



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA I

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Biotechnologies



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

En Sciences Agronomiques

Option : Sciences Forestières

THEME

*Contribution à l'analyse phytoécologique  
Du Lac Tonga (Parc National d'El-Kala)*

Présenté par :

**BOUDISSA Nour El Houda , KRELIFA Abderrahmane et NADER Assia**

Devant le jury composé de :

|                     |                                  |     |                       |
|---------------------|----------------------------------|-----|-----------------------|
| <b>Présidente :</b> | M <sup>me</sup> ZEMMOURI Samia   | MAA | Université de Blida 1 |
| <b>Promotrice :</b> | M <sup>me</sup> . DJAABOUB Soror | MAA | Université de Blida 1 |
| <b>Examineur :</b>  | M <sup>r</sup> . FELLAG Mustapha | MAA | Université de Blida 1 |

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2020/2021**

# **Remerciements**

*Dans tout document tel que le notre, cette page s'impose de manière incontournable pour être l'occasion d'exprimer une gratitude sincère envers les personnes qui ont apporté une aide, une écoute ou simplement une chaleur gratuite et généreuse.*

*Tout d'abord Dieu merci pour la santé, la volonté, le courage et la détermination qui nous ont accompagnés tout au long de la préparation et l'élaboration de ce travail et qui nous ont permis d'achever ce modeste travail.*

*Nous remercions chaleureusement notre encadreur **M<sup>me</sup>. DJAABOUB S Ep AKLI** pour l'orientation, la confiance, la patience qui a constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené à bon port. Qu'elle trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **M<sup>me</sup>. ZEMMOURI S** et **M<sup>r</sup>. FELLAG M** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant respectivement de présider et d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs de spécialité sciences forestières (**notre deuxième famille**) qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.*

*Nous tenons à remercier sincèrement **M<sup>r</sup>, FELLAG Mustapha** Pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période d'études.*

*Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

**ABDERRAHMANE, NOUR EL HOUDA et ASSIA**

## *Dédicaces*

*A mes très chers parents qui ont sacrifié leur vie pour mon instruction, ma réussite et mon bien être aucun mot et aucune dédicace ne peuvent exprimer mon amour, mon respect et mon affection.*

*Je vous offre ce modeste travail, en témoignage de tous les sacrifices, le soutien et les encouragements que vous m'avez accordé tout au long de mon chemin, Veuillez trouver dans ce travail le fruit de toutes vos peines et vos sacrifices.*

*A mes binômes Nour El Houda et Assia qui étaient toujours là pour moi en tant que des sœurs mais aussi en tant que mes meilleures amies, Il n'y a pas assez de place pour exprimer ce que je ressens pour elles.*

*A mes sœurs et frères Chaima et Sarah et mes frères jumeaux Ahmed et Zakaria, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de réussite.*

*A ma chère Benmerah lamia*

*A toute ma famille*

*A tous mes professeurs*

*A tous mes amis*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin  
Je dédie cet humble travail*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour*

*A ceux qui m'ont adoré et donné l'éducation qui illumine mon esprit et les conseils et les encouragements qui me guideront dans ma vieillesse, à ma mère et mon père, que le Dieu les protège.*

*A ceux qui m'ont comblé avec leur bienveillance et m'ont apporté leur aide et m'ont motivé à progresser, à mes chers frères, que Dieu les garde.*

*A tous ceux qui honorent la science et l'éducation et lui donnent sa valeur, à vous mes professeurs.*

*Je ne saurai terminer sans citer mes binômes Assia et Abderrahmane pour leur soutien moral, leur patience et leur compréhension tout ou long de ce projet.*

*Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.*

*A moi qui me suis fatiguée et suis restée debout pour ce moment.*

*Nour El Houda*

# Dédicaces

*Avec joie, fierté et respect je dédie ce mémoire*

*A celle qui m'a donné la vie, qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et de ses sacrifices.*

*A ma chère mère*

*A celui qui a été mon ombre durant toutes les années d'études pour m'assurer les bonnes conditions, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordée.*

*A mon cher père*

*Que Dieu les garde et les protège.*

*A mon adorable petite sœur et à mes frères source de joie et de bonheur. A tous les membres de ma famille qui m'a toujours soutenue.*

*A tous mes amis et collègues sans oublier mon binôme Abdo et Houda, mes meilleurs amis avant d'être mes binômes et à leur petite famille.*

*A ceux qui m'aiment.*

*A vous cher lecteur.*

*A ceux qui travaillent dur pour éduquer les générations et passer le flambeau du savoir. A vous mes professeurs.*

*Assia*

## **Résumé :**

Notre travail est axé sur l'analyse phytoécologique de la végétation aquatique du lac Tonga (Parc National d'El-Kala. Wilaya d'El Taref). L'objectif principal est de mettre en évidence la richesse phytocénotique aquatique globale du lac et la réalisation d'une étude phytoécologique pour montrer de manière évidente les relations espèces-facteurs du milieu (profondeur de l'eau), afin de préciser l'organisation spatiale des communautés végétales aquatiques du lac.

L'exploitation des données bibliographiques recueillies (388 relevés floristico-écologiques), a permis, en premier lieu, de dresser une liste floristique englobant 92 espèces végétales et en second lieu, de préciser l'écologie des espèces aquatiques par l'intermédiaire des quatre groupes écologiques relatifs à la profondeur de l'eau.

**Mots clés** : Lac Tonga ; Parc National d'El-Kala ; Syntaxons aquatique ; Phytoécologie ; Phytodiversité.

**Abstract:**

Our work is focused on the phytoecological analysis of the aquatic vegetation of Lake Tonga (El-Kala National Park. El Taref Wilaya). The main objective is to highlight the overall aquatic phytocenotic richness of the lake and to carry out a phytoecological study to clearly show the species-factor relationships of the environment (water depth), in order to specify the organization spatial pattern of aquatic plant communities in the lake.

The use of the bibliographic data collected (388 floristico-ecological records), made it possible, first of all, to draw up a floristic list including 92 plant species and secondly, to specify the ecology of aquatic species through the four ecological groups relating to water depth.

**Keywords:** Lake Tonga; El-Kala National Park; Aquatic syntaxons; Phytoecology; Phytodiversity.

## المخلص:

يركز عملنا على التحليل البيئي النباتي للنباتات المائية في بحيرة تونجا (الحظيرة الوطنية للقالا. ولاية الطارف). الهدف الرئيسي هو تسليط الضوء على الشراء الكلي للنباتات المائية للبحيرة وإجراء دراسة بيئية نباتية لإظهار علاقات عامل الأنواع في البيئة (عمق المياه)، من أجل تحديد النمط المكاني التنظيمي لمجتمعات النباتات المائية في البحيرة.

إن استخدام البيانات البليوغرافية التي تم جمعها (388 سجلاً بيئياً للزهور) ، جعل من الممكن ، أولاً وقبل كل شيء ، وضع قائمة نباتية تتضمن 92 نوعاً نباتياً وثانياً ، لتحديد بيئة الأنواع المائية من خلال المجموعات البيئية الأربعة المتعلقة عمق الماء.

الكلمات المفتاحية: بحيرة تونجا؛ الحظيرة الوطنية للقالا ؛ التركيبات المائية علم النبات. التنوع النباتي.

## ***LISTE DES FIGURES***

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 1</b> : Carte administrative de la wilaya d'El-Tarf (Algérie), montrant les limites du Parc National d'E-Kala ..... | 5  |
| <b>Figure 2</b> : Situation géographique du Parc National d'El-Kala.....  | 6  |
| <b>Figure 3</b> : localisation de la partie marine du Parc National d'El Kala.....  | 6  |
| <b>Figure 4</b> : Carte du réseau hydrographique.....   | 8  |
| <b>Figure 5</b> : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен. Station d'El-Kala de la période 1985-2005.....             | 11 |
| <b>Figure 6</b> : Position du PNEK dans le Climagramme d'Emberger .....   | 12 |
| <b>Figure 7</b> : Carte de végétation du Parc National d'El-Kala.....   | 13 |
| <b>Figure 8</b> : Végétation pionnière sur dunes littorales.....  | 14 |
| <b>Figure 9</b> : Lac Tonga .....   | 15 |
| <b>Figure 10</b> : Lac Oubeira avec les deux espèces végétales rares.....   | 16 |
| <b>Figure 11</b> : Lac Mellah avec deux espèces de poissons caractéristiques.....   | 16 |
| <b>Figure 12</b> : Lac Bleu .....   | 17 |
| <b>Figure 13</b> : Lac Noir .....   | 17 |
| <b>Figure 14</b> : Nechaat de Bourdim .....   | 18 |
| <b>Figure 15</b> : Aulnaie d'Ain Khiair.....  | 18 |
| <b>Figure 16</b> : Maquis de piémonts.....  | 19 |
| <b>Figure 17</b> : Forêt de montagne. ....  | 19 |
| <b>Figure 18</b> : Subéraie subissant l'enrésinement .....  | 20 |
| <b>Figure 19</b> : Zonation du lac Tonga dans le P.N.E.K .....  | 23 |
| <b>Figure 20</b> : Localisation géographique de la zone d'étude.....  | 25 |
| <b>Figure 21</b> : Coupe géologique de la cuvette de lac Tonga.....   | 26 |
| <b>Figure 22</b> : Carte Pédologique montrant les différents types de sol du lac Tonga.....                                   | 28 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 23</b> : Carte du réseau hydrographique du lac Tonga.....                                     | 29 |
| <b>Figure 24</b> : Spectre des classes botaniques des plantes de lac Tonga .P.N.E.K .....               | 39 |
| <b>Figure 25</b> : Spectre des familles botaniques des plantes de lac Tonga .P.N.E.K.....               | 40 |
| <b>Figure 26</b> : Spectre des types biologiques des plantes de lac Tonga .P.N.E.K .....                | 41 |
| <b>Figure 27</b> : Spectre de phytogéographique des plantes de lac Tonga .P.N.E.K.....                  | 42 |
| <b>Figure 28</b> : Les espèces végétales endémiques du site d'étude <i>Cynosurus cristatus.L.</i> ..... | 43 |
| <b>Figure 29</b> : Spectre de rareté des plantes de lac Tonga .P.N.E.K.....                             | 44 |
| <b>Figure 30</b> : Spectre des fréquences relatives des plantes aquatiques retenues.....                | 47 |
| <b>Figure 31</b> : Groupe écologique des espèces de faible profondeur. ....                             | 53 |
| <b>Figure 32</b> : Groupe écologique des espèces de moyenne profondeur... ..                            | 54 |
| <b>Figure 33</b> : Groupe écologique des espèces de forte profondeur. ....                              | 55 |
| <b>Figure 34</b> : Groupe écologique des espèces de très forte profondeur. ....                         | 56 |

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau I</b> : Les principaux cours d'eau de l'aire du Parc.....  | 8  |
| <b>Tableau II</b> : Précipitations annuelles pour la période 1985-2005 de la Station d'El Kala .....            | 9  |
| <b>Tableau III</b> : Les températures annuelles pour la période 1985-2005 de la Station d'El Kala.....          | 10 |
| <b>Tableau IV</b> : Moyennes mensuelles de l'humidité relative de la Station d'El Kala (Période 1985-2004)..... | 10 |
| <b>Tableau V</b> : Les effectifs des Anatidés et des Foulques de la région d'El-Kala .....                      | 31 |
| <b>Tableau VI</b> : Classes de profondeurs.....   | 45 |
| <b>Tableau VII</b> : Les fréquences relatives des espèces retenues .....  | 46 |
| <b>Tableau VIII</b> : Amplitudes d'habitat AH et barycentre écologique G des espèces .....                      | 48 |
| <b>Tableau IX</b> : Les fréquences corrigées des espèces retenues.....  | 51 |

# SOMMAIRE

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Introduction générale..... | 2 |
|----------------------------|---|

