

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BADJI  
MOKHTAR  
ANNABA



جامعة باجي مختار  
عنابة

Faculté des sciences  
Département de biologie

Thèse En Vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat LMD

Intitulé

**Etat des lieux et écologie de la reproduction de la Guifette  
moustac (*Chlidonias hybrida* Pallas 1811) en Algérie**

Filière :

Ecologie - Environnement

Spécialité :

Ecologie et environnement

Par :

Mme LEMMOUI Manel

Directeur de thèse : Mr HOUHAMDI Moussa

Prof. Univ Guelma

Co-directrice de thèse : Mme TAHAR Wafa

MCA U.B.M. Annaba

Devant le jury :

Président	Mr. OUAKID Mohamed-Laid	Pr	Univ. Annaba
Examineur	Mme ZIANE Nadia	MCA	Univ. Annaba
Examineur	Mr BEZZALLA Adel	MCA	Univ. Batna 2
Examineur	Mr ROUIBI Abdelhakim	MCA	Univ. Guelma

Année universitaire : 2024/2025

## RESUME

L'étude de la reproduction de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* est réalisée dans le Lac Tonga (El-Kala, Nord-est Algérien), qui est l'unique site nord-africain de nidification à qui elle est fidèle grâce aux conditions optimales qu'il lui offre.

Un suivi phénologique ainsi qu'une étude écologique et éco-éthologique ont été menés sur l'espèce, accompagnés d'analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du lac où elle se reproduit, afin de mieux caractériser les conditions environnementales qui définissent son habitat.

Cinquante-quatre (54) nids ont été étudiés durant la période de nidification (2021). Les résultats obtenus montrent que les nids sont construits sur deux supports végétaux (*Sparganium erectum* et *Nymphaea alba*). Les nids ont été installés de manière plus profonde chez le *Nymphaea alba* que chez le *Sparganium erectum*. Les résultats montrent que le diamètre moyen externe des nids est plus important chez *Nymphaea alba* que chez *Sparganium erectum*. La période de ponte s'est étalée sur cinq semaines (de la mi-juin jusqu'à la fin de la deuxième décennie du mois de juillet), soit une durée de ponte de trente-trois (33) jours dans le *Sparganium erectum*, alors que dans *Nymphaea alba*, la période de ponte s'est étalée sur deux semaines (du début de mois juillet jusqu'à la fin de la première décennie du même mois), soit une durée de neuf (09) jours. La date moyenne de ponte a lieu le 28 juin et le 04 juillet respectivement dans les deux phytophytes. La grandeur moyenne de ponte est 1,93 et 1,82 œufs par nichée respectivement. La largeur moyenne des œufs est plus importante dans le *Sparganium erectum* que dans *Nymphaea alba*. Certains paramètres ont été mesurés tels que : le poids, la longueur du culmen et celle du bec+tête, sur quarante-deux (42) poussins de notre espèce qui sont semi-nidifuges donc sans prendre en compte des provenances des nids.

Les analyses de l'eau du lac ont été menées sur une durée couvrant deux saisons successives, du printemps à l'été. Nos résultats ont montré que plusieurs paramètres physico-chimiques examinés dépassaient les seuils des normes algériennes et mondiales. Les résultats des analyses bactériologiques nous révèlent une contamination fécale des eaux notée par une forte pollution bactériologique signalée par la présence d'un degré élevé qui dépassent les seuils de toutes les normes fixées pour les communautés bactériennes. Nous notons que le lac Tonga est dans un état d'eutrophisation, qui peut mener à sa disparition dans le cas d'absence de mesures nécessaires pour le préserver.

**Mots clés :** *Chlidonias hybrida hybrida* ; lac Tonga ; végétations ; biométrie des nids ; date et période de ponte ; grandeur de ponte ; biométrie des œufs ; poussins ; paramètres physicochimiques et bactériologiques.

## **ABSTRACT**

The study, which dealt with the reproduction of the Whiskered Tern *Chlidonias hybrida hybrida*, has been conducted in lake Tonga (El Kala, northeastern Algeria), which is the only North African nesting site the bird remains loyal to, thanks to the optimal conditions it provides.

A phenological survey, along with an ecological and eco-ethological study, was conducted on the species, accompanied by physicochemical and bacteriological analyses of the lake's water where it reproduces, in order to better characterize the environmental conditions that define its habitat.

Fifty-four (54) nests were studied during the nesting period. The results showed that the nests were built on two types of vegetation: (*Sparganium erectum*) and (*Nymphaea alba*). The nests were placed at greater depths on *Nymphaea alba* compared to *Sparganium erectum*.

The results revealed that the average external diameter of the nests was larger on *Nymphaea alba* compared to *Sparganium erectum*. The egg-laying period extended over five weeks (from mid-June to the end of the second decade of July), lasting a total of thirty-three (33) days on *Sparganium erectum*., while on *Nymphaea alba*, the egg-laying period lasted two weeks (from early July to the end of the first decade of the same month), spanning nine (09) days. The average laying dates were June 28 and July 4, respectively, for the two types of aquatic plants.

The average clutch size was 1.93 and 1.82 eggs per nest, respectively. The average width of the eggs was greater on *Sparganium erectum*. compared to *Nymphaea alba*. Some parameters, such as weight, culmen length, and head+beak length, were measured on forty-two (42) chicks of this semi-nidifugous species, so we have done that without considering the nests' origins.

The analyses of the lake's water were conducted over a period covering two successive seasons, from spring to summer. The results showed that many of the physicochemical parameters exceeded the thresholds of both Algerian and international standards. The bacteriological analyses revealed significant fecal contamination of the water, marked by high levels of bacterial pollution that exceeded the thresholds set by all standards for bacterial communities. It was noted that Lake Tonga is in a state of eutrophication, which could lead to its disappearance in the absence of necessary measures for its preservation.

**Keywords:** *Chlidonias hybrida hybrida*; lake Tonga; vegetation; nest biometrics; laying date and period; clutch size; egg biometrics; chicks; physicochemical and bacteriological parameters.

## ملخص

تم إجراء هذه الدراسة، التي تناولنا فيها تكاثر طائر الخرشنة الهجينة *Chlidonias hybrida hybrida* ، في بحيرة طونقة (الكائنة بالقالة، شمال شرق الجزائر)، وهي الموقع الوحيد في شمال إفريقيا الذي يتردد عليه الطائر باستمرار نظرا للظروف المثالية التي يجدها في هذه البحيرة.

تم إجراء دراسة فينولوجية، إلى جانب دراسة بيئية وإيكولوجية-سلوكية، على هذه الفصيلة، مرفقة بتحليلات فيزيائية كيميائية وبكترولوجية لمياه البحيرة حيث تتكاثر، وذلك بهدف تحديد أفضل للظروف البيئية التي تشكل موطنها

شملت دراستنا هذه عينة من أربعة وخمسين (54) عشًا خلال فترة التكاثر. بينت النتائج أن الطائر بنى الأعشاش دعامتين نباتيتين هما: إسبارغانيوم قائم *Sparganium erectum* وزنبق الماء الأبيض *Nymphaea alba*. كانت الأعشاش المبنية على نبات زنبق الماء الأبيض أكثر عمقاً مقارنةً بإسبارغانيوم قائم.

كما أظهرت النتائج أن القطر الخارجي المتوسط للأعشاش كان أكبر على نبات زنبق الماء الأبيض مقارنةً بإسبارغانيوم قائم. امتدت فترة الإباضة على مدى خمسة أسابيع (من منتصف جوان إلى نهاية العقد الثاني من جويلية)، أي لمدة ثلاث وثلاثين (33) يوماً في إسبارغانيوم قائم، بينما امتدت فترة الإباضة على نبات زنبق الماء الأبيض لمدة أسبوعين (من بداية جويلية إلى نهاية العقد الأول من الشهر نفسه)، أي تسعة (09) أيام. وكان تاريخ الإباضة المتوسط في 28 جوان و4 جويلية على التوالي في نوعي النباتات المائية.

متوسط عدد البيض في كل عش بلغ 1.93 و1.82 بيضة على التوالي. كما كانت عرض البيض أكبر في إسبارغانيوم قائم مقارنةً بزنبق الماء الأبيض. تم قياس بعض المعايير مثل: الوزن وطول المنقار، وطول الرأس+المنقار على اثنين وأربعين (42) فرخاً من هذه الفصيلة، وهي شبه مطاردة، وبالتالي فقد قمنا بذلك بغض النظر مصدر الأعشاش بعين الاعتبار.

تم إجراء تحليلات مياه البحيرة خلال فترة شملت موسمين متتاليين، من الربيع إلى الصيف. أظهرت النتائج أن العديد من المعايير الفيزيائية والكيميائية تجاوزت حدود المعايير الجزائرية والعالمية. وكشفت التحاليل المنجزة على البكتيريا عن تلوث بكتيري عالٍ للمياه، حيث تجاوزت نسب التلوث البكتيري بشكل كبير كل المعايير المحددة لمستويات البكتيريا. نلاحظ أن بحيرة طونقة في حالة تخصيب مفرط، مما قد يؤدي إلى اختفائها في حالة عدم اتخاذ التدابير اللازمة للحفاظ عليها.

**الكلمات المفتاح:** *Chlidonias hybrida hybrida* ، بحيرة طونقة، الغطاء النباتي، القياس الحيوي للأعشاش، تاريخ الإباضة ومدتها، ضخامة الإباضة، القياس الحيوي للبيض، الفراخ، المعايير الفيزيائية والكيميائية والبكتيرية.

**REMERCIEMENTS**

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à :

Mon directeur de thèse Monsieur **HOUHAMDI Moussa**, Professeur à l'Université 8 mai 1945-Guelma

A mon co-directeur de thèse Madame **TAHAR Wafa**, Maître de conférences à l'Université Badji Mokhtar-Annaba.

A Monsieur **TAHAR Ali**, Professeur en retraite de l'Université Badji Mokhtar-Annaba.

A Monsieur **RAMDANI Kamel**, Maître de conférences à l'Université 8 Mai 1945-Guelma.

A Monsieur **BELABED Adnène Ibrahim**, Professeur de l'Université Badji Mokhtar-Annaba

La réalisation de ce travail n'aurait été possible sans leur intervention, je les remercie énormément.

J'exprime également mes remerciements aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail.

Je remercie Professeur **OUAKID Mohamed-Laid** d'avoir accepté de présider ce jury.

Je remercie Docteur **ZIANE Nadia**, Docteur **BEZZALLA Adel**, et Docteur **ROUIBI Abdelhakim** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Et un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que la réalisation de cette thèse soit possible.

## DEDICACES

*A mon père et ma mère*

*A mon fils et mon mari*

*A mes sœurs et mon frère*

Merci pour votre soutien tout au long de mon parcours et aux moments où j'en avais besoin.

## ABREVIATIONS

- **ABHCSM** : Agence des Bassins Hydrographiques Constantinois-Seybouse-Mellegue
- **ANOVA** : Analyse de variance
- **ARNH** : Agence de bassin hydrographique
- **CE** : La conductivité électrique
- **CF** : Coliformes fécaux
- **CRBO** : Centre de Recherches sur la Biologie des Oiseaux
- **CT** : Coliformes totaux
- **ET** : Ecart type
- **GT** : Germes totaux
- **IQM** : Traitement des données par la méthode de la qualité microbiologique
- **UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature.
- **JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne
- **MES** : Matières en suspension
- **MH** : l'indice de danger pour le magnésium
- **MO** : Matières Organiques
- **OD** : Oxygène dissous
- **OMS** : Organisation mondiale de la santé
- **PNEK** : Parc National El Kala
- **PPC** : Paramètres Physico-Chimiques
- **RS** : Résidus secs
- **SF** : Streptocoques fécaux
- **TH** : Titre Hydrotimétrique
- **UE** : Union Européenne
- **UNESCO** : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Limites administratives du PNEK dans la wilaya d'El Tarf (Sarri et al., 2014) .....	5
<b>Figure 2:</b> localisation du parc national d'El Kala en Algérie (Pech et Diaf, 2022).....	6
<b>Figure 3 :</b> L'ensemble hydrographique du PNEK (CENEAP 2010-2012 in Sarri, 2017). .....	7
<b>Figure 4 :</b> Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) appliqué à la région d'El-Kala pendant la période de (2009-2019) (Iboud, 2024) .....	8
<b>Figure 5 :</b> Climagramme pluviothermique d'Emberger du PNEK durant la période de (2009-2019) (Iboud, 2024).....	9
<b>Figure 6 :</b> Répartition du patrimoine forestier dans le parc national d'El Kala (Saadali, 2016). .....	11
<b>Figure 7 :</b> Localisation géographique du lac Tonga (Lazli et al., 2011). .....	13
<b>Figure 8 :</b> Les limites du bassin versant du lac Tonga ainsi que le réseau hydrographique associé (Loucif, 2020).....	14
<b>Figure 9 :</b> Identification des 16 habitats naturels de végétation présents dans le lac Tonga (Saifouni et al., 2020).....	16
<b>Figure 10 :</b> Carte représentative des plus importantes formations végétales du lac tonga (Rizi et al., 2016). .....	17
<b>Figure 11:</b> Guifette moustac adulte internuptial (oiseaux.net. Fenerole, 2012) .....	21
<b>Figure 12:</b> Guifette moustac adulte nuptial (oiseaux.net. Mercier ,2012).....	21
<b>Figure 13:</b> A-Mâle de Guifette moustac( <i>Chlidonias hybrida</i> ) (Latraube, 2006).....	21
<b>Figure 14 :</b> photo du poussin de la Guifette moustac <i>chlidonias hybrida hybrida</i> prise par (Lemmoui.M, 2021) .....	22
<b>Figure 15 :</b> Juvénile de la guifette moustac <i>chlidonias hybrida hybrida</i> (Bakaria, 2013)....	22
<b>Figure 16 :</b> Zones de répartition de la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida</i> (BirdLife International, 2024). .....	24
<b>Figure 17 :</b> Effectifs des individus reproducteurs de la Guifette moustac ( <i>Chlidonias hybrida</i> ) en Europe (Heath et al., 2000 in latraube, 2006). .....	25
<b>Figure 18 :</b> Cartographie des reprises de guifettes moustacs (Latraube, 2006). (Reprises de bagues espagnoles en pointillés, reprises de bagues françaises en noir).....	26
<b>Figure 19 :</b> Mensuration des œufs de la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> (Photo de Lemmoui.M, 2021).....	28
<b>Figure 20 :</b> Nids du la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le Lac Tonga (Clichés : Lemmoui M, 2021). .....	29
<b>Figure 21 :</b> Photos des poussins de la Guifette moustac <i>chlidonias hybrida hybrida</i> dans le lac Tonga. ....	30
<b>Figure 22 :</b> Nids du la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le Lac Tonga dans le <i>Sparganium erectum</i> (Clichés : Lemmoui M. 2021).....	36
<b>Figure 23 :</b> Nids du la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le Lac Tonga Dans le <i>Nymphaea alba</i> . (Clichés : Lemmoui M. 2021). .....	36
<b>Figure 24 :</b> Chronologie de ponte de la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> . .....	38
<b>Figure 25 :</b> Proportions des grandeurs de ponte de la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le lac Tonga.....	40
<b>Figure 26 :</b> Relation entre la date et la grandeur de ponte chez la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> .   A : Dans le <i>Sparganium erectum</i>   B : Dans le <i>Nymphaea alba</i> (Lemmoui et al., 2024) .....	41
<b>Figure 27 :</b> Box plot représentant la moyenne du poids (g) des poussins. ....	43

<b>Figure 28</b> : Box plot représentant la moyenne de la longueur de tête+bec (mm) des poussins.	43
<b>Figure 29</b> : Box plot représentant la moyenne de la longueur du culmen (mm) des poussins.	43
<b>Figure 30</b> : Graphe de corrélation entre la longueur du culmen et le poids.	44
<b>Figure 31</b> : Graphe de corrélation entre la longueur de la mesure tête+bec et le poids.	44
<b>Figure 32</b> : La répartition mensuelle de la teneur en turbidité.	49
<b>Figure 33</b> : La répartition mensuelle de la valeur pH.	49
<b>Figure 34</b> : La répartition mensuelle de la conductivité électrique.	50
<b>Figure 35</b> : Valeurs mensuelles de la quantité d'oxygène dissous contenue dans l'eau.	51
<b>Figure 36</b> : La répartition mensuelle de la concentration de MES.	51
<b>Figure 37</b> : Valeurs mensuelles des résidus secs.	52
<b>Figure 38</b> : Valeurs mensuelles des nitrates.	52
<b>Figure 39</b> : Valeurs mensuelles des nitrites.	53
<b>Figure 40</b> : Valeurs mensuelles de l'ammonium.	54
<b>Figure 41</b> : Les valeurs mensuelles du phosphate.	54
<b>Figure 42</b> : Les valeurs mensuelles des MO.	55
<b>Figure 43</b> : Valeurs mensuelles du titre hydrotimétrique.	56
<b>Figure 44</b> : Valeurs mensuelles du calcium.	56
<b>Figure 45</b> : Valeurs mensuelles du magnésium.	57
<b>Figure 46</b> : Valeurs mensuelles du chlorure.	58
<b>Figure 47</b> : Valeurs mensuelles du potassium.	59
<b>Figure 48</b> : Valeurs mensuelles du sulfate.	59
<b>Figure 49</b> : Diagramme en bâton illustrant la répartition mensuelle des moyennes des Germes totaux (1000/ml).	67
<b>Figure 50</b> : Diagramme en bâton illustrant la répartition mensuelle des moyennes des Coliformes totaux (1000/ml).	67
<b>Figure 51</b> : Diagramme en bâton illustrant la répartition mensuelle des moyennes des Coliformes fécaux (1000/ml).	68
<b>Figure 52</b> : Diagramme en bâton illustrant la répartition mensuelle des moyennes des Streptocoques fécaux (100/ml).	68
<b>Figure 53</b> : Graphique de corrélation entre Germes totaux et Coliformes totaux.	70
<b>Figure 54</b> : Graphique de corrélation entre Germes totaux et Coliformes fécaux.	71
<b>Figure 55</b> : Graphique de corrélation entre Coliformes fécaux et Coliformes totaux.	71
<b>Figure 56</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du $PO_4^{3-}$ sur la présence de la bactérie « <i>Protéus vulgaris</i> ».	77
<b>Figure 57</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du $NO_3^-$ sur la présence de la bactérie « <i>Protéus vulgaris</i> ».	77
<b>Figure 58</b> : Diagramme en boîte comparant la moyenne de l'effet de la Turbidité sur la présence de la bactérie « <i>Proteus vulgaris</i> ».	78
<b>Figure 59</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet de l' $NH_4^+$ sur la présence de la bactérie « <i>Providencia sp.</i> ».	78
<b>Figure 60</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du l'OD sur la présence de la bactérie « <i>Providencia sp.</i> ».	79
<b>Figure 61</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du $NO_3^-$ sur la présence de la bactérie « <i>Providencia sp.</i> ».	79
<b>Figure 62</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du $NO_2^-$ sur la présence de la bactérie « <i>Staphylococcus aureus</i> ».	80

<b>Figure 63</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du Mg <sup>2+</sup> sur la présence de la bactérie « <i>Staphylococcus aureus</i> ».	80
<b>Figure 64</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du Cl <sup>-</sup> sur la présence de la bactérie « <i>Staphylococcus aureus</i> ».	81
<b>Figure 65</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet de l'OD sur la présence de la bactérie « <i>Staphylococcus aureus</i> ».	81
<b>Figure 66</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du pH sur la présence de la bactérie « <i>Staphylococcus aureus</i> ».	82
<b>Figure 67</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du Mg <sup>2+</sup> sur la présence de la bactérie « <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ».	82
<b>Figure 68</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> sur la présence de la bactérie « <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ».	83
<b>Figure 69</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> sur la présence de la bactérie « <i>Staphylococcus intermedius</i> ».	83
<b>Figure 70</b> : Box plot comparant la moyenne de l'effet du potassium sur la présence de la bactérie « <i>Staphylococcus epidermidis</i> ».	84

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Les zones humides intégrées au territoire de la wilaya d'El Tarf. ( <b>Liste Ramsar in Saadali, 2016</b> ).....	12
<b>Tableau 2</b> :Support de construction des nids et profondeur de l'eau chez la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le Lac Tonga. ( <b>Lemmoui et al., 2024</b> ).....	35
<b>Tableau 3</b> : Caractéristiques des nids de la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le Lac Tonga. ( <b>Lemmoui et al., 2024</b> ).....	37
<b>Tableau 4</b> : Date moyenne de ponte de la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le Lac Tonga. ( <b>Lemmoui et al., 2024</b> ).....	39
<b>Tableau 5</b> : Grandeur moyenne de ponte de la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le Lac Tonga. ( <b>Lemmoui et al., 2024</b> ) .....	39
<b>Tableau 6</b> : Traits des œufs de la Guifette moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> dans le Lac Tonga. ( <b>Lemmoui et al., 2024</b> ).....	41
<b>Tableau 7</b> : statistiques descriptives des paramètres des poussins étudiés.....	42
<b>Tableau 8</b> : Matrice de corrélation entre les paramètres des poussins étudiés.....	45
<b>Tableau 9</b> : Valeurs de l'indice de danger pour le magnésium MH % .....	57
<b>Tableau 10</b> : Statistiques descriptive mensuelle (moyenne $\pm$ ET et Intervalle [min-max]) des résultats de prélèvements d'eau (paramètres physico-chimiques) du lac Tonga.....	60
<b>Tableau 11</b> : Statistiques descriptives et valeurs de p des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac Tonga. ....	62
<b>Tableau 12</b> : Matrice des Paramètres physico-chimiques. ....	63
<b>Tableau 13</b> : Relations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau.....	65
<b>Tableau 14</b> : Statistiques descriptives (moyenne $\pm$ Ecart type [min- max]) des GT, CT, CF, SF. ....	66
<b>Tableau 15</b> : Corrélations entre les GT, CT, CF, SF. ....	70
<b>Tableau 16</b> : Répartition mensuelle des résultats des bactéries pathogènes et opportunistes identifiées. ....	72
<b>Tableau 17</b> : Résultats de la comparaison de moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau et la présence de bactéries (p value). ....	75
<b>Tableau 18</b> : Effet des facteurs physico-chimiques de l'eau sur les espèces bactériennes identifiées. ....	76
<b>Tableau 19</b> : Analyse statistique des effets des facteurs physico-chimiques sur les GT, CT, CF et SF.....	85
<b>Tableau 20</b> : CF / SF à partir de nos résultats.....	87

## Table des matières :

RESUME.....	2
ABSTRACT .....	3
ملخص.....	4
REMERCIEMENTS .....	5
DEDICACES .....	0
ABREVIATIONS .....	0
LISTE DES FIGURES .....	0
LISTE DES TABLEAUX.....	0
I. Introduction générale .....	1
II. Description de la région et du site d'étude .....	5
II.1. Description de la région d'étude Parc national el Kala .....	5
II.1.1. Situation administrative .....	5
II.1.2. Situation géographique .....	5
II.1.3. Hydrologie.....	6
II.1.4. Caractères climatiques .....	7
II.1.4.1. Pluviométrie .....	7
II.1.4.2. Le vent.....	7
II.1.4.3. L'humidité relative .....	8
II.1.4.4. Température.....	8
II.1.5. Caractères bioclimatiques de la région d'étude .....	8
II.1.5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) .....	8
II.1.5.2. Climagramme d'Emberger.....	9
II.1.6. Richesse biologique.....	10
II.1.6.1. La richesse faunistique.....	10
II.1.6.2. Richesse floristique .....	10
II.1.7. Zones humides et écosystèmes lacustres .....	11
II.2. Présentation du site d'étude.....	12
II.2.1. Bassin versant du lac Tonga.....	13
II.2.2. Géologie et pédologie du site .....	14
II.2.3. Végétation du lac tonga.....	15
II.2.3.1. Végétation lacustre.....	15
II.2.3.2. Végétation palustre.....	15
II.2.4. La Faune.....	17

II.2.4.1. La richesse avifaunistique .....	17
II.2.4.2. Mammifère .....	17
II.2.4.3. L'entomofaune .....	17
II.2.4.4. Amphibiens et Herpétofaune .....	18
II.2.4.5. Ichtyofaune, poisson .....	18
III. MATERIELS ET METHODES .....	20
III.1. Présentation de l'espèce de l'étude .....	20
III.1.1. Description de l'espèce .....	20
III.1.1.1. Caractéristiques des adultes .....	21
III.1.1.2. Caractéristiques des poussins .....	22
III.1.1.3. Caractéristiques des juvénile .....	22
III.1.2. Systématique et distribution mondiale de l'espèce .....	23
III.1.3. Aire de reproduction .....	23
III.1.4. Statuts des effectifs .....	24
III.1.5. Hivernage et mouvements migratoires .....	25
III.1.6. Ecologie de l'espèce .....	26
III.1.7. Nourriture de l'espèce .....	26
III.1.8. Matériels et méthodes de travail .....	27
III.1.8.1. Les paramètres biométriques des œufs .....	28
III.1.8.2. Les paramètres biométriques des nids .....	29
III.1.8.3. Mesures biométriques des poussins .....	30
III.2. Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface du Lac Tonga .....	31
III.2.1. Prélèvements, transport et interprétations des analyses effectuées .....	31
III.2.2. Méthode statistique .....	33
IV. RESULTATS ET DISCUSSION .....	35
IV.1. Résultats et discussion de la biologie et écologie de reproduction de la Guifette Moustac <i>Chlidonias hybrida hybrida</i> .....	35
IV.1.1. Support de construction des nids et profondeur de l'eau .....	35
IV.1.2. Caractéristiques des nids .....	37
IV.1.3. Date et période de ponte .....	38
IV.1.4. Grandeur de ponte .....	39
IV.1.5. Caractéristiques des œufs .....	41
IV.1.6. Paramètres des poussins étudiés .....	42

IV.1.6.1. Statistiques descriptives des paramètres des poussins étudiés.....	42
IV.1.6.2. Corrélations entre le poids et les paramètres étudiés .....	44
IV.1.6.3. Corrélation entre tous les paramètres des poussins étudiés .....	45
IV.1.7. DISCUSSION : .....	45
IV.2. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface du Lac Tonga .....	49
IV.2.1. Valeurs mensuelles des paramètres physico-chimiques de l'eau .....	49
IV.2.1.1. Turbidité (NTU) .....	49
IV.2.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	49
IV.2.1.3. La conductivité électrique CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).....	50
IV.2.1.4. L'oxygène dissous OD ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ ) .....	51
IV.2.1.5. Les matières en suspension MES ( $\text{mg}/\text{l}$ ).....	51
IV.2.1.6. Les résidus secs (RS) ( $\text{mg}/\text{l}$ ) .....	52
IV.2.1.7. Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ( $\text{mg}/\text{l}$ ) .....	52
IV.2.1.8. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) ( $\text{mg}/\text{l}$ ) .....	53
IV.2.1.9. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) ( $\text{mg}/\text{l}$ ).....	54
IV.2.1.10. Phosphate $\text{PO}_4^{3-}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ ) .....	54
IV.2.1.11. Matière Organique MO ( $\text{mg O}_2/\text{l}$ ) .....	55
IV.2.1.12. Dureté totale TH ( $^\circ\text{F}$ ) .....	56
IV.2.1.13. Le calcium $\text{Ca}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ ) .....	56
IV.2.1.14. Le magnésium $\text{Mg}^{2+}$ ( $\text{mg}/\text{l}$ ).....	57
IV.2.1.15. L'indice de danger pour le magnésium (MH)%.....	57
IV.2.1.16. Le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) ( $\text{mg}/\text{l}$ ) .....	58
IV.2.1.17. Le potassium ( $\text{K}^+$ ) ( $\text{mg}/\text{l}$ ) .....	59
IV.2.1.18. Le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ( $\text{mg}/\text{l}$ ).....	59
IV.2.2. Statistiques effectuées sur les paramètres physicochimiques .....	60
IV.3. Évaluation des paramètres microbiologiques des eaux.....	66
IV.3.1. Statistiques descriptives des paramètres microbiologiques.....	66
IV.3.1.1. Germes totaux .....	67
IV.3.1.2. Coliformes totaux.....	67
IV.3.1.3. Coliformes fécaux .....	68
IV.3.1.4. Streptocoques fécaux .....	68
IV.3.2. Corrélations entre les paramètres bactériologiques .....	70
IV.3.3. Micro-organismes pathogènes et opportunistes identifiés dans les échantillons	

IV.4.	Effet des facteurs physico-chimiques de l'eau sur les communautés bactériennes..	74
IV.4.1.	Effet des facteurs physico-chimiques de l'eau sur chaque espèce bactérienne identifiée	74
IV.4.2.	Effet des facteurs physico-chimiques de l'eau sur les GT, CT, CF et SF.....	85
IV.4.3.	Résultats de l'analyse des corrélations entre les paramètres physico-chimiques et microbiologiques .....	86
IV.4.4.	Traitement des données par la méthode de la qualité microbiologique (IQM)	87
IV.4.5.	Origine de la contamination fécale.....	87
V.	Conclusion générale et perspectives.....	89
VI.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	92

# **I. INTRODUCTION GENERALE**

### I. Introduction générale

La biodiversité représente l'ensemble des processus fonctionnels de la Terre qui permettent à l'humanité de subsister.

Cependant, au cours des dernières décennies cette biodiversité a connu une dégradation alarmante, en particulier dans des zones stratégiques connues sous le nom de hotspots « points chauds de la biodiversité » (Myers et al., 2000).

Le bassin méditerranéen fait partie des 34 hotspots de la biodiversité à l'échelle mondiale (Mittermeier et al., 2004). Il comprend plusieurs zones humides d'importance internationale. Dans cette région, les zones humides figurent parmi les écosystèmes les plus vulnérables, subissant une dégradation rapide (Hollis, 1992). Ces écosystèmes de transition se distinguent par une biodiversité remarquable et assurent des fonctions écologiques majeures (Williams, 1990 ; Mitsch et Gosselink, 2015). Les zones humides fournissent des services écosystémiques essentiels, tels que la régulation de la qualité de l'eau, le contrôle des crues et la conservation de la biodiversité (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

L'avifaune aquatique, en tant que composante majeure de cette biodiversité, représente un excellent modèle pour évaluer la qualité et l'intégrité de ces zones humides (Kushlan, 1993 ; Ormerod et Tyler, 1993 ; Eybert et al., 2003). L'Algérie est riche en zones humides lenticules d'une grande importance écologique considérable (Boudraa et al., 2014). Le Nord-Est algérien rassemble un vaste ensemble de zones humides. Il constitue la première région avifaunale d'Algérie en qualité et en quantité (Triplet et al., 1991 in Hamli, 2020).

A l'extrême nord-est du pays se trouve la région d'El Kala. Elle abrite de nombreuses zones humides. Le parc national d'El Kala est un patrimoine naturel important qui abrite une faune et une flore très diversifiées dont des sites classés Ramsar tel que le lac Tonga qui se distingue par sa grande biodiversité et sa richesse aviaire, en raison des conditions favorables qu'il offre aux différentes espèces pour satisfaire leurs besoins essentiels, tels que la disponibilité et la qualité des ressources alimentaires, ainsi que des sites de nidification appropriés aux conditions nécessaires au succès de la reproduction. Les oiseaux tiennent compte de ces facteurs lorsqu'ils choisissent leur site de nidification, à l'instar de la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida hybrida* Pallas 1811), la sous-espèce présente en Afrique du Nord (Del Hoyo et al., 1996), qui lui est fidèle pour sa reproduction (Bakaria, 2013). En effet, le lac Tonga constitue son unique site de nidification en Afrique du Nord, où elle se reproduit

régulièrement. Cette espèce est protégée en Algérie, par l'arrêté du 17 janvier 1995, complétant le décret n° 83-509 du 20 août 1983, relatif aux espèces animales non domestiques protégées (**Bakaria, 2013**).

Il est essentiel d'obtenir des connaissances sur la biologie de cette espèce peu connue (**Latraube, 2006**) ainsi que sur son écologie de reproduction et l'état des lieux qu'elle choisit. Les recherches sur les caractéristiques des poussins de la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida*) étant très limitées, il est important de renforcer les connaissances concernant cette espèce.

Le lac Tonga subit la pression des activités humaines qui pourraient conduire à sa disparition (**Benyacoub et al., 2011 in Loucif, 2020**), si aucune mesure de protection n'est prise.

Au cours des dernières années, divers problèmes ont affecté la qualité de l'eau, principalement en raison de l'absence de traitement approprié des déchets industriels, de la surexploitation des ressources en eau et de l'utilisation excessive d'engrais chimiques en agriculture. On parle de pollution de l'eau lorsque les caractéristiques naturelles de l'eau sont altérées et que l'équilibre de l'écosystème aquatique est perturbé (**Rodier et al., 2009**).

Le maintien d'une qualité d'eau conforme aux normes écologiques repose sur l'évaluation régulière de ses paramètres physico-chimiques et bactériologiques, considérés comme des indicateurs essentiels de la nature et de l'état des écosystèmes aquatiques (**Abdo, 2005 ; Rodier et al., 2009**). Ces paramètres restent encore peu étudiés pour le lac Tonga (**Belabed et al., 2013 ; Loucif, 2020**) d'où la nécessité d'un suivi systématique de ces derniers dans ce lac et c'est dans le but de la prévention et la réduction du risque de contamination de cet important écosystème.

L'objectif était de se concentrer sur les caractéristiques fondamentales de l'écologie de la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida hybrida*), telles que les supports utilisés pour la construction des nids, la profondeur de l'eau et les caractéristiques des nids, ainsi que sur sa biologie de la reproduction, y compris les dates et périodes de ponte, la taille des pontes et les caractéristiques des œufs. L'objectif était également d'approfondir nos connaissances sur les poussins en réalisant des mesures telles que le poids, la mesure du culmen et la longueur tête + bec.

Les paramètres bioécologiques de la reproduction ont été comparés entre les deux secteurs de nidification, composés de supports végétaux différents (*Sparganium erectum* et *Nymphaea alba*), afin de répondre aux questions suivantes :

Y a-t-il une différence dans les paramètres bioécologiques de la reproduction de cette espèce en fonction des deux types de supports de construction des nids ? Y a-t-il une différence par rapport aux études antérieures menées en dehors de l'Algérie, ainsi qu'avec les recherches précédentes réalisées dans le même site de nidification (lac Tonga, nord-est de l'Algérie) ?

Nous avons étudié l'état de ce site en analysant les résultats des paramètres physicochimiques et microbiologiques, afin de répondre aux questions suivantes : les valeurs obtenues dépassent-elles les normes algériennes et internationales ? Quel est son actuel état de pollution et d'eutrophisation ?

