les plus fréquents chez les oiseaux migrateurs (Figure 31).

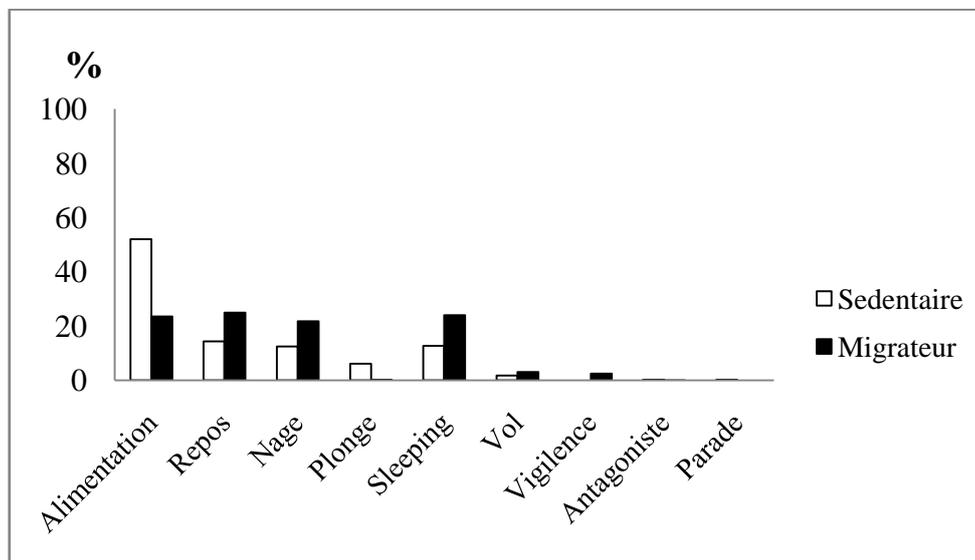


Figure 31 : Pourcentage total des budgets temps (moyenne) alloué à chaque activité en fonction du statut phénologique durant la période d'étude. Les valeurs sont représentées comme les pourcentages de 108 h

6-4- Comparaison du rythme d'activités en fonction du statut phénologique des espèces

Pour les espèces sédentaires le test non paramétrique de Chi², ne permet pas de conclure à une différence statistique au seuil 5 % entre les proportions du temps consacré aux différentes activités entre les heures de la journée (χ^2 sans la correction de Yates = 3,32; df = 8; P = 0,9). Un rythme d'alimentation essentiellement uniforme a été opté par ce groupe d'espèces autrement dit, le nombre d'individus s'adonnant à cette activité reste sensiblement identique durant les heures de la journée. Les mêmes observations sont notées en ce qui concerne le repos, la nage et la somnolence. Il semble que la période de la journée (matinée et après-midi) n'a pas une conséquence significative sur le rythme d'activité de ce groupe d'oiseaux (Figure 32). Dans l'autre côté, les activités principales (alimentation, sommeil, nage et repos) évoluent significativement au cours de la journée sur l'ensemble du peuplement migrateur (test de χ^2 sans la correction de Yates = 20,9; df = 8; P <0,001). Chez cette catégorie d'oiseaux d'eau le nombre d'individus s'adonnant aux activités de confort et d'alimentation diminuent légèrement au cours de la journée. En revanche, ils nagent et consacrent beaucoup plus de temps à explorer l'eau durant les après-midis.

Au cours du cycle hivernal " fin d'été-début hiver", les deux regroupements d'oiseaux aquatiques ne se comportent pas de la même manière (fin d'été-début hiver: χ^2 sans correction de Yates = 72,91; df = 3; P <0,001; fin de l'hiver: χ^2 sans la correction de Yates = 22,08; df = 3; P <0,001) (Figure 33). Durant les deux phases du cycle hivernal le groupe des espèces sédentaires a passé beaucoup plus de temps en alimentation par rapport aux oiseaux migrateurs. En plus, les espèces sédentaires se comportent de manière uniforme (χ^2 sans correction de Yates = 1,53; df = 3; P = 0,67). En revanche, les budget-temps diurnes des oiseaux migrateurs évoluent significativement au cours de la période d'hivernage (χ^2 sans correction de Yates = 54,99; df = 3; P <0,001). Importante au début de l'hiver (30% et 40%) le temps passé au sommeil et à la nage décroît graduellement pour atteindre des valeurs basses en fin d'hiver (Figure 33). Les comportements d'alimentation et de toilettage sont significativement fréquents vers la fin d'hiver.

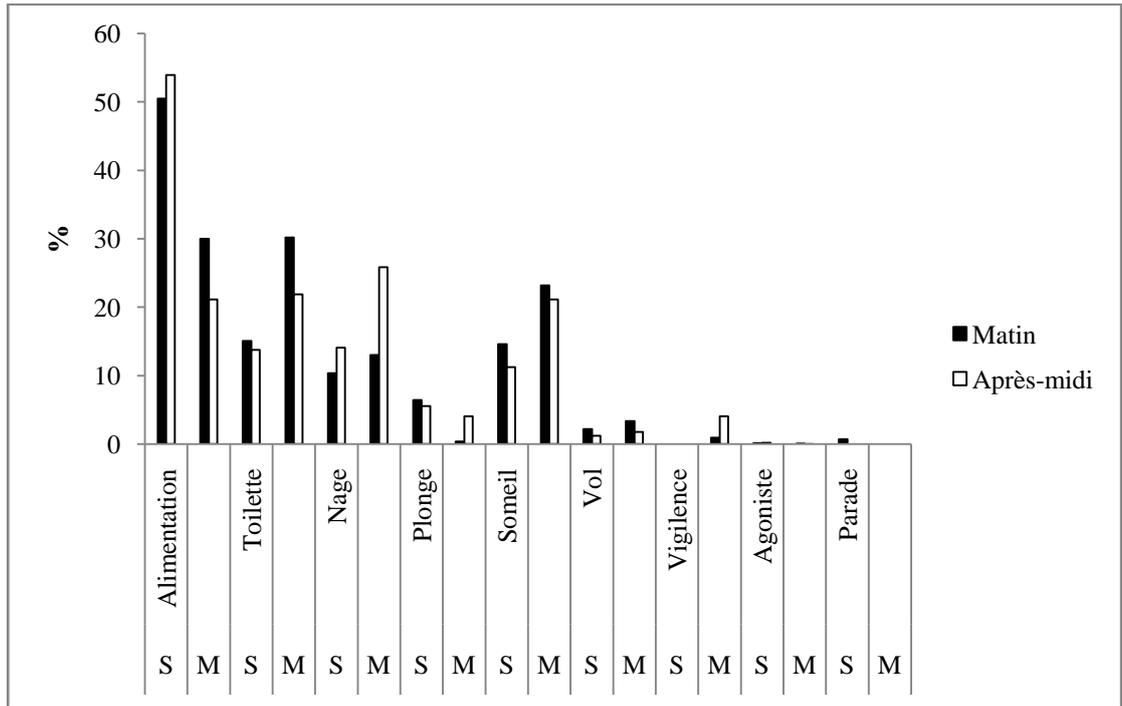


Figure 32 : Pourcentage du temps alloué par les espèces sédentaires (S) et migratrice (M) à chaque activité pendant la journée. Pourcentage de 60h dans le matin et 40h dans l'après-midi

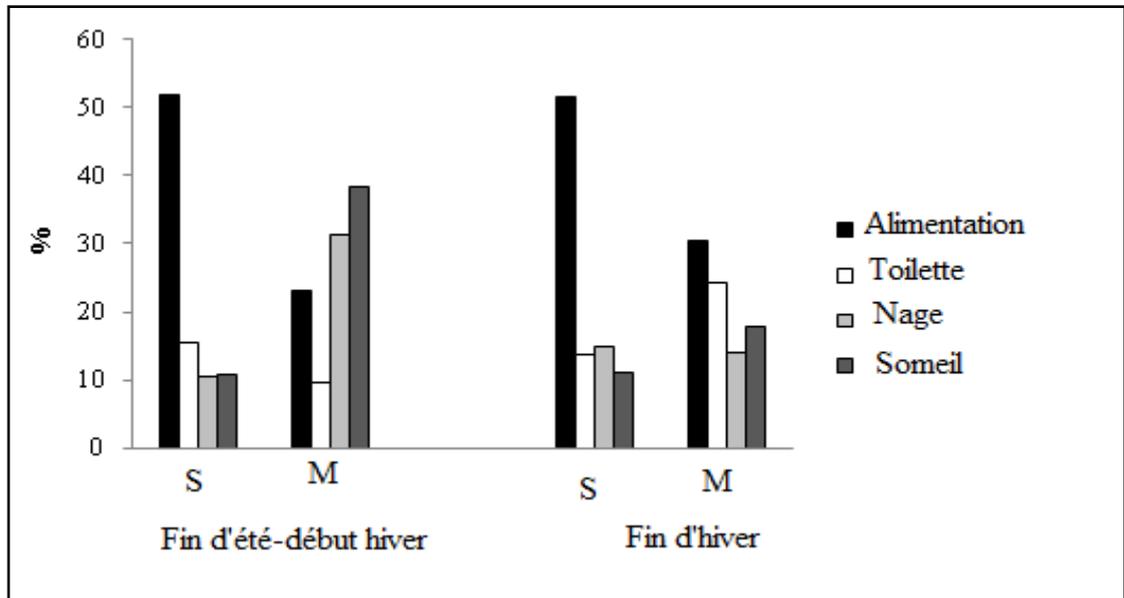


Figure 33: Relation entre le statut de l'assemblage (S : sédentaire ; M : migrateur) et le temps alloué à l'alimentation, le toilette, le repos et la nage durant les deux phases (proportion de 54h pour chaque phase)

7- Etude des préférences d'habitats des d'oiseaux aquatiques hivernants dans le lac Tonga (saison 2014/2015)

Rappelons que les milieux rencontrés au sein de la zone d'étude ont été classés en sept catégories d'habitat, selon leur structure et leurs espèces végétales principales. Le tableau 9 ci-dessous représente le recouvrement réel de chaque type d'habitats sur le territoire d'étude. Seuls les oiseaux régulièrement observés dans le site durant cette saison sont utilisés pour l'analyse de l'habitat. Les espèces rares et occasionnellement observées ne sont donc pas prises en compte. En bref, l'abondance et la richesse spécifique varient significativement en fonction des habitats. Elles sont plus fortes dans les parcelles d'eau libre, les zones à végétation émergente ainsi que les prairies inondées et plus faibles dans les autres catégories d'habitats (Figure 34).

Tableau 9 : Représentation de chaque habitat sur le site d'étude

Habitat	Surface (hectare)	Recouvrement réel (%)
Champs cultivés	754,8	25,32
Champs non cultivés	119	20,96
Prairies inondées	368,76	11,34
Vasières	112,93	3,52
Végétations émergentes (Macrophyte)	363,05	11,52
Végétations flottantes	671	3,71
Plage d'Eau libre	810,4	23,58

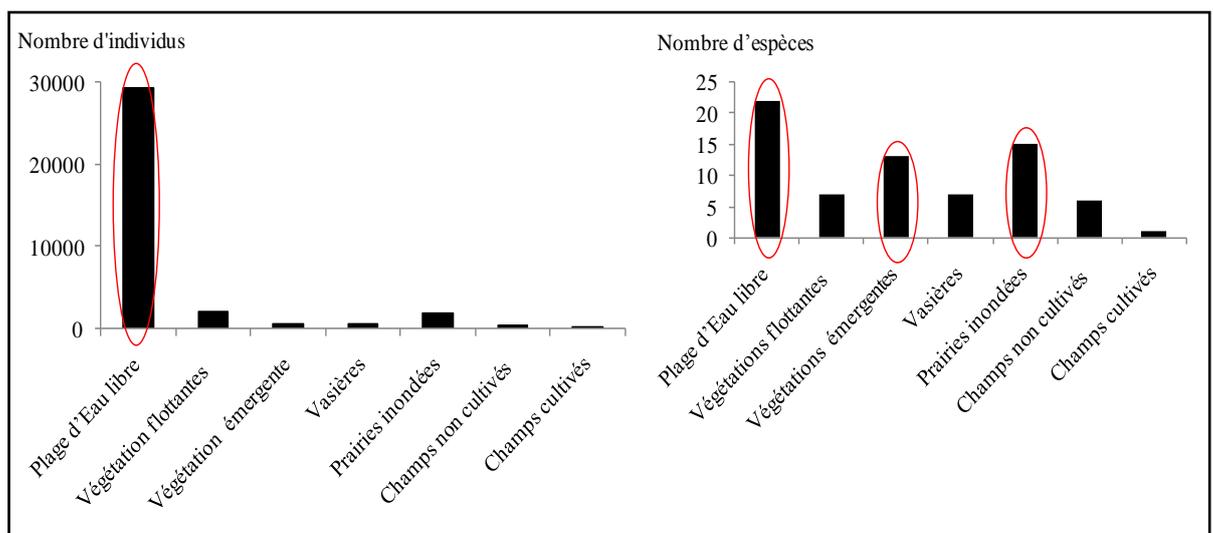


Figure 34 : Variation de l'abondance et la richesse spécifique en fonction des habitats.

7-1- Répartition des espèces d'oiseaux d'eau en fonction du type d'habitat

Les méthodologies d'analyse des distributions des populations animales parmi différents habitats comparent généralement la disponibilité des différents habitats à leur utilisation. La disponibilité d'un habitat est reflétée par la proportion de la surface totale qu'il recouvre au sein de l'espace utilisé. Dans notre cas, chaque observation d'un oiseau (nombre d'individus) à un habitat précis correspond à une utilisation.

En reliant les nombre d'individus à l'habitat correspondant, on peut calculer la fréquence d'utilisation de chaque type d'habitat et déterminer s'il y a préférence (utilisation supérieure à la disponibilité) ou évitement de certains habitats. La préférence reflète donc la probabilité qu'une composante soit choisie par une population si elle lui est proposée parmi d'autres et de manière équivalente. Si l'utilisation et la disponibilité ne diffèrent pas de plus de 5 %, les résultats ne sont pas considérés comme significatifs. Utiliser un tel intervalle de confiance permet d'obtenir de premiers résultats fiables sans devoir recourir à des tests statistiques poussés.

On constate sur le tableau 10 dans la page suivante que la plupart des espèces (17) montrent une grande préférence aux parcelles d'eaux libre. En deuxième position arrive les endroits à végétation flottante et les et en fin, les vasières et les champs cultivés ou non sont fréquentées par un nombre très limités d'espèces. Nous pouvons récapituler la stratégie générale d'exploitation du Lac Tonga par chaque espèce d'oiseaux d'eau comme suite :

- Les parcelles d'eau libre sont particulièrement préféré par la Foulque macroules, les Grèbes et l'ensemble des Anatidés (Canards de surface et Canards plongeurs) ;
- Les endroits à végétation flottantes sont aussi appréciés par de nombreuses espèces, et tout particulièrement par le Grand cormoran, Goéland railleur et le Canard colvert.
- Quelques autres espèces montrent une nette préférence pour les prairies inondées, notamment la Poule sultane, le Vanneau huppé, l'Echasse blanche et la Mouette rieuse.
- La Grande Aigrette et l'Héron cendré montrent aussi une certaine préférence aux endroits riche en végétations émergentes.
- Enfin, une seule espèce a montré une préférence exclusive aux landes limitrophes du Lac (cultivés ou non), c'est le Héron garde-boeufs. Il n'a été observé que dans cet habitat.