## CHAPITRE 01 : Présentation du Parc National d'El-Kala

|   |    |
|---|----|
| 1.1- Situation administrative et géographique .....       | 5  |
| 1.1.1- Situation administrative du parc.....              | 5  |
| 1.1.2- Situation géographique du parc.....                | 5  |
| 1.2- Situation de la partie marine du parc.....           | 6  |
| 1.3- Caractéristiques géologiques générales du parc ..... | 7  |
| 1.4- Relief.....  | 7  |
| 1.5- Réseau hydrographique et les bassins versants .....  | 7  |
| 1.6 - Climat .....  | 9  |
| 1.6.1 - Les précipitations .....                          | 9  |
| 1.6.2 - les températures .....                            | 10 |
| 1.6.3 - L'humidité .....                                  | 10 |
| 1.6.4 - Synthèse climatique.....                          | 10 |
| 1.6.4.1- Diagramme ombrothermique .....                   | 10 |
| 1.6.4.2 - Le quotient pluviothermique Q2 .....            | 11 |
| 1.6.4.3 - Etages bioclimatique .....                      | 11 |
| 1.7- Végétation... ..                                     | 12 |
| 1.7.1- Formations végétales... ..                         | 12 |
| 1.7.2- Etage de végétation... ..                          | 13 |
| 1.8- Diversité écosystémique .....                        | 14 |
| 1.8.1- L'Ecosystème marin... ..                           | 14 |
| 1.8.2- L'Ecosystème dunaire .....                         | 14 |
| 1.8.3- L'écosystème lacustre.....                         | 14 |
| 1.8.3.1- Le lac Tonga .....                               | 15 |
| 1.8.3.2- Le lac Oubeira.....                              | 15 |
| 1.8.3.3- Le lac Mellah .....                              | 16 |
| 1.8.3.4- Le lac Bleu .....                                | 16 |
| 1.8.3.5- Le lac Noir .....                                | 17 |
| 1.8.3.6- Le Marais de Bourdim .....                       | 17 |
| 1.8.3.7- L'aulnaie d'Ain Khiar .....                      | 18 |
| 1.8.4 - Les écosystèmes ripicoles.....                    | 18 |
| 1.8.5 - L'Ecosystème Forestier .....                      | 18 |
| 1.8.5.1- Zone de piémonts... ..                           | 19 |
| 1.8.5.2- Zone de montagnes... ..                          | 19 |

## CHAPITRE 02 : Présentation du lac Tonga

|  |    |
|--|----|
| 2.1- Historique.....   | 22 |
| 2.2- Position du l'écosystème aquatique du lac Tonga dans P.N.E.K..... | 22 |
| 2.3- Localisation.....   | 23 |
| 2.4- Description.....  | 23 |
| 2.5- Géologie.....   | 26 |
| 2.6- Pédologie.....  | 27 |
| 2.7- Hydrographie.....   | 29 |
| 2.8- Richesses du lac Tonga.....                                       | 30 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 2.8.1- Richesse floristique..... | 30 |
| 2.8.2- Richesse faunique... ..   | 30 |

**CHAPITRE 03 : Méthodologie générale**

|  |    |
|--|----|
| 3- Introduction.....                                       | 33 |
| 3.1-La récolte et le tri des données.....                  | 33 |
| 3.2-Caractérisation des différentes espèces végétales..... | 34 |
| 3.2.1-Caractérisation taxonomique et floristique.....      | 34 |
| 3.2.2. Caractérisation biologique.....                     | 34 |
| 3.2.3. Caractérisation phytogéographique .....             | 35 |
| 3.3. Intérêt et valeur patrimoniale.....                   | 35 |
| 3.4. L'approche phytoécologique.....                       | 35 |
| 3.4.1. Les profils écologiques.....                        | 35 |
| 3.4.1.1. Profil des fréquences relatives.....              | 36 |
| 3.4.1.2. Profils des fréquences corrigées .....            | 36 |
| 3.4.2. Amplitude d'habitat (AH).....                       | 36 |
| 3.4.3. Le barycentre écologique G.....                     | 37 |

**CHAPITRE 04 : Résultats et interprétation**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Introduction.....   | 39 |
| 4.2. Composition floristique et systématique.....                     | 39 |
| 4.2.1. Les classes botaniques .....                                   | 39 |
| 4.2.2. Les Familles botaniques .....                                  | 40 |
| 4.3. Caractérisation biologique .....                                 | 41 |
| 4.4. Caractérisation phytogéographique .....                          | 42 |
| 4.5. Valeur patrimoniale .....  | 43 |
| 4.5.1. Les espèces endémiques.....                                    | 43 |
| 4.5.2. Gradient de rareté.....  | 43 |
| 4.6. L'approche phytoécologique.....                                  | 44 |
| 4.6.1. Les classes de profondeurs .....                               | 44 |
| 4.6.2. Analyses des profils écologiques en fréquences relatives ..... | 45 |
| 4.6.3. Amplitude d'habitat et barycentre écologique .....             | 47 |
| 4.6.4. Elaboration des groupes écologiques.....                       | 50 |
| A. Groupe écologique des espèces de faible profondeur .....           | 52 |
| B. Groupe écologique des espèces de moyenne profondeur.....           | 53 |
| C. Groupe écologique des espèces de forte profondeur.....             | 54 |
| D. Groupe écologique des espèces de très forte profondeur.....        | 54 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| Conclusion générale ..... | 58 |
|---------------------------|----|

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| Références bibliographies..... | 62 |
|--------------------------------|----|

Annexes

# **Introduction générale**

### Introduction générale

Les écosystèmes naturels existant partout dans le monde constituent les poumons nécessaires à la survie de notre planète. Les zones humides qui en font partie représentent un véritable réservoir à haut rendement et est la deuxième plus importante production de biomasse après les forêts équatoriales. Ces milieux ont aussi des apports socio-économiques et culturels indéniables.

Outre leur statut d'excellent vivier de ressources biologiques, les zones humides sont considérées comme l'un des écosystèmes les plus vulnérables et sont les plus sensibles à la moindre attaque (attaques anthropiques principalement).

Comprendre les différentes richesses de ces milieux fragiles et surveiller leurs fonctions et leur dynamique constituent une étape nécessaire et primordiale pour protéger ces écosystèmes extraordinaires ; dont les protections sont essentielles pour assurer notre survie et celle des générations futures.

L'Algérie a inventoriée plus de 2375 Zones humides d'eau douce, saumâtre ou salée, composées d'une typologie diversifiée et a inscrit à son actif 50 zones humides sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale de 1983 à 2011, cumulant ainsi une superficie de 2.991.013 hectares (DGF, 2016).

La réputation de la zone d'El- Kala en tant que centre de biodiversité d'importance internationale est établie, car nombre de ses zones humides sont devenues des sites d'importance internationale en raison de leur rôle de réservoirs naturels, aussi bien, sur le plan socio-économique et culturel que scientifique. L'ensemble des innombrables trésors cachés n'ont pas encore été entièrement révélés.

La région d'El Kala est l'une des zones les plus riches en eau du pays, avec un vaste complexe de zones humides, et il est le plus grand complexe laguno-lacustre d'Algérie.

Parmi les lacs de la région, il existe un paradis de richesses naturelles très diverses et rares, le lac Tonga, unique en Algérie et en Afrique du Nord, est le site d'hivernage et de nidification le plus important pour l'avifaune aquatique de cette région. Ainsi, il est classé site de la Convention internationale sur les zones humides (Ramsar), en particulier en tant qu'habitat de la sauvagine depuis 1982 et constitue une réserve intégrale au sein du Parc national d'El-Kala et un site MAB, (*Man and Biosphere*, UNESCO), en 1990 (DGF, 2004) ; mais il est fortement influencé par les activités domestiques, il vaut la peine de faire l'objet d'une attention constante et d'études permanentes pour mieux le protéger.

Sachant que la végétation aquatique du lac Tonga est le reflet des conditions écologiques précises et particulières; elle représente, sans doute, l'un des éléments fondamentaux dont dépend étroitement le fonctionnement et le maintien de l'équilibre écologique de ce type d'écosystème.

Partant du précédent constat, nous nous sommes fixés dans cette étude les objectifs suivants:

- Mieux connaître, encourager et approfondir les connaissances sur la richesse Phytocentotique du site.
- Réaliser une étude phytoécologique pour mettre en évidence les relations espèces- facteurs du milieu, afin de préciser l'organisation spatiale des communautés végétales aquatiques du lac Tonga.

C'est ainsi et dans ce but que notre présente étude est élaborée sur la base d'une analyse de la Phytodiversité et la phytoécologie du lac Tonga et s'articule autour de 04 chapitres qui se présentent comme suit :

- Le premier chapitre est consacré à la caractéristique principale du cadre général de la zone de recherche, à savoir le parc national d'El- Kala. L'accent sera mis sur l'importante diversité du paysage du parc, qui produit la richesse biologique la plus importante sur le territoire national.
- Le deuxième chapitre traite du lac Tonga, qui est le champ d'investigation de cette recherche. La particularité du site, son histoire et sa richesse seront mises en valeur.
- Le chapitre trois décrira la méthodologie générale utilisée dans l'analyse des communautés végétales et les diverses méthodes et techniques recommandées, à savoir l'approche phytoécologique.
- Le chapitre quatre, traite les résultats de la végétation que nous avons obtenue par les différentes approches.
- Enfin on terminera par une conclusion générale.

# CHAPITRE 1

## **Présentation du Parc National d'El-Kala**

## 1.1. Situation administrative et géographique

### 1.1.1. Situation administrative du parc

Parmi les huit Parcs nationaux du Nord, le Parc National d'El-Kala (PNEK) est le plus vaste. Il couvre une superficie de 79500 ha (CNEAP 2012), et abrite une population d'environ 77000 habitants. Administrativement, le parc national d'El-Kala est inclus dans la wilaya d'El-Tarf et comporte huit communes qui sont : El-Kala, Bouteldja, Berihane, El-Tarf, Bougous, Oum-Theboul, Ain Assel et El-Aioun, et la figure 1 ci-après (KADID, 1989).



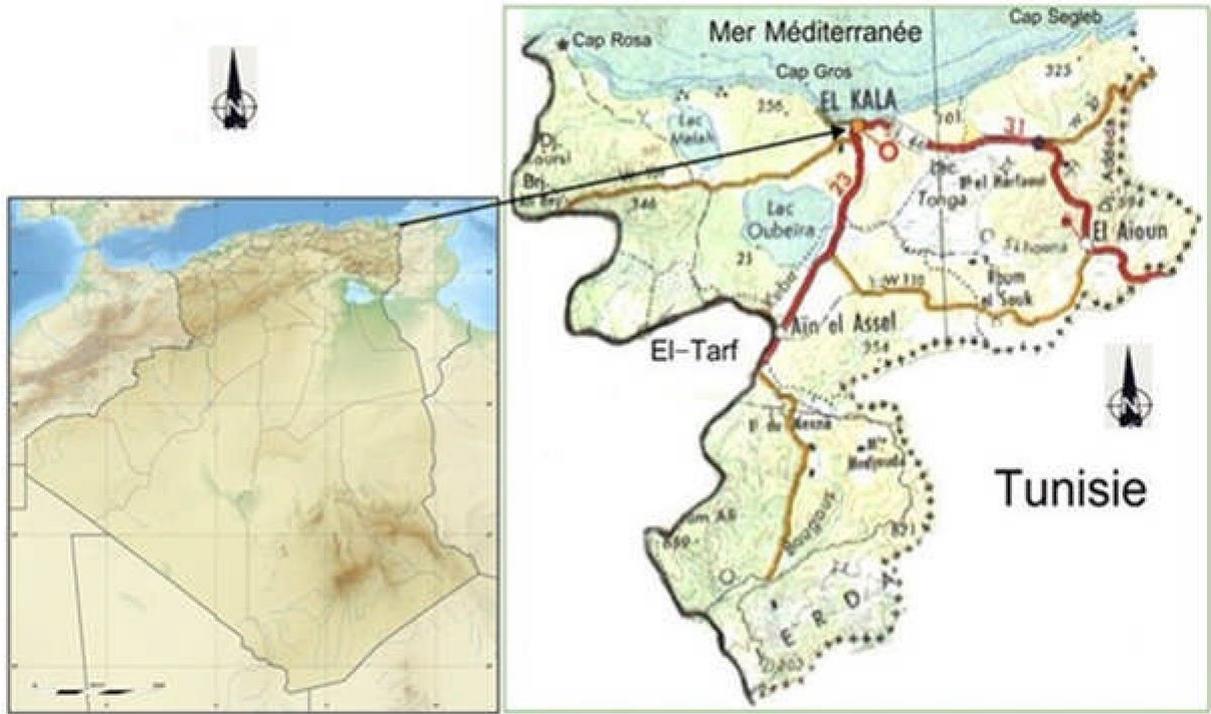
**Figure 1** : Carte administrative de la wilaya d'El-Tarf (Algérie), Montrant les limites du Parc National d'El-Kala (SARRI. 2014).

### 1.1.2. Situation géographique du parc

Le parc national d'El-Kala est situé dans le Nord-Est Algérien à 70 km de l'Est de la ville d'Annaba et à environ 80 km au Nord de celle de Souk-Ahras (figure 2).

Il est limité:

- Au Nord par la Méditerranée.
- Au Sud par les monts de la medjedra
- A l'Est par la frontière algéro-tunisienne.
- A l'Ouest par les plaines d'Annaba.