Notre travail est structuré comme suit :

- Un chapitre qui présente la région et le site d'étude, ainsi que leurs caractéristiques.
- Un chapitre qui inclut, d'une part, des généralités sur l'espèce étudiée, et d'autre part consacré aux matériaux et méthodes utilisés dans notre étude ainsi que des analyses physico-chimiques et bactériologiques de son site de reproduction.
- Un chapitre destiné aux résultats obtenus ainsi qu'à leur discussion. Ce chapitre se divise d'une part en une analyse des résultats relatifs à la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida hybrida*), incluant les caractéristiques des œufs, des nids et des poussins, et d'autre part en une étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques du lac Tonga. Il aborde également les interrelations entre ces paramètres ainsi que l'évaluation de la pollution du lac.
- Conclusion générale et perspectives.

## **II.**

# **DESCRIPTION DE LA REGION ET SITE D'ETUDE**

## II. Description de la région et du site d'étude

### II.1. Description de la région d'étude Parc national el Kala

#### II.1.1. Situation administrative

Le Parc National d'El-Kala (PNEK) s'étend sur environ un tiers de la wilaya d'El-Tarf, et abrite une population d'environ 77 000 habitants (Sarri, 2017), il s'étend sur les suivantes Daïrates (El-Kala, El-Tarf, Bouteldja, Ben Mhidi) et les suivantes communes (El-Taref, Bougous, Ain Assel El Kala, El Aioun, Bouteldja, Souarekh, Berrihane , Raml Souk) (Bentouili, 2007).



Figure 1: Limites administratives du PNEK dans la wilaya d'El Tarf (Sarri et al., 2014)

#### II.1.2. Situation géographique

Le Parc National d'El-Kala se trouve à l'extrême nord de l'Algérie, couvrant 26 % de la superficie de la wilaya d'El-Tarf, ce qui correspond à 78 000 hectares (Djelloul, 2014). Il comprend un mélange distinct d'écosystèmes, caractérisé par de diverses zones humides, ce complexe est considéré comme unique dans la région méditerranéenne.

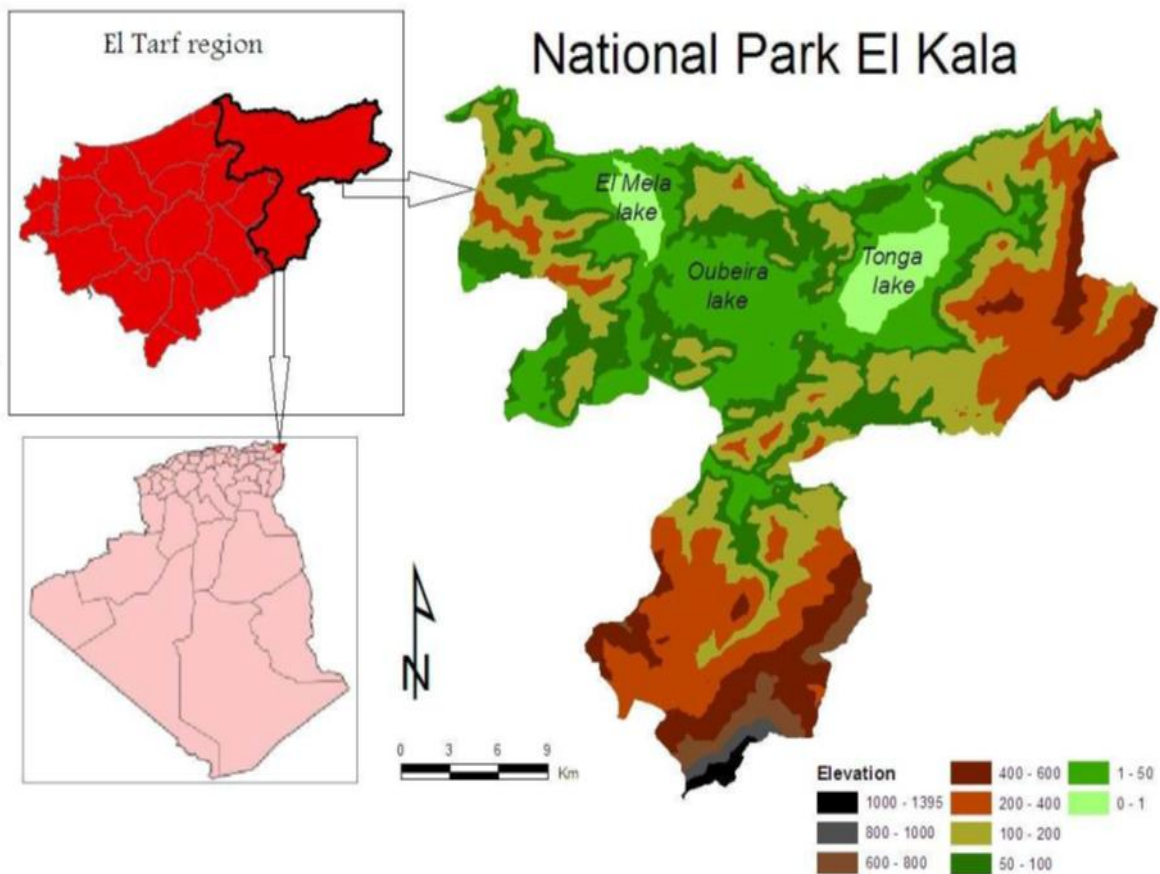
Le site a été désigné en tant que parc national sous le décret n° 83-462 du 23 juillet 1983 et désigné comme « Réserve de la biosphère » par l'UNESCO en 1990 (Benyacoub et Chabi, 2000).

Il possède une importante diversité floristique et faunistique.

Le Parc National d'El-Kala (36°52'N, 8°27'E) est délimité comme suit :

- Le littoral méditerranéen au nord,
- Les montagnes de la Medjerda au sud,
- Les frontières algéro-tunisiennes à l'est,
- Les plaines d'Annaba à l'ouest.

En raison de la grande variété de milieux naturels qui entourent cette position, elle est d'une grande valeur écologique.



**Figure 2:** localisation du parc national d'El Kala en Algérie (Pech et Diaf, 2022).

### II.1.3. Hydrologie

Les ressources en eau sont d'une grande importance, et la région se caractérise par un réseau hydrographique particulièrement complexe. Ces ressources hydriques qui se caractérisent par une diversité de plans d'eau, tels que les lacs Tonga, Oubeïra, et Mellah, ainsi que plusieurs



### II.1.4.3. L'humidité relative

Durant cette période d'étude, les moyennes mensuelles de l'hygrométrie étaient au maximum en décembre avec 80,4 %, et avec une valeur minimale de 73,11 % durant juillet.

Durant toute l'année, l'humidité de l'air était avec des valeurs très élevées cela est probablement due à la présence de nombreuses zones humides et des forêts dans le parc national d'El Kala ainsi qu'à la proximité de la mer.

### II.1.4.4. Température

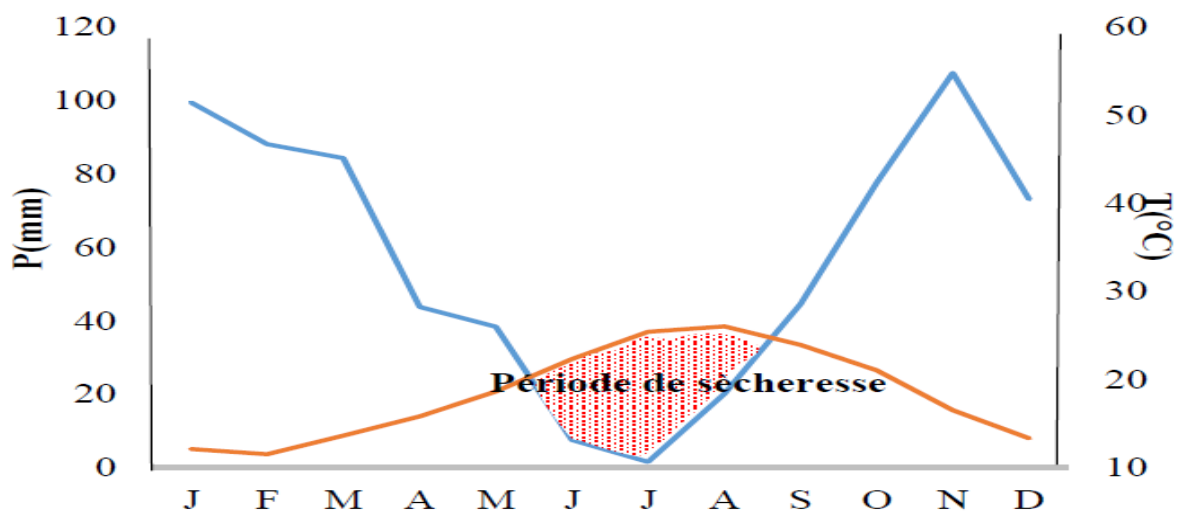
Dans la période étudiée, le mois d'août enregistre la température maximale la plus élevée, atteignant 31,5 °C, tandis que le mois de février affiche la température minimale, la plus basse à 6,7 °C.

## II.1.5. Caractères bioclimatiques de la région d'étude

### II.1.5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953)

Ce diagramme permet d'évaluer la durée et l'intensité de la saison sèche, soulignant ainsi l'impact du stress hydrique sur le développement de la flore et la production de biomasse (Ramdani, 2021).

(P est le total des précipitations mensuels, exprimé en millimètres (mm), tandis que T correspondent à la température moyenne mensuelle, exprimée en degrés Celsius (°C)).



**Figure 4** : Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) appliqué à la région d'El-Kala pendant la période de (2009-2019) (Iboud, 2024)

Selon la (Figure 4), le diagramme ombrothermique de la région étudiée révèle :

Une période sèche qui se déroule entre mai et septembre. Et deux périodes humides, la première du mois de janvier au mois de mai et la seconde du mois de septembre au décembre.

### II.1.5.2. Climagramme d'Emberger

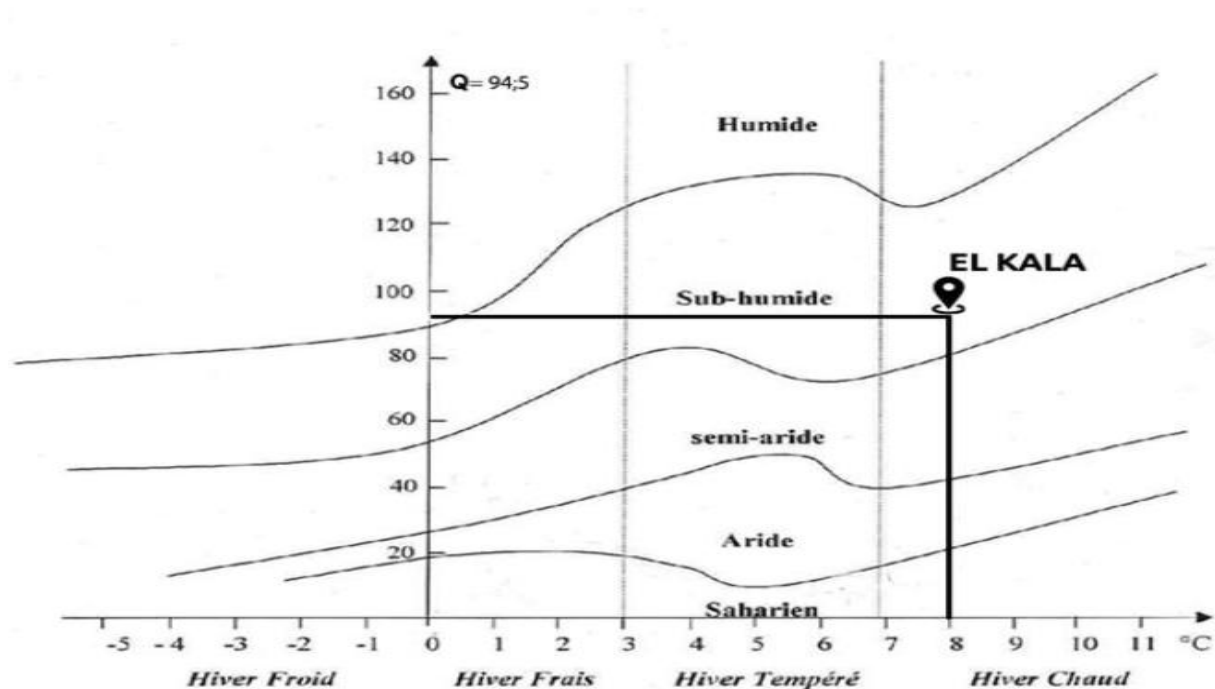
Un quotient pluvio-thermique proposé par Emberger pour les régions méditerranéennes qui permet de déterminer l'étage bioclimatique de la zone étudiée ; il est calculé comme suit :

(Iboud, 2024).

$$Q = \frac{P \times 100}{(M+m)(M-m)}$$

(P) : la moyenne annuelle des précipitations (mm), (M) : Température moyenne maximale du mois le plus chaud (en °C), (m) : Température moyenne minimale du mois le plus froid (en °C).

La valeur du quotient pluviométrique d'Emberger est égale à 94.5, selon la (figure 5). La région est classée dans l'étage climatique subhumide à hiver très chaud.



**Figure 5** : Climagramme pluviométrique d'Emberger du PNEK durant la période de (2009-2019) (Iboud, 2024)

## **II.1.6. Richesse biologique**

### **II.1.6.1. La richesse faunistique**

Le Parc National d'El-Kala (PNEK) possède une biodiversité faunistique exceptionnelle ; il abritait des lions jusqu'en 1891 et les panthères jusqu'en 1930 (**Joleaud, 1936**).

Aujourd'hui la faune demeure encore riche, regroupant 878 espèces animales, parmi lesquelles figurent des espèces remarquables comme le cerf de Barbarie, le lynx caracal, l'hyène rayée, le renard (roux ou doré), et la mangouste (**Labbaci, 2017**).

Il regroupe de nombreuses espèces considérées comme rares ou menacées, selon les critères de l'UICN.

Il intègre 40 espèces de mammifères (**Houhamdi, 2021**), 74 espèces de Poissons (**Akroum, 2014**). En ce qui concerne l'herpétofaune, d'après l'étude de (**Rouag et Benyacoub, 2006**), il existe 17 espèces comprenant 4 espèces de tortues, 8 espèces de lézards et 5 espèces de serpents. Concernant la richesse ornithologique qu'il comprend, 191 espèces aviennes dont 55 oiseaux hivernant et 136 oiseaux nicheurs (**Benyacoub et Chabi, 2000**).

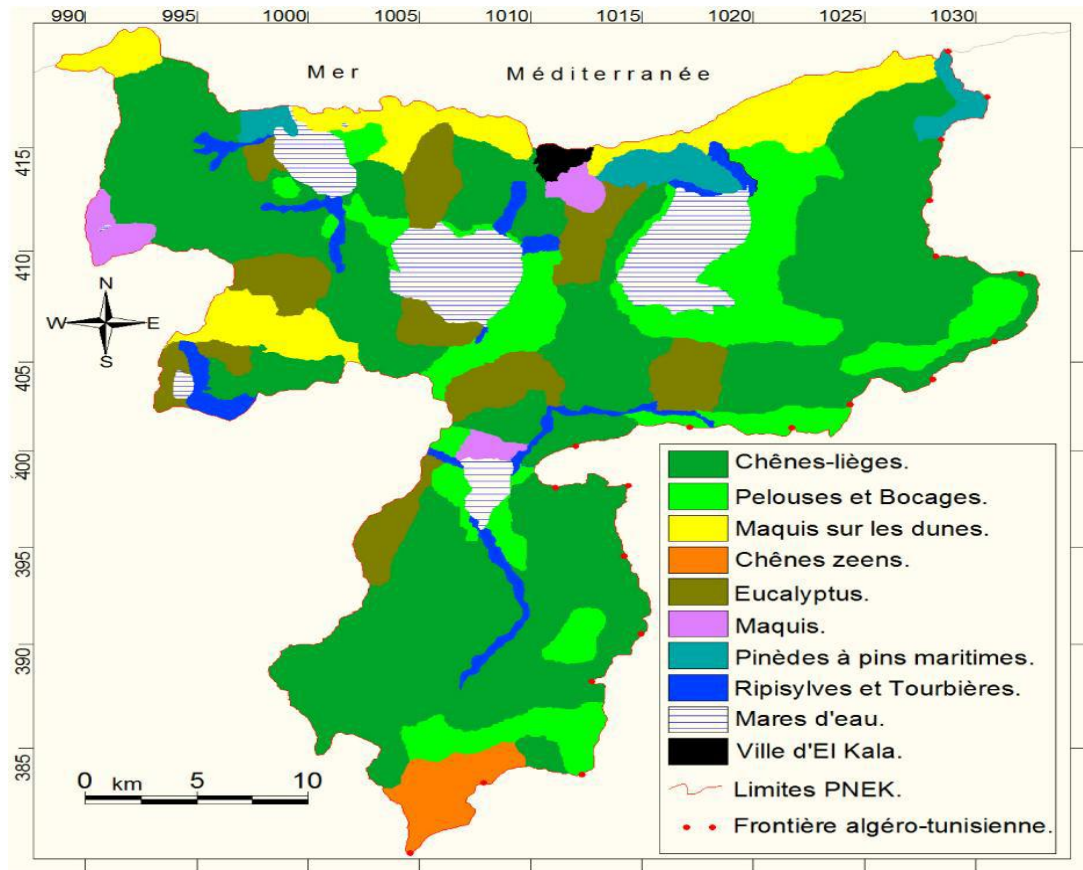
### **II.1.6.2. Richesse floristique**

Il intègre plus de 850 espèces comprenant 545 spermatophytes, 110 champignons, 65 algues, 50 lichens, 40 mousses et 25 fougères (**Abbaci, 1999**).

Cela correspond à (27 %) de la flore du parc et environ (15 %) de la flore rare au niveau national ; la région abrite 231 espèces rares réparties entre 62 familles (**Ouelmouhoub, 2005**).

Parmi les 135 familles de la flore de Quézel et Santa, plus de 100 familles sont présentes dans le PNEK (**Aissaoui, 2012**).

La majeure partie du PNEK est forestière, avec une superficie de 54000 hectares (**Aissaoui, 2012**). Plus de 80 % de son territoire est couvert par des forêts, constituées principalement de peuplements de chêne-liège, parfois purs ou combinées à du chêne zénien. En deuxième position, on retrouve les reboisements de pin maritime, avec des reboisements d'Eucalyptus (**Iboud, 2024**).



**Figure 6** : Répartition du patrimoine forestier dans le parc national d'El Kala (Saadali, 2016).

### II.1.7. Zones humides et écosystèmes lacustres

Les zones humides sont des régions où l'eau joue un grand rôle en influençant les écosystèmes ainsi que la faune et la flore qui les habitent. Les organismes nécessitent des conditions spécifiques pour satisfaire leurs besoins vitaux, ce qui détermine l'importance et la qualité d'une zone humide. Parmi les 50 sites classés sur la liste Ramsar reconnus à l'échelle nationale. L'écosystème lacustre de la wilaya d'El Taref qui regroupe à lui seul (09) zones humides, dont la plupart d'entre eux sont situés au niveau du PNEK.

**Tableau 1** : Les zones humides intégrées au territoire de la wilaya d'El Tarf. (**Liste Ramsar in Saadali, 2016**).

N°	Nom du site	Coordonnée géographique (UTM)	Wilaya	Superficie (km <sup>2</sup> )	Année
1	Réserve Intégrale du Lac Oubeïra	36° 50' N 08° 23' E	El Tarf	31,6	1983
2	Aulnaie de Aïn Khïar	36° 48' N 08° 19' E	El Tarf	1,8	2003
3	Tourbière du Lac Noir	36° 51' N 08° 12' E	El Tarf	0,05	2003
4	La Réserve Naturelle du Lac des Oiseaux	36° 46' N 08° 07' E	El Tarf	1,2	1999
5	Marais de la Mekhada	36° 48' N 08° 00' E	El Tarf	89	2003
6	Réserve Intégrale du Lac Tonga	36° 51' N 08° 31' E	El Tarf	27	1983
7	Réserve Intégrale du Lac El Mellah	36° 53' N 08° 20' E	El Tarf	22,57	2004
8	Marais de Bourdim	36°48'N 08°15'E	El Tarf	0,11	2009
9	Oum Lâagareb	36°49'N 08°13'E	El Tarf	7,29	2011

Les écosystèmes lacustres du Parc national d'El-Kala, classés site Ramsar, comprennent une variété de plans d'eau, chacun ayant une importance écologique unique. Ces derniers constituent la zone d'hivernage la plus importante pour l'avifaune migratrice. Ce complexe unique est fréquenté par un nombre énorme d'oiseaux, ce qui en fait également un habitat exceptionnel favorisant la nidification de plusieurs espèces rares, telle que la guifette moustac (*Chlidonias hybrida hybrida* Pallas 1811) avec sa fidélité pour le lac tonga.

## II.2. Présentation du site d'étude

La présente étude a été réalisée au lac Tonga situé en Numidie orientale algérienne, (36° 53' N / 08° 31' E), qui est depuis 1982 classé en tant que réserve intégrale au sein du Parc national d'El Kala et reconnu comme site Ramsar d'importance internationale (**Lazli et al., 2011**). Il est intégré dans le vaste réseau de zones humides localisé dans le nord-est de l'Algérie, dans la région d'El Kala. Il couvre une superficie de 2 500 hectares, avec une profondeur moyenne de 1,5 mètre. (**Belhadj et al., 2007**). Le canal de la Messida le relie à la mer (**Narsis, 2020**).

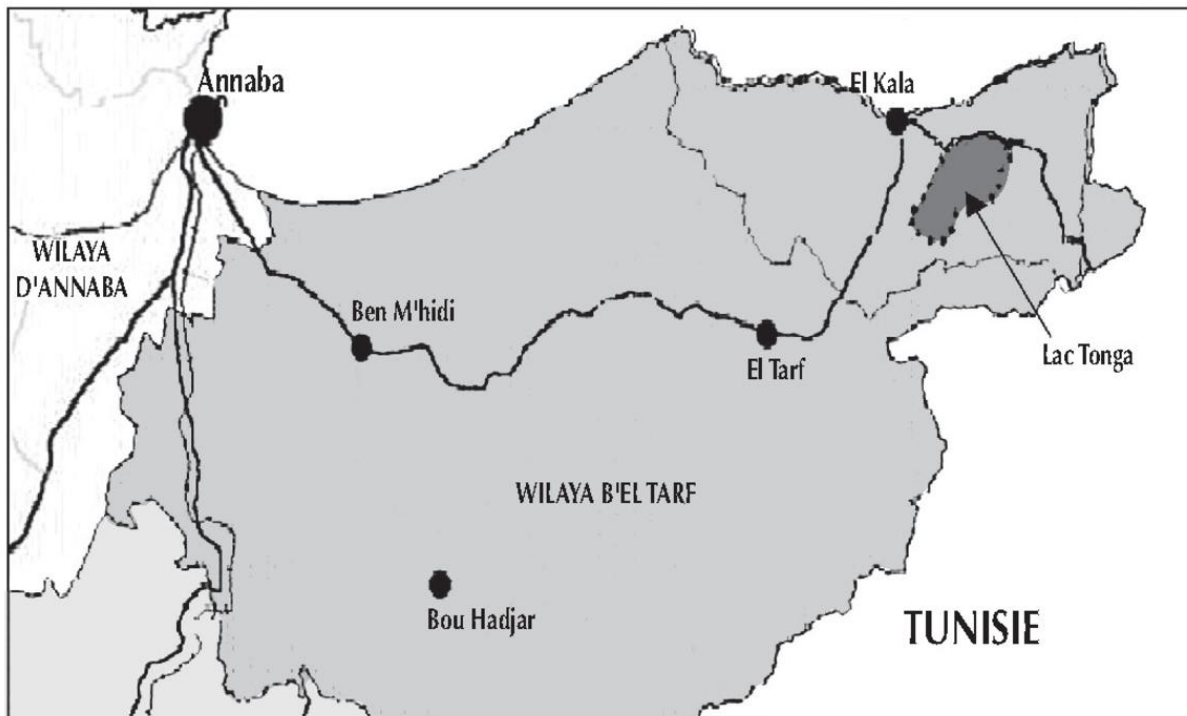
La plaine d'Oum Teboul abrite le lac Tonga, sa localisation se situe à une distance d'environ 6 km à l'est de la ville d'El Kala (**Saifouni et Bellatreche, 2014**).

Le site est bordé au sud, à l'ouest et à l'est par les contreforts des montagnes de la Kroumirie. Dans la partie nord-ouest, il se sépare du lac Oubeïra, par des collines gréseuses, tandis qu'au

nord, un cordon dunaire littoral délimite la frontière avec la mer Méditerranée (**Raachi, 2007**).

Reconnu comme un site essentiel pour l'hivernage de nombreuses espèces d'anatidés, ce site joue également un rôle important en abritant la nidification d'un grand nombre d'oiseaux. (**Lazli et al., 2011**).

La densité de la végétation aquatique dans le lac est importante pour la répartition des espèces d'oiseaux aquatiques, leur offrant à la fois un abri et une source de nourriture. Elle est constituée principalement d'îlots de végétation comprenant *Iris pseudoacorus*, *Sparganium erectum*, *Scirpus lacustris*, *Typha angustifolia*, *Salix pedicellata*, *Salix maritima*, *Phragmites australis* et l'émergence de *Nymphaea alba* dans les espaces d'eau libres en printemps (**Abbaci, 1999 ; Saifouni et al., 2020**).



**Figure 7** : Localisation géographique du lac Tonga (**Lazli et al., 2011**).

### II.2.1. Bassin versant du lac Tonga

Le bassin versant, aussi appelé bassin hydrographique, en hydrologie, fait référence à une région géographique où toutes les eaux de surface s'écoulent vers un point, nommé exutoire (**Banton et Bangoy, 1997 in Raachi, 2007**). L'origine de ce bassin versant est laguno-marine, il couvre une superficie de 150 km<sup>2</sup> (**Aissaoui, 2012**). Le lac est alimenté par deux sous-bassins distincts : l'Oued El-Hout, au sud, et l'Oued El-Eurg, au nord-est (**Rizi, 2018**).



**Figure 8** : Les limites du bassin versant du lac Tonga ainsi que le réseau hydrographique associé (Loucif, 2020).

### II.2.2. Géologie et pédologie du site

L'origine du lac Tonga remonte aux quaternaires. Lorsque la cuvette s'est construite suite à des mouvements tectoniques. Au fond du lac, des argiles de Numidie se sont déposées, garantissant ainsi l'imperméabilité de cette dépression à l'origine laguno-marine.

Progressivement, l'accumulation importante de limons issus de l'érosion des collines environnantes a provoqué l'envasement du fond, transformant ainsi la zone en un lac d'eau douce (Boumezbeur, 2005 in Narsis, 2020).

Quatre types de sols peuvent être identifiés : (Direction Générale des Forêts, 2003).

-Sols marécageux, situés dans la partie centrale du lac.

-Sols tourbeux ont été identifiés dans la région de l'aulnaie située au nord du lac Tonga.

-Dépôts alluviaux se trouvent le long des cours d'eau de l'Oued El Hout et de l'Oued El Eurg, ainsi que dans les environs du lac.

-Sols des prairies marécageuses, qui tendent à s'assécher durant la saison estivale.

### **II.2.3. Végétation du lac tonga**

Le lac Tonga héberge une diversité de 82 espèces végétales réparties sur 31 familles. Parmi celles-ci, 32 espèces, représentant 39 % du total, considérées comme relativement rares, voire extrêmement rares, ces espèces incluent notamment *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba* et *Utricularia exoleta* (Lazli et al., 2011).

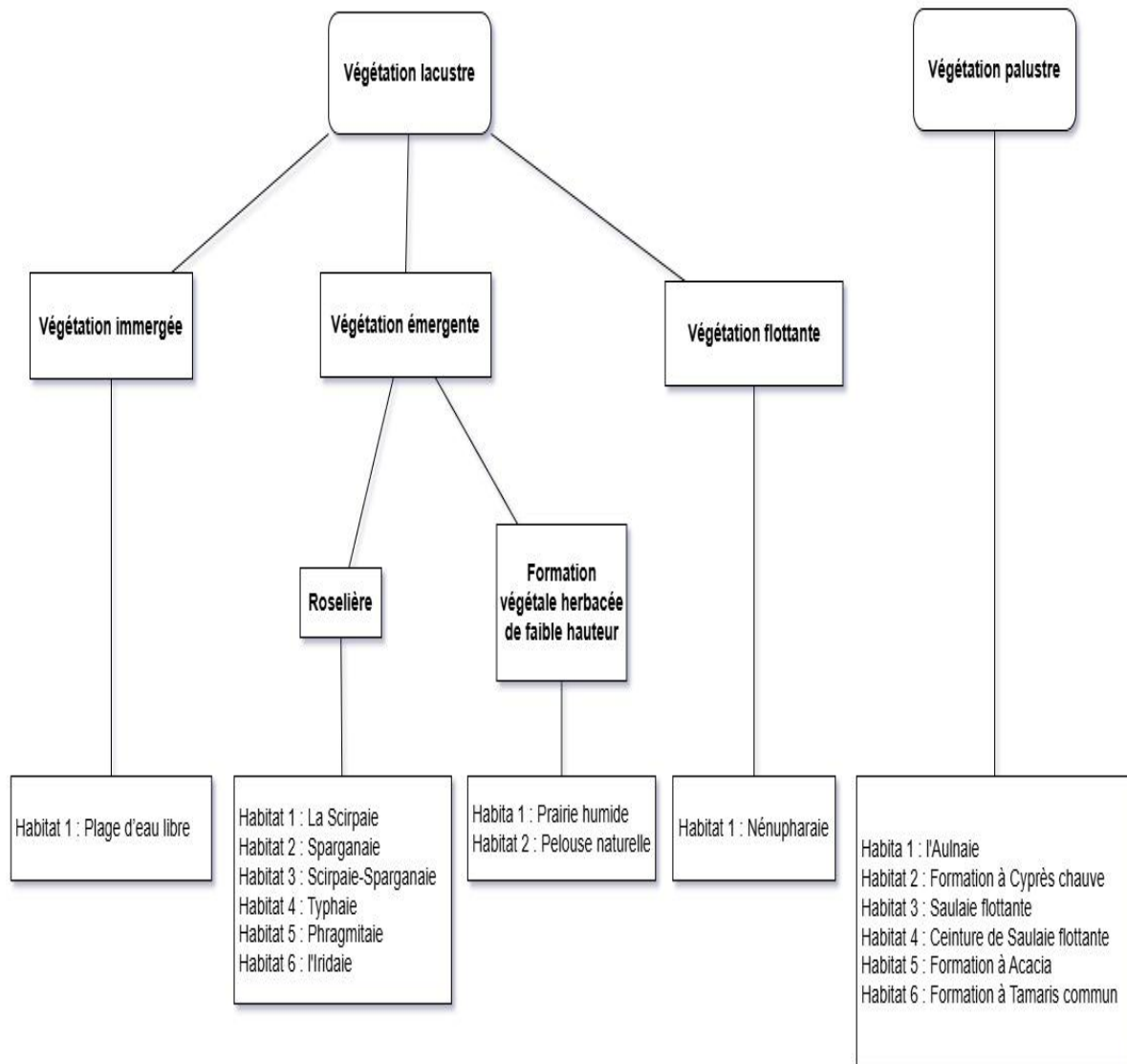
Selon (Saifouni et al 2020) : Un total de 16 habitats a été identifié, parmi lesquels 10 sont associés à la végétation lacustre et 06 à la végétation palustre.

#### **II.2.3.1. Végétation lacustre**

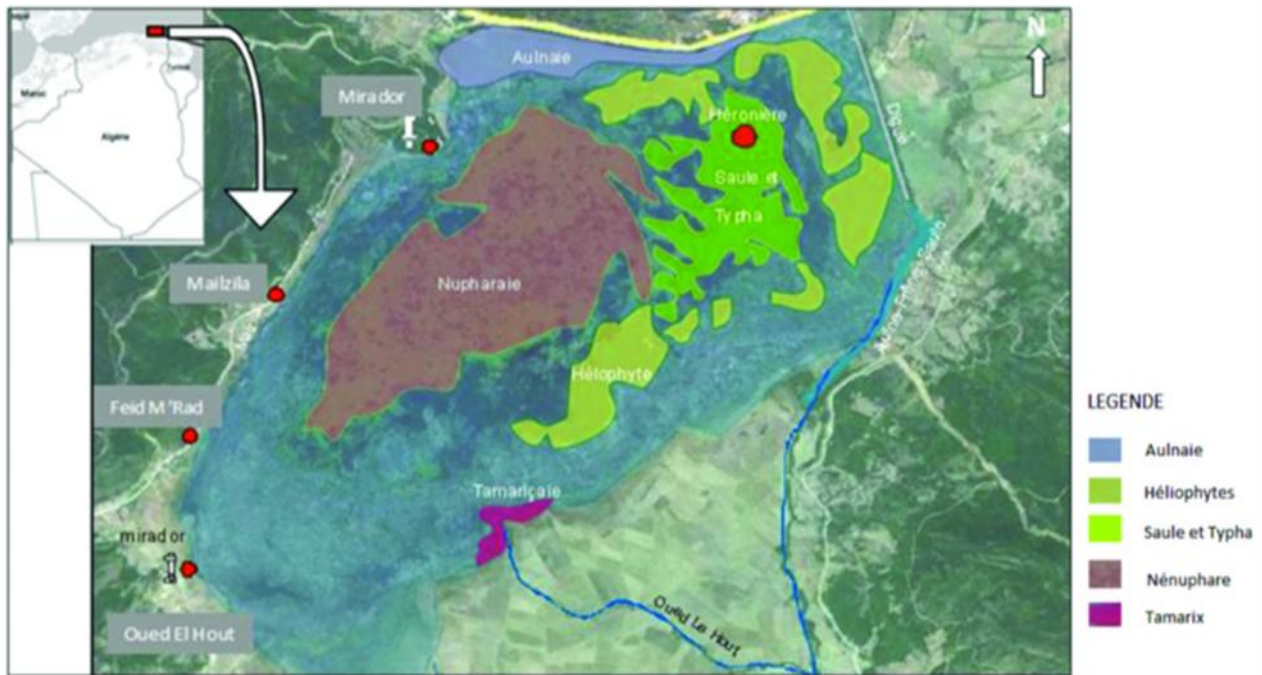
C'est une végétation constituée d'une grande variété de plantes herbacées qui crée l'illusion d'une vaste zone inondée.