Tableau 10 : Préférence (en vert) et évitement (en orange) des sept catégories d'habitats pour chaque espèce

	Végétations flottantes		Végétations émergentes		Prairies inondées		Champs cultivés	
	Plage d'Eau libre (%)	(%)	(%)	(%)	Vasières (%)	(%)	Champs non cultivés (%)	(%)
Aigrette garzette	60,55	17,48	9,96	2,25	4,69	5,08	0,00	
Héron garde-boeufs	3,02	0,00	0,46	0,00	0,46	58,24	37,82	
Grande Aigrette	48,43	0,00	50,31	0,00	1,26	0,00	0,00	
Héron cendré	54,39	16,32	25,10	0,00	4,18	0,00	0,00	
Echasse blanche	0,00	0,00	0,00	24,68	72,73	2,60	0,00	
Ibis falcinelle	5,28	0,00	0,34	48,72	45,66	0,00	0,00	
Goéland railleur	52,71	45,97	0,00	0,00	1,32	0,00	0,00	
Mouette rieuse	33,40	0,00	0,00	3,85	62,74	0,00	0,00	
Grand Cormoran	9,86	90,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Vanneau huppé	0,00	25,27	0,72	0,00	71,84	2,17	0,00	
Poule sultane	4,07	0,00	6,44	2,71	78,31	8,47	0,00	
Poule d'eau	50,51	0,00	13,80	0,00	32,32	3,37	0,00	
Foulque macroule	95,99	0,00	1,48	1,31	1,22	0,00	0,00	
Grèbe castagneux	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Grèbe huppé	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Erismature à tête blanche	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fuligule Nyroca	98,41	0,00	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sarcelle d'hiver	95,75	0,00	0,14	1,84	2,27	0,00	0,00	
Canard Souchet	99,46	0,00	0,29	0,00	0,26	0,00	0,00	
Canard Chipeau	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Canard Colvert	9,49	89,70	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fuligule Milouin	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fuligule Morillon	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Canard Siffleur	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Disponibilité de l'habitat	23,58	3,71	11,52	3,52	11,34	20,96	25,32	
Nombre d'espèces montrant une préférence pour l'habitat	17	6	2	2	6	1	1	
Nombre d'espèces évitant l'habitat	7	18	22	22	18	23	23	

7-2- Analyse comparative des niches écologiques

La répartition inégale des oiseaux d'eau en fonction du type d'habitat et généralement liée aux dimensions de la niche écologique (largeur de la niche) de chaque espèce. Le tableau 10 dans la page précédente nous a montré que seulement quelques espèces ont appréciées deux ou trois catégorie d'habitat, alors que, plus de la moitié ont une préférence majeure à un seul type. Cette constat est également confirmée par les valeurs de l'indice de Feinsinger calculé pour chaque espèce dont elles montrent aussi que plus de la moitié du peuplement avien hivernant dans le Lac Tonga est extrêmement spécialiste, valeurs inférieures à 0,1 (Tableau 11). Il s'agit principalement de tous les Canards de surface, les Canards plongeur (parmi eux deux espèce rare et en danger : le Fuligule nyroca et l'Erismature à tête blanche) et les deux Grèbes. Ces espèces montrent même des valeurs nulles de cet indice ce qui prouve leurs affinités particulières à un seul type d'habitat (dans notre étude c'est les parcelles d'eau libre).

Les espèces qui affichent des valeurs de niche plus au moins modérées (jusqu'à 0,27) sont considérées comme plus généralistes autrement dit, elles utilisent plusieurs types d'habitat durant leur période d'hivernage. Nous citons, les Hérons, l'Ibis et les Rallidés. Ces oiseaux fréquentent de façon relativement équilibrée les différentes catégories d'habitat existant au niveau de cette zone humide (Tableau 11).

Tableau 11: Largeur des niches indice de Feinsinger des oiseaux aquatiques hivernants dans la zone humide lac Tonga (2014/2015)

Code	Espèce	Indice
PLE	Poule d'eau	0,27
HRC	Héron cendré	0,26
AGG	Aigrette garzette	0,24
GRA	Grande Aigrette	0,22
EBL	Echasse blanche	0,20
IBF	Ibis falcinelle	0,20
HGB	Héron garde-boeufs	0,18
GOR	Goéland railleur	0,17
MOR	Mouette rieuse	0,16
VNH	Vanneau huppé	0,12
PLS	Poule sultane	0,10
CNC	Canard Colvert	0,04
GRC	Grand Cormoran	0,04
FLC	Foulque macroule	0,01
SRH	Sarcelle d'hiver	0,01
FLN	Fuligule Nyroca	0,01
CNF	Canard Siffleur	0,00
FLR	Fuligule Morillon	0,00
FLL	Fuligule Milouin	0,00
CNP	Canard Chipeau	0,00
ERB	Erismature à tête blanche	0,00
GRC	Grèbe castagneux	0,00
GRH	Grèbe huppé	0,00
CNS	Canard Souchet	0,00

Les chevauchements des niches ont été calculés pour répondre à la question suivante: comment les différentes espèces se partagent-elles les ressources et de l'espace dans la communauté?. Le tableau 12 dans la page suivante montre que les chevauchements moyens des niches pour toutes les paires d'espèces varient de 0,05 à 0,68. L'analyse de ce tableau nous a permis de conclure que le schéma général montré par la communauté d'oiseaux aquatiques est comme suit:

- Des valeurs de chevauchement des niches très élevées (varient de 0,7 jusqu'à 0,99) entre les espèces qui fréquentent les mêmes habitats (autrement dit la même guildes)
- Des valeurs de chevauchement des niches très faibles (proche du zéro) entre les espèces qui utilisent des catégories différentes d'habitat.

Les espèces qui fréquentent surtout les parcelles d'eau libre se chevauchent plus par rapport aux espèces des d'autres guildes, les valeurs pour toutes les paires d'espèces appartenant à cette guildes jamais inférieure à 0,64, autrement dit, un chevauchement important dans l'utilisation des ressources et de l'espace. Notons également que les oiseaux aquatiques qui fréquentent plusieurs types d'habitats comme les Hérons, les Rallidés et l'Ibis ont montré des valeurs minimales de chevauchement des niches (très proches de 0).

Parmi les espèces étudiées, seul le Héron garde-bœuf a montré un recouvrement des niches très faible 0,05 avec toutes les espèces (Tableau12). Donc cet oiseau ne partage aucune ressource au sein de la communauté. Aussi, certaines d'autres espèces ont des faibles valeurs de chevauchement des niches (inférieures à 0,20). Il s'agit du Canard colvert, du Grand cormoran, et de l'Echasse blanche. Par conséquent, la croissance démographique de ces oiseaux (qui ont des valeurs de chevauchement faible) peut être moins influencée par la compétition interspécifique. Malheureusement, les espèces menacées comme le Fuligule Nyroca et l'Erismature à tête blanche dont les niches se chevauchent dans une large mesure (recouvrement de niche moyen plus élevé entre toutes les paires d'espèces 0,65) sont les plus affectées par une compétition interspécifique plus au moins intense (Tableau 12).

Tableau 12: Chevauchements des niches entre les différentes espèces d'oiseaux aquatique dans le Lac Tonga (un cycle hivernal)

	FLC	SRH	FLL	FLR	CNF	ETB	CNS	CNP	FLN	GRC	GRH
	PEL										
FLC		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
SRH	0,99		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
FLL	0,99	0,99		1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00
FLR	0,99	0,99	1,00		1,00	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00
CNF	0,99	0,99	1,00	1,00		1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	1,00
ETB	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00		0,99	1,00	0,99	1,00	1,00
CNS	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99		0,99	0,99	0,99	0,99
CNP	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99		0,99	1,00	1,00
FLN	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99		0,99	0,99
GRC	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99		1,00
GRH	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,99	1,00	
EBL	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
IBF	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
PLS	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
PLE	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
VNH	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
MOR	0,48	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
AGG	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
HRC	0,70	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,70	0,69	0,69
GRA	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
GOR	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
CNC	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
GRC	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
HGB	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

PEL : plage d'eau libre ; **VAS** : vasière ; **VF** : végétation flottante ;

VE : végétation émergente ; **TNC** : terre non cultivée ; **PI** : prairie inondable

Suite tableau 12

	EBL	IBF	PLS	PLE	VNH	MOR
	PI, VAS, PEL et VF					
FLC	0,01	0,09	0,06	0,82	0,01	0,48
SRH	0,02	0,09	0,06	0,82	0,02	0,48
FLL	0,00	0,07	0,05	0,81	0,00	0,46
FLR	0,00	0,07	0,05	0,81	0,00	0,46
CNF	0,00	0,07	0,05	0,81	0,00	0,46
ETB	0,00	0,07	0,05	0,81	0,00	0,46
CNS	0,02	0,07	0,05	0,81	0,02	0,46
CNP	0,00	0,07	0,05	0,81	0,00	0,46
FLN	0,00	0,07	0,05	0,81	0,00	0,46
GRC	0,00	0,07	0,05	0,81	0,00	0,46
GRH	0,00	0,07	0,05	0,81	0,00	0,46
EBL		0,87	0,95	0,49	0,89	0,85
IBF	0,87		0,70	0,42	0,64	0,67
PLS	0,95	0,70		0,58	0,93	0,86
PLE	0,49	0,42	0,58		0,49	0,84
VNH	0,89	0,64	0,93	0,49		0,83
MOR	0,85	0,67	0,86	0,84	0,83	
AGG	0,08	0,15	0,14	0,85	0,16	0,50
HRC	0,01	0,07	0,11	0,73	0,02	0,34
GRA	0,06	0,11	0,14	0,84	0,15	0,46
GOR	0,01	0,07	0,05	0,62	0,23	0,37
CNC	0,00	0,01	0,01	0,01	0,32	0,04
GRC	0,00	0,01	0,01	0,08	0,32	0,05
HGB	0,03	0,08	0,09	0,15	0,03	0,02

Suite tableau 12

	AGG	HRC	GRA	GOR	CNC	GRC	HGB	Moyenne
	PEL, VF, VE TNC			PEL, VF, VAS			TNC	
FLC	0,94	0,70	0,88	0,75	0,10	0,10	0,04	0,65
SRH	0,94	0,69	0,88	0,75	0,10	0,10	0,04	0,65
FLL	0,94	0,69	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,64
FLR	0,94	0,69	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,65
CNF	0,94	0,69	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,65
ETB	0,94	0,69	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,65
CNS	0,94	0,69	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,64
CNP	0,94	0,69	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,64
FLN	0,94	0,70	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,64
GRC	0,94	0,69	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,65
GRH	0,94	0,69	0,87	0,75	0,10	0,10	0,04	0,65
EBL	0,08	0,01	0,06	0,01	0,00	0,00	0,03	0,19
IBF	0,15	0,07	0,11	0,07	0,01	0,01	0,08	0,20
PLS	0,14	0,11	0,14	0,05	0,01	0,01	0,09	0,22
PLE	0,85	0,73	0,84	0,62	0,01	0,08	0,15	0,65
VNH	0,16	0,02	0,15	0,23	0,32	0,32	0,03	0,22
MOR	0,50	0,34	0,46	0,37	0,04	0,05	0,02	0,47
AGG		0,70	0,96	0,89	0,37	0,37	0,10	0,68
HRC	0,70		0,89	0,52	0,07	0,07	0,03	0,48
GRA	0,96	0,89		0,83	0,35	0,35	0,08	0,64
GOR	0,89	0,52	0,83		0,73	0,73	0,03	0,58
CNC	0,37	0,07	0,35	0,73		0,99	0,00	0,17
GRC	0,37	0,07	0,35	0,73	0,99		0,00	0,18
HGB	0,10	0,03	0,08	0,03	0,00	0,00		0,05

II-Discussion

1- Analyse globale de la structure du peuplement avien actuel du Lac Tonga

Bien que d'une superficie relativement restreinte (2700 hectare au maximal) et situé dans une région de l'Algérie qui subit une importante pressions d'activités humaines rurales et touristiques, le Lac Tonga conserve une très grande valeur écologique en particulier grâce à la qualité du peuplement d'oiseaux d'eau qu'elle accueille en périodes de migration post et pré nuptiales, durant la période hivernale mais aussi en période de nidification. L'analyse globale de l'avifaune aquatique durant deux cycles annuels complets montre que plus de la moitié des espèces d'oiseaux d'eau décrites dans les zones humides algériennes [99 espèces identifiées par SAMRAOUI et SAMRAOUI (2008) et 97 espèces par SAMRAOUI *et al.* (2011)] sont observées au niveau de cette zone humide. Ainsi, nous pouvons conclure qu'après une trentaine d'année de statut de conservation (site Ramsar depuis 1983) et un nombre plus au moins important de décrets nationaux et internationaux (ANONYME, 1998), le Lac Tonga conserve jusqu'à l'heure actuelle sa valeur ornithologique aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale. Cette grande qualité est démontrée par la présence d'un bon nombre d'espèces hivernantes et résidentes ayant un statut de menace défavorable à l'échelle internationale et qui sont hébergées par le site. Les catégories «Vulnérable », « quasi menacées » et « En danger » concernent 5 espèces.

La grande valeur du site est également attestée par sa richesse en espèces d'oiseaux d'eau nicheurs, avec un record national de 19 espèces observées régulièrement en période de reproduction. Voire même l'unique site de reproduction pour certain espèces à travers le pays tel le Guifette moustac (Bakaria *et al.*, 2002, 2009). En outre, le site accueil encore la colonie multi-spécifique (d'Ardéidés et d'Ibis falcinelle) la plus importante et la plus ancienne en Afrique du Nord (Belhadj *et al.*, 2007b).

Il est important de mentionner ici le nouveau statut phénologique (statut de migration) de certaines espèces dans ce site, en comparaison avec les études antérieurs sur les oiseaux d'eau dans les zones humide de l'Est algérien (SKINNER et SMART 1984 ; STEVENSON *et al.*, 1988 ; SAMRAOUI et SAMRAOUI, 2008 ; SAMRAOUI *et al.*, 2011):

- ✓ Le **Canard colvert**, l'**Echasse blanche**, l'**Héron cendré**, la **Grande aigrette** et le **Busard des roseaux** ont été observées régulièrement durant les deux saisons de **reproduction** dans le site souvent avec des activités qui indiquent un état de **nidification**, nous citons : l'agressivité (interactions intra et interspécifiques)

transport de matériaux (supposons la construction des nids) voire même observation des jeunes pour le Busard des roseaux (observations personnelles). Ce qui leurs donnent un statut d'espèces **nicheuses** dans le Lac Tonga qui n'est pas auparavant mentionné.

- ✓ Aussi la **Sarcelle marbrée** et le **Fuligule milouin** ont été observés seulement pendant les saisons **d'hivernage** durant notre étude alors que leur présence en période de **reproduction** a été confirmée par SKINNER et SMART (1984) ; STEVENSON *et al.* (1988).