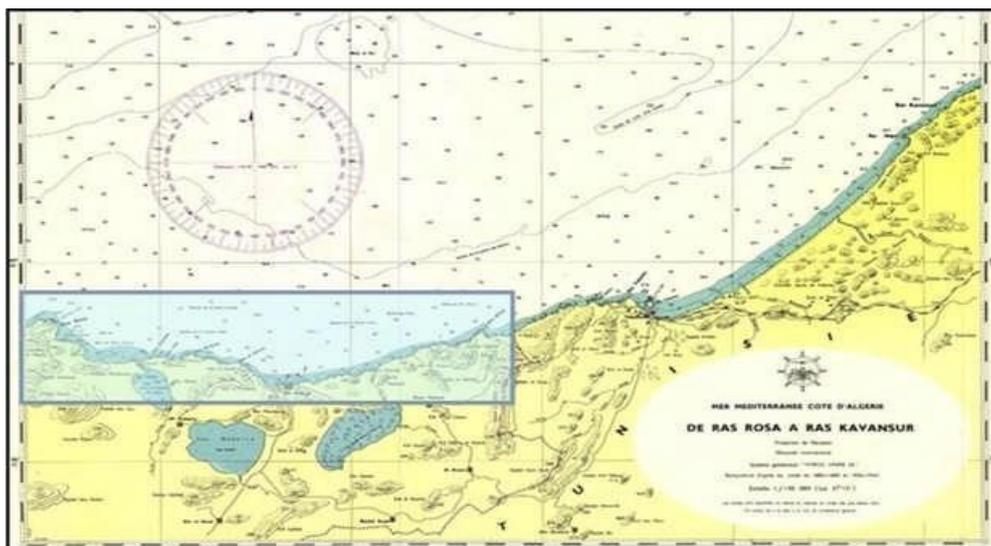


**Figure 2 :** Situation géographique du Parc National d'El-Kala

(Extrait de la carte topographique d'Algérie feuille de Constantine au 1/100000)(DGF, 2006.)

### 1.2. Situation de la partie marine du parc

La limite de la zone côtière dans le secteur marin est limitée par un plateau continental dont l'isobathe des 110m qui peut se prolonger en mer jusqu'à 21km. La limite de la zone naturelle du parc est le Cap Rosa à l'Ouest et la frontière tunisienne à l'Est avec un linéaire côtier d'environ 40km (figure 3) (SARRI ,2017).



**Figure 3 :** localisation de la partie marine du Parc National d'El Kala

(Carte marine 1/140000 cote d'Algérie) (SARRI, 2017).

### 1.3. Caractéristiques géologiques générales du parc

Selon les travaux de JOLEAUD (1936, 1946), DELEAU et LAFFITTE (1951), GASTANY (1951) et VILLA (1978), le parc national repose sur deux formations géologiques très répandues dans la région: les grès numidiens aux niveaux des crêtes (1200m) et l'argile de Numidie au-dessous de 900m.

Les travaux de recherches géologiques de JOLEAUD (1936), de FLANDRIN(1955), Villa (1980) et de LAHONDERE (1987) ont mis en évidence la structure profonde des formations géologiques et leur litho-stratigraphie dans le Nord- Est algérien (JOLEAUD, 1936).

### 1.4. Relief

D'une manière générale, le relief du parc national d'El Kala se compose dans sa partie septentrionale d'un cordon dunaire qui s'étend le long de la côte sur une distance de 40 Km, mais aussi vers le sud jusqu'au pied du Djebel Segleb, s'introduisant parfois jusqu'à 24 km dans l'arrière-pays, avec de petites éminences de relief gréseux de faible altitude. Un ensemble de collines ne dépassant pas 600 m de hauteur se situe au Nord, à l'Est et à l'Ouest de la région. Une plaine alluviale et marécageuse est adossée à ces collines (JOLEAUD, 1936).

### 1.5. Réseau hydrographique et bassins versants

Le territoire du PNEK est remarquable par son climat humide, tempéré et sa forte pluviométrie, un relief accidenté et l'extension des argiles numidiennes qui ont permis le développement d'un chevelu hydrographique avec de nombreuses ramifications causant de nombreuses inondations en saison pluvieuse.

L'aire du Parc détermine deux grands ensembles de cours d'eau :

- L'ensemble de l'Oued El-Kebir, principal cours d'eau avec ses affluents comme Bougous et Balouta. Il prend sa source dans les hautes montagnes de Bougous pour rejoindre la mer Méditerranée après avoir parcouru plus de 100 Km à travers les montagnes et le domaine des plaines côtières dessinant de nombreux méandres au vu de la faible pente d'écoulement dans les plaines d'El-Tarf et de Bouteldja. Il est à l'origine des inondations en aval vers les localités de Sebaa et Berrihane en saison pluvieuse.
- L'autre grand ensemble est constitué par les petits bassins côtiers du lac Tonga, d'Oued El Eurg/Messida, du lac Mellah et de l'embouchure. Cet ensemble draine une lame d'eau très importante (Figure 4). Le tableau I illustre les caractéristiques des différents cours d'eau (SARRI, 2017).

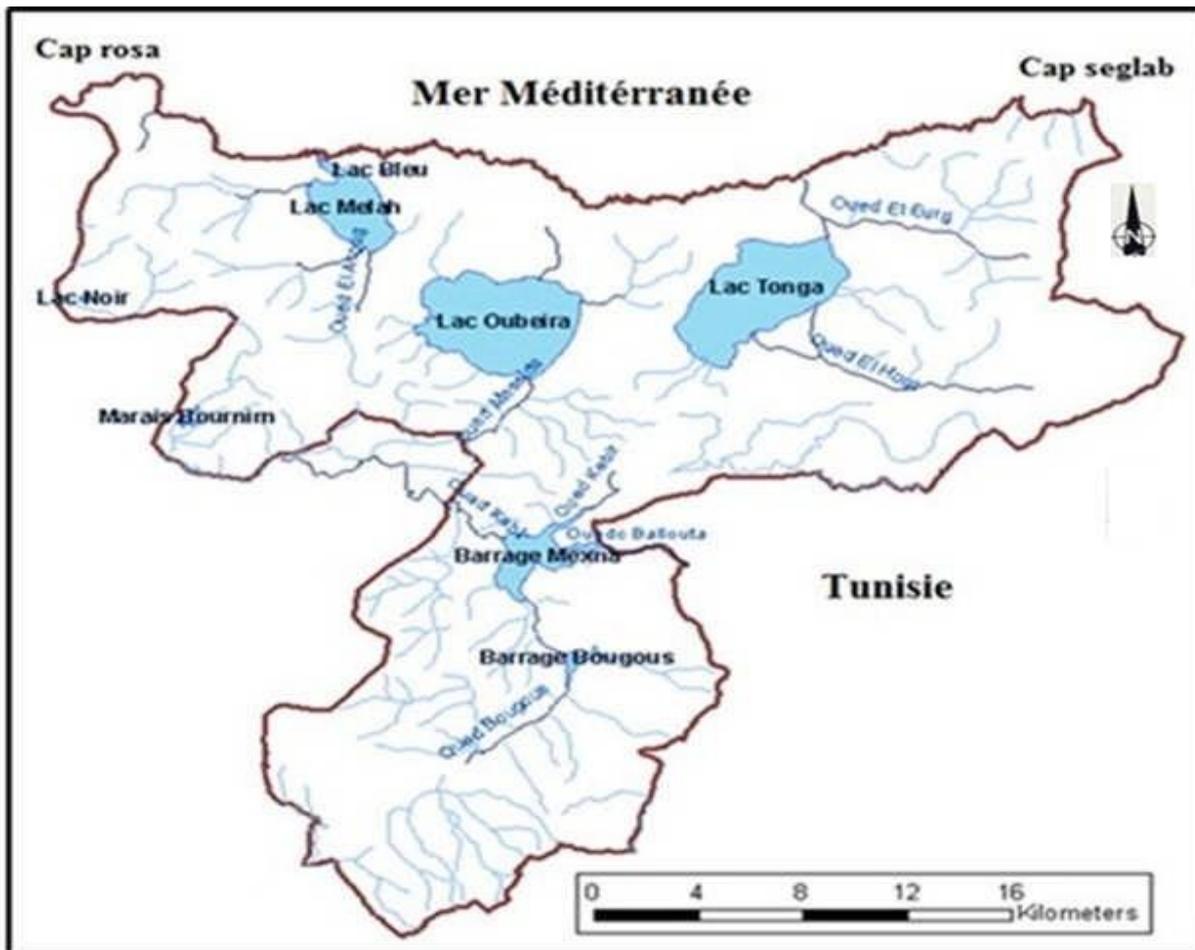


Figure 4 : Carte du réseau hydrographique (CENEAP 2012).

Tableau I : Les principaux cours d'eau de l'aire du Parc. (CENEAP 2010-2012)

| Principaux Oueds du territoire du Parc | Longueur (Km) | Exutoire              |
|--|---------------|-----------------------|
| Oued Reguibet                          | 8             | Mellah                |
| Oued Nehal                             | 3,5           | Plage Cap Rosa        |
| Oued Mellah                            | 7             | Mellah                |
| Oued El-Aroug                          | 5             | Mellah                |
| Demat Rihane                           | 1,5           | Oubeira               |
| Boumerchen                             | 2             | Oubeira               |
| Dai El-Graa                            | 5             | Oubeira               |
| Oued El-Aroug/Messida exutoire         | 10            | Tonga                 |
| Oued El-Hout                           | 14            | Tonga                 |
| Oued Bougous/Balouta                   | 24            | Mexna                 |
| Oued Sebaa                             | 4             | Oued El-Kébir         |
| Oued Bourdim                           | 5             | Bourdim/Oued El-Kébir |
| Oued Messida                           | 10            | Oubeira               |
| Oued El-Kebir                          | 35            | Mafrag                |

## 1.6. Climat

Le climat est certainement un facteur du milieu très important. Il a une influence directe sur la faune et la flore. Un climat méditerranéen règne sur la région caractérisé, par une pluviométrie abondante pendant la saison humide et les mois froids et par une sécheresse pendant l'été (OZENDA, 1982, SAMRAUOI et De BELAIR, 1998).

### 1.6.1. Les précipitations

La pluviosité dans cette région est conditionnée par deux phénomènes météorologiques importants. D'une part, les perturbations cycloniques d'origine atlantique de l'Ouest et du Nord-Ouest qui, après avoir traversé l'Espagne et une partie de la Méditerranée Occidentale, affectent le Nord- Est algérien et d'autre part les dépressions qui prennent naissance en Méditerranée Occidentale (DE BELAIR, 1990).

L'autre aspect pluviométrique du territoire du parc réside dans sa partie Sud où l'altitude dépasse les 1000 mètres ce qui favorise l'interception des masses nuageuses, ce qui se traduit par des pluies orographiques donnant d'importantes lames d'eau précipitées sur sol imperméable comme à El-Ghorra ou la hauteur annuelle d'eau précipitée dépasse de loin les 1000 mm (CENEAP 2010).

Le Tableau II, résume la situation pluviométrique mensuelle de la période 1985-2005 et démontre que cette région a reçu pendant cette période une moyenne annuelle de 859,2 mm, ceci est dû généralement aux vents de directions Nord-Ouest et Sud- Est. Le maximum des pluies se situe en hiver, aux mois de janvier, février, novembre et décembre. (SARRI, 2017).

Aussi sur le tableau II on peut noter que nous pouvons scinder la période étudiée en deux :

- une période sèche qui s'étend de 1985 à 1996 et,
- une autre humide qui s'étend de 1997 à 2005,

ce qui n'était pas sans conséquences positives sur la région et l'hydrologie des lacs qu'en rencontre dans la région, la dynamique de la végétation aquatique, l'agriculture et la gestion des parcours, (SARRI,2017) .

**Tableau II : Précipitations annuelles pour la période 1985-2005 de la station d'El- Kala  
(Station météorologique d'El-Kala).**

| Mois               | J     | F     | M    | A    | M    | J    | J   | A   | S    | O    | N     | D     | Total annuel |
|--------------------|-------|-------|------|------|------|------|-----|-----|------|------|-------|-------|--------------|
| Moyennes Mensuelle | 119,7 | 124,8 | 72,7 | 82,3 | 49,4 | 15,9 | 0,5 | 1,3 | 47,6 | 65,4 | 143,6 | 159,3 | 881,1        |

### 1.6.2. Les températures

Pour toute l'Algérie (Sahara non compris), la température moyenne est de novembre à avril, inférieure à la moyenne annuelle ; elle lui est supérieure de mai à octobre, pendant que la moyenne mensuelle atteint sa plus forte valeur aux mois de juillet et août ce qui est généralement lié à la fréquence du sirocco (SELTZER, 1946).

