



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
جامعة العربي بن مهيدي – أم البواقي
Université Larbi Ben M'Hidi – Oum El Bouaghi



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Laboratoire Ressources Naturelles et Aménagement des Milieux Sensibles

THÈSE

Présentée en Vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat LMD en Biologie

Option : Biodiversité et Conservation

Intitulé

Degré d'Eutrophisation de Garâet Hadj Tahar – Eco complexe de Guerbes Sanhadja
(Ville de Skikda) et Utilisation de l'Espace par l'Avifaune Aquatique

Soutenue par Mlle BARA Yassamine

Devant la commission d'examen

Président	Merzoug Djemoui	Pr	Université Larbi Ben M'Hidi – Oum El Bouaghi
Directeur	Houhamdi Moussa	Pr	Université 8 Mai 1945 - Guelma
Co-directeur	Saheb Menaouar	Pr	Université Larbi Ben M'Hidi – Oum El Bouaghi
Examineurs	Boulakhssaim Mouloud	Pr	Université Larbi Ben M'Hidi – Oum El Bouaghi
	Maazi M ^{ed} Cherif	Pr	Université Mohamed Cherif Messadia – Souk Ahras
	Khammar Hichem	MCA	Université Larbi Ben M'Hidi – Oum El Bouaghi

Année Universitaire 2020/2021

Avant propos

Tout d'abord je tiens à remercier Dieu le puissant créateur de m'avoir guidé et donner la force, le courage, la volonté et la patience pour surmonter toutes les épreuves difficiles.

J'adresse mes sincères remerciements au Professeur Merzoug Djemoui, Professeur en Biologie à l'Université Larbi Ben M'Hidi d'avoir accepté de présider le jury

Je présente également mes vifs remerciements aux prestigieux membres de jury :

Monsieur Boulakhssaim Mouloud, Professeur en biologie en Biologie à l'Université

Larbi Ben M'Hidi d'Oum El Bouaghi, Monsieur Khammar Hichem, Maître de Conférence en Biologie à l'Université Larbi Ben M'Hidi d'Oum El Bouaghi, et

Monsieur Maazi Mohamed Chérif, Professeur en Biologie à l'Université de Mohamed Cherif Messadia de Souk Ahras d'avoir été disponible et d'avoir accepté d'examiner

le fruit de ce travail en apportant leurs commentaires enrichissants.

Ma reconnaissance va tout droit à mon encadreur Monsieur Houhamdi Moussa, Professeur en Biologie à l'Université 8 Mai 1945 à Guelma, qui a été une oreille attentive à mon écoute, il a toujours cru en moi en me confiant cette recherche j'ai toujours admirée sa grande chaleur humaine, ses précieux conseils scientifiques et ses suggestions qui m'ont beaucoup aidé à cristalliser mes principaux objectifs.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance à mon Co directeur de thèse Monsieur Saheb Menouar, Professeur en Biologie à l'Université de Larbi Ben M'Hidi d'Oum El Bouaghi

Je remercie chaleureusement le Professeur Bensouilah Mourad directeur du laboratoire EMMAL de l'Université de Badji Mokhtar d'Annaba pour sa précieuse collaboration dans le cadre de cette recherche.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à ma collègue Mlle. Karima Boutarfa. Un merci fraternel et sincère à docteur Boussadia Meriem Imen, à l'Université 8 Mai 45 de Guelma pour son aide avec efficacité toujours disponible pour faire partager ses précieuses expériences et ses informations nécessaires.

Merci à monsieur Jiradi Abd El Rahman chef service à la DDS pour ses services rendus et ses encouragements.

Sans oublier de témoigner mes sincères remerciements à tous le personnel de l'ADE

Un grand merci du fond de mon cœur à Mlle Leila Abbes notre ingénieur de laboratoire, je tiens à te dire qu'on est tellement chanceux d'avoir une personne en

or, serviable, aimable et confiante comme toi au sein de notre équipe. Sans oublier de témoigner mes remerciements à Asma, Horia et Ratiba qui m'ont beaucoup aidé.

J'exprime mes sincères remerciements à Mme Benosmane Karima directrice de la bibliothèque de l'Université 8 Mai 45 de Guelma et à mon aimable amie Keltoum et à tout l'équipe, de m'avoir permis généreusement de me servir des documentations et de m'avoir fournit un nombre de référence classique.

Un remerciement spécial à mes deux maîtres de stage Professeur Brigitte Vinçon Leite chargé de recherche au laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains (LEESU) à l'Ecole des Ponts Paristech Et le Professeur Myriam Bormans du laboratoire d'Ecobio de Rennes de m'avoir bien accueilli et consacré un peu de leurs temps libre pour m'orienter et me conseiller dans mes travaux de recherche. Professeur Ludolf Nunes Lenora Gomez Université de Brasilia qui a suivie fidèlement ma pratique concernant l'étude phytoplanctonique et m'a beaucoup aider pendant mon séjour à LEESU.

Mes sincères gratitudes vont directement à Professeur Brient Luc de l'Université de Rennes d'avoir apporté une contribution essentielle à la confirmation des spécimens micro algales.

Je remercie vivement mes collègues du département de biologie Youcef, Amine, Sara, Imene et Salima ainsi que tout le corps professoral et administratif de l'Université Larbi Ben M'Hidi.

À mes collègues Aziza Kennat, Zahra Rezkallah et Bouchra Hamlaoui à nos moments agréables, à nos rigolades, à nos belles années de déjeuners pris ensemble merci pour vos soutiens moral qui sont le plus merveilleux cadeau qu'il soit.

Dédicaces

Je suis très touché et reconnaissante à ma famille d'avoir été toujours là pour moi dans les moments de joie et de désespoir.

À ma tendre maman Souâd la prune de mes yeux sa présence à mes côtés m'a toujours rassuré dans les moments difficiles, elle m'a tant donné et appris je ne te remercie jamais assez toi et mon cher papa Mohamed qui a été toujours à mes côtés pour m'encourager à poursuivre ma carrière et d'aller jusqu'au bout de mes rêves, vous êtes des parents vaillants, affectueux et respectueux vous m'avez donné une bonne éducation et même si que ce diplôme de doctorat est le mien c'est à vous sacrifié que je le dois.

Un remerciement à mon grand frère Mouslim pour son aide efficace à la mise au point du manuscrit, sa lecture soignée et ses critiques constructives qui ont été rajoutés à la fin de cette belle expérience de recherche.

A mon petit frère Mehdi qui m'a tant encouragé et soutenu

Un merci à ma grand mère Fadila et à mes chères tantes : Leila, Mounia, Wided, et Lamia.

A mon oncle Djamel.

A la mémoire des personnes chères qui nous ont quittés tôt

Mon grand père Amor Baïza et ma grand mère Beya

Mon grand père Mohame Larbi

Mon oncle Samir.

Un remerciement à Tonton Salah pour son soutien moral et à Tonton Youcef qui nous a accompagné pendant toutes nos sorties écologiques sur terrain

Je souhaiterai exprimer aussi des remerciements chaleureux à ma Tata zizoua et ses filles Amira et Chibla qui m'ont énormément aidées et avec qui j'ai passée des moments agréables à Paris.

Un remerciement à ma Tata Nabila et sa fille Iness

A mes meilleurs amies Amina Benyahia, Mahassine Boukhemiss, Selma Abdelmajid et Rama tourée

A L'ESG de Guelma

Enfin je remercie tous ceux dont la compétence et les conseils m'ont permis de réaliser cette thèse et ses productions scientifiques.

Ce travail n'aurait jamais touché à ses fins sans l'aide de



► **Pour citer cette version**

Yassamine Bara 2021. Degré d'Eutrophisation de Garâet Hadj Tahar (Eco complexe de Guerbes Sanhadja) et Utilisation de l'Espace par l'Avifaune Aquatique, Biodiversité et Conservation, Thèse de doctorat, Université Larbi Ben M'Hidi, Oum El Bouaghi, Algérie.

Table des matières

Résumés en français	
Résumés en anglais	
Résumé en arabe	
Liste des signes et des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
	pages
Introduction générale	01
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I. Aperçu générale sur les zones humides	
I.1. Définition d'une zone humide	04
I.2. Convention de Ramsar	05
I.3. Les zones humides Algériennes	06
I.4. Les zones humides Méditerranéennes	08
I.5. Les zones humides dans le monde	08
I.6. Fonctions des zones humides	09
I.6.1. Fonction biologique	09
I.6.2. Fonction hydrologique	09
I.6.3. Fonction socioéconomique	09
I.6.4. Fonction biogéographique	10
I.6.4.1. Cycle du phosphore	10
I.6.4.2. Cycle de l'azote	11
I.7. L'avifaune aquatique bio indicateur des zones humides	13
II. Eutrophisation des zones humides	
II.1. Définition de l'Eutrophisation	15
II.2. Origine du phénomène	15
II.3. Etapes de l'Eutrophisation	17
II.4. Impacts et conséquences de l'Eutrophisation	18
II.5. Le phytoplancton d'eau douce	21
II.5.1. Les Diatomophycées	21
II.5.2. Les Cyanobactéries	22
II.5.3. Les Euglenophycées	22
II.5.4. Les Chlorophycées	23
II.5.5. Les Zygnematophycées	24
II.6. Influence du degré trophique sur l'avifaune aquatique	24

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I. Caractérisation du milieu d'étude

I.1. Présentation générale de l'éco complexe de Guerbes Sanhadja	27
I.1.1. Contexte géologique	29
I.1.2. Contexte hydrographique	31
I.1.3. Caractéristique climatique	33
I.1.3.1. La température	33
I.1.3.2. La pluviométrie	34
I.1.3.3. Le vent	35
I.1.4. Synthèse climatique	35
I.1.4.1. Diagramme pluvio thermique	35
I.1.4.2. Quotient d'Emberger	36
I.1.5. Cadre biotique	38
I.1.5.1. Faunes	38
I.1.5.2. Flores	43
I.2. Situation et cadre géographique de Garâet Hadj Tahar	44
I.3. Perturbations anthropiques sur l'air d'étude	46
I.4. Choix et localisation des stations de prélèvement – Procédure d'échantillonnage	48
I.5. Conservation et transport des échantillons	49
I.6. Analyse des descripteurs biotiques	49
I.6.1. Mesures sur terrain (<i>in situ</i>)	49
I.6.2. Mesures au laboratoire	51
I.6.2.1. Dosage des nitrates (NO_3^-)	51
I.6.2.2. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)	51
I.6.2.3. Dosage de l'ortho phosphate (PO_4^{3-})	52
I.6.2.4. Détermination de la matière en suspension (MES)	52
I.7. Analyse biologique	54
I.7.1. Dosage de la Chlorophylle (a)	54
I.7.2. Identification et dénombrement du peuplement phytoplanctonique	56

II. Avifaune aquatique

II.1. Structure et statut phenologique des populations aviennes	59
II.2. Fréquence de dénombrement	59
II.3. Choix des points clés d'observation	59
II.4. Matériel écologique utilisé	60
II.5. Mise en place de la stratégie de dénombrement	60
II.6. Modalité et distribution spatio temporelle des populations aviennes	61
II.7. Calcul des indices de diversité	61
II.7.1. Abondance de l'avifaune (N)	61
II.7.2. Richesse spécifique (S)	61
II.7.3. Indice de Shannon et Weaver (H')	61

II.7.4. Indice d'Equitabilité de Pielou (E)	61
II.8. Traitement statistique des données	63

Chapitre III : Résultats et Discussion

I. Caractérisation du milieu

I.1. Caractéristiques des descripteurs biotiques et abiotiques	64
I.1.1. Température de l'eau	64
I.1.2. pH	65
I.1.3. Conductivité Electrique	66
I.1.4. Turbidité	66
I.1.5. Nitrate (NO_3^-)	67
I.1.6. Azote ammoniacal (NH_4^+)	68
I.1.7. Ortho phosphate (PO_4^{3-})	69
I.1.8. Matière en suspension (MES)	70
I.1.9. Chlorophylle (a)	71
I.2. Etude du peuplement phytoplanctonique	72
I.2.1. Etude qualitative du phytoplancton	72
I.2.1.1. Composition phytoplanctonique de Garâet Hadj Tahar	72
I.2.1.2. Fréquence spécifique du phytoplancton récoltée	73
I.2.2. Etude quantitative du phytoplancton	87
I.2.2.1. Dynamique saisonnière du phytoplancton	87

II. Phénologie et écologie de l'avifaune aquatique

II.1. Phénologie	88
II.1.1. Famille des Podicipedidés	88
II.1.2. Famille des Phalacrocoracidés	90
II.1.3. Famille des Ardéidés	91
II.1.4. Famille des Ciconiidés	99
II.1.5. Famille des Threskiornithidés	100
II.1.6. Famille des Phoenicoptéridés	103
II.1.7. Famille des Anatidés	104
II.1.8. Famille des Falconidés	119
II.1.9. Famille des Pandinidés	119
II.1.10. Famille des Accipitridés	121
II.1.11. Famille des Rallidés	121
II.1.12. Famille des Récurvirostridés	127
II.1.13. Famille des Charadriidés	128
II.1.14. Famille des Scolopacidés	131
II.1.15. Famille des Laridés	143
II.1.16. Famille des Alcedinidés	145
II.2. Analyse des indices écologiques	147
II.2.1. Abondance totale	147

II.2.2. Richesse spécifique	147
II.2.3. Indice de diversité de Shannon-Weaver	148
II.2.4. Indice d'Equitabilité	148
II.3. Analyse multi variée des données	152
Discussion générale	153
Conclusion générale	159

Références bibliographiques

Annexes

Résumé :

L'intérêt écologique et biologique de Garâet Hadj Tahar et son importance en tant que site Ramsar nous ramène dans cette récente recherche à ce concentrer dans un premier temps sur l'étude de la diversité, l'abondance et la phénologie des espèces aviennes qui colonisent le site, mais aussi à identifier l'effet des facteurs environnementaux (T, pH, CE, Turb, MES, Chlr-a, NO₃, NH₄⁺ et PO₃⁻⁴) sur la composition des populations aviennes pendant un cycle annuel allant de (Janvier à Décembre 2018), Notre suivi régulier a permis d'inventorié 52 espèces appartenant à 16 familles, les Anatidés ont été les plus abondants et les plus diversifiés avec (12 espèces), suivit par les Scolopacidés (11 espèces), les Ardéidés (6 espèces), les Rallidés, les Charadriidés et les Laridés (3 espèces), les Podicipidés, les Récurvirostridés, les Threskiornithidés avec (2 espèces), les Phalacrocoracidés, les Ciconiidés, les Phoenicoptéridés, les Falconidés, les Accipitridés, les Pandionidés, et les Alcedinidés avec une seule espèce, au milieu de ces espèces 4 sont signalées comme rare sur la liste rouge de l'UICN le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris*, la Poule sultane *Prophyrio prophyrio*, les valeurs les plus élevées des indices de diversité ont été observées durant la période hivernale avec (H' = 3,49 bits/individu) pendant le mois d'Octobre et (E = 0,48) pendant le mois de Novembre, les résultats de la régression de modélisation multiple Manova font apparaître une variabilité inter-mois du nombre d'individus et la diminution des oiseaux aquatiques entre la garâet et les zones humides de repos du complexe Guerbes-Sanhadja est due à leurs exigences écologiques surtout les activités diurnes (alimentation, repos et sommeil), le calcul de la coefficient de corrélation de Pearson montre que l'abondance des oiseaux d'eau a été corrélée positivement avec la T, pH, Chlr-a et NO₃-N (P < 0.05). Le degré de pollution de cette zone humide révèle une eau contaminée de qualité légèrement trouble, fortement minéralisée avec des concentrations très élevées en Orthophosphate et en Azote ammoniacal qui dépassent la norme, l'étude phytoplanctonique nous a permis d'identifier 31 genres dont 4 genres de cyanobactéries qui sont potentiellement toxiques *Oscillatoria*, *Plantothrix*, *Lyngbya* et *Merismopedia*.

Mots Clés : Zone humide, degré de pollution, Phytoplancton, Ecologie des oiseaux d'eau, Phénologie.

Abstract:

The ecological and biological interests of Garaet Hadj Tahar and its importance as a Ramsar site leads us in this recent research to focus initially on the study of the diversity, the abundance and the phenology of the avian species which colonize the study site and also to identify the effects of some environmental factors such as (T, pH, CE, Turb, MES, Chlr-a, NO₃⁻, NH₄⁺ and PO₄⁻³) on the avian composition during an annual cycle from January to December 2018. In our regular monitoring we have listed 52 species belonging to 16 families the Anatidae were the most abundant family and the most diverse with (12 species) followed by the Scolopacidae (11 species), the Ardeidae (6 species), the Rallidae, the Charadriidae and the Laridae with (3 species), the Podicipedidae, the Recurvirostridae and the Threskiornithidae with (2 species), the Phalacrocoracidae, the Ciconiidae, the Phaenicopteridae, the Falconidae, the Accipitridae, the Pandinidae, and the Alcedinidae with only one species, among these species 4 are reported as rare on the IUCN Red List le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris*, la poule sultane *Prophyrio prophyrio*, the highest values of ecological index were recorded in winter with (H' = 3,49 bits/individuals) during Octobre and (E = 0,48) during November. The results of multivariate regression of Manova test showed inter month variability in the number of individuals, the movement of waterbirds between Garaet Hadj Tahar and rest wetlands of Guerbes-Sanhadja complex is due to their ecological requirement especially diurnal activities (feeding, resting and sleeping), the calculation of the pearson correlation coefficient demonstrates that the abundance of waterbirds is positively correlated to T, pH, Chlr-a and NO₃ (P <0.05). The level of pollution of this wetland has allowed us to reveal a contaminated water of slightly cloudy quality, strongly mineralized with very high concentrations of Orthophosphate and Ammoniacal nitrogen that exceed the standard, The phytoplankton study identified 31 genera including 4 genera of cyanobacteria which are potentially toxic *Oscillatoria*, *Planktothrix*, *Lyngbya* and *Merismopedia*.

Key words: Wetland, level of pollution, Phytoplankton, Waterbirds Ecology, Phenology Statut.

المخلص:

الاهتمام البيئي و البيولوجي لبحيرة حاج الطاهر و أهميتها كموقع رامسار مكننا من ناحية البحث على التركيز في دراسة تنوع ووفرة و فينولوجيا أنواع الطيور التي استعمرت الموقع و من ناحية أخرى في تحديد تأثير العوامل البيئية على تكوين مجموعات الطيور خلال الدورة السنوية التي تتراوح من يناير إلى ديسمبر 2018

من خلال التتبع المنتظم تم ملاحظة 52 نوعا ينتمي إلى 16 عائلة كما أن عائلة البطيات هي الأكثر وفرة و تنوعا 12 نوعا تليها عائلة دجاجيات الأرض 11 نوعا البلشونيات 6 أنواع الشاطئيات, زقراقيات, النورسيات 3 أنواع, الغطاسيات, أبو منجليات, النكاتيات نوعين, الغاقيات, اللققيات, النحاميات, الصقريات, البازيات, الساريات, الفراقيات نوع واحد قد لوحظت في بحيرة الحاج الطاهر أن بعضها مسجل كأصناف نادرة على القائمة الحمراء للاتحاد الدولي من

أجل حماية البيئة مثل *Oxyura leucocephala*, *Aythya nyroca*,

prophyrio Prophyrio Marmaronetta angustirostris

تم تسجيل القيم الأكثر ارتفاعا للمؤشرات البيئية في فترة التشتية حيث كان $H^2=3,49$ في شهر أكتوبر و $E = 0,48$ في شهر نوفمبر

تظهر نتائج *Manova* وجود تباين بين الأشهر في عدد الأفراد انخفاض عدد الطيور المائية بين المناطق الراحة الرطبة في مركب قرباز صنهاجة يرجع الى متطلباتهم البيئية و خاصة الأنشطة النهارية (الطعام الراحة و النوم) حساب معامل الارتباط *Pearson* يدل على أن وفرة الطيور المائية ترتبط ارتباطا ايجابيا مع درجة الحرارة درجة الحموضة النترات و الكلوروفيل (أ)

درجة تلوث هذه المنطقة الرطبة تكشف عن وجود مياه ملوثة ذات جودة غائمة معدنة بشدة و ذات تركيزات عالية جدا من الأمونيا و الأرتوفوسفات مكنتنا الدراسة التصنيفية للعوالق النباتية المجهرية من تحديد 31 نوع من بين ذلك 4 أنواع من البكتيريا الزرقاء السامة

Planktothrix, *Merismopedia*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*

الكلمات المفتاحية : منطقة رطبة, درجة التلوث, العوالق المجهرية, ايكولوجيا الطيور المائية, نظام فينولوجي

Liste des signes et des abréviations

CCA : Analyse Canonical des Correspondance.

CE : Conductivité Electrique.

Chrl-a : Chlorophylle (a).

DGF : Direction générale des forêts.

E : Est.

GPS : Global Postioning System.

Gr : Grossissement.

H₂SO₄ : Acide sulfurique.

hm³ : Hectomètre cubes.

ILEC : International lake environment committee.

Ind/ml : Individus par millilitre.

ISO : International Organization for Standardization.

IUCN : The International Union for Conservation of Nature.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

MATE : Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

Max : Maximum.

MES : Matière en suspension.

Min : Minimum.

Moy : Moyenne.

N : Nord.

N₂ : l'azote gazeux.

Na OH : Hydroxyde de sodium.

NH₄⁺ : l'azote ammoniacal.

NO₃⁻ : le nitrate.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

P : Précipitation.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

PO₄³⁻ : l'ortho phosphate.

SCOR UNESCO : Comité scientifique sur la recherche océanique de l'organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

Sp : Espèce.

T : Température.

tour/mn : tours par minute.

Turb : Turbidité.

UNESCO : l'organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

V : Volume.

WWF-Inter : World wildlife fund international.

λ : Longueur d'ondes.

Liste des figures

Figure	Titre	Pages
01	Représente les zones humides des 48 wilayat d'Algérie (D.G.F, 2004)	04
02	Représente la répartition des zones humides les plus importantes dans le monde (Ochoa-Salazar, 2008)	05
03	Le cycle du Phosphore et de l'Azote dans le milieu aquatique (Gérard, 1991)	09
04	Représente l'eutrophisation dans différents plans d'eau	13
05	Schéma récapitulatif des conséquences de l'Eutrophisation (désoxygénation, production de toxines) sur l'environnement aquatique (Lacaze, 1996)	17
06	Représente trois poussins de canard et une foulque mourante, et des fientes verdâtres qui témoignent une diarrhée (Abdeslam et al, 2017)	22
07	Coupe géologique de Guerbes Sanhadja (Boulkenafet, 2008)	23
08	Carte hydrologique de Garâet Hadj Tahar (Eco complexe de Guerbes Sanhadja, Nord Est de Skikda) (Carte personnelle)	27
09	Moyenne mensuelle des Températures de la région de Skikda (Janvier à Décembre 2018)	30
10	Moyenne mensuelle des précipitations de la région de Skikda (Janvier à Décembre 2018)	31
11	Moyenne mensuelle de la vitesse du vent de la région de Skikda (Janvier à Décembre 2018)	32
12	Diagramme pluviothermique pour la région de Skikda pour la période (Janvier à Décembre 2018)	33
13	Situation de la région de Skikda dans le Climmagramme d'Emberger (Janvier à Décembre 2018)	34
14	Biodiversité faunistique de Garâet Hadj Tahar (Eco complexe de Guerbes Sanhadja)	38

15	Biodiversité floristique de Garâet Hadj Tahar (Eco complexe de Guerbes Sanhadja)	40
16	Localisation géographique de l'Eco complexe de Guerbes Sanhadja et de Garâet Hadj Tahar (Bara Y et al, 2020)	41
17	Choix et localisation des stations de prélèvement	42
18	Protocole d'échantillonnage sur terrain d'étude	45
19	Protocole expérimental du dosage de la chlorophylle (a) (Brient et al, 2001 ; Saoudi, 2015)	47
20	Protocole expérimental de l'étude phytoplanktonique	52
21	Variations mensuelles de la température de l'eau de Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018).	55
22	Variations mensuelles du potentiel d'hydrogène dans Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018)	61
23	Variations mensuelles de la conductivité électrique de Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018).	62
24	Variations mensuelles de la turbidité de l'eau de Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018)	63
25	Variations mensuelles des nitrates dans Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018).	64
26	Variations mensuelles de l'azote ammoniacal dans Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018).	65
27	Variations mensuelles de l'orthophosphate dans Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018).	65
28	Variations mensuelles de la matière en suspension dans Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018).	66
29	Variations mensuelles de la chlorophylle (a) dans Garâet Hadj Tahar (Janvier à Décembre 2018)	67
30	Composition de la communauté phytoplanktonique de Garâet Hadj Tahar	68

31	Variation du nombre total d'espèce phytoplanctonique en fonction des mois et des stations d'étude	69
32	Variations spatio temporelles du phytoplancton de Garâet Hadj Tahar en fonction des stations et des saisons	70
33	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Grébe à cou noir, (B) Grébe huppé dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	84
34	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Grébe castagneux, (B) Grand Cormoran dans Garâet Hadj Tahar durant (Janvier à Décembre 2018)	86
35	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Héron crabier, (B) Héron bihoreau dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	88
36	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Héron garde bœuf, (B) Grande aigrette dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	90
37	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Aigrette garzette, (B) Héron cendré dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	92
38	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Cigogne blanche, (B) Ibis falcinelle dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	95
39	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Spatule blanche, (B) Flamant rose dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	98
40	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Canard colvert, (B) Canard chipeau dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	100
41	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Canard siffleur, (B) Canard pilet dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	102
42	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Canard souchet, (B) Sarcelle d'hiver dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	104

43	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Sarcelle marbrée, (B) Sarcelle d'été dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	107
44	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Fuligule milouin, (B) Fuligule nyroca dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	109
45	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Fuligule morillon, (B) Erismature à tête blanche dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	112
46	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Balbuzard pêcheur, (B) Busard roseau dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	115
47	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Faucon d'Eléonore, (B) Poule d'eau dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	117
48	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Talève sultane, (B) Foulque macroule dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	120
49	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Echasse blanche, (B) Avocette élégante dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	125
50	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Petit Gravelot, (B) Gravelot à collier interrompu dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	127
51	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Grand Cravelot, (B) Bécasseau cocorli dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	129
52	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Bécasseau variable, (B) Bécasseau minute dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	131
53	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Pluvier argenté, (B) Barge à queue noire dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	133

54	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Chevalier arlequin, (B) Chevalier gambette dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	135
55	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Bécasseau maubéche, (B) Chevalier stagnatile dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	137
56	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Chevalier aboyeur, (B) Chevalier sylvain dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	139
57	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Goéland leucophée, (B) Mouette rieuse dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	141
58	Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Guifette moustac, (B) Martin pêcheur dans Garâet Hadj Tahar durant la période (Janvier à Décembre 2018)	143
59	Evolution des indices écologiques. (A) : Abondance totale, (B) : Richesse spécifique, (C) : Indice de Shannon et Weaver, (D) : Indice d'Equitabilité	148
60	Représente les variables sur le plan factoriel 1x3 de la CCA (Analyse Canonical des Correspondances).	149

Liste des tableaux

Tableau	Titre du tableau	Pages
01	Illustre les principales Garâets dans le bassin versant d'Oued El Kebir Ouest (Metallaoui, 2008)	25
02	Données météorologiques de la région de Skikda de (Janvier à Décembre 2018, Source : the climate data www.tutiempo.net)	30
03	Listing des espèces d'odonates de Garâet Hadj Tahar (Samraoui et al, 1997 ; Baaloudj, 2008)	37
04	Inventaire taxonomique du phytoplancton dans les deux stations d'échantillonnage de Garâet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018)	71
05	Classification systématique du genre <i>Gomphonema</i> (Bacillariophycées) (Algaebase.org)	73
06	Classification systématique du genre <i>Pinnularia</i> (Bacillariophycées) (Algaebase.org)	74
07	Classification systématique du genre <i>Nitzschia</i> (Bacillariophycées) (Algaebase.org)	75
08	Classification systématique du genre <i>Oscillatoria</i> et du genre <i>Lyngbya</i> (Cyanobactéries) (Algaebase.org)	76
09	Classification systématique du genre <i>Merismopedia</i> (Cyanobactérie) (Algaebase.org)	77
10	Classification systématique du genre <i>Phacus</i> et du genre <i>Lepocinclis</i> (Euglénophycées) (Algaebase.org)	78
11	Classification systématique du genre <i>Euglena</i> (Euglénophycées) (Algaebase.org)	79
12	Classification systématique du genre <i>Trachelomonas</i> (Euglenophycées) (Algaebase.org).	80
13	Classification systématique du genre <i>Mougeotia</i> (Zygnematophycées) (Algaebase.org).	81

14	Classification systématique du genre <i>Acutodesmus</i> et du genre (Chlorophycées) (Algaebase.org)	82
15	Classification systématique du genre <i>Sphaerocystis</i> (Chlorophycées) (Algaebase.org)	83
16	Listing détaillée et phénologie des espèces aviennes qui fréquentent Garâet Hadj Tahar durant (Janvier à Décembre 2018)	146

Introduction

Générale

Introduction générale

Le bassin méditerranéen est l'un des vingt-cinq « Hot spots » ou « Point chauds » de la planète, catalogué de zone de haute biodiversité (*Myers et al, 2000*).

Il est important de noter aussi que, la région méditerranéenne est un centre d'endémisme et une région à forte biodiversité du fait de ses fonctions passées de refuges glaciaires (*Petit et al, 2002*), et aussi pour son rôle d'habitat permanent ou temporaire (migrations) pour les oiseaux (*Board, 2005*).

L'Algérie par sa position géographique qui compte plus de 1400 zones humides, sa configuration physique et la diversité de son climat, ce qui lui confère une importante richesse de zones humides qui jouent un rôle important dans les processus vitaux (*Aib, 2014*).

Les zones humides sont notamment parmi les milieux les plus productifs du monde. Elles sont le berceau de la diversité biologique, fournissant l'eau et la productivité primaire dont un nombre incalculable d'espèces de plantes et d'animaux (principalement les oiseaux d'eau) dépendent pour leur survie (*Ramsar, 2013*).

Elles ne recouvrent que 6% de la surface des terres émergées de notre planète (*Skinner et al. 1995*) et hébergent 15% de la faune mondiale (*Lévêque et al, 2005*).

Les oiseaux d'eau constituent la plus importante composante faunistique de ces zones humides, se sont de bons indicateurs de la qualité des écosystèmes. Ils jouent un rôle prépondérant dans le maintien de l'équilibre de ces milieux (*Zitouni, 2014*) notamment dans la chaîne trophique au sein des sites et des milieux.

Malgré leurs aspects positifs et leurs intérêts écologiques on constate aujourd'hui, que presque la moitié des milieux humides du pourtour méditerranéen sont asséchées et transformées au profit de l'agriculture, l'urbanisation et l'industrie (*Costa et al, 1996*), ce qui peut conduire à leur disparition et à leur stérilisation ainsi qu'à la dégradation de la qualité de leurs eaux (*Finlayson et al, 1992 ; Pearce et Crivelli, 1994*).

Les principaux facteurs menaçant les zones humides sont le plus souvent les assèchements, au profit de pratiques agricoles, les pollutions qui provient des rejets des eaux usées (domestiques et industrielles), résidus de pesticides provoquant l'eutrophisation la chasse et le braconnage qui déciment la faune des zones humides, le surpâturage et/ou les dérangements par les troupeaux, l'eutrophisation et le tourisme (*Houhamdi, 2002 ; Metallaoui, 2010*).

Toutes ces régressions et ces modifications qui peuvent se dérouler dans l'ensemble des écosystèmes peuvent avoir de sérieuse conséquence sur le peuplement avien qui colonise le site et peut engendrer un changement dans leurs dynamiques et dans leurs statuts phénologiques, c'est pour cette raison que les Scientifiques se basent sur ces populations pour estimer l'état de santé des zones humides.

Afin d'actualiser nos connaissances sur la diversité de toutes les espèces aviennes de garâet Hadj Tahar (Eco-complexe de Guerbes Sanhadja) nous avons réalisés un suivi à long terme des oiseaux aquatiques durant un cycle annuel de (Janvier 2018 à Décembre 2018).

Dans cette optique nous proposons d'abord de contribuer à leurs connaissances écologiques, de connaître leurs structures, leurs phénologies ainsi que leurs modalités de distribution dans l'espace et dans le temps.

Ensuite nous projetons d'identifier l'effet de quelques paramètres biotiques et abiotiques (tels que : la température de l'eau, la productivité primaire, les éléments nutritifs...etc.) qui sont susceptibles de peser sur la répartition des espèces aviennes.

Pour l'évaluation du degré d'eutrophisation de cette zone humide nous nous sommes basés sur les objectifs suivants :

- Le premier consiste à suivre la qualité de l'eau de Garâet Hadj Tahar par l'analyse des principaux descripteurs biotiques et abiotiques.
- Déterminer la dynamique spatio temporelle du peuplement phytoplanctonique qui colonise le plan d'eau.
- Réaliser une check-list détaillée des espèces microalgales rencontrées durant la période d'étude.

Dans ce contexte, notre thèse est subdivisée en trois volets interdépendants :

Le premier volet représente une synthèse bibliographique qui donne un aperçu générale sur les zones humides, leurs fonctions, notamment sur l'eutrophisation et son impact sur l'avifaune aquatique.

Le deuxième volet est consacré pour donner une description générale de la zone d'étude avec ses caractéristiques géologiques, son hydrologie, sa diversité faunistique et florestique ainsi que les différentes méthodologies élaborées au cours de cette études.

Le troisième et dernier volet décrit les différents graphes et les histogrammes auxquels nous avons parvenus dans cette étude avec des résultats bien détaillés et discutés.

Et pour finir une conclusion générale qui englobe cette étude avec quelques recommandations proposées pour clôturer la thèse.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. Aperçu générale sur les zones humides

I.1. Définition d'une zone humide

Le terme de zone humide est apparu en France à la fin des années 1960 introduit par les scientifiques et protecteurs de la nature, cette expression est une traduction du mot « wetland » utilisé aux USA depuis le 17^{ème} siècle.

Par la suite plusieurs définitions ont été attribuées aux Zones humides, d'après (*Dugan, 1993 ; Curie, 2006*) le nombre de définition des zones humides dépassent les 50 dans le monde entier.

I.2. Définitions juridiques et scientifiques des zones humides

La convention de Ramsar adopte une optique large pour définir les zones humides placées sous son égide. Selon le texte de la convention (**Article 1.1**) les zones humides sont :

« Etendues des 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 ».

Selon (**l'Article 2.1**) :

« inclure des zones de rives ou de cotes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à six mètres à marée basse, entourées par la zone humide » (*Ramsar, 2013*).

Dans le programme MedWet, ils ont gardés la même définition qui a été adopté dans la convention de Ramsar (*Iran, 1971*), mais ils ont inclus toutes les zones humides de l'ensemble du bassin méditerranéen, autrement dit, non seulement les rivières, les lacs, les marais et les tourbières, mais aussi les sebkhas, chotts et oasis, les réseaux hydriques souterrains, ainsi que toutes les zones côtières des pays et entité membres¹

Aux États-Unis, (*The National Research Council, 1995*) a élaboré une définition de la zone humide qui repose sur trois facteurs : l'eau, le sol et la diversité biologique : « Une zone humide est un écosystème qui dépend de l'inondation peu profonde, constante ou récurrente ou de la saturation du substrat, à la surface ou à proximité de celle-ci. Les caractéristiques essentielles minimales d'une zone humide sont l'inondation soutenue, récurrente ou la saturation à la surface ou à proximité de celle-ci ainsi que la présence de caractéristiques physiques, chimiques et biologiques reflétant ce type d'inondation ou de saturation. Les caractéristiques communes du diagnostic des zones humides sont les sols hydromorphes et la végétation hydrophyte,

ces caractéristiques doivent être présentes, sauf là où des facteurs spécifiques physicochimiques, biotiques ou anthropogéniques les ont éliminées ou ont empêché leur développement » (*Rapinel, 2012*).

Toutefois, la définition française la plus « officielle » et la plus reprise dans les documents français est celle de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 : « On entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par les plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année » (*Narbeburu, 2014*).

L3. Convention de Ramsar sur les zones humides

Les zones humides sont le seul groupe d'écosystème doté d'une convention internationale (*Turner et al, 2000 ; Zare, 2015*).

En raison de leur caractère éphémère et de leur petite taille, ces milieux fragiles et vulnérables régressent rapidement sous l'influence de diverses pressions anthropiques drainage, aménagement agricole, pâturage, pollution (*Samraoui et al, 1998*).

Durant les dernières décennies, les études sur les zones humides ont pris une grande importance, après avoir clairement démontré leur rôle écologique significatif en tant que source de richesse durable.

Cela a conduit à la mise en place de politiques destinées à protéger, conserver et gérer ces ressources (*Montes et al, 2007*).

Cette hiérarchie s'est traduite par une convention sur les zones humides qui s'appelle la convention de Ramsar.

En effet, cette dernière représente le premier traité gouvernemental moderne d'envergure mondiale, elle a été adoptée le 2 février 1971 dans la ville Iranienne de Ramsar, sur les berges méridionales de la mer Caspienne, elle a pour mission :

« La conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales, régionales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier ».

Elle est conçue comme un moyen d'attirer l'attention internationale sur le rythme de la disparition des habitats des zones humides, qui sont dues à la méconnaissance de leurs importantes fonctions et valeurs et des biens et services précieux qu'elles fournissent, les gouvernements qui adhèrent à la convention

expriment ainsi leur volonté de contribuer activement à inverser la tendance historique à la perte et à la dégradation des zones humides (*Ramsar, 2013*).

La convention de Ramsar est entrée en vigueur en Algérie le 3 mars 1984, d'après le rapport de l'atlas des zones humides d'importance internationale en 2004 a évoquée que l'Algérie a élaborée en 1990 un recensement préliminaires qui a révélés l'existence de 254 zones humides Algériennes, parmi ce nombre uniquement 60 ont été reconnus et considéré comme des sites Ramsar d'importance internationale.

Aujourd'hui, grâce aux nouveaux inventaires le nombre des zones humides a évolué et a dépassé le millier si on inclut les oueds, grottes, oasis, daya, et les zones côtières.

L'Autorité de la Convention de Ramsar en Algérie et la Direction Générale des Forêts, ont inscrits 26 zones humides sur la Liste Ramsar, deux sites en 1982, dix sites en 2001 et 13 sites en 2003.

En 2004, grâce à un troisième projet financé par le Programme "eaux vivantes" du Fonds Mondial pour la nature (WWF-International), la Direction Générale des Forêts a lancé une troisième campagne visant l'inscription de 16 nouvelles zones humides d'une superficie de plus de 167.632 hectares (Boumezbour, 2004).

Ces milieux humides Algériennes ne cessent de se découvrir et d'augmenter d'une année à une autre, elles se répartissent sur tout le territoire : montagne, littoral, hauts plateaux et Sahara (*Tandjir, 2011*).

I.4. Les zones humides Algériennes

En Algérie, les zones humides sont composées de lacs, de marais, de cours d'eau, de barrages, de chotts, de sebkhas et de gueltas.

Ces zones sont fortement productives par la présence de tous les maillons de la chaîne alimentaire et hébergent des oiseaux d'eau à caractère remarquables qui utilisent ces sites comme lieu de repos, de reproduction et d'hivernage.

Le Parc National d'El-Kala englobe la zone humide la plus importante en Algérie. Elle est d'ailleurs classée comme la plus importante réserve de la biosphère par l'UNESCO.

Cette région représente la zone d'accueil en hiver de près de 55% du total des oiseaux d'eau transitant par notre pays. Vu le potentiel de reproduction des oiseaux d'eau, les deux lacs Oubeira et Tonga ont été classés au titre de la convention Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale (*M.A.T.E., 2000*).

En deuxième position viendra la plaine de Guerbes Sanhadja (Skikda) qui constitue un ensemble très important de zone humide Algérienne, elle contient des sites d'importance internationale (environ une trentaine de lacs et de marais) qui fournissent des cas représentatifs rares et/ou uniques de type de zone humide naturelle que ce soit pour le Maghreb, l'Afrique du Nord, la sous région Afrique du Nord, Afrique centrale ou même la région méditerranéenne (Metallaoui, 2010).



Figure 1. Représente les zones humides des 48 wilayat d'Algérie (D.G.F, 2004).

Les Hautes plaines et les plaines steppiques accentuées par une sécheresse estivale très prononcée, renferment principalement des Chotts et des Sebkhass, des lacs salés continentaux de très faible profondeur qui, sur le plan quantitatif, constituent le type de zone humide le plus important d'Algérie.

Plus au Sud, dans la zone désertique caractérisée par une très faible pluviométrie, existe un réseau hydrographique fossile extrêmement ramifié représenté en surface par des lits d'oued et des Oasis.

Enfin, dans les grands massifs montagneux de l'Atlas Saharien, se trouvent de nombreuses autres zones humides appelées Gueltas, qui sans doute, constituent des sites importants pour l'avifaune traversant le Sahara (D.G.F., 2001).

I.4. Les zones humides méditerranéennes

La région méditerranéenne est un centre d'endémisme et une région à forte biodiversité du fait de ses fonctions passées de refuges glaciaires (*Petit et al, 2002*), elle se distingue par sa grande variété de zones humides qui englobe des : estuaires, deltas, marais, lacs, oasis, plaines inondables, marais salants naturels et artificiels et des réservoirs (*Pearce et al, 1994*), et dispose de près de 28 500 km² de zones humides constitués de 6 500 km² de lagune côtière, 12 000 km² de lacs et marais naturels et jusqu'à 10 000 km² de zones humides composées essentiellement de lacs et de barrages à l'intérieur des terres (*Allaoua, 1997*).

La plupart de ces zones humides méditerranéennes se concentre sur la frange littorale, zones lagunaires du Languedoc-Roussillon en France, zones deltaïques du Rhône, du Nil en Egypte, de l'Ebre en Espagne ou encore de la Medjerda en Tunisie (*Mathevet, 2006*).

I.5. Les zones humides dans le monde

L'extension globale des zones humides est estimée entre 5,3 et 8,6 millions de km² soit à peu près 6 % des surfaces continentales (*Mitsch, 1994 ; Lointier, 1996*).

L'aire géographique des "wetlands" est très largement répartie sur le globe, comportant des zones humides continentales, comme en Amazonie ou au Canada, et des zones humides proches de l'océan ou en contact avec celui-ci.

De nombreuses zones humides se situent aussi dans la bande intertropicale et peuvent appartenir à de grands systèmes deltaïques, comme celui de l'Orénoque ou du Manipur en Inde (*Lointier, 1996*).



Figure 2. Représente la répartition des zones humides les plus importantes dans le monde (*Ochoa-Salazar, 2008*).

I.6. Fonctions des zones humides

Les zones humides sont des régions où l'eau est le principal facteur déterminant l'environnement et la vie végétale et animale associée (*Ramsar, 2013*), elles remplissent des fonctions écologiques considérables comme :

I.6.1. Fonctions biologiques

Les zones humides sont un lieu privilégié pour les animaux et les plantes, car elles recèlent de nombreuses ressources nutritives et sont le siège d'une production de biomasse importante (*Nehlig-Burnouf, 2012*).

Ces milieux humides servent, d'abri, de nourrissage et de reproduction pour de nombreuses espèces. Elles constituent des étapes migratoires, des lieux de reproduction ou d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques et de poissons (*De Groot et al, 2007*).

I.6.2. Fonctions hydrologiques

Les zones humides ont aussi un rôle déterminant dans la régulation des régimes hydrologiques. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une éponge (*Chambaud et al, 2003*).

C'est-à-dire, Tous les milieux humides constituent des réservoirs où les eaux provenant des pluies sur leurs bassins versants, de nappes ou de cours d'eau voisins, s'accumulent pendant des temps plus ou moins longs. Cette capacité de stocker l'eau permet aux milieux humides d'exercer un contrôle sur les crues, de contribuer à la recharge de nappes et au soutien des étiages dans les cours d'eau, de réduire l'énergie des eaux et leurs capacités érosives, d'intervenir dans la recharge des débits solides tout en participant, de façon majeure, au maintien de l'intégrité des écosystèmes (*Barnaud et al, 2007*).

I.6.3. Fonctions socio économiques

Du point de vue social, tout au long de l'histoire et aujourd'hui encore, les zones humides ont été associées à une grande diversité de cultures et de peuples qui dépendent d'elles pour assurer leur subsistance, actuellement, la beauté de leurs paysages et la diversité de leurs environnements constituent une excellente ressource pour les loisirs et le tourisme.

Il existe de nombreuses activités économiques liées aux zones humides : pêche, chasse, production de sel, culture du riz...etc. Ce qui implique des bénéfices pour les habitants et pour les populations situées en aval et sur la côte (*Montes et al 2007*).

I.6.4. Fonctions biogéochimiques

Les zones humides sont des filtres naturels qui participent au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau. Elles retiennent ou éliminent les matières en suspension, les polluants tels que les métaux lourds ou les produits phytosanitaires. L'efficacité du pouvoir épurateur d'une zone humide augmente ou diminue selon le temps de séjour de l'eau (son temps d'écoulement).

Les zones humides possèdent également un pouvoir de dénitrification et de déphosphatation, grâce aux processus chimiques qui se font, en son sein. Ces processus permettent de dégrader l'azote et le phosphore de l'eau (*Azur, 2013*).

I.6.4.1. Cycle du Phosphore

Le phosphore provient de l'altération physique, chimique et biologique des roches, il circule à travers les divers compartiments de la biosphère sous de nombreuses formes minérales et organiques, mais n'adopte pas de formes gazeuses, dans les milieux naturels il reste peu abondant (*Barnaud et al, 2007*).

Le phosphore est l'élément limitant de la production primaire, ainsi tout apport de ce nutriment dans les cours d'eau ou les plans d'eau est susceptible de stimuler la croissance des plantes et des algues dans ceux-ci (*Aounallah, 2016*).

Lors de la minéralisation du phosphore par les microorganismes, les composés organiques phosphorés sont progressivement simplifiés et transformés en phosphates solubles PO_4^{3-} , ces derniers très rapidement assimilés et recyclés par les organismes, et présent dans l'eau en très faibles quantités.

Lorsque le milieu est bien oxygéné, le phosphore se combine à d'autres éléments Fer ou l'Aluminium (Fe-P, Al-P) pour former des complexes insolubles qui précipitent au niveau de la vase.

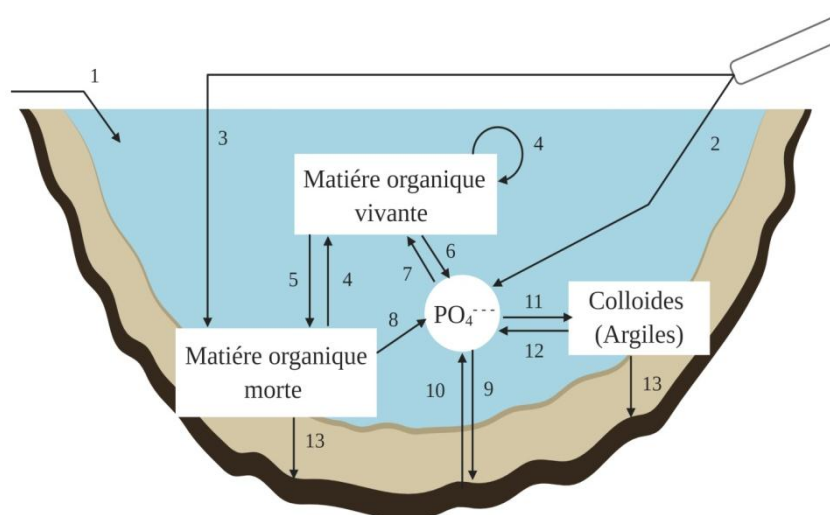
Une fraction du phosphore est ainsi stockée dans le sédiment. En période de déficit en oxygène, ces complexes chimiques peuvent être retransformés en composés plus solubles. La vase libère ainsi jusqu'à mille fois plus de phosphates en période d'anoxie qu'en période d'oxygénation (*Gérard, 1991*).

I.6.4.2. Cycle de l'Azote

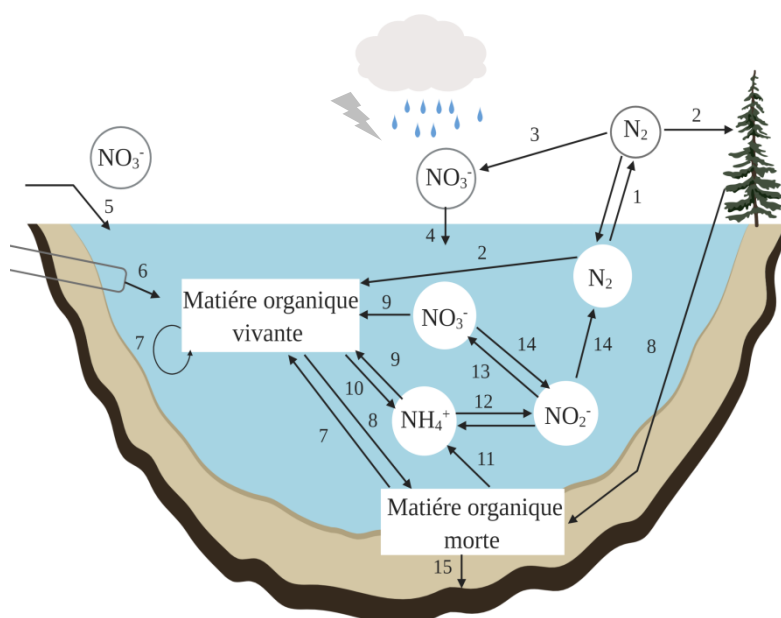
L'azote se retrouve majoritairement sous 3 formes : ammonium NH_4^+ , nitrate NO_3^- et organique N. En zone aérobie, c'est-à-dire en présence d'oxygène dans le sol, l'azote organique peut-être minéralisé en nitrate NO_3^- par les processus d'ammonification puis de nitrification.

En zone anaérobie, seul le processus d'ammonification est possible, si les conditions sont très réductrices, le nitrate peut être en retour transformé en ammonium via la dissimilation.

Le nitrate étant la forme la plus disponible pour les plantes, il sera alors absorbé par les plantes. Celui-ci peut aussi subir la dénitrification, phase pendant laquelle, il va être réduit en azote gazeux N_2 (Fustec et al, 2000).



1. Lessivage et apport par les rivières - 2. Apport de phosphates (Lessives) - 3. Déchets organiques - 4. Consommation - 5. Mortalité - 6. Excrétion - 7. Assimilation - 8. Minéralisation - 9. Immobilisation (avec Ca^{++} , Fe^{++}) - 10. Relargage - 11. Adsorption sur des colloïdes - 12. Désorption - 13. Sédimentation.



1. Equilibre eau-atmosphère - 2. Fixation par des bactéries (*Azotobacter*, *Clostridium*, *Cyanobactéries*) - 3. Oxydation (éclairs) - 4. Précipitations - 5. Lessivage - 6. Déchets - 7. Consommation - 8. Mortalité - 9. Assimilation - 10. Excrétion - 11. Nitrosation - 12. Nitritation [(12) + (13) = Nitrification] - 14. Dénitrification - 15. Sédimentation.

Figure 3. Le cycle du Phosphore et de l'Azote dans le milieu aquatique (Gérard, 1991).

I.7. L'avifaune aquatique en tant que bio indicateur des zones humides

Les bio-indicateurs sont définis comme des espèces ou des groupes d'espèces qui, par leur présence et/ou leur abondance, sont significatifs d'une ou de plusieurs propriétés de l'écosystème dont ils font partie.

Un bio-indicateur ou indicateur biologique reflète l'état de santé du milieu étudié. En d'autres termes, par leurs particularités écologiques, les modifications des populations de ces espèces expriment les modifications biotiques ou abiotiques de l'environnement (*Guelorget et al, 1984*).

Dans plusieurs régions dans le monde, les oiseaux aquatiques constituent de bons indicateurs de la qualité de leur milieu (*Kushlan, 1993 ; Paillisson et al, 2002 ; Green y Figuerola, 2003 ; DeLuca et al, 2004 ; Everard, 2008; Hamel, 2011*).

La capacité indicatrice des oiseaux aquatiques découlerait notamment de leur large distribution, de leur charisme, de leur mobilité, de leur réponse rapide aux changements environnementaux, de leurs besoins variés en habitats et de leur facilité d'observation (*Owino et al, 2001 ; Everard, 2008 ; Hamel, 2011*).

Comparativement, à d'autres groupes d'animaux, les populations d'oiseaux d'eau renseignent sur la productivité biologique des zones humides les plus répandues, comme le héron cendré ou la foulque sont des populations locales qui varient fortement selon la disponibilité trophique des milieux.

A l'échelle des individus, la recherche des substances toxiques dans les tissus est d'autant plus intéressante que les oiseaux se situent en fin de chaîne alimentaire. Elle peut contribuer à apprécier le degré de contamination des écosystèmes.

Enfin par leur distribution, en période de nidification et d'hivernage notamment, les oiseaux d'eau fournissent des clichés très synthétiques et à vaste échelle de la qualité globale des milieux humides.

Le peuplement d'oiseaux renseigne d'autant mieux sur la diversité d'ensemble d'une zone humide qu'il est souvent composé de nombreuses espèces ayant des exigences variées, complémentaires, incluant la dimension terrestre et aquatique de l'écosystème. Il est donc un bon descripteur de l'organisation spatiale des habitats (géomorphologie de la zone humide, niveaux d'eau, dimension, structure végétale..) particulièrement bien adapté aux approches paysagères (*Fustec et al, 2000*).

La richesse des milieux aquatiques méditerranéens a permis depuis l'antiquité, de satisfaire les besoins des différentes civilisations qui ont su tirer profit de leurs ressources, Quoique les bénéfices offerts par ces enclaves aussi singulières n'aient pas toujours été considérés à leur juste valeur (*Rendon Martos et al, 1996*).

Depuis plusieurs siècles jusqu'à aujourd'hui, les zones humides dans le monde entier sont malmenés, leurs états écologiques sont exposés à de grave pollution et connaissent des régressions progressives dues au développement urbain et industriel mais aussi à l'intensification agricole dont la conséquence se traduit par une Eutrophisation qui constitue une menace inquiétante pour de nombreux plan d'eau naturel et artificiel à l'échelle planétaire.

D'après (*Vollenweider, 1970*) l'eutrophisation issue des activités humaines, même si elle n'était pas due aux eaux résiduaires, elle existait déjà du temps des Romains, et par la suite dans le Lago di Monterosi (*Hutchinson, 1961*), Du côté de (*Frey, 1955*) ce phénomène se situe à une époque préhistorique le développement des conditions "meromictiques" dans le Langsee (Autriche) provenant d'un accroissement de l'érosion du sol due aux activités de l'homme.

Toutefois ce phénomène a été signalé dans de nombreux pays dans le monde En Méditerranée.

Certains sites Grecs comme le golfe de Saronikos qui recevait des effluents bruts de la ville d'Athènes a connu de forts développements phytoplanctoniques, avec des biomasses de 40 à 200 fois supérieures au niveau de référence (*Friligos, 1985*).

En Italie, une étude des 250 lacs les plus importants a indiqué que 19% des lacs sont oligotrophes, 40% mésotrophes, 31% sont eutrophes et 10% hypereutrophes (*Gaggino et al, 1985 ; Lacaze, 1996*).

Au Maroc pays au climat semi aride, l'étude de (*Alfaidy et al, 1999*) sur l'état trophique de la retenue de Daourat a indiqué que se réservoir était mésotrophe avec des tendances à l'eutrophie en automne.

D'autres signes d'Eutrophisation ont été même perçus au Nord Est Algérien, où on note l'exemple du Lac Tonga qui appartient au Parc National de la Kala, la zone humide a été soumise à une prolifération micro algale toxique.

Des Cyanobactéries qui prédominent en termes de densité pendant la période printanière, estivale et automnale du cycle d'étude, cette prolifération a été justifiée par une hydrodynamique particulière et un enrichissement important en nutriments (*Djabourabi, 2017*).

Chapitre I

Synthèse bibliographique

*II. Eutrophisation des zones
humides*

II.1. Définition de l'Eutrophisation

L'Eutrophisation est une sorte de pollution qui a engendrée de sérieuses nuisances dans les eaux douces depuis longtemps. Elle a été classée par The International Lake Environment Committee (ILEC) en 1997 au quatrième rang des six risques majeurs qui sont susceptibles d'affecter les lacs et les réservoirs de la planète (*Bouزيد Lagha et al, 2011*).

L'Eutrophisation peut être définie comme un déséquilibre fonctionnel, déclenché par un changement dans les quantités, les proportions relatives ou les formes d'azote et de phosphore entrant dans les systèmes aquatiques (*Pinay et al, 2018*).

Ce phénomène entraîne généralement une série de changements symptomatiques tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau (*Galvez-Cloutier et al, 2002*).

Elle est donc très fréquemment considérée comme le premier stade d'une évolution vers une destruction de la flore et de la faune c'est-à-dire vers un stade de maladie grave du milieu. Ce dernier stade qualifié de dystrophique survient souvent brutalement après l'eutrophisation et se caractérise par des modifications importantes des conditions chimiques et une transformation régressive des peuplements (*Aubert et al, 1986*).

II.2. Origine du phénomène d'Eutrophisation

L'une des questions cruciales qui nous tracasse l'esprit et que l'on peut se poser concernant l'origine de l'azote et du phosphore est la suivante :

« Comment des éléments aussi essentiels à la vie, en un mot aussi naturels, peuvent ils être à l'origine de nuisances pour l'environnement et être ainsi assimilés à des polluants ? » (*Anonyme, 1990*).