Les communautés d'oiseaux du Lac Tonga changent avec les saisons. La période hivernale est celle où l'on retrouve les plus grands regroupements d'oiseaux. Cette période se caractérise par l'arrivée des grandes masses d'oiseaux migrateurs, donc la période où la diversité spécifique est aussi la plus grande. Il s'agit ici des Canards, des Foulques et des Limicoles. Cette capacité d'accueil est principalement favorisée par l'abondance et l'hétérogénéité de la végétation existante, à savoir près de 80% de la superficie du lac est couverte par des associations de plusieurs plantes aquatiques (submergées, flottantes ou émergentes), tels que *Oryza sativa*, *Echinochloa sp.*, *Scirpus maritimus* et *Potamogeton pusillus* (LAZLI *et a.*, 2011; BOUMEZBEUR, 1993) qui sont la principale source de nourriture et constitue un élément majeur de l'habitat de cette avifaune aquatique (BROCHET *et.*, *al* 2012).

En outre, cette période montre des fluctuations temporelles importantes dans la composition du peuplement d'oiseaux d'eau (abondance totale et richesse spécifique) en comparaison avec d'autres mois de l'année. Cela peut être expliqué par la grande mobilité des oiseaux dans cette période en réponse soit à un stress environnemental (par exemple, le climat, les changements dans les niveaux d'eau et des ressources alimentaires), soit à d'autres facteurs tel que la phénologie des oiseaux et les différences entre les dates d'arrivée et de départ des individus (KERSHAW et CRANSWICK, 2003; CARVALHO *et al.*, 2013).

Dans l'autre côté, la période estivale est celle où l'on retrouve les plus faibles regroupements d'oiseaux. Cette période est caractérisée par le retour de tous les oiseaux migrateurs hivernants vers leurs quartiers de nidification notamment, le Paléarctique Occidental et même les région sub-saharienne (SAMRAOUI *et al.*, 2011). De ce fait, le lac est devenu pratiquement vide, seul les sédentaires et certains estivants et/ou nicheurs

migrateurs sont uniquement observés durant cette période. En générale, le peuplement estival d'oiseaux se caractérise par les espèces suivantes : Les Hérons (l'Aigrette garzette, le Crabier chevelu, le Héron garde-bœuf et l'Héron cendré); l'Ibise falcinelle; les Grèbes (le Grèbe castagneux et le Grèbe huppé) et la Poule d'eau.

La végétation dense et la production riche des plantes aquatiques (submergées, flottantes ou émergentes) créent des conditions propices à la nidification de ces oiseaux, chacun d'entre eux niche dans les formations à végétation de grandes tailles notamment les formation à scirpe lacustre, à massette et à phragmite commun qui couvrent plus de 30% de la zone d'étude, leurs fournissant ainsi une couverture et un abri contre toute sorte de danger (prédation ou dérangement anthropique) (BELHADJ *et al.*, 2007b; NEDJAH *et al.*, 2010; SAMRAOUI *et al.*, 2013; ROUIBI *et al.*, 2013).

De point de vue structure écologique, l'analyse de l'abondance relative, de l'indice d'équitabilité et de l'indice de diversité de Shannon nous a permis de conclure que la communauté d'oiseaux hivernale et celle estivale montrent des niveaux de similitude très élevés. Les deux sont caractérisées par des valeurs faibles des indices de diversité (Shannon et équitabilité), ce qui traduit un partage inégal du nombre d'individu entre les espèces. L'espèce la plus abondante dans les deux périodes (hivernale et estivale) est la Foulque macroule, une espèce monogame, très grégaires dans ces aires d'hivernage et très territorial pendant la saison de reproduction (ZITOUNI, 2014). En outre, son expansion est principalement due à leur caractère sociable vis-à-vis des activités humaines. Généralement, il est admet que les populations de cette espèce sont beaucoup plus vulnérables aux fluctuations des ressources alimentaires qu'à la proximité des constructions humaines (KAMBUROVA et MICHEV, 2003). En effet, cet oiseau est très observé sur les lieux, et que sa détection est très fréquente lors des campagnes de recensements dans toutes les catégories d'habitat (d'eau libre, zone de végétation, zone littorale et la zone riveraine) et observé souvent agressif contre d'autres espèces pour la concurrence des ressources alimentaires (observations personnelles).

Pour concrétiser et évaluer le degré d'intégrité de cet écosystème, il est intéressant de comparer les niveaux de diversité (structure et non nombre d'espèces) montrés lors de cette étude avec ceux obtenues dans d'autres zones humides similaires du Nord-est algérien. La plus part des données trouvées concerne seulement la période d'hivernage. Pendant cette période la diversité avienne dans le Lac Tonga semble un peu réduite. Les

valeurs des indices (Shannon et équitabilité) obtenus au cours de cette étude sont très faibles par rapport à ceux enregistrés dans : Garaet Hadj-Tahar ($H' = 3,5$ et $E = 0,7$) (METALLAOUI et HOUHAMDI, 2010) wilaya de Skikda ; le lac Beni-Belaid ($H' = 3,58$ et $E = 0,7$) et le marais d'El-Kennar ($H' = 3,5$ et $E = 0,7$) (MAYACHE, 2008) wilaya de Jijel.

La répartition numérique des individus par espèce dans un écosystème est souvent décrite dans la littérature écologique. On la représente généralement par un graphique sur lequel on porte en abscisses les rangs des espèces classées par ordre d'abondance décroissante, et en ordonnées les fréquences absolues ou relatives dans la collection examinée (FRONTIER, 1976). On obtient de cette façon des courbes d'allures variées, qui donnent une image synthétique et fournissent des informations sur la structure d'un peuplement plus complète qu'un simple indice de diversité. (BATTISTI, MALAVASI et CARPANETO, 2009; BATTISTI, LUISELLI et LORENZETTI, 2009). C'est la variation de l'abondance relative, la richesse spécifique et l'équitabilité au sein d'une communauté (d'oiseaux aquatique dans notre cas) qui traduit les changements de l'allure des graphes obtenues par cette méthode (BATTISTI MALAVASI et CARPANETO, 2009; BATTISTI, LUISELLI et LORENZETTI, 2009). En bref, les courbes avec une pente à faible inclinaison indiquent une forte équitabilité et une diversité plus élevée en comparaison avec les courbes d'une pente plus raide (MAGURRAN, 2004).

Dans notre cas et durant deux cycles annuels complets (2012/2013 et 2013/2014), toutes les courbes issues des données collectées sur l'ensemble des saisons montrent une pente plus raide mettant ainsi en évidence une situation atypique d'organisation structurale du peuplement avien du Lac Tonga. Ce peuplement est caractérisé par:

- Un très petit nombre d'espèce dominante (1 ou 2), espèces de premier rang 1 dans les DRF. Il s'agit ici de la Foulque macroule;
- Un nombre plus au moins modérée d'espèces régulières peu abondantes (fréquences intermédiaires). Il s'agit des deux Gerbes, un Canard (Canard chipeau) et le Héron garde-bœuf
- Une grande majorité d'espèces rares (< 1% de l'effectif total).

Selon FRONTIER (1976); BATTISTI et *al.*, 2009_{a,b} ce patron d'organisation d'une communauté aviaire (ou n'importe quel être vivant) indique que l'écosystème souffre d'un

stress naturel (environnemental) ou anthropique, ou encore il arrive à un stade de vieillissement avancé. En plus, il est admis que les écosystèmes perturbés (exemple : soufre d'un phénomène d'eutrophisation, de pollution des stress salines et hydrique,,etc) sont principalement dominés par un nombre faible d'espèces, certains d'entre eux déclenchent un fort pouvoir d'expansion et tendent à monopoliser le site au détriment des autres habitants.

Par contre, les écosystèmes soi-disant sains, absence de perturbations naturelles ou anthropiques, montrent une organisation plus au moins équilibrée du peuplement, dont le partage des nombres d'individus entre les différentes espèces est plus au moins équilibré (FRONTIER, 1976; MAGURRAN, 2004; BATTISTILI *et al.*, 2009).

Notre prospection du terrain durant deux cycles annuels complets nous a permis d'identifier certaines activités causales de perturbations majeures au cœur du peuplement avien qui utilise le Lac Tonga. Nous pouvons citer :

- La chasse illégale même durant les périodes critiques de la vie des oiseaux aquatiques, où nous avons entendu deux à six coups de fusils durant chaque sortie sauf pendant les mois de décembre et de janvier et nous pensons que c'est à cause des conditions climatiques non convenables à la chasse (Figure 35)

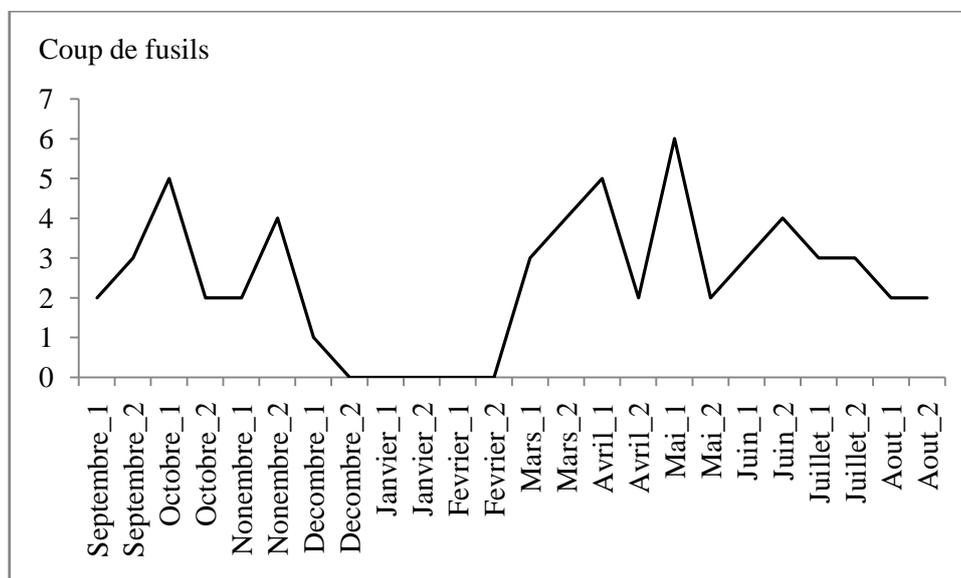


Figure 35 : Fréquences des coups de fusils entendus durant chaque sortie pendant la période d'étude au niveau du lac Tonga

- La pêche extensive aléatoire et non contrôlée
- Eutrophisation due aux activités agricoles et domestiques limitrophes

- Activités anthropiques, constructions des maisons, élevage de bétail non contrôlée et des activités d'aménagement surtout au niveau de la partie septentrional du lac (Figure 36).



Figure 36 : Répartition des activités anthropiques : constructions et aménagements (cercles) et agricoles (couleur verte) observées durant la période d'étude (2012/2014)

2- Stratégies d'exploitation du Lac Tonga par le peuplement avien au cours de la période hivernal

La saison d'hivernage est une période critique dans le cycle annuel des oiseaux d'eau, car des ressources énergétiques suffisantes sont essentielles à la préparation de leur migration, leur reproduction et leur survie (BOTH et *al.*, 2010). À l'heure actuelle, un grand nombre d'oiseaux migrateurs comme les Canards, les Limicoles et les Foulques hivernent dans la zone d'étude. Les rassemblements massifs associés à l'insuffisance de nourriture et de l'espace, conduisent à maximiser la compétition interspécifique au sein de la communauté des oiseaux aquatiques. La collecte des données sur les stratégies d'utilisation des habitats permet d'établir le patron de fréquentation des différentes espèces aviaires au cœur du territoire du Lac Tonga et d'identifier les endroits d'importance qui pourront faire l'objet de mesures de gestion particulières ou d'observations plus détaillées afin de mieux intervenir en cas d'accident environnemental.

Dans cette optique, l'analyse des données sur les bilans d'activité diurne et l'utilisation des différentes catégories d'habitat au cœur de cette zone humide par les espèces d'oiseaux d'eau régulièrement observées sur un cycle hivernal, nous a permis de ressortir des constatations intéressantes sur le rôle joué par ce site et ces différents compartiments dans l'accueil d'une avifaune aussi importante et diversifiée :

- **L'alimentation et la recherche de la nourriture**

Durant la saison hivernale, plus de la moitié des espèces d'oiseau d'eau ont consacré la majeure partie de leur temps diurne aux activités d'alimentation. La connaissance de la stratégie principale d'alimentation de chaque espèce permet de regrouper les espèces observées en trois (3) catégories selon leur emplacement préférable au niveau des différents compartiments du Lac Tonga :

La première catégorie comprend des espèces mono-spécifiques (grande préférence à un seul type d'habitat). Il s'agit des espèces dites généralistes des eaux peu profondes (les plages d'eau libres) et des espèces omnivores, tels que les Rallidés, les Grèbes, certains Lardés et l'ensemble des Canards (Canards de surface et plongeurs). La grande productivité de ces endroits est la principale caractéristique d'attractivité pour ce grand nombre d'espèces qui bénéficient principalement de la biomasse végétale élevée fournie par cet écosystème eutrophique. Il est intéressant à noter ici que la majeure partie de cet espace est une eau peu profonde, la profondeur moyenne dans certains points centraux est 0,5 m fournissant ainsi une grande richesse de matière organique et un vaste support pour les plantes submergées et émergentes (Raachi, 2007). En effet, entre 70% et 100% des individus observés de ces oiseaux ont utilisé la plage d'eau libre comme lieux d'alimentation (Figure 37). Sur ces espaces les oiseaux sont observés rassembler des plantes aquatiques émergentes, submergées ou flottantes et attraper d'autres aliments sur la surface de l'eau pendant qu'ils nagent. Les végétaux les plus utilisés sont les : *Potamogetonaceae* comme *Potamogeton lucens*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Typhaceae* et *Haloragaceae* comme le *Myriophyllum spicatum* (BAKARIA et al., 2002 et observations personnelles). A l'exception des Rallidés, les espèces de cette catégorie sont rarement observées à la recherche de la nourriture dans les zones riveraines (prairies inondées) (moins de 3% de l'observation totale). Ces compartiments du Lac Tonga sont caractérisés par des terrains recouverts par des Graminées, des fourrages et de certains macrophytes comme *Phragmites australis*; *Typha angustifolia* et *Scirpus lacustris* (Figure 38).

Aussi, ces espèces évitent carrément les formations à végétation émergente. Il est admis que, les couvertures de végétation dense, limitent potentiellement les mouvements et l'efficacité d'alimentation de certaines espèces notamment les Canards, ces suggestions ont également été rapportées par VAN REES-SIEWERT ; DINSMORE (1996), KING et WRUBLESKI (1998) ; BENOIT et ASKINS (1999).

Les Limicoles sont aussi des espèces mono-spécifiques, elles utilisent exclusivement les prairies inondées pour l'alimentation et la recherche de la nourriture (92% de l'observation totale). Plusieurs études ont suggéré que les prairies et les plaines inondables fournissent un habitat riche pour une grande variété d'oiseaux aquatiques, tels les Limicoles les grands et les petits échassiers et les Ibises pendant la saison d'hivernage (BRAZNER, *et al.*, 2015). Au cours de cette période de l'année, en particulier pendant et après les inondations périodiques du site, ces habitats fournissent un terrain d'alimentation par excellent pour ces oiseaux. On les observe souvent consommant de petits invertébrés prélevés dans les prairies, les vasières ou les sols exposés, La plupart des effectifs de ces espèces ont diminué de façon significative au cours des dernières années et sont désormais classées comme «préoccupantes pour la conservation» (BATTISTI *et al.*, 2015).