En lisant le tableau III on remarque que les minima dans la région d'El-Kala sont enregistrés durant le mois de décembre, de janvier et de février (les mois les plus froids), alors que les maxima sont enregistrés au cours du mois de juin, de juillet, d'août, de septembre et desfois du mois d'octobre (les mois les plus chauds), (SARRI,2017).

**Tableau III: Les températures annuelles pour la période 1985-2005 de la station d'El- Kala (Station météorologique d'El-Kala).**

| T° C \ Mois | J    | F    | M    | A    | M    | J    | J    | A    | S    | O    | N    | D    | Moye   |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| M           | 13,3 | 15,2 | 16,6 | 17,3 | 19,9 | 23,9 | 26,3 | 27,9 | 27,8 | 25,2 | 20,1 | 15,7 | 20,77  |
| m           | 6,2  | 7,4  | 10,5 | 12,6 | 15,5 | 16,7 | 20,1 | 21,8 | 21   | 18,6 | 16,9 | 9,8  | 14,76  |
| Moy         | 9,7  | 11,3 | 13,5 | 14,9 | 17,7 | 20,3 | 23,2 | 24,8 | 24,4 | 21,9 | 18,5 | 12,7 | 17,765 |

M : moyenne des maxima, m : moyenne des minima, Moy : moyenne mensuelle, Moye : moyenne annuelle

### 1.6.3. L'humidité

Dans la région d'El Kala, le degré d'hygrométrie est très élevé tout au long de l'année et il est presque constant durant toute l'année. Le tableau IV montre que l'humidité est très élevé durant l'année et la maximum est atteint durant le mois décembre.

**Tableau IV : Moyennes mensuelles de l'humidité relative de la station d'El-Kala (Période 1985-2004) (Station météorologique d'El-Kala).**

| Années                 | J    | F  | M    | A    | M    | J    | J    | A    | S  | O    | N    | D  | Moyen<br>HR % |
|------------------------|------|----|------|------|------|------|------|------|----|------|------|----|---------------|
| Moyennes<br>mensuelles | 74,1 | 78 | 74,4 | 74,9 | 78,1 | 76,4 | 75,4 | 75,6 | 76 | 72,7 | 76,8 | 79 | 75,9          |

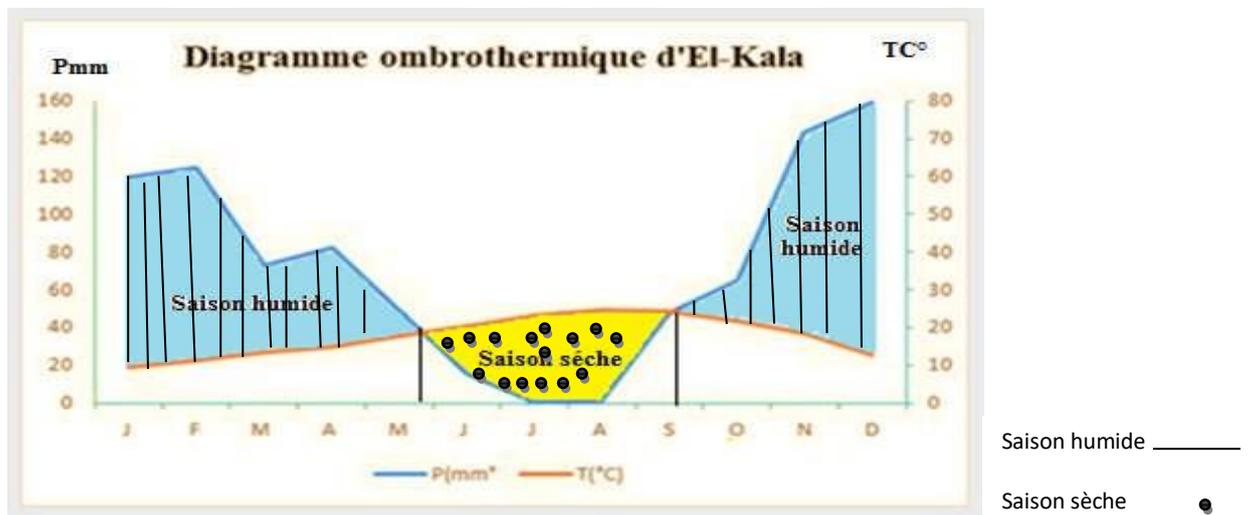
### 1.6.4. Synthèse climatique

L'intérêt de la synthèse climatique est de trouver la place qu'occupe la région d'étude par rapport aux principaux types climatiques méditerranéens. Pour faire une synthèse climatique on se base sur le quotient pluviothermique et le climagramme d'Emberger (SARRI, 2017).

#### 1.6.4.1. Diagramme Ombrothermique

Pour l'élaboration du diagramme Ombro-thermique de Bagnouls et Gausson (1957) nous avons tenu compte de données climatiques bien précis qui sont les précipitations annuelles et les températures moyennes étalées sur plusieurs années de la station d'El-Kala. Le but est de déterminer la période sèche et la période humide.

Les courbes ombro-thermiques ainsi établies, nous ont permis de visualiser deux saisons distinctes: l'une sèche de Mai à Septembre et l'autre humide d'Octobre à Avril (Figure 5) (TOUATI, 2008).



**Figure 5 :** Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson. Station d'El-Kala de la période 1985-2005 (Météo Nationale)

#### 1.6.4.2. Le quotient pluviothermique Q2

Le quotient pluviothermique Q2 est applicable uniquement aux climats de type méditerranéen.

Le quotient pluviothermique Q2 est calculé d'après la formule :

$$Q2 = \frac{P \times 1000}{(M+m) \cdot M^2 - m^2}$$

Dont : P est La pluviométrie moyenne annuelle exprimée en mm.

M est La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m est la moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

Les températures sont exprimées en degrés Kelvin.

Le Q2 calculé d'El-Kala est de 139, 98.

Le quotient pluviothermique Q2 calculé pour la station d'étude pendant les années 1985-2005, la situe dans l'étage bioclimatique humide doux du climagramme d'Emberger.(figure 6) (BOUCHERIT, 2014).

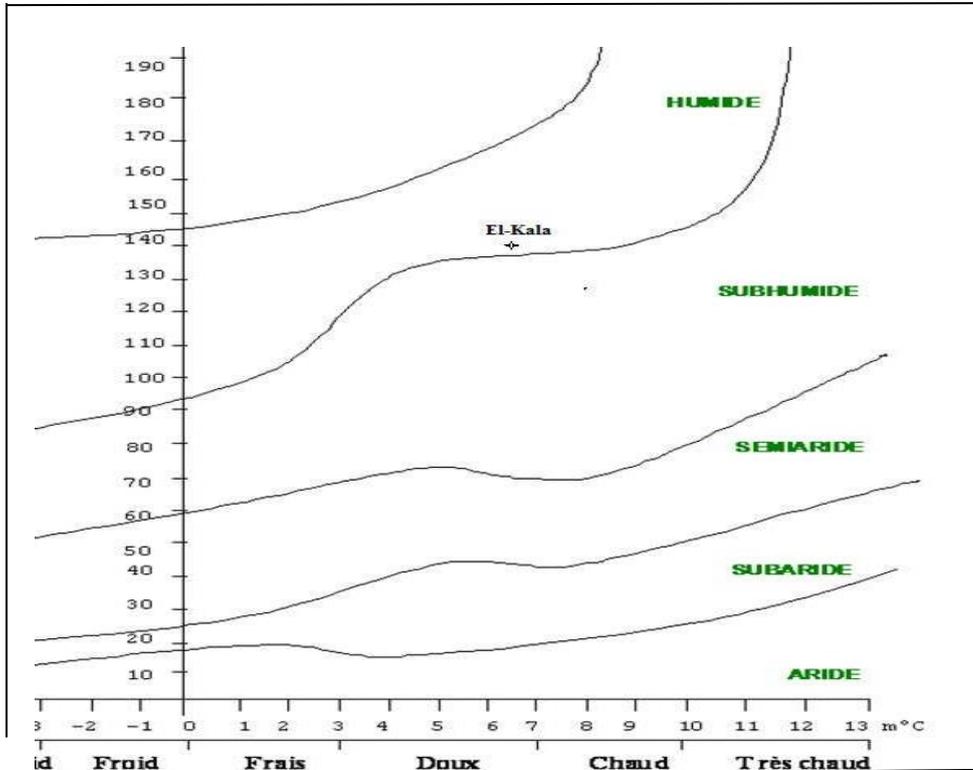


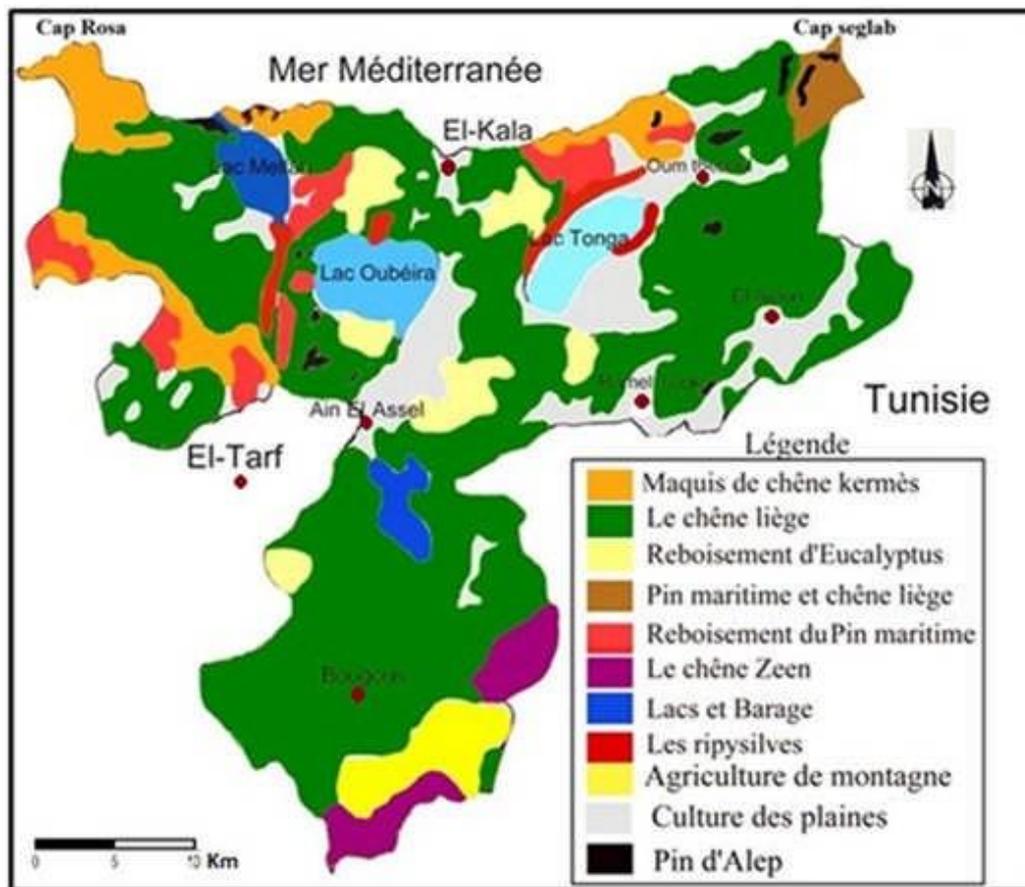
Figure 6 : Position du PNEK dans le Climagramme d'Emberger (ANAT, 2004).

## 1.7. La végétation

### 1.7.1. Formations végétales

Dans le Parc National d'El-Kala on trouve presque tous les types physiologiques de la végétation de la région méditerranéenne, comme on peut rencontrer la végétation lacustre, tropicale et l'Aulnaie (*Alnus glutinosa*) ainsi que les formations artificielles ou reboisement. Les formations végétales existant dans le parc sont comme suit (figure 7) (SAÏFOUNI et BELLATRECHE, 2014) :

- Les formations rupicoles
- Les Ripisylves (formation ripicoles)
- Le maquis de chêne kermès (Cocciferaie)
- Le maquis à chêne liège (Subéraie)
- Le maquis arboré de chêne liège
- La forêt de chêne liège
- La Zeenaie
- Pineraies à Pin Maritime
- Pineraies à Pin d'Alep
- Eucalyptaie



**Figure 7 :** Carte de végétation du Parc National d'El-Kala (BNEF 1984, modifiée .in SARRI ,2017).

### 1.7.2. Les étages de végétation

Les différents peuplements végétaux du parc national d'El-Kala sont localisés entre 0 et 1200 m d'altitude, cette tranche d'altitude correspond, selon le schéma d'étagement au thermo méditerranéen, méso méditerranéen et une pénétration du supra méditerranéen.