Dans les conditions naturelles, les sels nutritifs (Azote et Phosphore) ne sont pas des polluants car ils n'ont aucun effet néfaste direct sur la vie aquatique ce n'est qu'en cas d'excès important que certains composés azotés particuliers (nitrite, ammoniac) peuvent présenter une toxicité pour les formes supérieures de vie aquatique (*Lacaze, 1996*), dans une telle situation le milieu aquatique est exposé à une Eutrophisation alarmante, qu'est associée soit à une origine naturelle qui se manifeste par trois voies : (le ruissellement, l'érosion et la percolation) et favoriser par la présence de zones

agricoles fertilisées, des rejets d'eaux résiduaires urbaines et des rejets industriels, Auquel s'ajoute le dépôt atmosphérique d'azote provenant de l'élevage animal et des gaz de combustion.

Soit à une origine anthropique qui se traduit par le ruissellement des terres agricoles expliquant ainsi la présence d'azote et l'implantation d'industries des détergents qui explique la présence du phosphore (Guasmi, 2006).

Exemples



La berge gauche du Barrage Hessar (Maroc)
(Abdeslam et al, 2017)



Le lac urbain Hussain Sagar (Hyderabad, India)
(Kiran et al, 2016)



Le barrage de Cointzio (Mexique)
(Grenoble INP/J.Némery)

Figure 1. Représente l'eutrophisation dans différents plans d'eau

II.3. Etapes de l'Eutrophisation

L'Eutrophisation d'un milieu aquatique se déroule selon les étapes suivantes :

Etape 1 : se traduit par une accumulation d'éléments nutritifs dans l'eau, notamment les phosphates et les nitrates issus de l'agriculture, sont déversés en grande quantité dans le milieu aquatique.

Etape 2 : les eaux ainsi enrichies permettent la multiplication rapide des végétaux aquatiques, en particulier la prolifération d'algues, (efflorescence algale, ou bloom).

Etape 3 : le stock d'oxygène étant très limité dans l'eau (environ 30 fois moins que dans le même volume d'air), celui-ci est rapidement épuisé lors des périodes pendant lesquelles la respiration des organismes et la décomposition des matières produites excède la production par photosynthèse et les échanges possibles avec l'oxygène atmosphérique.

Etape 4 : le développement éventuel de plantes flottantes telles les lentilles d'eau *Lemna sp*, empêche le passage de la lumière donc la photosynthèse dans les couches d'eau inférieures, et gêne également les échanges avec l'atmosphère :

- Le milieu devient alors facilement hypoxique puis anoxique, favorable à l'apparition de composés réducteurs et de gaz délétères : thiols, méthane.
- Il peut en résulter la mort d'organismes aquatiques aérobies (insectes, crustacés, poissons) mais aussi végétaux, dont la décomposition, consommatrice d'oxygène, amplifie le déséquilibre (Hade, 2002 ; Guergueb, 2016).

II.4. Impacts et conséquences du phénomène d'Eutrophisation

L'eutrophisation conduit à des inconvénients néfastes qui peuvent rompre la balance écologique de l'ensemble de l'écosystème aquatique et empêcher son exploitation pour de nombreux usages, parmi ses impacts à savoir :

- **Sur le milieu aquatique**

- L'Eutrophisation provoque un déséquilibre de la chaîne trophique d'un plan d'eau qui peut entraîner des conséquences écologiques importantes (*Dedjiho, 2013*).
- Une turbidité élevée « eau trouble » un envahissement de l'écosystème par une couche bleu verdâtre accompagnée d'une mauvaise odeur.
- La dégradation de la qualité de l'eau et des conditions hygiéniques et esthétiques (*Vollenweider, 1970*).
- Une croissance rapide et un développement mono spécifique des « blooms » du phytoplancton, notamment les cyanobactéries potentiellement toxiques.
- Une perturbation dans la succession algale avec une prédominance de certaines espèces.
- L'Absence des macrophytes ou excès de plantes aquatiques indésirables.
- Un surpeuplement de certaines espèces d'oiseaux.
- Des changements dans l'abondance bactérienne (*Birch et al, 1999 ; Chen et al. 2013 ; Heisler et al, 2008 ; Li-Na et al, 2011 ; Nyenje et al, 2010 ; Thevenon et al, 2011 ; Talita, 2014*).
- Une perte de la biodiversité et des anoxies « épuisement de l'oxygène » qui peuvent engendrer la mort massive des organismes aquatiques (*Pinay et al, 2018*).

- **Sur les organismes aquatiques**

Exemples :

- **Effet sur les poissons**

Au sein de la communauté ichthyologique, on note une apparition du phénomène Fish kill dû à la libération des toxines par les cyanobactéries (*Havens, 2008*).

D'après les études et les investigations histopathologiques signalées par (*Rodger et al, 1994*) la mortalité des Poissons est dûe aux dommages des ouïes, de l'appareil digestif et du foie par des cyanotoxines.

- **Effet sur les zooplanctons**

Le broutage sélectif par le zooplancton où connu sous le nom du Grazing peut stimuler la dominance de certaines espèces de cyanobactéries ou même de certaines souches toxiques en éliminant les autres espèces phytoplanctoniques (*Brient et al, 2001*), c'est-à-dire les cyanotoxines qui sont secrétées par les cyanobactéries (le genre *Microcystis*) agissent sur les phosphatases du zooplancton par inhibition directe ce qui provoque une diminution du taux de broutage et/ou une augmentation du taux de rejet des particules ingérées (*Vanderploeg et al, 1990 ; Kumayer et al, 1999*), mais aussi une baisse des capacités de reproduction, une diminution de la croissance et de la taille des individus, voire même une réduction des taux de survie (*Arnold, 1971 ; Nizan et al, 1986 ; Weithoff et al, 1995 ; Reinikainen et al, 1994 ; Thostrup et al, 1999*).

- **Effets sur les tortues d'eau douce**

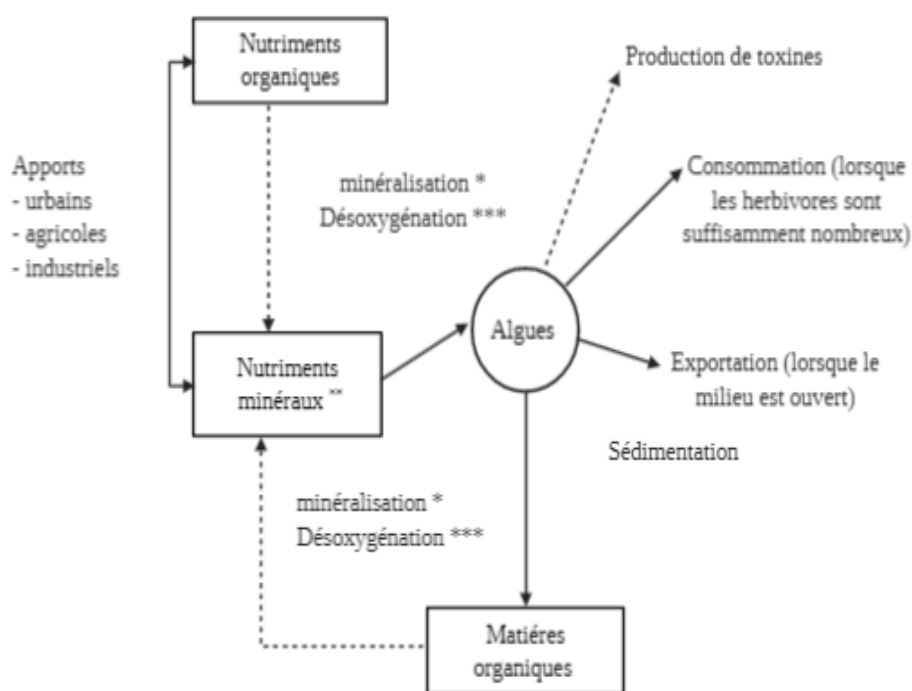
Dans le Lac Oubeïra (Nord Est de l'Algérie), une prolifération massive des blooms de cyanobactérie a causée une mortalité terrible de deux tortues d'eau douce l'*Emys orbicularis* et la *Mauremys leprosa* durant le mois d'octobre 2005, le résultat des analyses des tissus hépatiques et viscères ont permis de détecter des concentrations hautement élevée des microcystines (toxines) dans leurs tissus (*Nasri et al, 2007*).

- **Sur la santé des hommes et des animaux**

Chez l'homme, l'eutrophisation provoque des affections diverses par irritation de la peau des baigneurs et des démangeaisons (la gale des baigneurs) (*Vollenweider, 1970*).

De plus, une alimentation via des moules contaminées par le sulfure d'hydrogène toxique libéré par le bloom *Nodularia spumigena* (*Falconer et al, 1992 ; Jones et al, 1994*) peut causer une grave intoxication sur la santé humaines avec des effets nuisibles qui peuvent conduire à sa mort.

Chez les animaux, les ruminants sont les plus sensibles, car ils peuvent consommer des végétaux extrêmement riches en nitrates, l'intoxication aiguë se manifeste par des difficultés respiratoires, une faiblesse généralisée et coloration brune du sang. A ce stade chronique la maladie engendre des retards de croissance, des avortements et même des stérilités...etc. (*Galvez-Cloutier et al, 2002*).



* Minéralisation de la matière organique avec consommation d'oxygène et libération de sels nutritifs et de gaz carbonique.

** Ammonium, nitrite, nitrate, phosphate.

*** La dégradation peut se poursuivre en anaérobiose avec production de molécules toxiques : SH_2 , NH_3 , CH_4 etc.

Figure 2. Schéma récapitulatif des conséquences de l'eutrophisation (désoxygénation, production de toxines) sur l'environnement aquatique (*Lacaze, 1996*).

II.5. Le phytoplancton d'eau douce

Le phytoplancton vient du mot grec « phyton » : plante et de « planktos » : errant, ce terme désigne des organismes aquatiques qui sont capable d'élaborer leurs propres substances organiques par photosynthèse, à partir de l'énergie solaire, de l'eau, du dioxyde de carbone et des sels nutritifs (*Gailhard, 2003*).

Les algues planctoniques peuvent être isolées ou constituer de colonies de plusieurs centaines de cellule, elles se reproduisent le plus souvent par simple division cellulaire (*Gerard, 1991*).

Leurs caractéristiques écologiques et physiologiques sont contrôlées par des facteurs extérieurs tels que : la disponibilité en nutriment la température, l'ensoleillement, la salinité, et la prédation (*Margalef, 1978*).

Ils ont une capacité de se déplacer grâce à la présence de petits fouets (flagelles) et d'adapter leur profondeur à l'optimum lumineux (*Gérard, 1991*), aussi leur capacité de fixer activement le carbone atmosphérique (*Alvain et al, 2008 ; Lustre, 2016*).

Ces microalgues interviennent notamment dans le maintien de la structure fonctionnelle de l'écosystème et joue un rôle important et irremplaçable d'indicateur et de purification de la pollution des lacs (*Akogbeto et al, 2018*).

Certaines populations phytoplanctoniques (comme les Cyanobactéries) peut entraîner des nuisances ou présenter un risque pour la santé publique, certaines espèces phytoplanctoniques produisant des substances toxiques qui, lorsqu'elles sont accumulées par des organismes filtreurs (poissons, crevettes...), sont dangereuses pour l'homme qui va ensuite les consommer (*Groga, 2012*).

II.5.1. Diatomées (Bacillariophyceae)

Les diatomées sont des microorganismes unicellulaires ou coloniaux, tolérants au froid et caractérisées par une paroi siliceuse qu'on appelle : le frustule, ce dernier est composé de 2 valves : (épivalve et hypovalve) maintenues par des bandes cingulaires ou « ceintures » (*Stoermer et al, 2003 ; Roux-Barthès, 2014*).

L'ultra structure du frustule révèle la présence de différents éléments comme le raphé ou des pores organisés de manière variable. Ces éléments permettent les échanges entre l'intérieur de la cellule et son environnement. Ils sont impliqués également dans la mobilité ou la fixation de certaines espèces (*Roux-Barthès, 2014*).

Généralement, les diatomées qui se développent au printemps sont assez exigeantes en nutriments et en lumière et leur division assez rapide leur confère

souvent un statut « Pionnier », ils sont généralement de petite taille (une taille qui varie de 20 à 200 μm environ, quoique certaines puissent atteindre 2 mm) et aisément brouté (ingérer) par les zooplanctons qui contribuent au déclin de ces populations (Leïtao et al, 2005), d'après (Groga, 2012), ils peuvent communément se diviser en deux groupes :

- **Les diatomées centriques** : qui ont une symétrie radiale Eg. Le genre *Cyclotella*.
- **Les diatomées pennées** : qui ont une symétrie bilatérale Eg. Le genre *Pinnularia*, *Nitzschia*...etc.

Les valves des diatomées pennées présentent des parties de cellules plus épaisses et dilatées. Chez certaines espèces, une fente, nommée raphé, traverse une partie ou la cellule entière alors que chez d'autres espèces, on observe une dépression de la paroi cellulaire appelée pseudo raphé.

II.5.2. Cyanobactéries

Les cyanobactéries organismes procaryotes photosynthétiques sont les plus vieilles formes de vie connues à ce jour (elles existent depuis très longtemps, il y'a environ 3.5 milliard d'années sur terre) (Paerl et al, 2011), caractériser par un type de reproduction asexuée.

Elles ont généralement une croissance plus lente que les autres groupes, préfèrent les eaux relativement chaudes, mais peuvent se satisfaire d'éclairement faible, elles ont une préférence, des milieux riches en phosphore car elles sont très performantes dans son assimilation et stockage, au fur et à mesure qu'il est libéré (par les cellules qui se lysent ou par le sédiment), leur morphologie filamenteuse ou coloniale les rend difficilement ingérables par le zooplancton.

De ce fait et lorsque les conditions environnementales sont favorables elles se multiplient massivement entrant très efficacement en compétition avec d'autres organismes ce qui contribue à diminuer fortement la diversité biologique du milieu (Leitao et al, 2005).

II.5.3. Euglenophycées

Les Euglenophyceae sont une classe de microalgues composées d'organismes pigmentés et incolores qui, à l'exception du genre *Colacium*, sont tous des flagellés unicellulaires présents dans les sols humides, l'eau saumâtre, l'eau douce et les milieux marins (Alves-da-Silva, 2013).

Les euglènes sont des indicateurs de pollution qui préfèrent les milieux riches en matière organique qui provient de la dégradation des végétaux et autres.

La plupart d'entre elles sont photosynthétiques (c'est-à-dire elles se servent de la lumière comme source d'énergie) d'autres sont rarement hétérotrophes, elles sont notamment phagotrophe (capable d'ingérer des particules ou bien des éléments solides) (*Bourrelly, 1985a*).

L'obscurité en hiver les fait migrer vers la profondeur tant dis que la lumière et la disponibilité des nutriments leur permettent de proliférer et de surgir en surface.

II.5.4. Chlorophycées

Les chlorophycées apprécient plutôt des milieux peu turbulents et développant des morphologies très variées et des tailles parfois importantes (*Leitao et al, 2005*), ils comptent environ 500 genres, représentant plus de 15000 espèces (*John, 1994*).

La plupart des algues vertes planctoniques lacustres appartiennent à l'ordre des Volvocales et à celui des Chlorococcales qui font partie de la classe des Euchlorophycées, leurs états végétatifs sont sous forme immobile et les flagelles sont absents au stade adulte, ils se caractérisent par un noyau par cellule et les mêmes pigments majeurs.

Pour assurer leur reproduction, les Volvocales et les Chlorococcales forment des zoospores à l'intérieur de la paroi cellulaire de la cellule mère.

On distingue 3 types de zoospores : celles avec membrane et 2 fouets égaux, celles sans membrane et à fouets égaux et celles sans membrane et à fouets légèrement inégaux mais de même structure (*Bourrelly, 1985b*).

II.5.5. Zygnematophycées

Malgré que les Zygnematophycées (ou connu sous le nom des conjugatophyceae), fascinent les amateurs de microscope depuis plus de 200 ans pour leur diversité morphologique et de leur symétrie cellulaire complexe, qui en font des organismes d'une grande beauté naturelle (*Gontcharov, 2008*), sauf que cette catégorie phytoplanktonique est très rarement étudiée et abordée dans la littérature algale.

Les Zygnematophyceae sont des microorganismes qui comprennent des formes coccoïdes, filamenteuses et coloniales, leur type de reproduction est la conjugaison (*Vaucher, 1803*), ils sont caractérisés par l'absence complète de stades de reproduction flagellés et de centrosomes centriolaires tout au long du cycle de vie.

La classification des Zynematophyceae est généralement basés sur la morphologie, en mettant l'accent sur l'ultra structure de la paroi cellulaire, l'organisation cellulaire (uni cellules, filaments), et la structure des chloroplastes (Mix, 1972 ; Prescott et al, 1972, 1975 ; Hoshaw et al, 1988 ; Gerrath, 1993 ; Gontcharov, 2008).

Leurs parois cellulaires sont composées d'une seule unité, sans pores ni autres ornements, leurs ordre comprend environ 1000 espèces et 20 genres répartis entre deux familles :

- **Les Zygnemataceae** : comprenant 13 genres filamenteux dont les cellules sont unies à leurs pôles pour former des filaments.
- **Les Mesotaeniaceae** (appelé aussi desmids saccodermes) : qui comprennent sept genres, composé d'algues unicellulaires individuelles qui forment parfois des colonies amorphes dans une matrice mucilagineuse abondante (Gerrath, 1993 ; Parra et al, 1996 ; Graham et al, 2009 ; Oliveira, 2013).

II.6. Influence du degré trophique sur l'avifaune aquatique

▪ L'aspect bénéfique de l'Eutrophisation

Selon (Rönkä et al, 2005) l'eutrophisation peut avoir un impact positif sur les populations d'oiseaux aquatiques c'est-à-dire en augmentant la productivité primaire et secondaire, cela augmente directement les sources de nourriture pour les oiseaux.

Deux études précédentes ont témoigné les propos de (Rönkä ; Hoyer et al, 1994) menée en Floride qui a prouvé que les statuts trophiques de 46 lacs étaient positivement corrélés avec l'abondance et la richesse spécifique des oiseaux aquatiques pour les trois paramètres mesurés (soient les concentrations en phosphore total, en azote total et en chlorophylle a).

Une autre étude réalisée par (Fernández et al, 2005) dans l'écosystème marin de la lagune Mar Menor où ils ont identifié le grèbe huppé comme étant l'espèce la plus sensible aux variations trophiques, et que l'abondance de cette espèce en mois de janvier était très corrélée avec l'apport annuel en azote en provenance du bassin versant (de 1 000 à 2 500 tonnes par année).



Figure 3. Canard sur plan d'eau (Photo de Pannard Alexandrine).

▪ **L'aspect négatif de l'Eutrophisation**

Une forte productivité primaire dans un écosystème aquatique représente toujours un signe positif et une eau de bonne qualité écologique en revanche, lorsque le milieu s'enrichit excessivement et dépasse les concentrations limites ceci peut étouffer l'hydro système et provoquer une eutrophisation, qui peut cependant avoir un effet contraire sur les oiseaux d'eau par la modification de la composition spécifique des communautés de plantes et de macroinvertébrés (Rönkä *et al*, 2005), qui se traduit par :

- Un envahissement par les plantes aquatiques, qui limite leurs déplacements.
- La diminution de la transparence de l'eau, qui rend la recherche de leurs nourritures plus difficile.
- Ainsi que la création de zones anoxiques, qui diminue la diversité de la faune benthique et littorale (Hamel, 2011).

Tous ses changements qui se déroulent dans le milieu notamment l'absence des ressources trophiques obligent l'avifaune aquatique à délaisser leurs habitats écologiques pour migrer vers d'autres sites où les conditions de vie sont favorables.

Le niveau trophique fortement élevée peut aussi aboutir à des intoxications sévères et à des mortalités de la population avienne qui fréquente le milieu.

A titre d'exemple, l'enquête réalisée par (Abdeslam *et al*, 2017) sur le barrage Hessar au Maroc soupçonne que cette mortalité de la foulques macroules *Fulica atra* était à l'origine d'un bloom printanier *Microcystis*, le diagnostic de leurs cadavres a indiqué que leurs fientes sont très liquides de couleur verdâtre bleutée avec une consistance molle et non cohérente qui nous fait penser à une absorption d'une grande quantité d'algue bleues, suivit par d'autres symptômes comme des paralysie

partielle, yeux puants, oiseaux bavent, diarrhées avec du sang dans les fientes, frissons et tremblements....etc.



Figure 4. Représente trois poussins de canard et une foulque mourante, et des fientes verdâtres qui témoignent une diarrhée (*Abdeslam et al, 2017*).

Chapitre II

Matériel et méthodes

*I. Caractérisation du milieu
d'étude*

Le bassin méditerranéen s'étendant sur deux millions de kilomètres carrés et 34 pays a été décrit comme l'une des régions les plus riches et les plus complexes sur les plans géologique, biologique et culturel (*Blondel et al, 2010*).

L'Algérie couvre une très grande superficie de 2741381 km², une grande diversité des climats (subtropicale, méditerranéen, semi-aride et aride) et une côte de 1350 km qui lui permettent de jouir d'une large gamme de biotopes favorisant une faune et une flore remarquable (*Samraoui et al, 1997 ; Bara, 2014*).

La partie Nord-est de l'Algérie est la plus arrosée et la plus réputée par ces zones humides qui sont réparties en plusieurs grands complexes. Les plus célèbres et les plus documentés sont ceux de la Numidie orientale composée des zones humides d'Annaba et d'El-Kala et ceux de la Numidie occidentale représentée par le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja (*Samraoui et al, 1997*).

Aujourd'hui, la Numidie Algérienne plus précisément celle du Nord est occidentale fait partie d'un point chaud de biodiversité, récemment reconnu au sein de l'ensemble méditerranéen (*Belouahem-Abed, 2012*).

I.1. Présentation générale de l'éco complexe de Guerbes Sanhadja

Le complexe des zones humides de Guerbes-Sanhadja (36°46' N à 37°N et 7°8' E 7°25' E), (Numidie occidentale) vaste territoire faisant partie de la Numidie (*Maire 1926, Quézel et al, 1962-1963, Marre 1992 ; Belouahem-Abed, 2012*).

Il est situé à environ 45 km à l'ouest de la ville d'Annaba, a été classé comme Site Ramsar en 2001 et sélectionné comme Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (*Coulthard, 2001*).

Cette grande plaine littorale est bordé à l'ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif côtier de Chetaibi, les altitudes de la zone se situent entre 0 et 200 m 48,5 % des terres ont une pente inférieure ou égale à 3 % et le reste à 12,5 % (*Joleaud, 1936*).

Ca superficie est de 42 100 ha et la surface de la zone humide proprement dite avoisine est de 20 000 ha, la plaine alluviale de Ben Azzouz est drainée par les cours d'eau suivants : Oued El Kebir, Oued Magroun et Oued El Aneb. L'Oued El Kebir donne ainsi naissance à des dépressions dunaires hydro morphes, marais, lacs et garâtes (étendues d'eau stagnante sous forme de cuvettes fermées), l'ensemble dunaire en bordure du littoral s'étend jusqu'à 14 km à l'intérieur de la zone (*Oumessaad, 2014*).

Sur le plan administratif et juridique ce complexe est sous l'autorité de la wilaya de Skikda, la daïra de Ben Azzouz et la commune de Ben Azzouz concernant l'organisme de gestion le complexe et gérer par la direction de conservation des forêts (Boumezbeur, 2001).

Tableau 01. Illustre les principales Garâets dans le bassin versant d'Oued El Kebir Ouest (Metallaoui, 2008).

La zone humide	Les coordonnées GPS	Superficie (ha)	Caractérisation de l'eau	Rythme hydrologique
Garâet Boumaïza	36°49'155 N 7°18'975 E	70 ha	douce	temporaire
Garâet Aïn Magroun	36°50'225 N 7°16'943 E	9 ha	douce	temporaire
Garâet Hadj Tahar	36°51'774 N 7°15'957 E	120 ha	douce	permanente
Garâet Béni M'Hamed	36°57 N 7°16 E	280 ha	salée	temporaire
Garâet Haouas	36°58 N 7°18 E	260 ha	salée	temporaire
Garâet Chichaya	36°53'791 N 7°18'230 E	50 ha	douce	permanente selon les précipitations
Garâet Sidi Makhlouf	36°53'094 N 7°18'248 E	50 ha	douce	permanente selon les précipitations
Garâet Aïn Nechma	36°48'837 N 7°16'728 E	18 ha	douce	permanente
Garâet Sidi Lakhdar	36°54'780 N 7°12'005 E	25 ha	douce	permanente selon les précipitations
Garâet Zaouïa	36°53'174 N 7°22'796 E	0.5 ha	douce	permanente selon les précipitations
Lac Sidi Fritis	36°53'975 N 7°17'437 E	40 ha	douce	permanente

I.1.1. Contexte géologique

L'éco complexe de Guerbes Sanhadja appartient à un segment de la chaîne alpine de l'Algérie orientale (Toubal, *et al*, 1998 ; Toubal, 2014).

Née de la collision de la plaque Africaine et de la plaque Européenne. Comme pour les Alpes cette orogénèse s'est produite au cours de l'éocène et du miocène en plusieurs phases Alpines (Vila, 1980 ; Toubal, 2014).

Plusieurs, travaux géologiques ont été menés sur le Nord-est Algérien, nous citons (Joleaud, 1912 ; Hilly, 1957 ; Vila, 1980 et également la carte géologique de la Tunisie dressé par *Gastany en 1951*).

D'une façon formelle, ces études scientifiques affirment que le système géologique de l'extrême Nord-est de l'Algérie sont constitués par des terrains du secondaire (le Crétacé), du Tertiaire (le Nummulitique et le Néogène), le Quaternaire est représenté par le Pliocène et l'Holocène (Metallaoui, 2010).

Dans le côté ouest du bassin de Guerbes Sanhadja, la série stratigraphique du Djebel Safia présente des séries telliennes Jurassiques et Crétacés avec des calcaires massifs. Plus au Nord, la région de Dem El Bagrat est composée de flysch massyliens peu métamorphosés qui avaient primitivement été assimilés à la série de Djebel Safia (Vila, 1980).

La partie centrale de la zone de Guerbes où se situe notre secteur d'étude « Garâet Hadj Tahar » est composé principalement par des dépôts quaternaires alluvionnaires et des cordons dunaires de sable :

- **Les collines sableuses**

Elle est développée dans la partie Nord et Nord-est et forme une barrière qui sépare les dunes de la vallée de l'Oued El Kebir Ouest.

Le revêtement demeure simple, puisque partout on distingue des dépôts superposés, de bas en haut. Des sables rouges peu argileux présentant des caractères d'hydro-morphologie fréquente, liés à la présence d'une couche d'argile qui empêche l'infiltration de l'eau et favorise ainsi une hydromorphie remontante.

- **Les plaines argileuses**

Allongée du Sud Ouest au Sud Est, la plaine argileuse de Ben Azzouz renferme une topographie plane, presque comme toutes les plaines côtières du bassin méditerranéen, elle est drainée par Oued El Kebir Ouest qui coule difficilement dans la vallée.

Les formations de la plaine sont composées essentiellement d'alluvions actuelles, à l'exception de la partie d'Ain Nechma où nous rencontrons des basses terrasses rharbiennes (*Metallaoui, 2010*).

Au Sud de Guerbes, se dresse le massif de Boumaïza, Berrahal est le prolongement du socle de l'Edough qu'interprète comme un massif cristallin externe et un substratum des séries telliennes de Djebel Safia. On retrouve successivement du Sud-est au Nord-Ouest, le massif cristallin de l'Edough, les grès Numidiens et les flyschs Mauritanien (*Vila, 1980*).

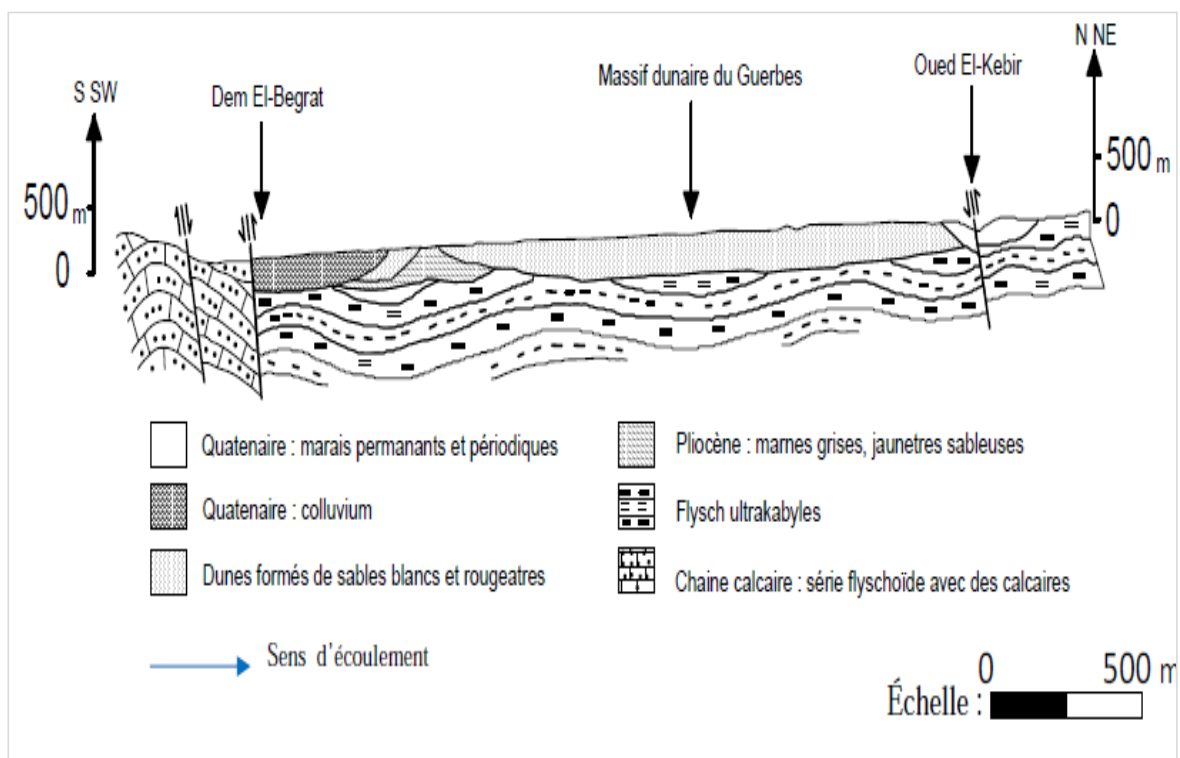


Figure 08. Coupe géologique de Guerbes Sanhadja (*Boulkenafet, 2008*).

I.1.2. Contexte hydrographique

La plaine de Guerbes Sanhadja est le réservoir hydrique d'environ 40 hm³ hectomètres cubes qui génère une multitude de dépressions et de vallées formant lacs et marais (Garâtes) de quelques hectares de superficie à plusieurs dizaines d'hectares (*Joleaud, 1936*).

Le réseau hydrologique de cette plaine est essentiellement constitué de 2 Oueds : Oued El Kebir et Oued Magroun, le premier est l'un des plus importants Oued aussi bien en longueur qu'en volume, sa largeur varie entre 20 et 50 m (*Boumezbeur, 2001*). Il prend sa source dans le Tell, au Sud de Guelma. En rive droite, il reçoit des affluents du djebel Edough (Oued Magroun et Oued El Aneb). (*Toubal, 2014*). A la confluence des oueds Emchekel et l'Hamman, Oued El Kebir perd sa pente en traversant les dunes de Guerbes pour enfin rejoindre la mer méditerranée à travers la zone marécageuse de Sanhadja.

Par ailleurs, il existe plusieurs marais et garâtes dans la région de Guerbes, elles occupent une superficie d'environ 20.35 km² soit 5.14% de la superficie, dont les plus importantes sont localisées tout au long de Oued El Kebir comme : Garâet Messaoussa, Garâet Béni M'Hammed et Garâet Hadj Tahar (*Boulkenafet, 2008*).

Les eaux de notre zone d'étude « Garâet Hadj Tahar » sont d'origine pluviales véhiculées par le principal affluent : Oued El Kebir et par les écoulements colluviaux qui remplissent graduellement ce marais (*Metallaoui, 2010*).

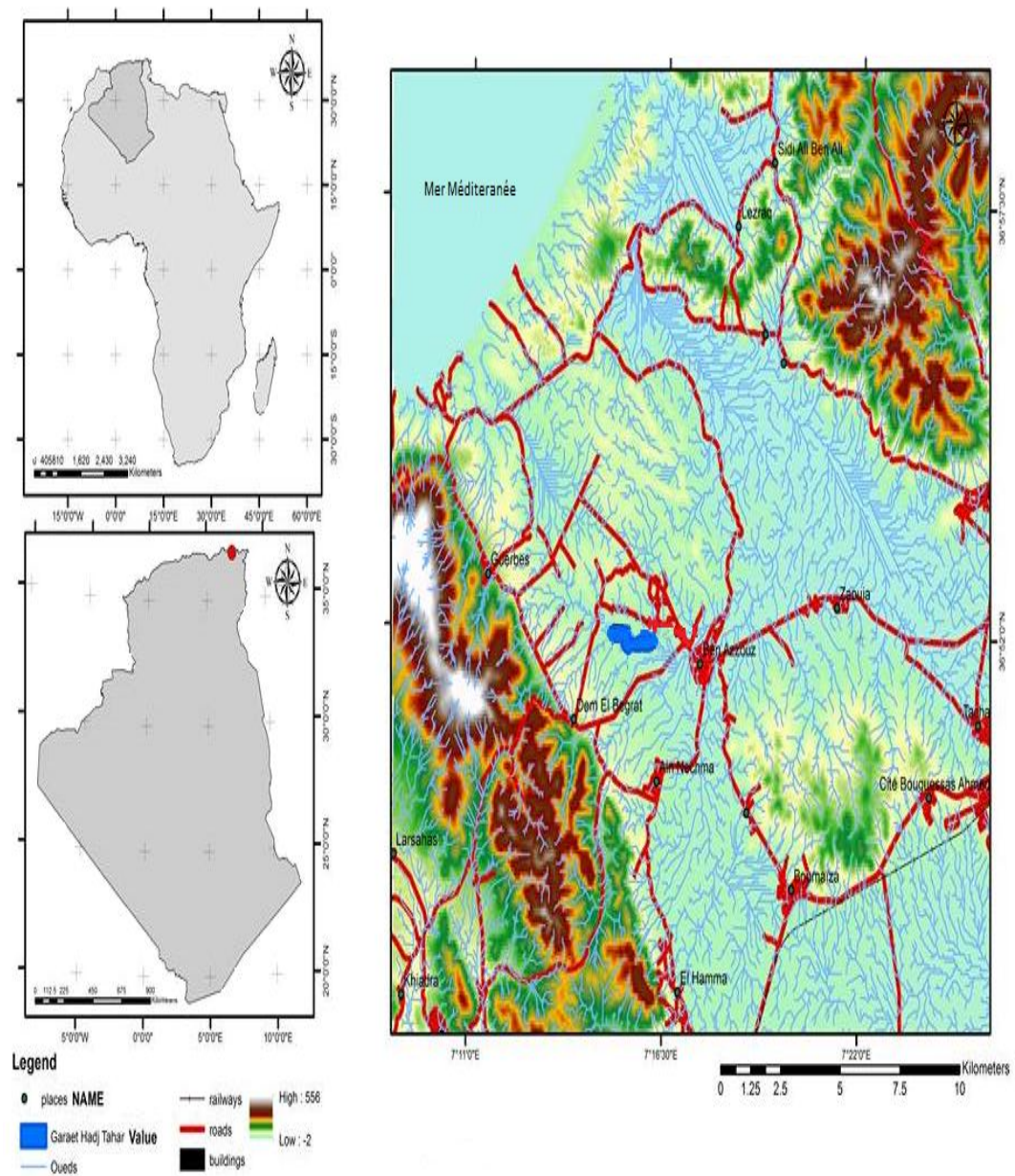


Figure 09. Carte hydrologique de Garaet Hadj Tahar (Eco complexe de Guerbes Sanhadja, Nord Est de Skikda) (Carte personnelle Bara Yassamine).

I.1.3. Etude climatique

Les facteurs climatiques sont indispensables pour ce genre d'étude, car elles permettent de déterminer les processus en action sur le milieu physique et ses influences sur la vie des êtres vivants et leurs activités, la connaissance du climat nous permet de dégager le risque provenant des contraintes climatiques telles que les inondations, les glissements du terrain et les incendies (*Bouleknafet, 2017*).

Tableau 02. Données météorologiques de la région de Skikda de (Janvier à Décembre 2018) (Source : the climate data www.tutiempo.net).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T ° Moy	15	12.6	16	18	19.4	23.8	27.6	27.4	26.4	22	18	15.1
T° Min	10.4	8.3	12.1	13.5	15.7	18.5	22.7	22.3	22.1	17.6	13.5	11.4
T° Max	18	15.4	18.5	20.4	21.5	25.8	29.7	29.6	28.5	24.7	20.9	17.8
P mm	41.66	86.85	67.29	35.31	46.99	5.08	0	32.52	18.55	186.69	53.59	46.47
V Km/h	12.7	13.9	14.1	13.5	14.9	15.1	14	14.4	14.1	13.8	12.6	12.9

I.1.3.1. La température

La température est le deuxième élément important dans l'étude du climat, elle joue un rôle important dans la détermination du bilan hydrique (*Handouzi, 2011*), elle régit directement en interaction avec les autres facteurs météorologiques (humidité, précipitation... le développement de la végétation, le phénomène d'évapotranspiration ainsi que le déficit d'écoulement annuel et saisonnier (*Belabed, 2010*).

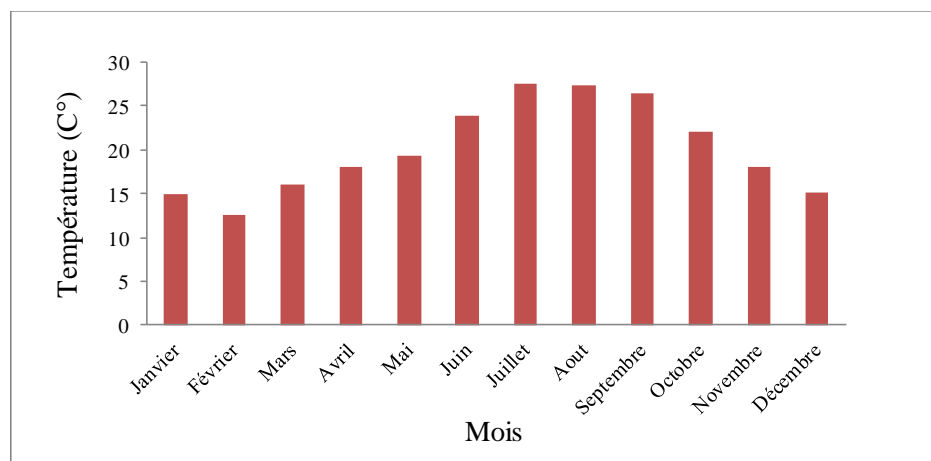


Figure 09. Moyenne mensuelle des Températures de la région de Skikda (Janvier à Décembre 2018).

L'évolution de la température de la région de Skikda sur la (**figure.09**) exhibe une allure gaussienne caractérisée par deux saisons un hiver doux et humide et un été sec et chaud.

A partir des données météorologiques du (**Tableau.02**) nous constatons que la température minimale est enregistrée en février avec 8.3°C et la température maximale est notée en Juillet avec une valeur de 29.7°C .

I.1.3.2. La pluviométrie

La pluviométrie constitue un facteur climatique fondamental dont l'importance se traduit bien par la recharge des nappes, la disponibilité des ressources en eau et par conséquent les retombées socio-économiques dont les rendements agricoles qui en dépendent (*Sultan et al, 2006 ; D'orgeval, 2006*).

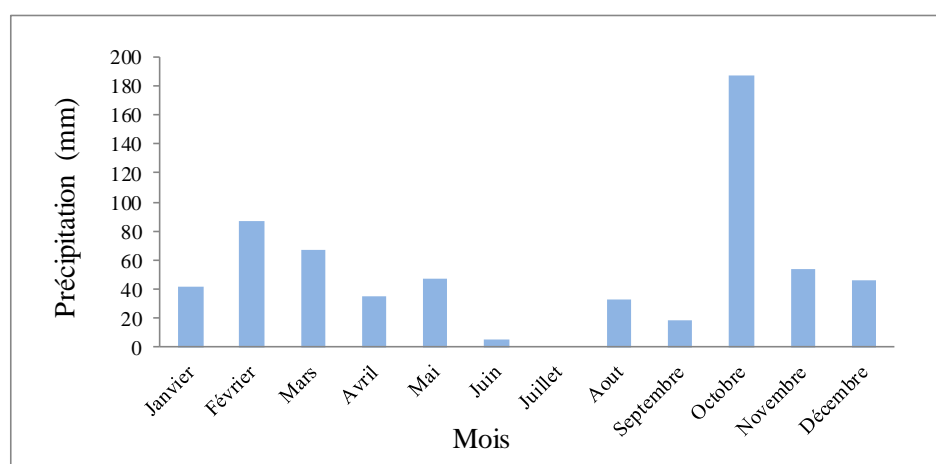


Figure 10. Moyenne mensuelle des précipitations de la région de Skikda (Janvier à Décembre 2018).

D'après les données récoltées sur les précipitations moyennes de la zone d'étude on constate que le mois le plus pluvieux est le mois d'Octobre avec 186.69 mm, en revanche le mois le plus sec est notée en Juillet marqué avec une absence totale des précipitations.

L1.3.3. Le vent

Généralment, une eau se refroidissent en hiver sous l'action des vents du Nord qu'on appel (le Mistral et le Tramontane) et se réchauffent en été par l'influence du Sud par (le Sirocco) (Aounallah, 2016).

Durant notre étude la direction des vents dominants de la région de Skikda provient du Nord, la vitesse moyenne annuelle du vent est équivalente à 13,83 Km/h

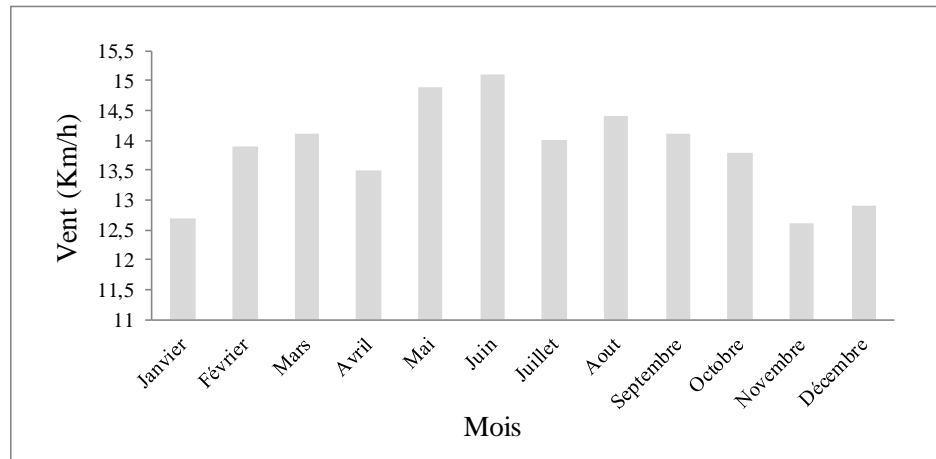


Figure 11. Moyenne mensuelle de la vitesse du vent de la région de Skikda (Janvier à Décembre 2018).

L1.4. Synthèse climatique :

L1.4.1. Le diagramme pluviothermique de Bagnlous et Gaussen

Le diagramme pluviothermique de Bagnlous et Gaussen est une méthode graphique, qui nous permet de calculer la durée de la saison sèche en portant la pluviométrie moyenne annuelle (P) et la température (T) sur des axes où le premier à une échelle double du second, la saison sèche apparaît lorsque la courbe des précipitations rencontre et passe sous celle des température (Bagnlous et al, 1957 ; Fustec et al, 2000).

Le graphe de la (Figure.12) indique que la région de Skikda correspond à un climat de type méditerranéen caractérisée par l'existence de deux périodes, une humide durant la saison d'hiver et une autre sèche et chaude en été la saison sèche s'étale sur 8 mois à partir de la fin du mois de février jusqu'à la fin du mois de septembre.

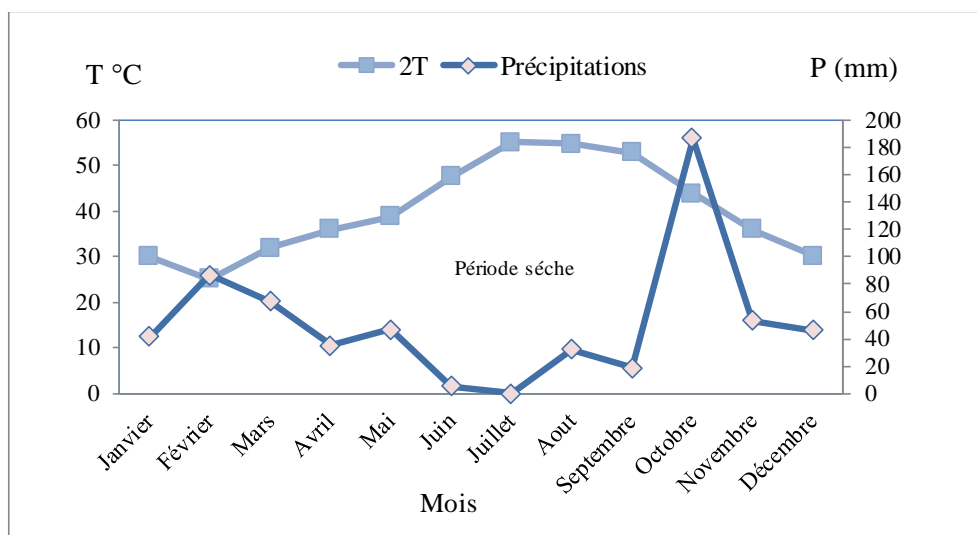


Figure 12. Diagramme pluviothermique pour la région de Skikda pour la période (Janvier à Décembre 2018).

L1.4.2. Quotient pluviométrique d'Emberger :

Cet indice nous aide à définir les 5 types de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne (Emberger, 1955).

Il est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat, il est donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 \cdot P}{\left[\frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

D'où :

Q : quotient pluviométrique d'Emberger.

M : température maximale du mois le plus chaud (K°).

m : température minimale du mois le plus froid (K°).

P : précipitation annuelle moyenne (mm).

Le calcul du quotient ombrothermique $Q_2 = 127,27$ nous a permis de classer la région de Skikda selon le climagramme d'Emberger dans l'étage bioclimatique à végétation subhumide.

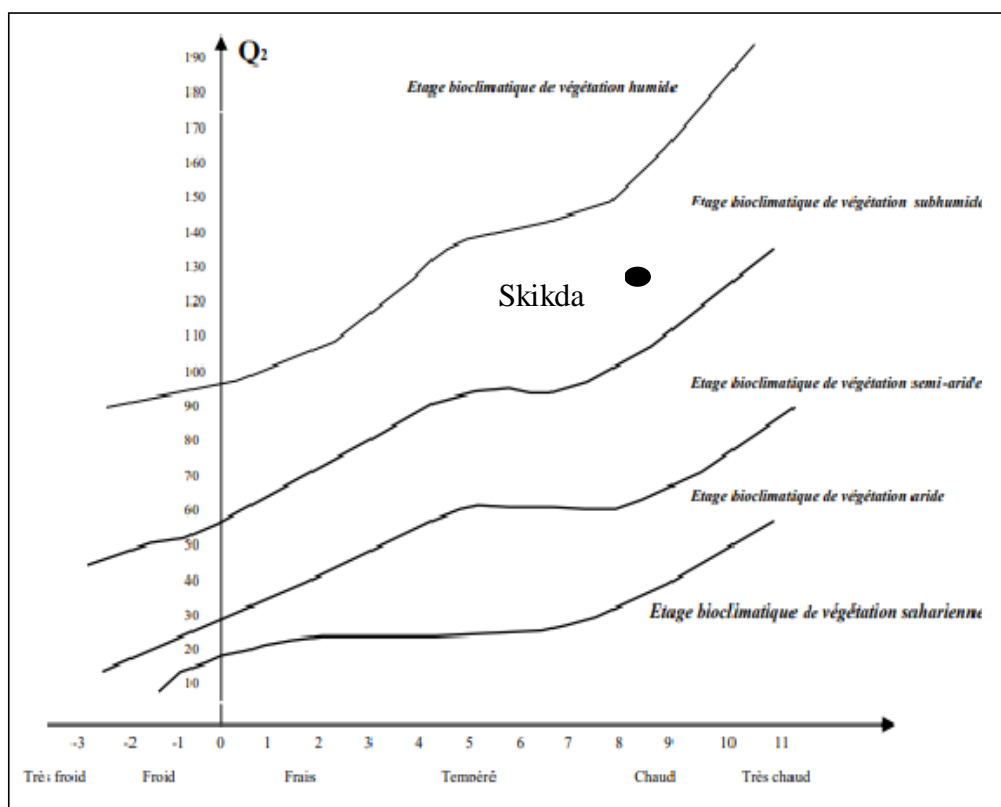


Figure 13. Situation de la région de Skikda dans le Climagramme d'Emberger (Janvier à Décembre 2018).

I.1.5. Cadre biotique

I.1.5.1. Faunes

▪ L'avifaune

Au total, 52 espèces appartenant à 15 familles, comprenant nicheurs, hivernants et visiteurs de passage, ont été observées durant la période (2006-2007), Parmi la douzaine d'espèces nicheuses régulières à la Garaet Hadj-Tahar, deux présentent un intérêt pour la conservation : l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, classée comme Menacée d'extinction, et le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, Quasi-menacé (*BirdLife International 2004 ; Metallaoui, 2008*).

Quatre espèces d'Anatidés ont été signalées pour la première fois dans le site (Oie cendré, Tadorne de belon) et en Algérie (La Nette rousse et le Fuligule milouinan), nous notons également pour la première fois dans Garaet Hadj Tahar la visite de la Sterne Hansel, le Pluvier argenté, la Guifette noir, le Gravelot à collier interrompu et la Spatule Blanche (*Metallaoui, 2010*), la poule sultane *Porphyrio porphyrio* (*Bara, 2014*).

▪ Les macro et micro-invertébrés

Au cœur de ce plan d'eau fertile se niche une macro et une microfaune benthique abondante et très diversifié répartie en classe à savoir les Ostracodes comme (*Cypris bispinosa*), les Cladocères qui constituent trois espèces (*Ceriodaphnia reticulata*), (*Simocephalus vetulus*) et (*Camptocercus uncinatus*), les gastropodes Planorbidés (*Planorbis planorbis*), les Pleidés (*Plea minutissima*), les Naucoridés comme la punaise d'eau (*Naucoris maculatus*), les Diptères (*Trichocera sp*) (*Samraoui, 1997*). D'autres éléments afro tropicaux comme les Bélostomidés (*Hydrocyrius Columbiae*) et les notonectidés (*Anisops sardea*) (*Annani et al, 2012*).

▪ Les vertébrés

Dans les buissons naturelles de ce marais on distingue aussi des mammifères tels que : le sanglier (*Sus scrofa*), le chacal (*Canis aureus*), la mangouste (*Herpestes ichneumon*), la genette (*Genetta genetta*), la belette (*Mustela nivalis*), le hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*) la musaraigne (*Crocidura sp*), la loutre d'Europe (*Lutra lutra*) qui a été repérée par (*Rouibi et al, 2010*), le rat rayé (*Lemniscomys barbarus*) un petit rongeur qui vit dans les plaines et les parcelles cultivées, il a été aperçu furtivement aux abords de Garaet Hadj-Tahar (*D.G.F, 2013*).

- **La faune halieutique**

L'eau de cette zone humide abrite notamment certaines espèces piscicoles relativement invasives comme :

Le poisson moustique (*Gambusia holbrooki*) qui s'est introduit pendant les années 1970 (Hurlbert et al, 1981) et la carpe commune (*Cyprinus carpio*) qui a fait son invasion dans les années 1980 (Crivelli, 1983), il s'est révélé aussi l'existence du poisson serpentiforme l'anguille (*Anguilla anguilla*).

- **Herpétofaune**

Notre site d'étude offre un milieu de vie à 6 espèces d'amphibiens comme : la grenouille du Sahara (*Pelophylax saharicus*), la grenouille peinte (*Discoglossus pictus*), le crapaud vert (*Pseudepidalea boulengeri*), le crapaud mauritanie (*Bufo mauritanicus*) et la rainette méridionale (*Hyla meridionalis*), On y trouve aussi le titron de poiret (*Pleurodeles poiretti*) une espèce endémique Algérienne limitée au Djebel l'Edough et à ses environs immédiats, cette espèce est classée par l'IUCN dans la liste rouge des espèces menacés a subi récemment un déclin marqué (Samraoui et al, 2012), la grenouille rieuse *Rana ridibunda*.

Egalement des tortues dont les plus importantes sont la tortue terrestre (*Emys orbicularis*) et la tortue d'eau douce (*Mauremys Leprosa*) qui se caractérise par une carapace bombée, une queue courte et une palmure très réduite (Metallaoui, 2010).

- **Zooplanctons**

Rotifères : *Euchlanis dilatata*, *Plattonus patulus*, *Testudinella patina*.

Crustacés : *Macrocyclops albidus*, *Eucyclops serrullatus*, *Megacyclops viridis*, *Alonella excise*, *Alona rectongula*, *Alona affinis*, *Daphnia cheuvreuxi*, *Cypria bispinosa*, *Chirocephalus diaphanus* (Samraoui et al, 1997).

- **L'entomofaune**

Concernant l'odonatologie de Garaet Hadj Tahar, il est essentiel de mentionner qu' aucune approche scientifique n'a été menée au paravent à l'exception des inventaires réalisés par (Samraoui et al, 1997) et ceux de (Baaloudj, 2008) qui ont indiqués que notre site recèle environ 19 espèces d'odonates dont 5 espèces de Zygoptères réparties en 2 familles (Coenagrionidae et Lestidae) et 11 espèces d'Anisoptères faisant partie de la famille des Aeshnidae et des Libellulidae.

Tableau 03. Listing des espèces d'odonates de Garâet Hadj Tahar
(Samraoui et al, 1997 ; Baaloudj, 2008)

Sous ordres des Zygoptères
1. Famille des Coenagrionidae
1.1. <i>Coenagrion scitulum</i> 1.2. <i>Ischnura graellsii</i>
2. Famille des Lestidae
2.1. <i>Lestes barbarus</i> 2.2. <i>Lestes virens</i> 2.3. <i>Lestes viridis</i>

Sous ordres des Anisoptères
1. Famille des Aeshnidae
1.1. <i>Aeshna affinis</i> 1.2. <i>Aeshna mixta</i> 1.3. <i>Anax imperator</i> 1.4. <i>Anax parthenope</i>
2. Famille des Libellulidae
2.1. <i>Acisoma panorpoides</i> 2.2. <i>Brachythemis leucosticta</i> 2.3. <i>Corcothemis erythraea</i> 2.4. <i>Diplacodes lefebverii</i> 2.5. <i>Orthetrum anceps</i> 2.6. <i>Sympetrum meridionale</i> 2.7. <i>Sympetrum sanguineum</i> 2.8. <i>Sympetrum striolatum</i> 2.9. <i>Trithemis annulata</i> 2.10. <i>Trithemis arteriosa</i>



De gauche à droite (1) *Emys orbicularis* (2) *Oxyura leucocephala* (3) *Ischnura graellsii* (4) *Sympetrum sanguineum* (5) *Brachythemis leucosticta* (6) *Sympetrum meridional* (7) *Lestes veridis* (8) *Rana ridibunda* (Photos personnelles - Bara Yassamine).

Figure 14. Biodiversité faunistique de Garâet Hadj Tahar
(Eco-complexe de Guerbes Sanhadja)

I.1.5.2. Flore

Selon la nomenclature de (Quézel *et al*, 1962-1963) la flore appartient au domaine Mauritanien Méditerranéen, secteur Numidien. L'origine biogéographique des espèces végétales trouvées dans Garaet Hadj Tahar peuvent être distribués en plusieurs classes Méditerranéenne, Atlasso-Méditerranéenne, Euro-Méditerranéenne, Cosmopolites, Boréale, Paléo tempéré, Tropicale, Endémique, Eurasiatique et autres (Samraoui *et al*, 1997 ; Metallaoui *et al*, 2009).

Cette garaet héberge une diversité floristique exubérante ou se côtoient de nombreuses espèces rares comme le :

Nymphaea alba, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus maritimus*, *Scirpus lacustris*, *Iris pseudoacorus* qui colonisent environ 60 à 70 % de la surface totale de la zone humide, ainsi qu'une ptéridophyte *Salvinia natans*.

Aux abords de ce marais se succèdent essentiellement une végétation émergente à caractère envahissant tel que :

Juncus acutus, *J. maritimus*, *Olea europea*, *Asphodelus aestivus*, *Rubus ulmifolius* et des pelouses de Graminée dont les plus abondantes sont *dactylon* et *Paspalum distichum* (Metallaoui *et al*, 2009).



De gauche à droite (1) *Nymphaea alba* (2) *Olea europea* (3) *Juncus acutus* (4) *Asphodelus aestivus* (5) *Scirpus maritimus* (6) *Salvinia natans* (7) *Rubus ulmifolius* (8) *Phragmites australis* (9) *Paspalum distichum* (Photos Personnelles –Bara Yassamine)

Figure 15. Biodiversité floristique de Garâet Hadj Tahar
(Eco-complexe de Guerbes Sanhadja)

I.2. Situation et cadre géographique de Garâet Hadj Tahar

La zone humide de Hadj Tahar située entre (36°51'50'Nord et 07°15'57'Est) est un marais dulcicole stagné d'une superficie de 112 ha, Elle fait partie de l'éco-complexe de zones humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja. Elle est affiliée administrativement à la section communale de Ben Azzouz, ville de Skikda.