#### **II.2.3.2. Végétation palustre**

La végétation ligneuse se trouve dans les bordures Nord et au milieu du lac, et elle est caractérisée par une strate haute (arborescente) très développée.



**Figure 9** : Identification des 16 habitats naturels de végétation présents dans le lac Tonga (Saifouni et al., 2020).



**Figure 10** : Carte représentative des plus importantes formations végétales du lac tonga (Rizi et al., 2016).

#### II.2.4. La Faune

Une installation d'une riche faune variée dans les divers habitats du lac tonga.

##### II.2.4.1. La richesse avifaunistique

De nombreux anatidés et foulques sont accueillis dans le lac Tonga qui est un lieu de nidification pour de nombreuses espèces, comme la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*), la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida*), ainsi que des espèces de hérons et le Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*) (Lazli et al., 2011).

##### II.2.4.2. Mammifère

37 espèces de mammifères existent dans le lac Tonga (Houhamdi, 2021). Certaines de ces espèces sont rares telle que la loutre *lutra* qui est l'une des espèces rares de ce lac et qui est menacée d'extinction (Ghalmi, 1997 in Aissaoui 2012).

Le bassin versant du lac Tonga abrite 14 mammifères protégés en vertu du décret présidentiel du 20/08/83, représentant ainsi 30% du total des mammifères protégés par la législation en Algérie (Raachi, 2007).

##### II.2.4.3. L'entomofaune

Il comprend 22 espèces d'odonates, classés dans 04 familles taxonomiques : Lestidae, Aeshnidae, Coenagrionidae, et Libellulidae (Saouache, 1993 in Raachi, 2007).

#### **II.2.4.4. Amphibiens et Herpétofaune**

Le bassin versant du Tonga comprend une grande diversité de reptiles et d'amphibiens, tels que le triton de Poiret (*Pleurodeles poireti*), la couleuvre vipérine (*Natrix maura*), l'emyde lépreuse (*Mauremys leprosa*), le crapaud de Mauritanie (*Bufo mauritanicus*), la cistude d'Europe (*Emys orbicularis*), le lézard ocellé (*Lacerta pater*), le scinque ocellé (*Chalcides ocellatus*), le psammodrome algire (*Psammodromus algirus*), la tortue grecque (*Testudo graeca*), le discoglosse peint (*Discoglossus pictus*) et la grenouille verte (*Rana saharica*) (Rouag, 1999 in Narsis, 2020).

#### **II.2.4.5. Ichtyofaune, poisson**

Le lac Tonga abrite des espèces de poissons tels que les Terrapins trouvés par Bougazelli et al (1977) (Meniaia, 2015). (Raachi, 2007) note qu'il reste l'anguille *Anguilla anguilla* comme ichtyofaune qui est une espèce migratrice.

### **III.**

## **MATERIELS ET METHODES**

### III. MATERIELS ET METHODES

#### III.1. Présentation de l'espèce de l'étude

##### III.1.1. Description de l'espèce

La Guifette moustac fait partie du genre *Chlidonias* qui comprend aussi deux autres espèces : la Guifette noire (*Chlidonias niger*) et la Guifette leucoptère (*Chlidonias leucopterus*) (**Latraube, 2006**). Elle donne l'impression d'être plus massive et d'avoir des ailes plus longues que les deux autres espèces de *Chlidonias* (**Richard, 1990**) avec des ailes 10-15% plus longues que les deux autres espèces, et un bec plus long et plus lourd, une tête plus plate, et des pattes presque 50% plus longues (**Cramp, 1985**) et donc c'est la plus grande parmi elles (**Etchécopar et Hüe, 1964 ; Cramp, 1985 ; Beaman et Madge, 1998**).

Actuellement, le nom scientifique de la Guifette moustac désormais *Chlidonias hybrida* (Pallas, 1811), remplaçant ainsi l'ancien nom *Chlidonias hybridus* (**Knox et al., 2002 ; David et Gosselin, 2002 ; Sangster et al., 2005**).

La Guifette moustac, *Chlidonias hybrida* (Pallas, 1811), est une petite sterne de 23-29 cm ; 60-101 g (moyenne 84 g) ; envergure 64-70 cm (**Del hoyo et al., 1996**).

Le plumage gris fumé de cette espèce est ressemblable à celui de la Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*) ou de la Sterne arctique (*Sterna paradisaea*) (**Latraube, 2006**).

Ce qui la distingue principalement, c'est sa queue modérément fourchue, ainsi que son plumage uniforme sur le haut du dos et le croupion (**Svensson et al., 2000 in latraube, 2006**), et sa calotte noire bien visible s'étend jusqu'à la nuque. Cela contraste avec le visage blanc et le dessous gris foncé, ce qui donne une combinaison qui semble « à moustaches » de loin, d'où son nom. Cela est clairement visible surtout lorsqu'on la regarde de face (**Richard, 1990**).

- Longévité : La longévité maximale décrite est de 13 ans (**Latraube et al., 2006**).
- Durée d'incubation : 17 jours selon (**Hoeher, 1973 in Cordonnier, 1986**), 19 jours selon (**Ivanauskas in Makatsch, 1974 in Cordonnier, 1986**) 20 jours selon (**Geroudet, 1972 in Cordonnier, 1986**), 18-20 (**Cramp, 1985**), 18-21 (**Bakaria, 2013**). La couvaison est à part égale par les deux parents avec une rotation située aux alentours de 25 minutes (**Cramp, 1985**).

### III.1.1.1. Caractéristiques des adultes

Il existe une variation saisonnière marquée :

En plumage d'hiver, la calotte est plutôt blanche, avec une ligne horizontale sombre qui s'étend depuis l'œil. Les parties supérieures sont plus claires, la poitrine est moins foncée, et la calotte est moins noire (Figure 11).

Chez les adultes en plumage d'été, la Guifette moustac présente un dessous gris profond, avec des joues et des côtés du cou blancs, créant un contraste marqué avec la calotte noire (Figure 12).



**Figure 11:** Guifette moustac adulte internuptial (oiseaux.net. Fenerole, 2012)



**Figure 12:** Guifette moustac adulte nuptial (oiseaux.net. Mercier, 2012)

Les sexes sont semblables sauf pour la taille du bec (**Cramp, 1985**). Le bec des mâles est plus long que celui des femelles (**Ledwon, 2011 ; Latraube, 2006**), la mesure de la longueur du bec peut être considérée comme le meilleur critère de distinction des sexes (**Cramp, 1985**).



**Figure 13:** A-Mâle de Guifette moustac (*Chlidonias hybrida*) (**Latraube, 2006**).



**Figure 13:** B-Femelle de Guifette moustac (*Chlidonias hybrida*) (**Latraube, 2006**).

### III.1.1.2. Caractéristiques des poussins

En ce qui concerne les poussins, leur dos est brun moucheté, créant un contraste avec leurs ailes pâles, tandis que le dessous est blanc.



**Figure 14** : photo du poussin de la Guifette moustac *chlidonias hybrida hybrida* prise par (Lemmoui.M, 2021)

Les jeunes nouvellement éclos ont une longueur totale moyenne de 80 mm. L'âge de l'envol est d'environ 23 jours (Fjelds, 1977 ; Svoboda 1961 in Cramp, 1985).

### III.1.1.3. Caractéristiques des juvénile

Le juvénile a une tête pâle, un dos tacheté de nuances brunes, beiges et grises, et une aile supérieure similaire à celle de l'adulte en plumage d'hiver. Cependant, les plus grandes couvertures sont tachetées de brun et l'extrémité des plumes de vol est colorée en gris plus foncé. Des taches brunâtres et noires apparaissent également sur les plumes de la queue.

D'après Mees, les jeunes de l'année passent leur premier été dans leurs lieux d'hivernage avant de retourner vers les sites de reproduction, où ils commencent à



**Figure 15** : Juvénile de la guifette moustac *chlidonias hybrida hybrida* (Bakaria, 2013)

se reproduire à l'âge de deux ans (**Cramp, 1985**). Et selon (**latraube et al., 2006**), Ils sont capables de revenir nicher dès la première année avec un plumage nuptial de type adulte.

### III.1.2. Systématique et distribution mondiale de l'espèce

La guifette moustac *Chlidonias hybrida* est parmi les guifettes les plus réparties du genre *Chlidonias* (**Harrison et al., 2021 in Iqbal et al., 2022**).

- La Guifette moustac *Chlidonias hybrida* présente six sous-espèces, chacune ayant une distribution géographique spécifique (**Del Hoyo et al., 1996**) :
- *Chlidonias hybrida hybrida* est principalement localisée en Afrique du Nord, en Europe de l'Ouest, et dans certaines régions de la Russie occidentale et centrale, et s'étend jusqu'au Kazakhstan. Elle migre en Afrique et dans le sud-ouest de l'Asie pour l'hivernage.
- *Chlidonias hybrida swinhoei* se trouve au nord de la Mongolie, à l'est de la Chine et dans le sud-ouest de l'Asie.
- *Chlidonias hybrida indicus* occupe une vaste zone allant de l'est de l'Iran au Pakistan et s'étend jusqu'au nord de l'Inde.
- *Chlidonias hybrida javanicus* se localise au nord de l'Inde et probablement au Sri Lanka, concernant son hivernage est en Malaisie et en Indonésie.
- *Chlidonias hybrida sclateri* ou *delalandii* est localisée dans les régions d'Afrique australe, notamment en Afrique du Sud, au Kenya et à Madagascar.
- *Chlidonias hybrida fluviatilis* se reproduit en Australie, puis hiverne dans le nord de la Guinée et l'est de l'Indonésie.

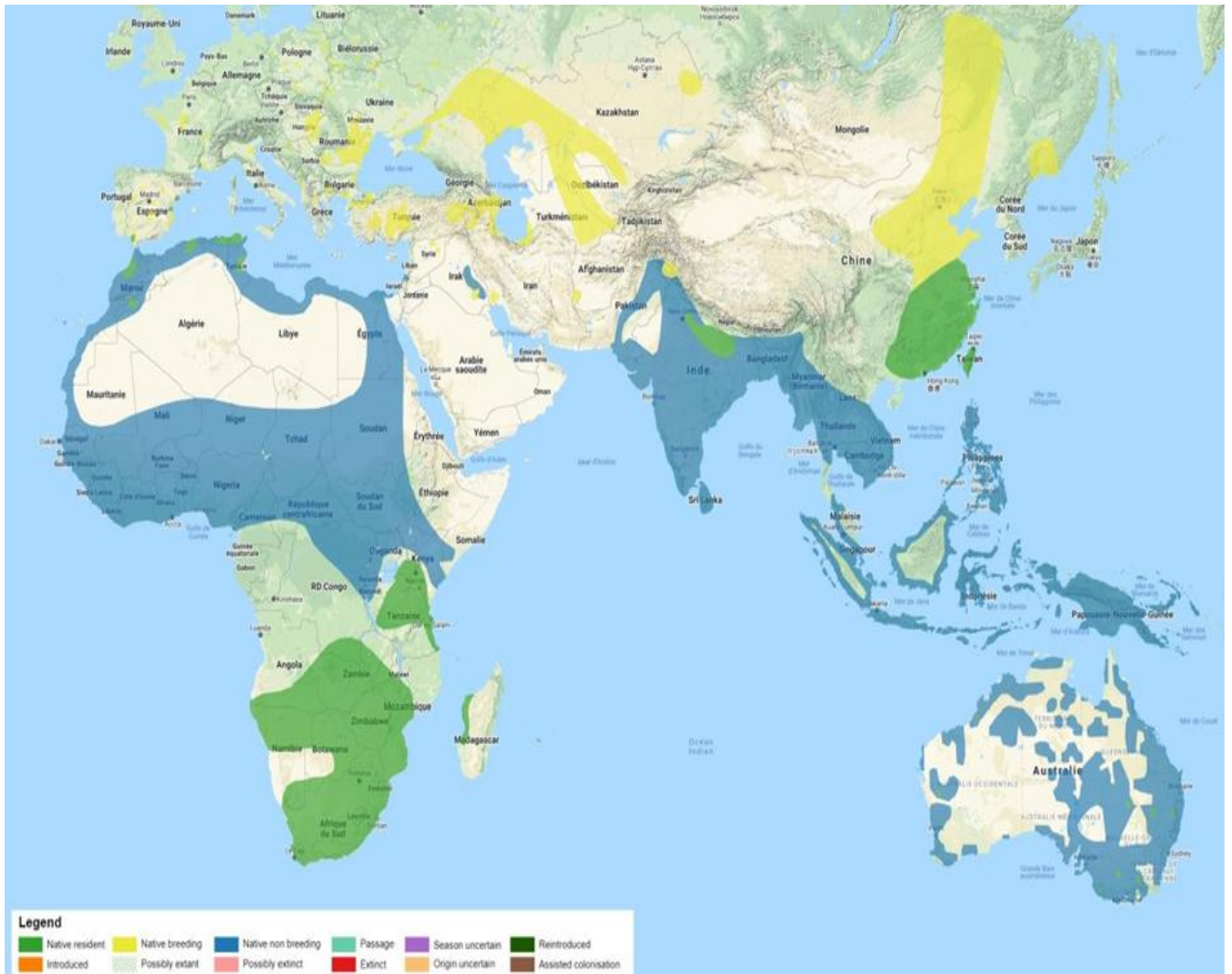
### III.1.3. Aire de reproduction

La reproduction de la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida*) se produit dans les latitudes moyennes et tempérées du Paléarctique Occidental, englobant l'Europe de l'Ouest et Centrale, le Proche et Moyen-Orient, avec une présence marginale en Afrique du Nord, s'étendant vers l'est jusqu'à la Russie Occidentale et le Kazakhstan (**migraction.net**).

En Afrique du Nord, la guifette moustac aurait été signalée comme nicheuse au Maroc, en Algérie et en Tunisie :

- Au Maroc (**Heim de Balsac et Mayaud, 1962 ; Robin 1966, 1968 ; Radi et al., 2020**).
- En Tunisie (**Heim De Balzac et Mayaud 1962 ; Isenmann et al., 2005**).

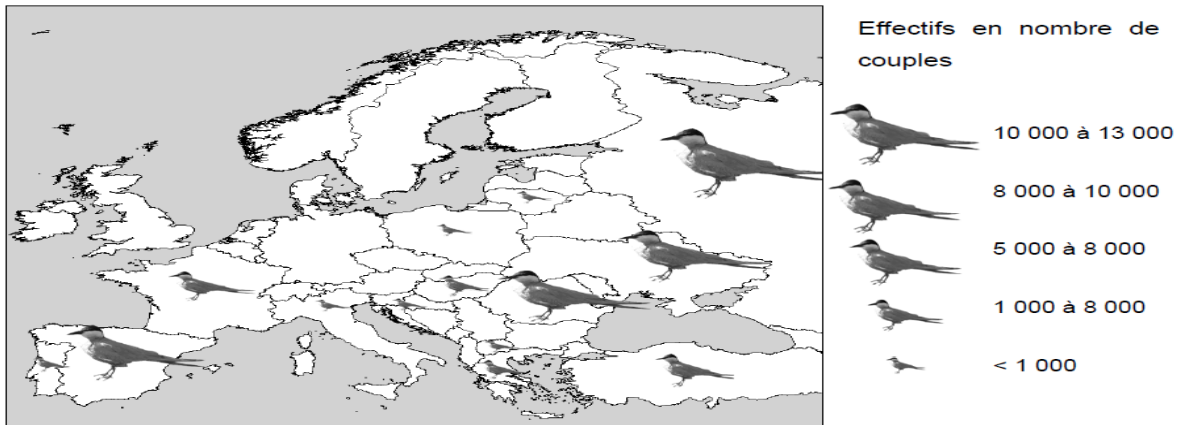
- En Algérie, la présence de cette espèce en tant que nidificateur régulier est attestée dans le Parc National d'El Kala, en particulier au niveau du lac Tonga (**Rizi 1994 ; Bakaria et al., 2002 ; Bakaria et al., 2009 ; Bakaria, 2013**).



**Figure 16 : Zones de répartition de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* (BirdLife International, 2024).**

### III.1.4. Statuts des effectifs

La population mondiale est estimée à un nombre variant entre 300 000 et 1 500 000 individus (**Wetlands International in BirdLife International**) et celle de la population européenne est estimée à 66 300-108 000 couples, ce qui équivaut à 133 000-215 000 individus matures (**BirdLife International**).



**Figure 17** : Effectifs des individus reproducteurs de la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida*) en Europe (Heath et al., 2000 in Latraube, 2006).

Une diminution des effectifs en Europe de l’Ouest, en Espagne pendant les années 70 et 90 a été remarquée. En Europe de l’Est, la destruction des zones humides surtout en Russie a provoqué la diminution des effectifs (Heath et al., 2000 in Latraube, 2006).

La France, est au cinquième rang derrière la Russie, l’Ukraine, la Roumanie et l’Espagne.

En Algérie, le seul territoire de nidification de la Guifette moustac est le lac Tonga, Avec une estimation approximative d'effectifs comprise entre 1200 et 1500 individus selon une (Bakaria, 2013), et de 73 à 745 ont été observé par (Loucif, 2020).

### III.1.5. Hivernage et mouvements migratoires

Elle Hivernent régulièrement (en faible effectif en Méditerranée), particulièrement en Espagne. (Erard et Vielliard, 1966 in Cramp, 1985), en Algérie (Jacob 1979 in Cramp, 1985) et en Tunisie (Isenmann, 1972d in Cramp, 1985) ; et en Camargue (France) (Cramp, 1985).

Les oiseaux d'Europe de l'Ouest migrent vers l'Afrique de l'Ouest ((Del Hoyo et al., 1996 ; Cramp, 1985),

Le CRBPO a observé que les guifettes issues de l’Europe de l’Ouest passent la période hivernale dans des régions comme le Ghana et le Sénégal (Latraube, 2006) (figure 18) ; alors que les oiseaux d'Europe de l'Est hivernent principalement en Afrique de l'Est avec quelques-uns au sud du Moyen-Orient ; ceux de la zone caspienne et du Turkestan hivernent de l'Iran au Pakistan et au Sri Lanka, et peut-être aussi en Afrique de l'Est (Del Hoyo et al., 1996).



**Figure 18** : Cartographie des reprises de guifettes moustacs (**Latraube, 2006**). (Reprises de bagues espagnoles en pointillés, reprises de bagues françaises en noir).

La distance entre les reprises à l'étranger varie de 570 km à 4 123 km. Certains oiseaux ont effectué plusieurs fois le déplacement entre leur lieu de reproduction et leur zone d'hivernage.

Dans l'ouest du Paléarctique, la migration printanière s'étend de mars à mai, avec un pic à la fin du mois d'avril, tandis que la migration automnale se déroule de fin juillet à début octobre (**Cramp, 1985**).

### III.1.6. Ecologie de l'espèce

Dans les zones basses, Au sein des lacs internes couverts de végétation, tout comme dans les marais et les rivières. Toutefois, elle peut également s'établir à haute altitude, jusqu'à 2000 m en Arménie ; en Italie, elle préfère les étangs à poissons artificiels et les étangs de drainage couverts de nénuphars ; en Afrique, elle recherche opportunément les marais après de fortes pluies ; en Australie, l'espèce est principalement côtière, mais elle se reproduit dans les régions intérieures arides lors des années particulièrement humides. Son alimentation est dans les lacs, les marais et les rizières, mais aussi dans les zones agricoles, les lagunes côtières, les vasières et les estuaires (**Del Hoyo et al., 1996**).

### III.1.7. Nourriture de l'espèce

Elle se nourrit généralement seule ou en petits groupes, mais parfois en compagnie d'autres espèces (**Cramp, 1985**), comme la mouette rieuse (*Larus ridibundus*), en Hongrie (**Maté, 1962 in Cramp, 1985**), et lors de la migration et dans les quartiers d'hiver souvent en grands groupes mixtes avec d'autres Sternidae ; par exemple en Afrique de l'Est (**Britton, 1977 in**

**Cramp, 1985)** et dans le Zaïre (**Ruwet, 1964 in Cramp, 1985**) ; Elle se nourrit d'insectes terrestres et aquatiques comme des coléoptères aquatiques (Dytiscidae), des odonates et leurs larves, des sauterelles, des fourmis volantes, des araignées, on retrouve également des têtards, des grenouilles, de petits crabes, des poissons, des moustiques et de crevettes d'eau douce (**Del Hoyo et al., 1996; Richards, 1990**).

Ses proies sont normalement de petite taille, Il n'existe aucune preuve antérieure que les guifettes se nourrissent d'objets de plus de 10 cm de longueur (**Iqbal et al., 2022**).

Cependant en 2021, une guifette moustac *Chlidonias hybrida*, a été observée en train d'attraper puis de consommer un grand poisson à points bleus *Boleophthalmus pectinirostris* dans la rivière Nibung, dans le sud de l'île de Sumatra., Indonésie. Le poisson mesurait environ 15 cm de long, cela était probablement équivalent à la mesure de la sterne, dépasse le double de la taille de sa proie habituelle.

La sterne a passé plus de 20 minutes à manger le poisson. Seule une observation directe sur le terrain aurait pu révéler la prédation de ce poisson (**Iqbal et al., 2022**).

Les distances entre la colonie et les lieux de chasse ou de pêche varient considérablement, allant de 1 à 9 km (**Cramp, 1985**).

### **III.1.8. Matériels et méthodes de travail**

L'échantillonnage a été réalisé à travers une recherche systématique des nids dans la végétation flottante du lac à partir du mois de mai 2021.

Nous avons effectué des incursions sur le lac à l'aide d'une barque à fond plat poussée à l'aide de perches. Ces sorties se faisaient deux fois par semaine. Lors du suivi de la colonie pendant la période de reproduction, nous avons rencontré plusieurs obstacles, notamment l'accès à la zone de reproduction en raison de la végétation dense. Pour éviter tout dommage aux nids, nous avons fait appel à un percheur expérimenté afin d'accéder aux différents sites de nidification.

Nous avons recherché les plantes flottantes, en particulier les feuilles de *Nymphaea alba*, pour trouver des nids de Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida*. D'ailleurs, nous avons trouvé des nids aussi dans la zone où y avait du *Sparganium Erectum* en abondance.

Après avoir localisé les nids, nous avons noté le type de support de construction, la profondeur de l'eau (à l'aide d'un bâton gradué), et nous avons suivi les paramètres de reproduction suivants : Date de ponte, la période de ponte, la grandeur de ponte.

L'analyse statistique de ces paramètres a été effectuée, ainsi que celle des données des 103 œufs appartenant aux 54 nids, ainsi que des caractéristiques de ces nids et de leurs positions.

- Afin d'analyser les relations entre les différents paramètres étudiés, nous avons utilisé les moyennes, les écarts-types, les valeurs extrêmes et le coefficient de corrélation de Pearson.
- La comparaison des différents paramètres a été réalisée à l'aide du test t. du student en utilisant le logiciel STATISTIX, version 8.

### III.1.8.1. Les paramètres biométriques des œufs

La biométrie des œufs offre des indications sur l'engagement parental dans le processus reproductif (Christians, 2002).

Les mensurations des œufs qui ont été prélevées sont :

- La longueur et la largeur des œufs ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse.
- Le poids des œufs à l'aide d'une balance électronique d'une précision de 0,1 g.

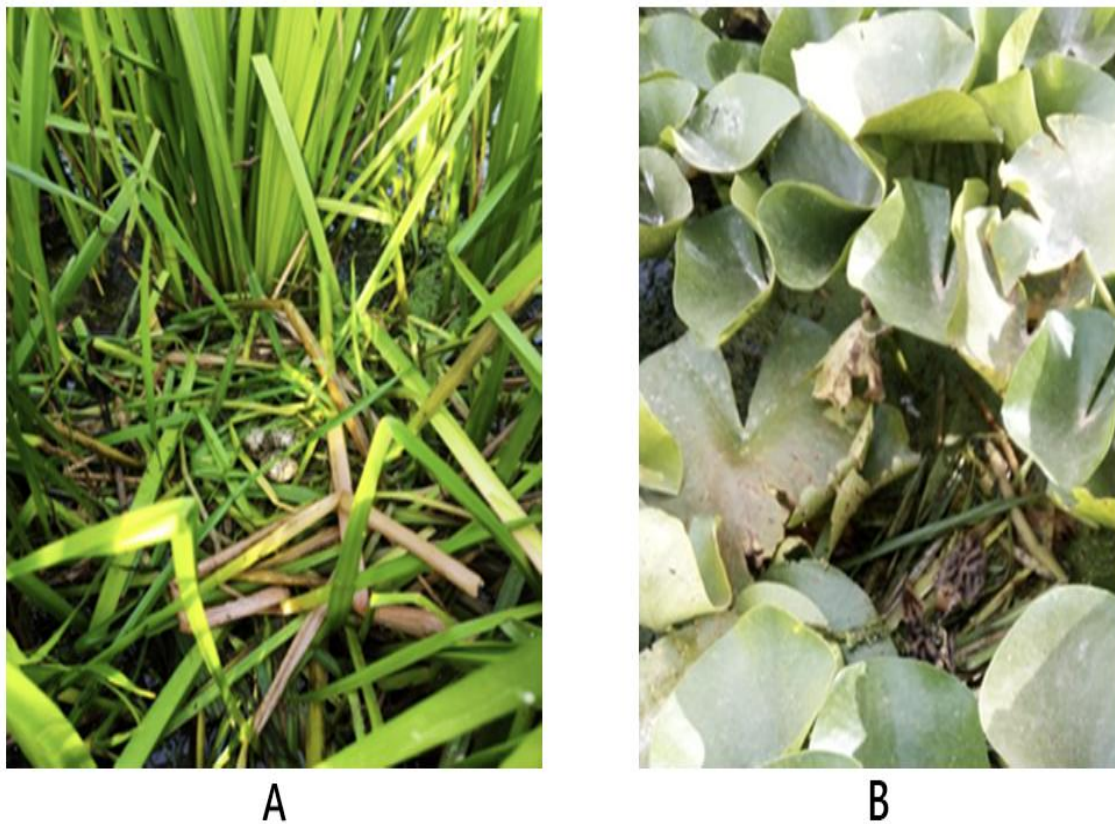


**Figure 19** : Mensuration des œufs de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* (Photo de Lemmoui.M, 2021).

### III.1.8.2. Les paramètres biométriques des nids

Les nids de la guifette moustac *chlidonias hybrida* sont construits en colonie sur divers types de végétation aquatique, flottante ou émergée (Etchécopar et Hüe, 1964 ; Trotignon et al., 1994 ; Debenest, 2015).

Dans notre étude il a été conçu sur des plantes flottantes (*Nymphaea alba*), et ceux installés sur la végétation aquatique émergente, telle que le *Sparganium erectum*, ce qui nécessite que les nids soient à la fois hydrodynamiques et stables afin de soutenir les œufs et garantir la sécurité des oisillons et des nids, tout en résistant aux variations du niveau de l'eau.



**Figure 20** : Nids du la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le Lac Tonga (Clichés : Lemmoui M, 2021).

- **A.** Dans le *Sparganium erectum* ; -**B.** Dans le *Nymphaea alba*.

Les paramètres biométriques des nids étudiés sont les suivants :

Hauteur par rapport à la surface de l'eau, diamètre externe, diamètre interne et profondeur de la coupe (ils ont été mesurés à l'aide d'un ruban mètre).

### III.1.8.3. Mesures biométriques des poussins

Du fait qu'ils sont semi nidifuge donc ils sont capables de quitter le nid au bout de 4 à 10 jours (Svoboda 1968 in cramp, 1985) et selon (Latraube, 2006) au bout de 10 jours, cela provoque la fuite des poussins qui quittent le nid et peuvent rencontrer des difficultés à retrouver leur chemin ce qui est peut-être provoqué par une intrusion d'une personne dans la colonie. Un tel comportement peut provoquer de graves blessures pour ces poussins, et même la mort. Il est donc obligatoire de ne pas les perturber (Veen et al, 2004), c'est pour cette raison que nous avons fait attention à la manière dont les petits et grands poussins réagissaient à notre présence.



**Figure 21** : Photos des poussins de la Guifette moustac *chlidonias hybrida hybrida* dans le lac Tonga.

**A** : Grand poussins hors nid, **B** : Petits poussins (Photos prises par Lemmoui.M, 2021)

Comme ils sont très mobiles, nous n'avions pas pu suivre les paramètres en fonction de l'âge car cela nécessite des méthodes particulières. La croissance de l'âge de deux poussins de la Guifette moustac a été évaluée par (Cordonnier, 1986) à travers la méthode du placement des œufs en couveuse, ils ont été suivis dès l'éclosion ; dans des conditions artificielles d'élevage. Et (Paillisson et al., 2008) à travers la méthode du placement des poussins, dans des enclos et ils ont déterminé l'âge à travers la mesure de l'aile.

Nous avons pu prendre des mesures biométriques sur 42 poussins de différentes tailles durant la période d'étude. Les paramètres mesurés sont : le poids (en g), la mesure du culmen (en mm) et la mesure de tête+bec (en mm).

Nous avons utilisé une balance électronique d'une précision (de 0,1 g), un récipient, et un pied à coulisse.

La méthode statistique appliquée à l'étude des paramètres des poussins :

- La saisie et l'analyse des données ont été faites au moyen des logiciels : Excel 2016, et Jamovi 2.5.6.0.
- Les résultats sont exprimés en effectifs, moyennes, Ecart-Type, Médiane et IC à 95 % pour la moyenne. Les tests statistiques utilisés pour la comparaison des différents sous-groupes étaient :
  - Les coefficients de corrélation « r » de Pearson ou de Rho de Spearman si les variables ne suivent pas une loi normale.

### **III.2. Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface du Lac Tonga**

Il est important de maintenir une qualité de l'eau conforme aux normes pour préserver les écosystèmes aquatiques et de surveiller en permanence les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques de l'eau.

#### **III.2.1. Prélèvements, transport et interprétations des analyses effectuées**

Prélever un échantillon d'eau est une opération délicate qui nécessite le plus grand soin ; cela influence les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

Nos prélèvements ont été effectués au niveau du lac de Tonga (le site de reproduction de la guifette moustac), une fois par mois, de mars à aout 2021.

Les échantillons pour les analyses ont été effectués à un point de prélèvement situé à environ 60 cm de profondeur dans le lac Tonga. Ceux des analyses physico-chimiques ont été prélevés dans des bouteilles en plastique propre d'une capacité d'un litre et demi, rincées préalablement avec l'eau à analyser, puis remplies à ras bord à 20 cm sous la surface de l'eau. Après le prélèvement, les bouteilles ont été hermétiquement fermées afin de garantir l'intégrité de l'échantillon et éviter toute contamination externe, préservant ainsi la précision des mesures physico-chimiques, telles que le pH, et la conductivité.

Pour les analyses bactériologiques, des flacons en verre stériles d'une capacité de 500 ml ont été utilisés, prélevés à une profondeur de 25 cm sous la surface de l'eau, et ils étaient immergés directement sous l'eau, ouverts à cette profondeur, puis hermétiquement fermés en laissant un vide de 2,5 cm pour permettre une agitation adéquate de l'échantillon avant

l'analyse, garantissant ainsi la fiabilité des résultats microbiologiques tout en préservant l'absence de contamination.

En ce qui concerne leur transport, ils ont été directement transportés au laboratoire à 4 °C et traités dans un délai maximal de 6 h à compter du moment de la collecte, et ont été effectués au laboratoire selon les méthodes standards d'analyse de l'eau recommandées par (**Rodier et al., 2009**) :

- La turbidité a été mesurée par néphélométrie à l'aide d'un turbidimètre donnant une mesure en unités de turbidité néphélométrique (NTU).
- Le pH de l'eau, la conductivité électrique et l'oxygène dissous ont été mesurés à l'aide d'un multi paramètre de haute précision WTW Multi® doté d'un système de correction automatique.
- La dureté totale a été déterminée par titration complexométrique à l'EDTA.
- Les matières en suspension ont été déterminées par méthode gravimétrique après filtration sur filtre en fibre de verre.
- La détermination des résidus secs a consisté à évaporer progressivement une quantité d'eau dans un bécher. Une fois l'eau évaporée, la capsule a été placée dans une étuve à 105°C pendant 4h et laissée refroidir 1/4h dans un dessiccateur.
- Les phosphates, sulfates, nitrates, potassium, ammonium, calcium, magnésium et nitrites ont été dosés par spectrophotométrie ionique. Les chlorures ont été analysés par analyse par injection en flux (FIA).
- La matière organique MO a été déterminée par l'oxydation des matières organiques à chaud en milieu acide avec KMnO<sub>4</sub>.
- Les germes totaux, ont été dénombrés par épifluorescence.
- Les germes indicateurs de contamination fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux) ont été dénombrés en utilisant le nombre le plus probable (NPP).

Nous avons discuté les résultats par rapport aux norme nationale Journal Officiel de la République Algérienne **JORA**, organisation mondiale de la santé **OMS**, normes de l'union européenne **UE**, ainsi que des normes sont souvent publiées dans des ouvrages de références ou des guides techniques sur l'analyse des eaux (**Rodier et al**), et enfin nous avons pu déterminer la qualité de l'eau du lac tonga et déterminer son état de pollution à travers des grilles de qualités. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques **ARNH**, Agence de bassin hydrographique - Constantinois-Seybouse-Mellegue (**ABHCSM.**), **Bulletin officiel** du Maroc. Ainsi nous avons traité nos résultats bactériologiques par la méthode de la qualité microbiologique IQM tel que défini (**Bovesse et Depelchin, 1980 in Leclercq, 2001**) et enfin

la détermination de l'origine de la contamination fécale en fonction des critères définis par **(Borrego et Romero 1982 in Hamaidi-Chergui et al., 2020)**.

### **III.2.2. Méthode statistique**

Des analyses statistiques, comprenant des méthodes descriptives et bivariées (comparaison des moyennes et tests de corrélation), ont été réalisées sur les données afin d'explorer les relations entre différents paramètres. Les résultats ont été exprimés sous divers formats, notamment des effectifs, des pourcentages, des tableaux, des graphiques, des moyennes, des écarts-types et des médianes.

Pour évaluer la variation mensuelle (de mars à août) des paramètres physico-chimiques de l'eau et des charges bactériennes des germes étudiés, le test ANOVA a été utilisé. Les interrelations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau, les communautés bactériennes, ainsi que l'impact des facteurs physico-chimiques sur elles, ont été examinés à l'aide du test de corrélation de Pearson. Ce coefficient peut prendre des valeurs comprises entre -1 et +1. Une valeur proche de -1 ou +1 indiquant une forte corrélation (positive si les deux variables augmentent ensemble, négative si l'une augmente tandis que l'autre diminue).