- Le supra méditerranéen : étage essentiellement des chênes caducifoliés, il apparaît, généralement, à partir de 1200 m d'altitude ; la seule zone du parc qui peut toucher cette étage est la forêt domaniale d'El-Ghorra qui appartient au massif de la Medjerda de la Kroumirie. Elle se trouve localisée entre 600 et 1202 m d'altitude.

- Le méso méditerranéen : étage des groupements de chêne liège, de chêne zeen et certains groupements climaciques de conifères ;il est largement représenté dans la forêt domaniale d'El-Ghorra qui est peuplée par des forêts de chêne liège et de chêne Zéen.

- Le thermo méditerranéen : étage de l'Olivier, du lentisque et des conifères méditerranéens. Il est présent sur les dunes côtières du parc qui sont dominées par les maquis de chêne kermès et sur les grès de djebel el Koursi et les zones Ouest et Nord de Bougous à base de chêne liège (OZENDA,1975 et QUEZEL ,1976).

## 1.8. Diversité écosystémique du PNEK

Dans son ensemble le Parc National d'El-Kala est composé des écosystèmes suivants :

### 1.8.1. L'écosystème marin

Long d'une quarantaine de kilomètres entre le Cap Rosa et le Cap Segleb, il se caractérise par une succession de criques et de plages (dont les plus importantes sont : plages Vieille Calle, Cap Rosa et Messida) qui lui confèrent un caractère paysager sauvage et naturel. Cet écosystème abrite du corail rouge, des espèces de poissons ainsi que des mammifères marins tels que le Dauphin commun et autre fois le Phoque-moine (BNEF, 1984).

### 1.8.2. L'écosystème dunaire

Ce cordon est encore stable comme en témoigne le cortège floristique constitué d'espèces indicatrices telles que : le Genévrier oxycédre, le Genévrier de Phénicie, le Rétame, le Chêne Kermès (Figure a et b), le Lentisque et l'Oléastre, entre autres (SIFOUNI, 2009).



**Figure 8 :** Végétation pionnière sur dunes littorales.

(a : maquis de chêne kermès sur dune et b : le Genévrier oxycédre) (SARRI, 2010)

### 1.8.3. L'écosystème lacustre

Cet écosystème est constitué par le complexe de zones humides le plus riche et le plus diversifié de la région méditerranéenne, ces zones humides sont représentées par les lacs et les marais. Ces basses plaines agro marécageuses avec les lacs représentent la zone traversée d'Est en Ouest par l'Oued El-Kébir. Les seuls reliefs sont constitués par les collines formant les bassins versants des lacs et les zones humides en général.

Ce complexe réunit dans sa globalité neuf (09) zones humides classées sur la liste Ramsar dont six (06) situées dans le Parc, parmi les 51 sites à l'échelle nationale (soit plus de 18% du nombre total des zones humides classées sur la liste Ramsar et 2,9 % de la surface totale classée du pays), (SARRI, 2010).

### 1.8.3.1. Le lac Tonga (site d'étude)

Le lac Tonga (latitude 36° 51' N, longitude 08° 30' E), situé dans le Parc au Nord- Est, à 3 km de la mer à vol d'oiseau, est classé réserve intégrale et site Ramsar d'importance internationale depuis 1983. Ce lac est partiellement endigué de très longue date.

Le niveau est régulé au moyen de vannes. L'exutoire en direction de la mer est constitué par l'Oued Messida. La surface du lac (2600 ha) est recouverte en mosaïque à plus de 80% d'une végétation émergente avec de grandes plages d'eau libre occupées partiellement par le Nénuphar blanc (Figure 9) (KADID, 1989).



**Figure 9** : Lac Tonga (a) avec au fond les plages du Nénuphar blanc (b) (SARRI, 2010).

### 1.8.3.2. Le lac Oubeira

Le lac Oubeira (latitude 36° 50' N, longitude 08° 23' E), situé dans le Parc en zone Nord-Ouest, à 3 km de la mer à vol d'oiseau, est classé réserve intégrale et site Ramsar d'importance internationale depuis 1982. Il est alimenté par le ruissellement d'un bassin versant de 125 km<sup>2</sup> environ, dont 40 km<sup>2</sup> en terrain plat et 85 km<sup>2</sup> en collines (Figure 10).

Ce lac de 2200 ha, en forme de cuvette presque circulaire de faible profondeur (2 m au centre), de 6 km sur l'axe Nord-Sud et de 5 km sur l'axe Est-Ouest, a l'Oued Messida comme émissaire et exutoire. Sa profondeur varie de 2 à 3 m à la fin de la saison hivernale. Son bassin versant couvre une superficie de 98 Km<sup>2</sup>, y compris la cuvette du lac. En plus de son intérêt économique (pêche), le lac Oubeira est aussi important sur le plan ornithologique (SARRI, 2017).



(a : lac Oubeira. b : Châtaigne d'eau. c : Nénuphar jaune.) (SARRI ,2001)

**Figure 10** : Lac Oubeira avec les deux espèces végétales rares.

### 1.8.3.3. Le lac Mellah

Le lac Mellah (latitude 36° 53' N, longitude 08° 19' E), situé dans le Parc en zone Nord-Ouest, est classé réserve intégrale et site Ramsar d'importance internationale depuis 2004 (Figure 11).

Il s'étend sur 4 km de long et 2,5 km de large d'une profondeur maximale de 6 m et d'une profondeur moyenne de 3 m. Il est alimenté surtout par Oued El-Aroug, Oued Mellah, Oued Reguib, et son bassin versant couvre une superficie de 77 Km<sup>2</sup> (DRAIDI, 2014).



**Figure 11** : Lac Mellah avec deux espèces de poissons caractéristiques.

(a : lac Mellah. (SARRI, 2011), b : le Loup. (CENEAP, 2011) et c : la Palourde. (CENEAP, 2011).

### 1.8.3.4. Le lac Bleu

Il est de moindre importance, du point de vue de la superficie, que les autres lacs. Sa superficie n'est que de 4 ha, sa profondeur maximale est de 10 m (Figure 12). Il constitue un site de passage pour les oiseaux d'eau et se caractérise par une végétation lacustre et palustre en ceintures. Notons les phragmites et l'iris faux-àcore (*Iris pseudo-acorus*) auxquels se mêlent une flore hygrophile très intéressante où on relève *Osmunda regalis*, *Lycopus europaeus* ; la partie la moins profonde est recouverte de *Nymphaea alba* (BOULEHBAL, 1999).



**Figure 12 : Lac Bleu** (SARRI, 2011).

#### 1.8.3.5. Le lac Noir

Le lac noir (latitude 36° 51' N, longitude 08° 12' E)-(Figure 13), est situé dans le Parc, dans sa partie Nord-Ouest à proximité de Bordj Ali Bey, il est classé site Ramsar en 2003 sous le type de zone humide de tourbière morte. Ce lac de 5 ha a le statut de réserve intégrale dans le zoning du Parc (SARRI, 2017).



**Figure 13 : Lac Noir** (SARRI, 2010).

#### 1.8.3.6. Le Marais de Bourdim

Il est entouré d'une frênaie naturelle. Sa surface est d'environ 11 ha (Figure 14). Dans sa partie centrale domine une formation de *Nymphaea alba* et une formation arborescente où nichent les colonies de Hérons gardes-bœufs, Aigrettes garzettes, Hérons crabiers...etc. (DARNELLEH, 1989).



**Figure 14 :** Nechaat de Bourdim (SARRI, 2001).

#### **1.8.3.7. L'aulnaie d'Ain Khiar**

L'aulnaie d'Ain Khiar (latitude 36° 40' N, longitude 08° 20' E) (Figure 15), située dans le Parc au Nord-Ouest, localisée entre le cordon dunaire et la plaine agricole d'El-Tarf, est classée sous- zone de faible croissance et site Ramsar d'importance internationale depuis 2003. Cette aulnaie reçoit en hiver les crues de l'oued El-Kébir et reste parfois inondée même en période estivale (SARRI, 2017).



**Figure 15 :** Aulnaie d'Ain Khiar (SARRI, 2001).

#### **1.8.4. Les écosystèmes ripicoles**

Les ripisylves se définissent comme des formations arborescentes qui peuplent les rives des oueds, les rivières, les parties basses de celles-ci où l'eau est le facteur principal qui influence leur présence et leur développement (SARRI, 2017).

#### **1.8.5. L'écosystème forestier**

Le Parc abrite un ensemble forestier de 54.000 ha caractérisé surtout par des peuplements naturels de chêne liège et de chêne zeen. La forêt de chêne liège fait partie de la grande aire de répartition du chêne liège qui se prolonge jusqu'en Tunisie. La diversité topographique de cette région détermine un étagement naturel de la végétation (SARRI, 2017).

### 1.8.5.1. Les peuplements de piémonts

C'est un relief de bas versant à l'interface des plaines agricoles et des montagnes forestières qui regroupe en quelque sorte les premiers micro-bassins versants des zones humides.

Ces piémonts sont recouverts de maquis (Figure 16) plus ou moins dégradés par la jonction des activités humaines (incendies, érosion, coupes de bois, autoroute et doublement de routes nationales). Globalement cette zone peu propice à l'agriculture semble de plus en plus convoitée par l'urbanisation (concentration de l'habitat). (SARRI, 2017).



**Figure 16** : Maquis de piémonts (SARRI 2010).

### 1.8.5. 2. Les peuplements de montagnes

C'est la zone Sud et Est du Parc. Elle se compose d'une partie sylvatique, de maquis et d'une partie forestière occupée, selon les sites, de Chêne liège, Pin maritime, Chêne zeen en futaies individualisées ou en peuplements associés. C'est sur ce relief que se trouve la quasi- totalité de la couverture végétale et forestière. La répartition des groupements végétaux est déterminée par l'altitude, mais l'ensemble de la superficie est dominée par le Chêne liège (Figure 17) qui trouve là son domaine d'expansion favorite ;il est remplacé en altitude (700 m) par le Chêne zeen. Ces forêts de Chênes (liège et zeen) forment la plupart du temps des peuplements purs et exceptionnellement des peuplements mélangés (SARRI, 2017)



**Figure 17** : Forêt de montagne (SARRI, 2010).

Au niveau des peuplements de chêne liège on observe une extension de plus en plus apparente du pin d'Alep (enrésinement) constituant une succession régressive provoquée par l'ouverture des peuplements d'origine, par les incendies répétés et par les modifications climatiques qui touche la dynamique de ces peuplements (Figure 18) (SARRI, 2017).



**Figure 18** : Subéraie subissant l'enrésinement (SARRI, 2010).

## CHAPITRE 2

### **Présentation du lac Tonga**

## 2.1 Historique

Le lac Tonga présentait, avant son assèchement un régime hydrologique de type endoréique. Au milieu de siècle dernier, le lac était encore permanent. Entre 1860 et 1865, le service du Génie étudia divers projets d'assèchement et réalisa un projet réduit par écrêtement du seuil rocheux de la Messida. Vers 1902, les ponts et chaussés établirent un programme prévoyant :

- L'approfondissement et l'élargissement de la Messida.
- L'ouverture à travers le lac, suivant son grand axe, d'un canal principal de vidange se raccordant à la Messida.
- L'ouverture de canaux secondaires allant collecter les eaux des petits Oueds se déversant dans le lac pour les conduire au Canal principal.
- La construction de dériviations pour détourner de la dépression les deux affluents principaux : l'Oued El-Hout et Oued El-Eurg.