Malheureusement, les espèces spécialistes (largeurs des niches plus étroites) tendent à être plus affectées par les fluctuations des ressources (habitat) et par les interactions compétitives (JAKSIC et MEDEL, 1990; BORGES, 2008; BIRAND *et al.*, 2012 et PEREZ-CRESPO *et al.*, 2013). Dans notre étude la communauté des oiseaux d'eau qui hivernent dans cette zone humide a montré que les Foulques et les Grèbes (qui représente toujours plus de 50% du peuplement) sont les espèces les plus répandues, leur succès interspécifique dans la concurrence pour la nourriture et de l'espace, menant à la réduction de la survie et le recrutement de plus d'espèces, en particulier ceux qui ont des besoins d'habitat similaires comme les Canards plongeurs et barboteurs qui sont parmi les habitants les plus sensibles de ces écosystèmes et sont très importants pour la gestion et les efforts de conservation (ARZEL et ELEMBERG, 2004).

La deuxième catégorie d'espèces comprend des espèces relativement plurispécifiques (exploite au moins deux catégories d'habitat). Il s'agit de trois espèces de Héron (l'Aigrette garzette, le Héron garde-bœuf et le Héron cendré) et deux autres espèces, la Poule sultane et l'Ibis falcinelle. L'ensemble de ces espèces se nourrissent dans différents types d'habitats mais avec des proportions différentes (Figure 38).

Les Hérons ont principalement utilisé la plage d'eau libre et dégagée (31,25%), en particulier les eaux peu profondes [La profondeur moyenne du lac dans certains points centraux est de 0,5 m (RAACHI, 2007)] où ils sont fréquemment observé chasser soit à l'affût, soit en se déplaçant à la recherche des proies (observations personnelles), suivi par les terres non cultivées (26,56%) qui sont principalement utilisées par le Héron garde-bœuf et enfin les prairies inondées (24,21%). Les endroits riches en végétation émergente peuvent être aussi utilisés par les Hérons (avec des faibles fréquences). Cela peut être expliqué par les diverses ressources alimentaires qui se trouvent dans la végétation émergente (par exemple, les amphibiens, les poissons et les invertébrés aquatiques). En outre, il est bien connu que les Aigrettes choisissent délibérément la végétation émergente avec de l'eau peu profonde dans la recherche d'aliment (RAJPAR et ZAKARIA, 2011).

À titre de comparaison, les Hérons de ce Lac n'ont jamais été observés se nourrissant dans les vasières (0%). Ce dernier pourcentage est beaucoup plus faible par rapport aux observations faites par VASILIOS (2010) (18,8%) dans le golfe Saronikos, à l'ouest d'Attiki, en Grèce. Cela peut être expliqué par les différences entre les caractéristiques de l'habitat et les degrés de perturbations au niveau des rivages.

À mentionner aussi que, les Hérons ont présentés un modèle différent de l'utilisation d'habitat par rapport aux autres espèces. En général, ils ont été observés dans plusieurs catégories d'habitats, ayant ainsi une importante largeur de niche et des chevauchements faibles. La capacité de ces guildes d'exploiter des ressources dans plusieurs habitats du lac a permis leur ségrégation, ce qui a diminué les interactions potentielles inter et intra-spécifiques. Les terres cultivées et non cultivées ont été exclusivement fréquentées par le Héron garde-bœuf. Cet oiseau est observé uniquement pendant la recherche de nourriture dans ces habitats et le plus souvent associé aux troupeaux de bovins.

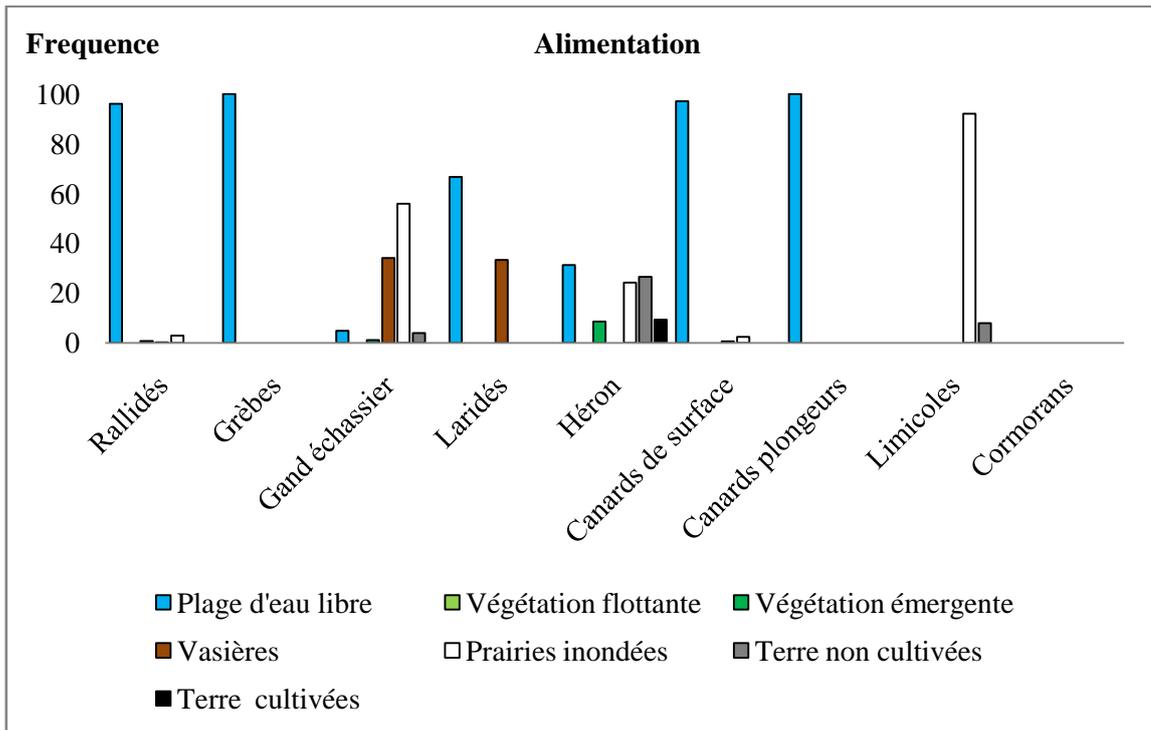


Figure 37 : Pourcentages d’utilisation aux activités d’alimentation des sept catégories d’habitat du lac Tonga par les différents groupes d’espèces en période d’hivernage 2014/2015



Figure 38 : Aigrette garzette, Canard chipeau et Ibis falcinelle (jeunes) bénéficient de certains micro-habitats offerts par le Lac Tonga (Photos prises le 09/10/2014 par Elafri Ali)

• **Le sommeil**

C'est l'activité principale des quatre Canards plongeurs, parmi lesquels le Fuligule nyroca et l'Erismature à tête blanche deux espèce rare et en danger. Ces oiseaux somnolent exclusivement dans les plages d'eau libre principalement dans des endroits loin du littoral du Lac, ce qui est peut-être en relation avec le niveau élevé de sensibilité à la perturbation de ces espèces (MEZIANE et al., 2014; AISSAOUI et al., 2009). Aussi, la plus part des espèces d'oiseaux sont observées pendant leur sommeil dans cette catégorie d'habitat, à l'exception des Limicoles qui ne somnole que dans les prairies inondées (Figure 39).

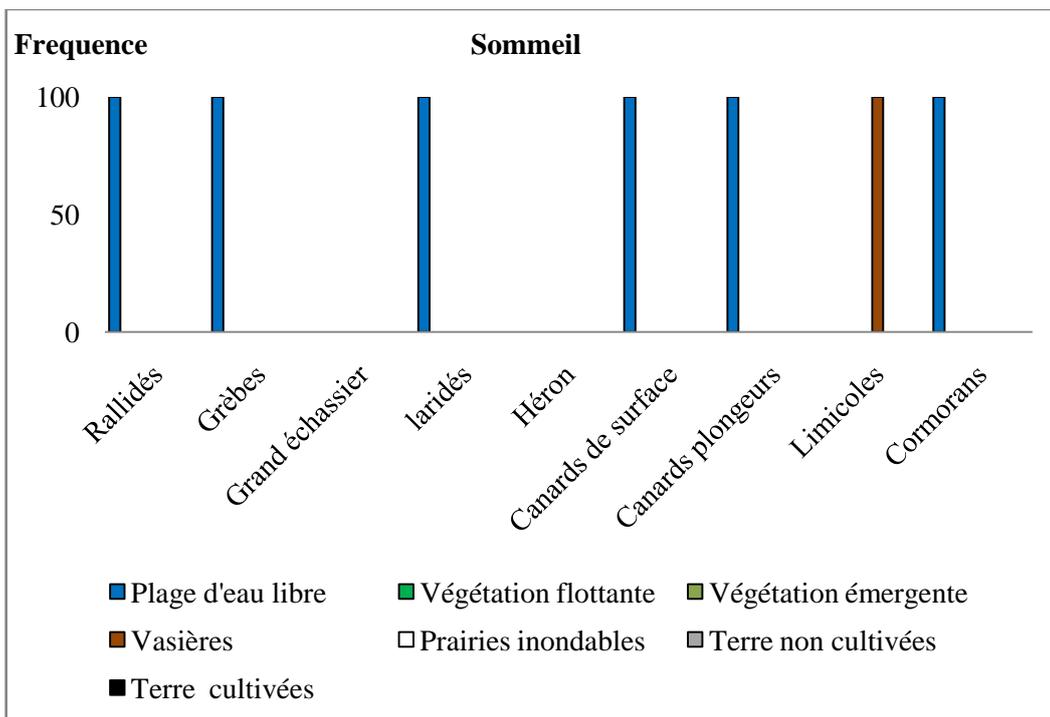


Figure 39 : Pourcentages d'utilisation aux activités de sommeil des sept catégories d'habitat du lac Tonga par les différents groupes d'espèces en période d'hivernage 2014/2015

- **La nage**

C'est l'activité principale des Grèbes qui sont les espèces les plus dynamiques dans ce site pendant l'hiver. Pour ces oiseaux, la nage est souvent utilisée comme comportement pour rechercher des ressources alimentaires sous ou sur les surfaces d'eau libre (Figure 40) (autres exemples voir ULENAERS et *al.*, 1992, FOX, 1994).

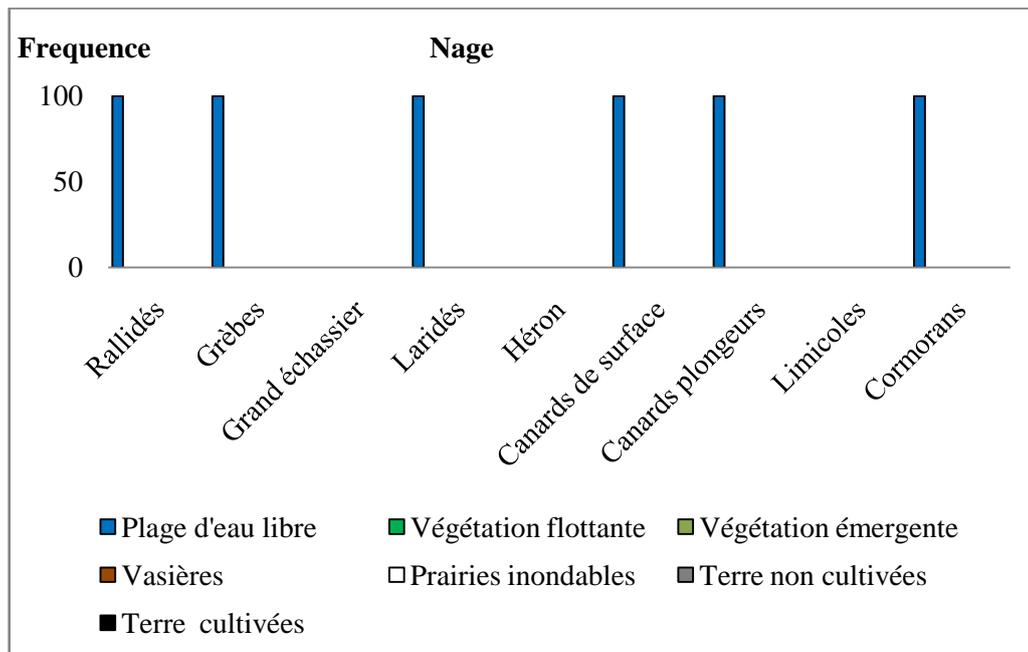


Figure 40 : Pourcentages d'utilisation aux activités de nage des sept catégories d'habitat du lac Tonga par les différents groupes d'espèces en période d'hivernage 2014/2015

- **Repos et toilette**

Cette zone humide est considérée comme un endroit de remise par excellence pour les Grands cormorans et pour les Hérons puisqu'ils passent la majeure partie de la journée à se reposer principalement sur les formations à végétations à feuilles flottantes qui sont des petits îlots dispatchés au milieu du lac dominés par des plantes vasculaires submergées et flottantes, représentées principalement par le Nénuphar blanc *Nymphaea alba* (voir aussi LEKUONA, 2002). Les Canards plongeurs, les Grèbes et les Rallidés se reposent principalement dans les plages d'eau libre avec des proportions élevées plus de 85% respectivement (Figure 41).

Les Limicoles et les Laridés préfèrent de se reposer dans les prairies inondées avec des proportions plus de 75% (Figure 41). Concernant les canards de surface, ils ont affiché une diversité encore plus grande dans l'utilisation des différentes catégories d'habitat dans les activités de confort principalement, les plage d'eau libre (50%), les prairies inondables (22%), les vasières (21%), la végétation émergente (4%) et les formation de végétation à feuilles flottantes (3%) (Figure 41).