Quantité de  $r$  ; Force de la corrélation :  $0.0 < 0.1$  pas de corrélation,  $0.1 < 0.3$  faible corrélation,  $0.3 < 0.5$  corrélation moyenne,  $0.5 < 0.7$  corrélation élevée,  $0.7 < 1$  corrélation très élevée.

Si le coefficient est compris entre -1 et 0, cela indique une corrélation négative. Si le coefficient se situe entre 0 et 1, une corrélation positive existe. Si le coefficient est égal à 0, cela signifie qu'il n'y a aucune corrélation. Le seuil de signification a été fixé à 0,05 dans tous les cas. La saisie et l'analyse des données ont été réalisées à l'aide des logiciels Excel 2016, Jamovi 2.5.6.0, et JASP 0.18.1.0.

Sachant qu'une corrélation entre deux variables ne signifie pas forcément que l'une cause l'autre

**IV.**

**RESULTATS ET DISCUSSION**

**IV. RESULTATS ET DISCUSSION**

**IV.1. Résultats et discussion de la biologie et écologie de reproduction de la Guifette**

**Moustac *Chlidonias hybrida hybrida***

Nous avons étudié, Cinquante-quatre (54) nids de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* qui ont été installés principalement sur deux espèces végétales : 79,63 % des nids sur le *Sparganium erectum* et 20,37 % des nids sur le *Nymphaea alba* (Figures, 25 et 26). La profondeur moyenne de l'eau est de 43,244±6,770 cm et 106,360±12,667 cm respectivement dans le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba*. Les deux zones montrent une différence très hautement significative de la profondeur moyenne de l'eau (t=22,68 ; p=0,000 ; ddl=52 ; THS\*\*\*). Les nids ont été installés plus profond dans le *Nymphaea alba* (Tableau 2).

**IV.1.1. Support de construction des nids et profondeur de l'eau**

**Tableau 2:**Support de construction des nids et profondeur de l'eau chez la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le Lac Tonga. (Lemmoui et al., 2024)

Année	Végétation		Profondeur de l'eau (cm)	
	<i>Sparganium erectum</i>	<i>Nymphaea alba</i>	<i>Sparganium erectum</i>	<i>Nymphaea alba</i>
<b>2021</b>	79,63 % (43/54)	20,37 % (11/54)	43 ; 43,244±6,770 (30-60)	11 ; 106,360±12,667 (90-130)
<b>Test t du Student</b>	/		t=22,68 ; p=0,000 ; ddl=52 ; THS***	



**Figure 22** : Nids du la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le Lac Tonga dans le *Sparganium erectum* (Clichés : Lemmoui M. 2021)



**Figure 23** : Nids du la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le Lac Tonga Dans le *Nymphaea alba*. (Clichés : Lemmoui M. 2021).

IV.1.2. Caractéristiques des nids

**Tableau 3** : Caractéristiques des nids de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le Lac Tonga. (Lemmoui et al., 2024)

Zones	Caractéristiques n; Moyenne ±Ecart-type (Limites)			
	Diamètre externe des nids (cm)	Diamètre interne des nids (cm)	Profondeur des nids (cm)	Hauteur des nids à la surface d'eau (cm)
<i>Sparganium Erectum</i>	43; 32,186±6,780 (13-48)	43; 8,484±2,351 (4-12)	43; 2,849±0,416 (1,5-3,5)	43; 5,772±1,535 (3-10)
<i>Nymphaea Alba</i>	11; 37,364±5,519 (29-46)	11; 9,891±2,184 (5,2-12)	11; 2,955±0,270 (2,5-3,5)	11; 5,364±1,362 (4-9)
<b>Test t du student</b>	t=2,34 ; p=0,023 ; ddl=52 ; S*	t=1,80 ; p=0,078 ; ddl=52 ; NS	t=0,80 ; p=0,429 ; ddl=52 ; NS	t=-0,80 ; p=0,425 ; ddl=52 ; NS

Les diamètres moyens externes des nids sont de 32,186±6,780 cm et 37,364±5,519 cm respectivement chez le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Il existe une différence significative entre ces diamètres dans les deux zones au cours de la saison de reproduction (t=2,34 ; p=0,023 ; ddl=52 ; S\*) ; il est plus important chez le *Nymphaea alba*. -Concernant les diamètres moyens internes des nids est de 8,484±2,351 cm et 9,891±2,184 cm respectivement chez le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Il n'existe aucune différence significative entre eux dans les deux zones au cours de la saison de reproduction (t=1,80 ; p=0,078 ; ddl=52 ; NS).

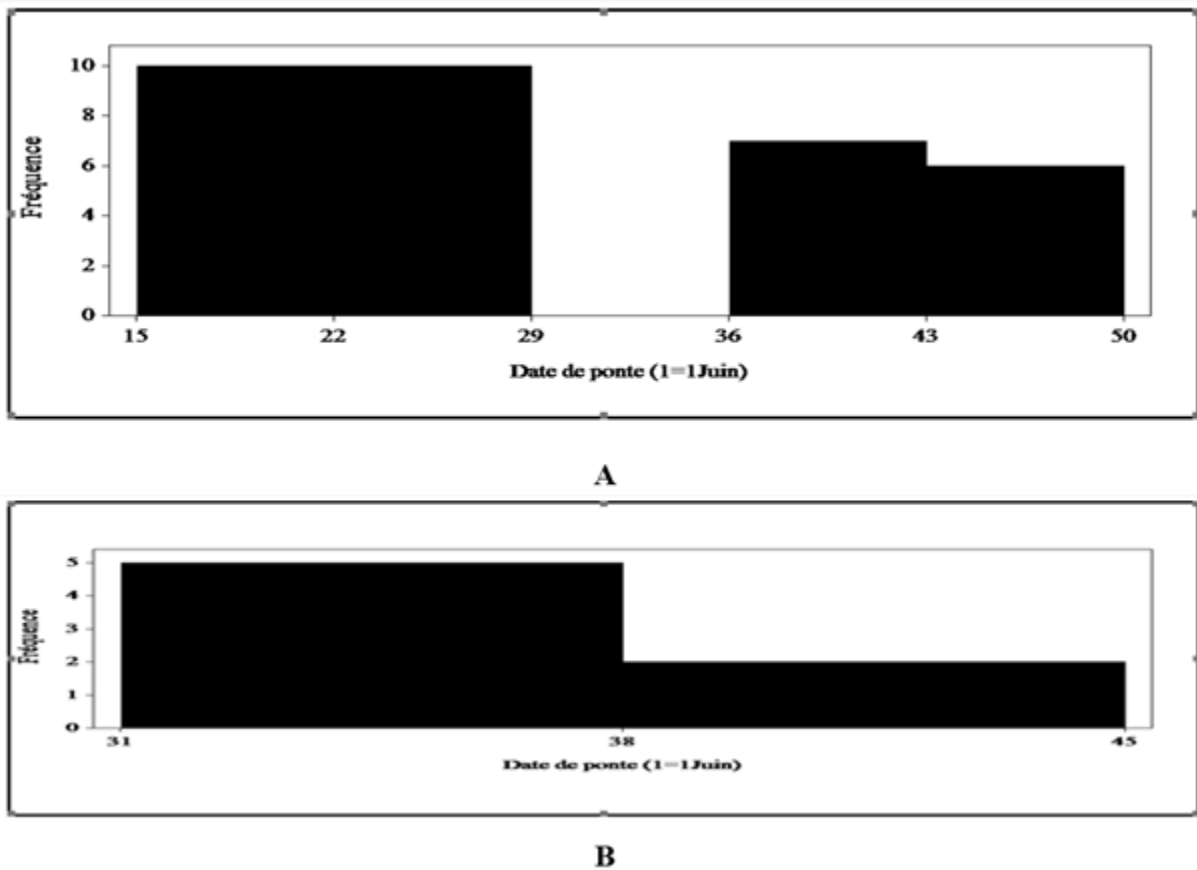
En ce qui concerne les profondeurs moyennes des nids est de 2,849±0,416 cm et 2,955±0,270 cm respectivement dans le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Il n'existe aucune différence significative entre elles dans les deux zones au cours de la saison de reproduction (t=0,80 ; p=0,429 ; ddl=52 ; NS).

Les hauteurs moyennes des nids par rapport à la surface d'eau sont de 5,772±1,535 cm et 5,364±1,362 cm respectivement dans le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Il n'existe aucune différence significative entre elles par rapport à la surface d'eau dans les deux zones au cours de la saison de reproduction (t=-0,80 ; p=0,425 ; ddl=52 ; NS) (Tableau 3).

**IV.1.3. Date et période de ponte**

C'est sur une période de cinq (05) semaines que la ponte chez le *Sparganium erectum* s'est étalée : de la Mi-juin (15 juin) jusqu'à la fin de la deuxième décade du mois de juillet (18 juillet), soit une durée de ponte de trente-trois (33) jours, avec une fréquence de ponte importante et un pic durant les deux (02) premières semaines de la reproduction (15 juin-29 juin) (Figure 24-A-)

Chez le *Nymphaea alba*, la période de ponte s'est étalée sur deux (02) semaines : de début de mois juillet (01 juillet) jusqu'à la fin de la première décade du mois de juillet (10 juillet), soit une durée de neuf (09) jours, avec une fréquence de ponte importante et un pic durant la première (01) semaine de la reproduction (01 juillet-08 juillet) (Figure 24-B-).



**Figure 24** : Chronologie de ponte de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida*.

A : Dans le *Sparganium erectum* ; B : Dans le *Nymphaea alba* (Lemmoui et al., 2024)

La date moyenne de ponte a lieu le 28 juin ( $28,186 \pm 11,813$ ) et le 04 juillet ( $34,455 \pm 3,328$ ) respectivement chez le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Il n'existe aucune

différence significative entre les dates moyennes de ponte des deux zones ( $t=1,73$  ;  $p=0,089$  ;  $ddl=52$  ; NS) (Tableau 4).

**Tableau 4** : Date moyenne de ponte de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le Lac Tonga. (Lemmoui et al., 2024)

Zones	Date de ponte
	n; Moyenne±Ecart-type (Limites)
<i>Sparganium erectum</i>	43 ; 28,186±11,813 (15 juin-18 juillet)
<i>Nymphaea alba</i>	11 ; 34,455±3,328 (1 juillet-10 juillet)
Test t du student	$t=1,73$ ; $p=0,089$ ; $ddl=52$ ; NS

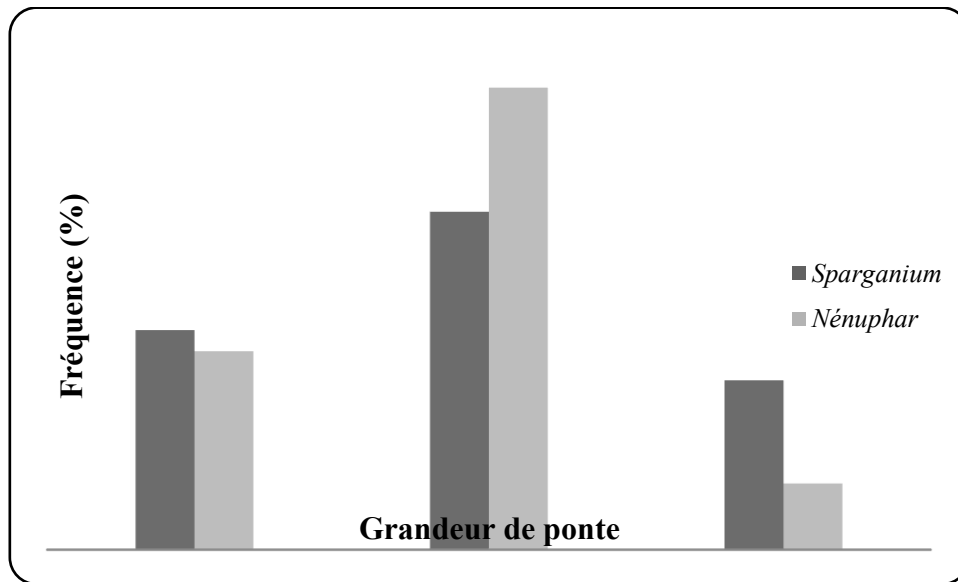
#### IV.1.4. Grandeur de ponte

La grandeur moyenne de ponte est de  $1,93±0,74$  œufs par nichée et  $1,82±0,60$  œufs par nichée respectivement chez le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Aucune différence significative entre la grandeur moyenne de ponte au cours des deux zones n'a été observée ( $t=-0,47$  ;  $p=0,644$  ;  $ddl=52$  ; NS) (Tableau 5).

**Tableau 5** : Grandeur moyenne de ponte de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le Lac Tonga. (Lemmoui et al., 2024)

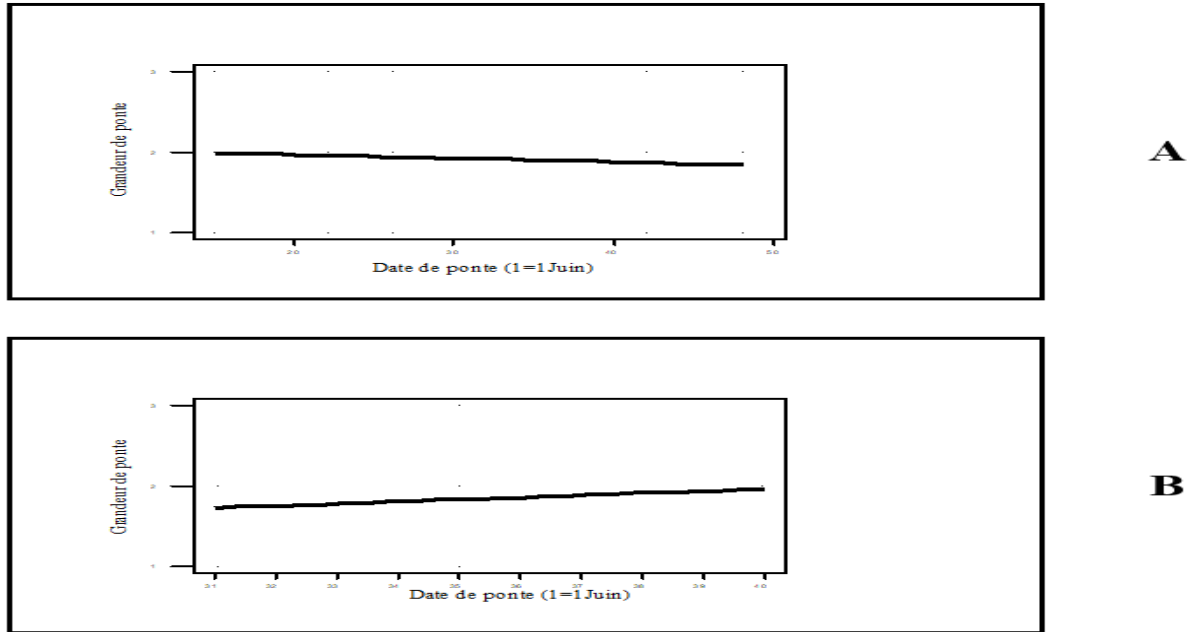
Zones	Grandeur de ponte
	n; Moyenne ±Ecart-type (Limites)
<i>Sparganium Erectum</i>	43; 1,93±0,74 (1-3)
<i>Nymphaea Alba</i>	11; 1,82±0,60 (1-3)
Test t du student	$t=-0,47$ ; $p=0,644$ ; $ddl=52$ ; NS

Les pontes les plus fréquentes chez le *Sparganium erectum* sont celles de 2 œufs par nichée qui représentent 46,50 % (20 nids), avec la présence d'autre ponte de 1 et 3 œufs par nichée qui représente 30,20 % (13 nids) et 23,30 % (10 nids) respectivement .Alors que, chez le *Nymphaea alba* les pontes les plus fréquentes sont celles de 2 œufs par nichée qui représentent 63,60 % (07 nids), avec la présence d'autres pontes de 1 et 3 œufs par nichée qui représentent 27,30 % (03 nids) et 9,10 % (1 nid) respectivement .



**Figure 25** : Proportions des grandeurs de ponte de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le lac Tonga.

Il n'existe aucune relation significative entre la date de ponte et la grandeur de ponte chez la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le *Sparganium erectum* ( $r=-0,070$  ;  $p=0,657$  ; NS) (Figure 26- A) et dans le *Nymphaea alba* ( $r=0,145$  ;  $p=0,671$  ; NS) (Figure 26 - B).



**Figure 26** : Relation entre la date et la grandeur de ponte chez la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida*. | **A** : Dans le *Sparganium erectum* | **B** : Dans le *Nymphaea alba* (Lemmoui et al., 2024)

**IV.1.5. Caractéristiques des œufs**

**Tableau 6** : Traits des œufs de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* dans le Lac Tonga. (Lemmoui et al., 2024)

Zones	Longueur (mm) n; Moyenne ±Ecart-type (Limites)	Largeur (mm) n; Moyenne ±Ecart-type (Limites)	Poids (g) n; Moyenne ±Ecart-type (Limites)
<i>Sparganium erectum</i>	83; 36,687±2,625 (32-41)	83; 27,645±1,078 (26-29)	83; 14,072±1,091 (11-16)
<i>Nymphaea alba</i>	20; 37,225±2,068 (34-41)	20; 27,075±1,030 (26-29)	20; 13,900±1,071 (12-16)
<b>Test t du student</b>	t=-0,85 ; p= 0,395 ; ddl=101 ; NS	t=-2,14 ; p=0,035 ; ddl=101 ; S*	t=-0,64 ; p=0,526 ; ddl=101 ; NS

La masse moyenne des œufs est de 14,072±1,091 g et 13,900±1,071 g respectivement dans le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Il n'existe aucune différence significative entre la masse moyenne des œufs dans les deux zones au cours de la saison de reproduction (t=-0,64 ; p=0,526 ; ddl=101 ; NS).

La longueur moyenne des œufs est de  $36,687 \pm 2,625$  mm et  $37,225 \pm 2,0678$  mm respectivement dans le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Il n'existe aucune différence significative entre la longueur moyenne des œufs dans les deux zones au cours de la saison de reproduction ( $t=-0,85$  ;  $p=0,395$  ;  $ddl=101$  ; NS).

La largeur moyenne des œufs est de  $27,645 \pm 1,078$  mm et  $27,075 \pm 1,030$  mm respectivement dans le *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba* : Il existe une différence significative entre la largeur moyenne des œufs dans les deux zones au cours de la saison de reproduction ( $t=-2,14$  ;  $p=0,035$  ;  $ddl=101$  ; S\*) ; elle est plus importante dans le *Sparganium erectum*. (Tableau 6).

#### IV.1.6. Paramètres des poussins étudiés

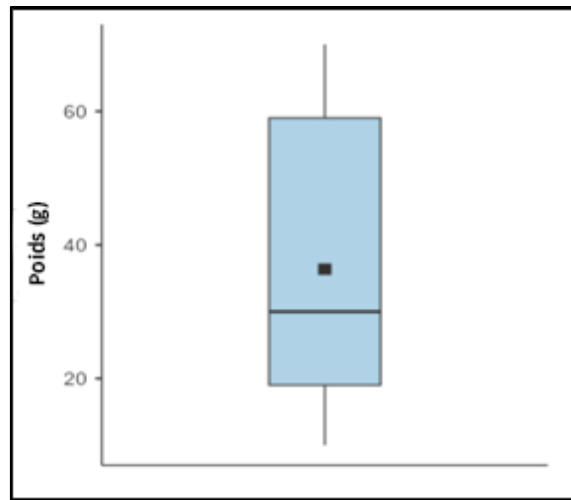
##### IV.1.6.1. Statistiques descriptives des paramètres des poussins étudiés

**Tableau 7** : statistiques descriptives des paramètres des poussins étudiés.

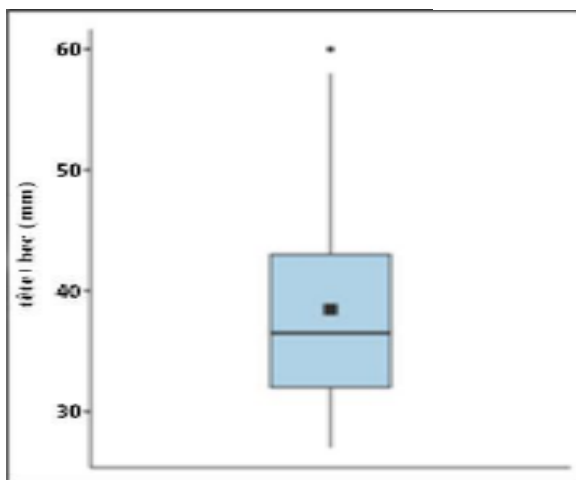
	N	Moyenne	IC à 95%	Médiane	Ecart-type	Min	Max
<b>Poids (g)</b>	42	36,36	30.27-42.44	30	19,52	10	70
<b>Tête+bec (mm)</b>	42	38,5	36-40,9	36,5	7,8	27	60
<b>Culmen (mm)</b>	42	13,9	12,4-15,3	11,5	4,7	7	25

A partir du (tableau 7) :

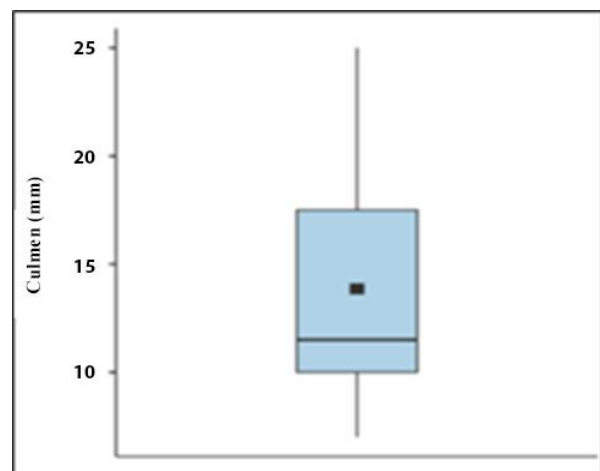
- Le poids moyen des poussins est de  $36.36 \pm 19.52$  g, il varie (de 10 à 70 g).
- La longueur moyenne de la mesure tête+bec est de  $38,5 \pm 7,8$  mm, elle varie de (de 27 à 60 mm).
- La longueur moyenne du culmen est de  $13,9 \pm 4,7$  mm, elle varie de (de 7 à 25 mm).



**Figure 27** : Box plot représentant la moyenne du poids (g) des poussins.

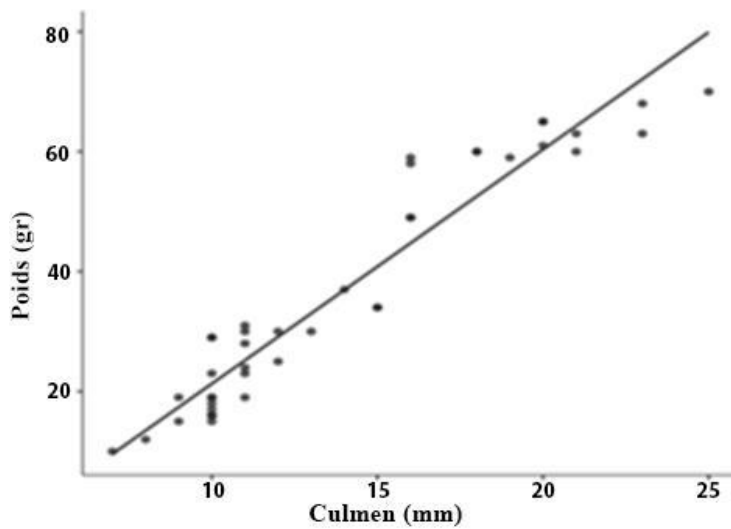


**Figure 28** : Box plot représentant la moyenne de la longueur de tête+bec (mm) des poussins.

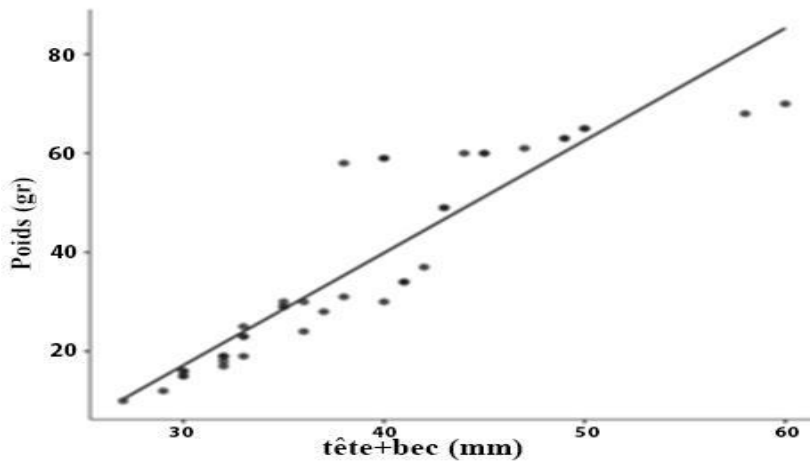


**Figure 29** : Box plot représentant la moyenne de la longueur du culmen (mm) des poussins.

## IV.1.6.2. Corrélations entre le poids et les paramètres étudiés



**Figure 30** : Graphe de corrélation entre la longueur du culmen et le poids.



**Figure 31** : Graphe de corrélation entre la longueur de la mesure tête+bec et le poids.

L'analyse des données (régression linéaire simple), montre qu'il existe une très forte corrélation positive hautement significative entre la longueur du culmen et le poids ( $r= 0,95$ ,  $p<0.001$ ) (figure 30).

De même, une très forte corrélation positive hautement significative entre la longueur tête+bec et le poids ( $r= 0,918$ ,  $p<0.001$ ) (figure 31).

La valeur de  $p$  est  $< 0,001$ , ce qui indique que la relation est statistiquement significative au niveau de  $\alpha = 0,01$ .

**IV.1.6.3. Corrélacion entre tous les paramètres des poussins étudiés**

**Tableau 8** : Matrice de corrélation entre les paramètres des poussins étudiés.

		Poids (g)	tête+bec (mm)	Culmen (mm)
<b>Poids (gr)</b>	Rho de Spearman	—		
	N	—		
	valeur p	—		
<b>Tête+bec (mm)</b>	Rho de Spearman	<b>0.91 ***</b>	—	
	N	42	—	
	valeur p	<b>&lt;.001</b>	—	
<b>Culmen (mm)</b>	R de Pearson	<b>0.95***</b>	<b>0.94 ***</b>	—
	N	42	42	—
	valeur p	<b>&lt;.001</b>	<b>&lt;.001</b>	—

Selon le tableau de matrice de corrélation entre les paramètres des poussins étudiés :

Il existe des relations linéaires positives très fortes et hautement significatives ( $p < 0,001$ ) entre les variables mesurées, notamment entre le poids et les dimensions structurales (culmen, tête + bec).

**IV.1.7. DISCUSSION :**

Les populations de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* sont très fluctuantes, (un changement fréquent d'étangs par les colonies, d'une année à une autre parfois même dans le cours d'une même saison de nidification) (**Benmergui et Broyer, 2005**). Nos résultats dans le lac Tonga dans le Parc National d'El Kala ont révélé que les nids ont été construits sur deux espèces végétale (*Sparganium erectum* et *Nymphaea alba*). Cependant, les nids sont construits sur une seule espèce végétale : sur *Nymphaea alba* dans le Nord-est algérien (Lac Tonga) (**Bakaria, 2013**) et sur *Juncus* dans le Sud Marocain (Lac Iriki) (**Robin, 1966 ; Thévenot et al., 2003**). Cette différence est due par le fait que les nids de la majorité des oiseaux aquatiques sont largement influencés par la fluctuation des niveaux d'eau (**Elkins, 1983 ; Bakaria, 2013**).

L'étude de la biologie de la reproduction a montré que la Guifette moustac dans les *Sparganium erectum* commence ses pontes (15 juin) et celle des *Nymphaea alba* (01 juillet). Nous pensons que la différence est dû au fait que l'espèce se sentait plus en sécurité au sein

des tiges du *sparganium erectum* face à la chaleur particulièrement intense que le site d'étude a connu en cette année de reproduction, ce qui a pu influencer les comportements de sélection d'habitat. Cet habitat aurait ainsi fourni un refuge thermique, limitant l'exposition directe aux températures élevées et offrant un microclimat plus favorable à la survie et au développement des individus, et aussi face aux prédateurs car nous avons constaté certains nids sur les feuilles des *Nymphaea alba* près de la berge dans une basse profondeur, qui ont été détruits selon les témoins par des sangliers et nous pensons que c'est la raison pour laquelle elle a choisi en premier le *Sparganium erectum* dans les basses profondeurs. Les guifettes qui ont choisi les patches de nénuphars (*Nymphaea alba*) par la suite, étaient localisés sur des profondeurs supérieures à celles des précédents nids qui ont été ancrés dans les (*Nymphaea alba*) en basses profondeurs et qui ont été détruits par les prédateurs.

Chronologiquement, la deuxième date de ponte de la présente étude, celle du (début du mois de Juillet) est tardive à celle signalée au Nord-ouest de l'Afrique (Ras-el-Daoura au Sud de la Merdja Zerga, Maroc) et en Afrique du Nord (Début du mois de Juin) (**Heim de Balsac et Mayaud, 1962 ; Etchécopar et Hüe, 1964**), dans les pays Européens (Mi-Mai et début de mois Juin) (**Snow et Perrins, 1998 ; Bernard et Teyssier, 2008**), dans les régions méditerranéenne (fin du mois mai et début du mois de Juin) (**Laraube, 2006**), dans Nord-est Algérienne (deuxième décade du mois mai jusqu'à la deuxième décade du mois Juillet – début du mois juin jusqu'à la mi-juillet) (**Bakaria, 2013 ; Isenmann et Moali, 2000**) et analogue à celle signalée en Tunisie (Lac Sejoumi) (début du mois juillet (**Isenmann et al., 2005**)). Généralement chez la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida*, les dates de ponte varient ou dépendent principalement du développement des feuilles de nénuphars et des conditions climatiques au début de saison (**Spina, 1986 ; Bakaria et al., 2002 ; Paillisson et al., 2006 ; Bernard et Teyssier, 2008 ; Bakaria, 2013**).

La profondeur d'eau où la Guifette moustac ancre ses nids dans *Sparganium Erectum* était de (30 et 60 cm), similaire à d'autres études qui se situaient entre (60 et 80 cm) (**Cramp, 1985**) et (25 et 80 cm) (**Ortiz Lledó Álvaro et al 2018**) (25 et 80 cm). La profondeur d'eau où la Guifette moustac ancre ses nids dans le *Nymphaea alba* (90 et 130cm) plus profonde, similaire à celle trouvés par (**Barati et al.,2011**) ( $164.2 \pm 30.3$  et  $131.6 \pm 11.7$ ). La différence de profondeur entre ces différentes études dépendait du type de végétation aquatique.

Les caractéristiques des nids (Diamètre externe, diamètre interne et profondeur) dans notre travail pour n=43(32.186 ; 8.484 ; 2,849) cm, n= 11(37.364 ; 9 .891 ; 2.955) cm. Elles sont différentes à celles signalées en : -En France (Camargue) (**Lomont, 1945**) diamètre

(externe :50 cm, interne :15-20cm). -En Italie (**Spina, 1986**) n=32, diamètre (externe : 36cm, interne : 8cm), n=11, (36cm,7 cm) ; n=22 (80cm, 10 cm) ; n=10 (23cm,7.2cm). -En Croatie (**Muzinic et Délic, 1997**) diamètre (externe : 42cm, interne : 9cm). -En Algérie (Lac Tonga, Nord-est Algérien) (**Bakaria, 2013**) n=150, diamètre (externe : 49cm, interne : 15cm) et une profondeur 1,80 cm. La différence entre ces derniers est liée à la nature des matériaux utilisés pour la construction des nids selon les disponibilités de chaque site.

La taille des œufs dans la présente étude (n=54 ; 1,88 (1-3) œufs par nichée) est comparable à celles signalées en Algérie ( Lac Tonga, Nord-est Algérien) n=161 ; 2,5 œufs par nichée (**Rizi, 1994**) ; et 2,6 par nichée trouvées par (**Bakaria, 2013**) ( (n=169) en 1996, (n=215) 1997 et (n=302) en 2005) ; en Afrique du Nord (les œufs sont en général au nombre de 3, parfois 2 ou 4 œufs par nichée) (**Etchécopar et Hüe, 1964**), au Sud Marocain (la taille des œufs varie entre 1-4 œufs par nichée) (**Robin, 1966 et 1968 ; Thévenot et al., 2003**), en Italie (n=178 ; 2,6 œufs par nichée – n=344 ; 2,16 œufs par nichée) (**Spina, 1982 ; Fornasari, 1992**), en Croatie (n=121 ; 2,6 œufs par nichée) (**Muzinic et Delic, 1997**), en France (n=269 ; 2,6 œufs par nichée - 2,2 œufs par nichée) (**Latraube, 2006 ; Paillisson, 2008**) et en Roumanie (n=80 ; 2,7 œufs par nichée) (**Cazacu, 2006**).

Les résultats obtenus montrent que les traits (n=103 ; 36,96x27,36 ; 13,99 g) des œufs sont similaires à ceux mentionnés dans plusieurs travaux : en Afrique du Nord (n=16 ; 39x28,5 mm) (**Etchécopar et Hüe, 1964**), en Europe (n=168 ; 39x28,2 mm) (**Cramp, 1985**), en Afrique du Sud (n=49 ; 39,2x28,8) (**Allan, 1988**), en Italie (n=100 ; 39,23x28,41 mm) (**Spina, 1982**), en Algérie (Lac Tonga, Nord-est algérien) (n=350 ; 38,71x28,14 mm ; 14,86 g – n=71 ; 38,55x28,1 mm – n=238 ; 38,63x28 ; 14,7 g) (**Rizi, 1994 ; Bakaria, 2002 et 2013**), en Croatie (n=151 ; 38,4x28 mm) (**Muzinic et Delic, 1997**), en France (n=662 ; 38,52x27,86 mm ; 14,73 g) (**Latraube, 2006**).

Concernant les poussins, la détermination de leur éclosion est déterminée en fonction de l'état de l'œuf lors de la visite, des caractéristiques des plumes du poussin, ainsi que de la présence d'humidité sur le poussin et des restes de coquille d'œuf sur son dos. Le poids à l'éclosion est de 10 g dans notre étude similaire à celui trouvé par (**Fjelds, 1977**) (9 à 10 g), et supérieur à celui trouvé par (**Cordonnier, 1986**) (7,5 g). La valeur maximale qu'on a obtenue est de (70 g). (**Paillisson et al., 2008**) ont trouvé une valeur de (92,35 ± 1,82 g ; n=168) pour la masse corporelle des poussins à l'envol ; (91,08 ± 0,97 g, n = 91) chez les oiseaux adultes reproducteurs (**Paillisson et al., 2008**).