Cette garâet est située à une vingtaine de kilomètres de la Méditerranée (Nord-ouest) et Bordée à l'Est par la route reliant la commune de Ben Azzouz à la ville de Skikda et à l'Ouest par les forêts de Sanhadja (*Metallaoui, 2010*).

La profondeur moyenne de l'eau varie entre 0,80 et 1,20 m (*Metallaoui et al, 2008*).



Figure 16. Garâet Hadj Tahar Eco-complexe de Guerbes Sanhadja, Nord Est Algérien, (Photo personnelle Bara Yassamine prise le 27 Août 2018).

Les principales zones humides de l'Eco-complexe de Guerbes

Sanhadja :

1. Nechaa Demnat Ataoua
2. Garâet Béni M'Hamed
3. Garâet Si El-Houes
4. Nechaa Kellaba
5. Garâet Sidi Lakhdar
6. Garâet Chichaya
7. Lac Sidi Fritis
8. Garâet Sidi Makhlouf
9. **Garâet Hadj Tahar**
10. Garâet Boumaiza
11. Garâet Ain Magroun
12. Garâet Messaoussa
13. Lac Fetzara.

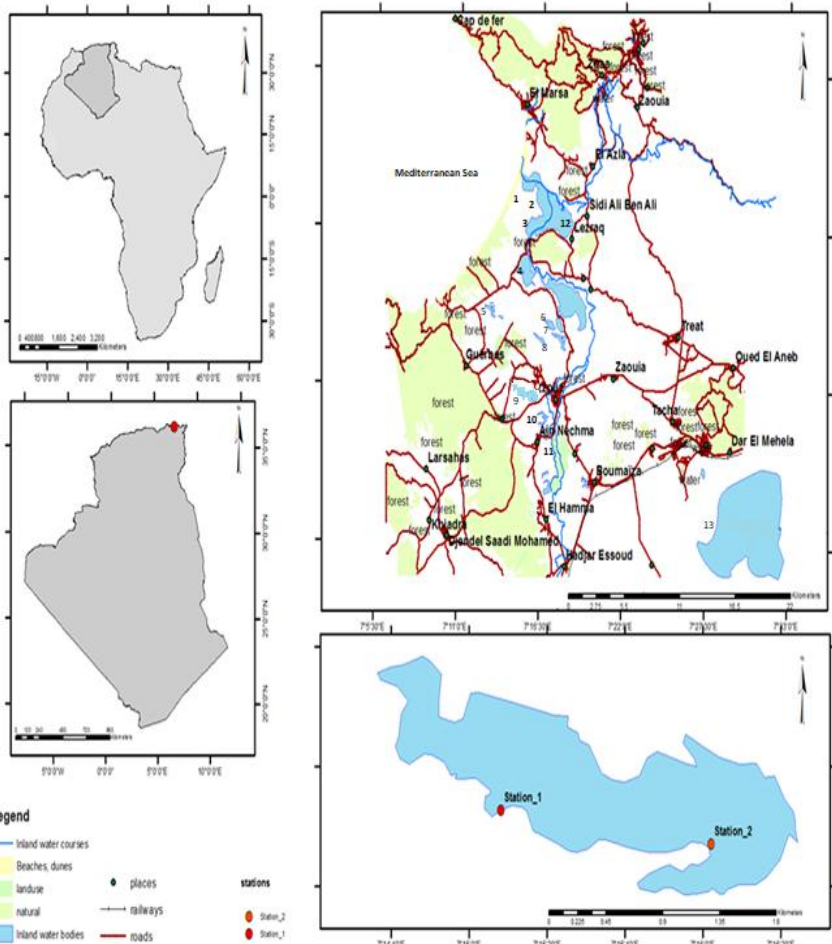


Figure 17. Localisation géographique de l'Eco complexe de Guerbes Sanhadja et de Garâet Hadj Tahar (Bara et al, 2020).

I.3. Perturbations anthropiques sur l'aire d'étude

Au cours des dernières années et sans la prise d'aucune mesure de conservation, notre zone humide a été exposée à de multiples pressions anthropiques (voir Annexe 03) qui peuvent rendre son utilisation périlleuse et conduire à son dysfonctionnement écologique. Parmi ces menaces qui méritent d'être soulignées et prises en considération, on cite :

- **L'agriculture**

Le drainage agricole non approprié à Garâet Hadj Tahar et l'utilisation d'un système de pompe pour irriguer les cultures maraîchères de la région peut fragiliser les couches aquifères et induire des assèchements qui rendent le milieu défavorable pour toute forme de vie.

Outre, la fraction des produits toxiques tels que les pesticides et les fertilisants qui proviennent surtout des terres agricoles avoisinantes entraîne une accumulation de polluants dans l'eau et conduit le plus souvent à un phénomène d'eutrophisation.

- **Le Surpâturage**

Un autre problème préoccupant auquel Garâet Hadj Tahar est soumise est le pâturage extensif, ce dernier peut avoir aussi de sérieux impacts non négligeables sur le couvert végétal et l'habitat de la biodiversité.

Pendant nos sorties sur terrain, nous avons constaté certains troupeaux de bovidés (bovins et caprins), qui leurs arrivent parfois de basculer et piétiner par leurs sabots des espèces végétales rares tels que : les touffes de *Typha angustifolia* et *Juncus acutus*, ou de s'y rendre à l'intérieur du marais pour s'abreuver et s'alimenter ce qui représente un énorme dérangement pour le peuplement avien de la région et risque d'entraîner une destruction des nids.

Selon la (D.G.F, 2002) pendant la saison d'hiver et du printemps, ces zones humides favorisent l'érosion éolienne (avec plus de 49 000 bovins et ovins en pâturage extensif) qui peuvent affecter 42% de la zone d'étude.

- **Le braconnage et la chasse**

A cette pression s'ajoute le braconnage un acte illégal pratiqué dans des zones protégées qui consiste à chasser, à tuer et à torturer des animaux, dans notre site d'étude, les espèces les plus ciblées par les riverains et les braconniers sont les oiseaux aquatiques.

D'après les témoignages de (*Metallaoui, 2010*), cette pratique vise toutes les espèces d'oiseau sans exception même celles qui sont protégées, elle a observée notamment en dehors de la saison de chasse (pendant le mois de juin) des dizaines de chasseurs qui traînaient avec une meute de chiens de chasse et qui tenaient des fusils en mains à la poursuite du Fuligule nyroca.

I.4. Choix et localisation des stations d'échantillonnage

Les stations clés pour le prélèvement de l'eau à garâet Hadj Tahar ont été sélectionnées via : le GPS Map 62 Garmin, leur choix reposer sur deux critères :

- L'accessibilité de se rendre facilement au site et,
- Par rapport aux fortes pressions de pollution exercées près des alentours de notre zone d'étude à savoir :

Station (1) : [Entre les latitudes Nord $36^{\circ} 51' 52.60''$ et les longitudes Est $7^{\circ} 15' 8.13''$] : elle est localisée en pleine zone à forte potentialité agricole et reçoit également des rejets domestiques provenant des communautés riveraines.

Station (2) : [Entre les latitudes Nord $36^{\circ} 51' 46.97''$ et les longitudes Est $7^{\circ} 16' 2.14''$] : c'est une zone très riche en végétation et fréquentée durant toutes la journées par des troupeaux de bovidés (bovins, ovins et caprins...etc).

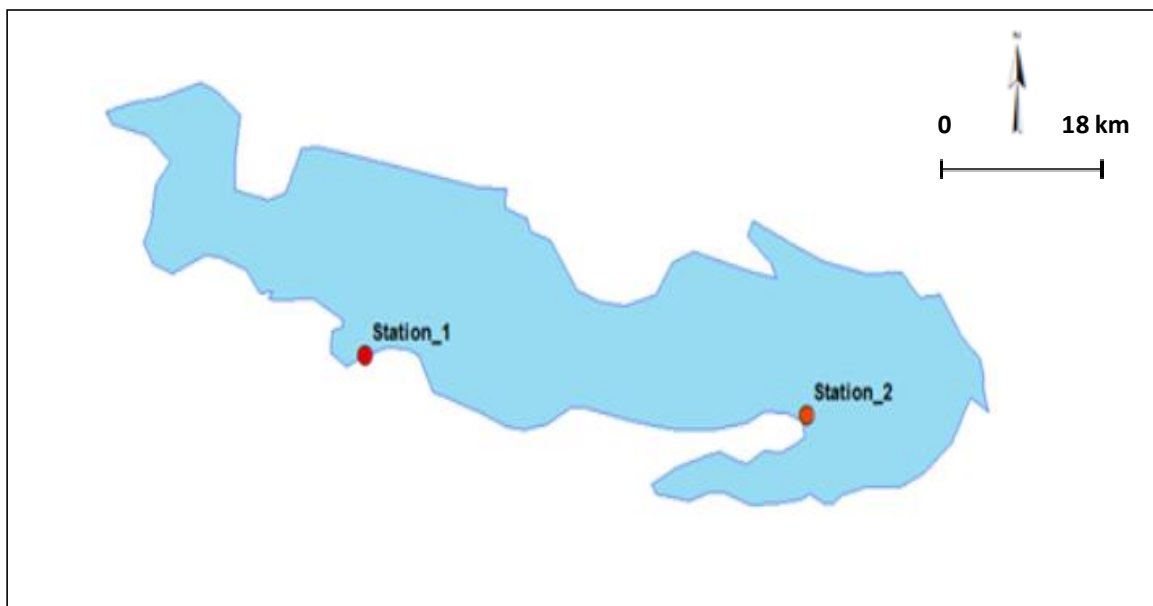


Figure 18. Choix et localisation des stations de prélèvement.

I.5. Procédure d'échantillonnage

Pour mener nos investigations dans les meilleures conditions, et cerner l'état de qualité de cette eau, nous nous sommes intéressés essentiellement aux paramètres associés à l'Eutrophisation (*Ryding et al, 1994 ; Daouda, 2010*).

Lors de cette étude, nous avons procédé à un contrôle de prélèvement mensuel durant un cycle annuel allant de Janvier à Décembre 2018.

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats en évitant les erreurs, il est essentiel avant chaque prélèvement que nos échantillons soient clairement étiquetés avec des étiquettes appropriées, bien lisibles et non détachables (*Lightfoot, 2002*).

Les échantillons d'eau destinés pour l'analyse des différentes variables biotiques et pour le dosage de la chlorophylle (a) ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique stérile de 1.5 L et de 0.5 L.

La récolte des organismes phytoplanctoniques a été effectuée grâce un filet à plancton de 20 μm de maille à partir des berges de Garâet Hadj Tahar à une profondeur de 30 cm sous la surface de l'eau.

Pour chaque station d'étude, nous avons filtrés un volume d'eau brute (environ $V= 50\text{L}$), par la suite le filtra a été récupéré dans des bouteilles ombrée de volume ($V=500\text{ ml}$) et fixer immédiatement avec du formaldéhyde à 5% afin d'empêcher toutes prolifération de microorganisme vivant où de forme végétative.

Conservation et transport des échantillons

Pendant le transport, il faut éviter surtout la destruction de l'échantillon ou la surcroissance des micro-organismes intérieurement. Ceci peut être assuré en mettant l'échantillon à labri de la lumière visible ainsi que dans des températures ambiantes grâce à l'usage d'une glacière, généralement les échantillons sont conservés à une température inférieure où égale à 4°C (*Mayat, 1994*).

I.6. Analyse des descripteurs biotiques

I.6.1. Mesure sur terrain (*in situ*) :

La Température de l'eau, le potentiel d'hydrogène, la conductivité électrique, ainsi que la turbidité sont des descripteurs changeables et extrêmement variant aux conditions de l'environnement et risque de subir des modifications durant le transport au laboratoire, c'est pour cette raison qu'ils ont été mesurés directement *in situ* via un Multi paramètres de terrain de type WTW Multi 116 350i, WTW GmbH – Germany.

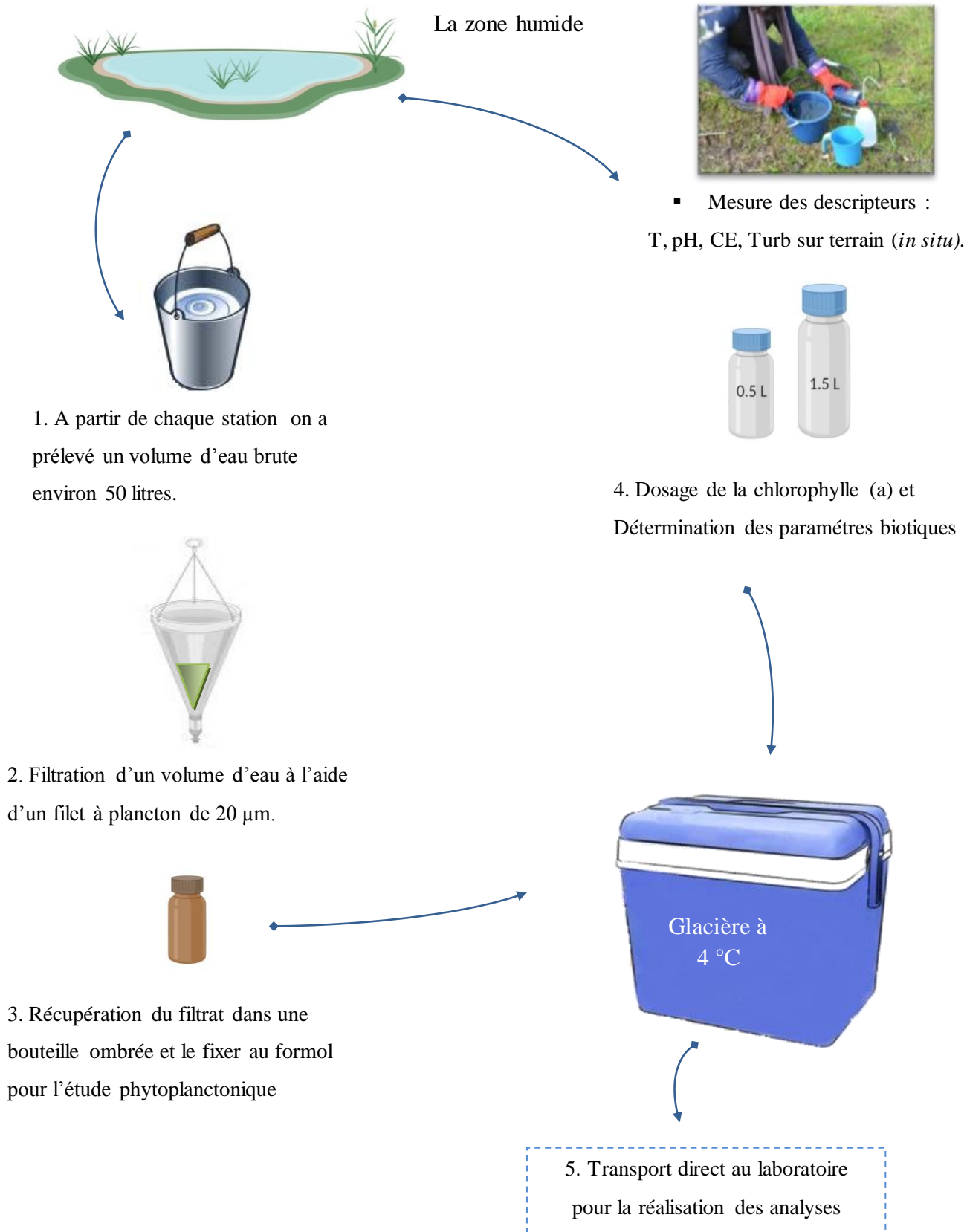


Figure 19. Protocole d'échantillonnage sur terrain d'étude

I.6.2. Mesure au laboratoire

L'ensemble des différentes analyses biotiques ont été effectuées au sein des laboratoires spécialisées qui appartient à la société ASMIDAL d'Annaba.

La détermination des concentrations des éléments nutritifs : Nitrate, Azote Ammoniacal et Orthophosphate a été réalisée selon la méthode spectrophométrique préconisé par la normalisation de l'International Organisation for Standardization (IOS, 1994).

I.6.2.1. Dosage des nitrates (NO_3^-)

▪ Principe

En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

▪ Mode opératoire

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.

Ajouter 1 ml de salicylate de sodium à 0.5% (renouveler toutes les 24 heures).

Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 à 88°C (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.

Reprendre le résidu avec 2 ml.

Ajouter H_2SO_4 concentré, laisser reposer 10 mn.

Ajouter 15 ml d'eau distillée.

Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium (ISO 7890/1986).

▪ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

I.6.2.2. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

▪ Principe

La mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de Nitropentacyanoferrate III de sodium.

▪ Mode opératoire

Prendre 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml.

Ajouter 4 ml (Réactif I), puis ajouter 4 ml de la solution de réactif II.

Compléter jusqu'à la jauge à 50 ml avec l'eau distillée.

Attendre 1h30 min

L'apparition de la couleur verte indique la présence de l'ammonium effectué la lecture à 655 nm (*ISO 7150/1-1984*).

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

I.6.2.3. Dosage des ortho phosphates (PO_4^{3-})

- **Principe**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption à 880 nm.

- **Mode opératoire**

Prendre 40 ml d'eau à analyser

Ajouter 1 ml d'acide ascorbique, puis 2 ml du réactif-mélange ascorbique.

Compléter à 50 ml avec l'eau distillée.

Attendre 10 mn.

L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO_4^{3-} (*ISO 6878/1986*).

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

I.6.2.4. Détermination de la matière en suspension (MES)

Les matières en suspension représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdal, donc filtrables. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau (*Rejsek., 2002*).

La connaissance des teneurs en matière en suspension est importante pour l'étude des milieux aquatiques. Elles représentent la fraction de matières particulaires organiques et inorganiques dont la taille serait supérieure à $0,5\mu\text{m}$ (*Aminot et al, 1983*).

- **Principe**

L'eau est filtré et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

- **Mode opératoire**

Mettre les membranes filtrantes (papier Whatman GF/C) dans une étuve à $105\text{ }^\circ\text{C}$ pendant 20 minutes

Laisser refroidir dans le dessiccateur.

Ensuite les peser (soit P_1 = poids des membranes avant filtration).

Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.

Rendre les membranes à l'étuve à 105 °C afin de sécher pendant 20 minutes.

Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit P_2 = poids des membranes après filtration (Rodier, 1984).

- **Expression du résultat par la formule suivante**

$$MES (mg/L) = (P_2 - P_1) \times 5 \times 1000$$

I.7. Analyse biologique

L'estimation de la concentration en Chlr-a a été élaborée au sein du Laboratoire d'Ecologie des Milieux Marins et Littoraux (EMMAL), de l'Université Badji Mokhtar d'Annaba.

I.7.1. Dosage de la chlorophylle (a)

La Chlorophylle (a) est le principal pigment photosynthétique des plantes, En convertissant l'énergie lumineuse en énergie chimique, elle permet la photosynthèse, c'est-à-dire la fixation de carbone induite par la lumière (la production primaire), pour cette raison, la chlorophylle (a) est mesurée en tant qu'indicateur de la biomasse des microalgues, organismes qui sont à la base de la chaîne alimentaire.

La chlorophylle (a) est probablement le paramètre biochimique le plus fréquemment mesuré en océanographie (*Aminot et al, 2004*).

▪ Mode opératoire

Filtrer 250 ml d'eau brute sur filtre Whatman (GF/C 0.45 µm) sur lequel sont déposées 3 à 4 gouttes de carbonate de magnésium afin de favoriser la filtration et d'éviter l'altération de la chlorophylle.

Récupérer le filtre et dissoudre les pigments dans 15 ml d'acétone à 90%.

Maintenir à une Température de 4°C et à l'obscurité pendant une nuit pour l'extraction des chlorophylles.

Centrifuger à 6000 tours/minutes pendant 20 minutes en vue de récupérer une solution dépourvue de particule en suspension.

Lire l'absorbance aux trois longueurs d'ondes $\lambda = 663, 645$ et 630 nm (*Brient et al, 2001 ; Saoudi, 2015*).

La concentration de la chlorophylle (a) est calculée selon l'équation mathématique de SCOR/UNESCO, 1966 (*Boussadia, 2016*) suivantes :

$$\text{Chlorophylle a } (\mu\text{g/L}) = \frac{[(11.64 \times \text{DO à } 663 \text{ nm}) - (2.16 \times \text{DO à } 645 \text{ nm}) - (0.1 \times \text{DO à } 630 \text{ nm}) \times v]}{V \times L}$$

A savoir :

DO : Densité optique.

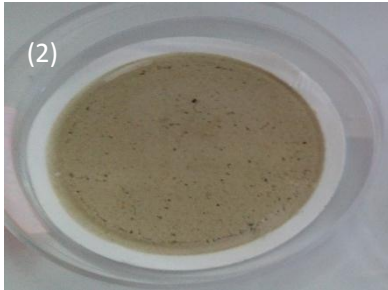
v : volume du solvant d'extraction l'acétone à 90% en (ml).

V : Volume de l'échantillon filtré (l'eau brute) en (L).

L : Longueur du trajet optique en (cm).



1. Filtration d'un volume d'eau brute (250 ml) sur filtre Whatman GF/C (0.45).



2. Récupération du filtre et dissolution des pigments dans 15 ml d'acétone à 90%.
3. Maintien à 4°C à l'obscurité pendant une nuit.



4. Broyage du filtre.
5. Centrifugation du tube à 6000 tours/minute pendant 20 minutes



6. Effectuer des mesures d'absorbance à l'aide du spectrophotomètre le Shimadzu à UV visible (UV-1700 Pharmaspec) aux longueurs d'ondes $\lambda = 663, 645 ; 630$ et 750 nm pour le contrôle de turbidité de l'essai. La concentration en Chlorophylle (a) est exprimée en $\mu\text{g/l}$.

Figure 20. Protocole expérimental du dosage de la chlorophylle (a)
(Brient et al, 2001 ; Saoudi, 2015).

L7.2. Identification et dénombrement du peuplement phytoplanctonique

Au laboratoire, les échantillons d'eau brute ($v=500l$) sont filtrés sur un filtre lavable (The Whatman Cyclpr PC 47 MM 5U, Cyclopore Track Etched Membrane), et récupéré dans 1 ml d'eau de l'échantillon elle-même (Eppendorfs tubes) (Brient *et al*, 2001).

Le comptage des différents individus micro algales a été accompli au sein du laboratoire Eau, Environnement et Systèmes Urbains (LEESU) de l'Ecole nationale des ponts et chaussées (France), en se servant d'une cellule de numération de type Agasse Lafont (Lassus *et al*, 1982), et d'un microscope inversé le Carl Zeiss mené d'une Axiocam ERc 5s, la méthode d'étude a été basé sur le même principe de (Brient, 2001) qui consiste avant tout à :

- Prendre environ 50 μl à partir du sous échantillon de 1 ml (Eppendorfs tubes) à l'aide d'une micro pipette, la déposer sous la lamelle fixé sur la cellule de décantation après humidification des surfaces rodées.
- Observation microscopique sous l'objectif x10 et x40.
- Comptage des individus phytoplanctoniques sur les 20 quadrillages horizontaux de la cellule Agasse Lafont.
- Cette opération est répétée 2 à 3 fois, et la densité algale est obtenue selon la formule suivante :

$$\text{Nombre de cellules}/50\mu l = \frac{((\text{Moy des cellules}/20) \times 100)}{50}$$

$$\text{Nombre de cellules}/ml = \frac{\text{Nombre de cellules}/50\mu l}{V}$$

A savoir :

Moy : moyenne des cellules dénombrées.

20 : 20 cadres sur lesquelles de dénombrement est effectué.

100 : 100 cadres de la cellule de dénombrement.

50 : volume de la cellule de comptage (μl).

V : volume du sous échantillon (ml).

La capture des imageries pour l'identification des espèces micro algales a été réalisée au Laboratoire d'Ecobio de Rennes à l'aide d'un microscope de type (Olympus BX50, Optical, Co with a Power Camera HAD DXC-950 P, Tokyo, Japon), et la prise des mesures grâce au logiciel PegaseProHFull version 4.0 (2I System), **(Annexe 05)**.

Pour leur identification on s'est basée sur les critères morpho anatomiques en utilisant des guides d'identification comme celle de (*Bourrelly, 1981 ; Bourrelly, 1985 ; Bourrelly, 1988 ; Bourrelly, 1990 ; Lund et al, 1995 ; Glenn, 1966 ; De Baker et al, 1999 et de David et al, 2011*) et des bases de donnée spécialisée dans la taxonomie algale comme celle de : Algaebase.org et celle du Professeur Luc Brient à l'Ecobio de Rennes.

Arriver Au laboratoire

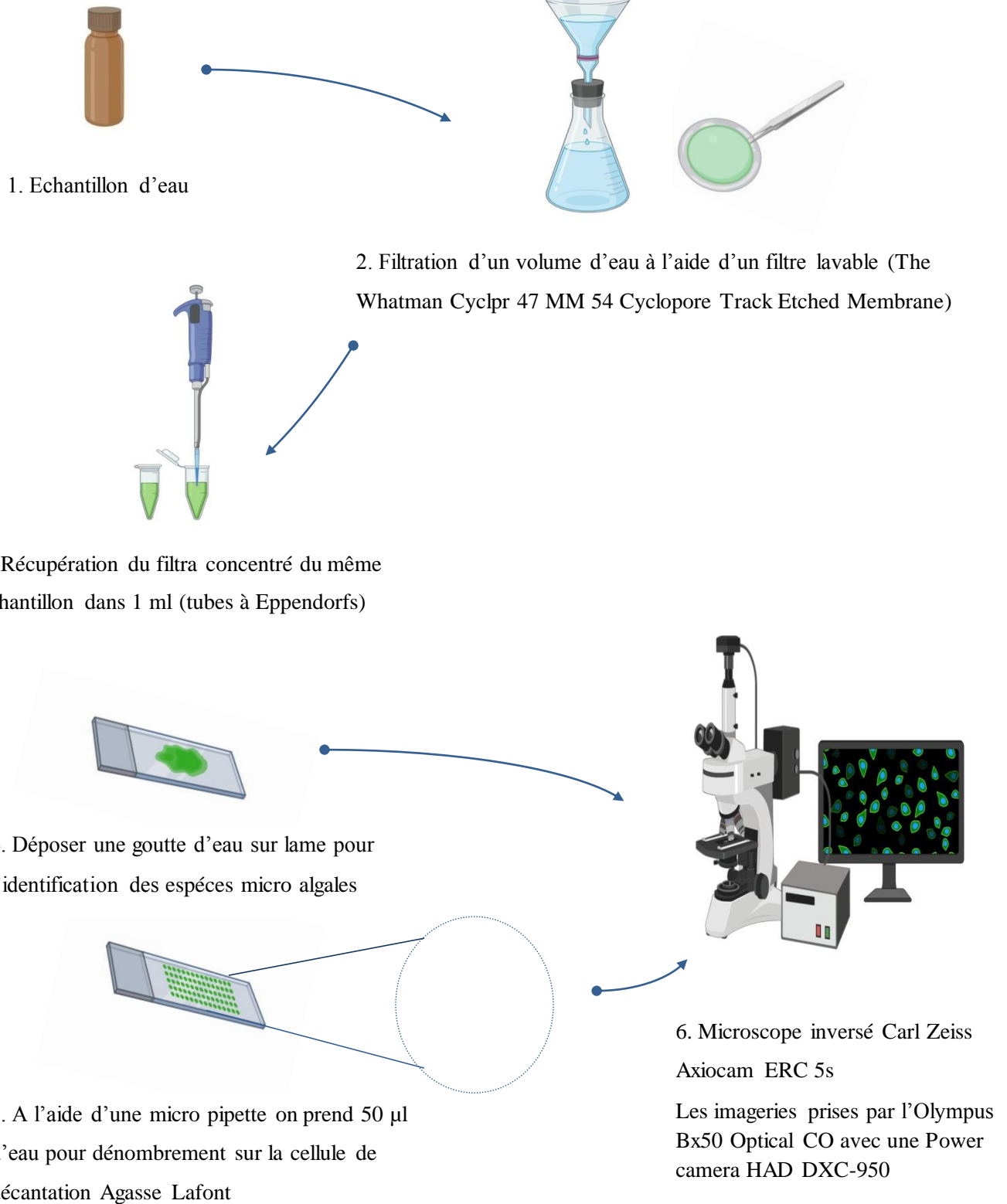


Figure 21. Protocole expérimental de l'étude phytoplanktonique.

Chapitre II

Matériel et méthodes

II. Avifaune aquatique

II.1. Structure et statut phénologique des populations aviennes de Garâet Hadj Tahar

La gestion d'une zone humide fréquentée par l'avifaune migratrice ne peut être envisagée qu'après étude du fonctionnement global vis-à-vis des diverses espèces présentes au cours de tout un cycle annuel, cette étude fonctionnelle repose sur la connaissance des comportements des oiseaux en l'occurrence, la phénologie des stationnements (*Schricke, 1990*).

A partir du dénombrement des différentes espèces d'oiseau qui viennent hiverner au sein de Garâet Hadj Tahar nous essayerons de répondre à l'un des objectifs de cette pratique.

Notamment le dénombrement des oiseaux d'eau nous permet d'obtenir des renseignements sur la structure et la dynamique des espèces sur différents niveaux que ce soit au niveau local pour estimer les effectifs qui occupent un site, leurs fluctuations et les capacités d'accueil de l'écosystème où au niveau national pour connaître l'importance et le rôle des zones humides.

II.2. Fréquence de dénombrement

Notre étude a été réalisée sur un cycle annuel depuis (Janvier à Décembre 2018).

Le monitoring des populations des oiseaux aquatiques reposait sur des sorties hebdomadaires de huit heures à seize heures, mais compte tenu des jours où on a dû annuler nos sorties écologiques à cause des conditions climatiques (les périodes pluvieuses) qui nous empêchaient d'y voir clair.

En éliminant les journées de sortie et réduisant le nombre d'heures de travail à 192 heures on obtient en moyenne une cumule de 24 sorties durant l'année.

II.3. Choix des points clés d'observation :

Le choix des points pour le dénombrement des oiseaux aquatiques dépend de 3 critères essentiels :

- La taille du site.
- La taille de la population des oiseaux à dénombrer.
- L'homogénéité de la population (*Schricke, 1982*).

De ce fait, trois points de repère constant nous ont permis d'effectuer notre dénombrement.

II.4. Matériel écologique utilisé

Au cours de nos sorties écologiques sur terrain à Garâet Hadj Tahar nous nous sommes servis du matériel suivant :

- Un Télescope de modèle (*Fully Coated Optics Exakta 20-60 × 70 mm sur un trépied le Vanguard Espod CX 203 AP*).
- Une Paire de jumelle (*Konus vue 7×50*).
- Un guide ornithologique (*Delachaux et Niestlé*).
- Une caméra professionnelle (*La Nikon D3100*).
- Un GPS (*Map 62 garmin*).
- Un décanteur manuel.

II.5. Mise en place et stratégie de dénombrement

De nombreuses méthodes et techniques sont employées pour permettre le suivi et le bon dénombrement des oiseaux d'eau. Ces dernières sont toujours influencées par de multiples facteurs liés à la biologie des oiseaux et aux transformations physiologiques que subissent les biotopes au rythme des saisons et des années (*Blondel, 1969 ; Lamotte et al, 1969*).

Il existe deux principales méthodes de suivis pour évaluer les effectifs d'un peuplement aviens :

- **La méthode dite relative** qui consiste à un comptage individuel si le groupe d'oiseau se trouve à une distance inférieure à 200 m et s'il ne dépasse pas 200 individus et,
- **La méthode dite absolue** lorsque la taille du peuplement avien est supérieure à 200 individus ou si le groupe se trouve à une distance éloignée nous procédons à une estimation quantitative. 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 (*Blondel, 1969 ; Lamotte et al, 1969 ; Bibby et al, 1998*).

Dans notre cas d'étude, nous avons fait appel à la méthode absolue car elle présente différente variante, cette méthode présente une marge d'erreur estimée de 5 à 10% (*Lamotte et al, 1969*) qui dépend en grande partie de l'expérience de l'observateur et de la qualité du matériel utilisé (*Legendre et al, 1979 ; Tamisier et al, 1999*).

II.6. Modalités et distribution spatio temporelle des populations aviennes

Les oiseaux se distribuent ou se répartissent dans le plan d'eau selon des modalités qui leurs sont propres, elle n'est pratiquement jamais aléatoire, mais répond à des critères biologiques et écologiques qui caractérisent à la fois l'espèce et le site (*Tamisier et al, 1999*).

La disponibilité et l'accessibilité des ressources alimentaires sont parmi les principaux facteurs déterminant la distribution des oiseaux aquatiques (*Jacobsen, 1996*).

(*Brochet et al, 2009*) ont aussi déterminés que la superficie des milieux humides était le principal critère influençant la distribution diurne des canards et des foulques. Ils expliquent ceci par l'augmentation de la diversité des niches alimentaires, ainsi que par la protection contre les dérangements humains qu'offre le centre d'un grand milieu humide.

Durant nos sorties et après le comptage systématique des oiseaux aquatiques, nous avons essayé de les localiser sur les cartes en utilisant des repères constants dans la Garâet, afin de déterminer leur modalité d'occupation du plan d'eau. Ces cartes spécifiques et provisoires ont été par la suite reportées sur d'autres cartes définitives mensuelles qui permettront de suivre l'invasion et l'utilisation de zone humide par les oiseaux d'eau, les représentations graphiques de l'occupation spatiale ne tiennent pas compte de l'importance numérique des oiseaux.

II.7. Calcule des indices de diversité

II.7.1. L'abondance de l'avifaune

C'est la somme des abondances des populations qui le constitue = la somme des individus ressortissant a chaque espèce.

$$N = \sum n_i$$

II.7.2. La richesse spécifique (S)

La richesse spécifique a été décrite par (*Blondel, 1975*) comme étant le nombre total d'espèce (S) recensée au moins une fois au terme de N relevés.

Ce paramètre est d'une grande utilité dans la caractérisation des peuplements, il est étroitement dépendant de la surface échantillonnée et nous renseigne sur la qualité d'un milieu habité par un ensemble d'espèce c'est-à-dire : plus la richesse est grande plus le milieu est complexe et stable.

La richesse est une valeur brute statistiquement non interprétable. Cependant il est impossible de procéder à une comparaison de deux richesses appartenant à deux milieux différents mais on peut comparer deux courbes d'espèces cumulées en conditions identiques.

II.7.3. Indice de Shannon et Weaver (H')

L'indice de Shannon et Weaver est un indice de diversité qui exprime le degré de complexité d'un peuplement, cet indice n'a de signification écologique que s'il est calculé pour une communauté d'espèces exerçant la même fonction au sein de la biocénose (Blondel, 1975)

$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$ $P_i = n_i/N$	<p>P_i : Fréquence de l'espèce i. n_i : Effectif de l'espèce i. N : Effectif total du peuplement. H' : indice de diversité exprimé en Bit (Binary digit).</p>
--	--

Sa valeur varie de 0 (une seule espèce) à log S (lorsque toutes les espèces ont même abondance).

On considère que si,

La valeur de H' est élevée cela signifie que le peuplement est riche en espèce équilibré et caractériser par un milieu complexe, mûr et stable.

A l'inverse d'une faible valeur de H' qui peut correspondre soit à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'espèce pour un grand nombre d'individu.

Soit à un peuplement déséquilibré dans lequel il y a une espèce dominante vivant dans un milieu simple, aux ressources non diversifiées et susceptible d'être fréquemment perturbé (milieu instable).

II.7.4. L'indice d'Equitabilité de Pielou (E)

L'indice d'Equitabilité permet d'apprécier les déséquilibres que l'indice de diversité ne peut pas connaître. Plus sa valeur a tendance à se rapprocher de un, plus il traduit un peuplement équilibré (Legendre et al, 1979).

$E = H'/H'_{max} \text{ où } H'_{max} = \text{Log}_2 S$	<p>H' : l'indice de diversité. H'_{max} : la diversité théorique maximale.</p>
---	---

L'indice varie de [0 à 1], elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce. Elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance.

II.8. Traitement statistique des données

Le test de Shapiro-Wilk a été appliqué à toutes les variables afin de tester la normalité de la distribution. Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé pour comparaison entre le nombre d'individus d'oiseaux aquatiques pendant la période d'étude.

Les coefficients de corrélation de Pearson entre les oiseaux aquatiques et entre chaque descripteur biotique et abiotique ont été calculés.

Les établissements d'oiseaux aquatiques ont été répartis à Garâet Hadj Tahar par Gaussian distribution montrée par la courbe à bosses, ainsi la régression de modélisation multivariée par le test MANOVA a été ajustée dans l'ordre déterminer l'effet combiné des paramètres physicochimiques sur l'abondance des oiseaux d'eau. Toutes les données sont présentées sous la forme Min/Max, Moyenne, écart-type, médiane et coefficient d'écart.

Les résultats de tous les essais statistiques sont considérés comme non significatifs (si $p > 0,05$), significatif (si $p < 0,05$), Les tests statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel XLSTAT (2009.1.02).

Chapitre III

Résultats et discussion

I. Caractérisation du milieu

I.1. Caractéristiques des descripteurs biotiques et abiotiques

I.1.1. La température de l'eau

La température de l'eau dépend des variations journalières ou saisonnières de la température ambiante et également des rejets anthropiques (Wilby *et al*, 2014).

La température et la lumière sont deux paramètres qui ont de sérieux influences sur la croissance et la diversité du phytoplancton, ce sont les principaux facteurs limitants de la croissance algale (El Hachimi, 2012 ; Smruti, 2016).

Les résultats obtenus de la température de l'eau à Garâet Hadj Tahar montrent des variations identiques dans l'ensemble des stations d'étude, la valeur minimale de la température de l'eau est observée pendant la période d'hiver dans la station (1) avec 10,7°C, tandis que la valeur optimale est enregistrée pendant le mois d'Aout en période estivale dans la station (2) avec 27,9 °C.

Selon la grille de classification de la qualité de l'eau en fonction de la température (Monod, 1989) (**l'Annexe 01**) notre plan d'eau est de qualité normale durant l'hiver et moyenne à médiocre durant l'été.

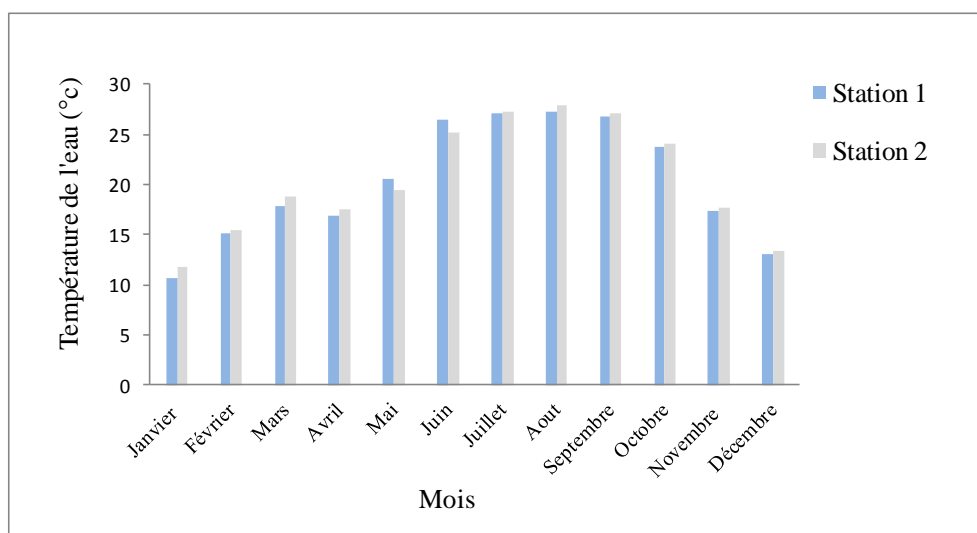


Figure 22. Variation mensuelle de la température de l'eau de Garâet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018).

I.1.2. Le potentiel d'hydrogène

Le pH a été utilisé comme une mesure de l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle de log de 0 (extrêmement acide) via 7 (neutre) jusqu'à 14 (extrêmement alcaline).

La plupart des organismes aquatiques et certains processus bactériens présentent un optimum de pH dans un rang spécifique (**ex** : l'activité des bactéries nitrifiantes est maximale pour des pH allant de 7 à 8,5) (Moss *et al*, 2003 ; Cellamare, 2009).

Dans notre zone humide, les mesures du pH montre des légères variabilités dans l'ensemble des stations.

Au niveau de la station (1) le pH varie de (7,02 à 7,83) à l'opposé de la Station (2) qui est de (7,03 à 7,54).

Les fortes valeurs d'alcalinité du pH qui sont enregistrées pendant le mois d'Octobre dans la station (1) et en mois de Juillet dans la station (2) sont en relation avec l'augmentation de l'activité photosynthétique, c'est-à-dire les plantes aquatiques qui sont présentes dans le milieu consomment le CO₂ dissous ce qui va agir sur l'équilibre calcocarbonique et tendent de décliner la consommation en H⁺

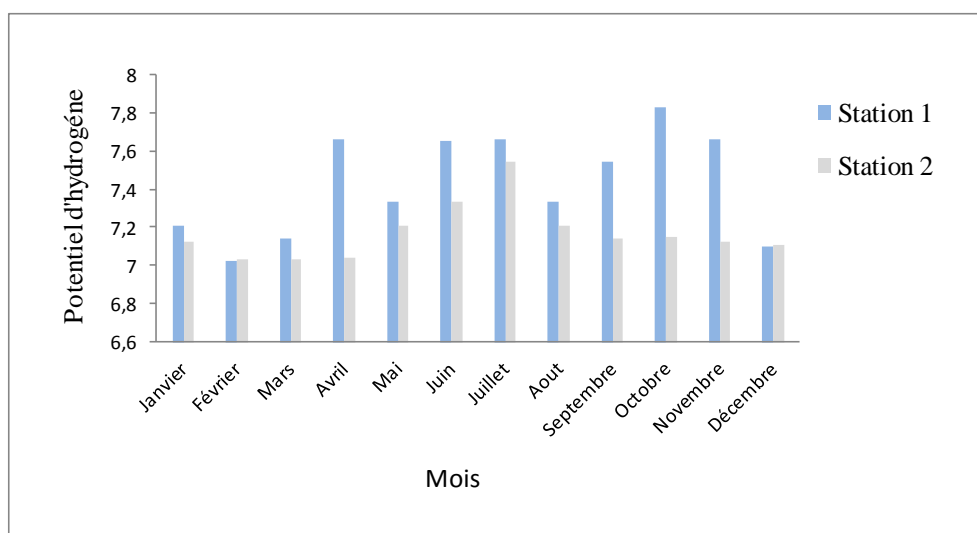


Figure 23. Variations mensuelles du potentiel d'hydrogène dans Garâet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018).

I.1.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique est un paramètre qui nous renseigne sur l'état trophique du milieu autrement dit lorsque le milieu a tendance à être oligotrophe, la conductivité à des valeurs faibles, à l'opposé d'un milieu eutrophe qui présente une forte conductivité (Berzin et al, 1989).

Durant tout notre cycle d'étude la conductivité électrique dans la station (1) a oscillée de (1033 à 2354 $\mu\text{s/cm}$) alors que dans la station (2) elle a été de (1132 à 1467 $\mu\text{s/cm}$).

D'après la grille d'appréciation de la qualité de l'eau de (Rodier et al, 1984) de (l'Annexe 02).

Les résultats obtenus de la CE dans l'ensemble des stations d'étude sont extrêmement supérieurs > à 1000 $\mu\text{s/cm}$, ce qui indique clairement que notre hydrosystème est fortement minéralisée.

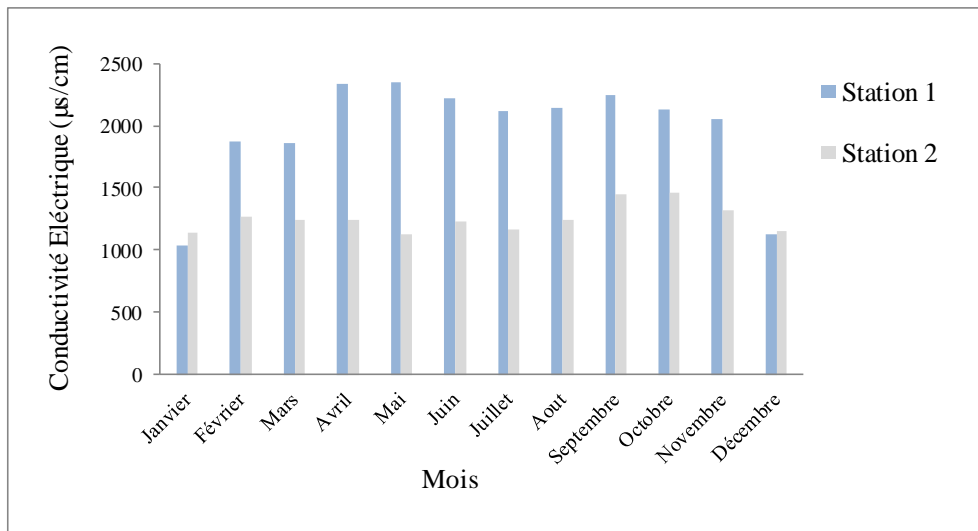


Figure 24. Variation mensuelle de la conductivité électrique de Garâet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018).

I.1.4. La turbidité

Le suivi de la turbidité de l'eau de Garâet Hadj Tahar fluctue entre un minimum de 7,02 NTU enregistré pendant le mois de Mai dans la station (2) et un maximum de 11,67 NTU noté en Décembre dans la station (1).

Cependant en ce référant à la grille de classification de la turbidité de (Rodier, 1996), on constate que ses valeurs se situe au alentour de ($5 < \text{NTU} < 30$) ce qui indique que l'eau de ce milieu est légèrement trouble.

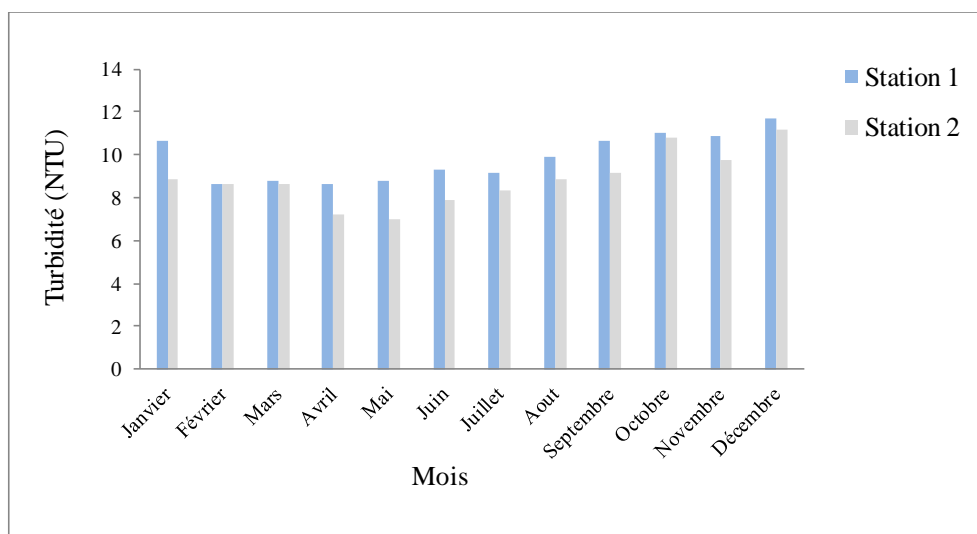


Figure 25. Variation mensuelle de la turbidité de l'eau de Garaet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018).

I.1.5. Le nitrate

Les nitrates ont des origines agricoles (épandage d'engrais ou élevage du bétail) après lessivage des terres agricoles, ils proviennent aussi de la minéralisation de l'azote organique et l'oxydation de l'ammonium (Lalami et al, 2010).

Dans les eaux de Garâet Hadj Tahar, la concentration en ion nitrates a été marquée par de forte amplitude qui atteint les 2,23 mg/l en mois de Janvier dans la station (2), tandis que les faibles concentrations ont été enregistrées dans la station (1) durant le mois de Mars, Mai et Juin avec un taux de 1,7 mg/l.

Selon les résultats des analyses effectuées durant notre étude, ses teneurs en nitrates sont relativement inférieures à la valeur seuil (50 mg/l) proposée par (J.O.R.A, 2014).

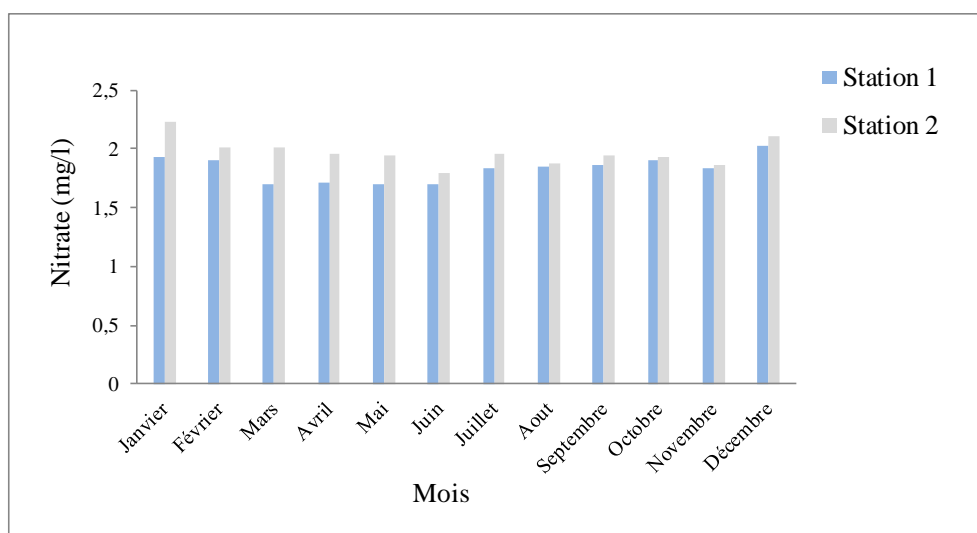


Figure 26. Variation mensuelle des nitrates dans Garâet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018).

I.1.6. L'azote ammoniacal

Durant notre cycle d'étude, la concentration en azote ammoniacal dans la station (1) a été comprise entre 0,86 et 1,87 mg/l, à l'exception du mois de Mars où nous avons enregistré un pic important de l'ordre de 3,5 mg/l, en revanche au niveau de la station (2) les teneurs mensuelles en NH_4^+ n'excèdent pas la valeur de 2,64 mg/l.

Comparanée à la grille de classification des eaux de surface fixé par (*Belhaouari et al, 2017*), ses valeurs sont fortement supérieures à la valeur limite (0,1 à 3 mg/l et > à 3 mg/l) et indique une eau polluée à excessivement polluée.

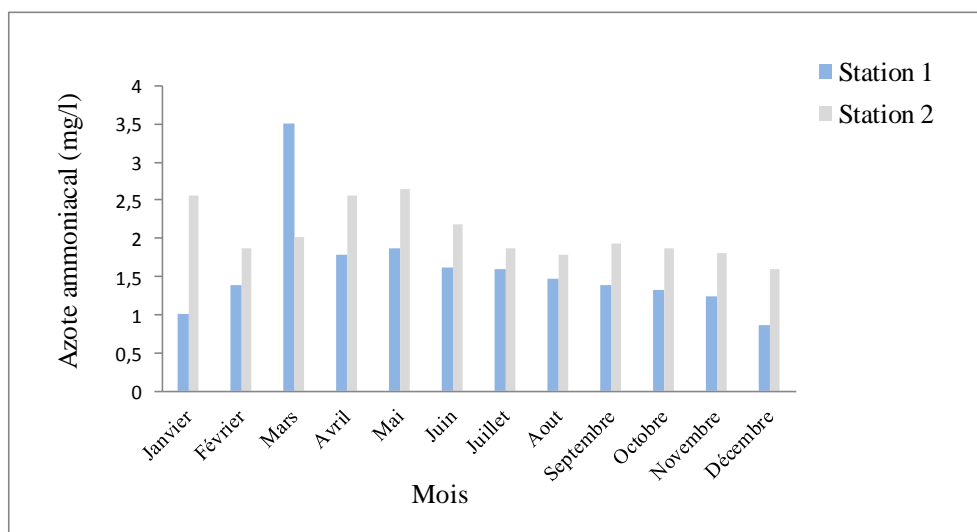


Figure 27. Variation mensuelle de l'azote ammoniacal dans Garaet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018).

I.1.7. Les orthophosphates

Le phosphore est un élément limitant pour la production primaire, ainsi tout apport de ce nutriment dans les cours d'eau ou les plans d'eau est susceptible de stimuler la croissance des plantes et des algues (Aounallah, 2016).

Selon (Nechad et al, 2014) une forte teneur en orthophosphates peut indiquer une pollution agricole suite à une lixiviation des fertilisants.

Notamment, les teneurs élevées de cet élément dans les eaux de surface peuvent entraîner une eutrophisation.

La présentation graphique ci-dessous montre des concentrations en orthophosphates qui varient de 0,41 à 0,65 mg/l dans la station (1) à l'exception des deux pics notés en mois d'Avril et Mai qui oscille entre 2,13 mg/l et 2,02 mg/l, Dans la station (2) toutes les valeurs enregistrées se situent entre 1,45 mg/l à 2,76 mg/l.

De même et d'après ses résultats obtenues dans Garâet Hadj Tahar nous pouvons clairement conclure que l'orthophosphate dans l'ensemble des stations d'étude a dépassée fortement la barre de tolérance établie par (Belhaouari et al, 2017) et nous permet de classer ces eaux comme polluées.

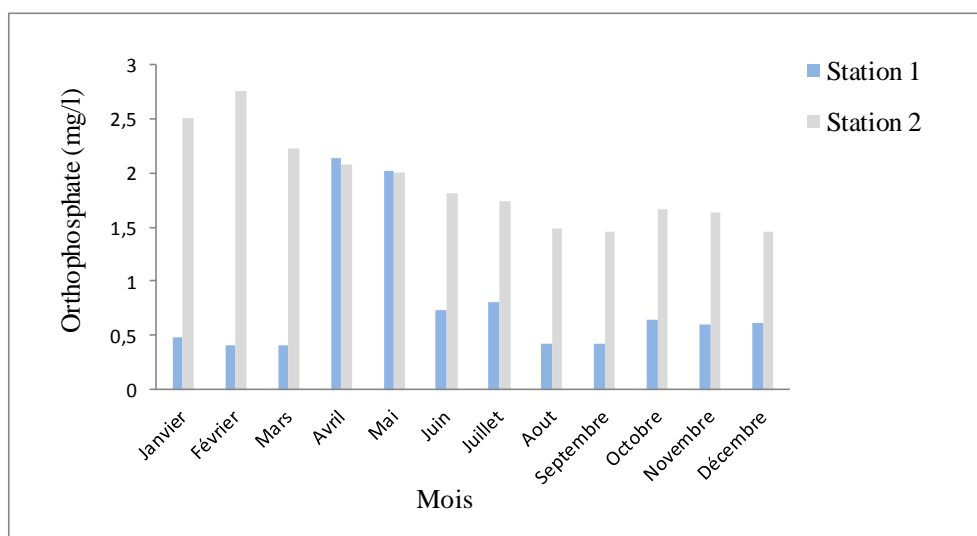


Figure 28. Variation mensuelle de l'orthophosphate dans Garâet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018).

I.1.8. La matière en suspension

La quantité de la Matière en suspension dans l'eau dépend de l'érosion naturelle, du ruissellement et de la prolifération des algues (*Mc Neely et al, 1980*).

Nos suivis des MES démontrent une allure presque semblable dans les deux stations d'échantillonnage, elle fluctue de (11,45 à 13 mg/l) au sein de la station (1) et de (10,52 à 12,84 mg/l) dans la station (2).

La teneur en MES qui est marquée par une valeur relativement importante est enregistrée en mois de Mai dans la station (1) et pendant le mois de Juillet dans la station (2).

En se référant à la valeur seuil proposée par le (*J.O.R.A, 2006*) ses résultats sont inférieurs à 40 mg/l.

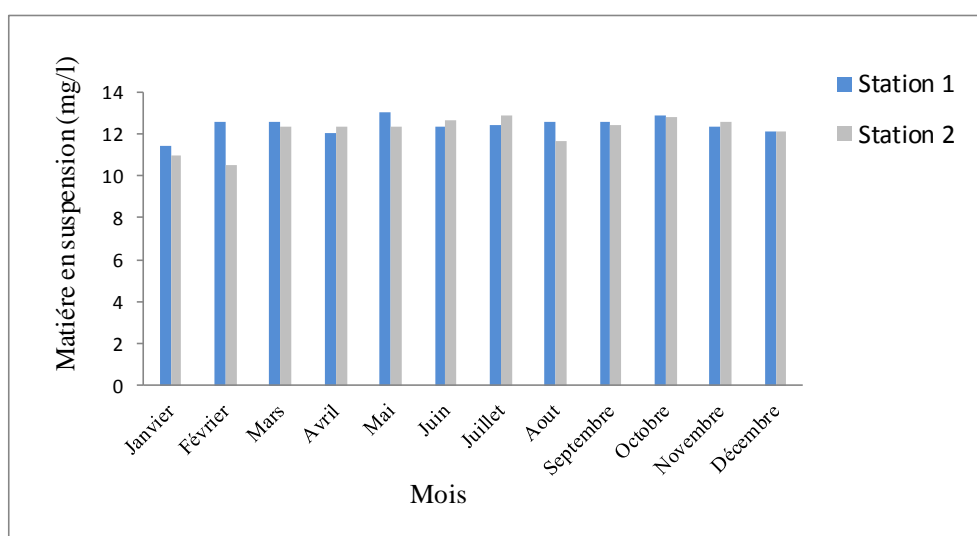


Figure 29. Variation mensuelle de la matière en suspension dans Garâet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018).