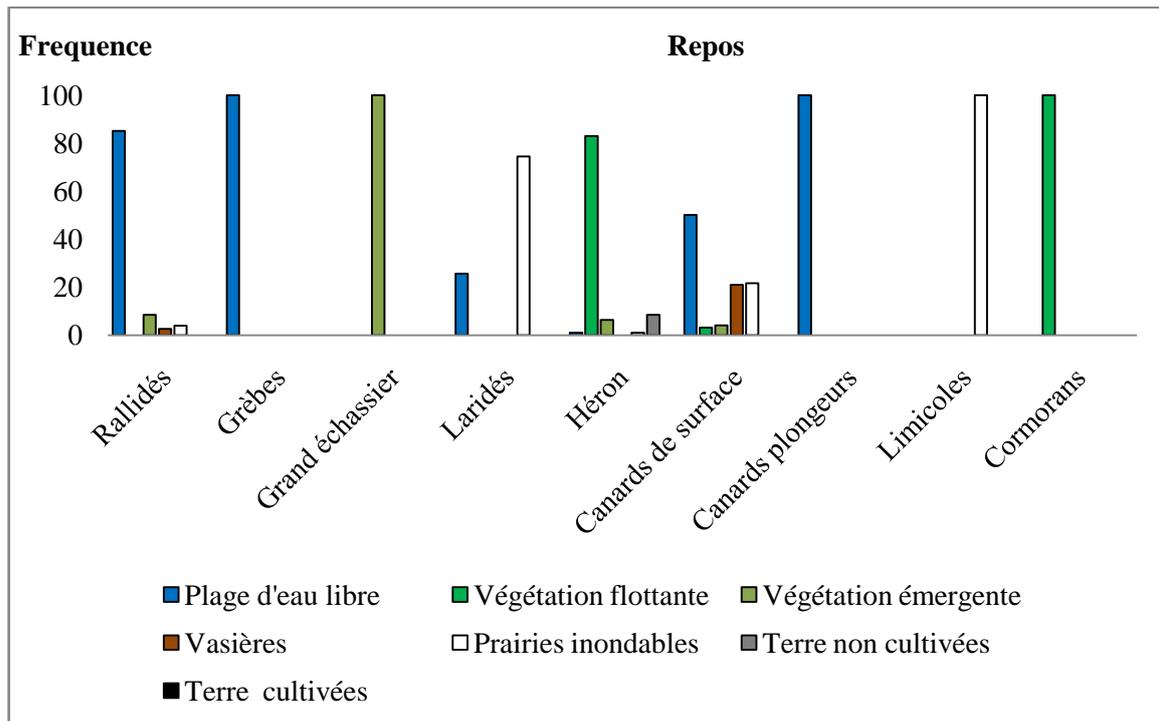


Figure 41 : Pourcentages d'utilisation aux activités de repos des sept catégories d'habitat du lac Tonga par les différents groupes d'espèces en période d'hivernage 2014/2015

Pour le reste des activités, le vol, la vigilance et les interactions sociales telles que les agressions inter et intra-spécifiques ont occupé une partie mineure du temps diurne des oiseaux d'eau. En général, le vol et la vigilance apparaissent en raison de nombreux facteurs de perturbation et dérangement:

- Naturels : comme les attaques et les vols du Busard de roseau *Circus aeruginosus* ou du comportement antagoniste chez divers individus (antagonisme intra-spécifique ou inter-spécifique) ;
- Les perturbations anthropiques telles que l'agriculture, la pêche, la construction et aussi la chasse illégale (AISSAOUI, 2009).

Aussi, il est à noter que les premiers nicheurs dans le site sont les Grèbes (le Grèbe huppé et le Grèbe castagneux) et la Foulque macroule (RIZI *et al.*, 1999 et ROUIBI *et al.*, 2013) ce qui explique certainement leur exhibition précoce des comportements nuptiaux (créées, parades et accouplements) pendant la fin de l'hiver.

Cependant, dans notre étude, nous ne pouvons que tirer des conclusions sur les budgets d'activité diurne des espèces car l'utilisation de l'habitat peut être très différente la nuit (voir GREEN, 1998). Les budgets de temps basés uniquement sur des observations diurnes sont sous-estimés et non précisés (FASOLA et CANOVA, 1993).

En ce qui concerne l'évolution des activités et les différences entre les deux regroupements d'oiseaux aquatiques (sédentaires et migrateurs). On note que l'alimentation est l'activité la plus abondante chez les espèces sédentaires, tels que les Hérons et les Rallidés durant toute la journée et sur l'ensemble de la période d'hivernale. Toutes ces espèces se reproduisent entre le printemps et le début de l'été dans notre zone d'étude (BAKARIA *et al.*, 2002; BELHADJ *et al.*, 2007; NEDJAH *et al.*, 2010) pour cela, l'hiver correspond à leur période de mue. A cause de la demande énergétique accrue et à d'autres exigences physiologiques dans cette période (DÖPFNER, 2009), ils ont consacré une partie importante (plus que la moitié) de leur temps du jour aux activités d'alimentation. Par contre, les espèces migratrices, tels que les Canards plongeurs et barboteurs et les Lardés (goélands) consacrent peu de temps à l'alimentation, ils ont partagé leur temps diurne à part égale entre les quatre activités majeures. Les recherches antérieures (par exemple, FASOLA et CANOVA, 1993) indiquent que les Canards pendant la période d'hivernage se nourrissent presque exclusivement dans la nuit. Les budgets d'activités migratrices sont affectés durant les deux phases de la période d'hivernage. Le sommeil est plus élevé au début de l'hiver qui correspond aux dates de l'arrivée des migrateurs; en relation avec la distance parcourue (voie de migration traversée), ce groupe d'oiseau passe plus beaucoup du temps de la journée en sommeil par rapport aux autres activités (NEWTON et BROCKIE, 2008).

En globale, cette zone humide naturelle permet aux oiseaux d'eau d'exercer toutes leurs activités principales avec des perturbations naturelles et des dérangements humaines limitées. Elle constitue un important site de gagnage (alimentation) pour la plupart des espèces (Hérons, Rallidés, Canards barboteurs et autres oiseaux échassiers) et elle est une excellente zone de remise diurne (repos et dortoir ainsi que toutes autres activités de confort) particulièrement pour les oiseaux aquatiques coloniaux (Grand cormoran et Goélands) et certains Canards plongeurs, notamment le Fuligule nyroca et l'Erismature à tête blanche.

L'existence de nombreux types d'habitats a favorisé l'utilisation de cette zone humide naturelle par un nombre élevé d'oiseaux aquatiques. Bien que les variations interspécifiques de l'utilisation des différentes catégories d'habitat soient considérables, trois types d'habitat sont les plus utilisés par presque toutes les espèces, il s'agit des plages d'eau libre, des vasières et des prairies inondées. En revanche, la végétation à feuilles flottantes et la végétation émergente [*Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia*, *Nymphaea alba*, *Salix atrocinnerea* et *Phragmites australis* (BOUMEZBEUR, 1993)], qui couvre environ 80% de la superficie du lac, sont surtout préférées dans les activités de confort par les Grands cormorans et les Hérons. De plus, certains d'autres caractéristiques importantes à l'attraction des oiseaux aquatiques peuvent être cités :

- ✓ une superficie relativement importante, environ 2 700 ha ;
- ✓ une profondeur relative ;
- ✓ elle est proche de la mer et d'autres zones humides;
- ✓ accessibilité difficile pour les humains et les prédateurs, offre un excellent refuge.

Conclusion et perspectives régionales

Cette étude, qui s'est étendue sur deux cycles annuels complets a permis d'évaluer l'état actuel du Lac Tonga après une trentaine d'années de mise en protection (site Ramsar depuis 1983). Ce site conserve une très grande valeur écologique, en particulier grâce à la qualité du peuplement d'oiseaux d'eau qu'il accueille en périodes de migration post et pré nuptiales, durant la période hivernale mais aussi en période de nidification. L'intérêt de ce site pour l'observation des oiseaux est bien connu des ornithologues, et la présente étude le confirme. L'étude nous a permis de mieux comprendre la répartition et l'abondance saisonnière des espèces, et de mettre en évidence la complexité du schéma d'utilisation des ressources du Lac et les habitats privilégiés par les diverses espèces d'oiseaux d'eau notamment au cours de la période d'hivernage. En effet, le site apparaît comme un excellent quartier d'hivernage pour l'ensemble des oiseaux, car elle leur permet d'exercer toutes leurs activités majeures avec des perturbations naturelles et des dérangements humaines limitées. Ainsi, il constitue une importante zone de gagnage pour les Hérons, les Rallidés et les Canards barboteurs, et un habitat de remise diurnes (y compris le sommeil et la nage) principalement pour les oiseaux aquatiques coloniaux (Grands cormorans et Goélands) et certains Canards plongeurs, tel le Fuligule nyroca *Aythya nyroca* et l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*.

Le présent travail nous a aussi permis d'identifier l'importance de certains secteurs de même que certains caractéristique environnementales des oiseaux en périodes d'hivernage (fin-été jusqu'à la fin de l'hiver). La plus part des espèces sont mono-spécifiques dans le choix de leur habitat et donc très vulnérables aux variations de l'environnement, en particulier les ressources alimentaires. Une grande variété de types d'habitats pour l'alimentation a été utilisée durant la saison d'hivernage. Trois catégories d'habitat sont les plus exploitées par l'ensemble des espèces, il s'agit des secteurs d'eau libre, des vasières et des prairies inondées. En revanche, la végétation à feuilles flottantes et la végétation émergente tell, *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia*, *Nymphaea alba*, *Salix pedicellata* et *Phragmites australis*, qui couvrent environ 80% de la superficie du plan d'eau, sont surtout préférées pour les activités de confort par les Grand cormorans et les Hérons.

Cependant, il semble que la structure du peuplement avien hivernal et estival montre une situation préoccupante car les valeurs de diversité (Shannon et équitabilité) sont plus faibles en comparaison avec d'autres sites similaires du Nord-est algérien. Le suivi qui a été réalisé sur deux cycles annuels complets nous a permis d'établir un patron général de fréquentation des différentes espèces aviaires au cœur du territoire du Lac Tonga. Plus spécifiquement, la Foulque macroule et les Grèbes (tous les deux souvent représentent un pourcentage voisin de 50% de l'ensemble des individus recensés durant toutes les saisons) constituent le corps de la communauté aviaire. Ils sont accompagnés par les Canards, en particulier les Canards de surface au cours de l'hiver et par les Hérons et quelques Canards plongeurs comme le Fuligule nyroca durant l'été. La dominance d'une espèce au détriment des autres dans un peuplement est synonyme d'une perturbation au sein de l'habitat qui l'abrite. De ce fait, la faible équitabilité enregistrée pourra fragiliser les capacités de cette zone humide face aux changements environnementaux. La baisse des niveaux d'équitabilité du peuplement avien durant deux des cycles annuels mérite d'attirer l'attention des gestionnaires de cet écosystème. Notre étude permet d'identifier des pistes pour des suivis et des recherches ultérieures. Voici quelques questions qui devraient faire l'objet d'une investigation plus importante :

- Examiner les causes et les conséquences de l'expansion de certaines espèces par rapport aux autres sur un laps de temps long (plusieurs années).
- Déterminer les différents facteurs régissant la dynamique des populations d'oiseaux aquatiques qui opèrent à l'échelle du Lac entier, ce qui permettrait de mieux intervenir pour améliorer la richesse en espèces (diversité) à la fois pendant la période de reproduction et de l'hivernage.
- Étudier le régime alimentaire des populations hivernantes comme les Canards et les Foulques et les Grèbes. Ces données permettraient de mieux comprendre les liens trophiques supportant les milliers d'oiseaux hivernant dans les limites du Lac. De là, on pourrait mieux identifier les actions à prendre pour s'assurer de minimiser les effets des activités dans le Lac ou à l'extérieur qui pourraient mettre en danger cet écosystème productif.

Il est très important de noter, que la gestion de certaines espèces indépendamment pourrait réduire la qualité de l'habitat pour d'autres. De ce fait, la gestion des zones humides doit être basée sur les connaissances propres à la région et à l'ensemble du peuplement d'oiseaux d'eau qui l'habitent (ZHIJUN, 2009). Notre étude est une contribution à la connaissance du fonctionnement de cet écosystème sensible, grâce à la qualité du peuplement d'oiseaux d'eau qu'il accueille. Les similitudes sur les exigences comportementales (bilans d'activité diurne) et en matière d'habitat des espèces dérivées de notre région peuvent fournir des éléments de gestion importants et optimaux pour le site et pour l'ensemble du peuplement avien qu'il abrite. Aussi, il a été démontré que le succès reproducteur des oiseaux aquatiques est conditionné par la capacité des individus à pouvoir constituer d'importantes réserves énergétiques et à s'apparier sur les quartiers d'hivernage (TAMISIER et DEHORTER, 1999 ; HOUHAMDI et SAMRAOUI, 2001). Également, la gestion des espaces et des populations d'oiseaux aquatiques doit impérativement prendre en compte la possibilité pour les oiseaux d'avoir des accès aisés à des sites de gagnage à fort potentiel trophique, mais aussi des sites permettant aux oiseaux de se consacrer dans de bonnes conditions aux activités de confort (repos et toilette) et à la recherche d'un partenaire pour la reproduction.

Pour clôturer, nous proposons ici certaines informations nécessaires aux gestionnaires du Parc National d'El Kala pour leur permettre de gérer efficacement et durablement les oiseaux d'eau dans leurs habitats du lac. Il faut noter ici, que les suggestions proposées sont uniquement à propos des exigences de l'avifaune hivernante. Cependant, leur application devra impérativement prendre en compte les caractéristiques des habitats naturels de l'avifaune nicheuse du lac Tonga.

- Elargir la surface d'eau libre, en particulier les endroits peu profonds, par la diminution de la densité des formations à végétation émergente et par le contrôle permanent des régimes hydrologiques, car il est admis que les eaux peu profondes peuvent accueillir plus d'espèces par rapport aux eaux plus profondes (PEREZ-PEREZ-CRESPO et *al.*, 2013). De nombreuses techniques sont souvent utilisées pour cette raison, y compris la coupe, le tondage, le labour et les herbicides chimiques (DUNCAN ET D'HERBES, 1982). Le contrôle de la variation de la profondeur d'eau peut être surveillé en

manipulant le canal artificiel reliant la zone humide à la mer Méditerranée et en surveillant le pompage de l'eau utilisé le plus souvent pour l'agriculture.

- Amélioration de la qualité de l'eau par le contrôle continu de la quantité d'éléments nutritifs (maintien d'une qualité qui permet d'éviter une eutrophisation intense du milieu) et par une surveillance ininterrompue des pratiques agricoles limitrophes (25,32% de la zone humide est consacrée aux activités agricoles).
- Les stratégies promues par les gestionnaires de cette zones humides devront prises en compte l'importance des prairies inondées et les zones vasières comme des secteurs privilégiés pour le regroupement d'un grand nombre des Limicoles pendant l'hivernage et les passes migratoires. Améliorer la qualité de ces habitats permet d'accroître la richesse et la diversité de ce groupe d'oiseaux très sensibles et contribuer ainsi à améliorer la biodiversité totale du lac Tonga.

Références bibliographiques

-A-

- Aissaoui R, Houhamdi M et Samraoui B, 2009. Eco-Éthologie des Fuligules Nyroca *Aythya nyroca* dans le Lac Tonga (Site Ramsar, Parc National d'El-Kala, Nord-Est de l'Algérie). *European Journal of Scientific Research* 28: 47-59.
- Altman J, 1974 - Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- Amigues J.P, Boulatoff C, Desaignes B, Gauthier. C et Keith J.E, 2002. The benefits and costs of riparian analysis habitat preservation: a willingness to accept/willingness to pay contingent valuation approach. *Ecological Economics* 43: 17-31.
- Anonyme, 1998. Projet plan de gestion PNEK. Landscape aménagement Co., Skikda, 200p.
- Arzel C et EleMBERG. J, 2004. Time use, foraging behavior and microhabitat use in a temporary guild of spring-staging dabbling duck. *Ornis Fennica* 81: 157-168.

-B-

- Bakaria F, Benyacoub S, Gauthier-Clerc M et Bañbura J. 2009 - Long-term changes in the size, structure and location of whiskered tern (*Chlidonias hybrid*) Nests in deteriorating environmental conditions of a North African lake. *Polish Journal of Ecology* 57 (4): 749-759.
- Bakaria F, Rizi H, Ziane N, Chabi Y et Banbura J, 2002. Breeding ecology of whiskered terns (*Chlidonias hybrid*) in Algeria, North Africa. *Waterbirds*, 25 (1): 56-62.
- Balla S, 1994. Wetlands of the Swan Coastal Plain, Volume 1. Their nature and management. Water Authority of Western Australia and the Department of Environmental Protection, Australia.
- Barbault R et Celecia J, 1981. The notion of guild: theoretical and methodological aspects. *Ecology of the Chihuahuan Desert* : 19-34.
- Battisti C, Aglitti C, Sorace. A et Trotta. M, 2006. Water level decrease and its effects on the breeding bird community in a remnant wetland in central Italy. *Ekologia (Bratislava)* 25 (3): 252-263.
- Battisti C, Boano A, Cento M, Circosta A et Muratore S, 2015. Waders (Aves, Charadriiformes) in a Mediterranean remnant wetland: a year-round pilot study evidences contrasting patterns in diversity metrics. *Rivista Italiana di Ornitologia - Research in Ornithology* 85:61-66.