Selon **Beintema (1994 in Veen et al 2004)** il est possible d'évaluer efficacement la condition physique des poussins en corrélant leurs poids avec la taille des éléments structuraux. C'est ce que nous avons fait pour des poussins de différentes tailles. Nous avons mesuré certains paramètres qui ont indiqué une forte relation positive hautement significative entre eux (le poids, longueur du culmen et celle de la mesure tête + bec).

D'après les études précédentes, il apparaît que, dans les colonies d'oiseaux marins d'Afrique de l'Ouest, la longueur de tête + bec constitue le meilleur critère structural à mesurer. (**Veen et al., 2002 in Veen et al., 2004**).

La longueur moyenne de tête + bec dans notre étude est de  $(38,5 \pm 7,8 \text{ mm}, n=42)$  ce qui nous a donné une corrélation positive.

Concernant la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* nous n'avons pas trouvé de références de travaux qui ont effectué cette corrélation, ou mesurer la tête + bec (pour poussins ou adultes).

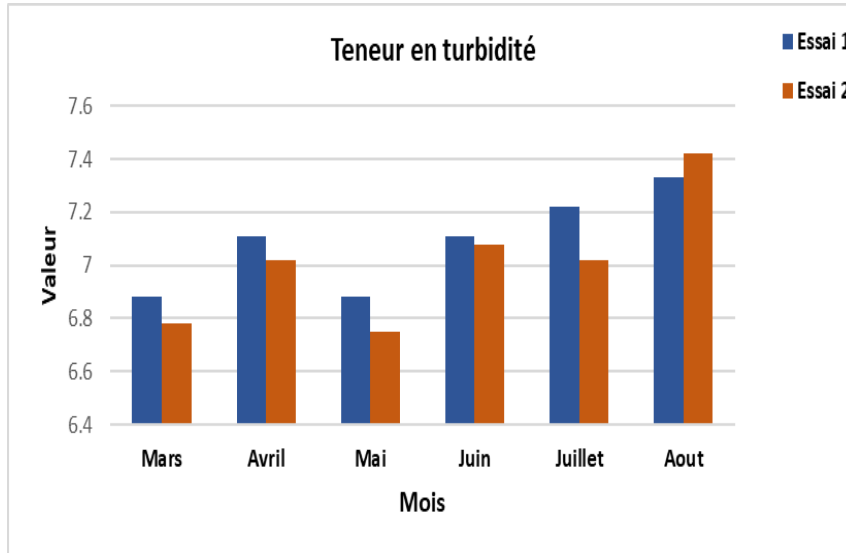
Pour d'autres espèces, telle que la Mouette à tête grise (*Larus cirrocephalus*), ce rapport poids / tête + bec a également montré une forte corrélation positive, comme l'illustre le graphique de **Veen et al. (2002 in Veen et al., 2004)**.

Nous avons trouvé une moyenne du culmen qui est de  $(13,9 \pm 4,7 \text{ mm}, n = 42)$  inférieure à celui trouvé par (**paillisson et al., 2008**) à 20 jours qui est de  $(20,87 \pm 0,47 \text{ mm}, n = 168)$ , suggérant que nos poussins mesurés étaient âgés de moins de 20 jours, la mesure de culmen continue de croître, puisqu'il est plus grand chez les adultes  $(30,22 \pm 0,29 \text{ mm}, n = 95)$  (**Paillisson et al., 2008**).

**IV.2. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface du Lac Tonga**

**IV.2.1. Valeurs mensuelles des paramètres physico-chimiques de l'eau**

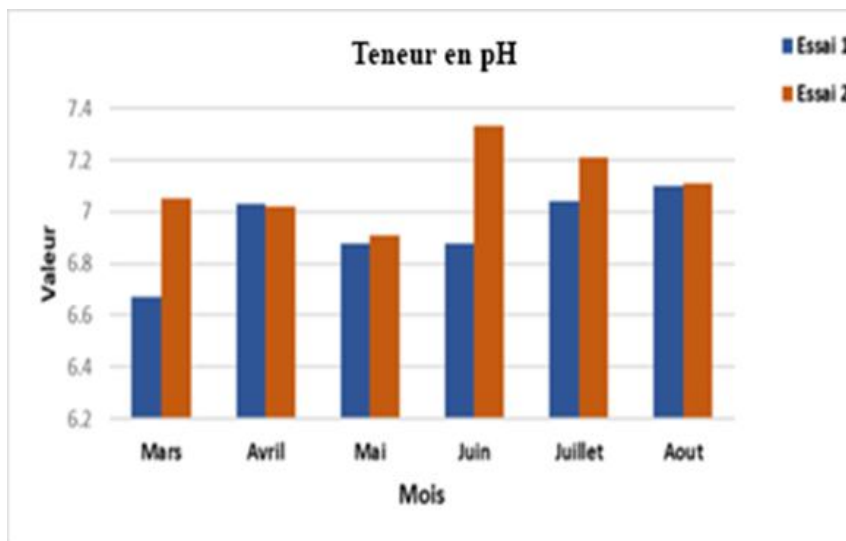
**IV.2.1.1. Turbidité (NTU)**



**Figure 32** : La répartition mensuelle de la teneur en turbidité.

Selon la (figure 32) les valeurs de la turbidité oscillent entre 6,75 (NTU) et 7,42 (NTU), ce qui est supérieur à la norme fixée par 5 NTU (**JORA, 2014**), et sont dans la (fourchette : 5–30 NTU), cela qualifie l'eau de légèrement trouble (**Bentouili, 2007**). En général, ce paramètre fluctue entre 10 et 50 NTU dans les eaux de surface (**Rodier et al., 2009**).

**IV.2.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)**



**Figure 33** : La répartition mensuelle de la valeur pH

Selon la (figure 33), les valeurs du pH se situent entre [6,67 et 7,33], elles correspondent à la (fourchette : 6,5–9,5) (OMS ; Rodier et al., 2009 ; UE ; JORA, 2011, 2014). Ce qui reflète d'après "la qualité de l'eau selon le pH" (Bentouili, 2007) : un environnement d'une neutralité approchée pour notre site d'étude.

#### IV.2.1.3. La conductivité électrique CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

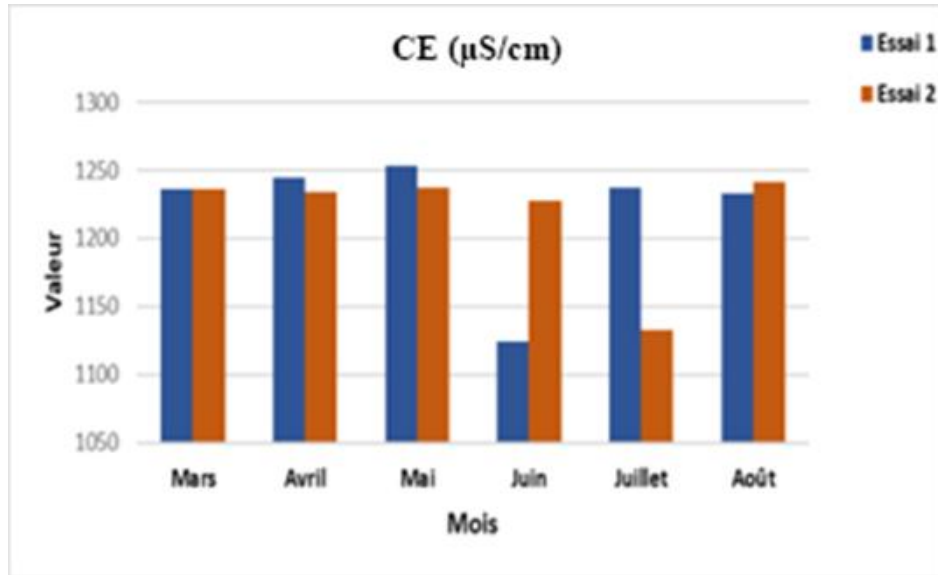


Figure 34 : La répartition mensuelle de la conductivité électrique.

Selon la (figure 34), les valeurs de la conductivité électrique CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sont comprises entre (1123,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et (1253,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), ce qui est inférieur à la limite maximale de (JORA, 2011 ; 2014) (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et à la limite de l'UE (2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Selon "la grille de qualité des eaux de surface" (ABHCSM Constantine 2017 in Zeghaba, 2018) et selon "les indications sur la relation existant entre la minéralisation et la conductivité" (Rodier et al., 2009) : L'eau du lac Tonga est d'une qualité bonne et une minéralisation élevée.

IV.2.1.4. L'oxygène dissous OD (mg O<sub>2</sub>/l)

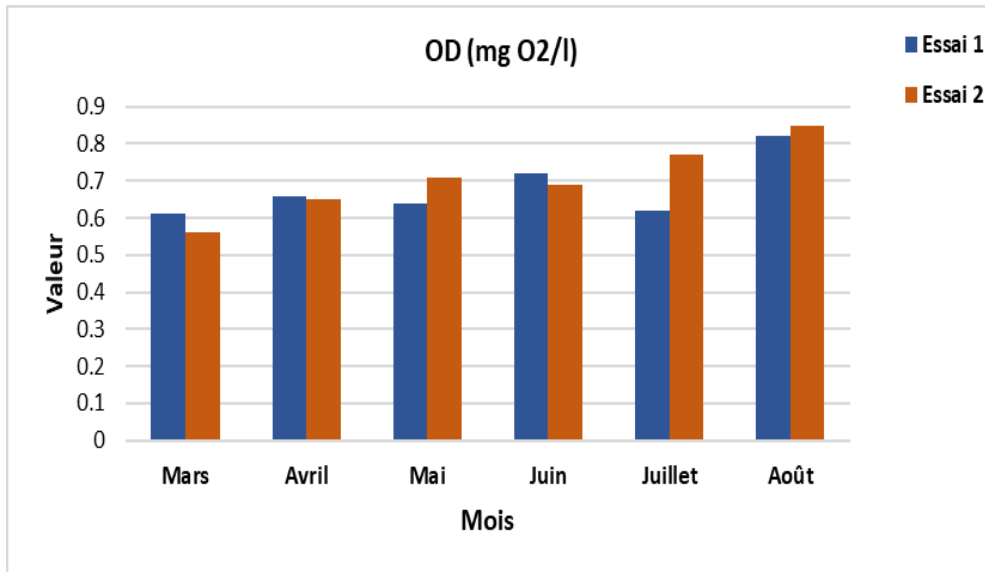


Figure 35 : Valeurs mensuelles de la quantité d'oxygène dissous contenue dans l'eau.

Selon la (Figure 35), la teneur de l'oxygène dissous varie de 0,56 à 0,85 mg/l d'O<sub>2</sub>, cette valeur est bien inférieure à 1 mg ce qui indique un état proche de l'anaérobie selon (De villers et al., 2005). Les eaux du lac sont donc moins oxygénées ; ces eaux peuvent être classées alors dans la catégorie des eaux de moindre qualité et c'est selon "la Grille de la qualité des eaux superficielles pour l'O<sub>2</sub> dissous" (ABH 2009 in Abdennour et hamimoud, 2020).

IV.2.1.5. Les matières en suspension MES (mg/l)

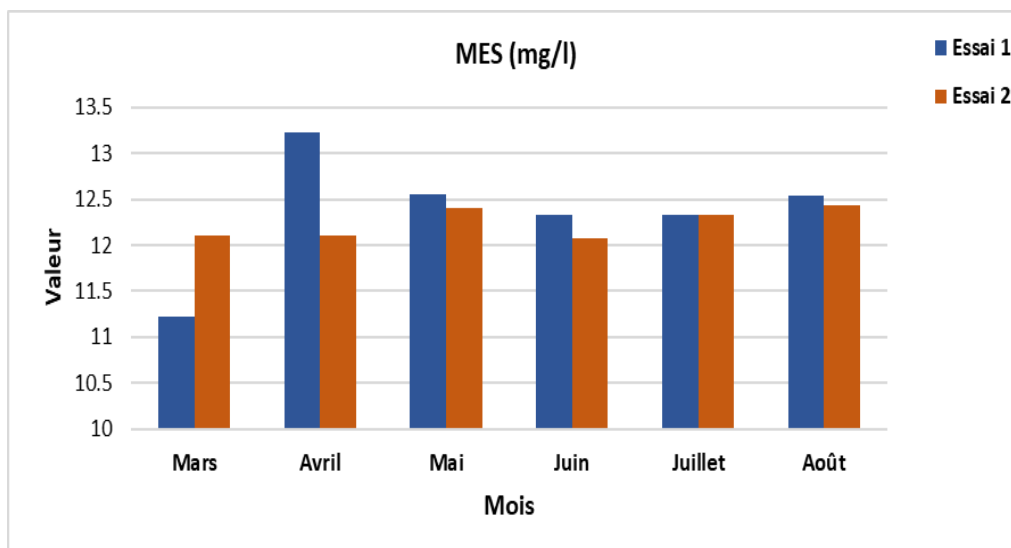


Figure 36 : La répartition mensuelle de la concentration de MES

Selon la (Figure 36), les valeurs des matières en suspension varient de 11,22 à 13,22 (mg/l) ce qui est inférieur à la limite fixée par (JORA, 2011) 25 (mg/l). Ces résultats classent l'eau du

lac Tonga comme de bonne qualité, selon "la grille de la qualité des eaux superficielles pour les teneurs en MES (ARNH, 1999 in Abdennour et hamimoud, 2020).

IV.2.1.6. Les résidus secs (RS) (mg/l)

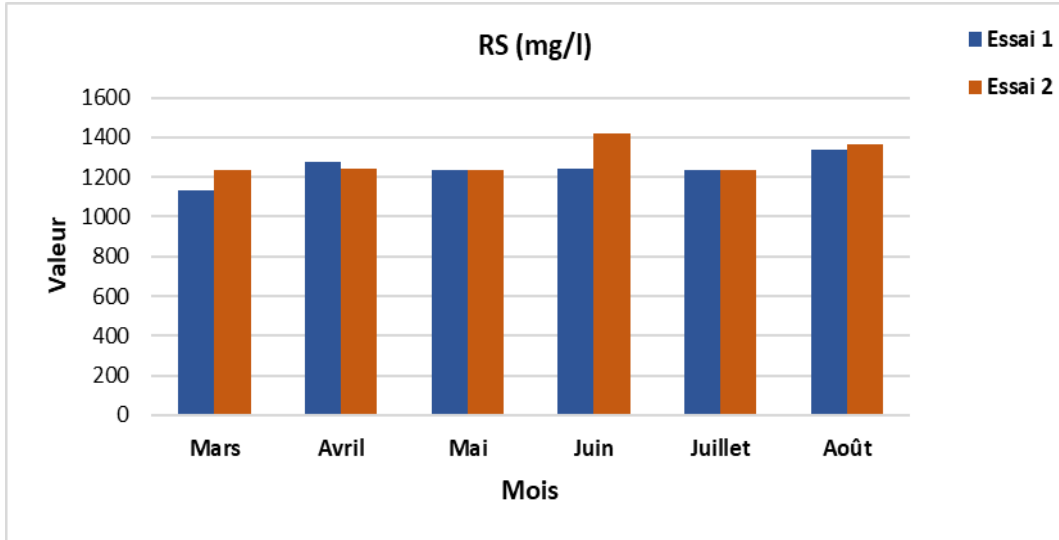


Figure 37 : Valeurs mensuelles des résidus secs.

Selon la (Figure 37) les valeurs des résidus secs varient de 1134.2 à 1423,2 (mg/l). L'eau du lac tonga selon "la grille de la qualité des eaux superficielles pour les résidus secs " (ARNH, 1999 in Abdennour et hamimoud, 2020) figure en deuxième classe en mars et troisième classe en avril, mai, juin, juillet et août donc l'eau est d'une qualité moyenne à mauvaise.

IV.2.1.7. Les Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (mg/l)

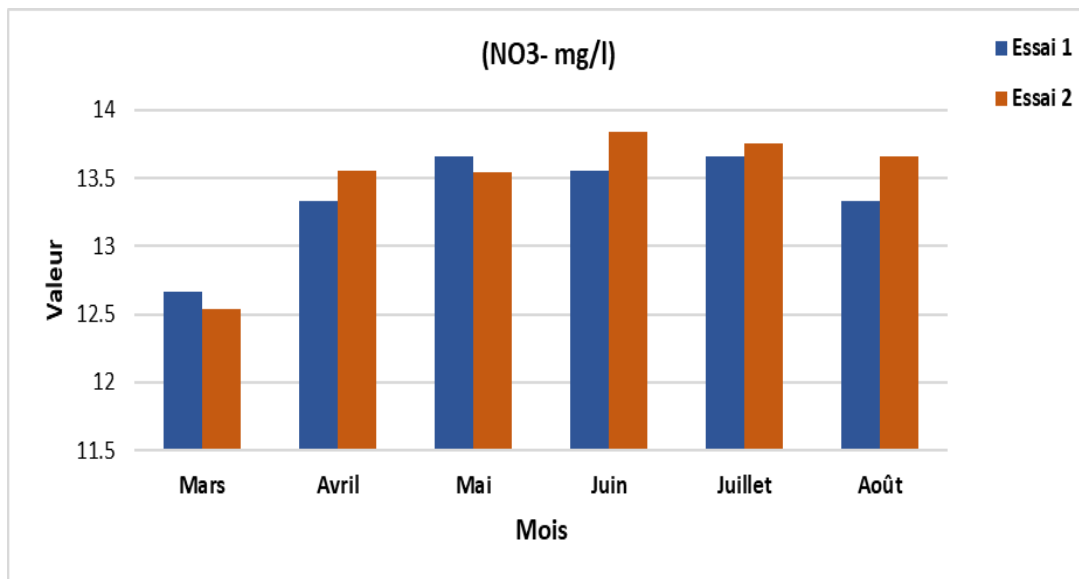
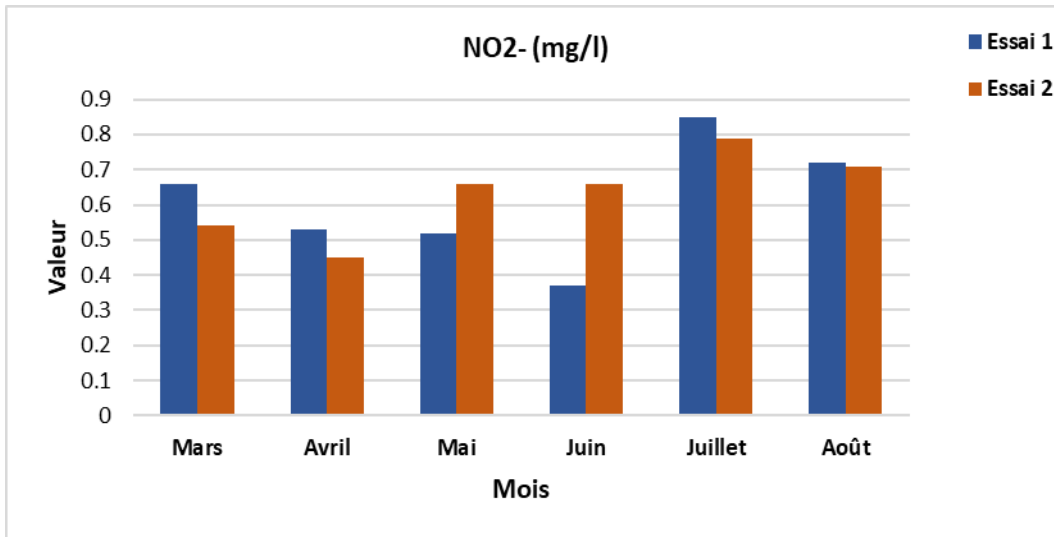


Figure 38 : Valeurs mensuelles des nitrates.

Selon la (figure 38), les valeurs des Nitrates oscillent entre 12,54 à 13,84(mg/l). Les résultats montrent que les taux sont acceptables. Etant donné qu'ils sont inférieurs à la limite qui est (50 mg/L) (Rodiet et al., 2009 ; JORA, 2011 ,2014 ; OMS ; UE).

Selon "la grille de qualité des eaux en fonction des nitrate" (ANRH- Alger 2001 in Bentouili, 2007). La qualité de l'eau du lac est moyenne avec un signe de pollution.

**IV.2.1.8. Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (mg/l)**



**Figure 39** : Valeurs mensuelles des nitrites.

Selon la (figure 39), les valeurs des nitrites sont de 0,37 à 0,85(mg/l). La concentration dépasse la norme qui est de 0,1 (Rodiet et al., 2009 ; OMS), 0,2 mg/l (JORA, 2014), 0,5 (UE), donc l'eau est d'une qualité passable selon "la grille de la qualité des eaux en fonction des nitrites" (ANRH, 2001 in Djedadoua, 2017).

IV.2.1.9. Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (mg/l)

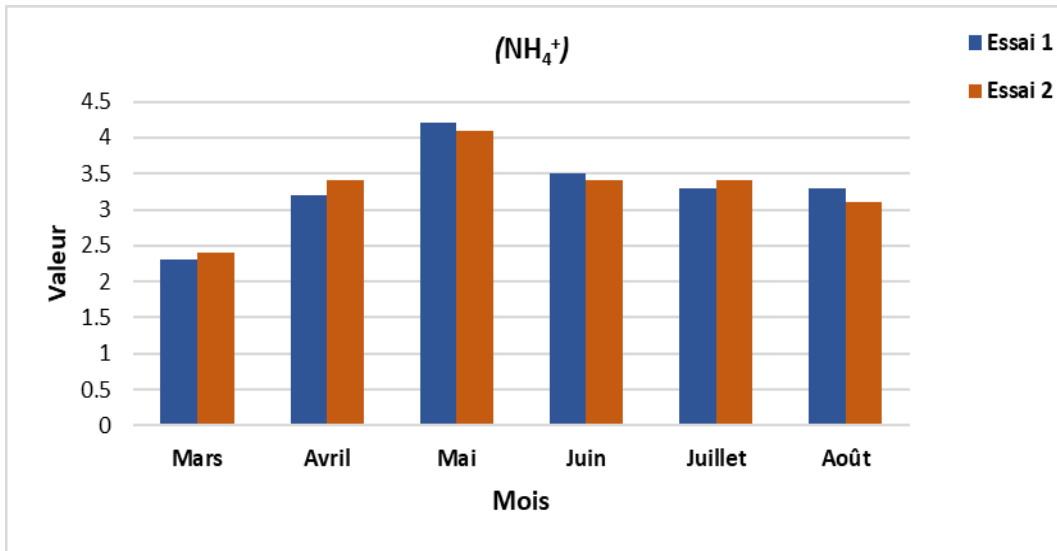


Figure 40 : Valeurs mensuelles de l’ammonium.

Selon la (figure 40), les valeurs de l’ammonium sont de 2,3 à 4,2(mg/l), cela est donc supérieure à la norme maximale 0,5mg/l (Rodier et al., 2009 ; JORA, 2014 ; UE).

L’eau du lac contient beaucoup d’ammonium ; il est considéré selon la grille de qualité des eaux en ammonium (ANRH- Alger 2001 in Bentouili, 2007) comme (polluée) en mars < 3 ; (très polluée) en avril et août > à 3.

IV.2.1.10. Phosphate PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>(mg/l)

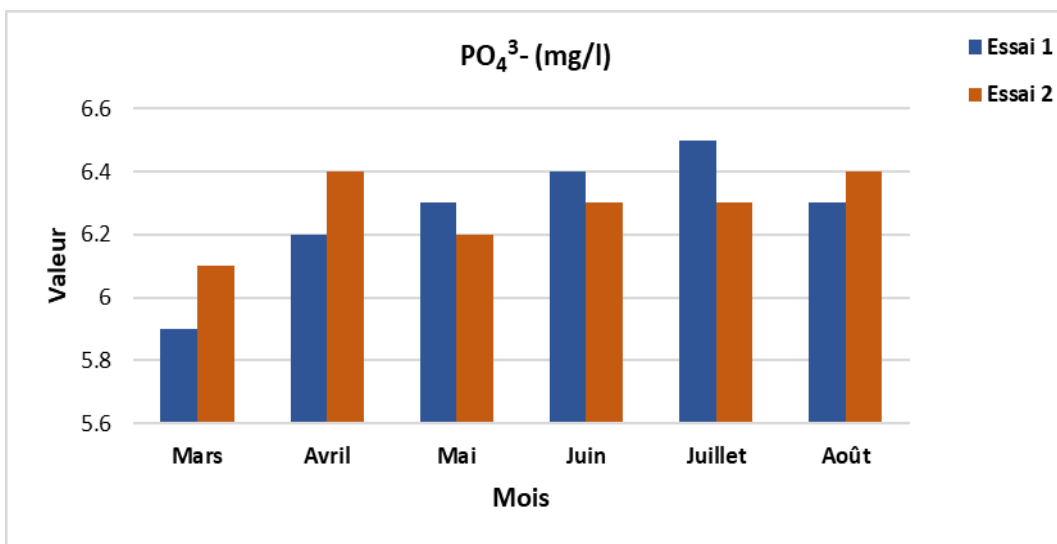


Figure 41 : Les valeurs mensuelles du phosphate.

Selon la (figure 41), les valeurs du phosphate oscillent entre (5,9 – 6,5) (mg/l), dépassent ainsi, la teneur naturelle normale en phosphates dans les eaux superficielles de 0,1 à 0,2(mg/l) (cpepesc.org).

Selon Grille de qualité des eaux de surface (ABHCSM Constantine 2017 in Zeghaba, 2018) l'eau est de mauvaise qualité (très polluée).

#### IV.2.1.11. Matière Organique MO (mg O2/l)

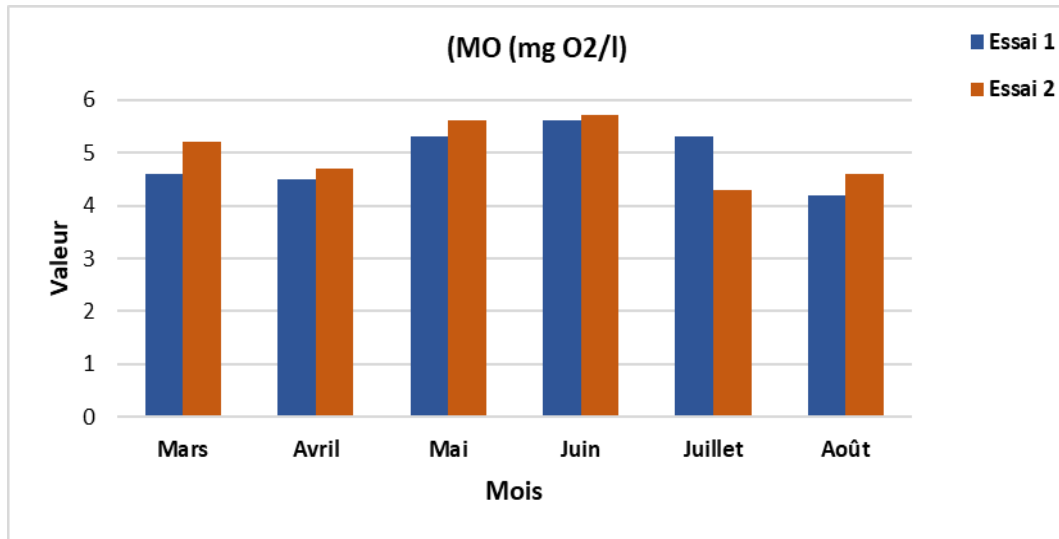


Figure 42 : Les valeurs mensuelles des MO.

Selon la (figure 42), les valeurs de MO varient de 4,2 à 5,7(mg O2/l) ; les valeurs signalées par la grille de qualité des eaux de surface sont estimées à 5mg O2/l (Rejsek, 2002 in Reggam 2015). Nos valeurs dépassent ce seuil en mai avec une valeur de 5,45 et en juin 5,65 (mg O2/l) qualifiant l'eau de moyenne qualité selon la grille des qualités des eaux de barrage (l'ANRH in Touhari, 2015).

IV.2.1.12. Dureté totale TH (°F)

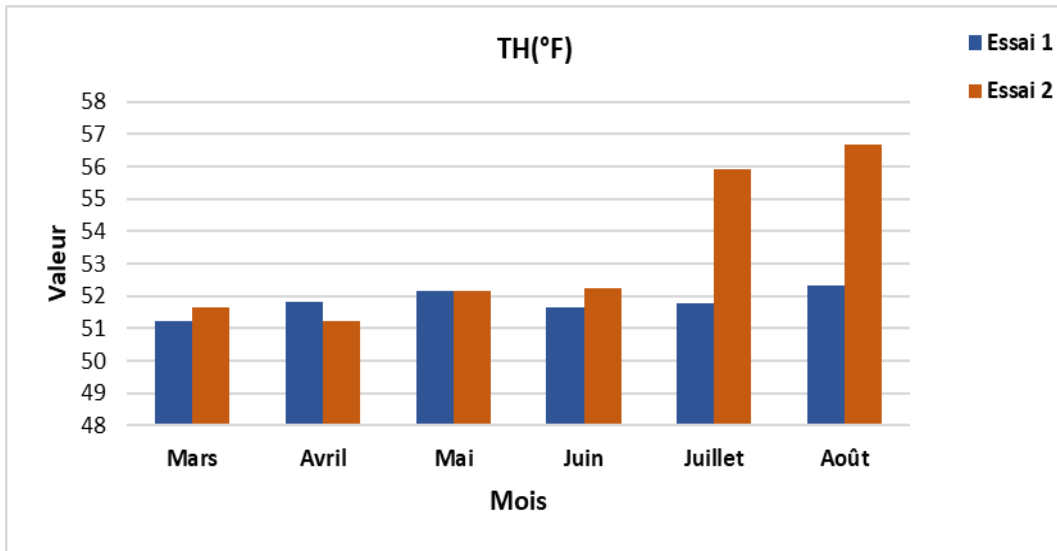


Figure 43 : Valeurs mensuelles du titre hydrotimétrique.

Selon la (figure 43), les valeurs mensuelles du titre hydrotimétrique oscillent entre 51.22 et 56.66 (°F).

La limite maximale fixée par (JORA, 2014) est 500 (mg/l) en CaCO<sub>3</sub> qui est (50) °F. Nos résultats dépassent ce seuil, donc l'eau est extrêmement dure selon la qualité de l'eau en fonction de la dureté (Rodier et al., 1984 in Djedaouda, 2017).

IV.2.1.13. Le calcium Ca<sup>2+</sup> (mg/l)

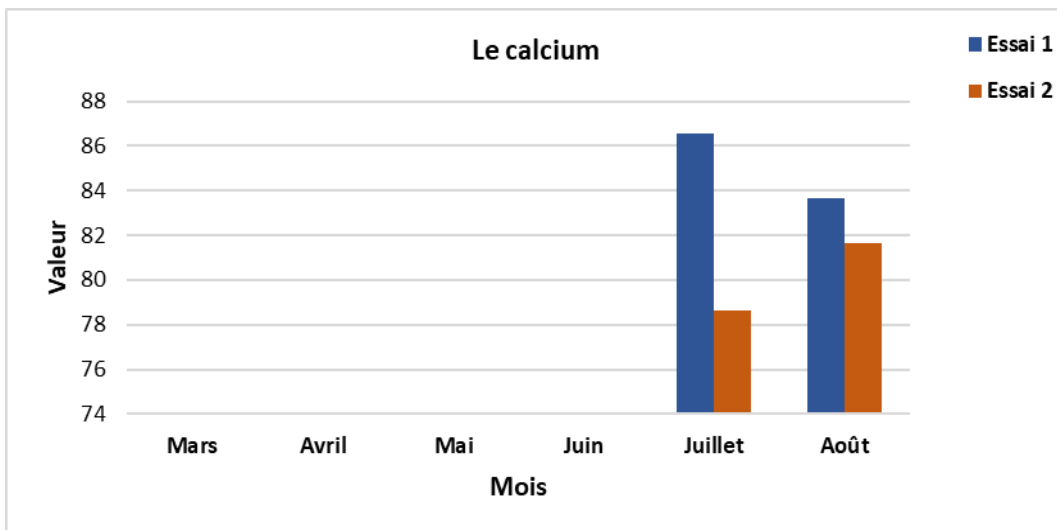


Figure 44 : Valeurs mensuelles du calcium.

Selon la (figure 44) ; les valeurs du calcium sont de 78,66 - 86,55 (mg/l). Elles sont inférieures à la norme qui est de 200(mg/l) (JORA, 2014).

IV.2.1.14. Le magnésium Mg<sup>2+</sup> (mg/l)

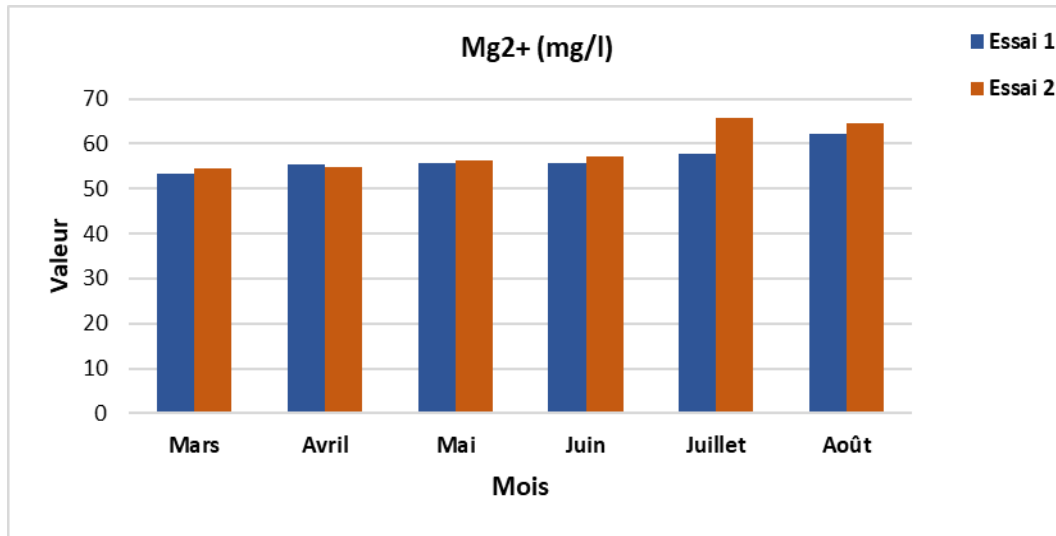


Figure 45 : Valeurs mensuelles du magnésium.

Selon la (figure 45), les valeurs sont de 53,33 – 65,85 (mg/l). Plus de 50 (mg/l) rend l’eau plus dure (Rodier et al., 2009). L’eau est d’une qualité acceptable selon "la grille d'appréciation de la qualité de l'eau " (Ministère des ressources en eaux in Merzoug, 2009).