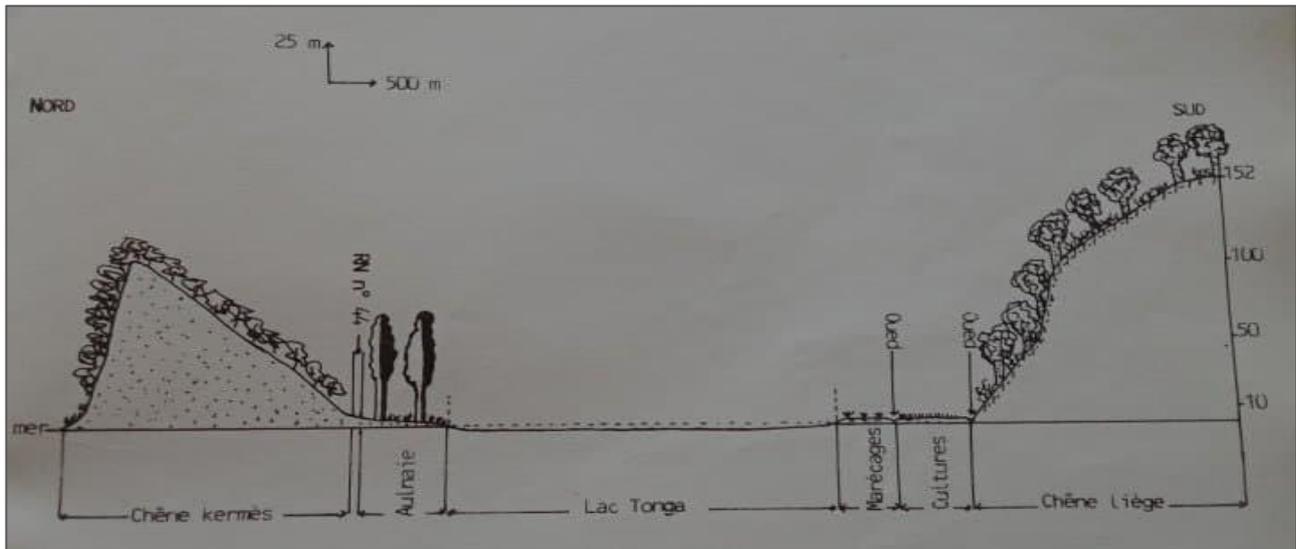
Ces travaux achevés vers 1914 se révélèrent insuffisants et la digue de l'Oued El-Hout se rompit en 1915. En 1917, on envisagea de barrer la vallée de l'Oued El-Hout, de renforcer sa déviation basse et de hâter l'assèchement du lac par le pompage. Ce qui fût réalisé en 1926 avec l'installation d'une usine d'assèchement équipée de pompes capables d'évacuer 2500 m<sup>3</sup>/h. Ces travaux donnèrent des résultats peu encourageants et l'usine fût arrêtée en 1935 et démontée en 1941. Depuis rien n'a été fait à l'exception de curages périodiques des canaux. Selon De Belair (1990), les motifs de cet assèchement sont la lutte contre l'insalubrité des lieux et la récupération de terres agricoles et de pâturage. Ces tentatives d'assèchements ont totalement changé le régime hydraulique de lac, qui d'endoréique est devenu exoréique artificiel avec tout les conséquences sur la végétation aquatique. (MOKRANE, 1999).

## 2.2. Position de l'écosystème aquatique du lac Tonga dans P.N.E.k

D'après KADID (1989) ; selon un axe Nord-sud ; l'écosystème du lac Tonga est séparé de la mer par un ensemble de collines sableuses couvertes de Chêne Kermès et *Halimium halimifolium* et pouvant atteindre les 100 m d'altitude.

La rive Nord du lac occupée par une forêt d'aulne glutineux et fougère royale *Osmunda regalis* (figure 19).

Le lac proprement dit occupe une cuvette dont le font se trouve légèrement au-dessous du niveau de la mer. Dans la rive sud du lac on trouve des terrains marécageux et des terres de culture représentés par le delta de l'oued El-Hout. En fin les collines de karoumirie, couvertes de forêts dégradées de Chêne liège viennent finir cet étagement (KADID, 1989).



**Figure 19** : zonation du lac Tonga dans le P.N.E.K  
(KADID, 1989).

### 2.3 Localisation

Selon (KADID, 1999), le bassin versant du lac Tonga se situe entre El\_Kala et la frontière Algéro-tunisienne, occupant ainsi une superficie de 15.000 ha dont 2.800 ha pour la seule cuvette du lac (Figure 20).

Selon BENSLAMA (1993) in KADID (1999) ce bassin est limité :

- Au nord par la ligne des crêtes dunaires dont l'altitude varie de 75 à 100 m.
- À l'ouest par la ligne de partage des eaux séparant les deux bassins versants des lacs Tonga et Oubeira.
- Au sud par une série de collines à altitude inférieure à 174 m au niveau de Ras El Feid et à 122 m au niveau de Koudiat Oum-Ejdour.
- Au sud-est par les hauteurs d'El Aïoun avec 573 m au Djebel Kourima, 561 m au Kef El Hammam, puis par la route d'El Aïoun. Oued El Hout qui emprunte la vallée séparant les deux bassins versants de l'Oued El Hout et la vallée supérieure de l'Oued El Kébir.
- A l'est par la frontière Algéro-tunisienne, le long du Djebel Haddada dont les barres de grès culminent à une altitude variant de 530 m (Kef Radiale) à 573 m (Kef Baba Brik) et 594 m (Kef Eddemen).
- Enfin au nord\_est par Kef Segleb qui culmine à 327 m et chabet Drider.

### 2.4. Description

Selon SAÏFOUNI et *al* (2020), le lac Tonga est un site de type continental, classé réserve intégrale au niveau du Parc National d'El-Kala, et inscrit depuis 1982 sur la liste des sites du réseau Ramsar (Medwet, 1998).

Le lac Tonga est situé à environ 6 km à l'Est de la ville d'El Kala dans la plaine d'Oum Teboul. Sa localisation est de 36°49' N - 08°32' E, à l'extrême Nord-Est du Parc National d'El-Kala. De forme elliptique, il couvre une superficie de 2.600 ha et un périmètre évalué à 17,7 km. Sa profondeur moyenne varie de 1 à 1,5 m, avec un maximum de 3 m (Parc national d'El-Kala, 2006). Le lac Tonga est relié à la mer par un canal de près d'un kilomètre de long.

Le lac Tonga présente une superficie globale de 3.917 ha dont 2517 ha sont occupés par la cavene proprement dite. De par sa superficie le lac Tonga constitue le troisième plus grand site humide de la région, après le lac Fetzara (15000 ha) et le marais de la Mekhada (10.000 ha) (MOKRAN, 1999).

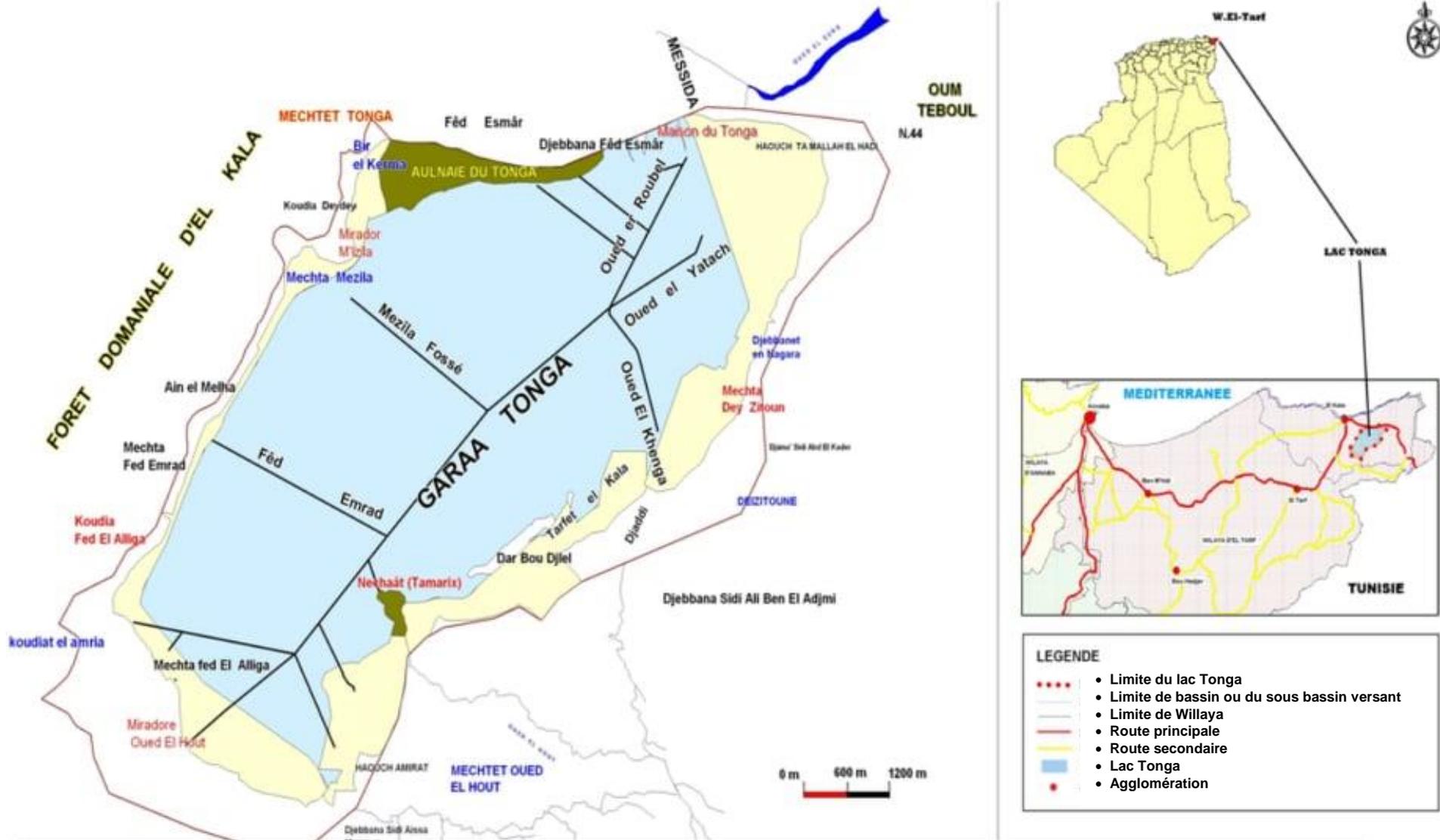


Figure 20 : Localisation géographique de la zone d'étude (SAIFOUNI et al., 2020).

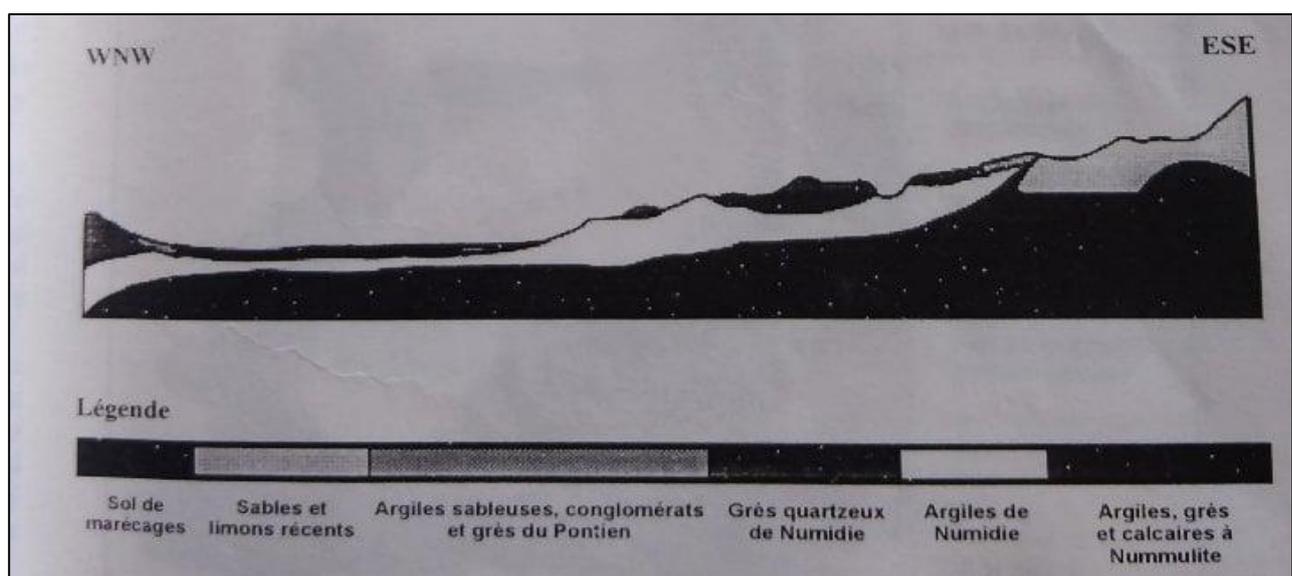
## 2.5. Géologie

D'après JOLEAUD (1936) in MOKRANE (1999), l'origine de lac Tonga remonte au quaternaire quand les mouvements tectoniques de cette aire géologiques causèrent son creusement jusqu'au niveau de la mer. Il formait alors une lagune marine qui s'est transformée peu à peu en lac d'eau douce par l'envasement du fond par des dépôts importants de limons arrachés aux collines. Le bassin versant du lac Tonga est constitué de diverses formations géologiques.

On distingue :

- des sols de marécages : inondés en permanence. Le fond est constitué de limon et d'argile de Numidie qui offrent l'imperméabilité de la cuvette de lac Tonga ;
- des alluvions limoneux du fond de vallée, formés sur le pourtour du lac par des sables et limons récents (Néopheistocène) ;
- des formations du Pontien : présentent un faciès de conglomérats à ciments argileux ;
- des grès de Numidie : quartzeux blanchâtres, parfois assez friables ;
- des argiles de Numidie : (des marnes argilo-schisteuses) avec interaction des petits bancs de grès quartzeux se développant sur les pentes de vallées et ;
- des argiles, grès et calcaires noirs : de l'éocène moyen qui constitue les contreforts entourant le lac.