- Battisti C, Luiselli L et Lorenzetti E, 2009. Should fragment area reduction be considered a stress for forest bird assemblages? Evidence from diversity/dominance diagrams. *Community ecology* 10 (2): 189–195.
- Battisti C, Malavasi R et Carpaneto G.M, 2009. Breeding and wintering bird assemblages in a Mediterranean wetland: a comparison using a diversity/dominance approach. *Vie et Milieu - Life and Environment* 59 (1): 1-6.
- Beaumais O, Laroutis D, Chakir R, 2008. Conservation versus conversion des zones humides : une analyse comparative appliquée à l'estuaire de la Seine. *Revue d'Économie Régionale et Urbaine* 4 : 565-590.
- Belhadj G.H, Chabi Y, Chalabi B, Yves. K et Gauthier-Clerc. M, 2007a. Le retour de l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* nicheur en Algérie. *Aves* 44 (1): 29–36.
- Belhadj G.H, Chalabi B, Chabi Y, Yves. K et Gauthier-Clerc. M, 2007b. The breeding biology of the Cattle Egret *Bubulcus ibis*, the Little Egret *Egretta garzetta*, the Squacco Heron *Ardeola ralloides*, the Black-Crowned Night Heron *Nycticorax nycticorax*, the Purple Heron *Ardea purpurea* and the Glossy Ibis *Plegadis falcinellus*, at the Lac Tonga, Algeria. *European Journal of Scientific Research* 19 (1): 58-70.
- Benoit L.K et Askins R.A, 1999. Impact of the spread of Phragmites on the distribution of birds in Connecticut tidal marshes. *Wetlands* 19: 194–208.
- Bensaci E; Saheb M; Nouidjem Y ; Bouzegag A et Houhamdi M, 2013. Biodiversité de l'avifaune aquatique des zones humides sahariennes : cas de la dépression d'Oued Righ (Algérie). *Physio-Géo* 7 : 211-222.
- Bibby C.J, Burgess. N.D et Hill. D.A, 2000: Bird Census Techniques. Academic Press, London, 2nd edition.
- Biddau L, 1996. Feeding success and relationships of some speices of waterbirds in the «Valli di Comacchio» (Italy). *Avocetta* 20: 138-143.
- Birand A, Vose. A et Gavrilets. S, 2012. Patterns of Species Ranges, Speciation, and Extinction. *The American Naturalist* 179 (1).
- Bird Life International 2004. Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status – Bird Life Conservation Series No.12, Bird Life International, Cambridge.
- Bird Life International, 2014. The Bird Life checklist of birds of the world, with conservation status and taxonomic sources. *Version* 7. [Http://www.birdlife.org/datazone/species/taxonomy.html](http://www.birdlife.org/datazone/species/taxonomy.html).

- Blandin P, 2009. De la protection de la nature au pilotage de la biodiversité. Paris, Editions Quae. *Sciences en questions*. 122p.
- Blondel J, 1975. Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Elément d'un diagnostic écologique. I: La méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P.). *Terre et Vie* 29: 533-589.
- Bologna G, 1980. Les oiseaux du monde. Solar. 510p.
- Borges. S.D et Shanbhag. A.B, 2008. Food resources partitioning among waterbirds wintering on the Diwar wetland in the Mandovi estuary of Goa, India. *Proceeding of Taal: The 12th World Lake Conference*: 124-130.
- Both. C, Van Turnhout. C.A, Bijlsma. R.G, Siepel. H, Van Strien .A.J et Foppen. R.P, 2010. Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. *Proceeding of the Royal Society* 277:1259-1266.
- Boudraa. W, Bouslama. Z, et Houhamdi M, 2014. Inventaire et écologie des oiseaux d'eau Dans le marais de Bousledra (annaba, nord-est de l'algérie). *Bulletin de la Société zoologique de France* 139 (1-4): 279-293.
- Boughrara. A, 2010. Identification et suivi des paysages et de leur biodiversité dans la wilaya d'El Taref (Algérie) a partir des images Landsat, Spot et Aster. *Revue télédétection* 9 (3-4) : 225-243.
- Boumezbeur. A, 1993. Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et du Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) sur le lac Tonga et le lac des oiseaux (Est algérien). (Mesures de protection et de gestion du lac Tonga). Doctorat. Université des hautes études Montpellier.
- Bournaud. M, Ledant. J.p, Broyer. J et Rtchoux. M, 1980. Influence des paramètres physiologiques du milieu étang sur la distribution des oiseaux en période de nidification. *Le Bièvre* 2 (1) : 25 - 47.
- Bouzillé. J.B, 2014. Écologie des zones humides. Concepts, méthodes et démarches. *Technique et Documentation*, 1ère édition, 241p.
- Brazner. J et Hoffman. J, 1991. Resource use patterns of the wading bird communities at two intertidal salt marshes on Sapelo Island. Final report. *Problems in Oceanography* 750 12/16/91.
- Brochet, A.L, Mouronval. J.B et Aubry. P, 2012. Diet and feeding habitats of Camargue dabbling ducks: What has changed since the 1960s? *Waterbirds* 35 (4): 555-576.
- Burger. J, Niles. L et Clark. K.E, 1997. Importance of beach, mudflat and marsh habitats to migrant shorebirds on Delaware Bay. *Biological Conservation* 79: 283-292.

-C-

- Callaghan D.A, Kirby J.S, Bell. H.C et Spray. C.J, 1998. Cormorant *Phalacrocorax carbo* occupancy and impact at ill water game fisheries in England and Wales. *Bird Study* (45): 1-17.
- Campbell A.M, Zim. H.S et Nelson A.L, 1961. American Wildlife & Plants: A Guide to Wildlife Food Habits : the Use of Trees, Shrubs, Weeds, and Herbs by Birds and Mammals of the United States. *Courier Corporation*.
- Carvalho. D, Horta. P, Raposeira. H, Santos. M, Luis. A et Cabral. J.A, 2013. How do hydrological and climatic conditions influence the diversity and behavioural trends of water birds in small Mediterranean reservoirs? A community-level modelling approach. *Ecological Modelling* 257: 80-87.
- Chalfoun. A.D et Schmidt. K.A, 2012. Adaptive breeding-habitat selection: is it for the birds? *The Auk*. 129 (4): 589 -599.
- Charles. E.K, 1964. Relative Abundance of Species and MacArthur's Model. *Ecology*, 45: 716-727.
- Chettibi. F, Khelifa. R, Aberkane. M, Bouslama. Z et Houhamdi. M, 2013 - Diurnal activity budget and breeding ecology of the White-headed Duck *Oxyura leucocephala* at Lake Tonga (North-east Algeria). *Zoology and Ecology*, DOI: 10.1080/21658005.2013.817516.
- Clark. H.B et Montague-Whiting. R., 1994. Time budgets of mallards and wood ducks wintering in a flooded bottomland hardwood forest. *Fish and Wildl. Agencies* 48: 22-30.
- Colwell. M.A, Taft. O.W, 2000. Waterbird communities in managed wetlands of varying water depth. *Waterbirds* 23:45-55
- Cousi. L et Petit. P, 2005. La grue cendrée: histoire naturelle d'un grand migrateur. Sud-Ouest, 189p.
- Cramp. S et Simmons. K.E.L, 1977. The birds of the western palearctic. Vol. I. Ostitch to ducks. Oxford University press, Oxford.

-D-

- Dajoz. R, 2006 Précis d'écologie 8th edn. Dunod, Paris Numéro 4152 d'Écologie Fondamentale et Appliquée. Gauthier-Villars.
- Darmangeat. P, 2008. Observer les oiseaux. Editions Artemis, 223p.

- Davis. C.A et Smith. M, 1998. Behaviour of migrant shorebirds in playas of the Southern high plains, Texas. *The Condor* 100: 266-276.
- De Groot. R, Stuip. M, Finlayon. M, Davidson. N, 2006. Valuing wetlands : Guidance for valuing the benefits derived from wetlands ecosystem services, Ramsar Technical Report N° 3, November.
- Dejonghe. J.F, 1990. Les oiseaux dans leur milieu, Ecoguide. Edition: Bordas, 255p.
- Devineau. O, 2010. Guide méthodologique pour le suivi des oiseaux d'eau: Protocole de terrain pour le comptage des oiseaux d'eau. Rapport préparé par Wetlands International 15p.
- Direction Générale des Forêts, 2002. Atlas des 26 zones humides algériennes d'importance internationale 26 sites inscrits sur la Liste Ramsar. Avec l'aide financière du WWF - International/Living. Waters Programme. 89p.
- Döpfner. M, Quillfeldt. P et Bauer. H.G, 2009 - Changes in behavioral time allocation of waterbirds in wing-molt at Lake Constance. *Waterbirds* 32(4):559-571.
- Dorst. J, 1962. Les migrations des oiseaux. Edition *Payot*, 430p.
- Dorst. J, 1963. Les techniques d'échantillonnage dans l'étude des populations d'oiseaux. *La terre et la vie* 17 : 180-202.
- Duncan. P, Herbes. J.M, 1982. The use of domestic herbivores in the management of wetlands for waterbirds in the Camargue, France. In D.A. Scott, editor. Management of wetlands and their birds. International waterfowl Research Bureau, Slimbridge, United Kingdom, pp 51-66.

-E-

- Elmberg. J, Nummi. P, Poysa. H, Sjoberg. K, Gunnarsson. G, Clausen. P, Guillemain. M, Rodrigues. D et Vaananen. V.M, 2006. The scientific basis for new and sustainable management of migratory European ducks. *Wildl Biol* 12: 121-127.

-F-

- Fasola. M et Canova. L, 1993. Diet activity of resident and immigrant waterbirds at Lake Turkana, Kenya. *Ibis* 135: 442-450.
- Feinsinger. P, Spears. E.E et Poole. R.W, 1981. A Simple Measure of Niche Breadth. *Ecology* 62: 27-32
- Fouzari. A, Samraoui. F, Alfarhan. A.H et Samraoui B. 2015. Nesting ecology of Ferruginous Duck *Aythya nyroca* in north-eastern Algeria. *African Zoology* 50: 299-305.

- Fox. A.D, 1994 - Estuarine winter feeding patterns of Little Grebes *Tachybaptus ruficollis* in central Wales. *Bird Study* 41: 15-24.
- Frazier. S, 1999. RAMSAR Sites Overview. A Synopsis of the World's Wetlands of International Importance. *Wetlands International*, 5: 42p.
- Froneman. A, Mangnall. M.J, Little. R.M et Crowe. T.M, 2001. Waterbird assemblages and associated habitat characteristics of farm ponds in the Western Cape, South Africa. *Biodiversity and Conservation* 10:251-270.
- Frontier. S, 1976. Utilisation des diagrammes rang/fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Oceanogr* 1 (3): 35-48.

-G-

- Geroudet. P,1978. Grands échassiers, Gallinacés, Râles d'Europe. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. Lausanne, Paris. 429 p.
- GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger]. GIEC, Genève, Suisse. 103 p.
- Green, A.J et Elmberg. J, 2014. Ecosystem services provided by waterbirds. *Biological Reviews* 89: 105-122.
- Green. A.J, 1998. Comparative feeding behaviour and niche organization in a Mediterranean duck community. *Canadian Journal of Zoology* 76: 500-507.
- Green. A.J, 1998. Habitat selection by the Marbled Teal *Marmaronetta angustirostris*, Ferruginous Duck *Aythya nyroca* and other ducks in the Goksu Delta, Turkey, in summer. *Terre et Vie* 53: 225-243.
- Green. A.J, et El Hamzaoui. M, 2000. Diurnal behaviour and habitat use of non breeding Marbled Teal, *Marmaronetta angustirostris*. *Canadian Journal of Zoology* 78: 2112-2118.

-H-

- Harebottle. D.M, 2012. Assessing the conservation value of wetlands and waterbirds with a focus on the winter rainfall region of South Africa. Thesis Presented for the Degree of doctor of philosophy in the department of zoology university of Cape Town, 417pp.
- Hattori. A et Mae. S, 2001. Habitat use and diversity of waterbirds in a coastal lagoon around Lake Biwa, Japan. *Ecological Research* 16:543-553.

- Heinzel, 1997. Guide des Oiseaux d'Europe d'Afrique du Nord et du moyen-orient, 68.p
- Hepworth. G et Hamilton. J.A, 2001. Scan sampling and waterfowl activity budget studies: Design and analysis considerations. *Behaviour* 138: 1391-1405.
- Hoffman. W, Bancroft. C.T et Sawicki. R.J, 1994. Foraging habitat of wading birds in the Water Conservation Areas of the Everglades. In: Davis SM, Ogden JC (eds) Everglades: The ecosystem and its restoration. *St. Lucie, Delray Beach*, 585-614
- Hoffmann. L, Hafner. H et Salath. T, 1996 - The Contribution of Colonial Waterbird Research to Wetland Conservation in the Mediterranean Region. *Colonial Waterbirds* 19: 12-30.
- Houhamdi. M et Samraoui. B, 2001. Diurnal time budget of wintering Teal *Anas crecca crecca* L. at Lac des Oiseaux, northeast Algeria. *Wildfowl* 52: 87-96.
- Houhamdi. M, Hafid. H, Seddik. S, Bouzegag. A, Nouidjem. Y, Maazi. M.C. et Saheb. M, 2008. Hivernage des grus cendrées *Grus grus* dans le complexe des zones humides des hautes plaines de l'est algérien. *Aves* 45(2) : 93-103.
- Houhamdi. M, Maazi. M.C, Seddik. S, Bouaguel. L, Bougoudjil. S et Saheb. M, 2009. Statut et écologie de l'éris mature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) dans les hauts plateaux de l'est de l'Algérie. *Aves* 46(1): 129-148.
- Hutchinson. G.E, 1957. Concluding remarks. In : Population studies: animal ecology and demography. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22 : 415-427.

-I-

- Isenmann. P et Moali. A, 2000. Les Oiseaux d'Algérie - Birds of Algeria. Société d'Etudes Ornithologiques de France, Paris, 336p.
- Isola. C.R, Colwell. M.A, Taft. O.W et Safran. R.J, 2002. Interspecific differences in habitat use of shorebirds and waterfowl foraging in managed wetlands of California's San Joaquin Valley. *Waterbirds* 25(2):196-203
- IUCN (International Union for Conservation of Nature), 2012. Disponible a <http://www.iucnredlist.org> [accessed 18 may 2016].

-J-

- Jacobs. J, 1974. Quantitative measurements of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia* 14: 413-417.
- Jaksic. F.M et Medel. R.G, 1990. Objective recognition of guilds: testing for statistically significant species clusters. *Oecologia* 82:87-92.

- Johnson. A.R, 1989. Movements of Greater Flamingos *Phoenicopterus ruber roseus* in the Western Palearctic. *Revue d'écologie* 44: 75-94.