IV.2.1.15. L’indice de danger pour le magnésium (MH)%

$MH = [Mg^{2+} / (Ca^{2+} + Mg^{2+})] \times 100$ . Si  $MH > 50 \%$ , cela indique que l'eau n'est pas adaptée à l’irrigation, alors qu'un  $MH < 50$  suggère que l'eau est convenable pour l'irrigation (Kouadri, 2022).

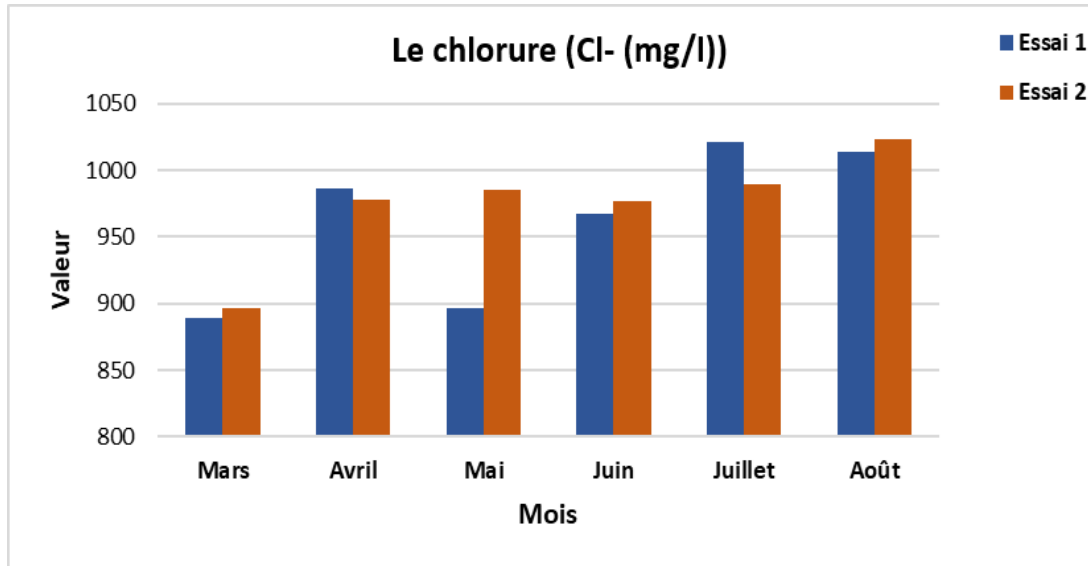
Tableau 9 : Valeurs de l’indice de danger pour le magnésium MH %

Mois	Juillet		Aout	
Nbre des essais	Essaie 1	Essaie 2	Essaie 1	Essaie 2
MH %	40,06%	45,57%	42,69%	44,21%

Les valeurs de l'indice de danger pour le magnésium (MH) inférieures à 50 % indiquent que l'eau est adaptée à l'irrigation. Cependant, les taux moyens mesurés par (Loucif, 2020) sur le lac Tonga dépassaient ce seuil de 50 %, ce qui signifiait que l'eau n’était pas appropriée pour

l'irrigation. Cela montre que ces taux peuvent fluctuer au fil du temps, influençant ainsi l'adaptabilité de l'eau à l'irrigation. À notre avis, il est crucial de considérer également l'analyse microbiologique, même lorsque l'indice de danger pour le magnésium suggère la conformité de l'eau pour l'irrigation.

**IV.2.1.16. Le chlorure (Cl<sup>-</sup>) (mg/l)**



**Figure 46 :** Valeurs mensuelles du chlorure.

Selon la (figure 46), les valeurs du chlorure sont entre (889 – 1023) (mg/l). Des risques sanitaires peuvent survenir lorsque la concentration en chlorure excède 200 mg/l (**Hakmi, 2006**), les taux de concentration dans le lac dépassent le seuil indiqué par (**JORA, 2014**), qui est de 600 (mg/l) et la limite recommandée est de 250 mg/l (**Rodier et al., 2009**).

Selon "la grille de qualité des eaux de surface en fonction des chlorures" (**ABHCSM Constantine 2017 in Zeghaba, 2018**) ces valeurs très élevées des chlorures, classent l'eau comme de mauvaise de qualité.

IV.2.1.17. Le potassium (K<sup>+</sup>) (mg/l)

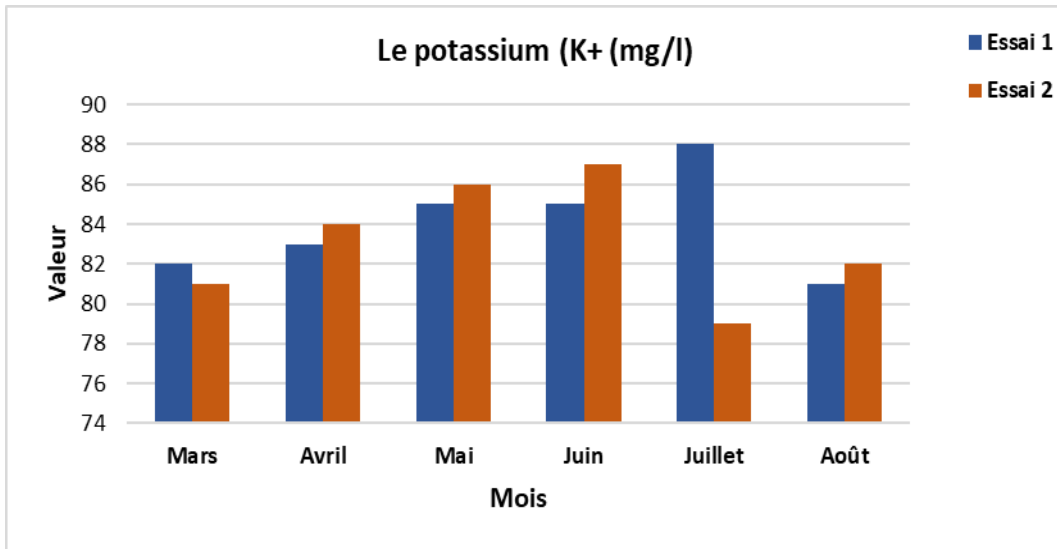


Figure 47 : Valeurs mensuelles du potassium.

Selon la (figure 47), les valeurs du potassium varient de 79 à 88 (mg/l) soit 7 fois le seuil fixé par (JORA, 2014 ; Rodier et al. 2009) qui est 12 mg/l.

IV.2.1.18. Le sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) (mg/l)

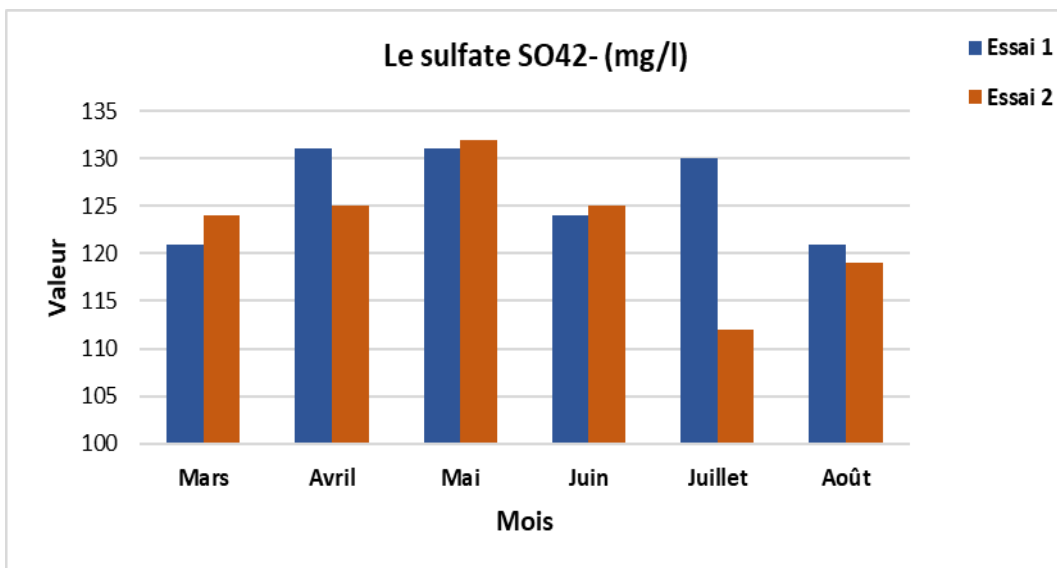


Figure 48 : Valeurs mensuelles du sulfate.

Selon la (figure 48), les valeurs des sulfates sont entre 119 - 132(mg/l), elles sont inférieures au seuil fixé (JORA, 2011 ; 2014) qui est de 400 (mg/l) (Rodier et al., 2009), (UE) : 250(mg/l). Selon "la grille de qualité des eaux de surface" (ABHCSM Constantine 2017 in Zeghaba, 2018) la qualité de l'eau du lac Tonga est bonne.

#### **IV.2.2. Statistiques effectuées sur les paramètres physicochimiques**

**Tableau 10** : Statistiques descriptive mensuelle (moyenne  $\pm$  ET et Intervalle [min-max]) des résultats de prélèvements d'eau (paramètres physico-chimiques) du lac Tonga.

	Mois (Moyenne ± Ecart type [Min-Max])											
	Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août	
	Moy.	ET*	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET	Moy.	ET
<b>Turbidité</b>	6,83	0,07	7,07	0,06	6,815	0,09	7,095	0,02	7,12	0,14	7,38	0,06
	[6.78-6.88]		[7.02-7.11]		[6.75-6.88]		[7.08-7.11]		[7.02-7.22]		[7.33-7.42]	
<b>pH</b>	6,86	0,27	7,03	0,01	6,895	0,02	7,105	0,32	7,125	0,12	7,11	0,01
	[6.67-7.05]		[7.02-7.03]		[6.88-6.91]		[6.88-7.33]		[7.04-7.21]		[7.10-7.11]	
<b>CE (µS/cm)</b>	1235,69	0,04	1239,67	7,7	1245,55	11,15	1175,475	73,03	1184,695	73,74	1237,5	5,73
	[1235.66-1235.72]		[1234.22-1245.11]		[1237.66-1253.44]		[1123.84-1227.11]		[1132.55-1236.84]		[1233.45-1241.55]	
<b>OD (mg O2/l)</b>	0,59	0,04	0,66	0,01	0,675	0,04	0,704	0,022	0,695	0,1	0,84	0,02
	[0.56-0.61]		[0.65-0.66]		[0.64-0.71]		[0.688-0.72]		[0.62-0.77]		[0.82-0.85]	
<b>MES (mg/l)</b>	11,67	0,63	12,67	0,78	12,48	0,09	12,205	0,17	12,33	0	12,49	0,08
	[11.22-12.11]		[12.11-13.22]		[12.41-12.55]		[12.08-12.33]		[12.33-12.33]		[12.43-12.54]	
<b>RS (mg/l)</b>	1184,81	71,55	1260,39	21,29	1235,385	1,65	1334,275	125,78	1236,605	2,59	1351,38	21,28
	[1134.22-1235.40]		[1245.33-1275.44]		[1234.22-1236.55]		[1245.33-1423.22]		[1234.77-1238.44]		[1336.33-1366.42]	
<b>NO3- mg/l</b>	12,6	0,08	13,44	0,16	13,6	0,085	13,695	0,2	13,705	0,06	13,5	0,23
	[12.54-12.66]		[13.33-13.55]		[13.54-13.66]		[13.55-13.84]		[13.66-13.75]		[13.33-13.66]	
<b>NO2- (mg/l)</b>	0,6	0,08	0,49	0,06	0,59	0,09	0,515	0,2	0,82	0,04	0,72	0,01
	[0.54-0.66]		[0.45-0.53]		[0.52-0.66]		[0.37-0.66]		[0.79-0.85]		[0.71-0.72]	
<b>NH4+ (mg/l)</b>	2,35	0,07	3,3	0,14	4,15	0,07	3,45	0,07	3,35	0,07	3,2	0,14
	[2.30-2.40]		[3.20-3.40]		[4.1-4.20]		[3.4-3.50]		[3.3-3.40]		[3.10-3.30]	
<b>PO43- (mg/l)</b>	6	0,14	6,3	0,14	6,25	0,07	6,35	0,07	6,4	0,14	6,35	0,07
	[5.90-6.10]		[6.20-6.40]		[6.2-6.30]		[6.3-6.40]		[6.3-6.50]		[6.30-6.40]	
<b>MO (mg O2/l)</b>	4,9	0,42	4,6	0,1414	5,45	0,21	5,65	0,07	4,8	0,71	4,4	0,28
	[4.60-5.20]		[4.5-4.7]		[5.3-5.60]		[5.6-5.70]		[4.3-5.30]		[4.20-4.60]	
<b>TH (°F)</b>	51,44	0,31	51,53	0,43	52,15	0,01	51,95	0,41	53,84	2,93	54,5	3,06
	[51.22-51.66]		[51.22-51.83]		[52.14-52.16]		[51.66-52.24]		[51.77-55.92]		[52.33-56.66]	
<b>Ca2+ (mg/l)</b>	/	/	/	/	/	/	/	/	82,6	5,58	82,66	1,41
	/	/	/	/	/	/	/	/	[78.66-86.55]		[81.66-83.66]	
<b>Mg2+ (mg/l)</b>	54	0,94	55,14	0,4	55,99	0,47	56,43	0,96	61,85	5,66	63,52	1,68
	[53.33-54.6]6		[54.86-55.42]		[55.66-56.33]		[55.75-57.11]		[57.85-65.85]		[62.33-64.71]	
<b>Cl- (mg/l)</b>	892,5	4,95	982	5,66	940,5	62,93	972	7,07	1005	22,63	1018,5	6,36
	[889.0-896.0]		[978.0-986.0]		[896-985.0]		[967-977.0]		[989-1021.0]		[1014.0-1023.0]	
<b>K+ (mg/l)</b>	81,5	0,71	83,5	0,71	85,5	0,71	86	1,41	83,5	6,36	81,5	0,71
	[81.00-82.00]		[83.00-84.00]		[85-86.00]		[85-87.00]		[79-88.00]		[81.00-82.00]	
<b>SO42- (mg/l)</b>	122,5	2,12	128	4,24	131,5	0,71	124,5	0,71	121	12,73	120	1,41
	[121.00-124.00]		[125.00-131.00]		[131-132.00]		[124-125.00]		[112-130.00]		[119.00-121.00]	

**Tableau 11** : Statistiques descriptives et valeurs de p des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac Tonga.

	<b>N</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>	<b>Min.</b>	<b>Maxi</b>	<b>Valeur p</b>
<b>Turbidité</b>	12	7,05	0,21	6,75	7,42	0,548
<b>pH</b>	12	7,02	0,17	6,67	7,33	0,08
<b>CE (µS/cm)</b>	12	1219,76	43,3	1123,84	1253,44	0,904
<b>OD (mg O2/l)</b>	12	0,69	0,09	0,56	0,85	0,624
<b>MES (mg/l)</b>	12	12,31	0,46	11,22	13,22	0,67
<b>RS (mg/l)</b>	12	1267,14	75,43	1134,22	1423,22	0,297
<b>NO3- mg/l</b>	12	13,42	0,41	12,54	13,84	0,652
<b>NO2- (mg/l)</b>	12	0,62	0,14	0,37	0,85	0,761
<b>NH4+ (mg/l)</b>	12	3,3	0,55	2,3	4,2	1
<b>PO43- (mg/l)</b>	12	6,28	0,16	5,9	6,5	0,867
<b>MO (mg O2/l)</b>	12	4,97	0,54	4,2	5,7	0,765
<b>TH (°F)</b>	12	52,57	1,78	51,22	56,66	0,158
<b>Ca2+ (mg/l)</b>	4	82,63	3,32	78,66	86,55	0,141
<b>Mg2+ (mg/l)</b>	12	57,82	4,14	53,33	65,85	0,383
<b>Cl- (mg/l)</b>	12	968,42	48,42	889	1023	0,676
<b>K+ (mg/l)</b>	12	83,58	2,71	79	88	0,618
<b>SO42- (mg/l)</b>	12	124,58	5,9	112	132	0,327

L'analyse comparative des résultats de notre étude selon les mois, n'a pas mis en évidence de différence significative entre les moyennes ( $p > 0.05$ )

Tableau 12 : Matrice des Paramètres physico-chimiques.

PPC*	Paramètres physico-chimiques																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	—																
2	0,417	—															
3	-0,052	-0,11	—														
4	<b>0.672*</b>	0,381	-0,285	—													
5	0,322	0,349	0,047	0,308	—												
6	<b>0.591*</b>	<b>0.799**</b>	0,109	0,558	0,377	—											
7	0,419	0,497	-0,236	0,512	0,431	0,516	—										
8	0,312	0,348	0,129	0,293	-0,096	0,149	0,179	—									
9	-0,04	0,107	-0,069	0,28	0,509	0,202	<b>0.770**</b>	-0,094	—								
10	<b>0.601*</b>	0,473	-0,215	0,394	0,462	0,458	<b>0.791**</b>	0,074	0,532	—							
11	-0,39	-0,06	-0,02	-0,383	-0,095	0,072	0,191	-0,273	0,361	0,158	—						
12	0,445	0,458	-0,272	<b>0.724**</b>	0,185	0,369	0,398	0,463	0,064	0,273	-0,382	—					
13	0,415	<b>-0.970*</b>	0,777	-0,603	0,119	-0,057	-0,378	0,369	-0,162	0,719	0,712	-0,837	—				
14	<b>0.614*</b>	<b>0.577*</b>	-0,314	<b>0.834***</b>	0,261	0,453	0,461	<b>0.602*</b>	0,122	0,412	-0,488	<b>0.891***</b>	<b>-0.959*</b>	—			
15	<b>0.746**</b>	0,554	-0,124	<b>0.677*</b>	0,477	0,555	<b>0.638*</b>	0,438	0,283	<b>0.699*</b>	-0,201	0,431	0,756	<b>0.631*</b>	—		
16	-0,045	-0,052	0,24	-0,304	0,049	0,139	0,425	-0,071	0,466	0,392	<b>0.784**</b>	-0,459	0,891	-0,452	0,142	—	
17	-0,294	-0,295	0,544	-0,492	0,349	-0,089	0,051	-0,292	0,417	0,065	0,566	<b>-0.638*</b>	<b>0.987*</b>	<b>-0.663*</b>	-0,107	<b>0.744**</b>	—

PPC\* = Paramètres Physico-Chimiques, Les chiffres en gras indiquent les corrélations significatives / Note. \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

1=Turbidité ,2= pH, 3= CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 4= OD (mg O<sub>2</sub>/l), 5= MES (mg/l), 6= RS (mg/l), 7= NO<sub>3</sub>- mg/l,8= NO<sub>2</sub>- (mg/l) n9= NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l) ,10= PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/l), 11= MO (mg O<sub>2</sub>/l), 12= TH (=F),13= Ca<sup>2+</sup> (mg/l),14= Mg<sup>2+</sup> (mg/l),15= Cl<sup>-</sup> (mg/l)16= K<sup>+</sup> (mg/l),17= SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l)

Les relations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau du Lac Tonga ont révélé de nombreuses corrélations positives et négatives significatives aux niveaux  $P \leq 0.05$ ,  $P < 0.01$  et  $P < 0.001$  (tableau 12) ; (tableau 13).

- Les corrélations positives très élevées comprenaient les paires suivantes :

- $\text{Ca}^{2+}$  (mg/l) -  $\text{SO}_4^{2-}$  (mg/l)  $p=0.013$ ,
- TH ( $^{\circ}\text{F}$ ) -  $\text{Mg}^{2+}$  (mg/l)  $p=<0.001$ ,
- OD (mg  $\text{O}_2$ /l) -  $\text{Mg}^{2+}$  (mg/l)  $p=<0.001$

- Les corrélations positives élevées comprenaient les paires suivantes :

- Turbidité (NTU) - OD (mg  $\text{O}_2$ /l)  $p=0.017$ ,
- Turbidité (NTU) - RS (mg/l)  $p=0.043$ ,
- Turbidité (NTU) -  $\text{PO}_4^{3-}$  (mg/l)  $p=0.039$ ,
- Turbidité (NTU) -  $\text{Mg}^{2+}$  (mg/l)  $p=0.034$ ,
- Turbidité (NTU) -  $\text{Cl}^-$  (mg/l)  $p=0.005$ ,
- PH - RS (mg/l)  $p=0.002$ ,
- PH -  $\text{Mg}^{2+}$  (mg/l)  $p=0.050$ ,
- OD (mg  $\text{O}_2$ /l) - TH ( $^{\circ}\text{F}$ )  $p=0.008$ ,
- OD (mg  $\text{O}_2$ /l) -  $\text{Cl}^-$  (mg/l)  $p=0.016$ ,
- $\text{NO}_3^-$  (mg/l) -  $\text{NH}_4^+$  (mg/l)  $p=0.003$ ,
- $\text{NO}_3^-$  (mg/l) -  $\text{PO}_4^{3-}$  (mg/l)  $p=0.002$ ,
- $\text{NO}_3^-$  (mg/l) -  $\text{Cl}^-$  (mg/l)  $p=0.026$ ,
- $\text{NO}_2^-$  (mg/l) -  $\text{Mg}^{2+}$  (mg/l)  $p=0.038$ ,
- $\text{PO}_4^{3-}$  (mg/l) -  $\text{Cl}^-$  (mg/l)  $p=0.012$ ,
- MO (mg  $\text{O}_2$ /l) -  $\text{K}^+$  (mg/l)  $p=0.003$ ,
- $\text{Mg}^{2+}$  (mg/l) -  $\text{Cl}^-$  (mg/l)  $p=0.028$ ,
- $\text{K}^+$  (mg/l) -  $\text{SO}_4^{2-}$  (mg/l)  $p=0.006$ .

En revanche, les corrélations négatives très élevées comprenaient les paires suivantes :

- PH -  $\text{Ca}^{2+}$  (mg/l)  $p=0.030$ ,
- $\text{Ca}^{2+}$  (mg/l) -  $\text{Mg}^{2+}$  (mg/l)  $p=0.042$ .

Les corrélations négatives élevées comprenaient les paires suivantes :

- TH ( $^{\circ}\text{F}$ ) -  $\text{SO}_4^{2-}$  (mg/l)  $p=0.026$ ,
- $\text{Mg}^{2+}$  (mg/l) -  $\text{SO}_4^{2-}$  (mg/l)  $p=0.019$

**Tableau 13** : Relations entre les paramètres physico-chimiques de l'eau.

Mesures de l'ajustement du modèle			
Variable Y	Variable X	Coefficient de corrélation de « Pearson »	Valeur p
Ca2+ (mg/l)	SO42- (mg/l)	<b>0,987</b>	<b>0.013*</b>
TH (°F)	Mg2+ (mg/l)	<b>0,891</b>	<b>&lt;0.001***</b>
OD (mg O2/l)	Mg2+ (mg/l)	<b>0,834</b>	<b>&lt;0.001***</b>
pH	RS (mg/l)	<b>0,799</b>	<b>0.002**</b>
NO3- mg/l	PO43- (mg/l)	<b>0,791</b>	<b>0.002**</b>
MO (mg O2/l)	K+ (mg/l)	<b>0,784</b>	<b>0.003**</b>
NO3- mg/l	NH4+ (mg/l)	<b>0,77</b>	<b>0.003**</b>
Turbidité	Cl- (mg/l)	<b>0,746</b>	<b>0.005**</b>
K+ (mg/l)	SO42- (mg/l)	<b>0,744</b>	<b>0.006**</b>
OD (mg O2/l)	TH (°F)	<b>0,724</b>	<b>0.008**</b>
PO43- (mg/l)	Cl- (mg/l)	<b>0,699</b>	<b>0.012*</b>
OD (mg O2/l)	Cl- (mg/l)	<b>0,677</b>	<b>0.016*</b>
Turbidité	OD (mg O2/l)	<b>0,672</b>	<b>0.017*</b>
NO3- mg/l	Cl- (mg/l)	<b>0,638</b>	<b>0.026*</b>
Mg2+ (mg/l)	Cl- (mg/l)	<b>0,631</b>	<b>0.028*</b>
Turbidité	Mg2+ (mg/l)	<b>0,614</b>	<b>0.034*</b>
NO2- (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	<b>0,602</b>	<b>0.038*</b>
Turbidité	PO43- (mg/l)	<b>0,601</b>	<b>0.039*</b>
Turbidité	RS (mg/l)	<b>0,591</b>	<b>0.043*</b>
PH	Mg2+ (mg/l)	<b>0,577</b>	<b>0.050*</b>
PH	Ca2+ (mg/l)	<b>-0,97</b>	<b>0.030*</b>
Ca2+ (mg/l)	Mg2+ (mg/l)	<b>-0,959</b>	<b>0.042*</b>
Mg2+ (mg/l)	SO42- (mg/l)	<b>-0,663</b>	<b>0.019*</b>
TH (°F)	SO42- (mg/l)	<b>-0,638</b>	<b>0.026*</b>

Note. \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

**IV.3. Évaluation des paramètres microbiologiques des eaux**

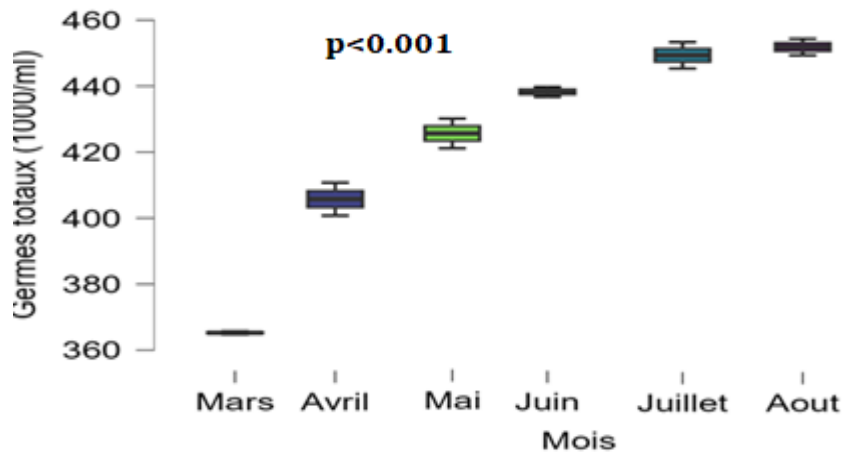
Les micro-organismes, tels que les bactéries, les virus et les protozoaires, peuvent naturellement se trouver dans l'eau. Bien que certains ne représentent aucun risque, d'autres peuvent être dangereux. Il est donc important de procéder à une analyse microbiologique du lac pour identifier les contaminants présents.

**IV.3.1. Statistiques descriptives des paramètres microbiologiques**

**Tableau 14** : Statistiques descriptives (moyenne ± Ecart type [min- max]) des GT, CT, CF, SF.

Statistiques descriptives							
	Mois	N	Moyenne	Ecart-type	Min.	Max.	Valeur p(*)
<b>Germes totaux (1000/ml)</b>	Mars	2	366,5	0,71	366	367	<b>p&lt;0.001</b>
	Avril	2	407	7,07	402	412	
	Mai	2	426,5	6,36	422	431	
	Juin	2	439,5	2,12	438	441	
	Juillet	2	451	5,66	447	455	
	Août	2	453,5	3,54	451	456	
<b>Coliformes totaux (1000/ml)</b>	Mars	2	287	1,41	286	288	<b>0,002</b>
	Avril	2	288	1,41	287	289	
	Mai	2	296	7,07	291	301	
	Juin	2	304	2,83	302	306	
	Juillet	2	314	8,49	308	320	
	Août	2	329	7,07	324	334	
<b>Coliformes fécaux (1000/ml)</b>	Mars	2	250	7,07	245	255	<b>0,006</b>
	Avril	2	262,5	3,54	260	265	
	Mai	2	265,5	0,71	265	266	
	Juin	2	267,5	0,71	267	268	
	Juillet	2	280	14,14	270	290	
	Août	2	294,5	0,71	294	295	
<b>Streptocoques fécaux (100/ml)</b>	Mars	2	32,5	0,71	32	33	<b>0,082</b>
	Avril	2	33	1,41	32	34	
	Mai	2	32,5	2,12	31	34	
	Juin	2	32,5	0,71	32	33	
	Juillet	2	33,5	0,71	33	34	
	Août	2	36,5	0,71	36	37	

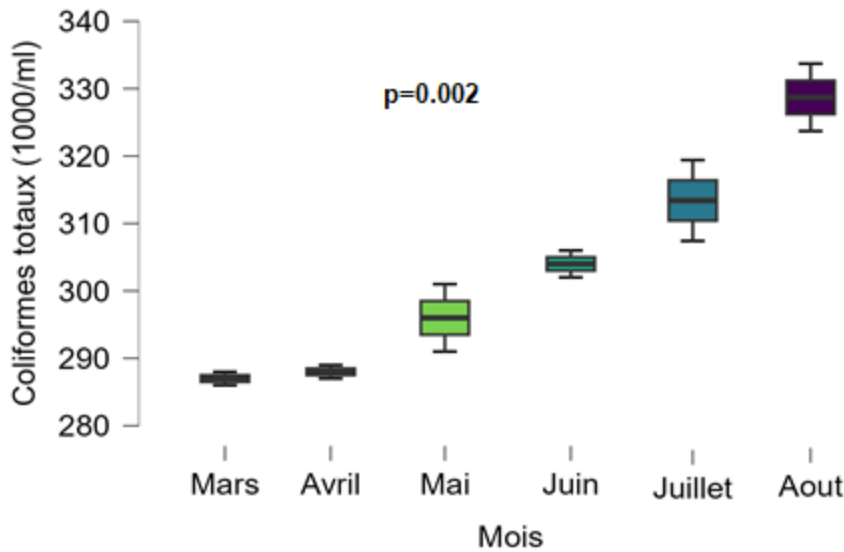
IV.3.1.1. Germes totaux



**Figure 49** : Diagramme en bâton illustrant la répartition mensuelle des moyennes des Germes totaux (1000/ml).

Les valeurs moyennes des germes totaux oscillent entre 366.5 (1000 /ml) et 453.5 (1000/ ml). La présence de ces germes dans les eaux du lac Tonga suggère qu'il est possible qu'il y ait une contamination bactériologique.

IV.3.1.2. Coliformes totaux

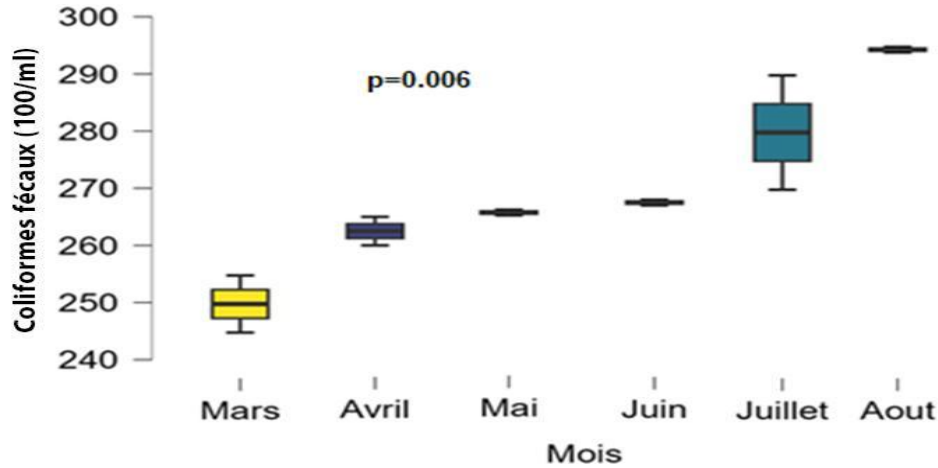


**Figure 50** : Diagramme en bâton illustrant la répartition mensuelle des moyennes des Coliformes totaux (1000/ml)

Durant notre période d'étude, les moyennes mensuelles de coliforme totaux sont entre 287 (1000/ml) et 329 (1000/ml) ce qui est supérieur aux valeurs guide-limites des eaux de baignade qui est de 500 - 10000 /100ml (JORA, 1993). Selon "les normes marocaines de la

grille des qualités des eaux de surface selon les CT" (**Bulletin officiel, 2002**) le lac tonga est en mauvaise qualité.

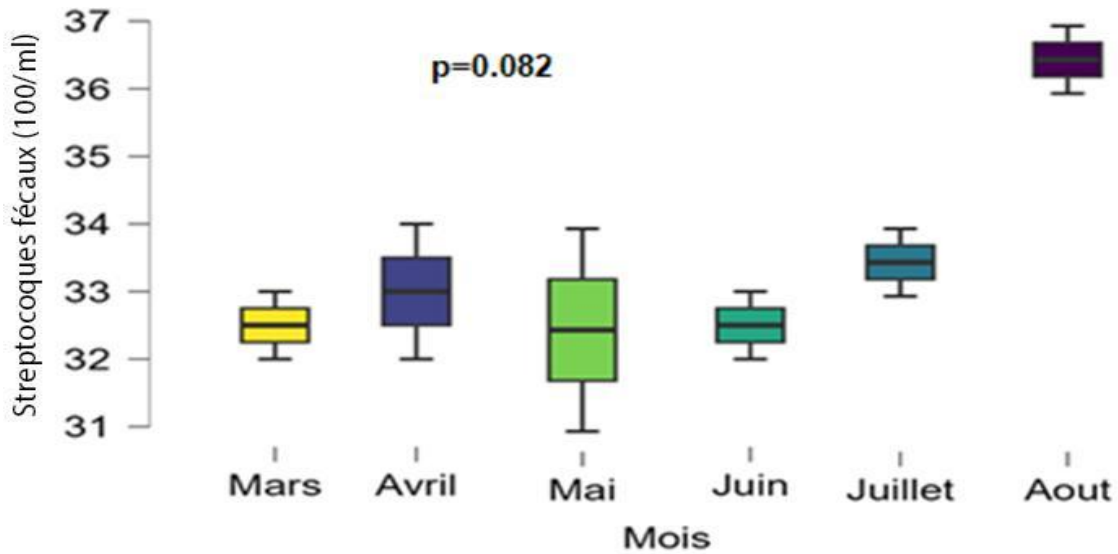
**IV.3.1.3. Coliformes fécaux**



**Figure 51** : Diagramme en bâton illustrant la répartition mensuelle des moyennes des Coliformes fécaux (1000/ml)

Les valeurs de coliformes fécaux oscillent entre 250 (1000/ ml) et 294,5 (1000/ ml) , ce qui est supérieur aux valeurs guide et limites des eaux de baignade (100-2000 /100ml) (**JORA, 1993**) Selon "la Grille de qualité des eaux de surface" (**Bulletin officiel, 2002**) le lac tonga est en mauvaise qualité.