I.1.9. La chlorophylle (a)

Les résultats auxquels nous avons parvenus à partir du dosage de la chlorophylle (a) indiquent des variabilités importantes en fonction des saisons.

Dans l'ensemble des stations d'étude, les teneurs en chlorophylle (a) les plus faibles (qui sont inférieures à 10 $\mu\text{g/l}$) sont relevées pendant les mois Janvier, Février, Mars et Avril.

Dans la station (1) de la garâet, les valeurs enregistrées de Mai à Décembre fluctuent progressivement de 16 à 68,4 $\mu\text{g/l}$ avec un pic qui atteint les 121,8 $\mu\text{g/l}$ en mois de septembre, par contre dans la station (2) les teneurs en chl-a sont compris entre 35,1 à 90,9 $\mu\text{g/l}$ à l'exception des pics de 126,6 $\mu\text{g/l}$ et 145,4 $\mu\text{g/l}$ qui sont rencontrés en mois de septembre et octobre respectivement.

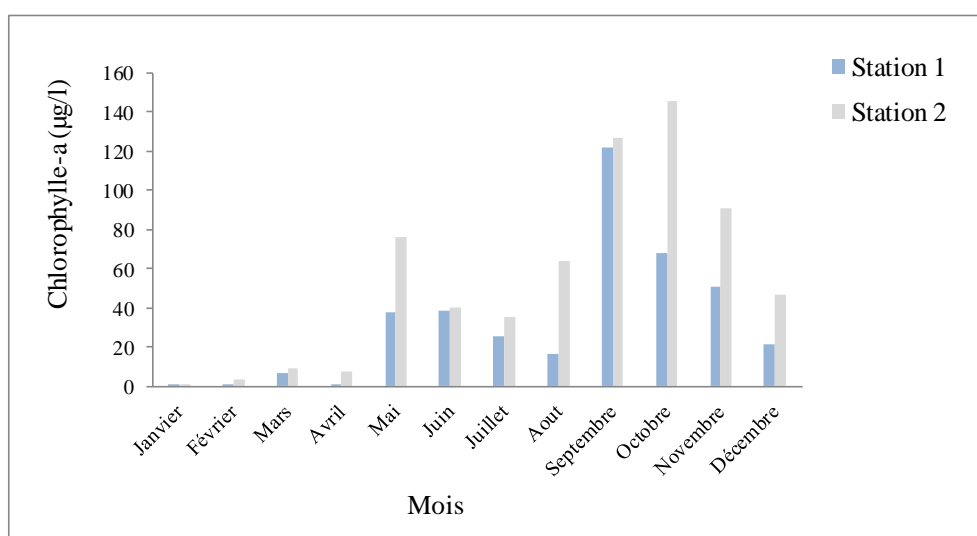


Figure 30. Variation mensuelle de la chlorophylle (a) dans Garâet Hadj Tahar de (Janvier à Décembre 2018)

I.2. Etude du peuplement phytoplanctonique

I.2.1. Etude qualitative du phytoplancton

I.2.1.1. Composition phytoplanctonique de Garâet Hadj Tahar

L'analyse de la composition taxonomique et l'observation des caractères morpho anatomiques du peuplement phytoplanctonique qui colonise Garâet Hadj Tahar nous a permis d'identifier dans l'ensemble des stations d'étude un total de 36 espèces, appartenant à 31 genres réparties en 5 classes taxonomiques, les différentes classes nous ont permis d'avoir la (Figure. 52).

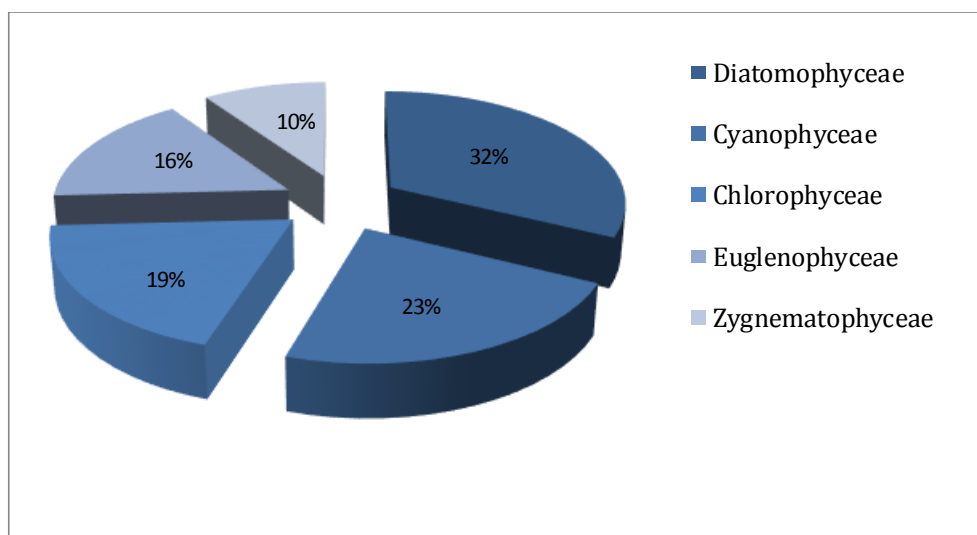


Figure 31. Composition de la communauté phytoplanctonique de Garâet Hadj Tahar.

Au sein de notre plan d'eau, la classe la plus dominante qui regroupe la proportion la plus importante est celle des Diatomophyceae avec 10 genres (soit 32.26%) du peuplement algale, dont 7 genres sont des Diatomées pennales et 3 genres sont des Diatomées cenriques, cette classe est essentiellement représentée par le genre *Nitzschia*.

En seconde position vient la classe des Cyanophyceae qui indique la présence de 7 genres avec un pourcentage de 22.58% principalement prédominés par le genre *Dolichospermum*.

Les Chlorophyceae sont présentés également par 6 genres (19.35%) principalement dominé par *Acutodesmus* et *Desmodesmus*.

La classe des Euglénophyceae révèle 5 genres (soit 16.13%), dont les plus courantes sont : *Phacus*, *Euglena* et *Trachelomonas*.

Et pour finir la classe la moins répandus est celle des Zygnématophyceae avec 3 genres (soit 9.68%) qui semble dominé par le genre *Mougeotia*.

Sur les 31 genres recensés 4 genres (soit 12,90%) appartenant à la classe des Cyanobactéries sont reconnus comme potentiellement toxique à savoir : *Oscillatoria*, *Planktothrix*, *Lyngbya* et *Merismopedia*.

I.2.1.2. Fréquence spécifique du phytoplancton de Garâet Hadj Tahar

D'après ce graphe, le nombre d'espèce le plus relativement élevé et le plus abondant a été enregistré pendant la saison estivale pendant le mois d'Août dans la station (2) avec la présence de 22 espèces à savoir : *Pinnularia viridis*, *Gomphonema sp*, *Nitzschia sp*, *Dolichospermum sp*, *Oscillatoria sp*, *Lyngbya sp*, *Anabaenopsis sp*, *Planktothrix isothrix*, *Limnothrix redekei*, *Acutodesmus acuminatus*, *Desmodesmus opoliensis*, *Mougeotia sp*, *Closterium sp*, *Phacus sp*, *Phacus longicauda*, *Phacus monilatus*, *Strombomonas sp*, *Lepocinclis fusiformis*, *Eugléna acus*, *Eugléna ehrenberg*, *Trachelomonas sp*, *Trachelomonas hispida*.

Par ailleurs, le plus faible nombre a été enregistré en hiver dans la station (1) durant le mois de Février avec seulement la présence de 5 espèces de Diatomées qui sont : *Navicula sp*, *Gomphonema sp*, *Cymbella sp*, *Pinnularia viridis* et *Cyclotella meneghiniana*.

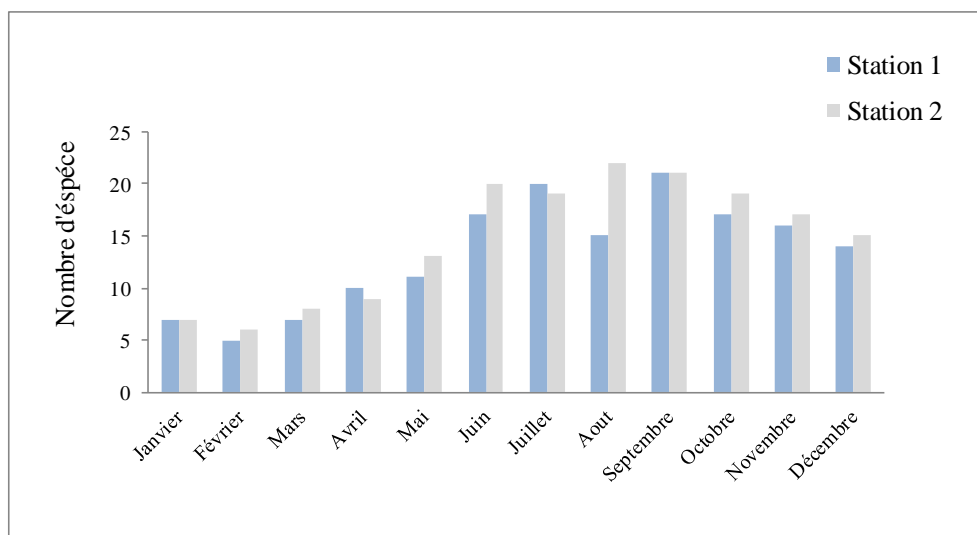


Figure 32. Variation du nombre total d'espèce phytoplanctonique en fonction des mois et des stations d'étude.

Tableau 04. Inventaire taxonomique du phytoplancton dans les deux stations d'échantillonnage de Garâet Hadj Tahar de (Janvier 2018 à Décembre 2018)

Classe des Diatomophyceae
<i>Gomphonema</i> (Ehrenberg)
<i>Cymbella</i> (C. Agardh)
<i>Navicula</i> (Bory)
<i>Nitzschia</i> (Hassall)
<i>Fragilaria</i> (Lyngbye)
<i>Cocconeis</i> (Ehrenberg)
<i>Rhoicosphenia</i> (Crunow)
<i>Stephanodiscus</i> (Ehrenberg)
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith
<i>Pinnularia viridis</i> (Ehrenberg)
<i>Cyclotella meneghiana</i> (Kützing)
Classe des Cyanophyceae
<i>Lyngbya</i> (Komarek et Anagnostidis)
<i>Merismopedia</i> (Komarek et Anagnostidis)
<i>Anabaenopsis</i> (Woloszynska) Miller
<i>Oscillatoria</i> (Komarek et Anagnostidis)
<i>Dolichospermum</i> (Wacklin, P., Hoffmann, L. & Komárek, J)
<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) (Komarek et Komarkova).
<i>Limnothrix redekei</i> (Mrfert).
Classe des Euglenophyceae
<i>Phacus</i> (Dujardin)
<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg), Dujardin.
<i>Phacus monilatus</i> (Suecicus Lemmermann)
<i>Lepocinclis fusiformis</i> (H. J. Carter Lemmermann)
<i>Eugléna acus</i> (Ehrenberg)
<i>Eugléna ehrenberg</i> (G.A. Klebs)
<i>Strombomonas</i> (Deflandre)
<i>Trachelomonas</i> (Ehrenberg)
<i>Trachelomonas hispida</i> Perty (F. Stein. Emend) Deflandre

Classe des Chlorophyceae

Sphaerocystis (Chodat).

Monoraphidium (Komárková-Legnerová in Fott).

Pediastrum tetras (Ehrenberg) Ralfs

Acutodesmus acuminatus (Lagerhelm) P. Tsarenko in Tsarenko et Petlovany

Desmodesmus opoliensis (P.G. Richter) E. Hegewald

Microspora (Thuret)

Classe des Zynematophyceae

Spirogyra (Link in Nees)

Mougeotia (C. Agardh)

Closterium (Nitzschia Ex Ralfs)

Classification systématique

Empire	Eukaryota
Régne	Chromista
Embranchement	Bacillariophyta
Classe	Bacillariophyceae
Sous-classe	Bacillariophycidae
Ordre	Cymbellales
Famille	Gomphonemataceae
Genre	<i>Gomphonema</i>



Gomphonema (Ehrenberg)

Tableau 05. Classification systématique du genre *Gomphonema* (Bacillariophycées) (Algaebase.org)

Classification systématique

Empire	Eukaryota
Régne	Chromista
Embranchement	Bacillariophyta
Classe	Bacillariophyceae
Sous-classe	Bacillariophycidae
Ordre	Naviculales
Famille	Pinnulariaceae
Genre	<i>Pinnularia</i>



Pinnularia viridis (Ehrenberg)

Tableau 06. Classification systématique du genre *Pinnularia* (Bacillariophycées) (Algaebase.org)

Classification systématique

Empire	Eukaryota
Régne	Chromista
Embranchement	Bacillariophyta
Classe	Bacillariophyceae
Sous-classe	Bacillariophycidae
Ordre	Bacillariales
Famille	Bacillariaceae
Genre	<i>Nitzschia</i>



Nitzschia (Hassall)

Tableau 07. Classification systématique du genre *Nitzschia* (Bacillariophycées) (Algaebase.org)

Classification systématique

Empire	Prokaryota
Régne	Eubacteria
Sous-régne	Negibacteria
Embranchement	Cyanobacteria
Classe	Cyanophyceae
Sous-classe	Oscillatoriophycidae
Ordre	Oscillatoriales
Famille	Oscillatoriaceae
Genre	<i>Oscillatoria</i> – <i>Lyngbya</i>



Oscillatoria (Komarek et Anagnostidis)

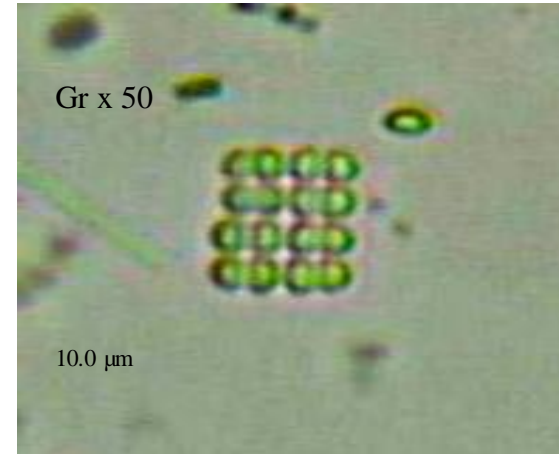


Lyngbya (Komarek et Anagnostidis)

Tableau 08. Classification systématique du genre *Oscillatoria* et du genre *Lyngbya* (Cyanobactéries) (Algaebase.org)

Classification systématique

Empire	Prokaryota
Régne	Eubacteria
Sous-régne	Negibacteria
Embranchement	Cyanobacteria
Classe	Cyanophyceae
Sous-classe	Synechococcophycidae
Ordre	Synechococcales
Famille	Merismopediaceae
Genre	<i>Merismopedia</i>



Merismopedia (Komarek et Anagnostidis)

Tableau 09. Classification systématique du genre *Merismopedia* (Cyanobactérie) (Algaebase.org)

Classification systématique





Empire	Eukaryota		
Régne	Protozoa		
Sous-régne	Eozoa		
Embranchement	Euglenozoa		
Classe	Euglenophyceae	<i>Phacus</i> (Dujardin)	<i>Phacus monilatus</i> (Suecicus Lemmermann)
Sous-classe	Euglenophycidae		
Ordre	Euglenida		
Famille	Phacidae		
Genre	<i>Phacus</i> - <i>Lepocinclis</i>	<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg), Dujardin.	<i>Lepocinclis fusiformis</i> (H. J. Carter Lemmermann)

Tableau 10. Classification systématique du genre *Phacus* et du genre *Lepocinclis* (Euglénophycées) (Algaebase.org)

Classification systématique

Empire	Eukaryota
Régne	Protozoa
Sous-régne	Eozoa
Embranchement	Euglenozoa
Classe	Euglenophyceae
Sous-classe	Euglenophycidae
Ordre	Euglenida
Famille	Eugleninae
Genre	<i>Euglena</i>



Eugléna acus (Ehrenberg)



Eugléna ehrenberg (G.A. Klebs)

Tableau 11. Classification systématique du genre *Euglena* (Euglénophycées) (Algaebase.org)

Classification systématique

Empire	Eukaryota
Régne	Protozoa
Sous-régne	Eozoa
Embranchement	Euglenozoa
Classe	Euglenophyceae
Sous-classe	Euglenophycidae
Ordre	Euglenida
Famille	Euglenidae
Genre	<i>Trachelomonas</i>

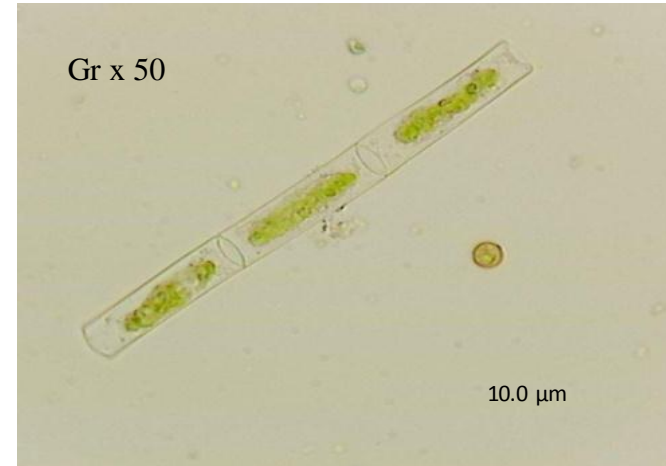


Trachelomonas hispida Perty
(F. Stein. Emend) Delflandre

Tableau 12. Classification systématique du genre *Trachelomonas* (Euglenophycées) (Algaebase.org).

Classification systématique

Empire	Eukaryota
Régne	Plantae
Sous-régne	Viridiplantae
Embranchement	Charophyta
Classe	Zygnematomyceae
Sous-classe	Zygnematomycidae
Ordre	Zygnematales
Famille	Zygnemataceae
Genre	<i>Mougeotia</i>

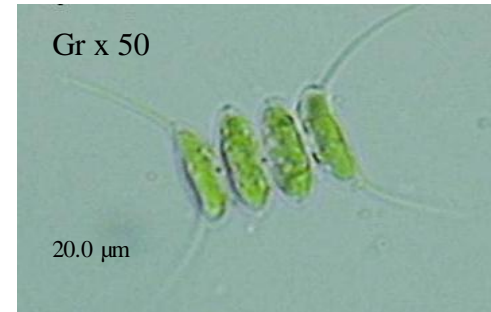


Mougeotia (C. Agardh)

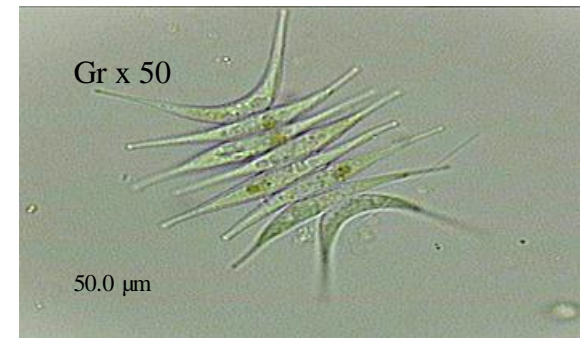
Tableau 13. Classification systématique du genre *Mougeotia* (Zygnematomyceae) (Algaebase.org).

Classification systématique

Empire	Eukaryota
Régne	Plantae
Sous-régne	Viridiplantae
Embranchement	Charophyta
Classe	Chlorophyceae
Ordre	Sphaeropleales
Famille	Scenedesmaceae
Genre	<i>Acutodesmus</i> - <i>Desmodesmus</i>



Desmodesmus opoliensis (P.G. Richter) E. Hegewald



Acutodesmus acuminatus
(Lagerhelm) P. Tsarenko in Tsarenko et Petlovany

Tableau 14. Classification systématique du genre *Acutodesmus* et du genre (Chlorophycées) (Algaebase.org)

Classification systématique

Empire	Eukaryota
Régne	Plantae
Sous-régne	Viridiplantae
Embranchement	Charophyta
Classe	Chlorophyceae
Ordre	Chamydomonadales
Famille	Sphaerocystidaceae
Genre	<i>Sphaerocystis</i>



Sphaerocystis (Chodat)

Tableau 15. Classification systématique du genre *Sphaerocystis* (Chlorophycées) (Algaebase.org)

I.2.2. Etude quantitative du phytoplancton

I.2.2.1. Dynamique saisonnière du phytoplancton

Pendant la période hivernale, on constate que l'évolution saisonnière du phytoplancton de Garâet Hadj Tahar à cette période de l'année révèle une prolifération en faible densité et peu diversifiée qui n'excèdent pas les 251 ind/ml et qui semble dominé essentiellement par la classe des Bacillariophycées.

Au début de la saison printanière, avec la présence d'une bonne quantité d'apports eutrophisants et l'augmentation de la température qui rend la colonne d'eau stable et chaude on observe une importante poussé phytoplanctonique printanière qui atteint les 3253 ind/ml en mois de Mai et en particulier dominé par la classe des Chlorophycées.

Par la suite en période estivale à partir du mois de Juin jusqu'à Aout on assiste à un nouveau remplacement qui se déroule au sein de la communauté phytoplanctonique avec l'apparition des Cyanobactéries, ces efflorescences algales demeurent dominantes jusqu'à la fin de la période automnale où on note un pic de 3595 ind/ml en mois d'Octobre.

A l'approche de l'hiver avec la baisse de la température ($T = 13\text{ °C}$) l'activité de certaines espèces microalgales se ralentit, tandis que d'autres plus résistantes au froid persiste à nouveau, on note un développement phytoplanctonique d'une densité 1336 ind/ml en mois de Décembre principalement dominé par les Diatomées.

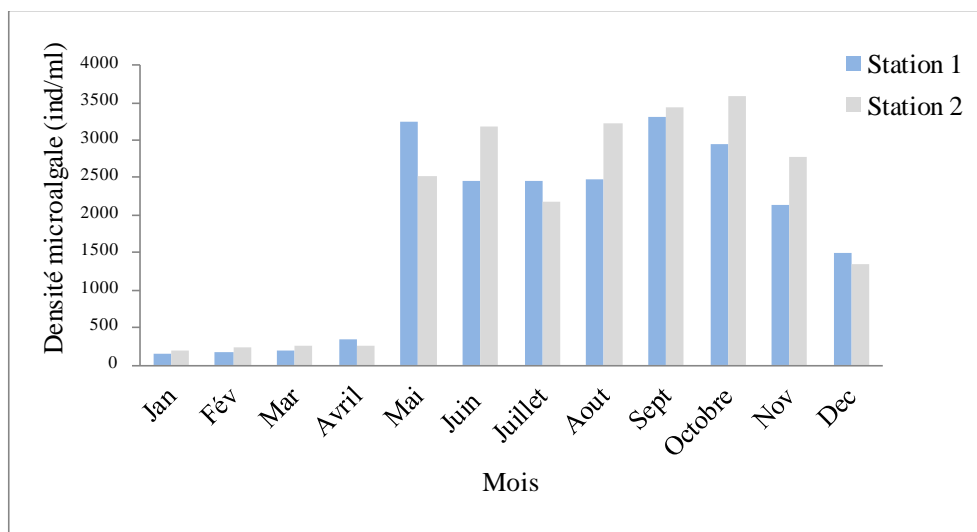


Figure 33. Variation spatio temporelle du phytoplancton de Garâet Hadj Tahar en fonction des stations et des saisons

Chapitre III

Résultats et discussion

*II. Phénologie et Ecologie de
l'avifaune aquatique*

II.1. Ecologie et phénologie des oiseaux aquatiques de Garaet Hadj Tahar

II.1.1. La famille des Podicipedidés

- **Le Grèbe à cou noir** *Podiceps nigricollis*



Le *Podiceps nigricollis* a été signalé précédemment dans le complexe de zones humides de Guerbes Sanhadja au Nord Est de Skikda par (Metallaoui et al, 2008), comme une espèce au statut hivernant rare.

D'après (El Hamoumi, 2000) cette espèce se montre occasionnellement pendant les passages et en hivernage, mais toujours en faibles nombres.

Dans Garâet Hadj Tahar, cet oiseau a été observé 7 fois durant notre cycle d'étude, Sa présence a été très peu abondante, la valeur maximale a été de 9 individus noté en Octobre (**Figure 34. A**).

La répartition de la majorité des individus a été en plein centre du plan d'eau à l'exception du mois de Mars où nous avons observés un poussin qui barboté seule sur la rive et qui avait l'aire sûrement d'être égarer.

- **Le Grèbe huppé** *Podiceps cristatus*

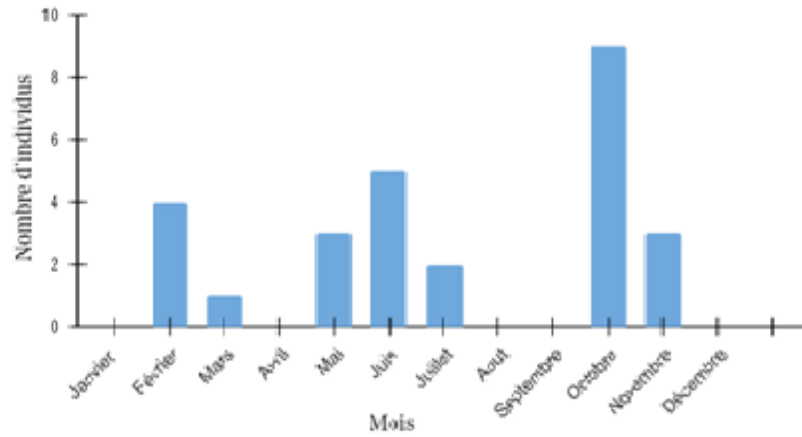


Le *Podiceps cristatus* est marqué comme espèce nicheuse et sédentaire dans Garâet Hadj Tahar (Metallaoui et al, 2008), Généralement il niche entre Mars et Mai dans les endroits profonds des zones humides et dans les touffes de *Scirpus lacustris* et de *Typha angustifolia* (Rouibi et al, 2013).

Au Maroc, dans les salines de Sidi Moussa il a été perçu comme hivernant irrégulier (El Hamoumi, 2000), il se nourrit surtout d'invertébrés, de substances végétales, de larves, d'insectes, de petits poissons, de crustacées, de vers et de petits têtards (Félix, 1975).

Pendant nos sorties sur terrain le Grèbe huppé a été toujours omniprésent dans la partie centrale de la garâet, le mois de Février a été marqué par un nombre élevé qui atteint 26 individus suivie d'un déclin progressive jusqu'au mois de Juillet, après un deuxième pic survient en mois d'Août avec un total de 23 individus (**Figure 34. B**).

[A]



[B]

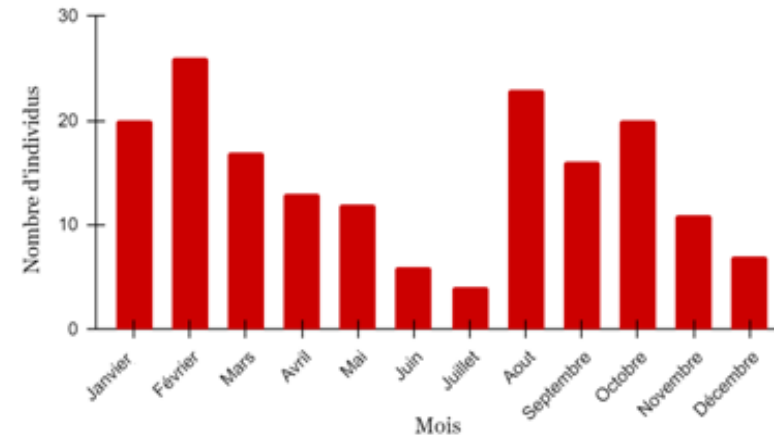


Figure 34. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Grébe à cou noir, (B) Grébe huppé dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

- **Le Grèbe castagneux** *Tachybatus ruficollis*



Le *Tachybatus ruficollis* est caractérisé par un statut sédentaire nicheur dans Garâet Hadj Tahar (Metallaoui et al, 2008).

Il a été presque répandu pendant toute l'année sauf le mois de Mai et de Juillet où l'espèce a complètement disparue cette observation peut être attribuée à leurs Périodes de nidification.

Les arrivées des Grèbes migrateurs a été pendant le mois d'Août où on a constaté une importante augmentation dans leurs effectifs, leur plus grand nombre a été enregistré en Octobre avec 153 individus (**Figure 35.A**).

II.1.2. Les Phalacrocoracidés

- **Le grand Cormoran** *Phalacrocorax carbo*



Le *Phalacrocorax carbo* est un oiseau aquatique et marin nicheur en France depuis 1989 (Sibley, 1992), et signalé comme hivernant dans notre zone d'étude (Metallaoui, 2010),

Le Cormoran séjourne en période hivernale dans Garâet Hadj Tahar à partir du mois de septembre jusqu'au mois de Mars mais avec des effectifs relativement faibles qui varient de 2 à 16 individus (**Figure 35. B**).

Leurs suivis nous a permis de constater que ses espèces sont très inconstants dans leurs mouvement une fois poser sur le plan d'eau ils reprennent leurs vols très rapidement.

Généralement le rassemblement de cette population a été observé dans la partie orientale du plan d'eau.

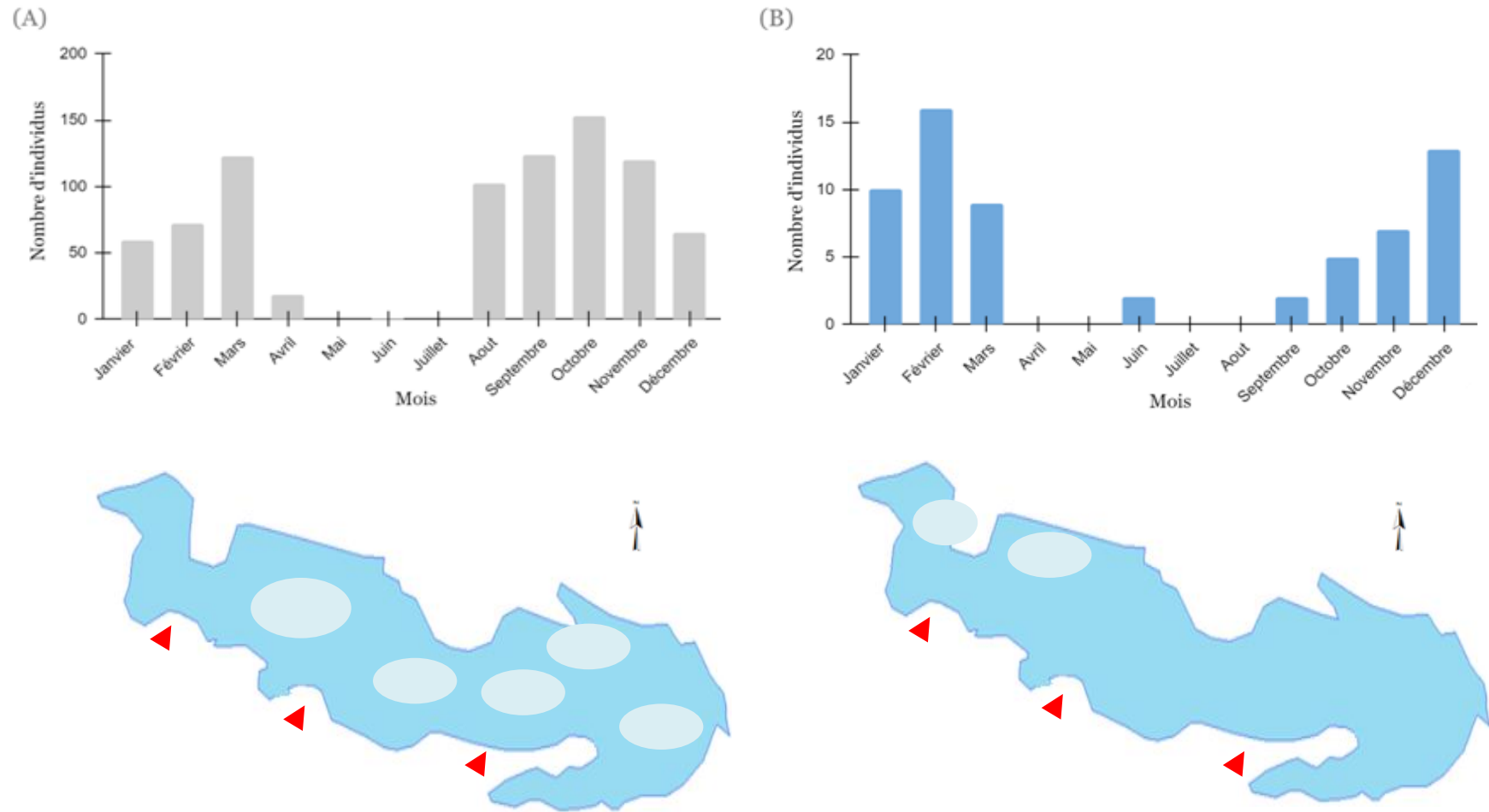


Figure 35. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Grèbe castagneux, (B) Grand Cormoran dans Garâet Hadj Tahar durant Janvier à Décembre 2018.

II.1.3. Les Ardéidés

- **Le héron crabier** *Ardeola ralloides*



L'*Ardeola ralloides* est nicheur estivant au marais de Boussehra (Boudraa, 2015), et à El Kala (Darmellah, 1999 ; Belhadj et al, 2007).

Il fréquente les milieux doux est rarement observée dans les zones humides saumâtres et salées (Hafner et al, 1998), il a une préférence

Pour les endroits cachés aux végétations luxuriantes particulièrement les touffes de Phragmites qui leur servent de refuge au moindre dérangement (Metallaoui, 2010).

Cet oiseau d'eau a été régulièrement visible dans la partie occidentale du marais, il a été perçu pendant le mois de Janvier avec 2 individus, et le mois d'Avril avec 6 individus et globalement du début du mois de Juillet jusqu'au mois de Décembre avec des valeurs qui oscillent de 2 à 7 individus (**Figure 36. A**).

- **Le héron bihoreau** *Nycticorax nycticorax*



Selon des études réalisées par (Chalabi et al, 1990) le héron bihoreau est une espèce qui niche et se reproduit dans le Lac Fetzara et à El Kala.

Toute au long de notre étude, les observations de cet oiseau ont été très rare on l'a observé uniquement 4 fois dans le secteur Nord Est de Garâet Hadj Tahar, l'effectif le plus élevé a été marqué en mois d'Août où nous avons recensés que 4 individus (composés d'un couple en parade nuptiale et de deux juvéniles) (**Figure 36. B**).

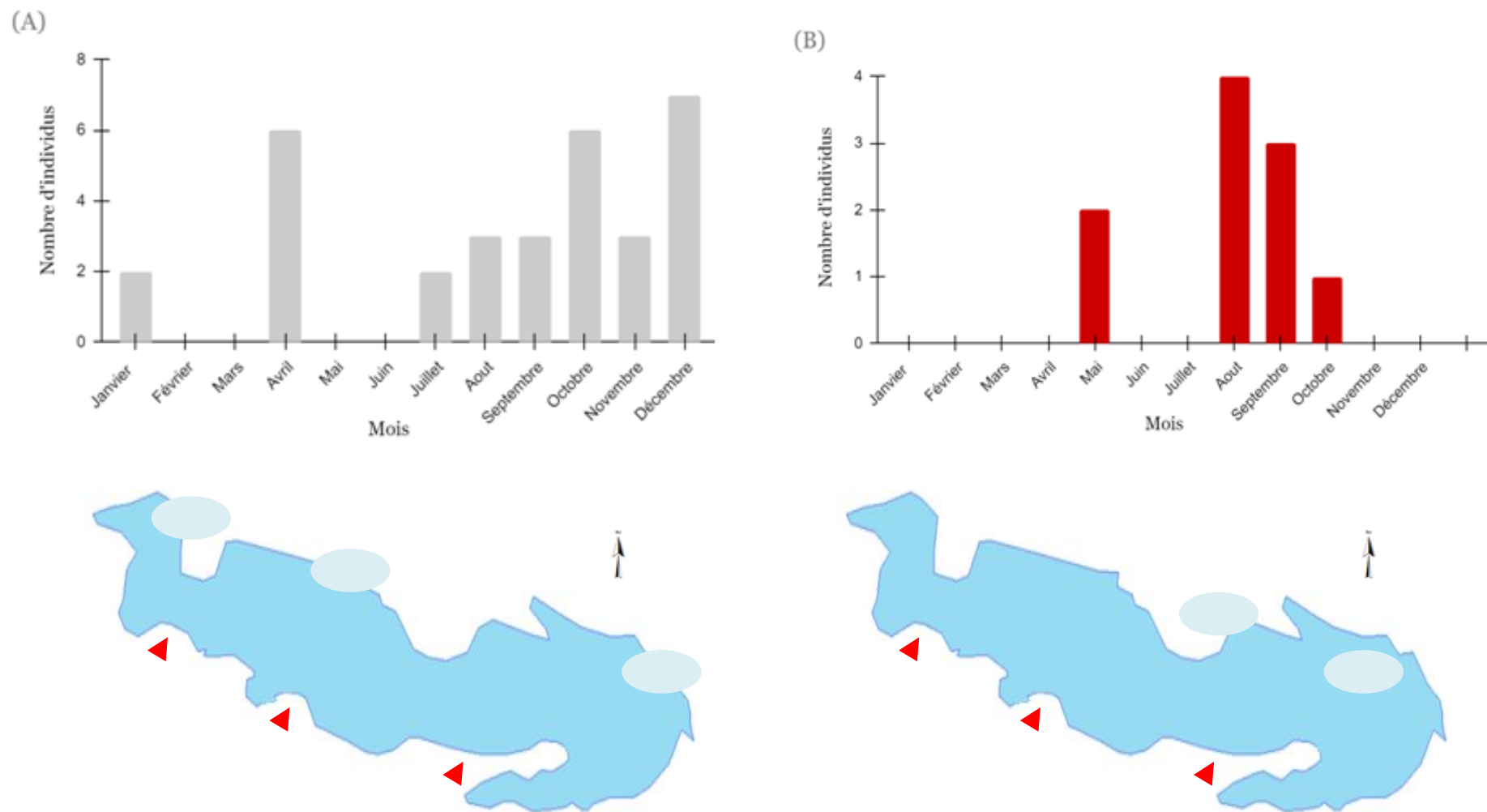


Figure 36. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Héron crabier, (B) Héron bihoreau dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **Le héron garde bœuf *Ardea ibis***



L'*Ardea ibis* est un sédentaire nicheur en Algérie (Samraoui et al, 2007), un oiseau coloniale et très abondant dans les zones humides du littoral Algérien (espèce qui ne cesse de s'augmenter en chiffre chaque année)

C'est un omnivore (Bendahmane, 2015), il s'alimente de végétaux et notamment d'amphibiens, de reptiles et de mammifères (Hafner, 1977 ; Bredin, 1984 ; Boukhamza, 2000 ; Setbel, 2003).

Dans le Marais de Boussedra, Annaba son effectif peut atteindre jusqu'à 2500 individus en Juin 2014 (Boudraa, 2015).

L'espèce a été enregistrée pendant toutes notre étude, l'effectif le plus important a été marqué en Septembre avec 307 individus, tandis que le plus faible a été enregistré en Juillet avec 27 individus (**Figure 37. A**).

Le héron garde bœuf a fréquenté la majorité du site d'étude, on l'a aperçu souvent à la rechercher de sa nourriture à plusieurs endroits sur la rive Nord Ouest et Nord Est de la Garâet, sur les terres agricoles, à proximité du bétail pâturant, et parfois même déposer sur des troncs d'arbre et des blocs de roche.

- **La grande aigrette *Egretta alba***



En Méditerranée et en Afrique *Egretta alba* est une espèce hivernante

Par contre en Europe c'est un nicheur (Branciforti, 1998), Ces principales zones de distribution et de nidification sont la Roumanie, la Hongrie et l'Autriche (Green in Marion et al, 1994).

Les relevés précédents de (Metallaoui, 2010) et ceux auxquels nous nous sommes aboutis récemment prouve que *Egretta alba* hiverne au sein de la Garâet mais avec un effectif d'individu très faible qui varie de 1 à 7 oiseaux (**Figure 37. A**).

Sur terrain les observations des grandes aigrettes ont été très difficilement distinguées des aigrettes garzette et des Hérons cendrés.

La majorité des colonies de ces espèces ont été remarquées au bord des eaux dans les parties nordiques du site d'étude, certains d'eux ont été entrain de guetter d'autres ils essayaient de capturer leurs ressources trophiques (poissons) par leurs bec épais.

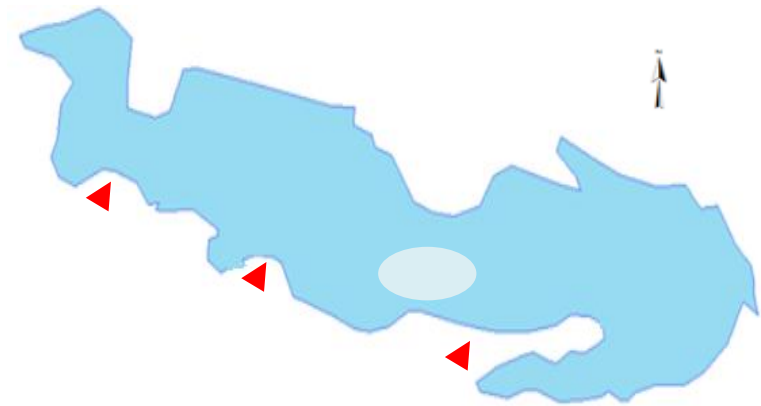
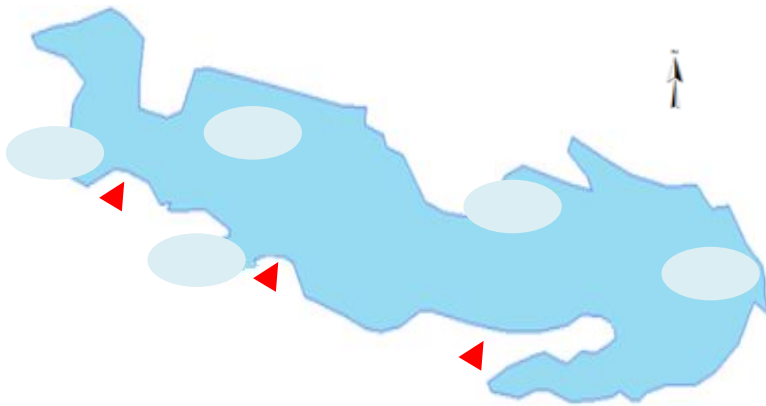
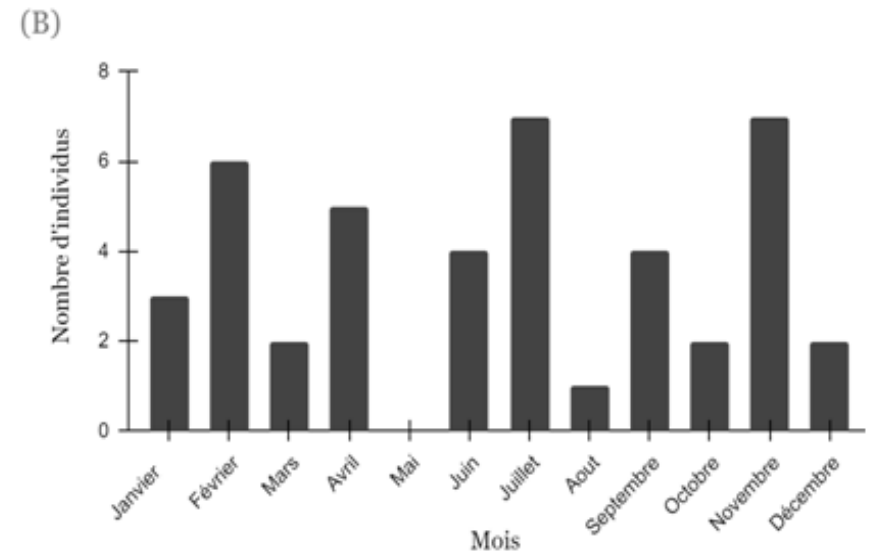
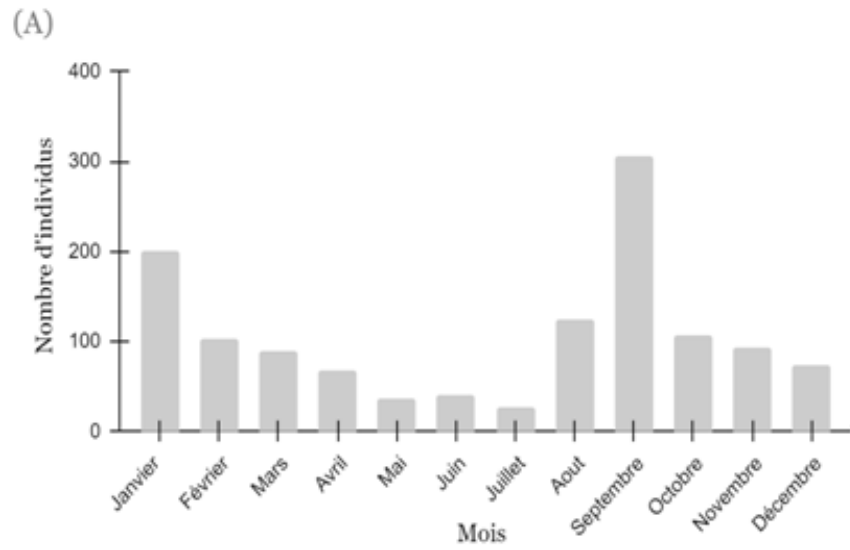


Figure 37. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Héron garde bœuf, (B) Grande aigrette dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **L'aigrette garzette** *Egretta garzetta*



L'*Egretta garzetta* affiche un statut sédentaire nicheur dans toutes l'Algérie, le pays accueille en hiver une partie de la fraction migratrice des populations Européennes (*Isnmann et Moali, 2000*), elle niche souvent en colonie mixte avec les autres hérons et forment des colonies dépassant les 800 couples (*Bendahmane, 2015*).

Leur régime alimentaire est principalement constitué de petits poissons comme *Gambusia affinis*, de mollusques, de vers, de crustacées, d'amphibiens, d'insectes et de larves (*Bologna, 1980 ; Hafner et al, 1998*).

La plupart d'elle hivernent en Afrique, une partie également en France et en Espagne et beaucoup au Moyen Orient (*Svensson, 2015*)

Dans notre site d'étude, Cet espèce est une hivernante migratrice sa présence a été irrégulière.

Durant Janvier à Avril on note des effectifs qui varient de 16 à 27 individus, après de Mai jusqu'à Juillet aucun signe de l'espèce n'a été signalé, une telle observation peut être probablement lié à une migration nuptial vers d'autres sites, à l'arriver de la saison hivernale nous avons constatés une augmentation apparente des effectifs qui peut atteindre en mois d'octobre 213 individus et qui se traduit certainement par une migration de retour vers le site (**Figure 38. A**).

Généralement, cet oiseau se distribue dans les zones de balancements des eaux et sur les berges et occupe généralement les zones dont la profondeur ne dépasse pas ses traces (*Biddau, 1996*).

Les populations des aigrettes garzettes ont été vues se propager dans le secteur nordique et près des berges de la Garâet.

- **Le héron cendré** *Ardea cinerea*



L'*Ardea cinerea* est une espèce qui a connu une augmentation spectaculaire en région méditerranéenne depuis les premières nidifications en Camargue (*Blondel, 1965*), En Algérie dans l'Est Oranais elle niche localement en nombre réduit (*Metzmacher, 1979*), à Annaba dans le Marais de Bousedra elle est plutôt déclaré comme une espèce migratrice de passage (*Boudraa, 2015*), elle se nourrit de larves de diptères et même de cadavre d'oiseau (*Van Der Kellen, 1993*).

Au cours de nos premiers relevés sur terrain l'espèce a été visible de temps en temps mais en petit nombre avec un maximum de 23 individus noté au début du mois

De Janvier, l'absence totale de cet espèces pendant le mois d'Avril jusqu'au mois de Juin peut être en relation avec la reproduction, malgré qu'aucun signe de nidification n'a été enregistré à cette période la de l'année, pour le reste de l'année à partir du mois de Juillet on assiste à l'arrivée de quelque hivernant précoce qui demeurent jusqu'à Décembre (**Figure 38. B**).

Les hérons cendrés ont été observés près des berges des secteurs septentrional et oriental de la zone humide.

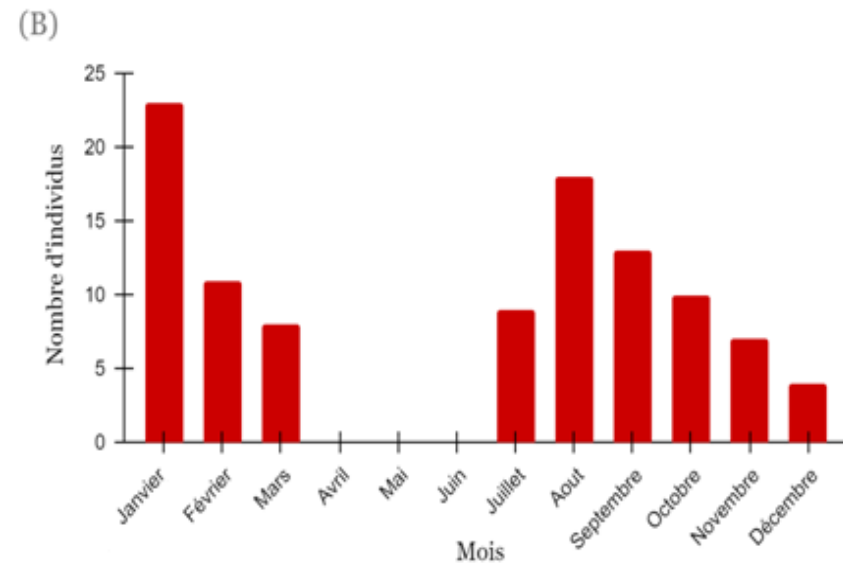
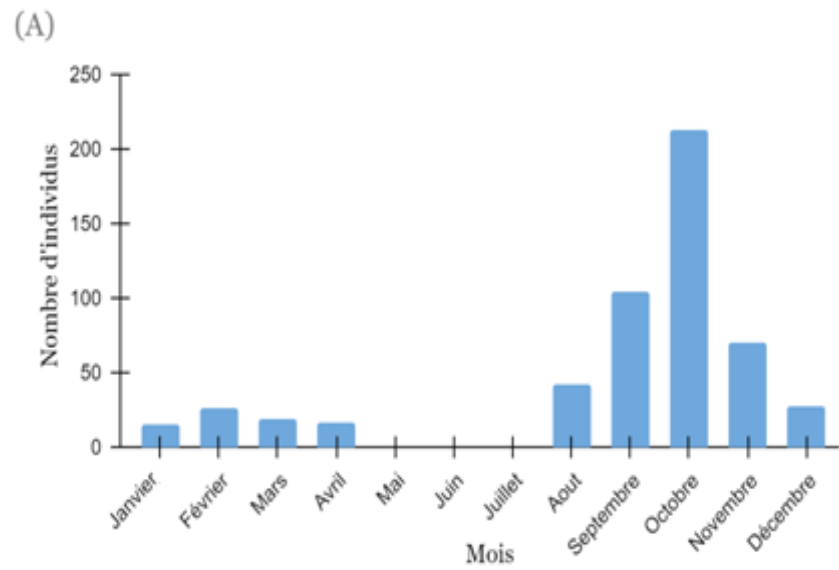


Figure 38. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Aigrette garzette, (B) Héron cendré dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

II.1.4. Les Ciconiidés

- **La cigogne blanche** *Ciconia ciconia*



Ciconia ciconia est une espèce paléarctique sa distribution englobe une partie de l'Europe, le Moyen Orient, le centre Ouest Asiatique, le Nord Ouest de l'extrême Sud Africain (Duquet, 1990 ; Hancock et al, 1992), elle est très représentées dans la Numidie (Thomas et al, 1974).

Certains de cette espèces sont devenues sédentaires, elles ont changés leurs statuts et s'hiverne même dans notre région (Samraoui, 1998 ; Samraoui et Houhamdi, 2002).

Leur régime alimentaire est essentiellement a base de lombrics, de grenouilles, de micros mammifères et d'insectes (Schierer, 1967 ; Baidoin, 1973 ; Grampet et al, 1977 ; Lazaro et al, 1991 ; Koros, 1991) notamment d'escargots dont elle casse la coquille avant de les ingurgiter (Bentamer, 1998) mais c'est dernier temps l'espèce a changé de comportement alimentaire et elle est devenu beaucoup plus déchetivore comme le héron garde bœuf.

Durant notre étude, la cigogne blanche a été visible dans l'ensemble du Marais de Hadj Tahar, il nous arrive même souvent de l'observer en survol mais en nombre très réduit qui diffère d'un mois à un autre,

L'espèce a commencée à côtoyer la Garâet depuis le début du mois de Janvier avec un effectif maximal composé de 23 individus, par la suite cet effectif a baissé progressivement jusqu'à la fin du mois de Juin (**Figure 39. A**).

En Juillet aucune présence de l'espèce n'a été relevé selon les observations précédente de (Metallaoui, 2010) cela pourrait correspondre à une migration postnuptiale.

Une deuxième augmentation dans le nombre est ré apparu à partir du mois d'Août jusqu'à la fin du mois de Décembre avec une abondance qui varie de 2 à 18 individus.

II.1.5. Les Threskiornithidés

- L'ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*



L'ibis falcinelle est une espèce grégaire, qui niche en colonie, elle s'alimente d'insectes, de larves et de grenouille, sa répartition géographique s'étend de l'Europe méridionale jusqu'à l'Asie Centrale (Cramp et al, 1977), En Afrique du nord, leur reproduction a été notée pour la première fois au milieu du dix-neuvième siècle et qui semblait être confinée entre l'Algérie et le nord du Maroc (Vaucher, 1915 in Khelifa, 2011).

En 1856 deux œufs d'ibis falcinelle ont été récoltés au lac Halloula, en même temps, Loche a enregistré la reproduction de la même espèce au lac Fetzara et au lac Halloula (Heim De Balsac et al, 1962)

Pendant nos sorties, nous avons enregistrés quelques hivernants réguliers d'ibis falcinelle qui se sont installés à la Garâet dès le début du mois de Janvier mais avec des abondances relativement faibles qui oscillent de 2 à 13 individus, leurs répartitions a été plus précisément dans la partie nordique à proximité des berges du site d'étude (**Figure 39. B**).

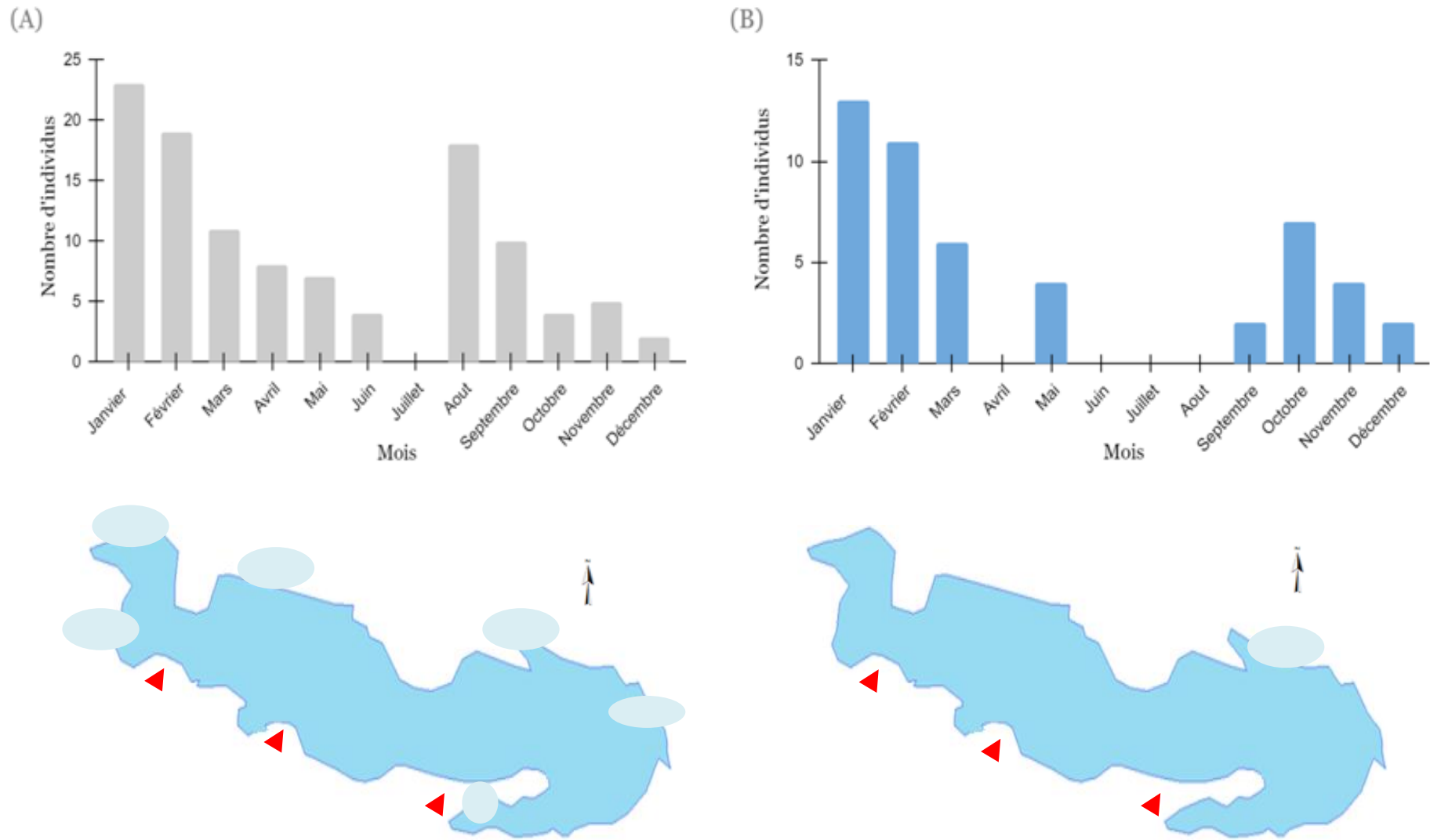


Figure 39. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Cigogne blanche, (B) Ibis falcinelle dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

- **La spatule blanche** *Platalea leucorodia*



La *Platalea leucorodia* est originaire principalement des Pays Bas et d'Espagne (Poorter, 1982), son quartier d'hivernage est l'Afrique tropicale qu'elle commence à coloniser à partir d'Août et Septembre (Metallaoui, 2010), l'axe migratoire principal de l'espèce est le littoral atlantique (Crouzier et al, 1997). Dans les zones humides littorales du Maroc cette espèce rare est hivernante régulière (El Hamoumi, 2000).