-K-

- Kamburova. N et Michev. T, 2003. Breeding density and habitat of the Coot (*Fulica atra*) in the Srebarna Managed Reserve. *Acta Zoologica Bulgarica* 55 (1): 29-33.
- Kelly. J.P, Stralberg. D, Etienne. K et McCaustland. M, 2008. Landscape influence on the quality of heron and egret colony sites. *Wetlands* 28:257-275
- Kerekes. J.J, 1994. Aquatic birds in the trophic web of Lakes. Proceeding of a symposium held in Sackville, New Brunswick, Canada, 524 p
- Kershaw. M et Cranswick. P.A, 2003. Deriving population estimates for wintering wildfowl in Great Britain. *Ornis Hungarica* 12-13:75-87.
- King. R.S, Wrubleski. D.A, 1998. Spatial and diel availability of flying insects as potential duckling food in prairie wetlands. *Wetlands* 18: 100-114.
- Kloskowski. J, Green. A.J, Polak. M, Bustamante. J et Krogulec. J, 2009. Complementary use of natural and artificial wetlands by waterbirds wintering in Don~ana, south-west Spain. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst* 19: 815-826.
- Krebs. C.J, 1999. Ecological Methodology. *Menlo Park, Addison-Wesley Publishers*, 2nd edition.

-L-

- Lamarque. P, Quetier. F et Lavorel. S, 2011. The diversity of the ecosystem services concept and its implications for their assessment and management. *Comptes rendus Biologies* 334 (5-6): 441-449.
- Larson. J.S, Adamus. P. R et Clairian. E.J, 1989. Functional assessment of freshwater wetlands: A manual and training outline, WWF and Environmental Institute, University of Massachusetts, Amherst, U. S. A.
- Lazli. A, Boumezbeur . A, Moali-Grine. N et Moali. A, 2011. Évolution de la population nicheuse de l'érismature à têteblanche (*oxyura leucocephala*) sur le lac Tonga (Algérie). *Rev. Écol. (Terre Vie)*: 173-181.
- Lazli. A, Boumezbeur. A, Pérennou. C et Moali. A, 2011. Biologie de la reproduction de l'érismature à têteblanche *oxyura leucocephala* au lac Tonga (Algérie). *Terre et Vie* 66: 255-265.

- Lazli. A, Boumezbeur. A et Moali A, 2012. Statut et phénologie de la reproduction du fuligule nyroca *Aythya nyroca* au lac Tonga (nord-est algérien). *Alauda* 80(3): 219-228.
- Le Drean-quenec'hdu. S et Maheo. R, 1997. Les Limicoles séjournant dans les traicts du Croisis (Presqu'île Guêrandaise, Loire-Atlantique): Régime alimentaire et impact sur les populations de mollusques bivalves. *Alauda* 65 (2): 131-149.
- Ledant. J.P et Van Dijk. G, 1977. Situation des zones humides Algériennes et de leur avifaune. *Aves*, 14 (4) : 217-232.
- Ledant. J.P, Jacobs. J.P, Jacob. P, Malher. F, Ochando. B et Roché. J, 1981. Mise à jour de l'avifaune algérienne. *Le Gerfaut* 71 : 295-398.
- Lefeuvre. J.C, 1999. Rapport scientifique sur les données à prendre en compte pour définir les modalités de l'application des dispositions légales et réglementaires de chasse aux oiseaux d'eau et oiseaux migrateurs en France. Texte imprimé, PARIS : Minist_re de l'Am_nagement du territoire et de l'Environnement, 204p.
- Legendre. L et Legendre. P, 1979. Ecologie numérique 2: la structure des données écologiques. *Masson: Paris et les Presses de l'Université du Québec*.
- Lekuona. J.M, 2002. Food intake, feeding behaviour and stock losses of cormorants, *Phalacrocorax carbo*, and grey herons, *Ardea cinerea*, at a fish farm in Arcachon Bay (Southwest France) during breeding and non-breeding season. *Folia Zool* 51(1): 23-34.

-M-

- Maas. S, 2013. Rapport final : Synthèse de la phase test en région Franche-Comté. PPNMEFC, CEN FC, LPO FC, CBN FC-ORI, RNN Lac de Remoray, FEDER et Agence de l'eau RMC : 142p.
- Maazi. M.C, 2009. Eco éthologie des Anatidés hivernant au niveau de Garaet Timerganine Wilaya d'Oum el bouaghi. Thèse de Doctorat. *Université Badji mokhtar, Annaba*. 111p.
- Madge. S et Burn. H, 1988. Wildfowl (An identification guide to the ducks, geese and swans of the world). Christopher Helm, London, 298 pp.
- Magurran. A, 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Malden, MA.
- Mathevet. R, Mauchamp. A et Grillas. P, 2002. Multi-usage et conservation des zones humides ou quel développement durable pour la Camargue ? *Faire Savoir* 2 : 33-39.
- Mayache. B, 2008. Inventaire et étude écologique de l'avifaune aquatique de l'éco-complexe de zones humides de Jijel (Algérie). Doctorat, Université de Badji Mokhtar Annaba.

- Meral. P, 2010. Les services environnementaux en économie : revue de la littérature. Montpellier, Institut de recherche pour le développement, 44 p.
- Metallaoui. S et Houhamdi. M, 2010. Biodiversity and ecology of wintering waterfowl in Garaet Hadj-Tahar (Skikda, North-East Algeria). *Hydroécol Appl* 17: 1-16.
- Metallaoui. S, Maazi. M.C, Saheb. M, Houhamdi. M et Barbraud C, 2014. A comparative study of the diurnal behaviour of the Northern Shoveller (*Anas clypeata*) during the wintering season at Garaet Hadj-Tahar (North-East Algeria) and Garaet Timerganine (Algerian highlands). *Turkish Journal of Zoology* 38: 158-167
- Meziane. N, Samraoui. F et Samraoui. B, 2014. Status and diurnal activity budget of non-breeding White-headed Ducks (*oxyura leucocephala*) in Algeria. *Ostrich* 85: 177-183.
- Mundava. J, Caron. A, Gaidet. N, Couto. F.M, Couto. J.T, de Garine-Wichatitsky M, et Mundy. P.J, 2012. Factors influencing long-term and seasonal waterbird abundance and composition at two adjacent lakes in Zimbabwe. *Ostrich* 83 (2): 69-77.

-N-

- Nedjah. R, Bouchecker. A, Samraoui. F, Menäi. R, Alfarhan. A, Al-Rasheid. K et Samraoui. B, 2010. Breeding ecology of the Purple Heron *Ardea purpurea* in Numidia, north-eastern Algeria. *Ostrich* 81(3): 189-196.
- Nelson, S.H., Court, I., Vickery, J.A., Watts, P.N, et Bradbury, R.B, 2003). The status and ecology of the Yellow Wagtail in Britain. *British Wildlife* 14: 270-274.
-
- Newton, I. et Brockie. K, 2008 - The migration ecology of birds. Amsterdam; London: Elsevier-Academic Press.
- Ntiamo-Baidu. Y, Piersma. T, Wiersma. P, Poot. M, Battley . P et Gordon. C.H, 1996. Water depth selection, daily feeding routines and diets of waterbirds in coastal lagoons in Ghana. *Ibis* 140: 89-103.

-O-

- Okpiliya. F.I, 2012. Ecological Diversity Indices: Any hope for one again? *Journal of Environment and Earth Science*. Vol. 2, No. 10.
- Owen. M et Black. J.M, 1990. Waterfowl ecology. Blackie, glasgow. 194p.

-P-

- Paracuellos. M, 2006. How can habitat selection affect the use of a wetland complex by waterbirds. *Biodiversity and Conservation* 15:4569-4582
- Paracuellos. M, Telleria. J.L, 2004. Factors affecting the distribution of a waterbird community: the role of habitat configuration and bird abundance. *Waterbirds* 27:446-453
- Pérez-Crespo. M.J, Fonseca. J, Pineda-López. R, Palacios. E et Lara. C, 2013. Foraging guild structure and niche characteristics of waterbirds in an epicontinental lake in Mexico. *Zoological Studies* 52: 54.
- Pianka. E.R, 1973. The structure of lizard communities. *Annual review of ecology and systematics* 4: 53-74.

-R-

- Raachi. M.L, 2007. Étude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au nord-est Algérien. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en géographie. UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL 188p.
- Rajpar. M.N et Zakaria. M, 2011 - Bird species abundance and their relationship with microclimate and habitat variables at Natural Wetland Reserve, Peninsular Malaysia. *International Journal of Zoology*, <http://dx.doi.org/10.1155/2011/758573>
- Ramade. F, 2003. Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. 3ème édition, Dunod, Paris. 688p.
- Rizi. H, Benyacoub. S, Chabi. Y et Ban'bura. J, 1999. Nesting and reproductive characteristics of Coots *Fulica atra* breeding on two lakes in Algeria. *Ardeola*, 46(2): 179-186
- Rizzo. E, Battisti. C, 2009. Habitat preferences of Anatidae (Aves. Anseriformes) in a Mediterranean patchy wetland (central Italy). *Ekologia (Bratislava)* 28: 66-73.
- Robert. K. Colwell. R.K et Futuyma. D.J, 1971. On the Measurement of Niche Breadth and Overlap. *Ecology* 52: 567-576
- Rouibi. A, Zitouni. A, Tahar. A et Houhamdi M., 2013. Breeding ecology of the Great crested grebe (*Podiceps cristatus*) in Tonga Lake (Northeast Algeria). *European Journal of Scientific Research* 100 (3): 534- 541.
- Rubega. M.A et Robinson. J.A, 1997. Water salinization and shorebirds: emerging issues. *International Wader Studies* 9:45-54.

-S-

- Saheb. M, 2009. Ecologie de la reproduction de l'échasse blanche *Himantopus himantopus* et de l'avocette élégante *Recurvirostra avosetta*. Dans les hautes plaines de l'est algérien. Thèse de doctorat, *Université Badji mokhtar*, Annaba (Algérie). 147p.
- Saïfouni. A et Bellatreche. M, 2014. Cartographie numérique des habitats de reproduction de l'avifaune nicheuse du lac Tonga, parc national d'El-Kala (Nord Est Algérien). *Mediterranea serie de estudios biológicos* 25 : 10-52.
- Samraoui, F., A. Alfarhan, and B. Samraoui. 2013. Status and breeding ecology of the Common Moorhen *Gallinula chloropus* in Algeria. *Ostrich*: 84 (2): 137-144.
- Samraoui. B, Ouldjaoui. A, Boulekhssaim. M, Houhamdi. M, Saheb. M et Bechet. A, 2006. The first recorded reproduction of the greater flamingo. *Phoenicopterus roseus* in Algeria: behavioral and ecological aspects. *Ostrich*.77 (3 & 4): 153-159.
- Samraoui. B, Samraoui. F, 2008. An ornithological survey of the wetlands of Algeria: Important Bird Areas. Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58: 71-98.
- Samraoui. F, Alfarhan. A .H, AL-rasheid Khaled. A. S et Samraoui B, 2011. An appraisal of the status and distribution of waterbirds of Algeria: Indicators of global changes? *Ardeola* 58: 137-163.
- Samraoui. F, Menai. R et Samraoui. B, 2007. Reproductive ecology of the Cattle Egret (*Bubulcus ibis*) at Sidi Achour, north-eastern Algeria. *Ostrich* 78(2): 481-487
- Scarton. F, Bon. P.F. et Verza, 2013. Wintering waterbirds along coastal wetlands of Friuli-Venezia Giulia and Veneto (1997-2006), *Rivista italiana di Ornithologia* 82(1-2): 94-99.
- Schmieder. K, Werner. S, Bauer. H.G, 2006. Submersed macrophytes as a food source for wintering waterbirds at Lake Constance. *Aquatic Botany* 84: 245-250.
- Serpantie. G, Meral. P et Bidaud. C, 2012. Des bienfaits de la nature aux services écosystémiques. Éléments pour l'histoire et l'interprétation d'une idée écologique. *Vertigo, la revue électronique en sciences de l'environnement* 12 (3): 1-15.
- Shine. C, de Klemm. C, 1999. Wetlands, Water and the Law. Using law to advance wetland conservation and wise use. IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge, UK and Bonn, Germany. xvi 330 pp.
- Shine. C, Klemm. C, 1999. Wetlands, water and the law: Using law to advance wetland conservation and wise use. IUCN, Gland.

- Si Bachir A., Hafner H., Tourenq J.N. et S. Doumandji, 2000. Structure de l'habitat et biologie de reproduction du Héron garde boeufs, *Bubulcus ibis*, dans une colonie de la vallée de la Soummam (Petite Kabylie, Algérie). *Revue d'Ecologie (Terre et vie)*, 55: 33 - 43.
- Skinner. J et Smart. M, 1984. The El Kala wetlands of Algeria and their use by waterfowl. *Wildfowl* 35: 106-118.
- Skinner. J, Beaumont. N et Pirot. J.Y, 1994. Manuel de formation à la gestion des zones humides tropicales. UICN, Gland, Suisse. Xviii. 274 pp.
- Stevenson. A.C, Skinner. J et Smart. M, 1988. The El Kala National Park and Environs, Algeria: An Ecological Evaluation. Lecturer, Department of Geography, University of Newcastle, Newcastle-upon-Tyne NE17RU, England, UK: 335-347.
- Sulphery. M.M, Safer. M.M, 2014. Introduction to environment management. Thirds edition. PHI Learning Private Limited.
- Sutherland. W.J, Newton. I et Green. R.E, 2004. Bird Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques. Oxford University Press. 383p

-T-

- Tamisier. A et Dehorter. O, 1999. Fonctionnement et devenir d'un prestigieux quartier d'hiver, Camargue, Canards et Foulques.
- Tellería. J.L, 2016. Wildlife Habitat Requirements: Concepts and Research Approaches. *Current Trends in Wildlife Research. Wildlife Research Monographs* 1: 79-95.
- Thompson. J, Baldassar. G.A, 1991. Activity patterns of nearctic dabbling ducks wintering in Yucatan. Mexico. *The Auk* 108: 934-941.
- TRIPLET. P; SCHRICK. V et TRÉCA. B, 1995. l'exploitation de la basse vallée du Sénégal par les Anatidés Paléarctiques. une actualisation des données. *Alauda* 63 (1) : 15-24.
- Triplet. P, 2012. Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zones côtières. Collection Paroles des Marais Atlantiques. Coéditée par Estuarium et le Forum des Marais Atlantiques, 779p.

-U, V-

- Ulenaers. P, Van Vesseem. J et Dhondt. A.A, 1992 - Foraging of the Great Crested Grebe in Relation to Food Supply. *Journal of Animal Ecology* 61: 659-667.
- Van Rees-Siewert. K.L, Dinsmore. J.J, 1996. Influence of wetland age on bird use of restored wetlands in Iowa. *Wetlands* 16: 577-582.

- Vasilios. L, 2010. Foraging Guilds of Waterbirds Wintering in a Mediterranean Coastal Wetland. *Zoological Studies* 49: 311-323.
- Vielliard. S, 1981. Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne : tome 2. Paris : ORSTOM, (45), p. 827-839. (Initiations-Documentations Techniques ; 45).