**IV.3.1.4. Streptocoques fécaux**



**Figure 52** : Diagramme en bâton illustrant la répartition mensuelle des moyennes des Streptocoques fécaux (100/ml)

Les moyennes mensuelles des valeurs des Streptocoques fécaux varient entre 32.5 (100 /ml) et 36.5 (100/ml) qui est supérieur aux valeurs guide des eaux de baignade (100 /100ml (**JORA, 1993**)).

Selon (**Bulletin officiel, 2002**) "la grille des eaux de qualité de surface en fonction des SF", le lac tonga est en mauvaise qualité.

-La moyenne des germes retrouvés dans nos prélèvements, diffère significativement selon les mois, pour les Germes totaux (1000/ml) ( $p < 0.001$ ), Coliformes totaux (1000/ml) ( $p = 0.002$ ) et Coliformes fécaux (1000/ml) ( $p = 0.006$ ).

Cependant il n'existe pas de différence significative selon les mois. Pour les Streptocoques fécaux (100/ml) (Tableau 14) ; (Test ANOVA).

IV.3.2. Corrélations entre les paramètres bactériologiques

Tableau 15 : Corrélations entre les GT, CT, CF, SF.

		Germe			
		Germe totaux (1000/ml)	Coliformes totaux (1000/ml)	Coliformes fécaux (1000/ml)	Streptocoques fécaux (100/ml)
Germe totaux (1000/ml)	r de Pearson	—	—	—	—
	valeur p	—	—	—	—
Coliformes totaux (1000/ml)	r de Pearson	<b>0,807**</b>	—	—	—
	valeur p	<b>0,002</b>	—	—	—
Coliformes fécaux (1000/ml)	r de Pearson	<b>0,812**</b>	<b>0,922***</b>	—	—
	valeur p	<b>0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>	—	—
Streptocoques fécaux (100/ml)	r de Pearson	0,418	0,615*	0,680*	—
	valeur p	0,176	<b>0,033</b>	<b>0,015</b>	—

Note. \* p < 0,05, \*\* p < 0,01, \*\*\* p < 0,001

Une corrélation positive très significative a été enregistrée entre les Germe totaux (1000/ml) et les Coliformes totaux (1000/ml) ( $r = 0,807$  ;  $p = 0,002$ ), ainsi qu’entre les Germe totaux (1000/ml) et les Coliformes fécaux (1000/ml) ( $r = 0,812$  ;  $p = 0,001$ ). Par ailleurs, une corrélation très forte et hautement significative a été observée entre les Coliformes totaux (1000/ml) et les Coliformes fécaux (1000/ml) ( $r = 0,922$  ;  $p < 0,001$ ). En ce qui concerne les Streptocoques fécaux (100/ml), ils présentent une corrélation significative uniquement avec les Coliformes (Tableau 15).

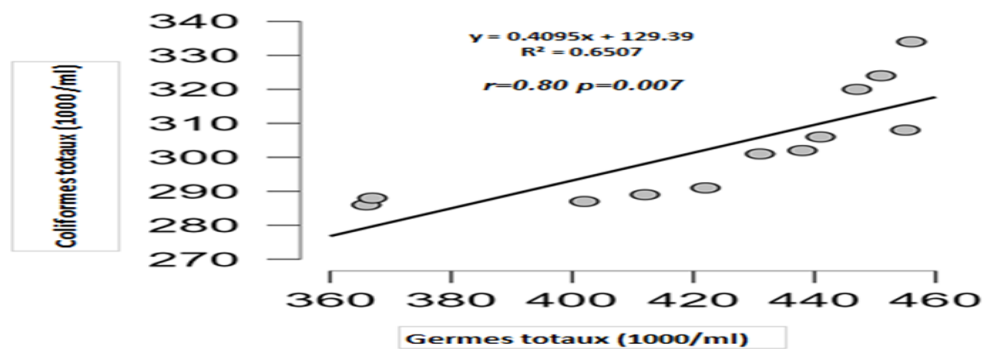


Figure 53 : Graphique de corrélation entre Germe totaux et Coliformes totaux.

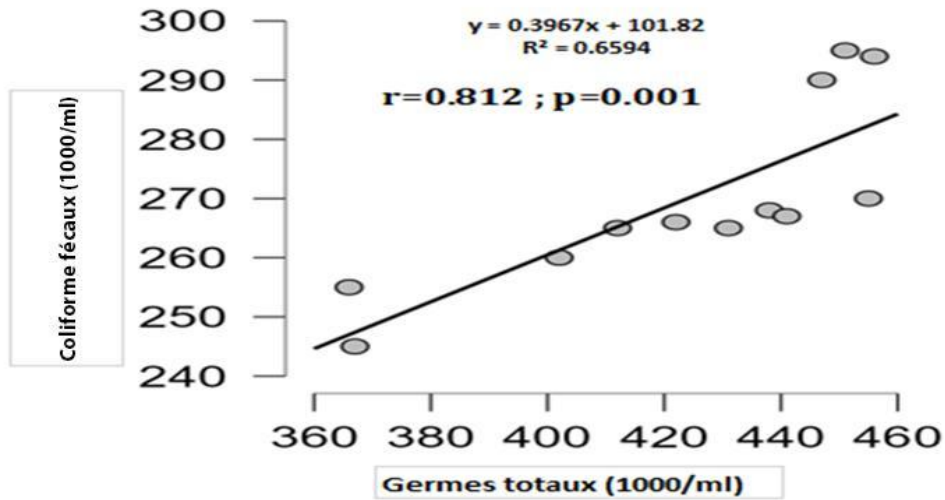


Figure 54 : Graphique de corrélation entre Germes totaux et Coliformes fécaux.

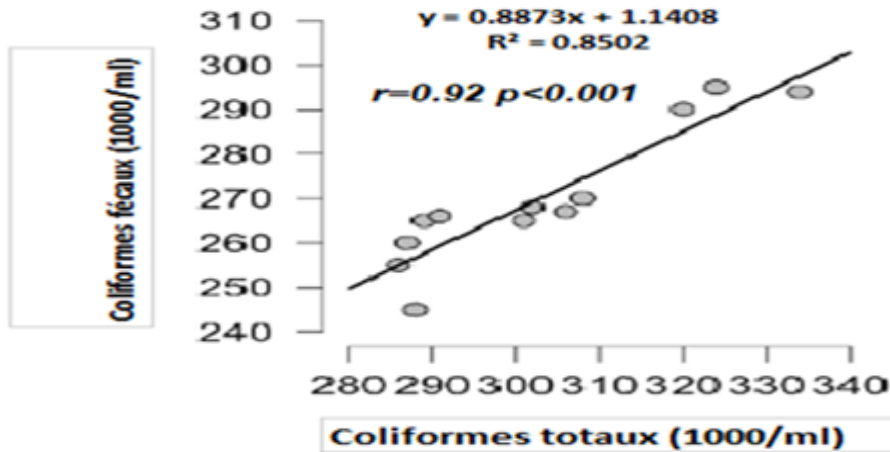


Figure 55 : Graphique de corrélation entre Coliformes fécaux et Coliformes totaux.

#### IV.3.3. Micro-organismes pathogènes et opportunistes identifiés dans les échantillons

Il existe une grande diversité de bactéries pathogènes ou opportunistes présentes dans tous les types d'eaux. Ces bactéries proviennent soit des rejets humains, issus de sujets malades ou porteurs sains, soit elles sont autochtones et capables de s'adapter à l'homme (Rodier et al., 2009).

Tableau 16 : Répartition mensuelle des résultats des bactéries pathogènes et opportunistes identifiées.

	Mois													
	Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Aout		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
<b><i>Escherichia coli (E. coli)</i></b>														
Présence	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	12	100
Absence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
<b><i>Enterobacter cloacae</i></b>														
Présence	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	12	100
Absence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
<b><i>Klebsiella oxytoca</i></b>														
Présence	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	2	100	12	100
Absence	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
<b><i>Pseudomonas aeruginosa</i></b>														
Présence	0	0	0	0	2	100	0	0	2	100	2	100	6	50
Absence	2	100	2	100	0	0	2	100	0	0	0	0	6	50
<b><i>Proteus mirabilis</i></b>														
Présence	2	100	2	100	1	50	2	100	2	100	2	100	11	91.7
Absence	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	0	0	1	8.3
<b><i>Proteus vulgaris</i></b>														
Présence	0	0	2	100	1	50	2	100	2	100	2	100	9	75
Absence	2	100	0	0	1	50	0	0	0	0	0	0	3	25
<b><i>Morganella morganii</i></b>														
Présence	2	100	2	100	1	50	2	100	2	100	2	100	11	91.7
Absence	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	0	0	1	8.3
<b><i>Providencia sp.</i></b>														
Présence	0	0	2	100	2	100	2	100	1	50	2	100	9	75
Absence	2	100	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	3	25
<b><i>Enterobacter agglomerans</i></b>														
Présence	2	100	2	100	2	100	2	100	1	50	2	100	11	91.7
Absence	0	0	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	1	8.3
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>														
Présence	0	0	0	0	1	50	1	50	2	100	2	100	6	50
Absence	2	100	2	100	1	50	1	50	0	0	0	0	6	50
<b><i>Staphylococcus epidermidis</i></b>														
Présence	2	100	2	100	1	50	2	100	1	50	2	100	10	83.3
Absence	0	0	0	0	1	50	0	0	1	50	0	0	2	16.7
<b><i>Staphylococcus intermedius</i></b>														
Présence	2	100	2	100	1	50	2	100	0	0	2	100	9	75
Absence	0	0	0	0	1	50	0	0	2	100	0	0	3	25

Selon le (tableau 16), les bactéries *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae* et *Klebsiella oxytoca* étaient présentes dans tous nos prélèvements (100 %). Elles sont suivies par *Enterobacter agglomerans*, *Morganella morganii*, *Proteus mirabilis* (91,7 %), *Staphylococcus epidermidis* (83,3 %), *Providencia sp.*, *Staphylococcus intermedius* (75 %), et *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* (50 %).

La présence de ces germes dans les eaux du lac de Tonga indiquant la présence possible d'une importante contamination bactériologique en vue de leur dangerosité ;

-*Escherichia coli* est une bactérie qui, dans la plupart des cas, est inoffensive, bien qu'elle puisse parfois devenir pathogène (**elsan.care/fr**).

- *Enterobacter cloacae* a été liée à des épidémies nosocomiales et est considérée comme une bactérie pathogène opportuniste, capable de provoquer divers types d'infections (**canada.ca/fr**).

-*Klebsiella oxytoca* est une bactérie qui peut entraîner une variété d'infections opportunistes, (**chu-st-etienne.fr**).

-*Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie opportuniste généralement peu virulente chez les individus en bonne santé, mais extrêmement dangereuse pour les personnes dont le système immunitaire est affaibli. Elle se classe troisième parmi les bactéries nosocomiales les plus fréquentes et est responsable d'une large gamme d'infections, dont la gravité peut varier considérablement. (**sante-sur-le-net.com**).

- *Proteus mirabilis* est principalement associée aux infections des voies urinaires, mais elle peut également provoquer des infections dans d'autres parties du corps. (**medicoverhospitals.in/fr**).

-*Proteus vulgaris*, bien qu'il fasse partie de la flore intestinale normale des humains, peut, dans de rares cas, être responsable d'infections nosocomiales (**infectionprevention.olympus.com/fr**).

- *Morganella morganii*, lorsqu'elle est ingérée, peut entraîner des symptômes similaires à ceux d'une intoxication alimentaire (**agrarforschungschweiz.ch/fr**).

- *Providencia sp.* est une bactérie opportuniste, susceptible de provoquer des infections nosocomiales (**Clave et Floch, 2021**).

- *Enterobacter agglomerans* est une bactérie opportuniste qui peut causer diverses infections chez l'homme (**Büyükcam et al., 2018**).

- *Staphylococcus aureus* est une bactérie pathogène opportuniste capable de provoquer de diverses maladies chez les humains, allant de troubles bénins qui se résolvent spontanément à des infections graves et potentiellement mortelles (**canada.ca/fr**).

- *Staphylococcus intermedius* est une bactérie qui a la capacité de provoquer la coagulation du plasma sanguin, un phénomène qui peut perturber les processus de circulation sanguine (**elsan.care/fr**).

-*Staphylococcus epidermidis* est une bactérie normalement présente sur la peau humaine et animale en tant que commensale, mais elle peut devenir pathogène dans certaines situations. En particulier, elle est responsable d'infections nosocomiales, notamment chez les patients immunodéprimés, où elle peut provoquer des infections liées aux dispositifs médicaux (**passeportsante.net**).

#### **IV.4. Effet des facteurs physico-chimiques de l'eau sur les communautés bactériennes**

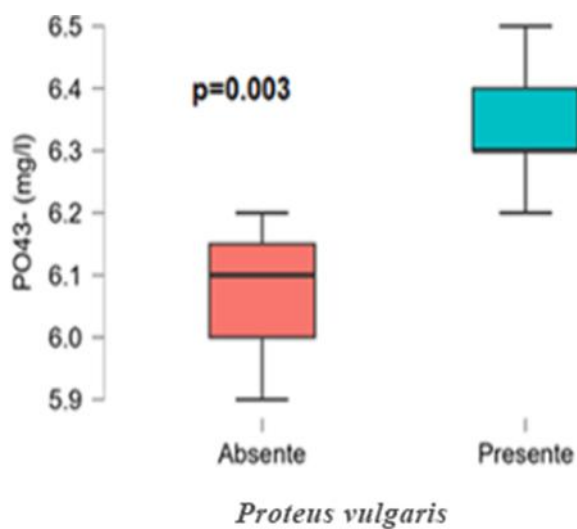
##### **IV.4.1. Effet des facteurs physico-chimiques de l'eau sur chaque espèce bactérienne identifiée**

**Tableau 17** : Résultats de la comparaison de moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau et la présence de bactéries (p value).

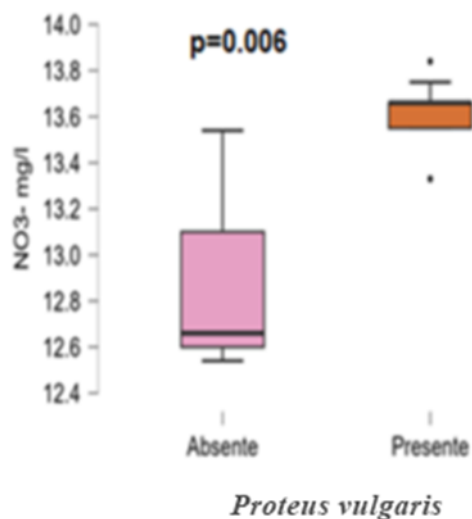
<b>Résultats de la comparaison de moyennes (p value) Test Student</b>																	
<i>Germes</i>	Turbidité	pH	CE ( $\mu$ S/cm)	OD (mg O <sub>2</sub> /l)	MES (mg/l)	RS (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	MO (mg O <sub>2</sub> /l)	TH (°F)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (m/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,399	0,670	0,834	0,082	0,360	0,754	0,143	<b>0,025</b>	0,096	0,223	0,617	0,067		<b>0,018</b>	0,171	0,921	0,820
<i>Proteus mirabilis</i>	0,419	0,422	0,443	0,562	0,599	0,670	0,573	0,480	0,089	0,879	0,545	0,816		0,610	0,122	0,609	0,276
<i>Proteus vulgaris</i>	<b>0,009</b>	0,096	0,470	0,143	0,084	0,083	<b>0,006</b>	0,983	0,199	<b>0,003</b>	0,562	0,343		0,148	0,058	0,688	0,732
<i>Morganella morganii</i>	0,137	0,531	0,680	0,836	0,823	0,692	0,782	0,792	0,138	0,648	0,237	0,824		0,726	0,739	0,377	0,203
<i>Providencia sp</i>	0,412	0,265	0,478	<b>0,020</b>	0,062	0,080	<b>0,014</b>	0,410	<b>0,050</b>	0,188	0,818	0,273	0,214	0,236	0,183	0,954	0,895
<i>Enterobacter agglomerans</i>	0,419	0,906	0,701	0,417	0,958	0,675	0,573	0,092	1,000	0,150	0,545	0,662	0,214	0,995	0,277	0,088	0,362
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,157	<b>0,041</b>	0,970	<b>0,032</b>	0,732	0,072	0,080	<b>0,001</b>	0,431	0,223	0,921	0,062		<b>0,008</b>	<b>0,009</b>	0,766	0,432
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	0,650	0,709	0,557	0,659	0,837	0,544	0,531	0,153	0,284	0,495	0,176	0,624	0,214	0,799	0,289	<b>0,044</b>	0,092
<i>Staphylococcus intermedius</i>	0,631	0,709	0,448	0,856	0,833	0,444	0,291	<b>0,032</b>	0,301	0,493	0,730	0,448	0,990	0,313	0,233	0,604	0,979

**Tableau 18** : Effet des facteurs physico-chimiques de l'eau sur les espèces bactériennes identifiées.

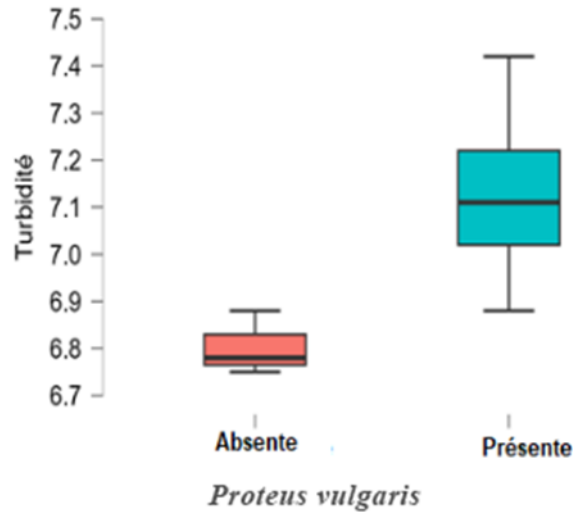
	Groupe	N	Moyenne	Ecart-type	Valeur p
<b>Turbidité</b>					
<i>Proteus vulgaris</i>	Absence	3	6,8	0,07	<b>0,009</b>
	Présente	9	7,13	0,17	
<b>pH</b>					
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	6	6,92	0,14	<b>0,041</b>
	Présente	6	7,12	0,14	
<b>OD (mg O2/l)</b>					
<i>Providencia sp</i>	Absence	3	0,6	0,03	<b>0,020</b>
	Présente	9	0,72	0,07	
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	6	0,64	0,05	<b>0,032</b>
	Présente	6	0,74	0,09	
<b>NO3- mg/l</b>					
<i>Proteus vulgaris</i>	Absence	3	12,9	0,55	<b>0,006</b>
	Présente	9	13,6	0,17	
<i>Providencia sp</i>	Absence	3	13	0,62	<b>0,014</b>
	Présente	9	13,6	0,17	
<b>NO2- (mg/l)</b>					
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Absence	6	0,54	0,12	<b>0,025</b>
	Présente	6	0,71	0,11	
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	6	0,51	0,1	<b>0,001</b>
	Présente	6	0,73	0,08	
<i>Staphylococcus intermedius</i>	Absence	3	0,77	0,1	<b>0,032</b>
	Présente	9	0,57	0,12	
<b>NH4+ (mg/l)</b>					
<i>Providencia sp</i>	Absence	3	2,67	0,551	<b>0,013</b>
	Présente	9	3,51	0,382	
<b>PO43- (mg/l)</b>					
<i>Proteus vulgaris</i>	Absence	3	6,07	0,153	<b>0,003</b>
	Présente	9	6,34	0,0882	
<b>Mg2+ (mg/l)</b>					
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Absence	6	55,2	1,26	<b>0,018</b>
	Présente	6	60,5	4,42	
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	6	54,9	0,903	<b>0,008</b>
	Présente	6	60,7	4,13	
<b>Cl- (mg/l)</b>					
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	6	935	46,1	<b>0,009</b>
	Présente	6	1002	20,1	
<b>K+ (mg/l)</b>					
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Absence	2	87	1,41	<b>0,044</b>
	Présente	10	82,9	2,38	



**Figure 56 :** Box plot comparant la moyenne de l'effet du  $\text{PO}_4^{3-}$  sur la présence de la bactérie « *Protéus vulgaris* »

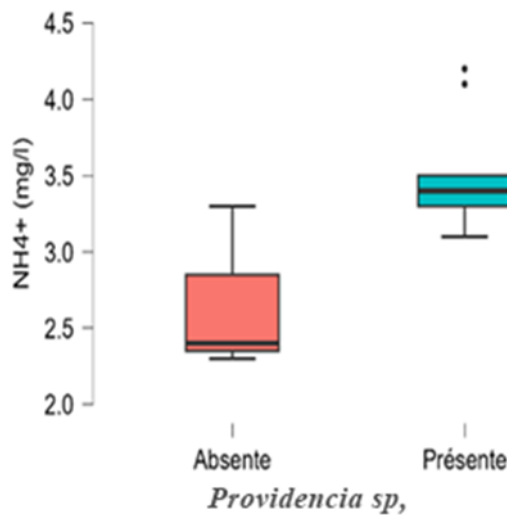


**Figure 57 :** Box plot comparant la moyenne de l'effet du  $\text{NO}_3^-$  sur la présence de la bactérie « *Protéus vulgaris* ».

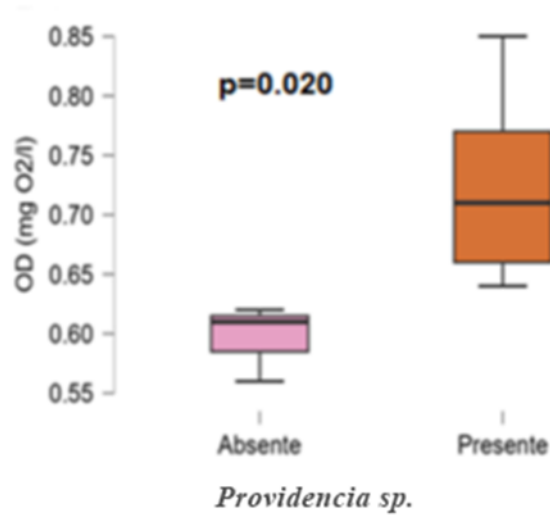


**Figure 58** : Diagramme en boîte comparant la moyenne de l'effet de la Turbidité sur la présence de la bactérie « *Proteus vulgaris* ».

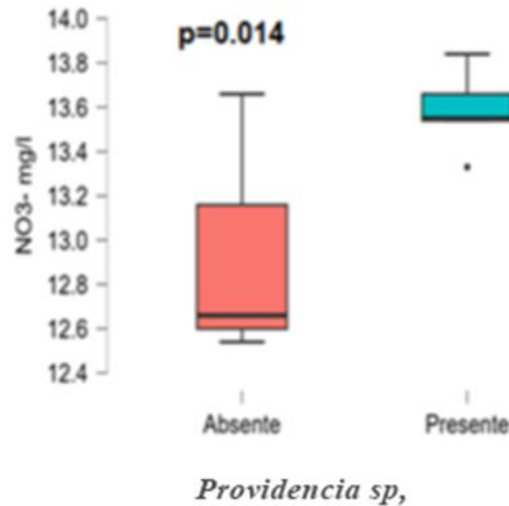
- Il existe une relation statistiquement significative entre la présence du *Proteus vulgaris* et les paramètres :  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $p=0.003$ ),  $\text{NO}_3^-$  ( $p=0.006$ ) et la Turbidité ( $p=0.009$ ). Plus la concentration de ces paramètres est élevée, plus la présence de la bactérie *Proteus vulgaris* est importante.



**Figure 59** : Box plot comparant la moyenne de l'effet de l' $\text{NH}_4^+$  sur la présence de la bactérie « *Providencia sp.* ».

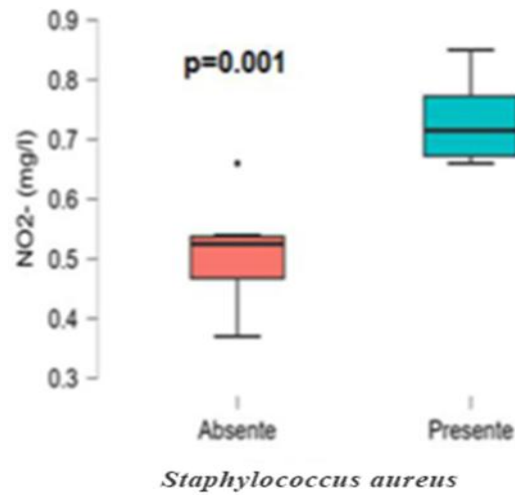


**Figure 60 :** Box plot comparant la moyenne de l'effet du l'OD sur la présence de la bactérie « *Providencia sp.* ».

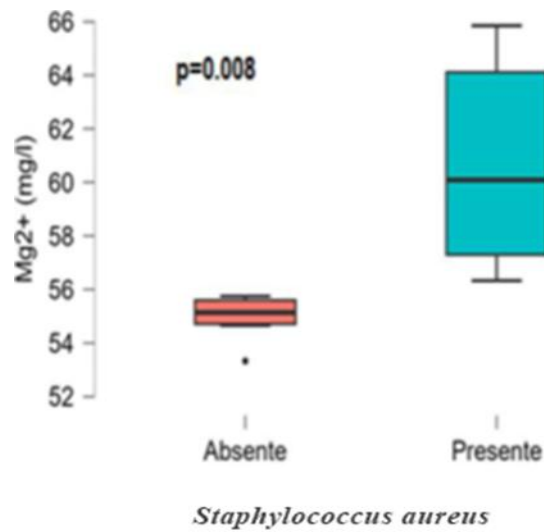


**Figure 61 :** Box plot comparant la moyenne de l'effet du NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sur la présence de la bactérie « *Providencia sp.* ».

- Il y a une relation statistiquement significative entre la présence du germe *Providencia sp* et les paramètres : NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (p=0.013), le NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (p=0.014) et l'OD (p=0.020), plus la concentration de ces paramètres est élevée plus la présence de cette bactérie est importante.

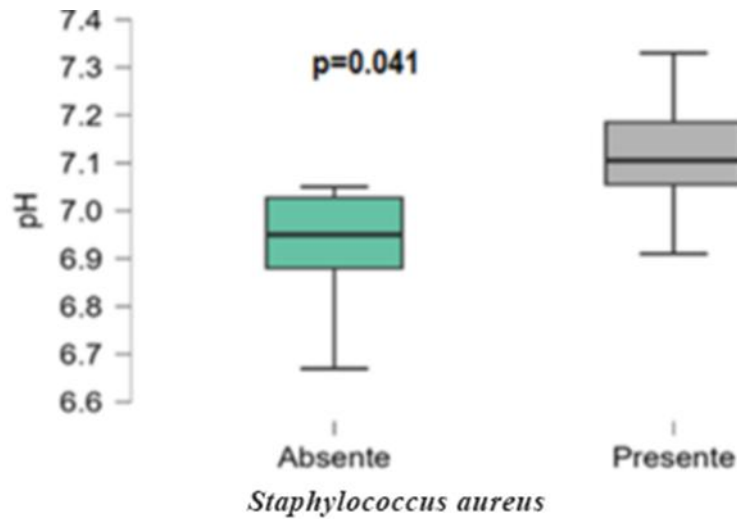


**Figure 62 :** Box plot comparant la moyenne de l'effet du NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sur la présence de la bactérie « *Staphylococcus aureus* ».



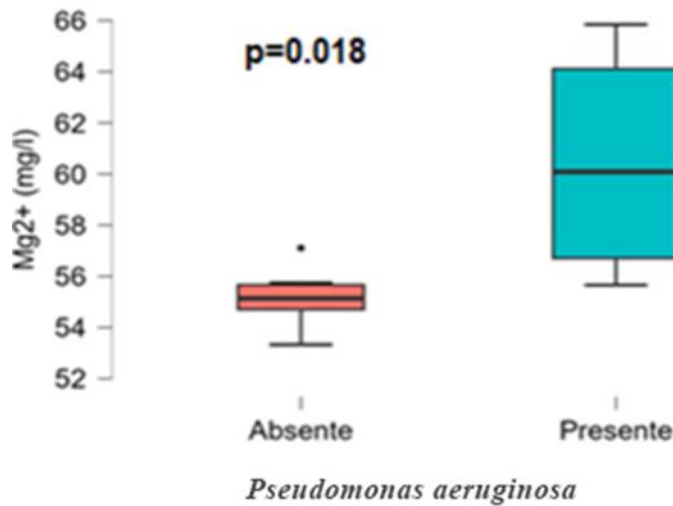
**Figure 63 :** Box plot comparant la moyenne de l'effet du Mg<sup>2+</sup> sur la présence de la bactérie « *Staphylococcus aureus* ».



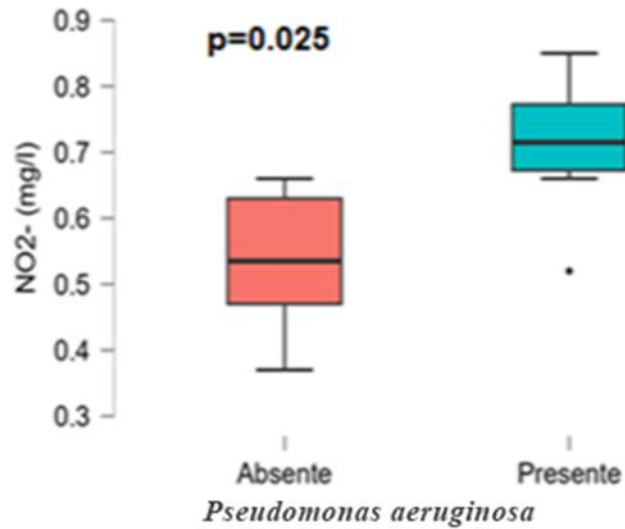


**Figure 66:** Box plot comparant la moyenne de l'effet du pH sur la présence de la bactérie « *Staphylococcus aureus* ».

- Il existe aussi une relation statistiquement significative entre la présence du *Staphylococcus aureus* et les paramètres NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (p=0.001), Mg<sup>2+</sup> (p=0.008), Cl<sup>-</sup> (p=0.009), l'OD (p=0.030) et le pH (p=0.041), plus la concentration de ces paramètres est élevée plus la présence de cette bactérie est importante.

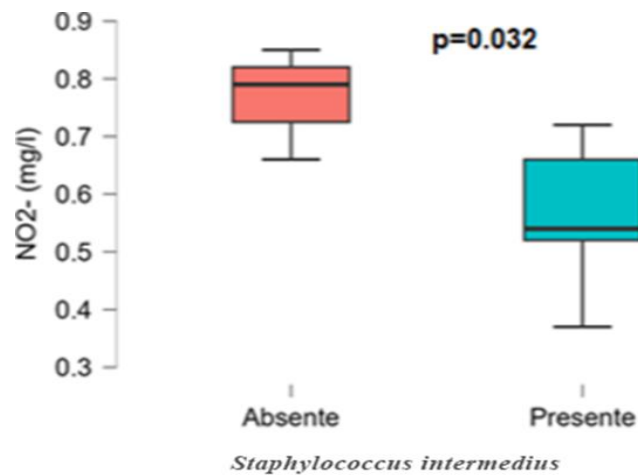


**Figure 67:** Box plot comparant la moyenne de l'effet du Mg<sup>2+</sup> sur la présence de la bactérie « *Pseudomonas aeruginosa* ».

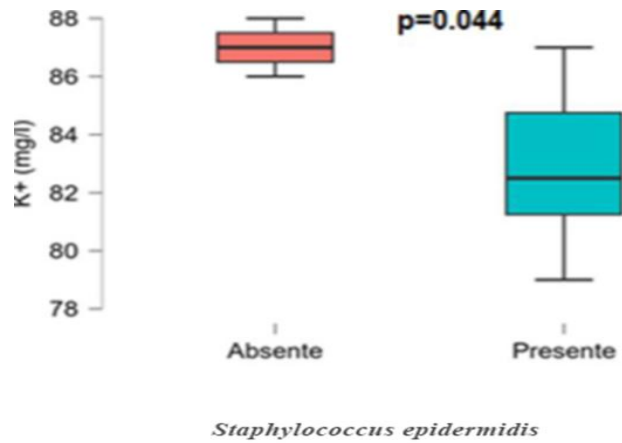


**Figure 68** : Box plot comparant la moyenne de l'effet du NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sur la présence de la bactérie « *Pseudomonas aeruginosa* ».

- On retrouve aussi une relation statistiquement significative entre la présence du *Pseudomonas aeruginosa* et les paramètres : Magnésium (Mg<sup>2+</sup>) (p=0.018) et les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (p=0.025), plus la concentration de ces paramètres est élevée plus la présence de cette bactérie est importante.



**Figure 69** : Box plot comparant la moyenne de l'effet du NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sur la présence de la bactérie « *Staphylococcus intermedius* ».



**Figure 70 :** Box plot comparant la moyenne de l'effet du potassium sur la présence de la bactérie « *Staphylococcus epidermidis* ».

- Une relation statistiquement significative a été retrouvée aussi entre la présence du *Staphylococcus intermedius* et les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) (p=0.032) et le *Staphylococcus epidermidis* et le potassium K<sup>+</sup> (p=0.044), plus la concentration de ces paramètres est faible plus la présence de cette bactérie est importante.
- 

D'après nos résultats certaines bactéries sont plus présentes lorsque les valeurs de certains paramètres physico-chimiques sont élevées, et d'autres bactéries, sont plus abondantes lorsque ces paramètres sont plus faibles.

Cela montre que la répartition des bactéries peut dépendre des conditions physico-chimiques du milieu.