A Garâet Hadj Tahar on peut lui attribuée le statut de migratrice passagère du fait qu'elle a été notée uniquement une seule fois avec 6 individus sur les berges du secteur nordique du plan d'eau (Figure 40. A).

II.1.6. Les Phoenicoptéridés

- **Le flamant rose** *Phoenicopterus roseus*



Le *Phoenicopterus roseus* ou appelé le flamant rose traditionnellement considéré comme une espèce nomade, les jeunes comme les adultes se dispersent au hasard et en proportions importantes (Johnson, 1989 ; Barbraud et al, 2003), cet oiseau d'eau est très représenté dans les hautes plaines de l'Est Algérien (Ouldjaoui et al, 2004), c'est un nicheur dans la Sebkhha d'Ouled Zouai à Oum El Bouaghi (Saheb et al, 2006 ; Samraoui et al, 2006).

Ils se nourrissent en filtrant l'eau (c'est-à-dire il possède un bec recourbé pourvu de lamelles filtrant le plancton), leurs régimes alimentaires est composé de petit invertébrés, tels que des insectes et des crustacés, qu'ils trouvent dans les lacs peu profonds d'eau salée ou saumâtre, les espèces les plus consommées appartiennent au genre *Artemia* (Britton et al, 1986 ; Johnson 1997), dans Garâet Hadj Tahar

L'espèce a été rencontrée seulement deux fois dans l'extrême partie Nord Est, pendant le mois d'Avril avec 8 individus et en mois de septembre avec 9 individus (Figure 40. B)

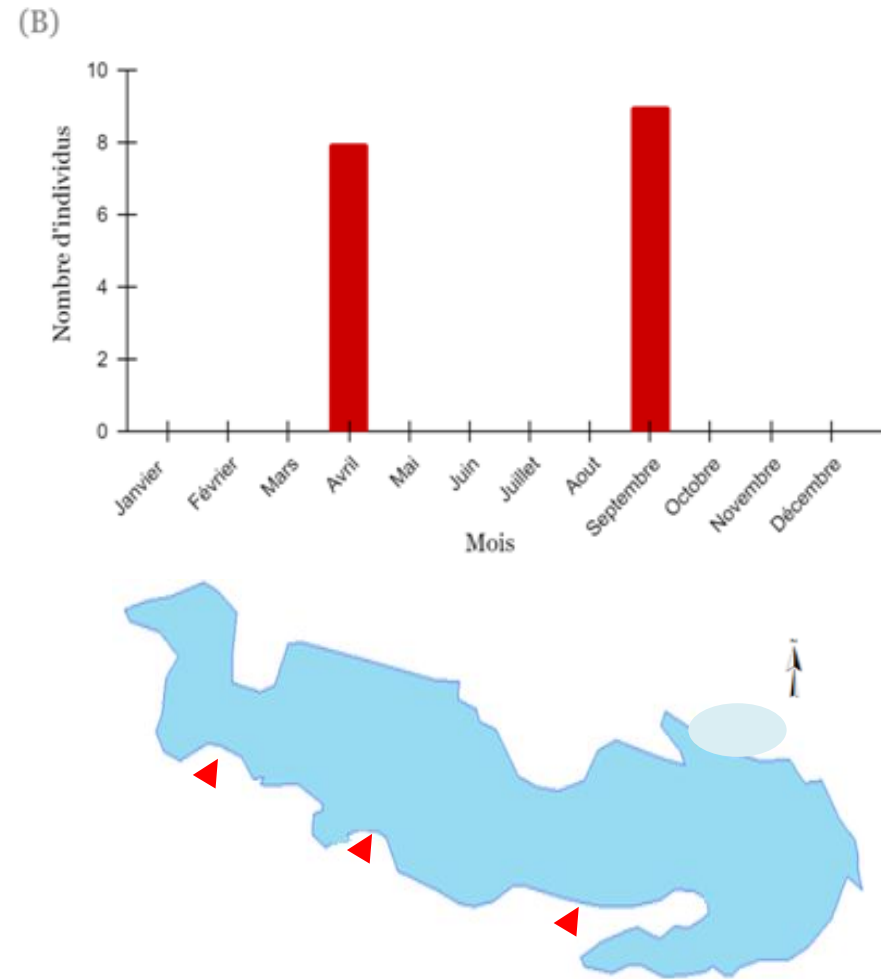
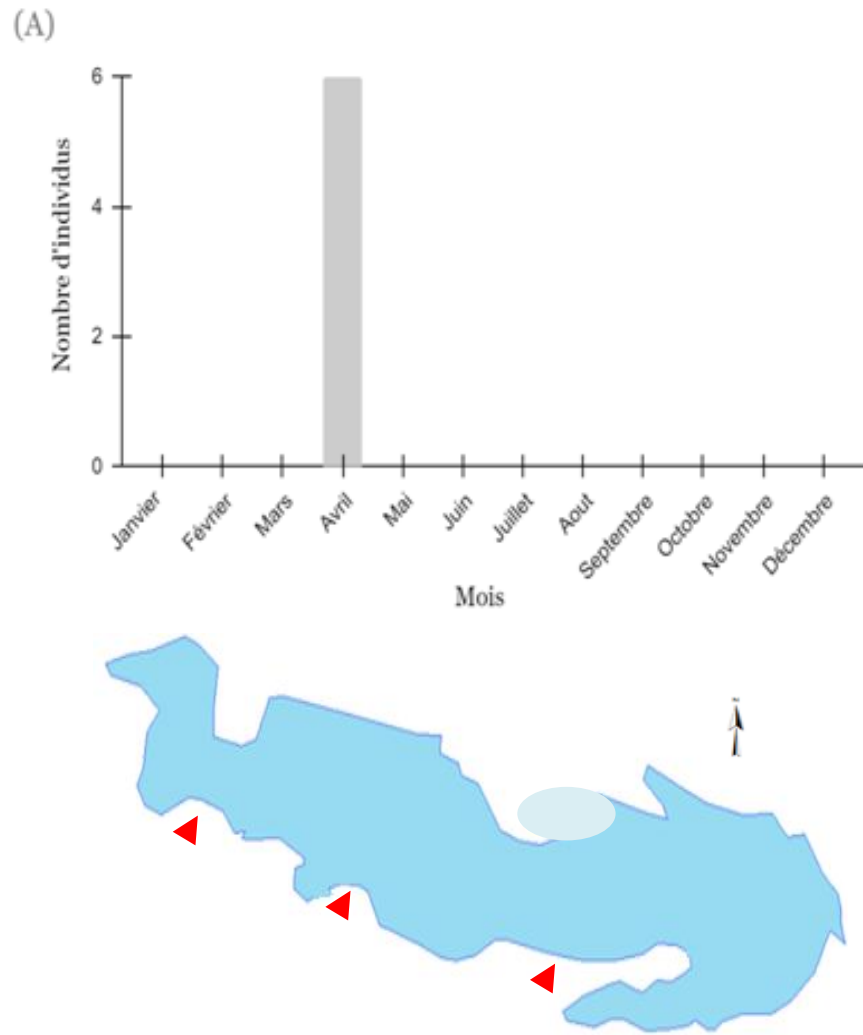


Figure 40. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Spatule blanche, (B) Flamant rose dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

II.1.7. Les Anatidés

- **Le canard colvert** *Anas platyrhynchos*



Anas platyrhynchos est une espèce à très large distribution, il niche pratiquement dans tous les pays du Paléarctique occidental (Cramp et al, 1977), En Algérie le canard colvert est une espèce nicheuse sédentaire (Isenmann et al, 2000), il préfère les plans d'eau dégagés présentant une végétation émergentes (Jorde et al, 1984).

Pendant nos sorties d'exploitation, L'espèce a occupée la majorité du territoire d'étude (centre, partie Nord Est et Nord Ouest).

Les premiers individus du canard colvert ont été visibles dans le site d'étude de Janvier à Mai mais en abondance réduite (la valeur maximale est de 267 individus en Janvier), on peut déduire que ces effectifs sont largement inférieurs aux nombres de nicheurs habituels où ils peuvent atteindre les 1000 individus à Garâet Hadj Tahar durant la saison 2006-2007 (Metallaoui, 2010), le mois de Juin jusqu'à Juillet est marqué par une absence totale de l'espèce qui peut être expliquer par une migration postnuptiale.

Dés le mois d'Août l'effectif commence à augmenter progressivement pour atteindre un pic maximale en Septembre avec 547 individus se qui traduit parfaitement la migration de retour au site (**Figure 41. A**).

- **Le canard chipeau** *Anas strepera*



L'*Anas strepera* est un oiseau timide, il préfère fréquenter les zones humides à végétation aquatique très abondante : lacs, étangs, marais d'eau douce, les cours d'eau lents et les retenues collinaires et même les barrages (Brickell, 1988), il est de statut hivernant en Algérie.

Il se nourrit essentiellement de végétaux aquatiques (Rüger et al, 1986), En Angleterre dans l'Ouse Washes, il a été démontré que quatre espèces constituaient l'essentiel de l'alimentation du Canard chipeau : *Spirogyra sp*, *Cladophora sp*, *Ceratophyllum demersum* et *Lemna minor* (Thomas, 1982),

Le canard chipeau a demeurée dans la zone d'étude pendant toute la période d'hivernage avec des effectifs importants la valeur maximale a été notée en mois de décembre avec 1725 individus (**Figure 41. B**), la dispersion de cette population a été observée plus particulièrement dans les zones profondes du secteur central et septentrional du plan d'eau.

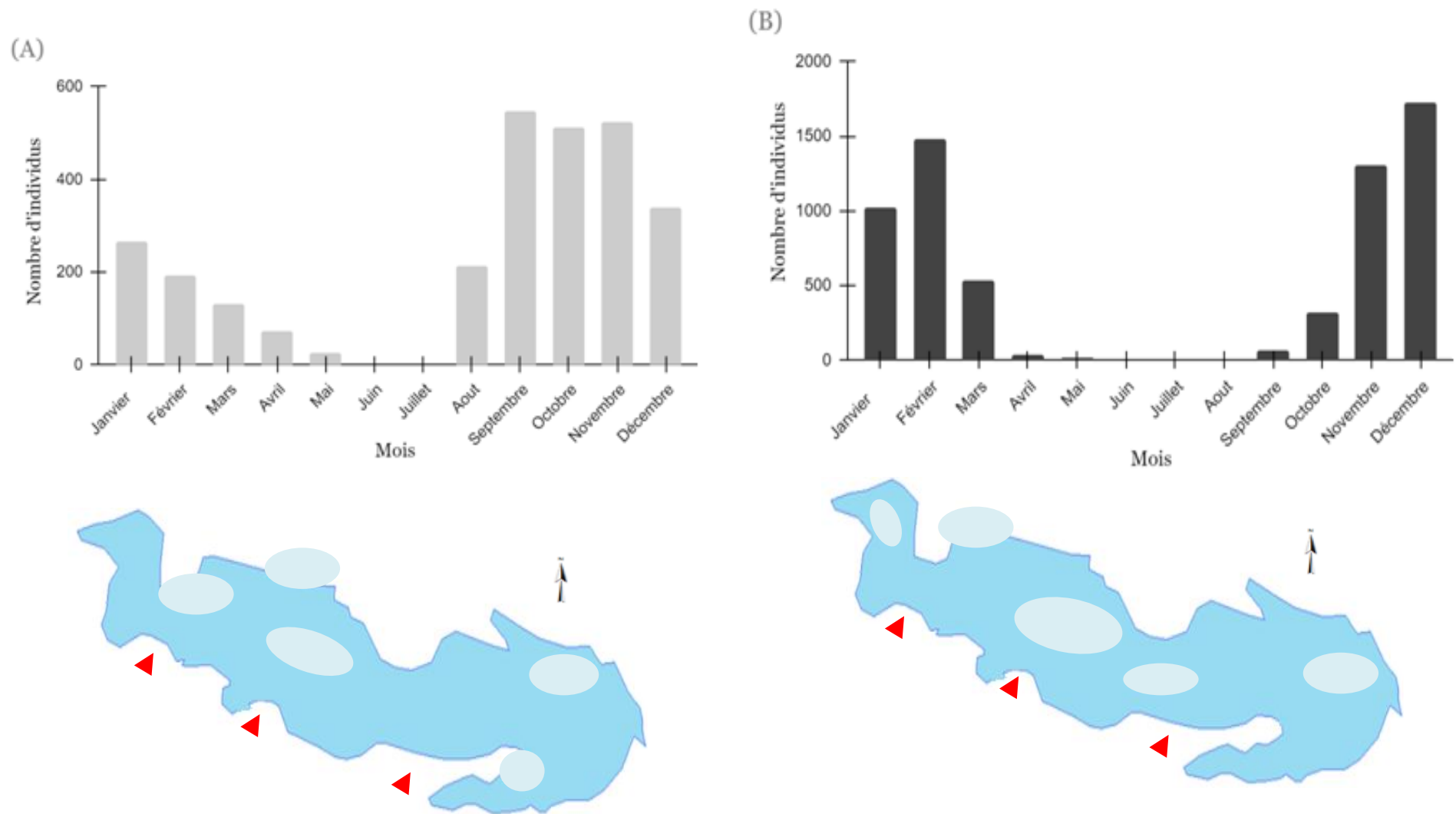


Figure 41. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Canard colvert, (B) Canard chiépeu dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

- **Le canard siffleur** *Anas penelope*



1995).

L'*Anas penelope* est une espèce pratiquement notée dans toutes les zones humides de l'Est Algérien (Maazi, 2005), c'est une espèce hivernante dans les littoraux du Nord Africain (Brickell et al, 1988), l'espèce est un herbivore il se nourrit de feuilles, d'herbes et de racines (Heinzel et al,

Les premiers hivernants commencent à s'installer dans la Garâet dès le début du mois de Janvier, où nous remarquons une augmentation d'effectif qui atteint son maximum en Février avec 1517 individus, à la fin de la saison d'hivernage une baisse progressive voir même une absence en nombre de canard se manifeste jusqu'à septembre.

A partir du mois d'octobre nous assistons à un deuxième passage de populations migratrices qui viennent s'hiverner dans le site, leur effectif ne cessent d'augmenter jusqu'à Décembre avec 622 individus (**Figure 42. A**).

L'occupation géographique habituelle de cette espèce a été le centre du marais près du nénuphar blanc en compagnie par d'autres canards comme le canard chipeau et le canard souchet.

- **Le canard pilet** *Anas acuta*



Tucker et al, 1994).

Anas acuta sont les principales populations nicheuses (plus de 90%) du paléarctique occidental sont rencontrées en Sibérie occidentale, avec plus de 300.000 couples localisés principalement dans la Toundra Nord, plus à l'Ouest, la Finlande abrite près de 300.000 couples (Cramp et al, 1977 ;

L'espèce hiverne bien en Europe de l'Ouest qu'en Afrique Subsaharienne (Monval et al, 1999 in Sueur et al, 1999).

Dans Garâet Hadj Tahar, le suivi du canard pilet a démontré que cette espèce présente un statut hivernant pendant toute notre étude, avec des effectifs important marqués en période d'hivernage, la concentration d'individu maximale a été enregistrée durant le mois d'Octobre avec 429 oiseaux (**Figure 42. B**), les populations du canard pilet, côtoyant habituellement les profondeurs qui n'excèdent pas les 40 cm (Thomas, 1976 ; Danell et al, 1977 ; Brickell et al, 1988).

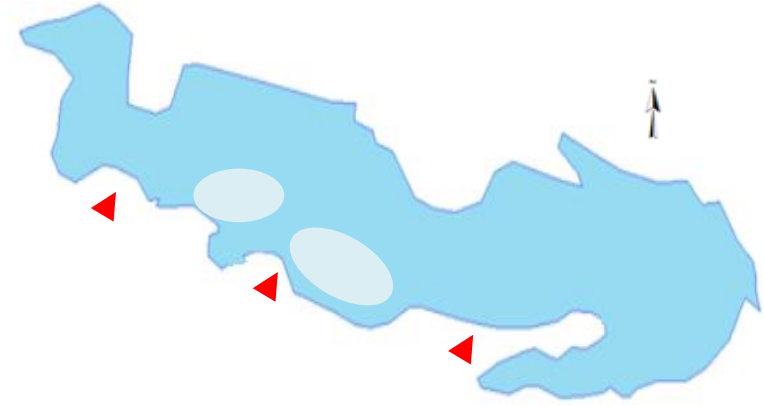
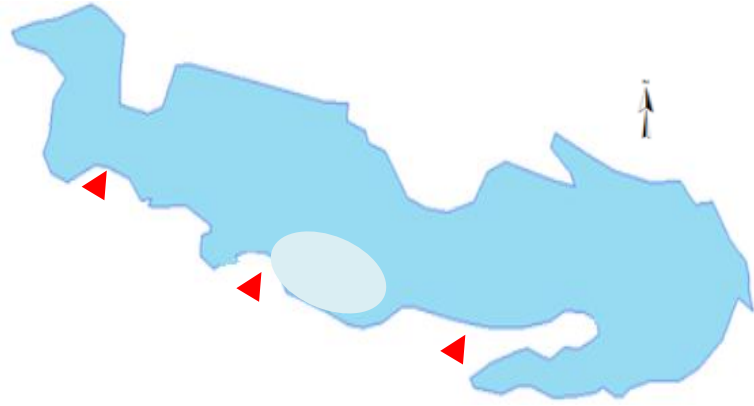
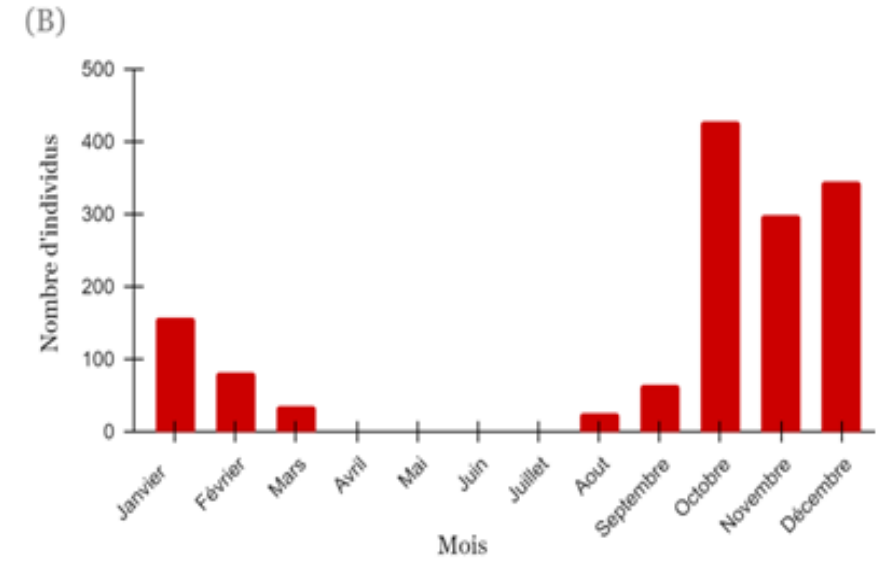
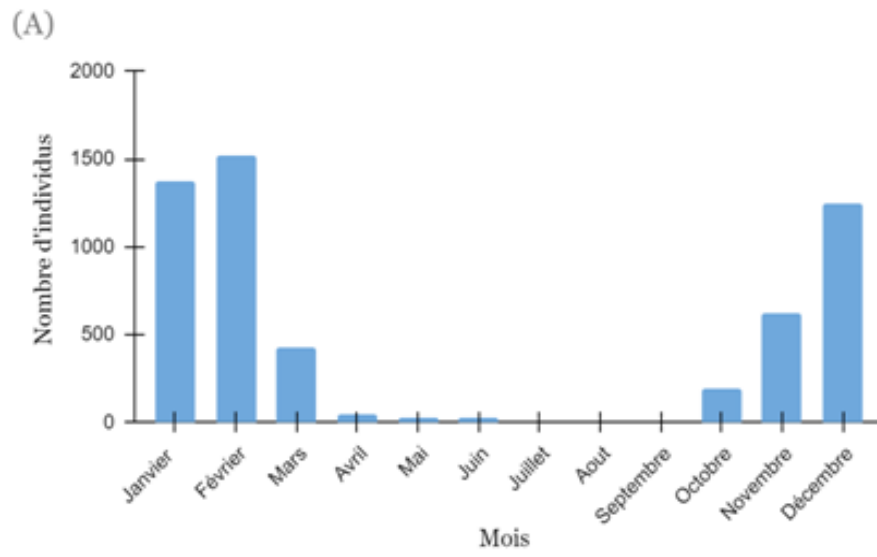


Figure 42. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Canard siffleur, (B) Canard pilet dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **Le canard souchet** *Anas clypeata*



Anas clypeata est comme la majorité des anatidés il présente un statut hivernant migrateur (Metallaoui, 2010), cette espèce a été représenté dans toutes les zones humides Algériennes, que ça soit celles d'El Kala, celles des hautes plaines de l'Est Algérien où celles du Sahara (Samraoui et al, 1998 ; Houhamdi et al, 2004a ; Houhamdi et al, 2004b ; Saheb, 2003 ; Maazi, 2005 ; Maazi et al, 2006).

Le canard souchet est un oiseau calme qui tolère la présence humaine et peut être relativement apprivoisé comme chez beaucoup de canards, il est grégaire excepté en période de reproduction où les mâles sont particulièrement agressifs entre eux pour défendre leur territoire et leur femelle (Broyer et al, 1995), c'est un omnivore mais particulièrement zoo planctophage, il s'alimente de petits crustacés, de mollusques, de larves d'insectes et de débris végétaux (Cramp et al, 1977).

Le canard souchet a été continuellement visible pendant toute l'année d'étude dans la Garâet en période d'hivernage comme en période de migration, les premiers hivernants sont observés dès le mois de Janvier avec un maximum de 2012 individus, par la suite nous avons notés la présence de quelques individus estivants à partir du mois de Juin jusqu'au mois d'Août mais avec des effectifs très faibles qui sont compris entre 59 à 63 individus (**Figure 43. A**).

La migration de retour est marquée dès le mois de Septembre et leur nombre n'a pas cessé d'augmenter avec les nouveaux hivernants jusqu'à Décembre où il atteint les 1324 individus.

- **La sarcelle d'hiver** *Anas crecca*



Anas crecca est une espèce grégaire en hiver elle forme des rassemblements mono spécifiques de plusieurs dizaines de milliers d'individus (Tamisier et al, 1999), son aire d'hivernage recouvre les pays Ouest Européens, l'ensemble de la bordure méditerranéenne, et de façon plus sporadique le Maroc, les zones tropicales du Sénégal, du Mali, du Tchad, du Soudan et de l'Ethiopie (Fouque et al, 2005).

En Numidie l'espèce a été observée régulièrement (Houhamdi, 1998 ; Houhamdi et Samraoui, 2001 ; Baaziz et al, 2011 ; Mayaiche et al, 2008), la sarcelle consomme particulièrement des graines de plantes palustres comme : le Scirpes, le

Potamots, le Myriophylles, la Soudes, le Salicornes, le polygonum, l'Echinochloa (Pirot et al, 1984).

Dans la Garâet, la sarcelle d'hiver a été régulièrement observée pendant la saison d'hivernage, avec des abondances peu réduites et qui se diffère d'un mois à un autre, la concentration maximal est enregistrée en Décembre avec 689 individus tandis que la concentration minimal est notée en Mai avec 9 individus (**Figure 43. B**).

L'observation de l'espèce a été repérée essentiellement dans le centre et près du secteur nordique du plan d'eau.

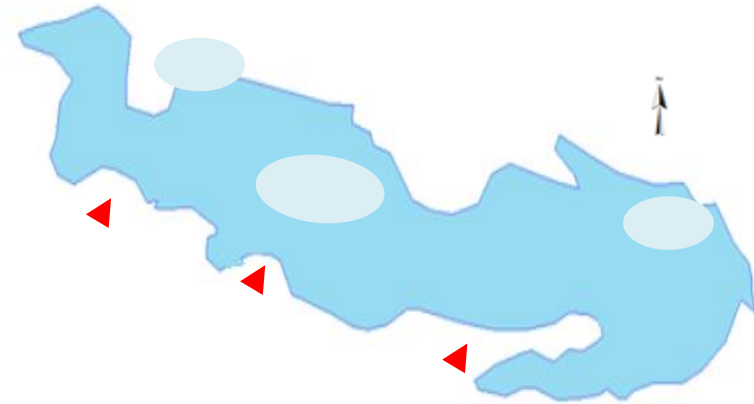
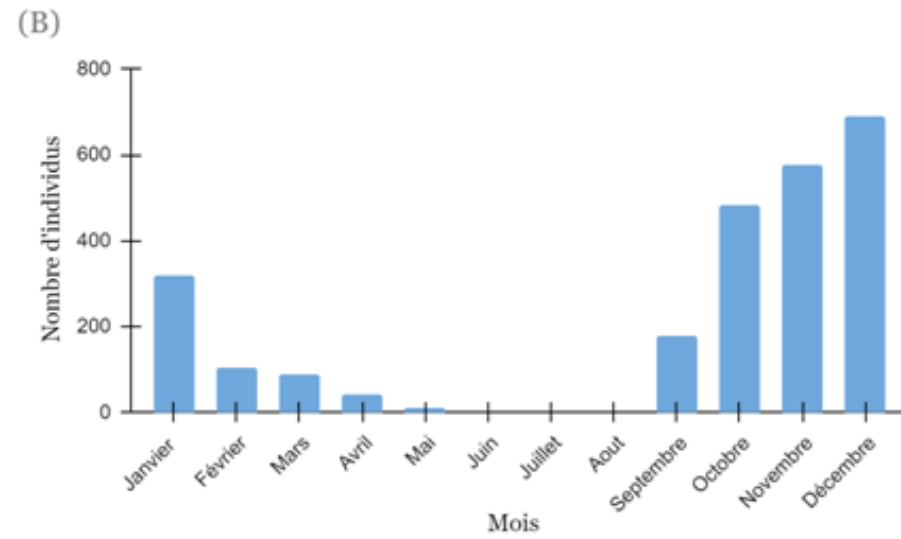
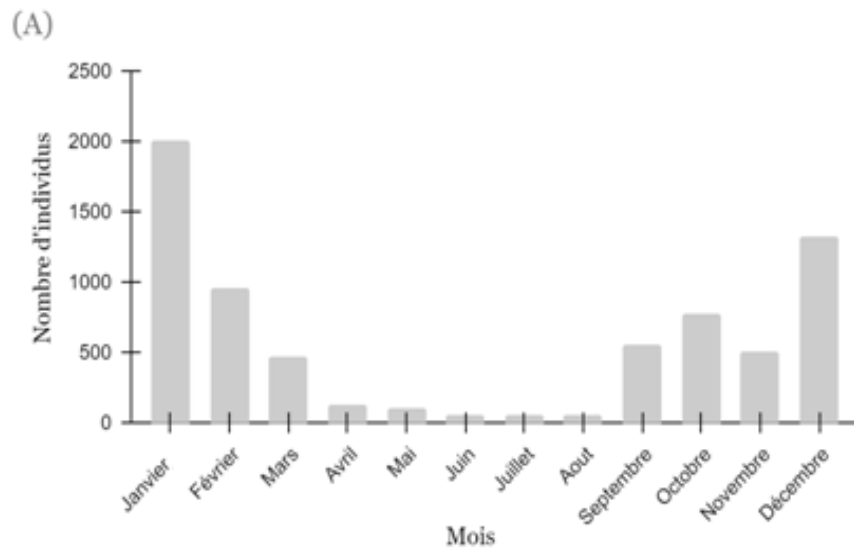


Figure 43. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Canard souchet, (B) Sarcelle d'hiver dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **La sarcelle marbrée** *Marmaronetta angustirostris*



La *Marmaronetta angustirostris* est une espèce classée vulnérable sur la liste rouge de l'UICN (Collar et al, 1994), c'est l'un des anatidés les plus menacés de la zone paléarctique occidentale, où son aire de reproduction est réduite à quelques sites isolés d'Espagne et de l'Afrique du Nord (Green, 1993 ; El Hamoumi, 2000).

Dans le Maroc l'espèce est hivernante (Monval et al, 1989 ; El Hamoumi, 2000), au Marais de Boussedra à Annaba elle est sédentaire nicheuse (Boudraa, 2015), mais dans Garâet Hadj Tahar elle est très rare, l'espèce présente des effectifs inférieurs par rapport aux autres anatidés.

Elle a été repérée seulement 6 fois au centre de notre site d'étude en période hivernale avec des effectifs très faibles, le nombre de sarcelle marbrée maximal est enregistré en septembre avec 38 individus et le plus faible nombre est noté en Novembre avec 10 individus (**Figure 44. A**).

- **La sarcelle d'été** *Anas querquedula*



Anas querquedula est observée dans tout le paléarctique occidental (Bouzegag, 2008), Elle se reproduit en Europe, mais rarement hiverne sur le continent, elle migre vers le Sud à travers le Sahara vers l'Est et l'Afrique de l'Ouest (Ogilvie, 1975 ; Cramp et al, 1977).

Selon (Metallaoui, 2009 ; Mayache, 2008 ; Houhamdi, 2002) l'espèce présente la même phénologie au niveau de toutes les zones humides Algériennes.

La sarcelle d'été a été vue uniquement 4 fois de passage au centre de Garâet Hadj Tahar à partir du mois de Mars jusqu'au mois de Juin le plus souvent avec des effectifs faibles qui ne dépassent pas les 10 individus (**Figure 44. B**).

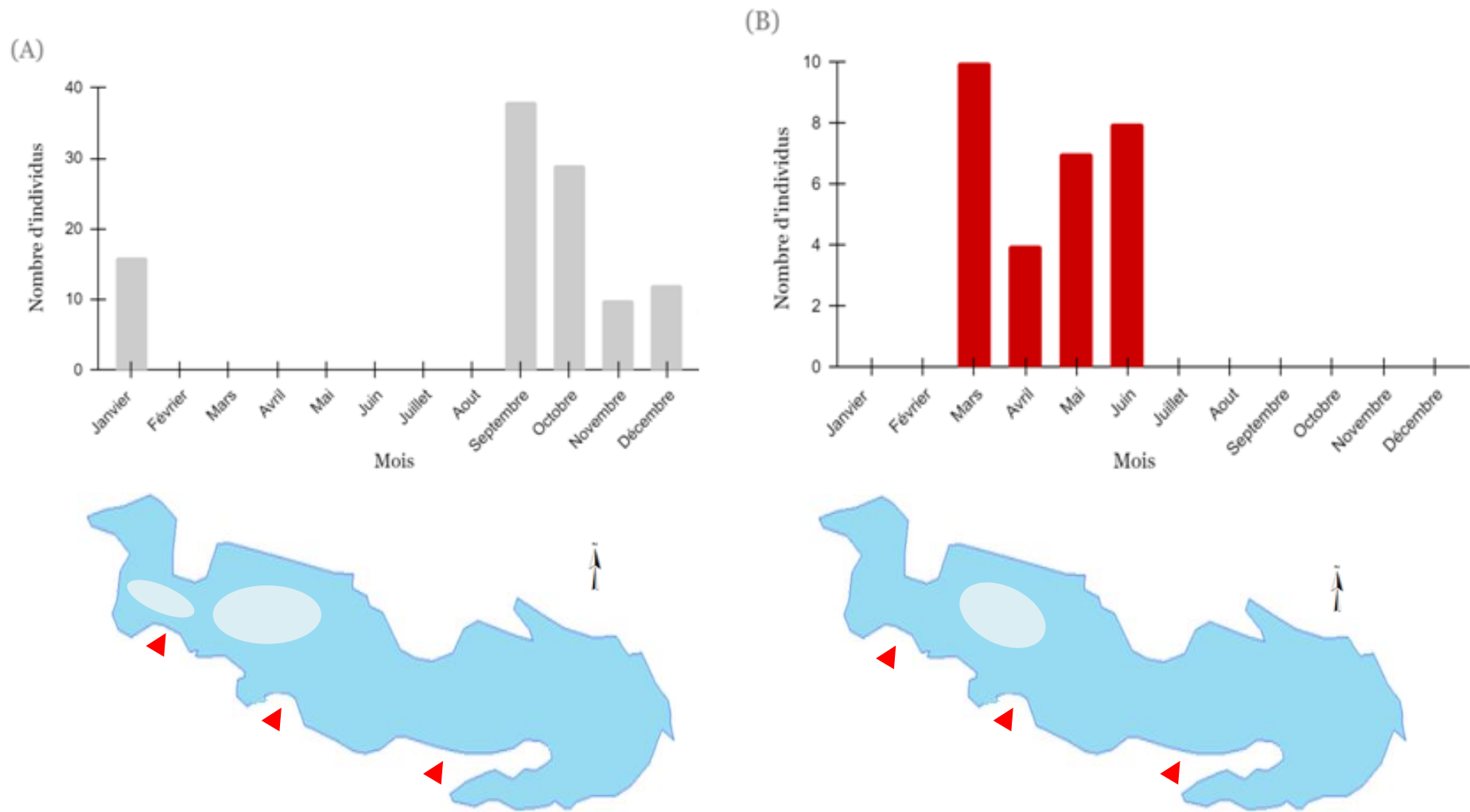


Figure 44. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Sarcelle marbrée, (B) Sarcelle d'été dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

▪ **Le Fuligule milouin** *Aythya ferina*



Aythya ferina est un canard plongeur qui fréquente généralement les zones humides de la Numidie Algérienne (Abbaci, 1999 ; Samraoui et al, 1998 ; Samraoui et al, 1992 ; Houhamdi et al, 2002). En Algérie au début du XXe siècle, le milouin a été trouvé nicheur au Lac Fetzara (Heim de Balsac et al, 1962) par contre à Garâet Timerganine de Oum El Bouaghi c'est un hivernant (Maazi, 2005).

Leur régime alimentaire est de type omnivore, opportuniste, très variable selon la saison, le lieu et le type d'habit fréquenté, il est composé de parties végétatives, graines, racines, rhizomes, et bulbes de plantes comme : potamots, sripes, carex...de proies animales telles que : des mollusques, des vers, des insectes...etc. (Haubreux, 2003 ; Lardjane, 2013).

C'est pendant la saison d'hivernage que les plus fortes concentrations de cette espèce sont observées avec un pic qui peut atteindre les 793 individus en mois de Novembre (**Figure 45. A**), l'occupation spatiale du milouin a été dans le centre et les parties Nord Est dégagées et profondes du plan d'eau.

▪ **Le fuligule nyroca** *Aythya nyroca*



L'*Aythya nyroca* est une espèce globalement menacée, classée comme vulnérable (Collar et al, 1994), c'est un sédentaire qui niche au lac Tonga et dans tout le parc National d'El Kala (Aissaoui et al, 2009), mais aussi un hivernant nicheur dans la majorité des zones humides du Nord Est Algérien (Samraoui et al, 1997 ; Chalabi, 1990), il cohabite avec de nombreux espèces d'oiseaux comme le (Fuligules milouins, Canard souchet, Sarcelle d'hiver et les Foulques (Aissaoui et al, 2009), il est surtout végétarien, il se nourrit essentiellement de graines et de plantes aquatiques qu'il recueille en surface ou sur les berges (Bendahmane, 2015). Les premiers hivernants du nyroca sont marqués en mois de Janvier avec une forte abondance de 843 individus, après le nombre des oiseaux commencent à chuter progressivement dès le mois de Février, à partir du mois de Juin seule les nicheurs habituels restent visibles dans la Garâet et plus précisément au centre, dans le secteur Nord Est et Nord Ouest, l'absence du nyroca en mois d'Août peut être justifier par le fait que ses espèces passent la majorité de leurs journées cachées dans les touffes de Typha et de Sripes ce qui rend le comptage des nicheurs difficiles (Metallaoui, 2010).

A partir de la 2^{ème} saison d'hivernage, les migrateurs de retour peuvent s'apercevoir dès le mois de Septembre allant au mois de Décembre, avec un effectif très élevé qui peut atteindre 898 individus en mois de Novembre (**Figure 45. B**).

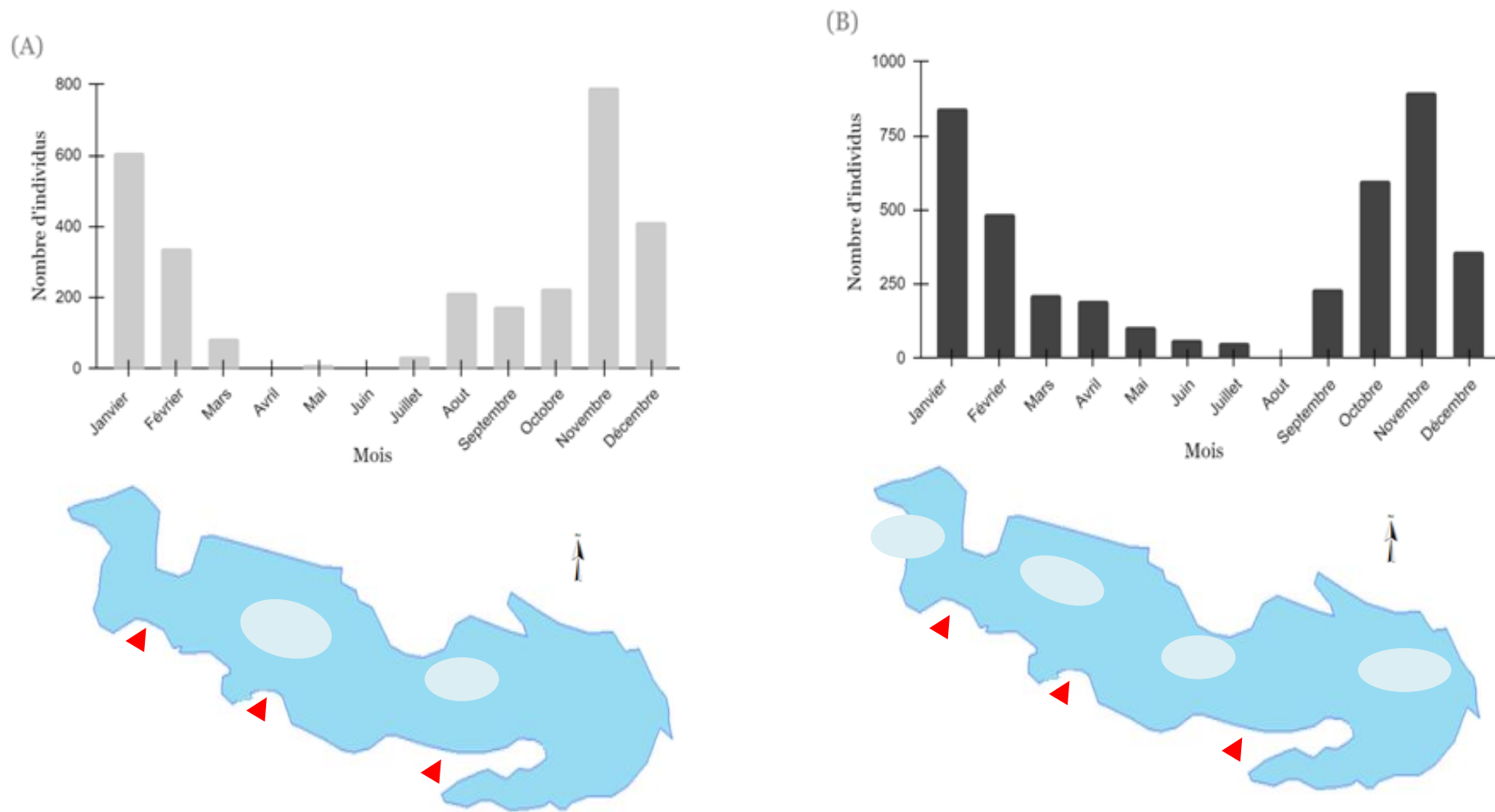


Figure 45. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Fuligule milouin, (B) Fuligule nyroca dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **Le fuligule morillon** *Aythya fuligula*



Aythya fuligula est un visiteur commun du paléarctique, il hiverne dans tous le littoral de l'Afrique du Nord du Maroc à l'Égypte (*Brickell, 1988*), c'est un omnivore qui s'adapte très facilement au matériel trophique rencontré (*El Agbani, 1997*).

Au sein de Garâet Hadj Tahar, le fuligule morillon est un hivernant, il a été régulièrement noté pendant l'hiver mais avec des effectifs restreints et extrêmement inférieurs par rapport aux autres individus qui colonisent notre site d'étude, la nidification de l'espèce a eu lieu à partir du mois de Mai à Septembre, la valeur minimale du morillon est enregistrée en mois de Juin avec 16 individus tandis que la valeur maximale est composée de 61 individus en mois de Janvier 2018.

Le fuligule morillon est une espèce fortement dépendante des milieux stagnés et des profondeurs qui varient de 0.6 à 3 mètres, l'observation de l'espèce a été le plus souvent en groupe au centre du plan d'eau (**Figure 46. A**).

- **Erismature à tête blanche** *Oxyura leucocephala*



Oxyura leucocephala est un canard plongeur (*Sánchez et al, 2000*), considéré comme une espèce globalement menacée (*Birdlife International, 2004*), d'après (*Kear, 2005*) les populations d'Erismature à tête blanche d'Espagne et d'Afrique du Nord sont strictement sédentaires, Ils sont estimée à 2 500 individus en Espagne et même au Maroc (*Torres-Esquivias, 2003*) et de 400 à 600 individus en Algérie et en Tunisie (*Isenmann et al, 2005*).

Dans la Numidie orientale et surtout dans le Lac Tonga et le Lac des Oiseaux l'espèce est nicheuse (*Chalabi, 1990 ; Maazi, 1991 ; Samraoui et al, 1992 ; Boumezbeur, 1990 – 1993 ; Boukhalfa, 1996 ; Houhamdi et al, 2002*).

L'Erismature à tête blanche a été présente dans la Garâet durant tout notre cycle d'étude sauf en été (pendant le mois de Juillet) mais en faible richesse. La migration nuptiale de cette espèce a débutée dès le mois d'Avril voire jusqu'à la fin du mois de Juillet 2018 (**Figure 46. B**).

A partir du mois d'Août on constate quelques hivernants précoces composés de 11 individus par la suite avec l'arrivé des autres hivernants leur nombre à doubler pendant Septembre jusqu'à Décembre, la valeur maximale a été enregistrée pendant les mois de Décembre avec 69 individus.

La répartition de l'Erisma dans le plan d'eau a été au centre associé avec d'autres individus et parfois près des *Typha angustifolia* et des Scirpes du secteur septentrional et oriental.

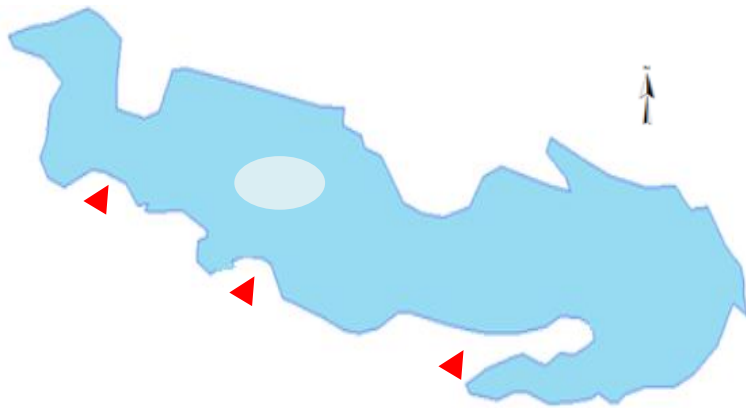
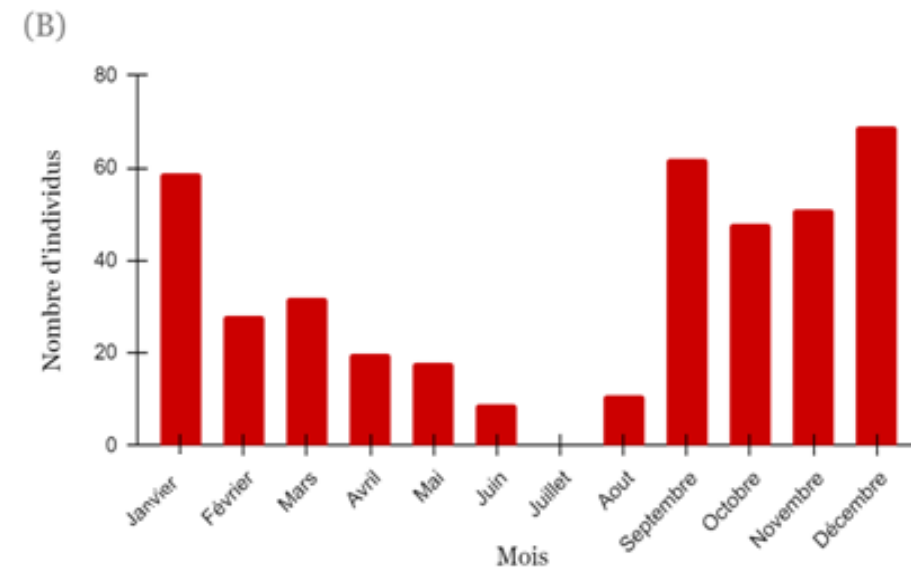
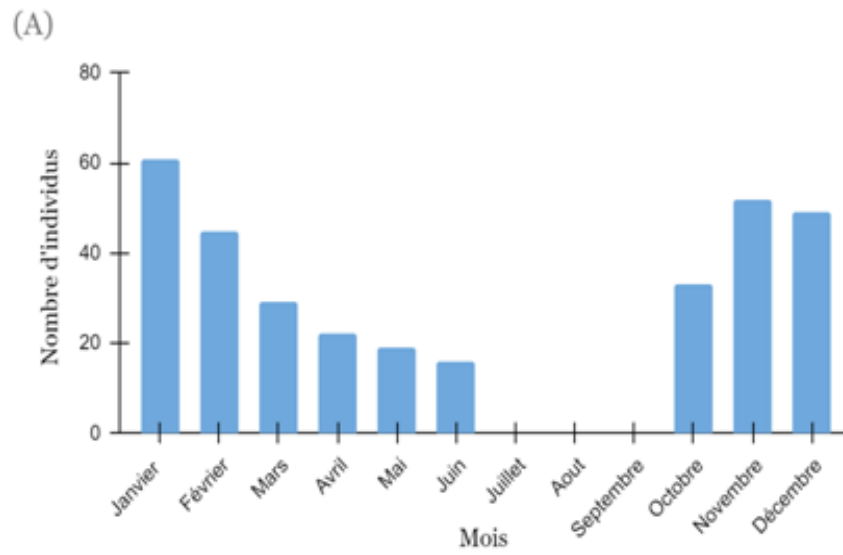


Figure 46. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Fuligule morillon, (B) Erismature à tête blanche dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

II.1.8. Les pandinidés

- **Le balbuzard pêcheur** *Pandion haliaetus*



Le balbuzard pêcheur est une espèce nicheuse sur les côtes rocheuses de l'Algérie (Isenmann et Moali, 2000), Ce rapace est caractérisé par les plus grande aire de répartition, ceux qui nichent en Europe passent l'hiver en Afrique ou dans la péninsule ibérique, ceux du Canada et des Etats Unis hivernent en Amérique du Sud, bien que quelques uns restent dans les Etats les plus méridionaux des Etats Unis tels que : la Floride et la Californie, par contre ceux de l'Australie et des Caraïbes ont tendance à ne pas migrer (Barrow, 1998).

Le balbuzard est un piscivore presque strict, puisque les poissons représentent 99% de son régime alimentaire, il repère ses proies lors de vols au dessus de grands étangs où lacs et souvent plane avant de plonger d'une hauteur de 10 à 50 m².

Durant notre étude, cette espèce a été signalée uniquement 4 fois dans Garâet Hadj Tahar durant les mois d'Avril, de Mai, de Juillet et d'Octobre avec des abondances qui n'excèdent pas les 4 individus (**Figure 47. A**), la majorité des observations du balbuzard ont été soit dans le secteur nordique soit pendant son survol.

II.1.9. Les accipitridés

- **Le buzard des roseaux** *Circus aeruginosus*



Circus aeruginosus est une espèce hivernante en Afrique, il niche dans les roselières des marais, parfois en prairie, en friches, en marais ou bordures de lacs et grands cours d'eau (Metallaoui, 2010).

Ce prédateur des roseaux est caractérisé par un régime trophique très diversifié composé d'amphibiens, de reptiles, d'œufs et poussins, de petits mammifères, campagnols, rats, d'insectes et même des charognes (Dejongue, 1990).

A Garâet Hadj Tahar, ce rapace est de statut sédentaire il a fréquenté notre site d'étude pendant tout nos sorties sauf en mois de Juillet il n'a pas été visible, l'effectif maximale de l'espèce est noté en mois d'Août avec 7 individus, tandis que la valeur minimale est indiquée en mois de Janvier avec un seul individu (**Figure 47. B**).

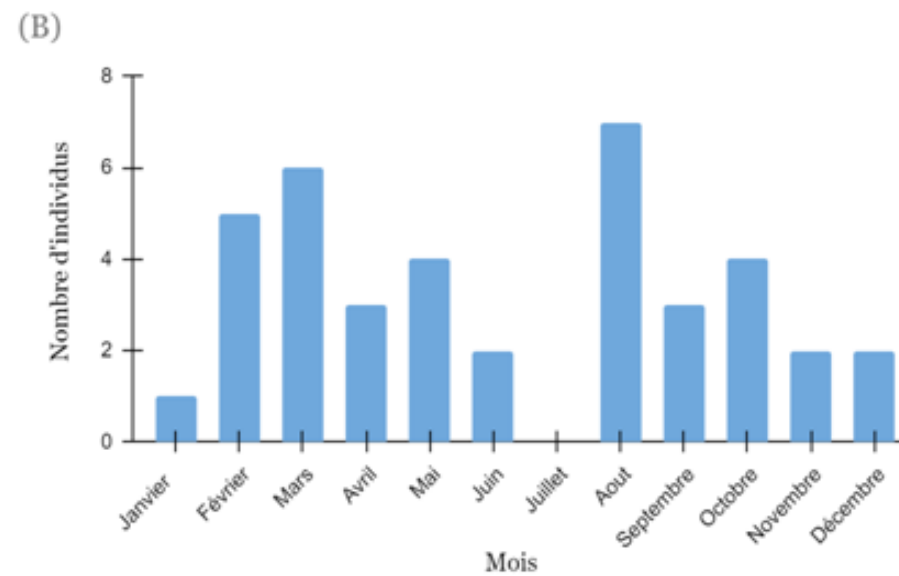
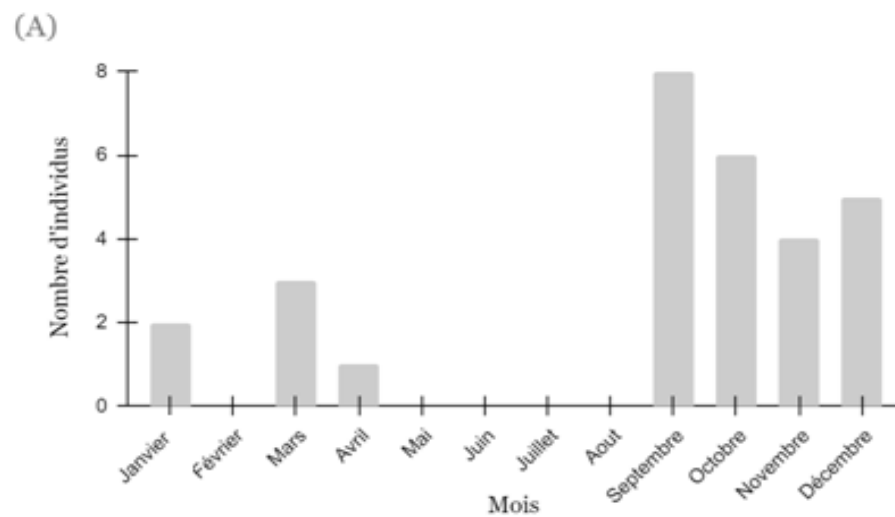


Figure 47. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Balbuzard pêcheur, (B) Busard roseau dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

II.1.10. Les falconidae

- **Le faucon d'Eléonore** *Falco eleonora*



Le faucon d'Eléonore c'est une espèce plutôt rare et souvent fugace (Berlie et al, 2016), l'hivernage de l'ensemble de la population est assez mal connu, mais il est probable que la grande majorité des Faucons d'Eléonore hivernent à Madagascar et aux îles environnantes (Comores et Réunion notamment ; Walter, 1979 ; Forsman, 1999 ; Berlie et al, 2016).

L'effectif nicheur du Faucon d'Eléonore se répartit sur les îles de la Méditerranée (dont 80 % en Grèce), ponctuellement sur les côtes atlantiques du Maroc, ainsi qu'aux Canaries (Cramp et al, 1980 ; Dimalaxis et al. 2008 ; Berlie et al, 2016).

L'espèce se nourrit essentiellement d'insectes volants, de petits oiseaux cependant, il peut aussi se satisfaire de petits mammifères (chauves souris) et de reptiles (lézards) (Metallaoui, 2010).

Dans notre site d'étude, ce rapace a été aperçu 8 fois avec des richesses peu réduites la valeur la plus élevée est de 8 individus marqué en mois de septembre en revanche la valeur la plus faible est d'un seul individu noté en Avril 2018 (Figure 48. A), le faucon d'Eléonore a été vu souvent poser sur les arbres ou entrain de survoler près de la Garâet et des zones humides qui l'entourent.

II.1.11. Les rallidés

- **La poule d'eau** *Gallinula chloropus*



La *Gallinula chloropus* est un oiseau d'eau cosmopolite et discret qui fréquente pratiquement tous les plans d'eau douce (lotique et lenticule) riche en hélophytes (sripes, typha et phragmites) (Taylor et al, 1994 ; Ritter et al, 1999 ; Bara, 2014), l'espèce possède un caractère craintif qui au moindre dérangement fuit et se cache dans les touffes de *Typha angustifolia* et de *Phragmites australis* (Ritter et al, 1999 ; Bara, 2014).

La poule d'eau est une espèce nicheuse dans le Lac des Oiseaux et dans le Nord Est Algérien (Samraoui et al, 1994/1998 ; De Belair et al, 2000) notamment dans Dayet El Ferd à Tlemcen (Moulay-Meliani, 2011).

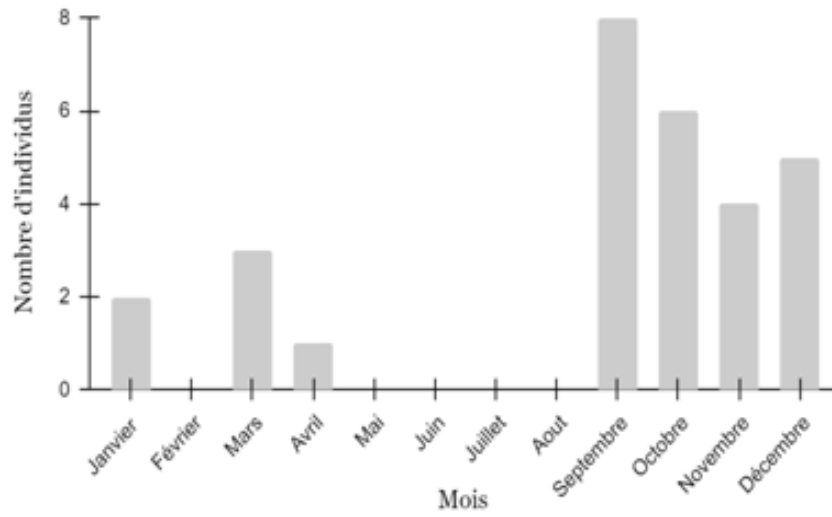
Cet oiseau d'eau est omnivore, il se nourrit principalement de mollusques, d'insectes, d'araignées et de feuilles tendres d'hélophytes ramassés sur place (Félix, 1975 ; Metallaoui, 2010).

En période d'hiver, la poule des marais a été notée de Janvier à Février avec des effectifs qui oscillent de 10 à 14 individus.

Par contre, Aucun signe de cette espèce n'a été détecté dans la Garâet à partir du mois de Mars jusqu'au mois de Juin, cette observation nous laisse présumer que les espèces sont probablement parties se réfugier au milieu des touffes du *phragmite australis* pour se reproduire ce qui rend leur observation difficile, mais il nous arrive à cette période la de la saison de les entendre pousser des grognements.

A partir du mois de Juillet on assiste à une réapparition précoce des poules d'eau qui dure jusqu' au mois de Décembre 2018, l'espèce atteint son maximum pendant le mois d'Octobre avec 54 individus (**Figure 48. B**).