Ces formations sont représentées dans la figure 21 Selon la carte géologique au 1/50.000 de JOLEAUD (1936) in (KADID;1999).



**Figure 21** : coupe géologique de la cuvette de lac Tonga (JOLEAUD, 1936 in KADID, 1999).

## 2.6. Pédologie

Selon DJAMAI (2020), Durand en 1954 a déterminé deux types de sols (**Figure 22**) :

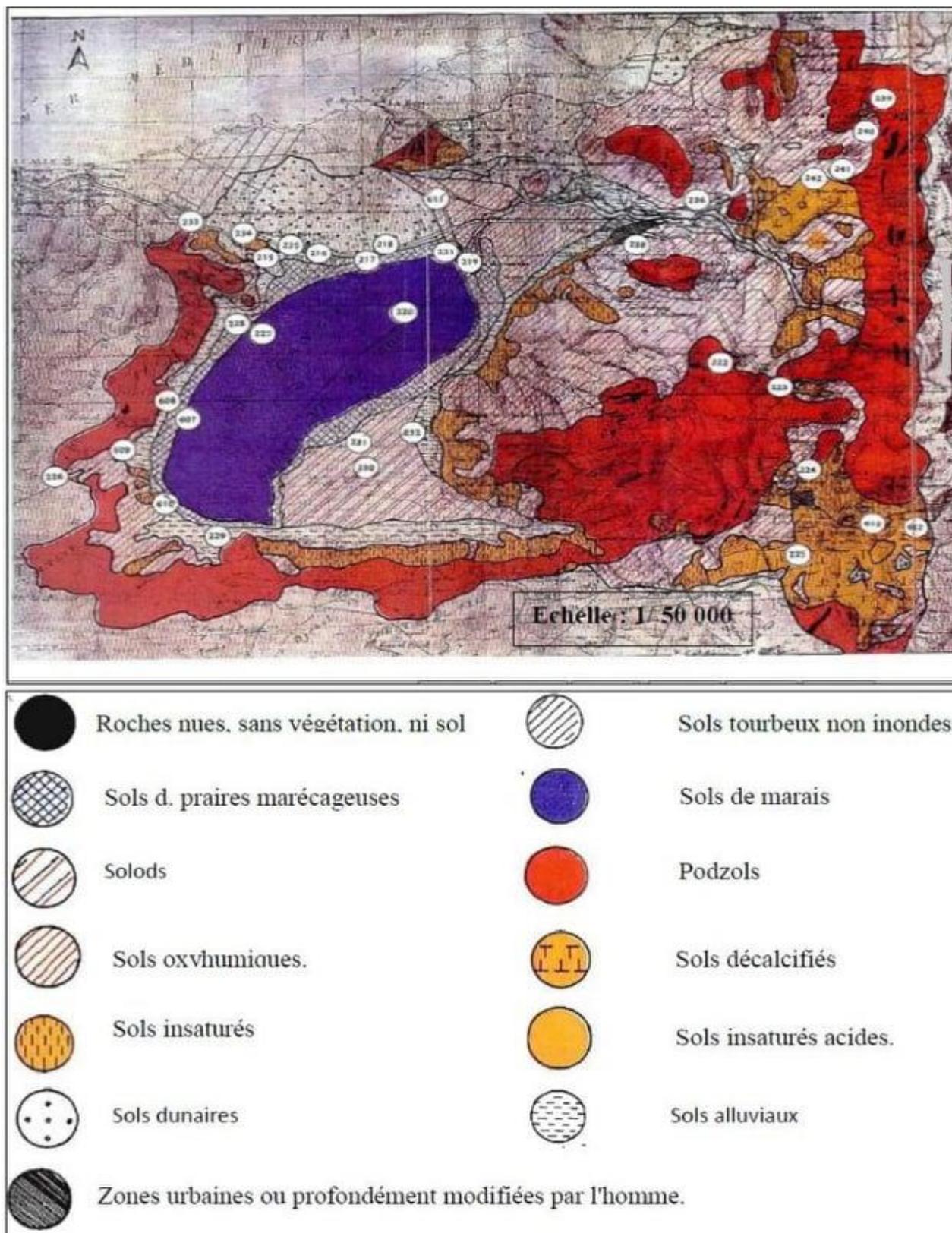
Sols zonaux, dépendants surtout du climat : ce groupe qui a une tendance évolutive est le lessivage quelques soient les caractères du produit final. Il comprenant cinq catégories :

- Podzols ferrugineux.
- Sols oxyhumiques.
- Sols insaturés acides.
- Sols insaturés.
- Sols décalcifiés.

Sols azonaux indépendants du climat : ce groupe comprend les sols qui dépendent d'un autre facteur que le climat qui joue cependant un certain rôle constitué principalement de six catégories :

- Sols des marais.
- Sols de prairies marécageuses.
- Sols tourbeux non inondés.
- Solods.
- Sols alluviaux.
- Sols dunaire.

Ces types sont représentés dans la figure 22 selon la Carte Pédologique montrant les différents types de sol du lac Tonga Durant (1954) in DJAMAI 2020.

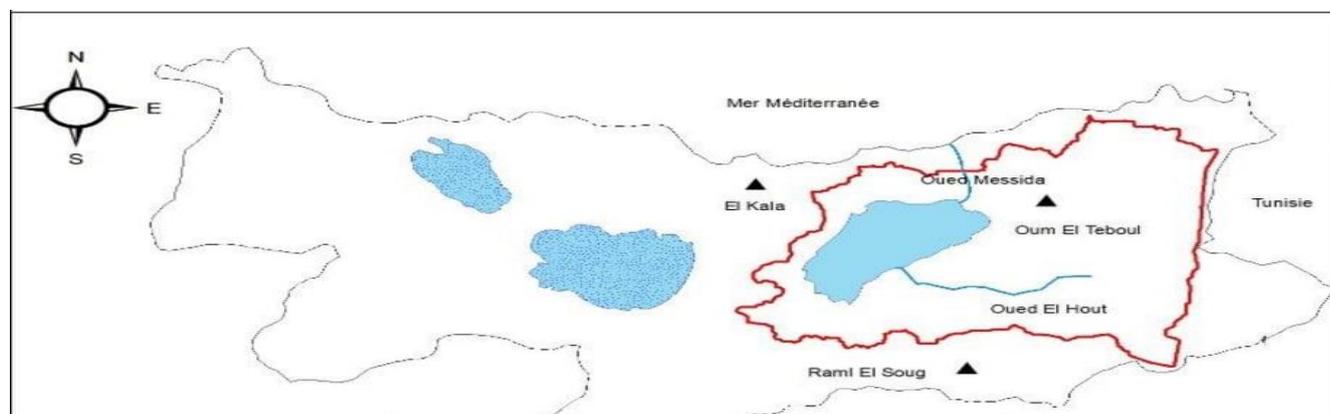
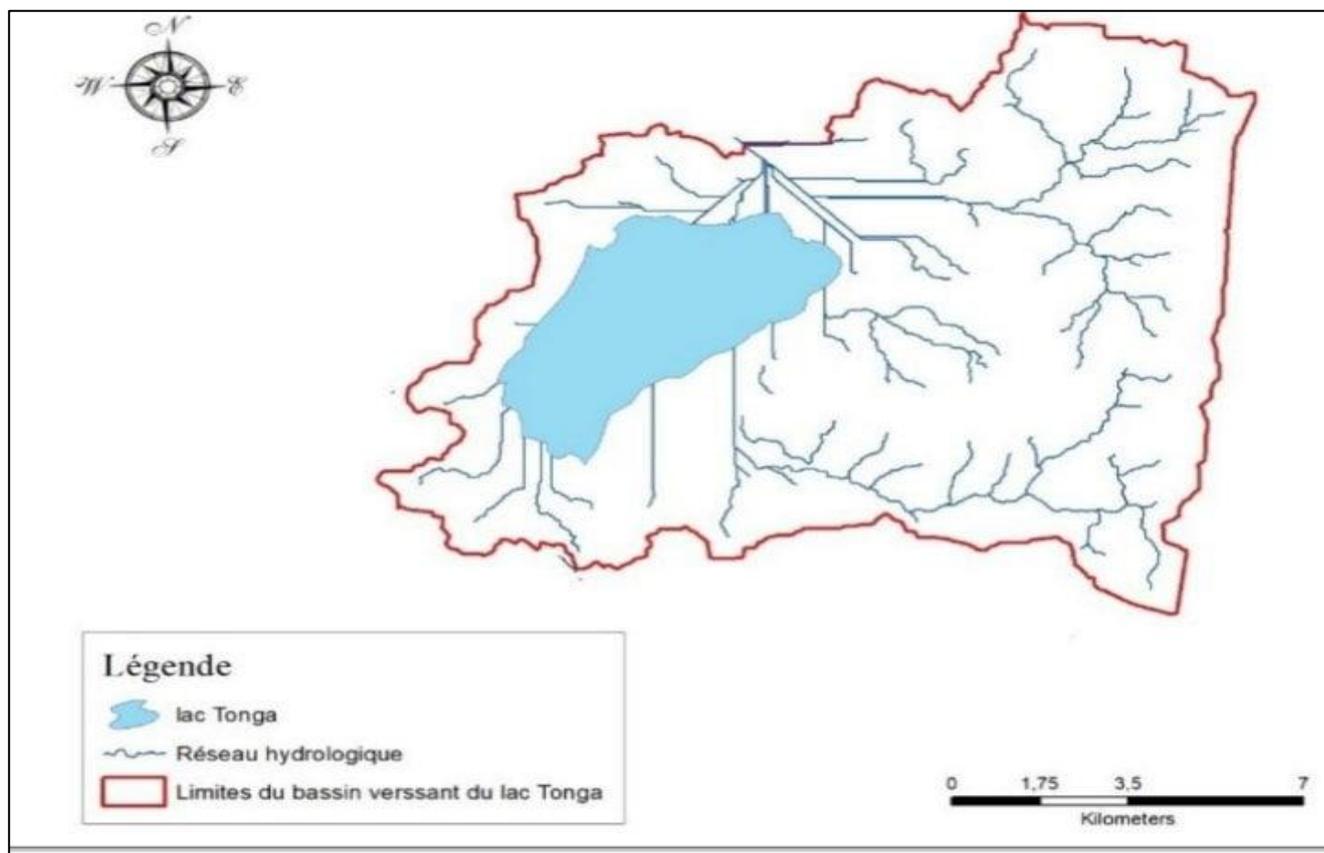


**Figure 22 :** Carte Pédologique montrant les différents types de sol du lac Tonga.  
(Durant, 1954 in DJAMAI, 2020).

## 2.7. Hydrographie

Le bassin versant du lac Tonga avec ses 15.000 ha est le plus important des lacs du P.N.E.K. Il est limité au nord par des crêtes dunaires, variant entre 75 et 10 km d'altitude, au nord ouest par un Djebel culminant à 167 m avec Argoub Ereched.

Il a pour limite ouest le bassin versant de lac Oubeïra. Sa frontière est épousée pour une part la frontière Algéro-tunisienne avec le Kef Segleb (327 m) au nord de la Chaba Dridir. Puis le Djebel Adeda. Le bassin est ensuite limité par une série de collines dont les sommets ne dépassent pas 174 m (signal de Ras El Feïd) pour descendre à 112 m au Koudiat Oum\_Edjhour. (MOUKRANE, 1999) (Figure 23).



**Figure 23** : Carte du réseau hydrographique du lac Tonga (DJAMAI 2020).

De Belair (1990) distingue deux sous bassins versant pour le lac Tonga. Celui de l'Oued Hout limité au nord par une série de Kefs à altitude variant d'ouest en est entre 209 m et 513 m à l'est par la route d'El Aioun à Aïn Draham et au sud par la route d'El Aioun à la Mechta Oued El Hout et celui de l'Oued El Eurg beaucoup plus important qui draine les eaux du nord est et de l'est. La route d'Oum Teboul à El Aioun délimitant la ligne de partage des eaux entre ces deux sous bassins.

## 2.8. Richesses du lac Tonga

### 2.8.1. Richesses floristique

Selon MOKRANE (1999), la végétation aquatique du lac Tonga a fait l'objet d'une étude floristique plus particulièrement phytosociologique (KADID, 1999) où douze (12) groupements végétaux aquatiques dont deux (2) nouvelles associations ont été décrites:

*Le Ranunculetum aquatilis*

*Le Nymphaeo Ceratophylletum demerssii* (nouvelle association)

*Le Potametum lucentis*

*Le Potametum trichoidis*

*Le Potametum pectinati*

*Le Scirpetum lacustris*

*L'Iridium pseudacori*

*Le Sparganietum erecti*

*Le Phragmetetum australis*

*Le Typhetum angustifoliae*

*Le Carciopseudocypero-Salicetum pedicellatae* (nouvelle association)

Le groupement à *Paspalum distichum*

Ces différents groupements appartiennent aux classes des Potametea , Lemnetea et Phragmitetea.