IV.4.2. Effet des facteurs physico-chimiques de l'eau sur les GT, CT, CF et SF

Tableau 19 : Analyse statistique des effets des facteurs physico-chimiques sur les GT, CT, CF et SF

		Turbidité	OD (mg O <sub>2</sub> /l)	NO <sub>3</sub> -mg/l	NO <sub>2</sub> -(mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	TH (°F)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	pH	CE (µS/cm)	MES (mg/l)	RS (mg/l)	MO (mg O <sub>2</sub> /l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)
Germes totaux (1000/ml)	r de Pearson	0.662*	0.73**	0.865***	0,417	0.593*	0.819**	0,514	0.70*	0.813**	0,524	-0,274	0,408	0.578*	0,048	0,651	0,265	-0,129
	valeur p	0,019	0,007	<.001	0,178	0,042	0,001	0,087	0,011	0,001	0,080	0,389	0,188	0,049	0,881	0,349	0,406	0,691
Coliformes totaux (1000/ml)	r de Pearson	0.729**	0.882***	0,495	0.59*	0,142	0,501	0.787**	0.925***	0.718**	0,533	-0,245	0,186	0.580*	-0,282	-0,527	-0,215	-0,541
	valeur p	0,007	<0.001	0,102	0,044	0,660	0,097	0,002	<.001	0,009	0,074	0,443	0,563	0,048	0,375	0,473	0,502	0,069
Coliformes fécaux (1000/ml)	r de Pearson	0.739**	0.924***	0.579*	0,490	0,285	0,521	0.735**	0.917***	0.707*	0,441	-0,258	0,277	0,484	-0,475	-0,661	-0,288	-0,534
	valeur p	0,006	<0.001	0,048	0,106	0,369	0,082	0,006	<.001	0,010	0,152	0,419	0,383	0,111	0,119	0,339	0,363	0,074
Streptocoques fécaux (100/ml)	r de Pearson	0.792**	0,569	0,142	0,416	-0,076	0,238	0,393	0.575*	0,407	0,250	0,274	0,306	0,456	-0,568	0,281	-0,270	-0,240
	valeur p	0,002	0,054	0,659	0,178	0,815	0,457	0,206	0,050	0,189	0,433	0,388	0,333	0,136	0,054	0,719	0,397	0,453

Note. \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Pour les paramètres pH, MES (mg/l), MO (mg O<sub>2</sub>/l), Ca<sup>2+</sup> (mg/l), K<sup>+</sup> (mg/l) et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (mg/l) en corrélation avec : les germes totaux, coliformes totaux, coliformes totaux fécaux et streptocoques fécaux, nous n'avons pas trouvé de corrélation significative.

#### **IV.4.3. Résultats de l'analyse des corrélations entre les paramètres physico-chimiques et microbiologiques**

La matrice de corrélation montre les différentes corrélations positives entre les paramètres physico-chimiques étudiés et les GT, CT, CF, SF. La force de ces relations est indiquée par les coefficients de corrélation (r), tandis que leur significativité statistique est précisée par les valeurs p ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.01$  et  $p < 0.05$ ) (Tableau 19).

Les corrélations positives très élevées comprenaient les paires suivantes :

- Mg<sup>2+</sup> (mg/l) et « Coliformes totaux » ( $r=0.925$  ;  $p<0.001$ )
- L'oxygène dissous (OD (mg O<sub>2</sub>/l) et « Coliformes fécaux » ( $r=0.924$  ;  $p<0.001$ )
- Mg<sup>2+</sup> (mg/l) et « Coliformes fécaux » ( $r=0.917$  ;  $p<0.001$ )
- OD (mg O<sub>2</sub>/l) et « Coliformes totaux » ( $r=0.882$  ;  $p<0.001$ )
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l et « Germes totaux » ( $r=0.865$  ;  $p<0.001$ )
- PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (mg/l) et « Germes totaux » ( $r=0.819$  ;  $p=0.001$ )
- Cl<sup>-</sup> (mg/l) et « Germes totaux » ( $r=0.813$  ;  $p=0.001$ )

Les corrélations positives élevées incluait les paires suivantes :

- OD (mg O<sub>2</sub>/l) et « Germes totaux » ( $r=0.73$  ;  $p=0.007$ )
- Turbidité et « Coliformes totaux » ( $r=0.729$  ;  $p=0.007$ )
- TH (°F) et « Coliformes totaux » ( $r=0.787$  ;  $p=0.002$ )
- Turbidité et « Coliformes fécaux » ( $r=0.739$  ;  $p=0.006$ )
- TH et « Coliformes fécaux » ( $r=0.735$  ;  $p=0,006$ )
- Turbidité et « Streptocoques fécaux » ( $r=0.792$  ;  $p=0.002$ )
- Cl<sup>-</sup> mg/l « Coliformes totaux » ( $r=0.718$  ;  $p=0.009$ )
- Cl<sup>-</sup> (mg/l) et « Coliformes fécaux » ( $r=0.707$  ;  $p=0.01$ )
- Mg<sup>2+</sup> et « Germes totaux » ( $r=0.70$  ;  $p=0,011$ )
- RS (mg/l) et « Germes totaux » ( $r=0.578$  ;  $p=0.049$ )
- Turbidité et « Germes totaux » ( $r=0.662$  ;  $p=0.019$ )

- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l) et « Germes totaux » (r=0.593 ; p=0.042)
- NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/l) et « Coliformes totaux » (r=0.59 ; p=0.044)
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) et « Coliformes fécaux » (r=0.579 ; p=0.048)
- Mg<sup>2+</sup> (mg/l) et « Streptocoques fécaux » (r=0.575 ; p=0.050)
- RS (mg/l) et « Coliformes totaux » (r=0.58 ; p=0.048)

Nous avons observé que les GT, CT, CF et SF, réagissent de manière variée aux paramètres physico-chimiques durant notre période d'étude. La densité bactérienne est influencée par la variabilité temporelle et spatiale de leurs sources, ainsi que par divers facteurs environnementaux (Rosenfeld et al., 2006).

#### IV.4.4. Traitement des données par la méthode de la qualité microbiologique (IQM)

En suivant les limites des cinq classes des valeurs des polluants, puis la détermination du numéro de classe correspondant à chaque paramètre en se basant sur les mesures obtenues, suivi par le calcul de la moyenne puis en fonction de la détermination de la contamination fécale selon l'indice de qualité microbiologique (IQM) (Bovesse et Depelchin, 1980 in Lelercq, 2001). Nous avons obtenu un IQM de :  $1.0 < 1.33 < 1.8$ , donc la contamination fécale du lac tonga est très forte.

#### IV.4.5. Origine de la contamination fécale

Tableau 20 : CF / SF à partir de nos résultats

Mois	Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Aout	
Nbre des essais	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2	E1	E2
<b>CF/SF</b>	77,27	76,6	76,5	82,8	78,2	85,5	83,8	80,9	79,4	87,9	79,7	81,7

Dans notre étude R qui est égale à  $CF/SF$  est supérieur à 4 durant tous les mois de notre étude, (tableau 20) ,donc la pollution est d'origine humaine selon l'origine de contamination selon  $CF/SF$ , en fonction des critères définis par (Borrego et Romero 1982 in Hamaidi-Chergui et al., 2020), Cela pourrait probablement être dû à plusieurs facteurs, tels que les rejets domestiques dans la région, l'urbanisation proche du lac, le ruissellement, les décharges situées aux environs, ainsi que les activités récréatives autour du lac.

**V.**

**CONCLUSION GENERALE  
ET PERSPECTIVES**

## V. Conclusion générale et perspectives

La région d'El Kala, située à l'extrême nord-est du pays, abrite une grande diversité de zones humides uniques. Ces zones constituant des quartiers d'hivernage essentiels pour l'avifaune aquatique en Algérie. Cependant, elles subissent une dégradation importante due aux activités humaines, ce qui a des effets néfastes sur ces habitats. C'est notamment le cas pour le site Ramsar du lac Tonga, l'une des zones humides les plus importantes d'Afrique du Nord et le seul site de nidification régulière de la Guifette moustac (*Chlidonias hybrida hybrida*), une espèce coloniale à aire de répartition mondiale très large mais avec un manque de connaissances sur sa biologie, notamment pendant la période de reproduction. Dans le cadre de nos recherches, nous avons souhaité approfondir les connaissances générales de cette espèce ainsi que de son habitat de reproduction en Algérie.

La présente étude s'inscrit parmi les études de la bio-écologie de la Guifette moustac *chlidonias hybrida hybrida* qui niche dans le nord-est algérien. L'objectif majeur étant de caractériser au mieux les différents paramètres de la biologie et de l'écologie de reproduction de cette espèce ainsi que l'étude des lieux de nidification.

Ce travail a été effectué sur 54 nids (construits sur deux différentes végétations ; *Sparganium erectum* et le *Nymphaea alba*).

Cette espèce au lieu de construire ses nids comme d'habitude sur les patchs de *Nymphaea alba*, elle a utilisé dans notre cas aussi une autre héliophyle *Sparganium erectum* pour nicher. Le diamètre moyen externe des nids est plus important dans les *Nymphaea alba*, la différence dans les paramètres des nids est dû aux différences dans les matériaux de construction entre les deux supports. Nos résultats, des paramètres des œufs, sont comparables par rapport aux résultats obtenus en Afrique du Nord et en Europe.

Nous avons fait des mesures des paramètres de 42 poussins sans prendre en considération leurs âges ou provenances des nids le fait qu'ils sont semi nidifuge et c'est dans le but d'améliorer nos connaissances sur les poussins de cette espèce très peu étudiée.

Nous avons pu détecter le poids à l'éclosion (cette dernière est déterminée, grâce à ses caractéristiques usuelles) et le comparer avec d'autres études antérieures. Le poids des poussins a été corrélé avec la mesure du culmen et celle de tête+bec. En ce qui concerne le paramètre tête +bec nous l'avons choisi car il a son importance car c'est le meilleur élément structural à mesurer et selon nos recherches bibliographiques nous n'avons rien trouvé à propos de ce paramètre chez les poussins de notre espèce en revanche il a été mesuré sur des

poussins d'autres espèces telle que la Mouette à tête grise *Larus cirrocephalus* sur les Bijol Islands (Gambie) et de même que dans notre cas il a été corrélé avec le poids.

En outre, la préservation de la population de guifettes et de toutes les espèces du lac Tonga, souligne la nécessité de la préservation de ce site, qui malgré sa grande valeur écologique, il se trouve actuellement en état d'eutrophisation.

Nous avons étudié les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lac, car ces aspects sont encore peu explorés. À cet égard, nous recommandons une analyse systématique de ce lac pour sa protection. Nos résultats ont confirmé l'état d'eutrophisation du lac, avec certains paramètres physico-chimiques dépassant les normes algériennes et internationales. De plus, les communautés bactériennes présentes excèdent largement toutes les normes établies. Si l'on ne prend pas les mesures de gestion appropriées à temps, cela peut causer des dégradations graves de l'écosystème. Il est impératif d'établir des stratégies pour limiter la pollution du lac, afin d'éviter tout impact négatif sur toutes les populations du lac telles que les guifettes moustac *Chlidonias hybrida hybrida*.

En constatant le manque d'études et d'informations concernant cette espèce, nous proposons certaines perspectives dont on voit l'utilité de les étudier :

Développer des méthodes d'évaluation de la croissance et de l'âge des poussins, de leur éclosion jusqu'à leur envol et mettre en évidence le système de baguage pour ces derniers dans le but de connaître les distances parcourues ainsi que les trajectoires migratoires puisque les trajets migratoires ainsi que les zones d'hivernage ne sont pas connus pour la population algérienne de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida*.

Effectuer plusieurs études sur cette espèce tel que : Le régime alimentaire et prendre différentes mesures, pour en avoir plus de connaissance sur cette dernière qui est peu connue ainsi de pouvoir faire la différence avec d'autres études réalisées dans d'autres pays.

Concernant le lac Tanga nous suggérons quelques recommandations pour contribuer à sa préservation tels que :

L'élaboration des programmes de sensibilisation visant à modifier certains comportements négatifs des résidents et des touristes.

L'importance de réduire la déforestation et limiter l'activité de pâturage.

La nécessité de s'assurer d'avoir un système de surveillance systématique adéquat pour prévenir le risque de contamination de ce lac.

**VI.**  
**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbaci, 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 Badji Mokhtar, Annaba. 219 p.
- Abdennour, S., Hamimoud, R. (2020). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles du barrage de Beni Haroun. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine 1, 49 p.
- Abdo, M.H. (2005). Physico-chemical characteristics of Abu Za'baal pond. Egypt. Egypt. J. Aquatic Research 31(2), 1-15.
- Aissaoui, R. (2012). Eco-éthologie des Anatidés dans la Numidie orientale : Cas de la Fuligule Nyroca *Aythya nyroca* dans le Lac Tonga, thèse de doctorat, université Badji Mokhtar Annaba, 176 p.
- Akroum, E.H. (2014). Perspective de développement écotouristique au parc national d'El Kala. Université Badji Mokhtar Annaba, mémoire de magistère, 127 p.
- Allan D.G. (1988). Whiskered terns *Chlidonias hybridus* breeding in the South-eastern Transvaal Highveld, South Africa. Revue Cormorant 16(1): 3-6.
- Bakaria, F. (2013). Stratégies de la reproduction de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida hybrida* (Pallas, 1811) dans le Lac Tonga, Wilaya d'El Tarf: Caractéristiques et qualité d'accueil de son unique site Nord-Africain de reproduction. Thèse de doctorat, Université d'Annaba, Algérie. 140 p.
- Bakaria, F., Rizi, H., Ziane, N., Chabi Y., Banbura, J. (2002): Breeding ecology of whiskered terns in Algeria, North Africa. Water Birds 25(1): 56-62.
- Bakaria, F., Benyacoub S., Gauthier-Clerc, M and Banbura, J. (2009). Long-term changes in the size, structure and location of Whiskered Tern *Chlidonias hybrida* (L.) nest in deteriorating environmental conditions of a North African Lake. Polish Journal of Ecology, 57(4): 749–759 (2009).
- Barati, A., Ataei, F., Esfandabad, B.S., Shabani, N., Etezadi, F. (2011). Variations in nest-site parameters in breeding waterbirds at Lake Zarivar, Western Iran Avian biology research 4 (2), 87–92.
- Beaman, M., Madge, S. (1998) : Guide encyclopédique des oiseaux du paléarctique occidental. Edition Nathan, Paris, France.
- Belabed, B.E., Frossard, V., Dhib, A., Turki, S., Aleya, L. (2013). What factors determine trace metal contamination in Lake Tonga (Algeria). Environ. Monit. Assess. 185 (12), 9905–9915. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3300-6>.

- Belhadj, G., Chalabi, B., Chabi, Y., Kayser, Y., Gauthier-Clerc, M. (2007), Le retour de l'Ibis falcinelle (*Plegadis falcinellus*) nicheur en Algérie, *aves*, 44 (1) 2007 : 29 – 36.
- Benmergui, M. & Broyer, J. (2005). La Guifette moustac: démographie et qualité des habitats. *Gibier Faune Sauvage*, 269, 14-19.
- Bentouili, M.Y. (2007). Inventaires et qualité des eaux de sources du parc national d'El kala (Nord Est Algerien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 121p
- Benyacoub, S., Chabi, Y. (2000). Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. *Revue des sciences et de la Technologie, Synthèse N°7*, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Bernard, A., Teyssier, S. (2008). La Guifette moustac. In *Oiseaux nicheurs de Rhône-Alpes*. Extrait de CORA.
- Boudraa, W., Bouslama, Z., Houhamdi, M. (2014). Inventaire et écologie des oiseaux d'eau dans le marais de Boussedra (Annaba, Nord-Est de l'Algérie) *Bull. Soc. zool. Fr.*, 2014, 139(1-4) : 279-293.
- Bulletin officiel (2002). Grille de qualité des eaux de surface. Imprimerie Officielle, Rabat, Maroc, pp. 1501–1563.
- Büyükcım, A., Tuncer, Ö., Gür, D., Sancak, B., Ceyhan, M., Cengiz, A. B., & Kara, A. (2018). Clinical and microbiological characteristics of *Pantoea agglomerans* infection in children. *Journal of Infection and Public Health*, 11(3), 304–309.  
<https://doi.org/10.1016/j.jiph.2017.07.020>.
- Cazacu, M. (2006): Nesting sites for *Chlidonias hybridus* (Aves, Charadriiformes, Sternidae). *North-Western Journal of Zoology* 2(2): 73-87.
- Christians, J.K. (2002). Avian egg size: variation within species and inflexibility within individuals. *Biological. Review.* 77 :1-26.
- Clave, D., Floch, P. (2021). Fiche technique \_ Bactériologie 204,. CHU de Toulouse - Institut Fédératif de Biologie.
- Cordonnier, P. (1986). Notes sur le poussin de Guifette moustac *Chlidonias hybrida* et sa croissance. *Bièvre*, 8(1), 53-56. Parc Ornithologique, Villars-les-Dombes.
- Cramp, S. (1985). Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. The Birds of the Western-Palaearctic. Vol. IV. Terns to Woodpeckers. Oxford University Press, Oxford, UK. 960p
- David, N. et Gosselin, M. (2002). Gender agreement of avian species names. *Bull. Brit. Orn. Cl.* 122 (1): 14-49.

- Debenest, E. (2015). Etude de la population de Guifettes moustacs *Chlidonias hybrida* en Brenne. Rapport de stage 2ème année, Master, Ingénieure en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité, Université de Montpellier, France. 53p.
- De Villers, J., Squilbin, M., Yourassowsky, C. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement Fiche 2,1–16.
- Del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J. (eds.) (1996). Handbook of the Birds of the World. Vol. 3. Hoatzin to Auks. 821p.
- Direction générale des forêts (2003). Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, Réserve Intégrale du Lac Tonga, Wilaya d'El Tarf ,
- Djedadoua, N. (2017). Etude physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage de Hammam Debagh (Guelma). Mmoire de master . Université 8 Mai 1945 Guelma, p 94.
- Djelloul, R. (2014). Cartographie des champignons au niveau du Parc National d'El Kala (Nord Est Algérien), thèse de doctorat, université Badji Mokhtar Annaba, 230 p.
- Elkins, N. (1983). Weather and bird behaviour. Ed. T and AD Poyser LTD, London, UK.
- Etchécopar, R.D., Hüe, F. (1964). Les oiseaux du Nord de l'Afrique, de la Mer Rouge aux Canaries. Édition N.Boubée et Cie. Paris VI, France.
- Eybert, M.C., Geslin, T., Questiau, S., Feunteun, E. (2003). Shorebird community variation indicative of general perturbation in the Mont-Saint-Michel bay (France). Comptes Rendus Biologies, 326, 140-147.
- Fjelds, J. (1977). Guide to the young of European precocial birds. Share Nature Publ., Tisvildeleje, 285 p.
- Fornasari, L. (1992). Le tre specie " *Chlidonias*" presenti in Europa. Silva 2: 89-96.
- Hakmi, A. (2006). Traitement de l'eau de source Bousfer Oran, Mémoire de licence, Université des Sciences et de la Technologie Oran, 48 p.
- Hamaidi-Chergui F, Kouba R, Ouahchia , Demiai A . (2020). Evaluation of the Bacteriological pollution of the Mazafran Wadi Waters and Study of the Resistance Profile of Escherichia Coli. JOWSET, 2020 (04), N° 02, 507-512.
- Hamli, A. (2020). Valeur ornithologique et caractérisation du biotope des zones humides urbaines et périurbaines de l'Est algérien. Thèse de doctorat en sciences, Université Mohamed Chérif Messaadia – Souk Ahras 170 p.
- Heim de Balzac, H., Mayaud, N. (1962). Les oiseaux du Nord-ouest de l'Afrique. Distribution géographique, Ecologie, Migrations, Reproduction. Édition Paul Le chevalier, Paris VI, France.

- Hollis, G.E. (1992). The causes of wetland loss and degradation in the Mediterranean. In: Finlayson, C.M., Hollis, G.E. & Davis, T.J. (eds.), *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. IWRB Special Publication No. 20, Slimbridge, UK, pp. 83–92.
- Houhamdi, I. (2021) *Eco-éthologie des Anatidés hivernants au niveau du lac Tonga et du lac des Oiseaux (wilaya d'El-Tarf, Nord-est de l'Algérie)*. Mémoire de Master université Badji Mokhtar Annaba, 45 p.
- Iboud M.T. (2024), *Bioécologie des Coléoptères Carabidae du lac Tonga (Parc National d'El-Kala)*, thèse de doctorat, Université de Tlemcen 149 p.
- Iqbal, M., Mulyana, D., Pormansyah, Y., Yustian, I., Setiawan, A., Zulkifli, H. (2022). Direct field observation reveals. Whiskered Terns *Chlidonias hybrida* preying on fish much larger than themselves. *Marine Ornithology* 50: 19–21.
- Isenmann, P, Moali, A. (2000). *Oiseaux d'Algérie (Birds of Algeria)*. Édition Société d'Études Ornithologiques de France, Muséum National d'Histoire Naturelle, France.
- Isenmann, P., Gaultier, T., El Hili, A., Azafzaf, H., Dlensi, H., Smart, M. (2005). *Oiseaux de Tunisie (Birds of Tunisia)*. Édition Société d'Études Ornithologiques de France, Muséum National d'Histoire Naturelle, France.
- Joleaud, L. (1936). *Etude géologique région de Bône et de la calle*. Source gallica.bnf.fr/ Bibliothèque nationale de France, 200p.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (1993). *Qualité requise des eaux de baignade*. Imprimerie Officielle, Alger, Algérie, pp. 12–17.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (2011). *Qualité de l'eau de consommation humaine*. Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, pp. 5–23.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). (2014). *Qualité de l'eau de consommation humaine*. Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, pp. 15–32.
- Knox, A.G., Collinson, M., Helbig, A.J., Parkin, D.T., Sangster, G. (2002). *Taxonomic recommendations for British birds*. *Ibis* 144: 707-710.
- Kouadri, S. (2022). *Etude hydro-chimique et modélisation de la qualité des eaux souterraines (Cas de la Wilaya d'Illizi)*, thèse de doctorat université Kasdi Merbah Ouargla. 147p.
- Kushlan, J. A. 1993. *Colonial waterbirds as bioindicators of environmental change*. *Colonial Waterbirds*. 16:223-251

- Labbaci, R. (2017). Ecologie et santé du canard colvert (*Anas platyrhynchos*) dans le complexe des zones humides du parc national d'EL-Kala (cas du lac Tonga : Nord-est Algérien). Thèse de doctorat des sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 152p.
- Latraube, F. (2006) : Biologie de la reproduction de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* en Brenne. Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. Sciences de la vie et de la Terre, Montpellier, France, 120 p.
- Latraube, F., Mortreux, S., Bretagnolle, S. (2006). Premières données issues du baguage de poussins de Guifette moustac *Chlidonias hybridus* en brenne. *Alauda* 74(2):265-268.
- Lazli, A., Boumezbeur, A., Moali-Grine, N., Moali, A. (2011). Évolution de la population nicheuse de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* sur le lac Tonga (Algérie). *Revue d'Écologie*, 2011, 66 (2), pp.173-181.
- Lazli, A., Boumezbeur, A., Perennou, C., Moali, A. (2011). Biologie de la reproduction de l'Érismature à tête blanche *Oxyura leucocephala* au lac Tonga (Algérie). *Revue d'Écologie*, 2011, 66 (3), pp.255-265
- Leclercq, L. (2001). Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau. Station scientifique des Hautes-Fagnes, Belgique, 57 p.
- Ledwon, M. (2011). Sexual size dimorphism, assortative mating and sex identification in the Whiskered Tern *Chlidonias hybrida*. *Ardea*, 99(2), 191-198.
- Lemmoui, M., Ramdani, K., Tahar, W., Houhamdi, I., Razkallah, Z., Abdellioui, S., Houhamdi, M. (2024). New biometric and breeding data for the Whiskered tern *Chlidonias hybrida hybrida* at its southern nesting limit : Lake Tonga (El-Kala, North-east Algeria), *BIHAREAN BIOLOGIST* 18 (2) : 135 – 144.
- Lomont, H. (1945). Les conditions de la nidification en Camargue de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* (Pallas). *Bulletin du muséum d'histoire naturelle de Marseille* 3: 106-111.
- Loucif, K. (2020). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du lac Tonga (wilaya d'El Tarf) et occupation spatio-temporelle du site par l'avifaune aquatique, thèse de doctorat, Université Mohamed Chérif Messaadia–Souk Ahras , 144p.
- Meniaia, Z. (2015). Ecologie de la reproduction de la Poule d'eau (*Gallinula chloropus*) en Numidie thèse de doctorat, université 08 mai 1945 Guelma, 146 p.
- Merzoug, S.E. (2009). Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Gareat Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda). Mémoire de Magister, Université 8 mai 1945, Guelma, 134p.

- 
- Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. (2015). Wetlands. 5th edition. John Wiley & Sons, Hoboken.
  - Mittermeier, R. A., Brooks, T., Gil, P. R., Hoffman, M., & Pilgrim, J. (2004). Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX. 390 p.
  - Muzinic, J., Delic, A. (1997): Nesting biology of whiskered tern *Chlidonias hybridus* in Croatia. Avocetta 21: 165-168.
  - Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403: 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>.
  - Narsis, S. (2020). Ecologie des conceptions et d'édification des nids des oiseaux nicheurs dans les zones humides du Parc National d'El Kala (Nord-Est de l'Algérie) thèse de doctorat ,121p.
  - Ormerod, S.J., Tyler, S.J. (1993). Birds as indicators of changes in water quality. In: Furness, R.W., Greenwood, J.J.D. (eds) Birds as Monitors of Environmental Change. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-015-1322-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-015-1322-7_5)
  - Ortiz Lledó, I., Vidal Mateo, J., and Urios Moliner, V. (2018). Reproductive success of Whiskered Tern *Chlidonias hybrida* in eastern Spain in relation to water level variation. PeerJ 6(e4548): 1-23 (2018); DOI 10.7717/peerj.4548.
  - Ouelmouhoub, S., (2005). Gestion multiusage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du parc national el kala, Algérie. Master of science, série thèse et master n78, Montpellier : CIHEAM- IAMM, 127 p.
  - Paillisson, J.M., Latraube, F., and Reeber, S. (2008). Assessing Growth and Age of Whiskered Tern *Chlidonias hybrida* Chicks using Biometrics, Source: Ardea, 96(2): 271-277.
  - Paillisson, J.M. (2008) : Bilan des opérations de mesures biométriques des œufs de Guifette moustac au Lac de Grand-Lieu. Université de Renne I.
  - Paillisson, J.M., Reeber, S., Carpentier, A., Marion, L. (2006): Plant-water regime management in a wetland: consequences for a floating vegetation-nesting bird, Whiskered Tern *Chlidonias hybridus*. Biodiversity and Conservation 15: 3469-3480.
  - Pech, P., Diaf I. (2022). Développement touristique et conservation de la nature : le cas du parc national d'El Kala, wilaya d'El Tarf, Algérie. Teoros. Revue de recherche en tourisme, 2022, Tourisme dans le monde arabe, 41 (1).

- Raachi, M.L. (2007). Étude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac Tonga au nord est Algérien, université du Québec à Montréal, 175 P.
- Radi, M., Kimdil, L., Laghzaoui, M., Er-Rguibi, O., Rihane, A., El Mouden, E.H and Bergier, P. (2020). Reproduction de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* au barrage collinaire d'Ouled Abbas (Région de Marrakech – Safi). Go-South Bulletin 17 : 55-60 .
- Ramdani, K. (2021). Contribution à l'étude de la biologie des oiseaux nicheurs dans le Nord-Est algérien, thèse de doctorat université Badji Mokhtar Annaba, 98P .
- Reggam, A. (2015). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse. Thèse de Doctorat, Université 8 mai 1945, Algérie, 131p.
- Richards, A. J. (1990). Seabirds of the Northern Hemisphere (Gallery Books, an Imprint of W. H. Smith Publishers, Inc., 112 Madison Avenue, New York 10016), 192p.
- Rizi, H. (2018). Etude de l'importance méditerranéenne du complexe des zones humides de la région du Nord à travers l'avifaune hivernante et nicheuse : Cas du Lac Tonga, thèse de doctorat, université Badji Mokhtar Annaba 105 p.
- Rizi, H., Ziane, N., Rouag, R. & Boulaakoud, M.S. (2016). Evolution of the breeding population of the Ferruginous Duck (*Aythya nyroca*, Gùldenstädt, 1770) at lake Tonga (Northeast of Algeria). Journal of Entomology and Zoology Studies 2016; 4(6): 191-195
- Rizi, H. (1994). Caractérisation de l'écologie de reproduction de la Guifette moustac *Chlidonias hybrida* (Pallas), dans le Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf). Ingéniorat d'état, Université d'Annaba.
- Robin, P. (1966). Nidifications sur l'Iriki daya temporaire du Sud marocain en 1965. Alauda 34 : 81-101.
- Robin, P. (1968). L'avifaune de l'Iriki (Sud-Marocain). Alauda 36 : 237-253.
- Rodier, J., Legube, B., Marlet, N., (2009). L'analyse de l'Eau, 9th edition. Dunod, Paris. 1526 p.
- Rosenfeld, L.K., McGee, C.D., Robertson, G.L., Noble, M.A., Jones, B.H. (2006). Temporal and spatial variability of fecal indicator bacteria in the surf zone of Huntington Beach, CA. Marine Environmental Research, 61(5): 471–493.
- Rouag, R., et Benyacoub, S. (2006). Inventaire et écologie des reptiles du Parc national d'El Kala (Algérie), Bull. Soc. Herp. Fr. (2006) 117 : 25-40.
- Saadali, B. (2016). Impact de l'activité anthropique sur la dégradation de la qualité des eaux et de l'environnement : Cas du Parc National d'El Kala (Nord-Est algérien) thèse de doctorat, université Badji Mokhtar Annaba ,212p.

- Saïfouni, A et Bellatreche, M. (2014). Cartographie numérique des habitats de reproduction de l'avifaune nicheuse du lac Tonga, parc national d'El-Kala (Nord Est Algérien). *Mediterranea serie de estudios biológicos* 2014, Época II N° 25, DOI : 10.14198/MDTRRA2014.25.01
- Saïfouni, A., Bellatreche, M et Chebouti-Meziou, N. (2020). Identification et cartographie des habitats naturels du lac tonga- el kala- Algérie. *Revue Agrobiologia* (2020) 10(1) : 1999 -2009.
- Sangster, G., Collinson, J.M., Helbig, A.J., Knox, A.G et Parkin, D.T. (2005). Taxonomic recommendations for British birds: third report. *Ibis* 147 (4) : 821-826.
- Sarri DJ. (2017). Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National d'El-Kala et des sites d'intérêts biologique et écologique de la région d'El-Tarf, thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1. 181 p.
- Sarri, DJ., Djellouli, Y., Alatou, DJ. (2014): Biological diversity of the National Park of El-Kala (Algeria) - valorization and protection-*Biodiversity Journal*. Italy.5(4):525-532.
- Snow, D.W., Perrins, C.M. (1998): *The birds of the Western Palearctic*. Concise Edition. Oxford University Press.
- Spina, F. (1982): Contribution to the breeding biology of the Whiskered tern *Chlidonias hybrida* in Val Compotto (Northern Italy). *Avocetta* 6: 23-33.
- Spina, F. (1986). Mignatinopiombato *Chlidonias hybridus* (Pallas, 1811). *Supplemento alle ricerche di biologia della selvaggina* 11: 121-127.
- Thévenot, M., Vernon, R., Bergier, P. (2003). *The birds of Morocco*. British Ornithologists' Union and British Ornithologists' Club. The Natural History Museum, Tring, Herts HP23 6P, UK.
- Touhari, F. (2015). Etude de la qualité des eaux de la vallée du Haut Cheliff. Thèse de doctorat, ENSH. 185 p.
- Trotignon, J., Williams, T., Hémery, G. (1994) : Reproduction et dynamique des colonies de la population de Guifettes moustacs *Chlidonias hybridus* de la Brenne. *Alauda* 62(3):89-104.
- Veen, J., Peeters, J., Mullié, W.C. (2004). Manuel pour le suivi des colonies de nidification d'oiseaux marins en Afrique de l'Ouest. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands.98 p.
- Williams M. (1990). *Wetlands: a threatened landscape*. Blackwell, Oxford.
- Zeghaba, N. (2018). Etude et suivi de la qualité des eaux du barrage Hammam Debagh (Nord-Est Algérien). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar. Annaba ,123p

Sites Web :

- [agrarforschungschweiz.ch/fr/2022/10/la-bacterie-morganella-morganii-produit-des-amines-biogenes-dans-le-fromage-a-raclette/](http://agrarforschungschweiz.ch/fr/2022/10/la-bacterie-morganella-morganii-produit-des-amines-biogenes-dans-le-fromage-a-raclette/)
- [canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/enterobacter.html](http://canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/enterobacter.html)
- [canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/staphylococcus-aureus.html](http://canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/staphylococcus-aureus.html)
- [chu-st-etienne.fr/Professionnels/Hygiene/Referentiel/FichesPrecautions/Agents\\_Infectieux/Klebsiella\\_oxytoca/46](http://chu-st-etienne.fr/Professionnels/Hygiene/Referentiel/FichesPrecautions/Agents_Infectieux/Klebsiella_oxytoca/46)
- [cpepesc.org/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieux-aquatiques-sources-de-pollutions-et-atteintes/2-qualite-des-eaux-pollutions-etat-des-cours-deau/2-bonne-qualite-ou-pollution-des-eaux/parametres-physiques-et-chimiques-de-leau-indicateurs-des-pollutions/les-differents-parametres-physiques-et-chimiques-des-eaux-et-commentaires/](http://cpepesc.org/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieux-aquatiques-sources-de-pollutions-et-atteintes/2-qualite-des-eaux-pollutions-etat-des-cours-deau/2-bonne-qualite-ou-pollution-des-eaux/parametres-physiques-et-chimiques-de-leau-indicateurs-des-pollutions/les-differents-parametres-physiques-et-chimiques-des-eaux-et-commentaires/)
- [datazone.birdlife.org/species/factsheet/whiskered-tern-chlidonias-hybrida](http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/whiskered-tern-chlidonias-hybrida) Téléchargé le 09/07/2024.
- [elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/maladiesgenerale/staphylocoque-causes-traitements](http://elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/maladiesgenerale/staphylocoque-causes-traitements)
- [infectionprevention.olympus.com/fr-fr/preuve-scientifique/micro-organismes/proteus-vulgaris](http://infectionprevention.olympus.com/fr-fr/preuve-scientifique/micro-organismes/proteus-vulgaris)
- [lenntech.fr/francais/norme-eau-potable-oms-ue.html](http://lenntech.fr/francais/norme-eau-potable-oms-ue.html)
- [medicoverhospitals.in/fr/diseases/proteus-mirabilis/](http://medicoverhospitals.in/fr/diseases/proteus-mirabilis/)
- [migraction.net/index.php?m\\_id=1517&bs=97](http://migraction.net/index.php?m_id=1517&bs=97)
- [oiseaux.net/birds/photos/whiskered.tern.html](http://oiseaux.net/birds/photos/whiskered.tern.html)
- [passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=staphylococcus-epidermidis-cette-bacterie-mortelle](http://passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=staphylococcus-epidermidis-cette-bacterie-mortelle)
- [sante-sur-le-net.com/maladies/maladies-infectieuses/pseudomonas-aeruginosa/](http://sante-sur-le-net.com/maladies/maladies-infectieuses/pseudomonas-aeruginosa/)
- <http://www.elsan.care/fr/pathologie-et-traitement/glossaire-medical/hepato-gastro-enterologie/escherichia-coli>