(A)



(B)

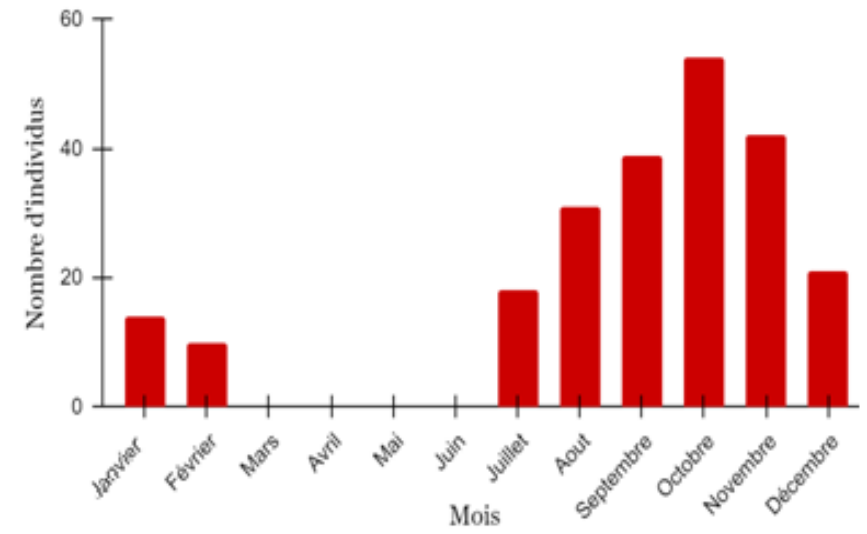


Figure 48. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Faucon d'Eléonore, (B) Poule d'eau dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

▪ **La Talève sultane** *Porphyrio porphyrio*



La talève sultane est un oiseau d'eau très farouche et très craintif (Aleman, 1996), son activité est quasi crépusculaire, elle passe généralement ses journées à se cacher rendant ainsi son observation très difficile (Mocci, 1972 ; Mathevet, 1997 ; Houhamdi, 2002).

Dans les zones humides Algériennes, il présente un statut sédentaire nicheur, mais en France il demeure un oiseau très rare et régulier (Mathevet, 1997).

Dans notre site d'étude, la talève sultane a été vue presque pendant toute l'année sauf le mois de Mai et de Juin 2018.

Les effectifs de ce raldé ont été peu abondants, la valeur maximale a été recensée en mois de Janvier 2018 avec 29 individus, et la valeur minimale est de deux individus noté en mois d'Avril 2018 (**Figure 49. A**).

La diminution de l'effectif des poules sultanes durant la période printanière de Février à Juin 2018 corrobore l'hypothèse de la dispersion postnuptiales du fait que l'espèce se reproduit assez tôt (Graig, 1980 ; Methevet, 1997).

▪ **La foulque macroule** *Fulica atra*



Fulica atra espèce très audacieuse et grégaire, elle occupe une grande partie de l'Eurasie et sa répartition s'étend au delà jusqu'à l'Australie, la Nouvelle Zélande et la Nouvelle Guinée, leurs effectifs en Europe sont estimés entre 1.1 et 1,7 millions de couples (Gobar et al, 1997 ; Health et al, 2000), la foulque est une espèce sédentaire dans toutes les zones humides du Nord Africain (Isenmann et al, 2000 ; Thevenot et al, 2003 ; Isenmann et al, 2005), elle niche régulièrement dans le Nord Est Algérien (Rizi et al, 1999 ; Samraoui et al, 2007).

Au sein de notre Garâet, l'espèce a été omniprésente et très abondante en grand rassemblement qui peut atteindre plusieurs milliers d'individus surtout en période d'hivernage, les valeurs les plus faibles de la foulque ont été enregistrées pendant la période de reproduction.

L'arrivée des individus hivernants dans le site d'étude a débuté dès le mois d'Aout jusqu'au mois de Décembre 2018.

Le suivi de la foulque nous a révélé la présence de deux populations: la première est autochtone elle niche tout le temps dans la Garâet et varie de 122 à 973 individus, et la seconde c'est celle des migrateurs hivernants qui viennent s'installer

Dans le site qu'apartir de la saison hivernale leur nombre peut atteindre les 9511 individus (**Figure 49. B**).

La poule macroule a été largement distribuée dans l'ensemble du plan d'eau, surtout dans la partie septentrionale près des couverts végétaux du *Nymphae alba* et dans le secteur Est, Nord et l'Ouest.

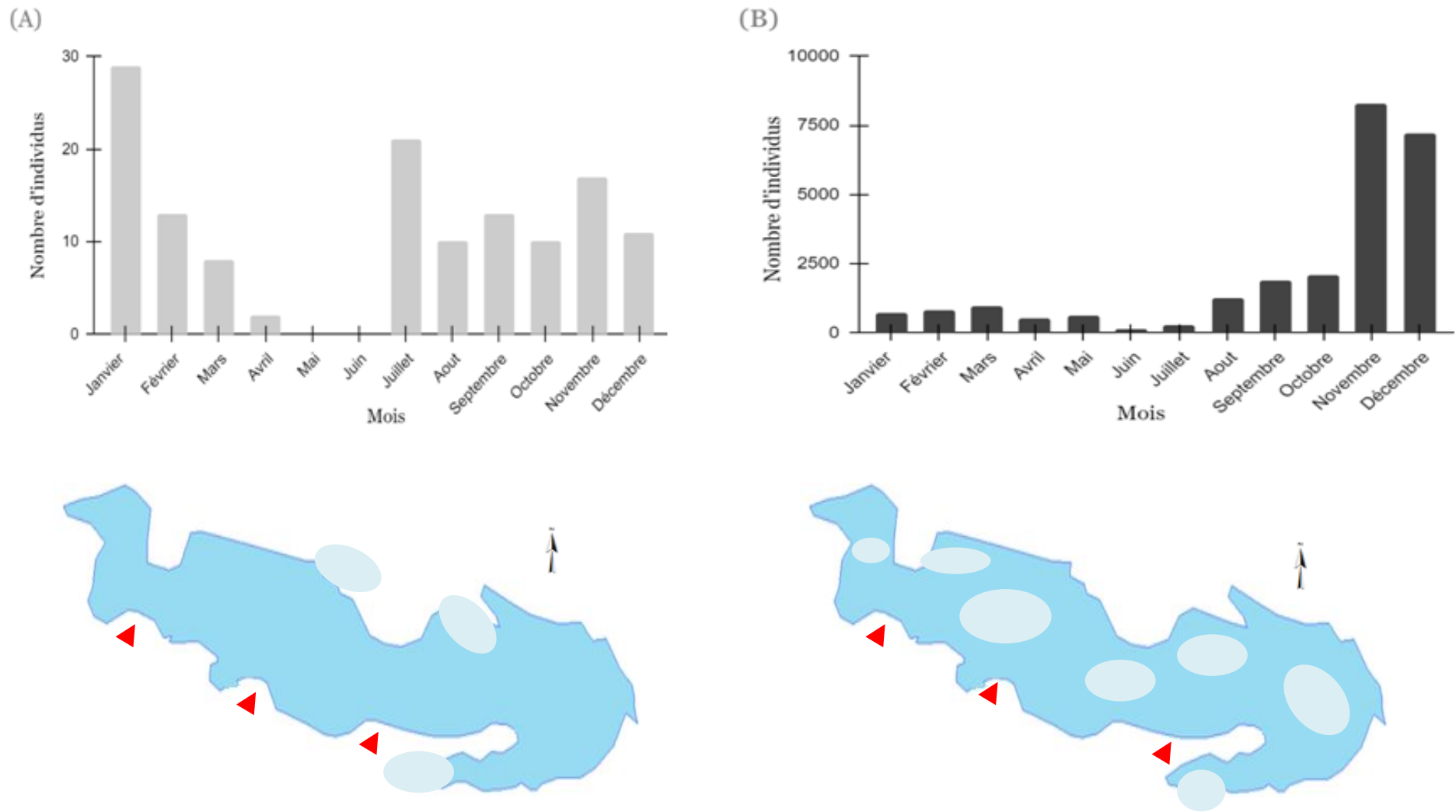


Figure 34. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Talève sultane, (B) Foulque macroule dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

II.1.12. Les Récurvirostridés

- **L'échasse blanche** *Himantopus himantopus*



L'échasse blanche est très commune dans le paléarctique occidentale (Beaman et al, 1999), En 1926, elle a été observée pour la première fois dans le Sud Algérien (Heim Debalsac, 1926), c'est une espèce migratrice et hivernante en Afrique Sub-Saharienne, réputée d'être vagabonde du fait qu'elle niche la une année ici une autre sans attache précise à un site (Geroudet, 1982), dans les hautes plaines de l'Est Algérien cette espèce est de statut estivante nicheuse (Nedjah, 2005 ; Saheb et al, 2006).

Dans Garâet Hadj Tahar, ce limicole a été signalée que 7 fois pendant nos sorties d'exploitation avec des abondances qui oscillent de 1 à 39 individus. Les effectifs les plus importants ont été marqués pendant la saison estivale à partir du mois de Juin jusqu'au mois d'Aout 2018 (**Figure 50. A**).

La distribution de l'espèce a été particulièrement dans le secteur Est la ou l'eau est peu profonde près des berges de la Garâet, elles ont été observées entrain de s'alimenter à la surface de l'eau, les ressources trophiques de cette espèce sont composées particulièrement d'insectes adultes, de larves, des coléoptères, des trichoptères, des araignées, des vers, des têtards, des amphibiens et des œufs des petits poissons (Cramp et al, 1983).

- **L'avocette élégante** *Recurvirostra avosetta*



L'avocette élégante est une espèce caractérisée par un statut nicheur dans de nombreuses zones humides salées des hautes plaines de l'Est Algérien (Saheb et al, 2004 et 2009), mais elle reste méconnue en Algérie peu d'étude se sont intéressées à elle (Saheb et al, 2009), elle est rencontrée en petits effectifs et elle peut être observée sur de nombreuses zones humides d'El Kala et de l'Oranie jusqu'au Sahara (Johnsson, 1994).

La présence de ce limicole dans Garâet Hadj Tahar se résume uniquement à quelques observations enregistrées en mois de Janvier, de Mai et de Septembre avec des concentrations qui ne dépassent pas les 6 individus (**Figure 50. B**).

L'avocette élégante a été observée auprès des populations d'échasse blanche dans les zones de balancement des eaux du secteur Est du site d'étude.

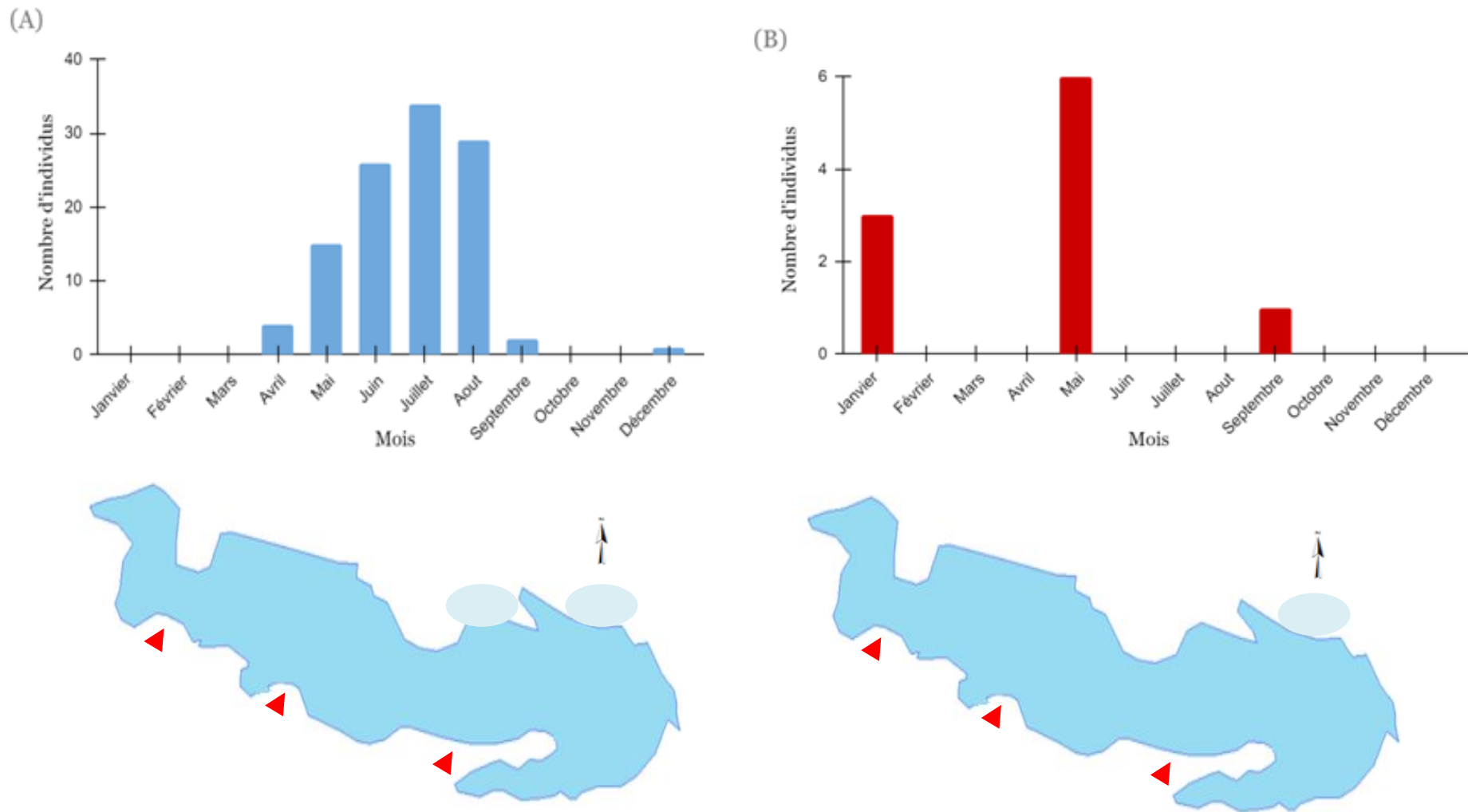


Figure 49. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Echasse blanche, (B) Avocette élégante dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

II.1.13. Les Charadriidés

- **Le petit Gravelot** *Charadrius dubius*



Le petit gravelot niche dans presque toute l'Europe (sauf le Nord de la Scandinavie, l'Islande et la majeure partie de la Grande Bretagne), en Asie et en Afrique du Nord, commun en France, et il hiverne en Afrique (*Gérard, 1991*).

En 2012 une nidification du gravelot a été prouvée dans Dayet El Ferd à Tlemcen (*Bendahmane, 2015*).

Durant l'année d'étude, le petit gravelot a été vu très rarement dans notre zone d'étude, il fréquenté les bords du secteur oriental, sa richesse varie de 2 à 7 individus (**Figure 51. A**).

- **Le Gravelot à collier interrompu** *Charadrius alexandrinus*



Le Gravelot à collier interrompu est une espèce résidente en Afrique du Nord (*Qninba, 1999*), la population du gravelot à collier interrompu est composée d'une sous population sédentaire qui fréquente les zones humides de la région semi aride et aride et la sous population migratrice

de l'Ouest Européen atteignent le Nord Ouest de l'Afrique par la voie Est Atlantique (*Qninba, 1999*).

De même pour cette espèce elle a affichée des abondances très faibles au cours de notre cycle d'étude nous l'avons aperçus uniquement 3 fois en Janvier avec 4 individus, Septembre avec 5 individus et Novembre avec 6 individus (**Figure 51. B**), Prés des berges de la partie Nord de notre site d'étude.

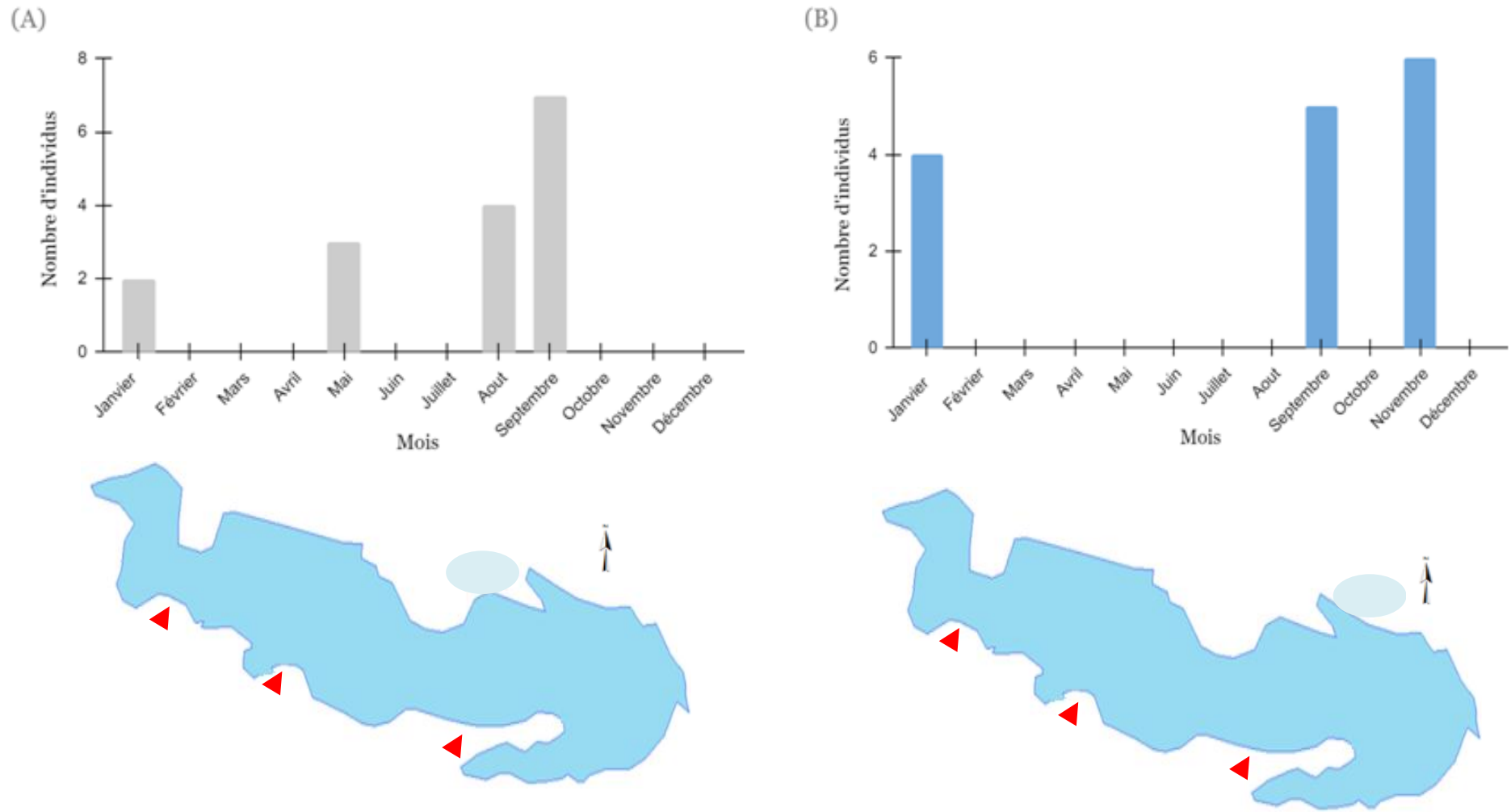


Figure 50. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Petit Gravelot, (B) Gravelot à collier interrompu dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **Le Grand Cravelot** *Charadrius hiaticula*



Le *Charadrius hiaticula* a été observé uniquement 6 fois durant notre étude, la première observation de l'espèce a été en mois de Janvier avec un maximum de 204 individus (**Figure 52. A**), la dispersion de ses groupes de oiseau a été dans la majorité des temps répartie largement sur l'ensemble du plan d'eau.

II.1.14. Les scolopacidés

- **Bécasseau cocorli** *Calidris ferrigmea*



Le *Calidris ferrigmea* est une espèce qui niche dans l'extrême Nord de la Sibérie et hiverne principalement en Afrique (*Maumary et al, 1997*).

Dans les hauts plateaux, cette espèce est observée plutôt en été qu'en hiver, où nous assistons à des regroupements de populations de passage (*Ledant et al, 1981*).

Le bécasseau cocorli a été très rarement apparent et peu répandu dans Garâet Hadj Tahar, nous avons révélés 8 individus en mois d'Aout et 5 individus en mois de Septembre 2018 (**Figure 52. B**), l'espèce a été surtout aperçue à la recherche de ses ressources trophiques essentiellement les invertébrés, qui se trouve dans la vase des berges de la partie Est de la zone humide.

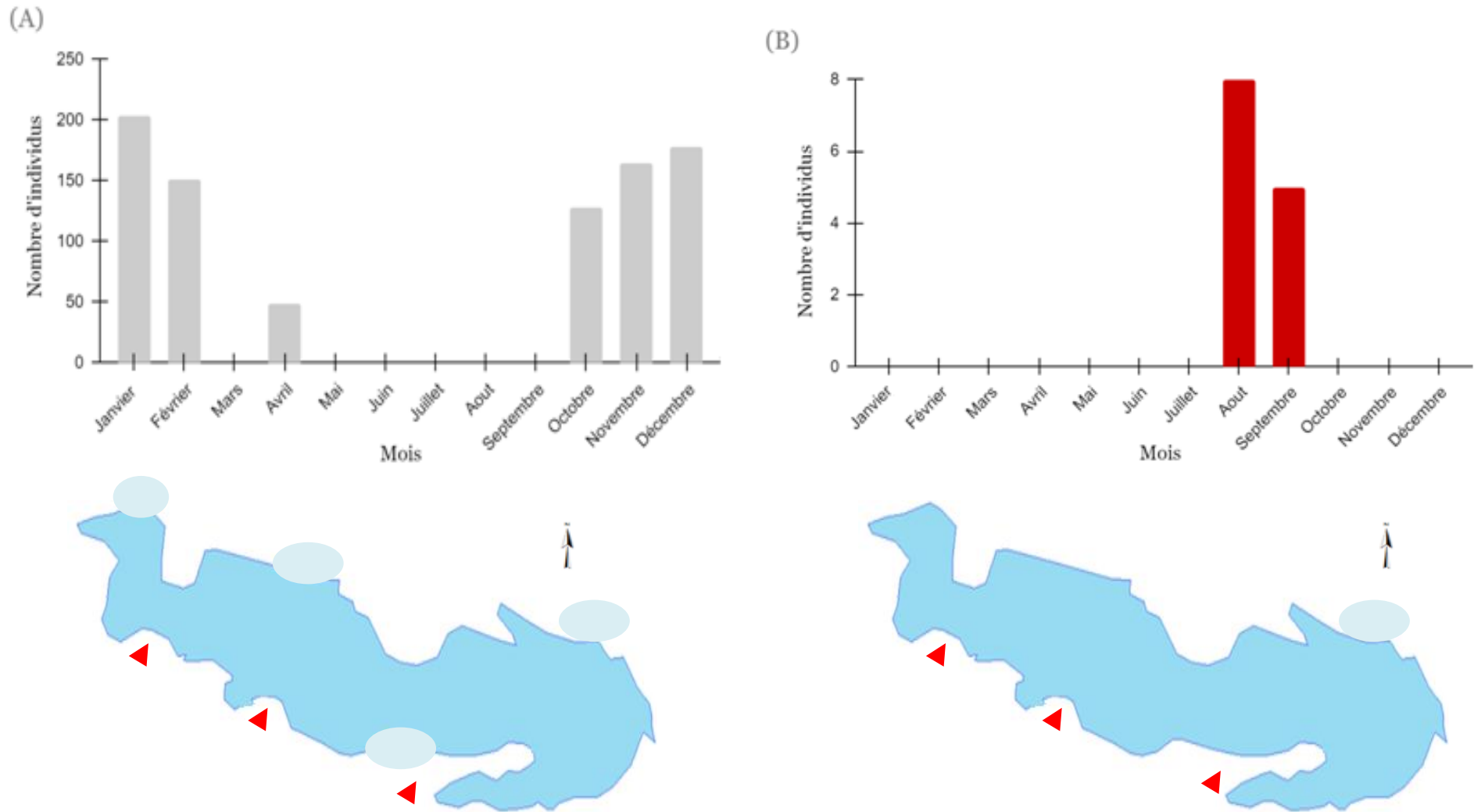


Figure 51. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Grand Cravelot, (B) Bécasseau cocorli dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

▪ **Le bécasseau variable** *Calidris alpina*



Le bécasseau variable est une espèce hivernante en Algérie (*Ledant et al, 1981*), elle fréquente la majorité de nos écosystèmes aquatiques tels que les zones humides de l'Oranie et les zones humides du Nord du Sahara Algérien comme : Ouargla, Djamaa (*Ledant et al, 1981*).

L'espèce *Calidris alpina* a été visible uniquement 3 fois durant notre étude dans le secteur Est près des buissons de Garâet Hadj Tahar, l'effectif maximal a été noté en Septembre avec 4 individus, et l'effectif minimal a été enregistré en Novembre avec un seul individu (**Figure 52. A**).

▪ **Le bécasseau minute** *Calidris minuta*



Le *Calidris minuta* est un limicole grégaire qui fréquente plus spécialement les milieux sablonneux et vaseux. Ses quartiers d'hivernage s'étendent principalement du pourtour méditerranéen à l'Afrique : les côtes ouest, les marais de l'intérieur du Sahel et les zones de savane) et autour de l'océan indien (*Alban 1998*), cette espèce

est notamment très sensibles aux dérangements (*Holmes, 1966 ; Fuchs, 1973 ; Yesou, 1992 ; Larousse, 1998*).

Le bécasseau minute dans notre site d'étude a été très difficile à repérer et à déterminer à cause de leur similarité avec les autres limicoles, les premiers relevés ont été en Février avec 5 individus, puis on la revue à nouveau à partir du mois de Mai jusqu'au mois de Novembre mais avec des effectifs souvent minimiser qui sont égales ou inférieurs à 11 individus (**Figure 52. B**), la plupart de nos observations ont été dans la partie Nord et Est près des surfaces vaseuses de la zone humide.

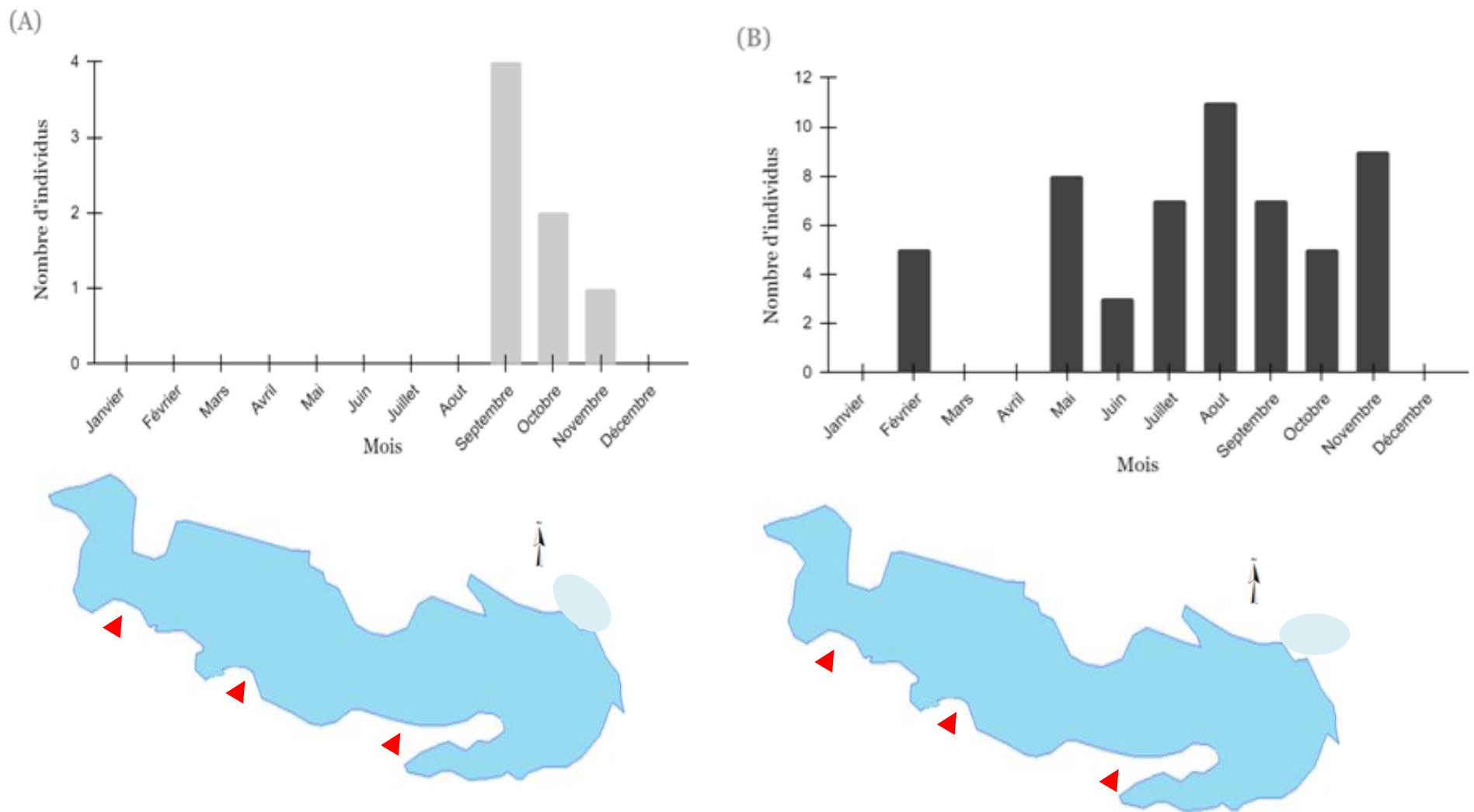


Figure 52. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Bécasseau variable, (B) Bécasseau minute dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

- **Le Pluvier argenté** *Pluvialis squatarola*



Notre première observation du pluvier argenté a été en période estivale pendant le mois de Juin avec un effectif très réduit composé de 2 individus, à partir de Septembre jusqu'à Décembre nous assistons à une réapparition de quelques individus dont l'abondance ne dépasse pas les 10 individus (**Figure 53. A**).

- **La barge à queue noire** *Limosa limosa*



La barge à queue noire est très farouche comme espèce elle fréquente généralement les plans d'eau peu profonds et très spacieux (*Fournier et al, 1965*), c'est un oiseau hivernant du Sahel avec seulement quelques estivants rencontrés pendant le mois de Juillet en Afrique du Nord du fait qu'elle fréquente les zones humides près de l'Atlantique (*Isenmann et al, 2000*).

Leur alimentation primordiale c'est les insectes, les larves, les vers, les mollusques, les araignées, les petits crustacés et d'autres invertébrés (*Félix, 1975*).

Dans notre zone humide la surveillance des effectifs de cette espèce restent peu considérable, la valeur le plus élevé est de 21 individus enregistrés en mois d'Octobre, par contre la valeur la plus faible est notée en mois d'Aout avec uniquement 3 individus (**Figure 53. B**), son observation a été dans la partie Nord du site d'étude près des autres bécasseaux.

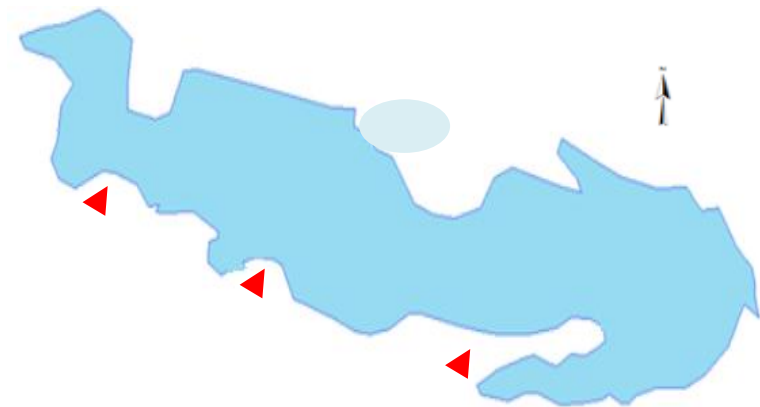
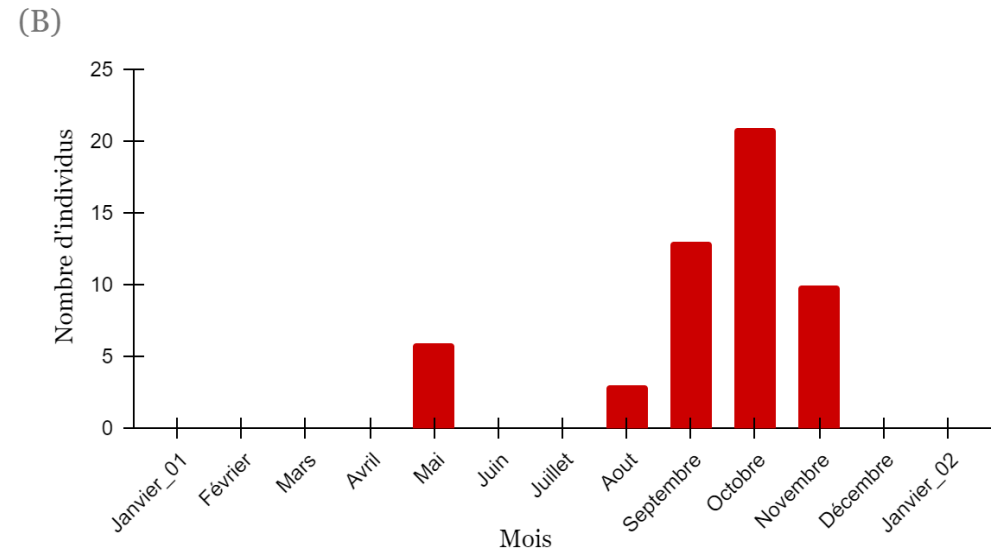
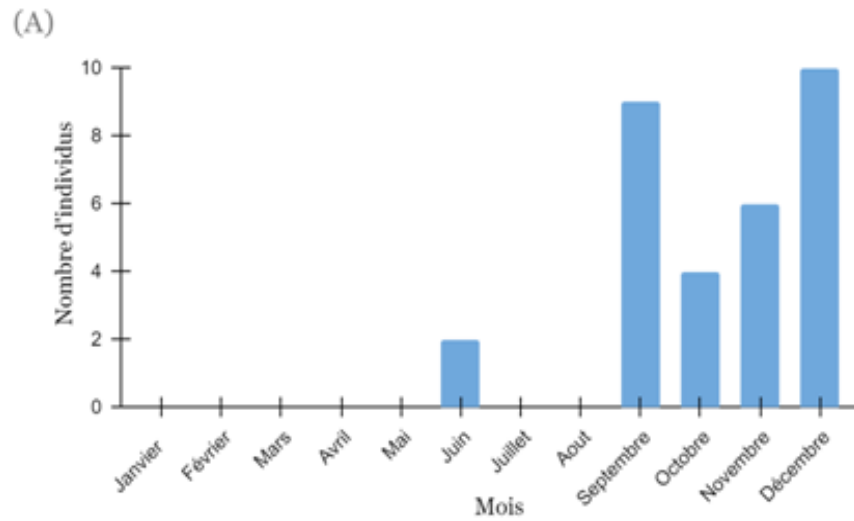


Figure 53. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Pluvier argenté, (B) Barge à queue noire dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018

- **Le chevalier arlequin** *Tringa erythropus*



Tringa erythropus est une espèce monotypique qui niche dans des zones arctiques et Subarctiques, depuis la Scandinavie, jusqu'au nord de la Sibérie, elle hiverne depuis l'ouest de l'Europe et l'ouest de l'Afrique jusqu'au sud de l'Asie (Cramp et al, 1977 ; Qinba, 1999).

La présence du chevalier arlequin a été régulière, il a été vu 5 fois dans

Garâet Hadj Tahar avec des concentrations fréquemment déprécier qui oscillent de 5 à 27 individus (**Figure 54. A**), la distribution des espèces a été généralement sur la berge de la partie nordique, en quête de nourriture disponible à une profondeur qui n'excèdent pas les 10 cm (Kerbiriou, 1998).

Selon l'analyse des pelotes de rejection du chevalier arlequin son régime alimentaire est constitué de crustacés nageurs *Palemonetes varians* et *Neomysis integer*, ces 2 espèces font partie des principaux types de proies, petits poissons, crevettes, crabes et insectes nageurs (Kerbiriou, 1998).

- **Le chevalier gambette** *Tringa totanus*



Le chevalier gambette habite presque toute l'Europe, il part pour l'hivernage de Juillet à Septembre surtout en méditerranée et sur les rivages occidentaux de l'Europe (Félix, 1975).

Cette espèce a colonisée les berges du secteur Est de notre plan d'eau pendant quelques mois avec des richesses peu réstrients qui varient de 2 à 6 individus (**Figure 54. B**), d'après les observations précédentes de Metallaoui en 2010 ces espèces sont considérées comme des visiteurs occasionnels qui étaient de passage vers les zones d'hivernage au Nord du Sénégal, une partie de ces chevaliers combattants hivernent en Afrique de l'Ouest et nichent en Europe du Nord (Treca, 1997 ; Metallaoui, 2010).

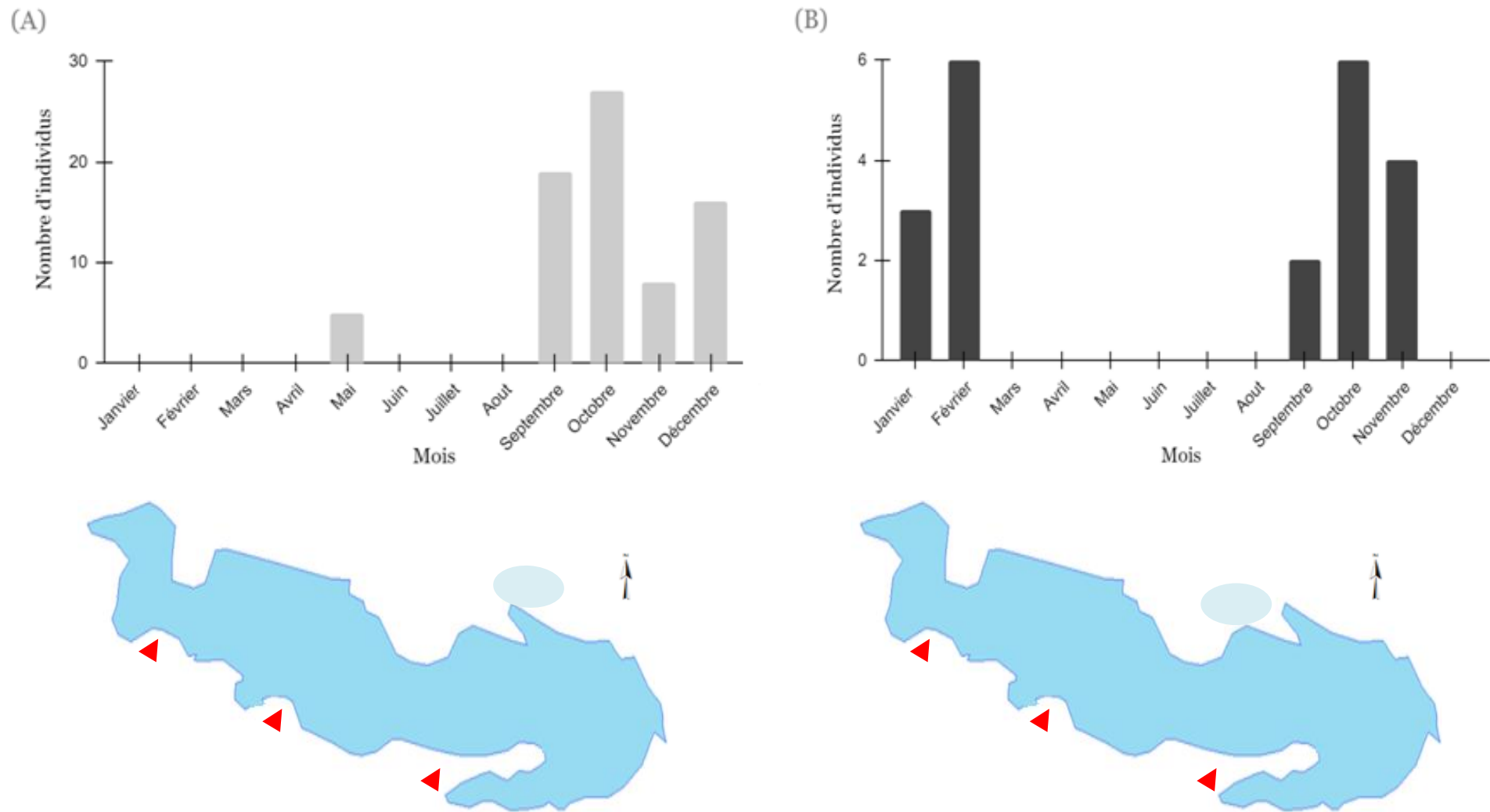


Figure 54. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Chevalier arlequin, (B) Chevalier gambette dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **Le bécasseau maubéche** *Calidris canutus*



Pendant nos sorties, les visites de cette espèce à Garâet Hadj Tahar sont très rares, elles sont limitées seulement à 3 observations de 3 et de 4 individus qui sont marqués en mois d'Avril, Mai et Septembre (**Figure 55. A**).

- **Le chevalier stagnatile** *Tringa stagnatilis*



Le *Tringa stagnatilis* est une espèce rare au Maroc (*El Hamoumi, 2000*).

Généralement il passe en petit nombre dans les zones humides du Nord pendant les deux périodes nuptiales (*Isnmann et al, 2000*).

Le chevalier stagnatile a été observé entrain de rechercher leur ressource trophique dans la vasière du secteur Nord près des rives peu profonde de Garâet Hadj Tahar avec des effectifs peu abondants qui varient de 1 à 13 individus (**Figure 55. B**).

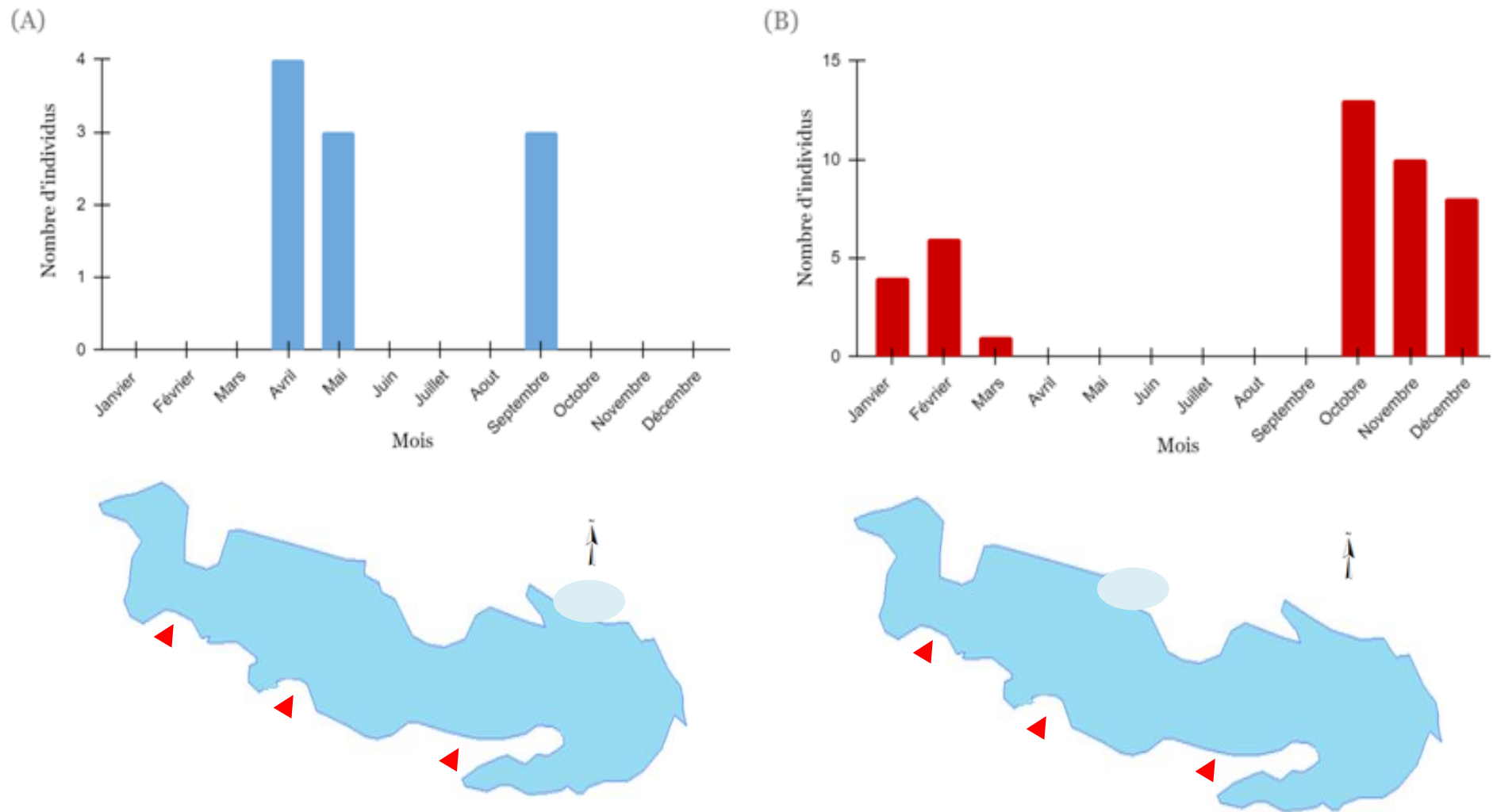


Figure 55. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Bécasseau maubéche, (B) Chevalier stagnatile dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **Le chevalier aboyeur** *Tringa nebularia*



Le chevalier aboyeur hiverne essentiellement autour du bassin méditerranéen occidental et en Afrique de l'Ouest (Beaman et al, 1999), l'espèce s'est montré très rarement en quête de nourriture près des berges de la partie Nord pendant notre étude, c'est un migrateur de passage qui a été observé que 4 fois le plus faible nombre de cette espèce a été noté en mois de Mai avec 3 individus, en revanche le nombre optimal est de 8 individus enregistré en mois d'Aout 2018 (**Figure 56. A**).

- **Le chevalier sylvain** *Tringa glarelo*



Le chevalier sylvain est une espèce répandue dans toutes la Scandinavie, la Finlande, l'Ecosse, le Nord de la Russie et l'Europe Centrale, le long des Côtes de la Pologne et de l'Allemagne (Metallaoui, 2010), généralement c'est un hivernant en Afrique (Cyril, 2013).

Cette espèce de limicole a été peu fréquente dans le site d'étude, on l'a croisé uniquement 3 fois à partir du mois de Janvier jusqu'au mois de Mars avec des effectifs allant de 1 à 7 individus (**Figure 56. B**), leur répartition a été dans le secteur Nord Est du marais ou l'eau est assez peu profonde on les a observé entrain de rechercher leur nourriture qu'est constitué essentiellement de petits invertébrés, de punaises d'eau, de têtards, de larves de moustiques et de vers de terre.

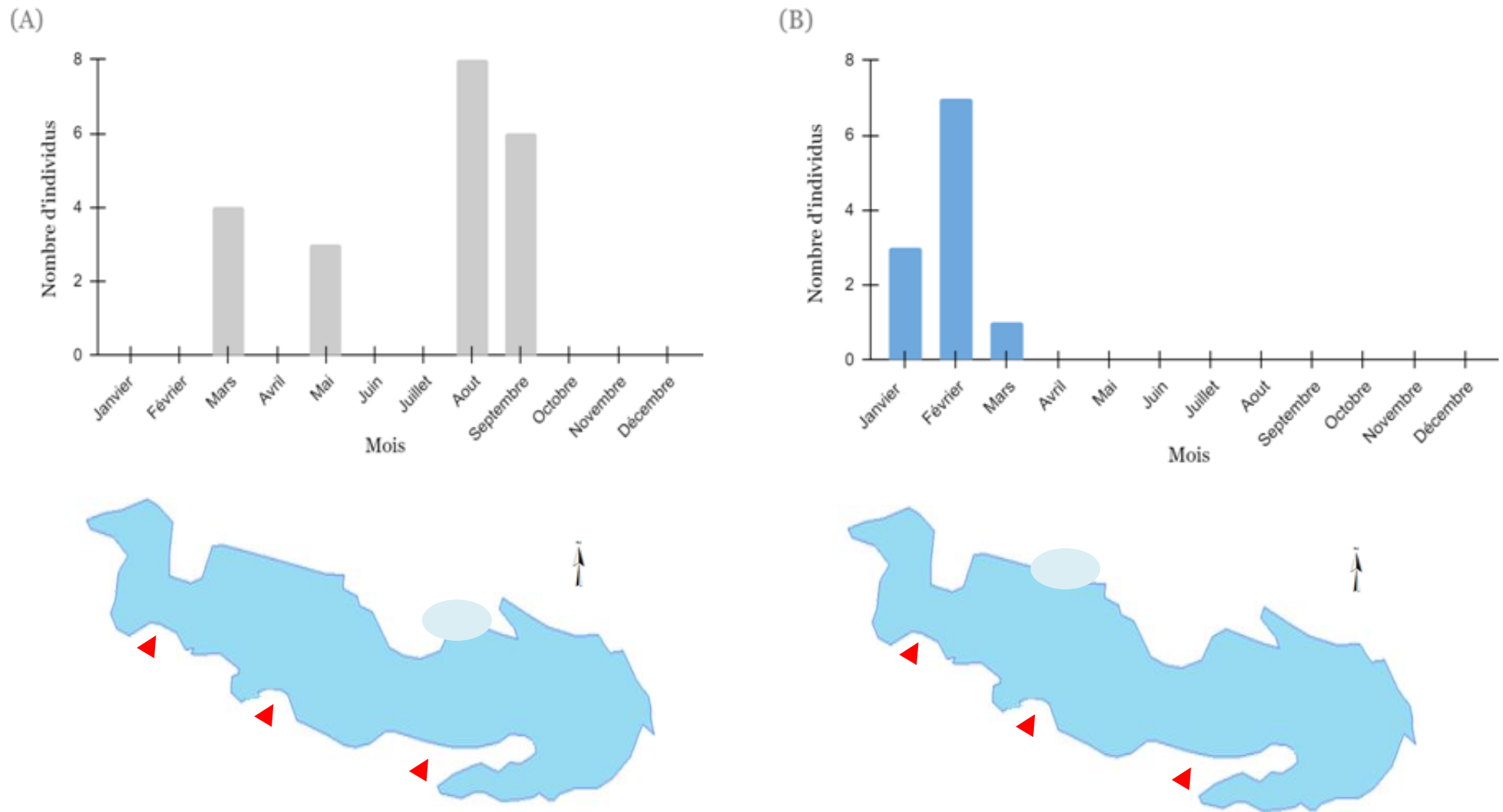


Figure 56. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Chevalier aboyeur, (B) Chevalier sylvain dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

II.1.13. Les Laridés

- **Le goéland leucophée** *Larus michahellis*



Le *Larus michahellis* est une espèce en augmentation dans de nombreuses régions, il s'est répandu le long de la côte Atlantique Française et dans l'intérieur des terres en Europe Centrale et pousse souvent en nombre élevé en Juillet et Octobre jusqu'au Nord Ouest de l'Europe et à la Baltique (Svensson, 2015), En Algérie le goéland est de statut nicheur sédentaire (Jacob et al, 1980 ; Ledant et al, 1981 ; Moulai et al, 2005 ; Moulai et al, 2006).

Durant toute la période d'étude le goéland leucophée a été constant à Garâet Hadj Tahar, nous l'avons observé à partir du mois de Janvier jusqu'au mois de Septembre avec un pic de l'ordre de 22 individus pendant le mois de Mai, par la suite sa deuxième réapparition a été en mois de Novembre avec un minimum de 2 individus (**Figure 57. A**)

Les groupements de ses oiseaux marins se sont surtout dispersés dans le secteur occidental mélangés aux autres populations aviennes, ou ils font leur stationnement dans la Garâet pendant quelques minutes après ils reprennent vite fait leur survol vers la mer méditerranée qui se trouve à une vingtaine de kilomètre du site d'étude.

- **La mouette rieuse** *Chroicocephalus ridibundus*



La mouette rieuse est une espèce très commune se rencontre en été dans toutes les régions tempérées au Nord à environ 45° de latitude, c'est une espèce très opportuniste, elle se nourrit d'invertébrés (notamment de lombrics), de petits poissons, de charognes, de graines et de détritiques (Gérard, 1991).

D'habitude elle vient hiverner abondamment sur les côtes et les zones humides de l'intérieur du pays (Ledant et al, 1981 ; Isenmann et al, 2000).

Cet oiseau marin nous l'avons remarqué seulement 2 fois de passage dans la zone centrale et près des berges du secteur Nordique de Garâet Hadj Tahar, une fois pendant le mois de Janvier avec 17 individus et autre fois en mois d'Avril avec 6 individus (**Figure 57. B**).

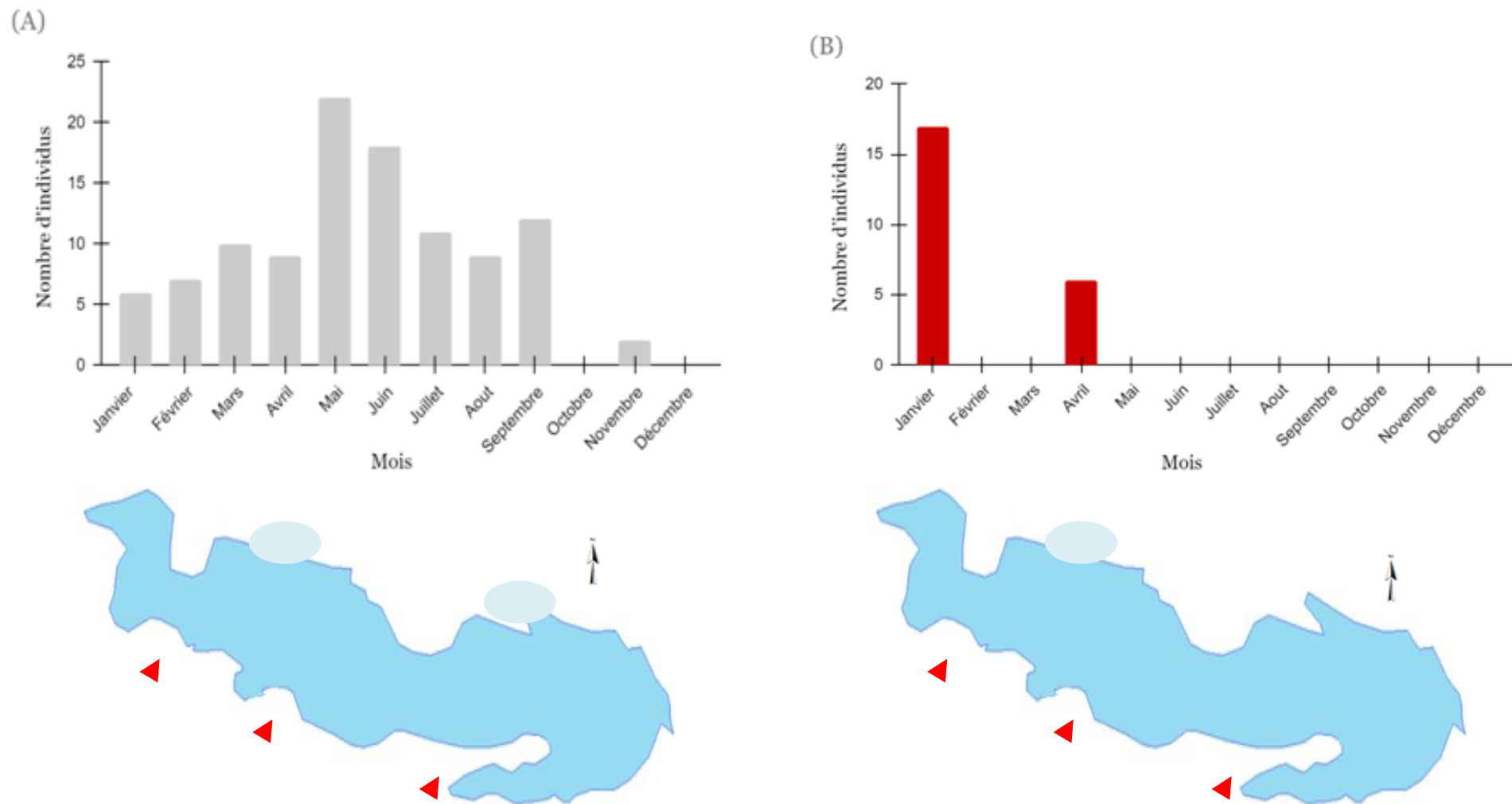


Figure 57. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle du (A) Goéland leucophée, (B) Mouette rieuse dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

- **La guifette moustac** *Chlidonias hybride*



La guifette moustac se rencontre à proximité des lacs, des étangs, des rives des cours d'eau et des marais, c'est une visiteuse d'été (à partir de la fin d'Avril à septembre), hiverne en Afrique et par endroits autour de la méditerranée (Svensson, 2015), les seuls sites de reproduction de l'espèce en Algérie est le lac Tonga (Parc National d'El Kala) ou ils ont prouvés l'existence d'une colonie de 400 à 500 couples qui y nichent régulièrement (Bekaria et al, 2002) et la Macta dans l'Est Oranais (Ledant et al, 1977).

La majorité des relevés de cette espèce ont été dans la partie centrale de la Garâet pendant la période d'hivernage avec des effectifs pas assez importants qui varient de 2 à 9 individus (**Figure 58. A**).

II.1.15. Les Alcédinidés

- **Le martin pêcheur** *Alcedo atthis*



Le martin pêcheur est un oiseau farouche et très dynamique.