-W, Z-

- Weller. M.W, 1999. Wetland birds: habitat resources and conservation implications. *University press. Cambridg.*
- Wood. K.A, Stillman. R.A, 2014. Do birds of a feather flock together? Comparing habitat preferences of piscivorous waterbirds in a lowland river catchment. *Hydrobiologia* 738: 87-95.
- Zakaria. M, Rajpar. M.N, 2014. Assessing the habitat suitability of two different artificial wetland habitats using avian community structures. *American Journal of Applied Sciences* 11 (8): 1321-1331
- Zhijun Ma, Yinting Cai, Bo Li, Jiakuan Chen 2010. Managing Wetland Habitats for Waterbirds: An International Perspective. *Wetlands* 30:15-27.
- Zitouni. A, Tahar. A, Bouslama. Z, Houhamdi. M, 2014. Premières données sur la structure et l'écologie des populations de la Foulque macroule *Fulica atra* (Rallidés) dans les zones humides de la région d'El-Kala (Nord-Est de l'Algérie). *Rev. Sci. Technol. Synthèse* 28: 25-33.

Annexes

Tableau I : Classification des zones humides de Ramsar (Frazier, 1999)

Les codes correspondent au Système de classification des «types de zones humides» Ramsar approuvé par la Recommandation 4.7 et amendé par la Résolution VI.5 de la Conférence des Parties contractantes. Les catégories qui figurent ci -après sont destinées à fournir un cadre très large pour permettre une identification rapide des principaux habitats de zones humides représentés dans chaque site.

	Code	Types Ramsar
humides marines/ côtières	A	Eaux marines peu profondes et permanentes, dans la plupart des cas d'une profondeur inférieure à six mètres à marée basse; y compris baies marines et détroits.
	B	Lits marins aquatiques subtidaux ; y compris lits de varech, herbiers marins, prairies marines tropicales.
	C	Récifs coralliens.
	D	Rivages marins rocheux; y compris îles rocheuses, falaises marines.
	E	Rivages de sable fin, grossier ou de galets; y compris bancs et langues de sable, îlots sableux, systèmes dunaires et dépressions intradunales humides.
	F	Eaux d'estuaires; eaux permanentes des estuaires et systèmes deltaïques estuariens.
	G	Vasières, bancs de sable ou de terre salée intertidaux.
	H	Marais intertidaux; y compris prés salés, schorres, marais salés levés, maraiscotidaux saumâtres et d'eau douce.
	I	Zones humides boisées intertidales; y compris marécages à mangroves, marécages à palmiers nipa et forêts marécageuses cotidales d'eau douce.
	J	Lagunes côtières saumâtres/salées ; y compris lagunes saumâtres à salées reliées à la mer par un chenal relativement étroit au moins.
	K	Lagunes côtières d'eau douce; y compris lagunes deltaïques d'eau douce.
	Zk(a)	Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, marins/côtiers
Zones humides	L	Deltas intérieurs permanents.

Annexes

intérieures	M	Rivières/cours d'eau/ruisseaux permanents ; y compris cascades.
	N	Rivières/cours d'eau/ruisseaux saisonniers/intermittents/irréguliers.
	O	Lacs d'eau douce permanents (plus de 8 hectares); y compris grands lacs de méandres.
	P	Lacs d'eau douce saisonniers/intermittents (plus de 8 hectares); y compris lacs des plaines d'inondation).
	Q	Lacs salés/saumâtres/alcalins permanents.
	R	Lacs salés et étendues/saumâtres/alcalins saisonniers/intermittents.
	Sp	Mares/marais salins/saumâtres/alcalins permanents.
	Ss	Mares/marais salins/saumâtres/alcalins saisonniers/intermittents.
	Tp	Mares/marais d'eau douce permanents; étangs (moins de 8 hectares), marais et marécages sur sols inorganiques; avec végétation émergente détrempeédurant la majeure partie de la saison de croissance au moins.
	Ts	Mares/marais d'eau douce saisonniers/intermittents sur sols inorganiques; y compris fondrières, marmites torrentielles, prairies inondées de manière saisonnière, marais à laîches.
	U	Tourbières non boisées; y compris tourbières ouvertes ou couvertes de buissons, marécages, fagnes.
	Va	Zones humides alpines; y compris prairies alpines, eaux temporaires de la fonte des neiges.
	Vt	Zones humides de toundra; y compris mares de la toundra, eaux temporaires de la fonte des neiges.
	W	Zones humides dominées par des buissons; marécages à buissons, marécages d'eau douce dominés par des buissons, saulaies, aulnaies; sur sols inorganiques.
	Xf	Zones humides d'eau douce dominées par des arbres ; y compris forêts marécageuses d'eau douce, forêts inondées de manière saisonnière, marais boisés; sur sols inorganiques.
	Xp	Tourbières boisées; forêts marécageuses sur tourbière.
Y	Sources d'eau douce; oasis.	
Zg	Zones humides géothermiques.	
Zk(b)	Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, continentaux.	
Zones humides artificielles	1	Étangs d'aquaculture (par ex. poissons, crevettes).
	2	Étangs; y compris étangs agricoles, étangs pour le bétail, petits réservoirs; (généralement moins de 8 hectares).
	3	Terres irriguées ; y compris canaux d'irrigation et rizières.

Annexes

	4	Terres agricoles inondées de manière saisonnière*.
	5	Sites d'exploitation du sel ; marais salants, salines, etc.
	6	Zones de stockage de l'eau ; réservoirs/barrages/retenues de barrages/retenues d'eau;
	7	(généralement plus de 8 hectares).
	8	Excavations; gravières/ballastières/glaisières; sablières, puits de mine.
	9	Sites de traitement des eaux usées ; y compris champs d'épandage, étangs de sédimentation, bassins d'oxydation, etc.
	Zk(c)	Canaux et fossés de drainage, rigoles. Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, artificiels.

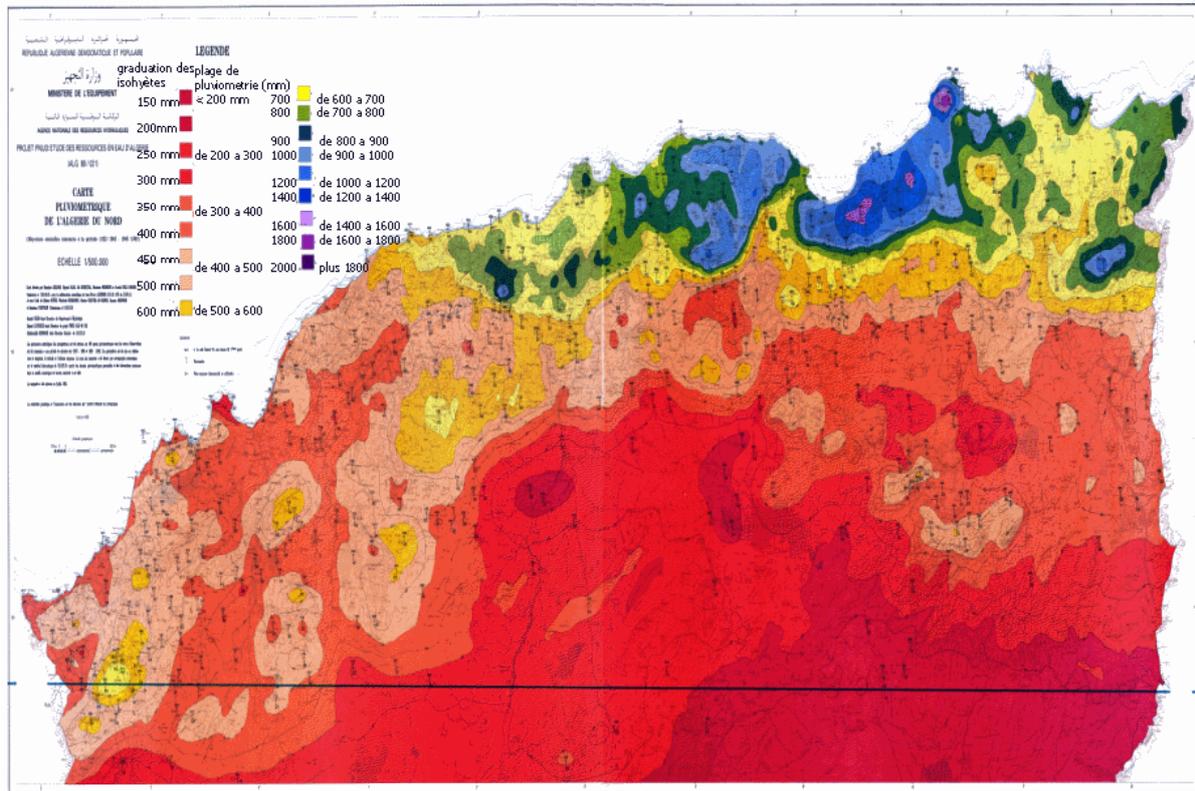


Figure I : Carte pluviométrique du nord de l'Algérie (<http://www.anrh.dz/> le 11/11/2015)

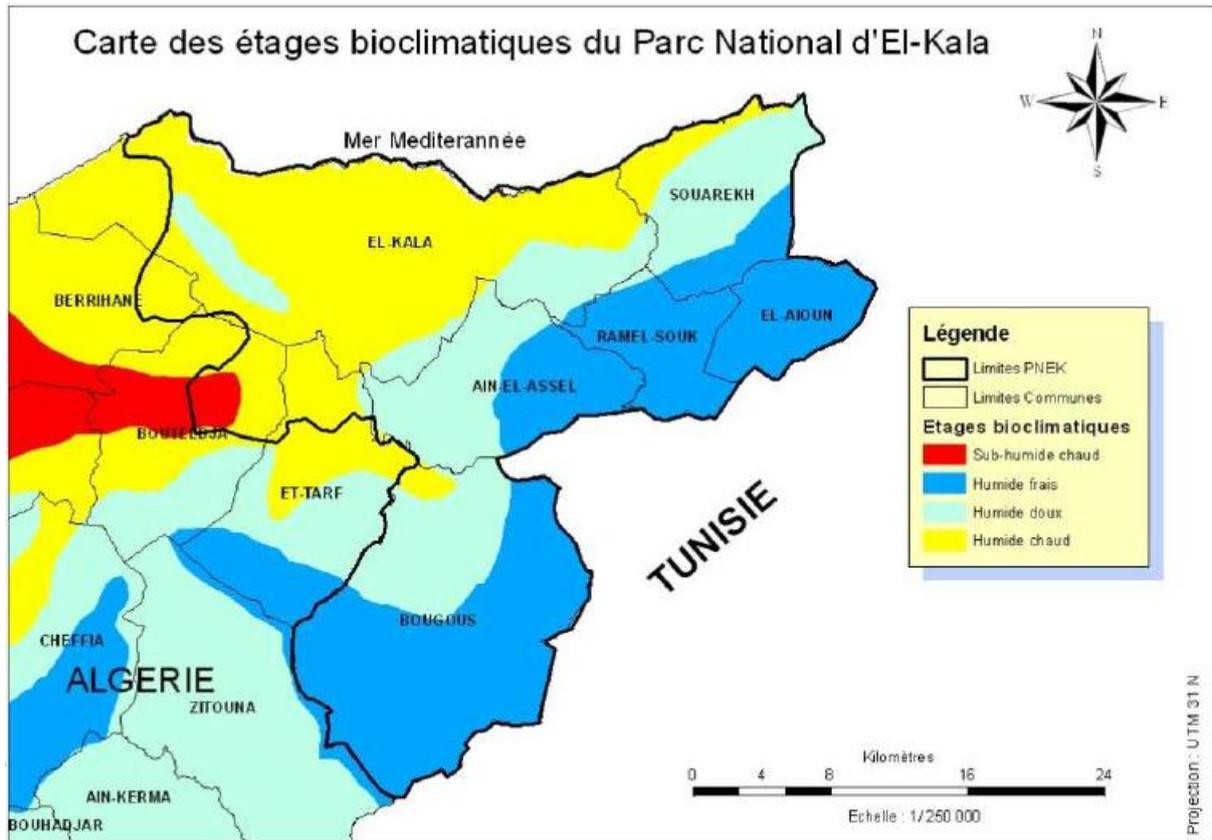


Figure I : Cartes des étages bioclimatiques du PNEK (<http://www.anrh.dz/> le 11/11/2015)

Tableau II : Richesse spécifique des dix familles les mieux représentées au PNEK
(ANONYME, 1998)

Familles	Diversité spécifique
Poacées	69
Fabacées	46
Astéracées	33
Cypéracées	23
Brassicacées	20
Apiacées	18
Renonculacées	15
Caryophyllacées	13
Lamiacées	13
Scrofulariacées	11

Tableau III : Composition du peuplement de Mammifères du PNEK (ANONYME, 1998)

Ordres	Familles	Genres	Espèces	
INSECTIVORA	ERINACEIDAE	<i>Erinaceus</i>	<i>E. algirus</i>	
	SORICIDAE	<i>Suncus</i>	<i>S. etruscus</i>	
		<i>Crocidura</i>	<i>C. russula</i>	
CHIROPTERA	RHINOLOPHIDAE	<i>Rhinolophus</i>	<i>R. hipposideros</i>	
	VESPERTILIONIDAE	<i>Myotis</i>	<i>M. daubentoni</i>	
			<i>M. mystacinus</i>	
			<i>M. blythi</i>	
		<i>Miniopterus</i>	<i>M. schreibersi</i>	
		<i>Pipistrellus</i>	<i>P. pipistrellus</i>	
			<i>P. nathusii</i>	
			<i>P. kuhli</i>	
	<i>Plecotus</i>	<i>P. austriacus</i>		
LAGOMORPHA	LEPORIDAE	<i>Lepus</i>	<i>L. capensis</i>	
		<i>Oryctolagus</i>	<i>O. cuniculus</i>	
RODENTIA	GERBILLIDAE	<i>Gerbillus</i>	<i>G. campestris</i>	
	MURIDAE	<i>Apodemus</i>	<i>A. sylvaticus</i>	
			<i>Lemniscomys</i>	<i>L. barbarus</i>
			<i>Mus</i>	<i>M. musculus</i>
			<i>M. spretus</i>	
		<i>Rattus</i>	<i>R. norvegicus</i>	
	GLIRIDAE	<i>Eliomys</i>	<i>R. rattus</i>	
			<i>E. quercinus</i>	
	HYSTRICIDAE	<i>Hystrix</i>	<i>H. cristata</i>	
CARNIVORA	CANIDAE	<i>Canis</i>	<i>C. aureus</i>	
		<i>Vulpes</i>	<i>V. vulpes</i>	
	MUSTELIDAE	<i>Lutra</i>	<i>L. lutra</i>	
		<i>Mustela</i>	<i>M. nivalis</i>	
	VIVERRIDAE	<i>Genetta</i>	<i>G. genetta</i>	
		<i>Herpestes</i>	<i>H. ichneumon</i>	
	HYAENIDAE	<i>Hyaena</i>	<i>H. hyaena</i>	
	FELIDAE	<i>Felis</i>	<i>F. silvestris</i>	
<i>Caracal</i>		<i>C. caracal</i>		
<i>Leptailurus</i>		<i>L. serval*</i>		
ARTIODACTYLA	SUIDAE	<i>Sus</i>	<i>S. scrofa</i>	
	CERVIDAE	<i>Cervus</i>	<i>C. elaphus</i>	
	DELPHINIDAE	<i>Delphinus</i>	<i>D. delphus</i>	