L'aire de distribution de ce migrateur partiel s'étend de l'Afrique du Nord au Sud de la Suède et jusqu'à l'Asie, les individus les plus septentrionaux se déplacent vers le Sud en hiver, En France l'espèce est sédentaire, les récentes vagues de froid, la rectification des cours d'eau, la pollution et les piégeages autour des piscicultures ont entraînés sa régression (Gérard, 1991).

A Garâet Hadj Tahar, l'espèce a été présente à partir de Mars jusqu'à Juin et de Aout Décembre avec des abondances peu réstrictes, l'effectif maximal a été de 13 individus marqué en Octobre 2018 (**Figure 58. B**), son observation a été le plus souvent dans le secteur Sud du marais, parfois il nous arrive de le voir en survol et dés fois il reste longtemps poser sur des branches d'arbres et des *Typha angustifolia* entrain de guetter ses ressources trophiques (Eg. Les poissons) avant chaque plongeon vertical.

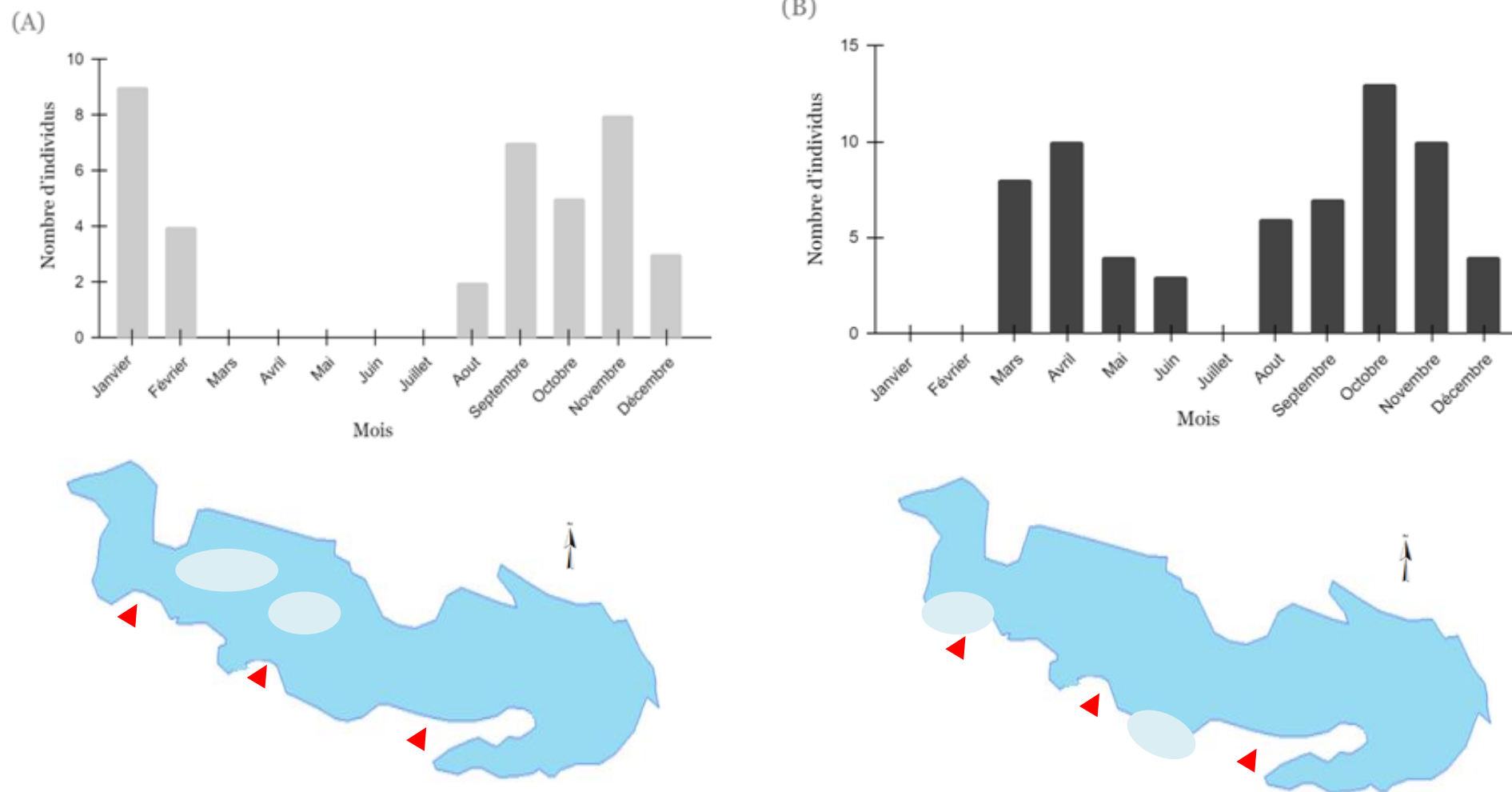


Figure 58. Evolution des effectifs et occupation spatio temporelle de (A) Guifette moustac, (B) Martin pêcheur dans Garâet Hadj Tahar durant la période Janvier à Décembre 2018.

II.2. Analyse des indices de diversité

II.2.1. L'Abondance totale (A)

Le suivi mensuel de l'abondance totale de l'avifaune aquatique à Garâet Hadj Tahar a été réparti en 3 périodes (**Figure 59. A**).

- La première période débute à partir du mois de Janvier jusqu'au mois de Février avec des effectifs qui oscillent de 8111 et 6569 individus, dont les groupes les plus abondants et les plus diversifiées étaient les Canards de surfaces et les Canards plongeurs comme les Anatidés, les Rallidés et notamment les Podicipedidés.

- La seconde période commence dès le mois de Mars ou nous observons alors une réduction drastique de l'effectif qui se poursuit jusqu'au mois de Juillet, elle est essentiellement dominée par quelques Canards estivants autochtones tels que la Foulque macroule, le Canard souchet, l'Erismature à tête blanche, le Fuligule nyroca, la Sarcelle marbrée et des ardéidés comme le Héron garde bœuf, la Grande aigrette qui demeurent pendant toute la saison estivale, ce faible nombre observé peut être lié aux dérangements intenses qui provient des moteurs des pompes agricoles notamment à des facteurs comme à la migration nuptiale vers d'autres sites avoisinantes, ou à une diminution subite du niveau d'eau qui favorise brusquement l'apparition des plantes aquatiques ce qui représente un sérieux obstacle pour le déplacement de certaines espèces de Canard.

- Durant la troisième période nous assistons plutôt à un nouveau retour des migrateurs hivernants vers le site ce qui provoque une nette réaugmentation du nombre d'individus dès le mois d'Aout pour atteindre un pic de 14551 individus en mois de Novembre.

II.2.2. La richesse spécifique (S)

D'un point de vue diversité spécifique, Garâet Hadj Tahar a été fortement peuplée par de nombreuse espèce pendant la période d'hivernage (**Figure 59. B**). La richesse maximale compte environ 42 espèces enregistrée en mois de Septembre, cela est due probablement aux regroupements et aux transits postnuptiaux pour de nombreux oiseaux d'eau égalant ainsi les zones humides les plus importantes de l'Algérie (*Ledant et al, 1981, Houhamdi et al, 2002 ; Metallaoui et al, 2008*).

Tandis que la faible valeur de la richesse spécifique est enregistrée en été pendant le mois de Juillet avec seulement 16 espèces, ce faible déclin observé en période estivale se traduit certainement par un départ progressif des Canards hivernants vers d'autres sites de reproduction.

II.2.3. L'indice de Shannon et Weaver H'

D'une manière générale, le graphe de l'indice de diversité de Shannon et Weaver n'a pas connu de grande fluctuation au cours des mois à l'exception du pic qu'a été noté en saison d'hivernage (**Figure 59. C**).

La valeur la plus importante de l'indice de Shannon a été enregistrée pendant le mois d'Octobre ou cet indice atteint un maximum de 3,49 bits/individus, cette valeur élevée de H' correspond à un peuplement avien diversifié et une richesse de 39 espèces essentiellement dominés par des populations hivernantes (Anatidés, Rallidés, Podicipédidés et Charadriidés) suivant une distribution d'abondance équilibrée de 6591 individus qui ne peut se développer que dans un plan d'eau complexe, mûr et stable.

Le minimum a été marqué durant la période estivale en mois de Mai avec 2,22 bits/individus pour une richesse spécifique de 29 espèces et un nombre d'individus de 1107 dominé principalement par les estivants nicheurs.

II.2.4. L'indice d'Equitabilité

Le graphe obtenu à partir de l'analyse de l'indice d'Equitabilité sur la (**Figure 59. D**) démontre une évolution qui exhibe une allure presque identique à celle de l'indice de diversité H'

La valeur d'Equitabilité la plus maximale a été enregistrée pendant le mois de Juin avec $E = 0,76$ (E tend vers 100%) ce qui indique que les différentes espèces aviennes qui peuplent Garâet Hadj Tahar à cette période d'étude partagent la même abondance dans leurs effectifs avec l'existence de certaines espèces rares dans le peuplement comme les Scolopacidés (Bécasseau minute), les Ardéidés (Héron crabier) et les Pandinidés (Balbuzard pêcheur).

De manière globale, l'indice d'Equitabilité a été marqué inférieur à 50% uniquement durant deux mois distinctes :

Le premier a été en mois de Novembre (en plein hiver) avec $E = 0,48$ où la quasi totalité des effectifs de l'avifaune aquatique ont été représentés par le Canard chipeau et la Foulque macroule.

Le deuxième a été noté en période estive pendant le mois de Mai d'une Equitabilité de $E = 0,46$ il se traduit par une migration de la plupart des oiseaux hivernants vers d'autres zones d'accueils.

Tableau 16. Listing détaillée et phénologie des espèces aviennes qui fréquentent Garâet Hadj Tahar durant Janvier à Décembre 2018)

Familles/espèces	Status phénologiques			
	VM	VP	VH	R
Podicipedidés				
<i>Podiceps nigricollis</i>				√
<i>Podiceps cristatus</i>				√
<i>Tachybaptus ruficollis</i>				√
Phalacrocoracidés				
<i>Phalacrocorax carbo</i>			√	
Ardéidés				
<i>Ardeola ralloides</i>	√			
<i>Nycticorax nycticorax</i>		√		
<i>Ardea ibis</i>				√
<i>Egretta alba</i>				√
<i>Egretta garzetta</i>				√
<i>Ardea cinerea</i>				√
Threskiornithidés				
<i>Plegadis falcinellus</i>		√		
<i>Platalea leucorodia</i>		√		
Phoenicoptéridés				
<i>Phoenicopterus roseus</i>		√		
Ciconiidés				
<i>Ciconia ciconia</i>	√			
Anatidés				
<i>Anas platyrhynchos</i>				√
<i>Anas strepera</i>			√	
<i>Anas penelope</i>			√	
<i>Anas acuta</i>		√		
<i>Anas clypeata</i>				√
<i>Anas crecca</i>			√	
<i>Anas querquedula</i>	√			
<i>Marmaronetta angustirostris</i>				√
<i>Aythya ferina</i>			√	
<i>Aythya nyroca</i>				√
<i>Aythya fuligula</i>			√	
<i>Oxyura leucocephala</i>				√
Falconidés				
<i>Falco eleonorae</i>				√
Accipitridés				
<i>Circus aeruginosus</i>				√
Pandinidés				
<i>Pandion haliaetus</i>		√		

Rallidés				
<i>Gallinula chloropus</i>				√
<i>Porphyrio porphyrio</i>				√
<i>Fulica atra</i>				√
Récurvirostridés				
<i>Himantopus himantopus</i>	√			
<i>Recurvirosta avosetta</i>	√			
Charadriidés				
<i>Charadrius dubius</i>		√		
<i>Charadrius alescandrius</i>		√		
<i>Charadrius hiaticula</i>		√		
Scolopacidés				
<i>Calidris ferrigmea</i>		√		
<i>Calidris alpina</i>		√		
<i>Calidris minuta</i>		√		
<i>Pluvialis squatarola</i>			√	
<i>Limosa limosa</i>		√		
<i>Tringa erythropus</i>				√
<i>Tringa totanus</i>				√
<i>Calidris canutus</i>		√		
<i>Tringa stagnatilis</i>				√
<i>Tringa nebularia</i>		√		
<i>Tringa glareola</i>				√
Laridés				
<i>Larus michahellis</i>				√
<i>Chroicocephalus ridibundus</i>		√		
<i>Chlidonias hybride</i>		√		
Alcedinidés				
<i>Alcedo atthis</i>			√	

VM : Visiteur migrateur, **VP** : Visiteur de passage, **VH** : Visiteur hivernant, **R** : Resident.

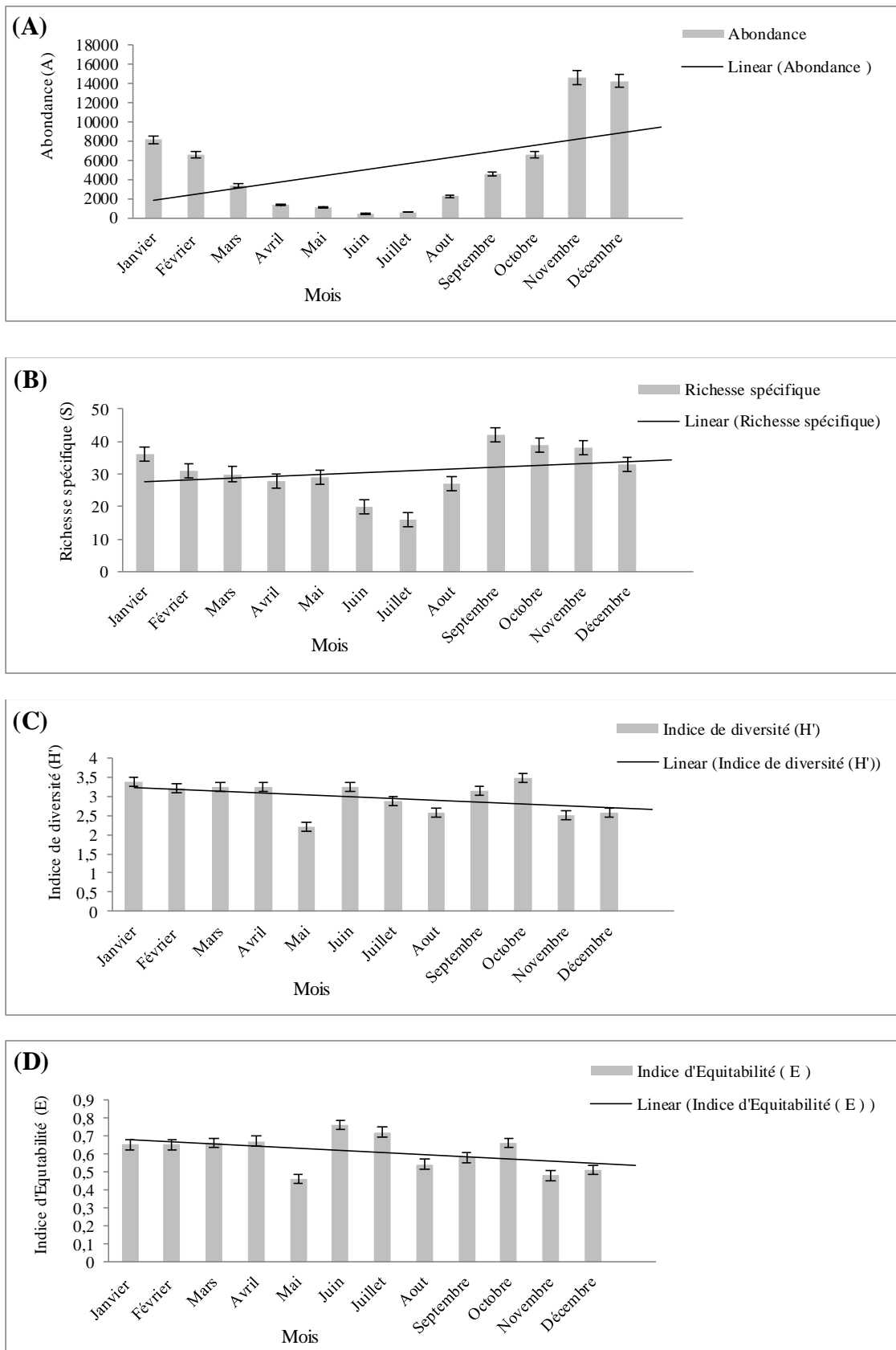


Figure 59. Evolution des indices écologiques. (A) : Abondance totale, (B) : Richesse spécifique, (C) : Indice de Shannon et Weaver, (D) : Indice d'Equitabilité.

II.3. Analyse multivariée des données

La moyenne, min/max, l'écart type, la médiane et le coefficient de variation des six paramètres physiques (température de l'eau, pH, conductivité électrique, matière en suspension, Chlorophylle-a, et turbidité) et les trois paramètres des nutriments (NO₃-N, NH₄-N et PO₄-P)

Les concentrations mesurées à Garâet Hadj Tahar sont résumées au L'abondance des oiseaux aquatiques à Garaet Hadj Tahar était corrélé de manière significative avec la température, le pH, la chlorophylle-a, le nitrate ($p < 0,05$) et le coefficient de corrélation est tous les paramètres environnementaux sont corrélés à Garâet Hadj Tahar, et la corrélation significative est résumé dans le (tableau.)

Selon la régression de modélisation (régression multiple : MANOVA), les paramètres environnementaux assemblés n'ont pas affectés l'abondance des oiseaux aquatiques à la Garâet.

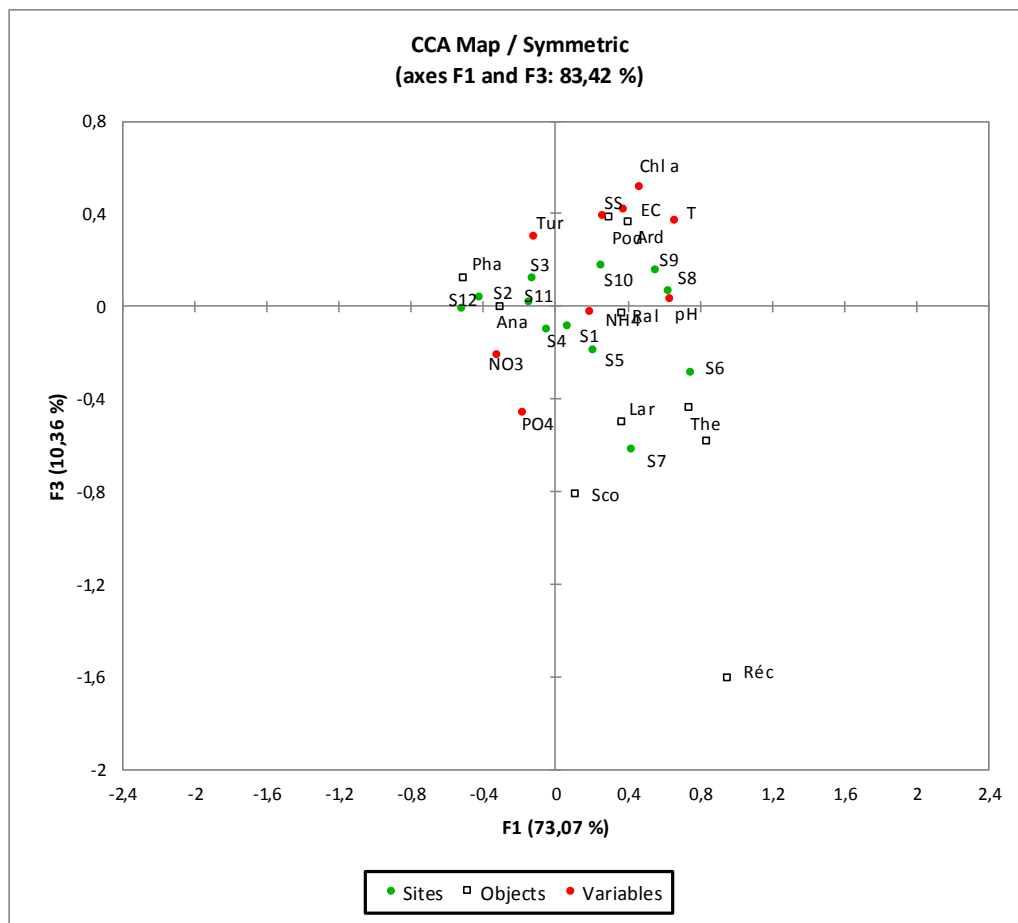


Figure 60. Représente les variables sur le plan factoriel 1x3 de la CCA (Analyse Canonical des Correspondances).

Discussion générale :

La température de l'eau est un facteur écologique qui entraîne d'importants répercussions écologiques (Rodier et al, 2005).

Selon (Pinay et al, 2018) une augmentation de la température dans l'eau entraîne souvent une diminution de la concentration de saturation de l'eau en oxygène dissous qui favorise l'apparition de conditions anoxiques, c'est pourquoi les efflorescences algales et les phases d'anoxie se produisent principalement au printemps et en été, lorsque les températures sont élevées.

La température de notre hydrosystème a été caractérisée par l'existence de deux périodes, une froide déterminée par des températures basses en hiver et une chaude qui atteint un gradient maximale en été, ces variations de la température ont été fortement influencées par les conditions environnementales liées à la position géographique de la zone d'étude, à la géologie des terrains traversés, à l'hydrologie et surtout au climat méditerranéen de la région de Guerbes.

Le potentiel d'hydrogène est un indicateur de la quantité et de la nature des ions minéraux en solution dans l'eau (Groga, 2012). Durant notre étude le pH dans l'ensemble des stations de l'écosystème a été neutre mais avec un risque d'alcalinité marqué en saison chaude. Ces résultats observés sont en adéquations avec ceux de (Groga, 2012) dans le Lac Taabo en Côte d'Ivoire à la station Sahoua (7,28) et Ahondo (7,08), et à ceux de (Guergueb, 2015) à Oued El Kebir Est.

Cette alcalinité est issue d'une activité photosynthétique intense, favorise la productivité du phytoplancton (Arrignon, 1976 ; Afri et al, 1983; Bouzid-Lagha et al, 2012), notamment les cyanobactéries qui ne prolifèrent que dans un milieu alcalin avec un pH compris entre 6 et 9 (Nasri et al, 2007).

D'après (Lisec, 2004) une augmentation de pH peut se produire suite à des phénomènes d'eutrophisation ou par des rejets des eaux usées alcalines.

La conductivité électrique constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par concentration et sa conductivité spécifique (Rahmouni, 2016).

La conductivité électrique dans notre milieu aquatique a été représentée par des valeurs fortement élevées (dépassant les 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$) traduisant une minéralisation progressive.

Des résultats similaires ont été rapportés par (Toumi, 2016), dans le Lac des oiseaux à El Tarf, par (Kherief Nacereddine, 2018), dans le barrage de Béni Haroun à

Jijel, par (Guergueb, 2016) à l'embochure d'Oued El Kebir Est et aussi par (Bouleknafet et al, 2017).

Sur la même région, cette minéralisation élevée a été attribuée à des origines géologiques et anthropiques liée aux fortes concentrations d'habitation et aux activités agricoles très denses.

La turbidité est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux (OMS, 1986). Dans un plan d'eau, ce paramètre varie en fonction de l'abondance des particules en suspension (argile, limon, etc) et du phytoplancton (Balvay, 1985).

La turbidité de l'eau dans l'ensemble des stations de Garâet Hadj Tahar a été légèrement trouble.

Ces résultats obtenus peuvent être associés à un apport important de particules solides issues du lessivage des sols du bassin versant (González et al, 2004) où à une forte poussée de bloom de Cyanobactéries qui rendent le milieu agité et fait décliner sa transparence.

Une augmentation de la matière en suspension entraîne souvent une faible transparence réduisant la pénétration de la lumière dans l'eau modifiant la turbidité des eaux et ainsi la réduction de la photosynthèse (Philippe, 1994)

Dans nos stations d'étude, les teneurs les plus élevées de la matière en suspension ont été notées pendant la période printanière et estivale.

Cette observation correspond sans doute à un apport endogène lié au développement du phytoplancton et à la remise en suspension de matériel particulier benthique provoquée par la circulation de l'eau (Alfaidy et al, 1999).

Les variations de la chlorophylle (a) s'accordent parfaitement avec les conditions saisonnières et la densité phytoplanctonique, elle varie de 0,4 à 121,8 µg/l dans la station (1) et de 1,2 à 145,4 µg/l dans la station (2).

La faible teneur enregistrée en période froide (périodes des crues) serait en relation avec les basses températures et à la dilution qui affectent les communautés phytoplanctoniques (Huszar et al, 1997).

Tandis que la forte abondance de la chlorophylle (a) enregistrée durant la saison estivale et automnale reflète une importante poussée microalgale, ce résultat corrobore parfaitement avec les travaux réalisés par (Djabourabi, 2014) et (Boussadia, 2015), au niveau du Lac Tonga et du Lac Oubeïra, et ceux de (Saoudi, 2015) dans la retenue de Mexa (El Tarf).

La faible teneur de ce pigment révélée en Avril (période printanière) dans la garâet (avec une valeur moyenne qui n'excèdent pas les 7,9 µg/l) a été associée d'après (Daouda, 2010) à une prolifération très abondante des macrophytes qui bloquaient le passage de la lumière, en empêchant tout développement de la biomasse dans les couches d'eau les plus profondes.

Selon (Rodier et al, 2005) dans les eaux naturelles non polluée, le taux des nitrates est variable suivant la saison et l'origine des eaux, il peut varier de 1 à 15 mg/l et de même une concentration de 2 à 3 mg/l peut être considérée comme normale.

A Garâet Hadj Tahar, les teneurs en nitrate varient entre 1,7 à 2,03 mg/l dans la station (1) et de 1,8 à 2,23 mg/l dans la station (2), les concentrations les plus élevées dans l'ensemble des différentes stations ont été enregistrées durant la période d'hiver.

D'après (Saoudi, 2015), un tel résultat peut être lié d'une part à la faible utilisation des nitrates par les végétaux qui sont peu actifs à cette période de l'année et d'autre part à la bonne oxygénation des eaux relevées à cette même période.

Généralement en hiver les eaux superficielles sont riches en sels nutritifs en raison du mélange des eaux et de la faible abondance du plancton.

La charge en azote ammoniacal a été très élevée dans les eaux de garâet Hadj Tahar traduisant une qualité d'eau polluée à excessivement polluée, ces fortes concentrations observées dans l'ensemble des stations durant toute l'étude indique une forte eutrophisation qui a probablement pour origine une contamination récente par les matières organiques en décomposition, par les matières inorganiques contenues dans les sols et dans l'eau, par l'excrétion des organismes vivants (Boussadia, 2016).

Les phosphates font parties des anions facilement fixés par le sol, leurs présences dans les eaux naturelles sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

L'apport exagéré de cet élément dans les écosystèmes aquatiques occasionne le phénomène d'eutrophisation (Aounallah, 2016).

Dans notre hydrosystème les orthophosphates présentent des teneurs qui indiquent une qualité polluée durant tout le cycle d'étude, elle varie de 0,41 à 2,13 mg/l dans la station (1) et de 1,45 à 2,76 mg/l dans la station (2), c'est durant les périodes hivernales et printanières que les pics maximaux de ce polluant sont notés dans les différentes stations d'étude, à cette période de l'année ceci peut être expliqué par un phénomène de brassage des eaux sous l'action des vents qui sont parfois

violents ce qui permet un relargage important du phosphore à partir du sédiments (Saoudi, 2015), il se peut qu'il provient également d'une origine diffuse (autrement dit une érosion des sols, et le lessivage des zones cultivées) et une origine ponctuelle (des effluents urbains et industriels) (Rahmouni, 2016).

La minéralisation de la matière organique issue des algues et des Macrophytes aquatiques morts représentait notamment une origine endogène des apports en orthophosphate (Goldsborough et al, 1996).

L'enrichissement des eaux superficielles en phosphore peut être également la conséquence de la remise en suspension des sédiments du fond par le vent par le comportement fouisseur de certaines espèces de poisson ou par l'activité humaine (Havense, 1991 ; Mainstone et al, 1993), le relargage de phosphore à partir des sédiments est régi par la T° de l'eau « pour les variations saisonnières » et par le temps de séjour « pour les variations annuelles », de plus le zooplancton, peut fournir 50 à 180 % des besoins journaliers en phosphore du phytoplancton. Pour les minimas de cet élément ils ont été marqués en été et en automne.

D'après (Dakki, 2003) cette période correspondait à une reprise de l'activité microalgale.

La détection d'une forte quantité en sels nutritifs surtout (l'Azote ammoniacal et l'orthophosphate) dans Garâet Hadj Tahar est liée non seulement aux excréments fécaux des troupeaux de bovidés qui côtoient la région mais aussi à une extension anarchique de l'agriculture et à l'utilisation excessive des produits phytosanitaires, auxquels s'ajoutent les rejets d'eaux usées de la Daïra de Ben Azzouz et des villages situés en amont (D.G.F, 2001).

L'observation des caractères morpho anatomiques durant notre cycle d'étude de Janvier à Décembre 2018 nous a permis de révéler l'existence de 5 groupes phytoplanctoniques qui colonisent Garâet Hadj Tahar à savoir : les Bacillariophycées, les Cyanobactéries, les Euglénophycées, les Chlorophycées et les Zygnematophycées.

Il en ressort par ailleurs de nos observations que *Nitzschia* est le genre le plus fréquent et le plus dominant de la classe des Bacillariophycées, Selon (*Kherief Nacereddine, 2018*) sa présence dans le milieu aquatique indique une importante tolérance à la pollution organique.

L'étude des variabilités spatio temporelles du phytoplancton de Garâet Hadj Tahar, a été marquée par une décroissance microalgale en saison d'hiver, qui est liée certainement aux conditions hivernales peu propices à cette période de l'année suite à des événements pluvieux qui font abaisser la masse d'eau de toute substance indésirable, à la courte durée du jour et à la faible température de l'eau qui varie de (10,7 à 18,8 °C).

En revanche, pendant les saisons estivales et automnales nous notons une importante prolifération microalgale essentiellement dominée par les Cyanobactéries, ces fortes densités semblent en relation avec la croissance de la température et à la disponibilité d'une bonne quantité de nutriment (particulièrement l'Azote et le phosphore) qui sont suffisants pour subvenir à la demande du phytoplancton, nos observations concordent parfaitement avec ceux de Bouaïcha en 2002 qui a affirmé que la période du développement massif des Cyanobactéries est souvent en été et au début d'automne.

D'après les résultats obtenus nous comprenons que la dynamique des groupements algaux dans le temps est fortement liée aux variations des facteurs abiotiques dépendant des variations saisonnières.

Des études dans les estuaires tropicaux ont suggérées également que la saisonnalité influe sur la composition, la densité et la biomasse du phytoplancton (*Yin, 2002 ; Matos et al, 2011*).

L'observation du genre *Merismopedia* en dehors des périodes habituelles avec un timing de développement qui coïncide avec l'hiver en mois de décembre est un phénomène rare qui peut être attribué selon (*Kormas et al, 2011 ; Sivonem et al, 1999*) au climat régional. En effet, le climat méditerranéen chaud en été favorise la persistance des Cyanobactéries dans les eaux douces eutrophes, qui peut commencer dès le printemps et persister jusqu'à décembre.

Cette apparition nous laisse penser probablement à un mécanisme d'adaptation acquis par ce genre face à un changement environnemental.

Dans l'ensemble des stations d'étude, 4 genres de cyanobactérie potentiellement toxique ont été rencontrés à Garâet Hadj Tahar à savoir : *Lyngbya* et *Merismopedia*, *Planothrix*, *Oscillatoria* avec une prédominance des trois premiers genres qui sont : *Lyngbya*, *Merismopedia* et *Planothrix*.

Ces derniers sont souvent à l'origine des déséquilibres écologiques mais aussi à une intoxication dans le cas de libération de toxine (*Chorus et al., 1999*).

Concernant les Euglénophycées leurs migrations verticales à partir des sédiments a débuté dès la période estivale où nous avons constatés un épanouissement de ces algues à la surface du plan d'eau qui est due principalement à la disponibilité des éléments nutritifs et à la lumière.

D'après les travaux d'(*Alves da Silva et al., 2013*), l'existence de ce groupe d'Euglenophyta est un indicateur important d'une eau à forte concentration de matière organique, d'azote et de phosphore (*Round., 1983*) qui est typiquement lié à la décomposition des macrophytes aquatiques associés à l'alimentation des oiseaux d'eau et à des matières fécales animales.

Conclusión Générale

Conclusion générale :

En guise de cette recherche nous pouvons clairement conclure que Garâet Hadj Tahar pendant notre cycle d'étude a été fortement diversifié en terme d'espèces nous avons inventoriés un total de 52 espèces appartenant à 16 familles, composé de groupes visiteurs hivernants, visiteurs de passage, visiteurs migrateur et résidents, la famille la plus représentée est celle des Anatidés avec 12 espèces dont les plus importants sont le Canard chipeau *Anas strepera*, le Canard siffleur *Anas penelope*, et le Canard souchet *Anas clypeata*.

Vingt deux espèces ont nichées dans notre plan d'eau, la famille des Podicipedidés avec 3 espèces (*Podiceps nigricollis*, *Podiceps cristatus*, *Tachybaptus ruftcollis*), la famille des Ardéidés avec 4 espèces (*Ardea ibis*, *Egretta alba*, *Egretta garzetta*, *Ardea cinerea*), les Anatidés avec 5 espèces (*Anas platyrhynchos*, *Anas clypeata*, *Marmaronetta angustirostris*, *Aythya nyroca*, *Oxyura leucocephala*), les Scolopacidés avec 4 espèces (*Tringa totanus*, *Tringa erythropus*, *Tringa stgnatilis*, *Tringa glareola*) la famille des Falconidés (*Falco eleonora*), les Acciptridés (*Circus aeruginosus*), la famille des Rallidés avec 3 espèces (*Gallinula chloropus*, *Porphyrio porphyrio*, *Fulica atra*), et les laridés avec une seul espèce (*Larus michahellis*).

La famille des Rallidés a été majoritairement représentée par la Foulque macroule *Fulca atra* qui a été omniprésente pendant toutes notre étude avec des effectifs qui peuvent atteindre un maximum de 8268 individus.

Nous avons notamment observés des visiteurs de passage qui ont fréquentés rarement le site comme le *Nycticorax nycticorax*, *Plegadis falcinellue*, *Plaralea leucorodia*, *Phoenicopterus roseus*, *Pandion haliactus*, *Charadrius dubuis* et le *Charadrius alescandrius*, *Calidris ferrigmea*, *Calidris alpina*, *Calidris minuta*, *Limosa limosa*, *Tring nebularia*, *Chroicocephalus ridibundus*, *Chlidonias hybride*.

D'après les etudes précédentes, 6 espèes dans Garâet Hadj Tahar n'ont pas été observées dans notre étude actuelle à savoir : le Vanneau huppé *Vanellus vanellus*, le Bécassine des marais *Gallinago gallinago*, le Chevalier cul blanc *Tringa ochropus*, le Chevalier guignette *Actitis hypoleucos*, Blongios nain *Ixobrychus minutus* et la nette rousse *Netta rufina* (Metallaoui et al, 2009 ; Metallaoui et al, 2010).

L'étude de la répartition spatio temporelle a révélé que les oiseaux aquatiques ont été majoritairement localisés dans la partie centrale et dans les parties Nord occidentales et septentrionales de Garâet Hadj Tahar.

Leur dispersion ont été conditionnées principalement par de nombreux facteurs écologiques, comme : la quiétude, le dérangement, la densité de la couverture végétale et le plus important c'est les ressources trophiques.

Les résultats obtenus à travers l'analyse statistique ont démontrés que l'abondance de l'avifaune aquatique dans la garâet représente une corrélation hautement significative avec la température de l'eau, le potentiel d'hydrogène, la chlorophylle (a) et les nitrates.

Nos suivis de comptage mensuel ont révélés que les indices de diversité (la richesse spécifique, indice de Shannon et l'équitabilité) sont fortement élevés pendant la saison hivernale ce qui indique que notre site d'accueil joue un rôle essentiel pour l'hivernage des populations aviennes.

Les résultats obtenus concernant le degré d'eutrophisation des eaux de Garâet Hadj Tahar ont révélés une pollution alarmante associée aux fortes concentrations d'Azote et de Phosphore.

Nous avons aussi constaté que les variations spatio temporelles du peuplement phytoplanctonique qui colonise la zone humide ont été fortement conditionnées par le climat, la température de l'eau, l'intensité lumineuse, et l'apport en élément eutrophisant.

Perspectives

Dans le but de conserver la diversité avienne et minimiser cette pollution au sein de Garâet Hadj Tahar (Eco complexe de Guerbes Sanhadja) il serait préférable de :

- Créer des bandes enherbées tout au tour des zones humides qui serviront de barrière de protection afin de réduire la pollution de l'eau et freiner l'enrichissement du milieu par les engrais et les pesticides (essentiellement l'Azote et l'orthophosphate) qui provient du lessivage des terres agricoles.
- Réaliser des contrôles réguliers de la qualité de l'eau pour que la pollution ne s'aggrave pas et pour intervenir à temps en cas d'anomalie.
- Il serait important de compléter ce suivi par une étude toxicologique approfondie, une bonne connaissance du degré de toxicité de ce milieu peut sembler un projet intéressant et envisageable prochainement.
- Surveiller la productivité primaire de cette zone humide et son impact sur l'avifaune aquatique.
- Sensibiliser tout les citoyens et les agriculteurs autochtones de la région

- Nous proposons notamment des suivis de dénombrement de l'avifaune aquatique à long terme où cas il y'aura des éventuels changements dans leurs comportements, et dans leurs phénologies.
- Contrôler l'effet des facteurs environnementaux sur la dynamique des espèces aviennes et sur l'ensemble de l'écosystème.
- Le lagunage par microphyte est une méthode qui consiste aussi à dépolluer l'eau par voie naturelle.
- Construire un Grau qui se jète directement à la mer méditerranée pour se plan d'eau côtier sa sera une solution adéquate pour éviter la stagnation de l'eau et réduire le développement des algues toxiques.

Références
Bibliographiques

-A-

- Abbaci I.H., 1999. Ecologie du Lac Tonga : Cartographie de la végétation, palynothèque et utilisation spatio temporelle de l'espace lacustre par l'avifaune aquatique, Thèse de Magister, Université d'Annaba, 219p.
- Abdeslam R., El Hamoumi R., 2017. Mortalité des oiseaux au barrage Hassar Mohammedia - Maroc, un problème intrigant pour les Foulques macroules *Fulica atra*, ISSN 2269-9694, Go-South Bull. (14) : 162-180p.
- Afri F., Pauwels, J.M., 1983. Facteurs physico-chimiques et présence de diatomées dans l'oued Rhumel, mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord.13:131-144.
- Agrigon A., 2000, Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments. *Dunod*. Paris. 206p.
- Aissaoui R., Houhamdi M., 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), *Eur. J. Sci. Res.*, 28 (1), 47-59.
- Akogbeto, H.K., Zanklan, A. S., Adjahouinou, C., Fiogbe, E.D., 2018. Degré d'eutrophisation et diversité phytoplanktonique de la lagune de Porto-Novo, République du Bénin, *Afrique Science* 14(3) 42-57, 43p.
- Alban L. 1998. Afflux de Bécasseaux minutes *Calidris minuta* en France à l'automne 1996. *Ornithos* 5(2) : 49-53.
- Aleman Y., 1996. La Talève sultane *Porphyrio porphyrio*, Une nouvelle espèce nicheuse pour la France, *Ornithos*, 3 : 176-177.
- Alfaidy B., Fahde A., Devaux J., 1999. Contribution à l'étude du phénomène d'eutrophisation d'une retenue située sous climat semi-aride (réservoir Daourat, Maroc), *Sécheresse* 1999 ; (3) : 213-20, 217p.
- Allaoua S., 1997. Contribution à l'étude du sol du complexe humide de l'Algérie Nord orientale. Mémoire d'Ingénieur, Université Badji Mokhtar, Annaba.
- Alvain S., Moulin, C., Dandonneau, Y Loisel, H., 2008. Seasonal distribution and succession of dominant phytoplankton groups in the global ocean a satellite view glob, *Biogeochem. Cycle* 22, GB3001.
- Alves da Silva S.M., Cabreira J.D.C., Voos J.G., Lobo E.A., 2013. Species richness of the genera *Trachelomonas* and *Strombomonas* (pigmented Euglenophyceae) in a subtropical urban lake in the Porto Alegre Botanical Garden.

- Aminot A., Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marine. CNEXO, 395 p.
- Aminot A., Kerouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. Ifremer, 160p.
- Annani F., Alfarhan AH., Samraoui B., 2012. Aquatic hemiptera of North eastern Algeria : distribution, phenology and conservation. *Revue d'Ecologie La Terre et la Vie*, 67 : 71-82.
- Aounallah O., 2016. Transport de nutriments de l'estuaire de la Seybouse au littoral d'Annaba : Flux de l'Azote, du Phosphore, du Silicium, de la Matière organique et des Matière en suspension, Thèse de doctorat en science de la mer, Université Badji Mokhtar, Annaba, 24-25p.
- Arnold D.E., 1971. Ingestion, assimilation, survival and reproduction by *Daphnia pulex* fed seven species of blue-green algae. *Limnol. Oceanogr.*, 16, 906-920.
- Arrignon J., 1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. Ed. Bords, Paris, 318 pp.
- Aubert M., Aubert J., 1986. Eutrophie et dystrophie en milieu marin. Phénomènes planctoniques et bactériens, *Revue Int. Océanogr. Méd* ; 83-84, 1-302.
- Azur C., 2013. Valorisation des services rendus par les zones humides et paiements des services environnementaux, Mémoire dans le cadre du stage de fin d'étude, Université Paris Sud XI, France.

-B-

- Baaloudj A., 2008. Contribution à la mise à jour de l'odonatofaune de l'Est Algérien. Mémoire de magister. Ecologie et génie de l'Environnement. Université de Guelma. 116p.
- Baaziz N., Mayache B., Saheb M., Bensaci E., Ounissi M., Mettallaoui S., Houhamdi M., 2011. Statut phénologique et reproduction du peuplement des oiseaux d'eau dans l'éco complexe de zones humides de Sétif (Hauts plateaux, Est de l'Algérie), *Bulletin de l'institut Scientifique, Rabat*, 32 (2) : 77-87.
- Bagnous., Gaussen H., 1957. Les climats biologiques et leurs classifications. *Ann. Géogr. Fr.* 355 : 193-220.
- Bakaria F., Rizzi H., Ziane N., Chabi Y., Banbura J., 2002. Breeding ecology of whiskered Terns in Algeria, North Africa. *Waterbirds* 25 (1) : 56-62.

- Baker P.D., Fabbro L.D., 1999. A Guide To The Identification Of Common Blue-Green Algae (Cyanoprokaryotes) In Australian Freshwaters, Cooperative Research Center For Freshwater Ecology, Identification Guide No. 25, Présenté at the Inaugural Australian Algal Workshop, University of Adelaide, ISSN 1321-280X.
- Balvay G., 1985. Structure et fonctionnement du réseau trophique dans les retenues artificielles. Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles. INRA, Paris. Pp. 39-66.
- Bara M., 2014. Structure et écologie des Rallidés dans les zones humides de Guerbes Sanhadja (wilaya de Skikda). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 93p.
- Bara Y., Bara M., Bensouilah M., Saheb M., Atoussi S., Houhamdi M., 2020. Assessments of physicochemical parameters of Garaet Hadj Tahar wetland and their effect on waterbirds settlement. Ukrainian Journal of Ecology, 10 (2), 33-39.
- Barbraud C.A.R., Johnson., Bertault G., 2003. Phenotypic correlates of post fledging dispersal in a population of greater flamingos : the importance of body condition. Journal of Animal Ecology 72 : 246-257.
- Barnaud G., Fustec E., 2007. Conserver les zones humides : Pourquoi ? Comment ? Edition Educagri et Edition Quae 72, 296p
- Barrow M.V., 1998. A passion for Birds : American Ornithology after Audubon, Alger, Ech. 1/1000.000, Bull. Hist. Nat. Afr. Nord, 11 : 13-25.
- Baudoin G., 1973. Analyse de pelotes de rejection des Cigognes blanches *Ciconia ciconia* nicheuses à Hachy en 1972, Aves 10 : 113-121.
- Beaman M., Madge S., 1999. Guide encyclopédique des oiseaux du Paléarctique occidental. Nathan, Paris, 871p.
- Beaman M., Madge S., 1999. Guide encyclopédique des oiseaux du Paléarctique occidental. Nathan, Paris, 871p.
- Belabed B., 2010. La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba source de contamination des écosystèmes aquatiques, thèse de doctorat, Université d'Annaba, 42-43-48-49p.
- Belhadj G., Chalabi B., Chabi Y., Kayser Y et Gauthier-Clerc Y., 2007. Le retour de l'Ibis facinelle *Plegadis falcinellus nicheur* en Algérie. Aves, 44 (1) : 29-36.
- Belhaouari B., Belguermi A., Achour T., 2017. Protection of Inland Waters in Algeria : What Strategy Should Be Adopted For The Next Ten Years ? LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2602-7828, (31), pp.7-17, 12p.

- Belouahem-Abed D., 2012. Etude écologique des peuplements forestiers des zones humides dans la région de Skikda, Annaba et El Tarf (Nord-est Algérien). Thèse de doctorat d'Etat, Univ Annaba, 320p.
- Bendahmane I., 2015. Ecologie de la reproduction des oiseaux d'eau à Dayet El Ferd (W. Tlemcen), Thèse de doctorat en Foresterie, Université Abou Beker Belkaid, Tlemcen, 52p.
- Bentamer N., 1998. Disponibilité en ressources entomologiques et modalités de leurs utilisations par deux échassiers : la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* et le Héron garde bœufs *Bubulcus ibis* dans la Vallée du Sébaou (Kabylie, Algérie), Thèse de Magister, Inst. Nat. Agro, El Harrach, 24p.
- Berlie L., Vallotton L., 2016. Le Faucon d'Eléonore *Falco eleonorae*, une nouvelle espèce pour la Suisse. *Nos Oiseaux*, 63, pp.208-213.
- Berzin B., Bertisson J., 1989. On limnic micro-crustaceans and tropic degree. *Hydrobiologica*, 185 : 95-100p.
- Bibby C., Jones M., Marsden S., (EDS) 1998. In expedition field techniques : Bird surveys. Royal Geographical Society, London.
- Biddau L., 1996. Feeding success and relationships of some species of waterbirds in the « Valli di Comacchio » (Italy). *Avocetta* N°20 : 138-134.
- Birch S., McCaskie J., 1999. Shallow urban lakes: a challenge for lake management. *Hydrobiologia*, v. 395/396, p. 365 – 377
- BirdLife International., 2004. Birds in Europe : population estimates, trends and conservation status. Birdlife International, Cambridge, Birdlife Conservation series n°12, 374 P.
- BirdLife International., 2004. Threatened birds of the world 2004. Birdlife International, Cambridge, U.K.
- Blondel J., 1969. Méthodes de dénombrement des populations d'oiseaux in Problème d'écologie : Echantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres, thèse de doctorat. Université Paul Sabatier, Toulouse (France), 102p.
- Blondel J., 1969. Méthodes de dénombrement des populations d'oiseaux in Lamotte, M. & Bourlier, F (Problème d'écologie: l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres). Paris (Masson et Cie), 303 p
- Blondel J., 1975. Analyse des peuplements d'oiseaux d'eau. Elément d'un diagnostic écologique : La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P). *Terre et Vie* 29: 533-589.

- Blondel J., Aronson J., Bodiou J.Y., Boeuf G., 2010. *The Mediterranean Region. Biological diversity in space and time*. Edit. Oxford University Press, Oxford, seconde Edition, 376 p.
- Board M., 2005. Millennium Ecosystem Assessment Washington, DC: New Island.
- Bologna G., 1980. Les oiseaux du monde, Solar, 510P.
- Bouaïcha N., 2002. La ruée vers l'eau en Algérie, Maroc et Tunisie. Université Paris -Sud, UFR de Pharmacie / Laboratoire Santé Publique-Environnement, 1-2.
- Boudraa W., 2015. Contribution à l'étude écologique de l'avifaune aquatique d'une zone humide péri urbaine cas du Marais de Boussehra (Nord Est de l'Algérie), Laboratoire EcoSTAq, Thèse de doctorat LMD, Université Badji Mokhtar d'Annaba, Annaba.
- Boukhalfa D., 1996. Status and conservation of White headed duck in Algéria, *Oxyura*, 1 : 21-24.
- Boukhemza M., 2000. Etude bio écologique de la Cigogne blanche (*Ciconia ciconia* L, 1775) et du Héron gardes bœufs (*Bubulcus ibis* L, 1775) en Kabylie : Analyse démographique, éthologique et essai d'interprétation des stratégies trophiques, Thèse de doctorat d'Etat, I.N.A. El-Harrach, 188p.
- Bouleknafet Z., Derradji E.F., 2017. Hydrogeology and vulnerability to pollution of the water resources in the Kebir West plain, University Badji Mokhtar, Annaba, *Rev. Sci. Technol.*, ISSN : 2352-9717, Synthèse 34: 85- 88 -94, 92p.
- Boulkenafet Z., 2008. Ressources en eau et perspectives de gestion intégrée dans le bassin versant d'el-Kebir ouest. Mémoire de magistère. Univ. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie). 11-35p.
- Boumezbeur A., 1990. Contribution à la connaissance des Anatidés nicheurs en Algérie (cas du Lac Tonga et du Lac des Oiseaux), Mémoire de D.E.A. USTL, Montpellier, 101p.
- Boumezbeur A., 1993. Ecologie et biologie de la reproduction de l'Erismature à tête blanche *Oxyra leucocephala* et du fuligule nyroca *Fuligula nyroca* sur le Lac Tonga et le Lac des Oiseaux, Est Algérien, Thèse de doctorat USTL, Montpellier, 250p.
- Boumezbeur A., 2001. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, Complexe des zones humides de la plaine de Guerbes Sanhadja, Alger, 3p.
- Boumezbeur A., 2004. L'Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. IV, direction générale des forêts, Ben Aknoun, Alger.

- Bourrelly P., 1981. Les algues d'eau douce initiation à la systématique : les algues jaunes et brunes Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées (Tome II), Société Nouvelle Des Editions Boubée 11, Place Saint-Michel, Paris (6^e).
- Bourrelly P., 1985. Les algues d'eau douce initiation à la systématique : les algues bleues et rouges les Eugléninens, Peridiniens et cryptomonadines (Tome III), Société Nouvelle Des Editions Boubée 11, Place Saint-Michel, Paris, 1985, Bibliothèque Ecole des ponts Paris Tech.
- Bourrelly P., 1985a. Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome I: Les algues bleues et rouges. Les Eugléniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris.
- Bourrelly P., 1985b. Les algues d'eau douce: Initiation à la systématique. Tome III: Les algues Vertes. Editions N. Boubée & Cie, Paris.
- Bourrelly P., 1988. Les algues d'eau douce initiation à la systématique : les algues vertes, complément à la 1^{re}, 2^e et 3^e édition (Tome D), Société Nouvelle des Editions Boubée 9, rue de Savoie, Paris (6^e).
- Bourrelly P., 1990. Les algues d'eau douce initiation à la systématique : les algues vertes Préface de M. le Professeur Roger HEIM Membre de l'Institut (Tome I).
- Boussadia M.I., 2016., Les Cyanobactéries de divers plans d'eau du complexe de zones humides du PNEK, Distribution spatio-temporelle et évaluation des risques, Thèse de doctorat, Laboratoire d'Eco biologie des milieux marins et littoraux, Université Badji Mokhtar, Annaba, pp : 59-60-106.
- Bouzegag A., 2008. Inventaire et écologie de l'avifaune aquatique du lac Ayata (Wilaya d'El Oued), Thèse de magister, Université de Guelma, 50p.
- Bouزيد-Lagha S., Belkheir D., 2012. Etude du phénomène d'eutrophisation dans le Barrage de Hammam Boughrara (Wilaya de Tlemcen, Algérie), Hydrological Sciences Journal, 57:1, 186-201 : 187p.
- Branciforti J., 1998. La grande aigrette Egretta alba en Lorraine. Ciconia 22 (2) 55-64.
- Bredin D., 1984 ; Régime alimentaire du héron garde bœufs à la limite de son expansion géographique récente, Rev. Ecol. (Terre et Vie), Vol 39 : 431-445.
- Brickell N., Shirley R.M., 1988. Ducks Geese and Swans of Africa and its outlying islands, Fransen Publishers, 211p.
- Brickell N., Shirley R.M., 1988. Ducks Geese and Swans of Africa and its out lying Islands, Edition : *Fransen Publishers*, 211p.

- Brient L., Vézie C., Bertru G., 2001. Evaluation des efflorescences à cyanobactéries dans des eaux de cours d'eau et plans d'eau Breton. Université de Rennes 1, pp. 80.
- Brient L., Vézie C., Bertru G., 2001. Evaluation des efflorescences des cyanobactéries dans les eaux des cours d'eau et plans d'eau Breton, Université de Rennes 1, 80 p.
- Britton R. H. E. R. de Groot., Johnson A.R., 1986. The daily cycle of feeding activity of the Greater flamingo in relation to dispersion of the prey *Artemia*, *Wild fowl* 37 : 151-155.
- Brochet A. L., Gauthier-Clerc M., Mathevet R., Béchet A., Mondain-Monval J.Y., Tamisier A., 2009. Marsh management, reserve creation, hunting periods and carrying capacity for wintering ducks and coots. *Biodiversity and Conservation*, vol. 18, n o 7, p. 1879-1894.
- Broyer J., Fournier J.Y., 1995. Variations du sexe ratio et migration pré-nuptiale chez les Anatidés (Anatidae) en Dombes (Ain), *Gibier France Sauvage*, 12 (1) : 21-35.
- Canter-Lund H., Lund J. W. G., 1995. *Freshwater Algae Their Microscopic World Explored*, British Library Cataloguing in Publication Data.
- Cellamare M., 2009. Evaluation de l'état écologique des plans d'eau Aquitains à partir des communautés de producteurs primaire, Thèse de doctorat. « Université de Bordeaux 1 »: 21, 63, 64, 65p.

-C-

- Chalabi B., 1990. Contribution à l'étude de l'importance des zones humides Algériennes pour la protection de l'avifaune, cas du Lac Tonga (P.N.E.K), Thèse de Magister, INA, Alger, 133p.
- Chalabi B., 1990. Contribution à l'étude de l'importance des zones humides Algériennes pour la protection de l'avifaune, cas du Lac Tonga (P.N.E.K), Thèse de Magister, INA, Alger, 133p.
- Chambaud F., Oberti D., 2003. Inventaire des zones humides « Loi sur l'eau » de la vallée de la Bourbre (Isère), CAE, 37p.
- Chen X., Yang X., Dong X., Liu E., 2013. Environmental changes in Chaohu Lake (southeast China) since the mid 20th century : The interactive impacts of nutrients, hydrology and climate. *Limnologica*, v. 43, p. 10 -17.
- Chorus I., Bartram J., 1999. *Toxic Cyanobacteria in water: a guide to public health significance, monitoring and management*. Spon, London, 416 pp.

- Collar N.J., Crosby M.J., Stattersfield A.J., 1994. Birds to Watch 2 The World List of Threatened Birds, Cambridge, U.K. BirdLife International (BirdLife Conservation Series N°4), 407pp.
- Costa L.T., Farinha J.C., Hecker N., Tomas Vives p., 1996. Mediterranean Wetland Inventory : A Reference Manual. MedWet/EKBY/ICN/WI. Publication, Volume I.
- Coulthard N. D., 2001. Algeria. In Fish pool, L. D. C. & Evans, M. I. (eds.) Important Bird Areas in Africa and Associated Islands : Priority Sites for Conservation. Newbury : Pisces Publications & Cambridge, UK : BirdLife International.
- Cramp S., Simmons K. E. L., eds. 1980. Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. Vol. 2 : Hawks to Bustards. Oxford University Press.
- Cramp S., Simmons K.E.L., 1977. Handook of birds of Europe, the middle East and North Africa the birds of the western Palearctic Oxford University Press, Oxford I : 722.
- Cramp S., Simmons, K.E.L. (1983) – Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Vol. III : Waders and Gulls. Oxford University Press, Oxford, London, New-York.
- Cramp S., Simmons, K.E.L. 1983. Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western Palearctic. Vol. III : Waders and Gulls. Oxford University Press, Oxford, London, New-York.
- Crivelli A.J., 1983. The destruction of aquatic vegetation by carp. Hydrobiologia, 106 : 37-41.
- Crouzier P., Rimbart P., 1997. Deux tentatives de nidification de Spatule blanches *Platalea leucorodia* en plaine du Forez (Loire) et en Dombes (Ain), Nos Oiseaux 44 : 109-110.
- Curie F., 2006. Rétention de nitrate dans les zones humides riveraine : Rôles des facteurs hydrologiques géomorphologiques et biogéochimiques, Approche multi échelle dans le bassin de la seine, Thèse de doctorat, Université Paris VI : Pierre et Marie Curie, 3p.
- Cyril G., 2013. Guide illustré des Oiseaux de Camargue et des étangs méditerranéens. Tour du Valat, ISBN : 2-916426-12-4.France, 96 : 24-58.

-D-

- D.G.F., 1989. Rapport sur les zones humides Ramsar Algériennes, Algérie.
- D.G.F., 1989. Rapport sur les zones humides Ramsar Algériennes, Algérie.
- D.G.F., 2001. Atlas des zones humides Algérienne d'importance internationale. Ed. Direction générale des forêts, Ben Aknoun. 49 p.
- D.G.F., 2002. Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale. 4ème édition Direction Générale des Forêts, Alger, 107p.
- D.G.F., 2004. L'Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale IV, 4^{ème} Edition, Ben Aknoun, Alger, 8-9-11-107p.
- D.G.F., 2013. Projet d'élaboration d'un plan de gestion du complexe de zones humides Guerbes Sanhadja – Skikda- Algérie. Diagnostic écologique Rapport final. Alger (Algérie) : Direction Générale des Forêts - bureau d'études & d'expertises environnementales Bejaia. 80 p.
- Dakki M., 2003. Rapport : diagnostic pour l'aménagement des zones humides du Nord Est du Maroc : 2. Sebkh Bou Areg (Lagune de Nador) Institut Scientifique, Rabat.
- Danell K., Sjoberg K., 1977. Seasonal emergence of Chironomids in relation to egg laying and hatching of ducks in a restored lake (Northern Sweden). *Wildfowl* 28 : 129-135.
- Daouda M., 2010. Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du lac Nokoue (Benin). Thèses de doctorat. Université de Limoges. 54p.
- Darmallah H., 1990. La reproduction du Héron garde bœufs *Bubulcus ibis* dans le marais de Bou Redim (Algérie), *L'oiseau et la Revue Française d'Ornithologie* 60 : 307-312.
- David M. John., Brian A. Whitton., Alan J. Brook., 2011. *The Freshwater Algal Flora of The British Isles – An identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae* accompanying DVD prepared by Alan Donaldson and Brian A. Whitton containing articles and a photo catalogue of algal images and habitats compiled by Peter V. York, David M. John and Chris F. Carter. 2nd Ed. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York Natural History Museum, London and the British Phycological Society.
- De Belair G., Samraoui B., 2000. L'Eco complexe des zones humides de Béni Bélaïd : Un projet de réserve naturelle, *Sciences et Technologie* 14 : 115-124.

De Groot R., Stuij, M., Finlayson, M. & Davidsson., 2007. Évaluation des zones humides Orientations sur l'estimation des avantages issus des services écosystémiques des zones humides. *Rapport technique Ramsar n° 3 Série des publications techniques de la CBD n° 27*.

Dedjiho C.A., Daouda, M., Dimon B.F., Chouti W., Alassane A., Fiogbe E.D., et Sohounhloué C.K.D., 2013. Influence de l'état d'eutrophisation de la lagune de Gbèzoumè (Ouidah) sur sa faune aquatique, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): 2069-2077, 2070p.

Dejongue J.F., 1990. Les oiseaux dans leur milieu : Ecoguide, Edition : Bordas, 255p.

Deluca W. V., Studts C. E., Rockwood L. L., Marra P. P., 2004. Influence of land use on the integrity of marsh bird communities of Chesapeake Bay, USA, *Wetlands*, vol. 24, no 4, 837-847p.

Dimlexis A., Xirouchakis S., Portolou D., Latsoudis P., Karris G., Fric J., Georgiakakis P., Barboutis C., Bourdakis S., Iovic M., Kominos T., Kakalis E., 2008. The status of Eleonora's Falcon (*Falco eleonora*) in Greece *J Ornithol* 149: 23-30.

Djabourabi A., Touati H., Sehili N., Boussadia M.I., Bensouilah M., 2017. Study of the physicochemical parameters of water and phytoplankton in Lake Tonga (wetland of the national park of El Kala, North East of Algeria, *Int. J. Biosci*, vol. 11, No. 3, p. 213-226, 224p.

D'orgeval T., 2006. Impact du changement climatique sur le cycle de l'eau en Afrique de l'Ouest: Modélisation et incertitudes. Thèse de doctorat, Université Paris 6. Paris (FRA) 187 p.

Dugan P. J., 1993. Wetlands in danger. A World Conservation Atlas. IUCN, London, 187 pp.

Duquet M., 1990. Impact du réseau électrique aérien sur la cigogne blanche *Ciconia ciconia* en France, Rapport LPO /E.D.F. Paris 23p.

-E-

El Agnani M.A., 1997. L'hivernage des Anatidés au Maroc : principales espèces, zones humides d'importance majeure et propositions de mesure de protection, Thèse doctorat d'état, Université Mohamed V, Maroc, 200p.

- El Hachimi O., 2012. Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique (Oasis de figuig) : Performances épuratoires et aspect phytoplanctonique. Thèse doctorat. Université Mohammed Premier. Faculté des Sciences Oujda, 140pp.
- El Hamoumi R., 2000. L'avifaune aquatique du Complexe Lagunaire de Sidi Moussa Walidia (Maroc), Composition, Phénologie et Microdistribution, Thèse de Doctorat d'Etat Es-Sciences Biologiques, Université Hassan II- Mohammedia, Faculté des Sciences Ben M' Sik Casablanca.
- Emberger L., 1955 - Une classification biogéographique des climats, *Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Fase. Sci.* Montpellier, série botanique: 343p.
- Everard M., 2008. The Selection of taxa as indicators of river and freshwater wetland quality in the UK *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* vol. 18, no 6, 1052-1061p.

-F-

- Falconer L. R., Choice A., Hosja W., 1992. Toxicity of edible mussels *mytilus edulis* growing naturally in an estuary during a water bloom of the blue- green algae *Nodularia spumigena*. *Environmental Toxicology and Water Quality* 7: 119- 123.
- Felix J., 1975. Les oiseaux aquatiques, Atra, Prague et Marabout S.A., Verviers, 178p.
- Fernández J. M., Selma M. A. E., Aymerich F. R., Sáez M. T. R., Fructuoso M. F. C., 2005. Aquatic birds as bioindicators of trophic changes and ecosystem deterioration in the Mar Menor lagoon (SE Spain). *Hydrobiologia*, vol. 550, n o 1, p. 221-235.
- Finlayson C.M., Hollis G.E., Davis T.J., 1992. Managing Mediterranean Wetlands and their birds. Symposium, Italy, Grado. Special publications.
- Forsman D., 1999. The raptors of Europe and the Middle East : A handbook to field identification. T & A D Poyser, London.
- Fouque C., Guillemain M., Leray G., Joyeux C., Mondain-Monval J.Y., Schricke V., 2005. Distribution des effectifs hivernaux de Sarcelle d'hiver en France et tendances d'évolution sur les 16 derniers hivers, *faune sauvage*, 267 : 19-30.
- Fournier O., Spitz F., 1965. Etude biométrique des limicoles. I. Ecologie et bionature des barges à queue noire *Limosa limosa* hivernant sur le littoral du sud de la Vendée. *L'Oiseau et R.F.O.* 39: 15-20.
- Friligos N., 1985. Compensation effect of phytoplankton on nutrients from a sewage outfall in summer. *Hydrobiologia*, 126 (1) : 53-58.

Fuchs E., 1973. Durchzug und Ueberwinterung des Alpenstrandläufers *Calidris alpina* in der Camargue. Orn. Beob. 70 : 113-134.

Fustec E., Lefeuvre J.C., 2000. Fonctions et valeurs des zones humides, *Edition, DUNOD*, 426p.

-G-

Gailhard I., 2003. Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le « Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines ». (REPHY), Université de la Méditerranée, Aix-Marseille II. Sciences de l'Environnement Marin. Thèse de Doctorat. France : 293p.

Galvez-Cloutier R., Ize S., Arsenault S., 2002. Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation. *Vecteur environnement*, 35(6), p.18.

Geroudet P., 1982. Limicoles, Gangas et Pigeons d'Europe, Tome 1, Neuchâtel et Paris, Delachaux et Niestlé.

Gerrath J. F., 1993. The biology of desmids: A decade of progress. In: Round F. E., & Chapman D. J., (eds) : Progress in phycological research 9: 79–192 pp., Biopress, Bristol, UK.

Gerrath J.F., 1993. The biology of desmids: a decade of progress, pp. 77- 192. In: Round F., & Chapman, D.J., (Eds.). Progress in Phycological Research 9. Biopress Ltd., Bristol.

Glenn B., McGregor., 1966. Freshwater Cyanoprokaryota of North-Eastern Australia I: Oscillatoriales, Flora of Australia Supplementary Series Number 24, Published by ABRS (Australian Biological Resources Study), Canberra, ISSN 13232169 (Series).

Goban I., Stanevicius V., 1997. The EBCC Atlas of European Breeding Birds. Grattini, N. (2003) -Biologia riproduttiva del Tarabusino *Ixobrychus minutus* in un'area protetta della pianura mantovana. *Avocetta* 27:159.

Goldsborough L.G., Robinson G.G.C., 1996. Pattern in wetlands. In Algal ecology freshwater benthic ecosystems. Stevenson R.J., M.L. Bothwell et R.L. Lowe. (Eds). Academic Press, San Diego. 77-117.

Gontcharov A.A., 2008. Phylogeny and classification of Zygnematophyceae (Streptophyta): current state of affairs, *Fottea* 8(2): 87–104, 87, 88p.

Gonzalez E. J., Ortaz M., Penàterrera C., Infante A., 2004. Physical and chemical features of a tropical hypertrophic reservoir permanently stratified. *Hydrobiologia*, (522): 301-310.

Graham L., Graham J., Wilcox L., 2009. *Algae*, 2e. Benjamin Cummings (Pearson), San Francisco, CA.

Graig J.L., 1980. Pair and group breeding of communal gallinule, the pukeko *Porphyrio porphyrio melanotus*, *Anim, Behav*, 18 : 593-603.

Green A.J., 1993. The status and conservation of the Marbled Teal (*Marmaronetta angustirostris*). IWRB Special Pub., 23, 107pp.

Green A.J.y., Figuerola J., 2003. Aves acuáticas como bioindicadores en los humedales. In Paracuellos, M. *Ecología, manejo y conservación de los humedales*. 47-60 p. Almería, Instituto Estudios Almerienses.

Groga N., 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire), Thèse de doctorat en écologie fonctionnelle, Université de Toulouse, INP-Ensate, 29, 41, 42, 94, 109, 111, 118p.

Guasmi I., Djabri L., Hani A., Lamouroux C., 2006. Pollution des eaux de l'Oued Medjerda par les nutriments, *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°5, pp. 113-119 : 115p.

Guelorget O., Perthuisot J. P., 1984. Indicateurs biologiques et diagnose écologique dans le domaine paraliq. *Bulletin d'écologie*. 15(1) : 67-76p.

Guergueb S., 2016. Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kébir Est (Wilaya d'El-Tarf), Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 19-20p.

Hade A., 2002. Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides, 360 p

Hafner H., 1977. Contribution à l'étude écologique de quatre espèces de hérons en Camargue (*Egretta garzetta* L, *Ardeola ralloïdes*, *Ardeola ibis* L *Nycticorax nycticorax*) pendant leur nidification, thèse de doctorat, Faculté de Science de Toulouse, 158p.

-H-

Hafner H., Kayser Y., Fasola M., Julliard A-M., Pradel R., Cezilly F., 1998. Local Survival, Natal diperal and recruitment in little egretes *Egretta garzetta*, *Journal of avian biology* 29 (3) : 216-227.

Hamel J., 2011. Utilisation des oiseaux aquatiques comme bio-indicateurs de l'intégrité des lacs des montagnes Marocaines, Université de Sherbrooke, Québec, Canada, 38, 39, 50, 51p

- Hancock J.J., Kush A., Kahi M.P., 1992. Storks ibis and spoonbills of the world
Harcourt Brace Jovanovitch publishers, London.
- Handouzi M.A., 2011. Evolution du chimisme des eaux du barrage du Mexanna
(Nord-est Algérien), mémoire de magister en Hydrogéologie, Faculté des sciences de
la terre, Département de Géologie, Université Badji Mokhtar, Annaba, 101p.
- Havens K. E., 2008. Chapter 33 : Cyanobacteria blooms : effects on aquatic
ecosystems. Cyanobacterial Harmful Algal Blooms : State of the Science and
Research Needs Advances in Experimental Medicine and Biology. 619 : 733-747.
- Havense K.E., 1991. Fish induced sediment resuspension: effect on the
phytoplankton biomass and community structure in shallow hypereutrophic lake.
J.plankton Res., 13 : 1163-1176.
- Heath M., Borggreve C., Peet N., 2000. European bird populations estimates and
trends, BirdLife International, European Bird Census Council : 160 p.
- Hedjal S., 2014. Ressources en eau et environnement du complexe de zone humide de
Sanhadja Wilaya de Skikda (Nord Est Algérien), Mémoire de magister, Université de
Badji Mokhtar, Annaba, 49p.
- Heim Debalsac H., Mayaud N., 1962. Les oiseaux du Nord Ouest de l'Afrique
distribution géographique, écologie, migration, reproduction. Le chevalier, Paris,
486p.
- Heinzel H., Fitter R., Parslow J., 1995. Oiseaux d'Europe d'Afrique du Nord et du
Moyen-Orient, *Edition Delachaux et Niestlé*, 384p.
- Heisler J., Glibert P. M., Burkholder J. M., Anderson D. M., Cochlan W., Dennison
W. C., Dortch Q., Gobler C. J., Heil C. A., Humphries E., Lewitus A., Magnien R.,
Marshall H. G., Sellner K., Stockwell D. A., Stoecker D. K., Suddleson M., 2008.
Eutrophication and harmful blooms: a scientific consensus. Harmful Algae, v. 8, p. 3,
13.
- Holmes R.T., 1966. Breeding ecology and annual cycle adaptations of the Red backed
Sandpipers (*Calidris alpina*) in northern Alaska. Condor 68 : 3-46.
- Hoshaw R. W., McCourt R. M., 1988. The Zygnemataceae (Chlorophyta): Twenty-
year update of research. – Phycologia 27: 511–548.
- Houhamdi M., 1998. Ecologie du Lac des Oiseaux, Cartographie, Palynothèque et
Utilisation de l'espace par l'Avifaune Aquatique, Thèse de Magister, Université Badji
Mokhtar, Annaba, 198p.

- Houhamdi M., 2002. Ecologie des peuplements aviens du Lac des Oiseaux (Numidie Orientale), Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar d'Annaba, 30-31-46p.
- Houhamdi M., Samraoui B., 2001. Diurnal time budget of wintering teal *Anas crecca* at Lac des Oiseaux, northeast Algeria, *Wildfowl*, 52 : 87-96.
- Houhamdi M., Samraoui B., 2002. Occupation Spatio Temporelle par l'Avifaune Aquatique du Lac des Oiseaux (Algérie), *Alauda* 70 : 301-310.
- Houhamdi M., Samraoui B., 2004a. Variation géographique du comportement du Canard Souchet *Anas clypeata* (Anatidae) en Algérie, 2^{ième} Congrès International sur l'Ecologie des populations et des communautés animales de la Méditerranée Occidentale (USTHB) El-Goléa (03-06/10/2004).
- Houhamdi M., Samraoui B., 2004b. Ecologie et Comportement diurne et nocturne des Anatidés hivernants dans le Lac des oiseaux (Nord Est Algérien), 11^{ième} Congrès Panafricain d'Ornithologie PAOC 11, Ile de Djerba (Tunisie).
- Hoyer M. V., Canfield D. E. Jr., 1994. Bird abundance and species richness on Florida lakes: influence of trophic status, lake morphology, and aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*, vol. 279/280, no 1, p. 107-119..
- Hurlbert SH., et Mulla MH. 1981. Impacts of mosquitofish (*Gambusia affinis*) predation on plankton communities. *Hydrobiologia*, vol. 83, n°2, p.125-151.
- Huszar V.L.M., Reynolds C.S., 1997. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Pará, Brasil).
In : Elsa Alfonsi, (2016) Processus d'assemblage des communautés végétales dans les zones humides de Gironde : du diagnostic aux services ecosystemiques. Biodiversité et Ecologie. Université de Bordeaux, France.

-J-

- International Organization for Standardization., 1994. Environment: water quality. Chemical 359 methods ISO Standards Compendium, Technical comity/147, Volume 2. 1st edition.
- Isenman P., Gaultier T., El Hili A., Azafzaf H., Dlensi H., Smart M., 2005. Oiseaux de Tunisie Société d'Etude Ornithologique de France, Paris.
- Isenmann P., Gaultier T., El Hili A., Azafzaf H., Dlensi H., Smart M., 2005. Oiseaux de Tunisie - Birds of Tunisia. Société d'études ornithologiques de France, Paris.
- Isenmann P., Moali A., 2000. Oiseaux d'Algérie, Société d'Etude Ornithologiques de France, Paris, 336p.

ISO/TC 147 (International Organization for Standardization)., 1994. Compendium de normes Environnement qualité de l'eau. Tome 2. Méthodes Chimiques (ISO/TC147), 1^{ère} Edition.

Ivania Batista de Oliveira., Carlos Eduardo de Mattos Bicudo., Carlos Wallace do Nascimento M., 2013. First records of Zygnematales (Zygnematophyceae, Streptophyta) for the state of Bahia, Brazil, Acta bot. bras. 27(4): 743-750, 743p.

-J-

J.O.R.A (Journal Officiel de la République Algérienne)., 2006. Valeurs limites des paramètres de rejets effluents liquides industriels, 27p.

J.O.R.A (Journal Officiel de la République Algérienne)., 2014. N°13.

Jacob JP., Jacobs L., 1980. Nouvelle données sur l'avifaune de Boughezoul (Algérie). Alauda. 48.209-220.

Jacobsen O. W., 1996. Habitat Selection by Breeding Eurasian Wigeon (*Anas Penelope L.*) in Western Norway. Gibier Faune Sauvage, vol. 13, no 2, p. 667-679.

John D.M., 1994. Alternation of generations in algae: its complexity, maintenance and evolution. Biology Review. 69: 275-291.

Johnson A., 1994. Greater Flamingo *Phoenicopterus ruber*, pp 106-107 in Tucker, G.M. and Heath, M.F. Birds in Europe : Their conservation status. BirdLife Conservation Series N°3, BirdLife International, Combridge.

Johnson A.R., 1997. *Phoenicopterus ruber* Greater Flamingo. BWP Update 1 : 15-23.

Johnson, A.R. 1989. Movements of Greater Flamingos (*Phoenicopterus ruber roseus*, Pallas) in the Western Palearctic, Revue d'Ecologie (Terre et Vie), 44 : 75-94.

Joleaud L., 1936. Etude géographique de la région de Bône et la Calle. Bull. Serv. Carte Géol. de l'Algérie. 2^{ème} série stratigraphique. Description générale. 185p.

Joleaud L., 1936. Etude géographique de la région de Bône et la Calle. Bull. Serv. Carte Géol. de l'Algérie. 2^{ème} série stratigraphique. Description générale. 185p.

Jones G. J., Blackburn S. I., Parker N. S., 1994. A toxic bloom of *Nodularia spumigena* martens in Orielton Lagoon, Tasmania. Aust J Mar Freshwater Res 45: 787- 800.

-K-

Kayser Y., Walmsley J., Pineau O., et Hafner H., 1994. Nos oiseaux, 42 : 341-355.

Kear, J. 2005. Ducks, geese and swans. Oxford Univ. Press.

Kerbiriou C., 1998. Alimentation d'un Chevalier arlequin *Tringa erythropus* hivernant *Alauda* 66 (2) : 166-167.

Khelifa R., 2011. Cartographie de la dispersion de l'ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) (Doctoral dissertation).

Kherief Nacereddine S., Djeddi H., Benayache N. Y., Afri-Mehennaoui F. Z., 2018. Dynamique Des Eléments Nutritifs Et Du Phytoplancton Dans Le Barrage Béni Haroun Dans l'Est Algérien, *European Scientific Journal*, edition Vol.14, No.12 ISSN: 1857 – 7881, pp : 111-129.

Kiran M.T., Bhaskar M.V., Tiwari A., 2016. Phycoremediation of eutrophic lakes using diatom algae. *Lake sciences and climate change*, pp.103-115.

Koros T., 1991. Diet of the whitestork in Hungary and Methods of analysis in : Mérieux J.L et al (eds), actes du Colloque International, les Cigognes d'Europe, Institut Européen d'Ecologie, Association Multidisciplinaires des Biologistes de l'Environnement, Metz (France), p 26-29.

Kurmayer R., Jüttner F., 1999. Strategies for the coexistence of zooplankton with the toxic cyanobacterium *Planktothrix rubescens* in Lake Zurich. *J. Plankton Res.*, 31, 659-683

Kushlan J.A., 1993. Colonial Waterbirds as Bioindicators of Environmental Change, *Colonial Waterbirds*, vol. 16, no 2, p. 223-251.

-L-

Lacaze A., Lacaze J.C., 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. *Ellipses*, 10, 52p.

Lacroix G., 1991. Lacs et rivières : milieux vivants, Éco guides, éd. Bordas 99, 109, 100, 110p.

Ladant J.P., Van Dijk G., 1977. Situation des zones humides Algériennes et leur avifaune, *Aves*. 14 : 217-232.

Lalami A.E.O., Merzouki M., El Hilali O., Maniar S., Koraichi S.I., 2010. Pollution of surface waters of the city of Fes morocco, typology, origin and consequences. *Larhyss Journal*, 9, pp.55-72.

Lamoette J., Bourlière A., 1969. Problème d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres. Masson, Paris, 150-151p.

Larousse A., 1998. Afflux de Bécasseaux minutes *Calidris minuta* en France à l'automne 1996. *Ornithos* 5 (2) : 49-53.

Lassus P., Paulmier G., Le Baut C., 1982. Rôle du phytoplancton dans les perturbations des écosystèmes côtiers et estuariens. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes IFRMER 6p,

Lazaro F., Fernandez., 1991. L'alimentation de la Cigogna blanca en Espana influencia de ciertos parametros en su conducta alimentarie In. Meriaux J.L et al (eds) Actes du Colloque International les Cigognes d'Europe, Institut Européen d'Ecologie, Association Multidisciplinaires des biologistes de l'Environnement, Metz, France, p 37-46.

Ledant J.P., Jacob J.P., Jacob P., Malher F., Ochando B., Roche J., 1981. Mise à Jour de l'avifaune Algérienne. *Le Gerfaut* 71 : 295-398.

Legendre L., Legendre P., 1979. Ecologie numérique: la structure des données écologiques Tome 2: Edition: Masson. 255 p.

Leitao M., Couté A., 2005. Guide pratique des Cyanobactéries planctoniques du grand Ouest de la France, Edition AESN, 13, 14p.

Leruste A., 2016. Trajectoires d'évolution des communautés phytoplanctoniques au cours du processus de restauration écologique des milieux lagunaires méditerranéens, Thèse de doctorat, Université de Montpellier, 8-10p.

Lévêque C., Balian E., Martens K., 2005. An assessment of animal species diversity in continental waters *Aquatic Biodiversity II* (pp. 39-67), Springer Netherlands.

Lightfoot N.F., 2002. Analyse microbiologiques des aliments et de l'eau Directive pour l'assurance qualité. France. 387p.

Li-na D., Yuan L., Xiao-Yong C., Jung-Xing Y., 2011. Effect of eutrophication on molluscan community composition in the Lake Dianchi (China, Yunnan). *Limnologica*, v. 41, p. 213 – 219.

Lisec., 2004. Contrôle van de physico chemische kwaliteit van de vis waters van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Avril 2004.

Lointier M., 1996. Hydrologie des zones humides tropicales apport de l'information spatialisée aux problèmes de gestion intégrée applications en Guyane, thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 9p.

-M-

M.A.T.E (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement), 2000. Rapport sur l'Etat et l'Avenir de l'Environnement, Version grand public, Palais

- Mustapha Pacha. Av de l'Indépendance 16000 Alger, (118), p. 53, Mitsch W.J. 1994. Global wetlands. Old world and new. Elsevier. 967 p.
- Maazi M., 2005. Eco Ethologie des Anatidés hivernantes dans la Garâet de Timerganine (Wilaya d'Oum El Bouaghi), Mémoire de Magister, C.U.Oum El Bouaghi, 70p.
- Maazi M.C., 1991. Contribution de l'estimation qualitative des Anatidés et foulques hivernats et nicheurs au Lac des Oiseaux (W : El-Tarf), Thèse d'Ingénieur Agronome INA, Alger, 68p.
- Maazi M.C., Seddik S., Hafid H., Saheb M., Houhamdi M., 2006. Inventaire et Ecologie des anatidés hivernants dans Garâet Timerganine (Oum El Bouaghi), 10^{ième} Journée d'Ornithologie, INA, Alger.
- Mainstone G., Gison J., Prr, W., 1993. Phosphate in fresh water, standards for nature conservation. English Nature Research Reports 73,91p 1993.
- Maire R., 1926. Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. + Notice publiée par ordre du G.G.G. A. 48 p. 60 planches.
- Margalef R., 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment, *Ocean. Acta*, 1, 493-509.
- Marion L., Marion P., 1994. Premières nidifications réussies de la Grande Aigrette
- Marre A., 1992. Le Tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne. Etude géomorphologique. OPU. Alger Vol 1 et 2, 153p-624 p.
- Mathevet R., 1997. La Taléve sultane *Porphyrio porphyrio* en France méditerranéenne *Ornithos* 4 (1) : 28-34.
- Mathevet R., 2006. Faut-Il en finir avec le développement durable ? Regard sur les zones humides méditerranéennes, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, CNRS, France, Article n° 73.
- Matos J.B., Sodr  D.K.L., Da Costa KG., Pereira L. C. C., Da Costa R. M., 2011. Spatial and temporal variation in the composition and biomass of phytoplankton in an Amazonian estuary. *J Coastal Res SI*, 64: 1525-1529.
- Matos J.B., Sodr  D.K.L., Da Costa KG., Pereira LCC., Da Costa RM., 2011. Spatial and temporal variation in the composition and biomass of phytoplankton in an Amazonian estuary. *J Coastal Res SI*, 64: 1525-1529.
- Maumary L., Bandraz M., Guillaume T., 1997. La migration pr nuptale des Laro-Limicoles (Charadriiformes)   l'embouchure de la Venoge (rive nord du Lac L man). *Nos Oiseaux* 44 : 125-155.

- Mayache B., 2008. Inventaire et étude écologique de l'avifaune aquatique de l'Eco complexe des zones humides de Jijel, Thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, 162p.
- Mayache B., Houhamdi M., Samraoui B., 2008. Ecologie des Sarcelles d'hiver *Anas Crecca crecca*, hivernants dans l'Eco complexe de zones humides de Jijel (Nord Est de l'Algérie), Eur, J, Sci, Res., 21, 104-119.
- Mayat S., 1994. Techniques de traitement : aliments et eaux, 1^{ère} édition, Edisem, 195p.
- McNeely R.N., Neimanis V.P., Dwyer L., 1980. Guide des paramètres de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux. Ottawa. 137p.
- Metallaoui S., 2010. Ecologie de l'avifaune aquatique hivernante dans Garaet Hadj Tahar (Numidie Occidentale, Nord-est de l'Algérie), Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba 52-53-180p.
- Metallaoui S., Atoussi S., Merzoug A., Houhamdi M., 2009. Hivernage de l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) dans Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-est de l'Algérie), Aves 46/3 : 136-140.
- Metallaoui S., Houhamdi M., 2008. Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj Tahar (Skikda, Nord Est Algérien). Afri. Birdclub. Bull. 15 (1) : 71-76.
- Metallaoui S., Houhamdi M., 2008. Données préliminaires sur l'avifaune aquatique de la Garaet Hadj-Tahar (Skikda, Nord-Est algérien). *ABC Bull*, 15(1), pp.71-76.
- Metallaoui S., Houhamdi M., 2010. Biodiversity and ecology of aquatic avifauna wintering in Garaet Hadj Tahar (Skikda, northeast of Algeria). *Hydroecol. Appl.*, 17, 1-16.
- Metallaoui S., Merzoug A.E., 2009. Wintering observation of red crested pochard *Netta rufina* beside Skikda (Algeria). *Alauda*, 77, 57.
- Metzmacher M., 1979. Les oiseaux de la Macta et de sa région (Algérie). *Aves* 16 : 89-123.
- Mix M., 1972. Die Feinstruktur der Zellwände bei Mesotaeniaceae und Gonatozygaceae mit einer vergleichenden Betrachtung der verschiedenen Wandtypen der Conjugatophyceae und über deren systematischen Wert. – *Arch. Mikrobiol.* 81: 197– 220.
- Mocci A., 1972. Le statut de la Poule sultane *Porphyrio porphyrio* en Sardaigne, *Aves* 9 : 187-197.

- Monod T., 1989. Méharées géographie *France loisire*, 233p .
- Montes C., Rendón-Martos M., Varela L., Cappa M. J., 2007. Manuel de restauration des zones humides méditerranéennes. Ministère régional de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire, pp : 11-14-23.
- Monval J.Y., Pirot J.Y., 1989. Results of the IWRB International Waterfowl Census 1967-1986, IWRB Spec. Pub. 145pp.
- Moss B. D., Stephan C., Alvarez E., Becares W. V. D., Bund S. E., Collings E. V., Donk E. D., Eyto To., Feldmann T., Fernández-Aláez C., Fernández-Aláez M., . Franken R. J. M., Garcia-Criado F., Gross E. M., M. Gyllström L. A., Hansson K. Irvine A., Järvalt J-P., Jensen E., Jeppesen T., Kairesalo R., Kornijow T., Krause H., Künnap A., Laas E., Lill B., Lorens H., Luup M. R., Miracle P., Nõges T., Nõges M., Nykänen I., Ott W., Peczula E. T. H. M., Peeters G., Phillips S., Romo V., Russell J., Salujõe M., Scheffer K., Siewertsen H., Smal C., Tesch H., Timm L., Tuvikene I., Tonno T., Virro E., Vicente Wilson D., 2003. The determination of Ecological Status in Shallow Lakes a Tested System (ECOFRAME) for Implementation of the European Water Framework Directive, *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 13: 507–549.
- Mouali R., Saadoul N., Doumandji S., 2005. Nidification urbaine et à l'intérieur des terres du Goéland leucophée *Larus michahellis*, En Algérie, *Alauda* 73 (3) : 195-200.
- Mouali R., Saadoul N., Doumandji S., 2006. Effectifs et biologie de la reproduction du Goéland leucophée *Larus michahellis* dans la région de Béjaïa. *Alauda* 74 (2) : 225-234.
- Moulay-Meliani K., 2011. Analyse de la chronologie d'occupation de la zone humide de Dayet El Ferd par les oiseaux d'eau, Thèse de Magister, Université de Tlemcen, 128p.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities, *Nature* 403 : 853/858.

-N-

Narbeburu., 2014. Les zones humides : ouvrir pour préserver ? Comment valoriser les zones humides par leur ouverture aux visiteurs, en exploitant leur potentiel paysager tout en préservant leurs fonctionnalités spécifiques ? Mémoire d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage, 4p.

- Nasri H., 2007. Isolement, mise en culture et étude du potentiel toxique des Cyanobactéries de divers plans d'eau de la Wilaya d'El Taref Algérie, Thèse de doctorat, Université de Mohamed Boudiaf, Oran, 56p.
- Nasri H., Bouaïcha N., Kaid M., 2007. A New Morphospecies of *Microcystis* sp. Forming Bloom in the Cheffia Dam (Algerie) : Seasonial Variation of Microcystin Concentrations In The Raw Water and Their Removal In A Full-Scale Treatment Plant. *Environ. Toxicology*, 22 : 347-356.
- Nasri H., El Herry S., Bouaïcha N., 2007. First reported case of turtle deaths during a toxic *Microcystis spp.* Bloom in lake Oubeira, Algeria. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* Elsevier Inc.
- Nechad I., Fadil K., Fadil F., 2014. Qualité Physicochimique des Eaux des Sources Ain Regreg et Ain Sidi Bouali dans la Région de Sefrou (Moyen Atlas, Maroc), *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°20, pp. 127-146, 140p.
- Nedjah R., 2005. Ecologie de la reproduction de l'Echasse blanche (*Himantopus himantopus*) dans la sebkha d'Ouled M'Barek, Khenchla, Algérie, Mémoire de Magister, Centre Universitaire d'Oum El Bouaghi, 54p.
- Nehlig-Burnouf H., 2012. Zones humides de l'inventaire à la preservation leur prise en compte au sein de la Baie de Saint Briec, Mémoire de Master II professionnel, Gestion des Habitats et des Bassins Versants, Université de Rennes 1, Bretagne, France, 4-5p.
- Nizan S., Dimentman C., Shilo H., 1986. Acute toxicity effect of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* on *Daphnia magna*. *Limnol. Oceanogr.*, 31, 497-502.
- Norme NF en ISO 6878/1986. Détermination de l'Ortho phosphate par Méthode Spectrométrique manuelle.
- Norme NF en ISO 7150/1-1984. Dosage de l'Azote Ammoniacal par Méthode Spectrométrique manuelle.
- Norme NF en ISO 7890/1986. Dosage des Nitrates avec le Salicylate de Sodium, par la Méthode Spectrométrique manuelle.
- NRC., 1995. Wetlands : Characteristic and boundaries, National Research Council, Commission on Geosciences, Environment and Ressources, Washington, 268 p.
- Nyenje P. M., Foppen J. W., Uhlenbrook S., Kulabako R., Muwanga A., 2010. Eutrophisation and nutrient release in urban area of sub-Saharan Africa – A review. *Science of the Total Environnement*, 408, p. 447-455.

-O-

- Ochoa-Salazar B.X., 2008. Etude conjuguée géochimique-hydrologique des relations nappe-rivière dans une zone humide: cas de la zone humide alluviale de Monbéqui, France, Université de Toulouse III Paul Sabatier, Thèse de doctorat, 27p.
- Ogilvie M.A., 1975. Ducks of Britain and Europe, Berkhamsted, Poyser, 206p.
- O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé)., 1986. Directives de qualité pour l'eau de boisson, Volume 1 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. *Organisation Mondiale de la Santé, 2^{ième} Edition*, 211p.
- Ouldjaoui A., Houhamdi M., Samraoui B., 2004. Distribution Spatio temporelle et comportement du Flamant rose dans l'Est Algérien 11^{ème} Congrès Panafricain d'Ornithologie PAOC 11. Ile de Djerba (Tunisie) (20-25/11/2004).
- Owino A. O., Oyugi J. O., Nasirwa O. O., Bennun L. A., 2001. Patterns of variation in waterbird numbers on four Rift Valley lakes in Kenya, 1991–1999. *Hydrobiologia*, vol. 458, no 1-3, 45-53p.

-P-

- Paerl H.W., Fulton R.S., Moisander P.H., Dyble J., 2001. Harmful Freshwater Algal Blooms, with an Emphasis on Cyanobacteria, *The Scientific World Journal* 1 : 76-113.
- Paillisson J.M., Reeber S., Marion L., 2002. Bird assemblages as bio-indicators of water regime management and hunting disturbance in natural wet grasslands *Biological Conservation*, vol. 106, no 1, p. 115-127.
- Parra O., Bicudo C.E.M., 1996. Algas de aguas continentales: Introducción a la Biología y sistemática. Ediciones Universidad de Concepción.
- Pearce F., Crivelli A. J., 1994. Characteristics of Mediterranean wetlands A J Crivelli, J Jalbert (eds) *Conservation of Mediterranean wetlands n°1*, Station Biologique de la Tour du Valat, Arles (France).
- Pearce F., Crivelli A.J., 1994. Characteristics of Mediterranean Wetlands. *MedWet Publication.1*. Tour Du Valat. Arles.
- Petit R.J., Brewer S., Bordaks S., Burg K., Cheddad i R., 2002. Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and pollen fossil evidence. *Forest Ecology and Management*, 156 : 49-75.

Petit R.J., Brewer S., Bordaks S., Burg K., Cheddadi R., 2002. Identification of refugia and postglacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and pollen fossil evidence. *Forest Ecology and Management*, 156 : 49-75.

Phillips D.J.H., 1994. Macrophytes as biomonitors of trace metals. In : Kramer, K.J.M. (Ed), *Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries*. CRC Press Inc, Florida, pp. 85-103. *Heavy metal pollution Hydrobiologia* 462 : 221-232.

Pinay G., Gascuel C., Ménesguen A., Souchon Y., Le Moal M., Levain A., Etrillard C., Moatar F., Pannard A. Souchu P., 2018. L'eutrophisation: Manifestations, causes, conséquences et prédictibilité. Synthèse de l'Expertise scientifique collective CNRS - Ifremer - INRA - Irstea (France), Editions Quae, 184pp : 2, 3, 17p.

Pirot J.Y., Chessel D., Tamisier A., 1984. Exploitation alimentaire des zones humides de Camargue par 5 espèces de canards de Surface en hivernage et en transit : Modélisation spatio temporelle, *Revue d'écologie, Terre et Vie*, 39 : 167-192.

Poorter E.P.R., 1982. Migration et dispersion des spatules néerlandaises, *L'oiseau et R.F.O.*, 52, 4, 305-334. pp. 149-172.

Prescott G. W., Croasdale H. T. Vinyard W. C., 1972. A synopsis of North American desmids. Part I: Desmidiales: Saccodermæ, Mesotaeniaceæ. *North American Flora Series II(6)*. – 84 pp., New York Botanical Garden, Bronx, USA.

Qninba A.J., 1999. Les limicoles (Aves, Charadrii) du Maroc : Synthèse sur l'hivernage à l'échelle nationale et étude phrénologique dans le site Ramsar de Merja Zerga. Thèse Doctorat d'état en science Biologique. Univ. Mohamed V, Agdal-Rabat. 205p.

-Q-

Quézel P., Santa S., 1962-1963. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales Edit. C.N.R.S., Paris, deux volumes, 1170p.

-R-

Rahmouni R., Bouden S., Sebei A., Oueslati W., Chaabani F., 2016. Les Algues Indicatrices de l'Eutrophisation et de la Contamination de la Lagune de Korba (Cap Bon Tunisie), *European Scientific Journal*, Vol. 12, No. 17 ISSN : 1857-7881,

Reinikainen M., Ketola M., Walls M., 1994. Effects of the concentrations of toxic *Microcystis aeruginosa* and an alternative food on the survival of *Daphnia pulex*. *Limnol. Oceanogr.*, 39, 105, 229, 424, 432.

- Rejsek F., 2002. Analyse des eaux ; Sceran. Paris. 192p.
- Rendon Martos M. Y., JOHNSON A.R., 1996. Management of nesting sites for Greater Flamingos. *Colon Waterbird* 19 NSP1 p167-183.
- Richard A Vollenweider., 1970. Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. [Rapport de recherche] Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 217 pp : 15, 16p.
- Ritter M.W., Savidge J.A., 1999. A predictive model of wetland habitat use on guam by endangered mariana common moorhens, *The Condor* 101 : 282-287.
- Rizi H., Benyacoub S., Chabi Y., Banbura J., 1999. Nesting and reproductive characteristics of Coots *Fulca atra* breeding on two lakes in Algeria, *Ardeola* 46 (2) : 179-186.
- Rodger H. D., Turnbull T., Edwards C., Codd G. A., 1994. Cyanobacterial bloom associated pathology in brown trout *Salmo trutta* L. in loch Leven, Scotland. *J Fish Dis* 17: 177- 181.
- Rodier J., 1984. L'analyse De L'eau; Eaux Naturelles, Eaux Résiduares, Eaux De Mer. 7ème Edition. *Bordas, Paris*. 1334 P.
- Rodier J., 1996. Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduares. 8ème édition, *Dunod*, Paris 1130-1350 p.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., 2005. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduares, eau de mer. Chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, 8 ième Edition, Paris.
- Rodier J., Beuffr H., Bournaud M., Broutin J.P., Geoffray Ch., Kovacsik G., Laport J., Pattee E., Plissier M., Rodi L., Vial J., 1984. L'analyse de l'eau, eaux Naturelles, eaux résiduares, eau de mer, 7ième Edition. Ed. Dunod: 5pp.
- Rönkä M. T. H., Saari C. L. V., Lehtikoinen E. A., Suomela J., Häkkinen K., 2005. Environmental changes and population trends of breeding waterfowl in northern Baltic Sea. *Annales Zoologici Fennici*, vol. 42, n° 6, 587-602p.
- Rouibi A., Zitouni A., Tahar A., Houhamdi M., 2013. Breeding Ecology of the Great Crested Grebe (*Podiceps cristatus*) in Tonga Lake (Northeast Algeria), *European Journal of Scientific* 100 (3) : 534-541.
- Round F.E., 1983. *Biologia das Algas*. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 263p.

Roux-Barthès A., 2014. Biofilms phototrophes de rivières non permanentes : Dynamiques des communautés microbiennes et des populations de diatomées et pertinence de leur utilisation en bioindication. Biodiversité et Ecologie. Université Toulouse III Paul Sabatier, 15p.

RS, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(3), pp.526-536 : 526p

Rüger A. C., Prentice M., 1986. The numbers and distribution of scaup *Aythya marila* in Britain and Ireland. *Biological Conservation*. 43: 4, 267-278.

Ryding S.O., Rast W., 1994. Contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs. Collection des Sciences de l'Environnement n°9. Masson éditeur. Paris. 294 p.

Sabeb M., 2003. Cartographie de la végétation des Sebkhass de Guellif et de Boucif (Oum El Bouaghi) et Ecologie de l'Avifaune Aquatique, Thèse de Magister, C.U. Oum El Bouaghi, 125p.

-S-

Saheb M., Boulekhssaim M., Ouldjaoui A., Houhamdi M., Samraoui B., 2006. Nidification du flamant rose *Phaenicopterus roseus* en 2003 et 2004 en Algérie. *Alauda* 74 (2) : 368-371.

Saheb M., Nedjah R., Bouchkereur A., Houhamdi M., Samraoui B., 2004. Ecologie de l'Avocette élégante *Recurvirosta avosetta* et de l'Echasse blanche *Himantopus himantopus* dans les Sebkhass les zones humides des hautes plaines de l'Est Algérien 11^{ième} Congrès Panafricain d'Ornithologie PAOC 11, Ile de Djerba (Tunisie) (20-25/11/2004).

Saheb M., Nouidjem Y., Bouzegag A., Bensaci E., Samraoui B., Houhamdi M., 2009. Ecologie de la reproduction de l'Avocette élégante *Recurvirosta avosetta* dans la Garâet de Guellif (Hautes plaines de l'Est Algérien), *European Journal of Scientific Research*, ISSN 1450-216, Vol.25, N°4. pp 513-525.

Samraoui B., 1998. White stork wintering in Algeria.

Samraoui B., De Belair G., 1994. Death of a lake : Lac Noir in Northeastern Algeria, *Environmental Conservation*, 21 (2) : 169-172.

Samraoui B., De Belair G., 1997. The Guerbes Sanhadja wetlands : Part I, Overview, *Ecology* 28 : 233-250.

Samraoui B., De Belair G., 1998. Les zones humides de la Numidie Orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion, Synthèse (Numéro spécial) 4, 90p.

- Samraoui B., De Bélair G., 1998. Les zones humides de la Numidie orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion, Synthèse (Rev. Sc. & Tech. Univ. Annaba) 4: 90p.
- Samraoui B., De Belair G., Benyacoub S., 1992. A much threatned lake : Lac des Oiseaux (North East Algeria), Environnement Conservation, 19 (3) : 264-267.
- Samraoui B., et De Belair, G. 1997. The Guerbes Sanhadja wetlands : Part I. Overview. Ecologie. 28 : 233-250.
- Samraoui B., Houhamdi M., 2002. Hivernage de la Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Algérie, Alauda.
- Samraoui B., Samraoui F., Benslimane N., Alfarhan A. H., et Al-Rasheid K. A. S., 2012. A precipitous decline of the Algerian newt *Pleurodeles poireti* Gervais, 1835 and other changes in the status of amphibians of Numidia, North-eastern Algeria. Revue d'Ecologie La Terre et la Vie, 67 : 71-81.
- Samraoui F., Menai R., Samraoui B., 2007. Reproductive Ecology of the Cattle Egret (*Bubulcus ibis*) at Sidi Achour, North Eastern Algeria, Ostrich 78 (2) : 481-487.
- Samraoui F., Samraoui B., 2007. The reproductive ecology of the common coot *Fulica atra* L, in the hauts plateaux, northest Algeria, waterbirds 30 (1) : 133-139p.
- Sánchez M. I., Green A. J., Dolz C., 2000. The diets of the White-headed Duck *Oxyura leucocephala*, Ruddy duck, *jamaicensis* and their hybrds from Spain. Bird Study 47: 275- 284.
- Saoudi A., 2015. Cyanobactéries et Cyanotoxines dans l'Eau du Barrage Mexa (El-Tarf), Laboratoire d'Eco Biologie des Milieux Marins et Littoraux, Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, pp : 59-60-61-64-65.
- Schierer A., 1967. La Cigogne blanche *Ciconia ciconia* en Alsace de 1948 à 1966, Lien Ornithologique d'Alsace, 57p.
- Schricke V., 1985. Modalité d'utilisation de l'espace par les canards de surface en période d'hivernage et de migration dans la baie du *Mont Saint – Michel*. B.M.O.N.C. n°152.
- Sco-unesco., 1966. Determination of photo-synthetic pigments in sea water. SCOR-UNESCO., 69 pp.
- Rapinel S., 2012. Contribution de la télédétection à l'évaluation des fonctions des zones humides : de l'observation à la modélisation prospective. Histoire. Université Rennes 2, 2012. Français.

Secrétariat de la Convention de Ramsar., 2013. Le Manuel de la Convention de Ramsar : Guide de la Convention sur les Zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 6^{ème} éd. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, 8p.

Seddik S., 2011. Inventaire et écologie des peuplements de Laro-limicoles et d'Echassiers dans les zones humides des hautes plaines de l'Est algérien. Thèse de Doctorat, Univ. Badji Mokhtar, Annaba. 73p.

Setbel S., 2003. Impact trophique du Héron garde bœufs *Bubulcus ibis* (Linné, 1758) sur la faune associée au milieu agricole près de Tizi Ouzou, de Boudouaou et d'Oued Fayet, Thèse de Magister, I.N.A. El Harrach, 249 p.

Siblet J. PH., 1992. Premier cas de nidification du Grand Cormoran *Phalacrocorax carbo* et du Héron Bihoreau *Nycticorax nycticorax* en Ile de France, l'oiseau et RFO 62 (1) : 28-36.

Sivonen K., Jones G., 1999. Edited by Ingrid Chorus and Jamie Bartram: Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. 55-124.

Skinner J., Zalewski S., Crivelli A., 1995. Functions and values of Mediterranean wetlands A. J. Crivelli (Ed.) Tour du Valat

Smruti S., 2016. India International Journal of Science Technology & Engineering: A Review of Phytoplankton Ecology in Freshwater Rivers and Lakes of 3: 19-21.

Stoermer E.F., Julius M.L., 2003. Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification in Centric Diatoms (eds. Wehr JD, Sheath RG), pp. 559-594. Academic Press, USA.

Sueur F., Triplet P., 1999. Les oiseaux de la Baie de Somme, Smacopi, Group Ornithologique Picard, 509p.

Sultan B & Janicot S, 2006. Climate and agriculture in West Africa, Geoeconnexion Int. Mag, 5: 50-51.

Svensson L., 2015. Le guide ornitho: le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient: 900 espèces. Delachaux et Niestlé.

-T-

Talita Silva., 2014. Suivi et modélisation de la dynamique des cyanobactéries dans les lacs urbains au sein de leur bassin versant. Sciences de la Terre. Université Paris-Est, thèse de doctorat, 10p.

- Tamisier A., Dehorter O., 1999. Camargue, Canards et Foulques, Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver, Centre Ornithologique du Gard, Nîmes, 369, 370p.
- Tamisier A., Dehorter O., 1999. Camargue, Canards et Foulques. Fonctionnement d'un prestigieux quartier d'hiver. Edition: Centre Ornithologique du Gard. Nîmes. 369p.
- Tandjir L., 2011. Les zones humides : Unités Environnementales Fondamentales, Livre, en publication OPU, 13p.
- Taylor V., Rose P., 1994. African Waterfowl Census 1994 – Les Dénombrements Internationaux d'Oiseaux d'Eau en Afrique 1994, IWRB, Slimbridge, U.K. 184 pp.
- Thevenon F., Graham N. D., Herbez A., Wildi W., Poté J., 2011. Spatio-temporal distribution of organic and inorganic pollutants from Lake Geneva (Switzerland) reveals strong interacting effects of sewage treatment plant and eutrophication on microbial abundance. *Chemosphere*, 84, p. 609 – 617.
- Thévenot M., Vernon R., Bergier P., 2003. The birds of Morocco, British Ornithologists, Union checklist series N°22 n tring, U.K, 594p.
- Thomas G., 1976. Habitat usage of wintering ducks at de Ouse Washes England, *Wildfowl* 27 : 148-152.
- Thomas G., 1976. Habitat usage of wintering ducks at the Ouse Washes, England. *Wildfowl*, 27, 148-152.
- Thostrup L., Christoffersen K., 1999. Accumulation of microcystin in *Daphnia magna* feeding on toxic *Microcystis*. *Arch. Hydrobiol.*, 145, 447-467.
- Torres-Esquivias J.A., 2003. La población española de *Malvasía cabeciblanca* (*Oxyura leucocephala*) veinticinco años después del mínimo de 1977. *Oxyura* 11: 5-43.
- Toubal A., Toubal O., 1998. Roche-mère, sol et végétation du massif de l'Edough : segment de la chaîne alpine de l'Algérie orientale. *Écologie*, vol. 29, n° 1-2, p. 207-214.
- Toubal O., Boussehaba A., Toubal A., Samraoui B., 2014. Biodiversité Méditerranéenne et changement globaux : Cas du Complexe de Zones Humides de Guerbes-Sanhadja (Algérie), *Physico-Géo*, Volume 8 – 1, 273-295.
- Treca B., 1997. Les Chevaliers Combattants *Philomachus pugnax* L dans le Nord du Sénégal : régime alimentaire, données biométriques, importance économique, l'oiseau et R.F.O. 54 (3) : 247-262.

Tucker G.M., Heath M.F., 1994. Birds in Europe : Their Conservation Status, Combridge, U.K, BirdLife International, BirdLife Conservation Series n°3, 600p.

Turner R.K., Bergh J.C.J.M., Van Den., So T., 2000. The values of wetlands : landscape and institutional ecological-economic analysis of wetlands : scientific integration for management and policy, 35, 7–23.

-V-

Van Der Kellen G., 1993. Observation d'un héron cendré *Ardea cinerea* nageur se nourrissant d'un cadavre de cadavre de Canard Colvert *Anas platyrhynchos* mort de botulisme, l'oiseau et RFO. 63 (2) : 133-135.

Vanderploeg H.A., Paffenhöfer G.A., Liebig J.R., 1990. Concentration-variable interactions between calanoid copepods and particles of different food quality, observations and hypotheses. In : Behavioural mechanisms of food selection. Hughes R.N. (ed.). NATO ASI Ser. G, Ecol. Sci. Spring New Work, USA, 595-613.

-W-

WALTER H., 1979. Breeding locations of *Falco eleonora*. Ed. H. Walter, Los Angeles, CA : University of California.

Weithoff G., Walz N., 1995. Influence of filamentous cyanobacterium *Planktothrix agardhii* on population growth and reproductive pattern of the rotifer *Brachionus calyciflorus*. *Hydrobiologia*, 313/314, 381-386.

Wilby R.L., Johnson M.F., Toone J.A., 2014. Nocturnal river water temperatures: Spatial and temporal variations. *Science of the Total Environment* pp.482–483, 157–173.

-Y-

Yesou P., 1992. Importance de la baie de l'Aiguillon et de la pointe d'Arçay (Vendée, France) pour les Limicoles. *L'Oiseau et RFO*. Vol.62.N°3 : 213-233.

Yin K., 2002. Marine Ecology Progress Series: Monsoonal influence on seasonal variations in nutrients and phytoplankton biomass in coastal waters of Hong Kong in the vicinity of the Pearl River estuary. 245: 111-122.

-Z-

Zare A., 2015. Variabilité climatique et gestion des ressources naturelles dans une zone humide tropicale : une approche intégrée appliquée au cas du delta intérieur du fleuve Niger (Mali), sciences de l'environnement. Université de Montpellier, Institut International de l'Eau et de l'Environnement.

Zitouni H., 2014. Ecologie de la reproduction de la Foulque Macroule *Fulica atra* dans le Lac Tonga (Parc National d'El Kala), Thèse de doctorat, Univ Badji Mokhtar, Annaba, 2p.

Annexes

Tableau 17. Grille d'appréciation de l'eau superficielle en fonction de la température
(Monod, 1989).

Température	Qualité
< à 20 °C	Normale
20 °C à 22 °C	Bonne
22 °C à 25 °C	Moyenne
25 °C à 30 °C	Médiocre
> à 30 °C	Mauvaise

Tableau 18. Classification des eaux d'après leur pH (Agrigon, 2000).

pH	Nature de l'eau
pH < 5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 5	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée : majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH > 8	Alcalinité forte (évaporation intense)

Tableau 19. Classe de la turbidité naturelle (Rodier, 1996).

NTU	La plupart des eaux de surface en Afrique atteignant ce niveau de turbidité
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Tableau 20. Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique
(Rodier et al, 1984).

Conductivité électrique ($\mu\text{s/cm}$)	Taux de minéralisation
CE < 100 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation très faible
100 < CE < 200 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation faible
200 < CE < 330 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne
333 < CE < 666 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 < CE < 1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation importante
> CE 1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation élevée

Tableau 21. Grille de classification de la qualité des eaux de surface continentale
naturelles en Algérie (Belhaouari, 2017).

	Bonne	Moyenne	Pollué	Excessivement pollué
NH₄⁺ (mg/l)	≤ 0.01	0.01 – 0.1	0.1 - 3	> 3
NO₃⁻ (mg/l)	≤ 10	10 - 20	20 – 40	> 40
PO₄⁻³ (mg/l)	≤ 0.01	0.01 – 0.1	0.1 - 3	> 3



Figure 61. La pollution à Garâet Hadj Tahar - Eco complexe de Guerbes Sanhadja
(photos personnelles)



Figure 63. Pressions anthropiques exercées sur le site d'étude :
(1) Le surpâturage (2) La chasse (3) L'agriculture.



Figure 62. (1) Quelques individus de Foulque macroule *Fulica atra* (2) Observation des oiseaux d'eau (3) Site Ramsar (Photos personnelles)

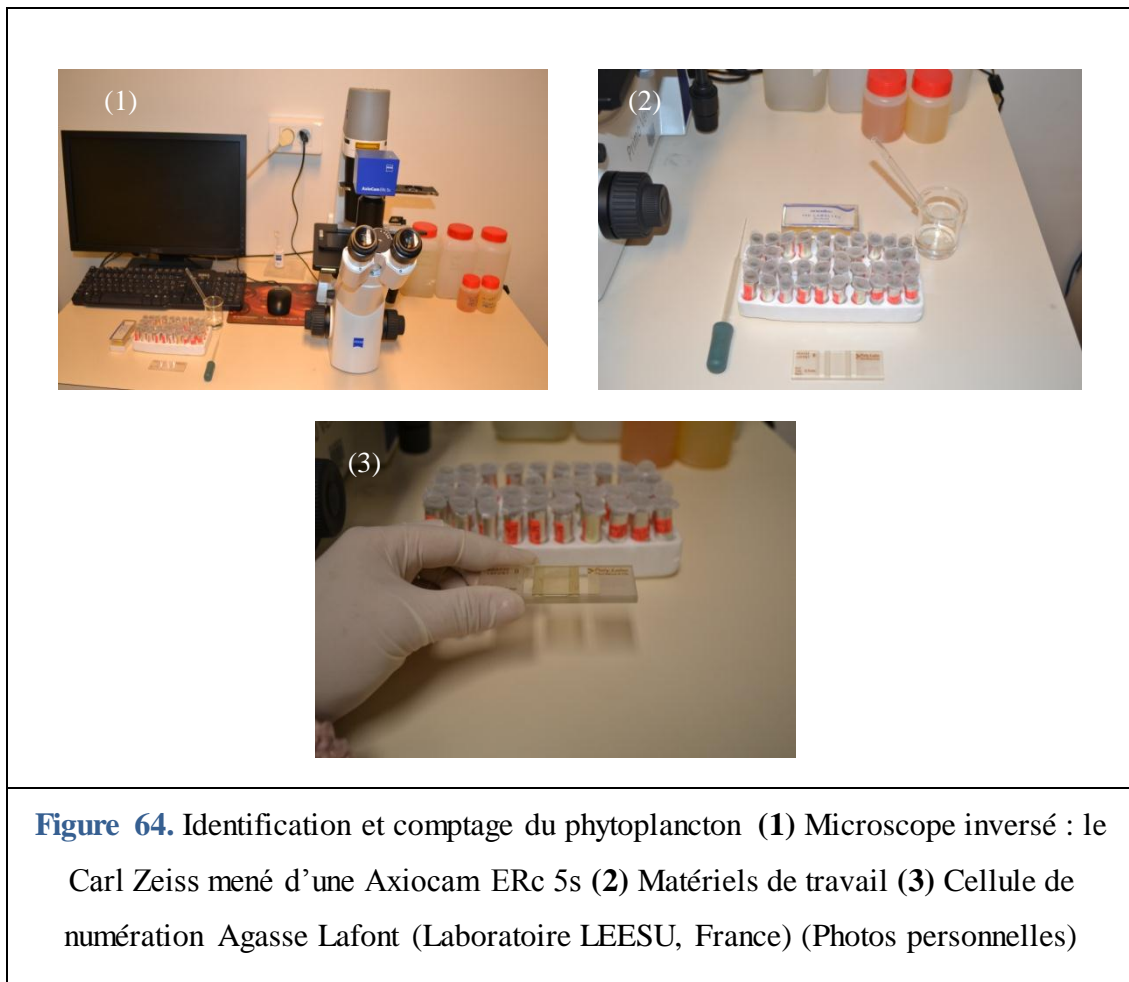


Figure 64. Identification et comptage du phytoplancton (1) Microscope inversé : le Carl Zeiss mené d'une Axiocam ERc 5s (2) Matériels de travail (3) Cellule de numération Agasse Lafont (Laboratoire LEESU, France) (Photos personnelles)