### 2.8.2. Richesse faunistique

Les biotopes qu'offre le lac Tonga permettent d'abriter des potentialités faunistique d'une grande importance écologique (BOUZGHINA, 2001).

La sauvagine : constitue la composante faunistique la plus caractéristique du lac Tonga .Ces oiseaux ont des statuts phénologiques variés, notamment au statut hivernant au vu de la situation

géographique du lac par rapport aux grands axes de (migration pré et post-nuptiale) des espèces migratrices

Selon BOUMEZBEUR (1993) cet écosystème aquatique constitue le site de nidification le plus important d'Algérie et d'Afrique du Nord où on enregistre le taux de nidification le plus élevé de la plus grande population d'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*) et du Fuligule nyroca (*Aythya nyroca*).

58% des 180 espèces fréquentant les zones lacustres de toute la région d'El-kala se trouvent au lac Tonga (ABDIOUNE, 1998), et ceci grâce à la présence d'importantes roselières et de tapis de nénuphars assurant le rôle d'un réservoir (BOUZGHINA, 2001).

Selon les résultats des dénombrements des Anatidés et des Foulques effectués en janvier 2000 (PNEK, 2000), il apparaît nettement que le lac Tonga héberge l'effectif le plus important des Foulques dans toute la région d'El- Kala. Par contre, l'effectif des Anatidés est moins élevé que celui du marais de la Mekhada. Mais, il constitue toujours un effectif notable par rapport au reste des milieux aquatiques de la région (Tableau V).

**Tableau V** : les effectifs des Anatidés et des Foulques de la région d'El-Kala.

| Site     | Tonga  | Oubeira | Mellah | L.Oiseaux | Mekhada | Mexa * | Cheffia* |
|----------|--------|---------|--------|-----------|---------|--------|----------|
| Anatidés | 14.789 | 3.243   | 04     | 615       | 39.990  | 16     | 123      |
| Foulques | 24.350 | 160     | 00     | 120       | 3.972   | 00     | 00       |
| Total    | 39.139 | 3.403   | 04     | 735       | 43.9462 | 16     | 123      |

\* : lac de barrage

Source : P.N.E.K (2000).

La Faune mammalienne: est évaluée à 11 espèces et au nombre de ces dernières figurent selon ELKHENCHIR (1989) 7 espèces de grande taille : le sanglier, le lynx caracal, le renard, le chat sauvage, le chacal, le cerf de barbarie et la hyène rayée.

Les 4 espèces restantes représentent les mammifères de taille moyenne : la mangouste, la loutre, le hérisson d'Algérie et le lièvre. Sur les 11 espèces citées pour les alentours du lac Tonga ,7 figurent sur la liste des animaux non domestiques protégés par le décret n°83-509 du 20 août 1983 (BOUZGHINA, 2001).

L'Ichtyofaune du lac Tonga est représentée par l'anguille (*Anguilla anguilla*), la Gambuse (*Gambusia affinis*), le Berbeau (*Barbarus callensis*), le Pseudo phoxinel (*Pseudophoxinus callensis*) et le Mulet (*Mugil ramada*) (AMOUKRANE, 2000).

Le zooplancton du lac est pauvre en espèces et selon MORGAN (1989), elles sont en nombre de trois (03) : *Ceriodaphnia gops*, *Metacyclops minutus* et *Mixodiaptomus incrassatus* (BOUZGHINA, 2001).

## CHAPITRE 3

# **Méthodologie générale**

## Introduction

Le présent travail a porté sur l'analyse de la Phytodiversité et la Phytoécologie aquatique du lac Tonga, dont l'objectif est de contribuer à la compréhension de ce système écologique en vue du maintien de la richesse naturelle du site et le développement respectueux de l'environnement.

La diversité d'une région peut être évaluée par deux méthodes :

□ La méthode quantitative qui consiste en un dénombrement à l'intérieur de chaque peuplement ou formation. Il s'agit de la richesse spécifique qui est l'un des critères fondamentaux caractéristiques d'un peuplement.

□ La méthode qualitative qui consiste à étudier la composition floristique, biologique, phytogéographique d'un peuplement d'une région donnée.

En ce qui concerne notre travail, l'analyse de la Phytodiversité et la Phytoécologie aquatique du lac Tonga a suivi les étapes suivantes :

- La récolte et le tri des données.
- La caractérisation floristique, taxonomique, biologique et phytogéographique de la flore du site d'étude.
- L'évaluation de la valeur patrimoniale.
- L'analyse des données par le biais de la méthode phytoécologique.

### 3.1. La récolte et le tri des données

Notre travail étant basé sur des données bibliographiques, la récolte de celles-ci a consisté en l'établissement d'une liste floristique totale de la zone d'étude et en l'inventaire de l'ensemble des relevés phytoécologiques réalisés sur le site d'étude. Ces relevés sont effectués dans des stations représentatives et homogènes au plan structural, floristique et écologique. Les principaux documents consultés sont :

-BOUZGHINA AMEL 2000-2001 ; cartographie de la végétation aquatiques des rive Sud et Sud-Est du lac Tonga EL-KALA (W. EL Taraf ) ; Thèse. Ing. Agr., I.N.A, El-Harrach, Alger, 106 p.

- KADID Y., 1989 : Contribution à l'étude de la végétation aquatique du lac Tonga. Parc National d'El-Kala. Thèse. Ing. Agr., I.N.A, El-Harrach, Alger, 106 p.

- KADID Y., 1999 : Contribution à l'étude des phytocénoses aquatiques du lac Tonga, El-Kala (W. D'El-Tarf). Thèse. Magistère., Scien, Agro, I.N.A, El-Harrach. Alger. 161p

- KADID Y, THEBAUD G, PETEL G et ABDELKRIM H., 2007 : Les communautés végétales aquatiques de la classe des Potametea du lac Tonga, El-Kala, Algérie. Acta Bot. Gallica, 154 (4), 597-618pp.

-MOKRANE NABIL 1999 ; cartographie de la végétation aquatique de la rive Ouest de lac Tonga (El-Kala) ; Thèse. Ing. Agr., I.N.A, El-Harrach, Alger, 67p.

### 3.2. Caractérisation des différentes espèces végétales

#### 3.2.1. Caractérisation taxonomique et floristique

Chaque espèce constituant le cortège floristique d'une formation donnée est organisée en groupes systématiques, genres et familles. La détermination du rang taxonomique est faite en référence à la flore de l'Algérie (Quezel et Santa, 1962-1963) et confirmée par la flore de l'Afrique du Nord (Maire, 1952-1987) et l'A.P.G IV.

#### 3.2.2. Caractérisation biologique

Le type biologique des espèces est un outil qui permet la description de la physionomie et de la structure de la végétation. La dominance de l'un ou de l'autre permet de déterminer le type de formation végétale. Pour ce travail nous avons retenu la classification de Raunkier (1934) :

- Phanérophyte (Ph) : Bourgeons dormants aériens à plus de 50 cm de la surface du sol
- Nanophanérophyte: leurs tiges ligneuses ne dépassent pas 0,5 m de hauteur.
- Microphanérophyte: leurs tiges ligneuses sont comprises entre 0,5 et 2 m de hauteur.
- Mésophanérophyte: leurs tiges ligneuses sont comprises entre 2 et 8 m de hauteur.
- Chaméphyte (Ch) : Bourgeons situés à moins de 50 cm au-dessus du sol.
- Hémicryptophyte (He) : Plantes vivaces ou bisannuelles dont des bourgeons situés au niveau du sol.
- Géophyte (Ge) : Plantes vivaces dont des bourgeons situés dans le sol : à bulbe, à rhizome ou à tubercule.
- Hélophyte (Hh) : (ou "plante de vase") Plantes semi-aquatiques qui se trouvent dans la vase, inondée au moins une fois en hiver. Une grande partie de l'appareil végétatif et reproducteur de ces plantes est hors de l'eau.
- Hydrophyte (Hy) : (ou "plantes aquatiques") que l'on trouve dans l'eau ou dans la vase inondée en permanence. Ces plantes sont totalement immergées (sauf souvent les fleurs) ou affleurant la surface de l'eau.
- Thérophyte (Th) : Plantes annuelles qui survivent uniquement par le biais des semences qu'elles produisent.

Les différents types biologiques des taxons recensés dans la zone étudiée, sont déterminés par la flore de Quezel et Santa (1962-1963) et la flore de l'Afrique du Nord (Maire, 1952-1987).

### 3.2.3. Caractérisation phytogéographique

La caractérisation phytogéographique est une approche de l'étude de la biodiversité à travers l'aire de répartition des taxons à surface du globe.

Le rangement des espèces du point de vue biogéographique est basé sur la consultation de la flore de (Quezel et Santa, 1962-1963).

### 3.3. Intérêt et valeur patrimoniale

La réalisation de cette partie est faite dans le but de caractériser les ressources floristiques naturelles de la zone d'étude et d'évaluer pour chaque taxon sa valeur patrimoniale :

- Espèces rares.
- Espèces endémiques.

### 3.4. L'approche phytoécologique

La méthode phytoécologique repose sur l'utilisation simultanée des critères floristiques et écologiques pour définir les groupements végétaux et par la suite les potentialités du milieu. Cette méthode caractérise la sensibilité des espèces aux conditions du milieu au moyen de profils écologiques.

L'étude phytoécologique à, donc, pour but la constitution de noyaux d'espèces à écologie semblable, ce qui revient à établir des groupes écologiques (M'HIRIT, 1982 in CHEROUANA, 1996).

Un groupe écologique constitue la plus petite unité synécologique concevable présentant des caractères floristiques et écologiques précis, autrement dit, c'est le groupe d'espèces indicatrices de conditions écologiques précises, réunies grâce à des profils écologiques semblables et apportant une information élevée sur le facteur écologique considéré (GOUNOT, 1969 ; DAGET et *al*, 1970).

#### 3.4.1. Les profils écologiques

Cette méthode a été proposée par plusieurs auteurs en particulier GOUNOT(1969), et mise au point par plusieurs auteurs. Selon M'HIRIT (1982) in KADID (1999), un profil est une distribution de présences (fréquences) d'une espèce dans diverses modalités d'une variable écologique. Enfin, un profil écologique est une représentation graphique qui a l'avantage d'être plus parlante que les chiffres, traduisant le nombre d'apparitions de chaque espèce pour chaque classe de variables (GOUNOT, 1958).

Cette méthode nous a permis d'analyser la distribution des espèces dans les différentes classes du descripteur retenu (profondeur) grâce aux profils de fréquences relatives et aux profils des fréquences corrigées.

### 3.4.1.1. Profil des fréquences relatives

C'est le nombre de présence d'une espèce dans chacune des classes d'un facteur divisé par le nombre de relevés effectués dans chaque classe rapporté à cent (100).

$$FR = \frac{FA}{N} 100 \quad (\text{GUILLERM, 1971}).$$

Où : **FR** : Fréquence relative ; **FA** : Fréquence absolue ; **N** : Nombre de relevé par classe.

Le profil des fréquences relatives permet de préciser l'écologie des espèces.

### 3.4.1.2. Profils des fréquences corrigées

La mise en évidence des relations entre le facteur écologique mesuré (la profondeur) et la répartition des espèces est réalisée par l'étude des profils écologiques des espèces obtenues en calculant leurs fréquences corrigées qui est la fréquence relative de l'espèce divisée par la fréquence moyenne de l'espèce dans l'ensemble des relevés.

$$FC = \frac{FA}{NI} \frac{\sum NI}{\sum FA} = FR \frac{\sum NI}{\sum FA} \quad (\text{GUILLERM, 1971}).$$

Où :

**FC** : fréquence corrigée ; **NI** : nombre de relevés de la classe I ; **FA** : fréquence absolue ;

**ΣNI** : nombre total de relevés ; **FR** : fréquence relative ; **ΣFA** : somme des fréquences absolues (nombre total des présences de l'espèce).

Ce profil permet de mettre en évidence la parfaite ressemblance écologique du comportement des espèces qui n'apparaît pas au seul examen des profils de fréquences relatives et de faire ressortir les groupes écologiques, donc, de regrouper celles dont les exigences écologiques sont les plus semblables.

### 3.4.2. Amplitude d'habitat (AH)

Pour tirer le maximum d'informations des profils écologiques, nous avons utilisé ce paramètre pour chaque espèce afin de mieux mesurer la plasticité écologique vis-à-vis d'un descripteur de milieu.

La formule suivante a été appliquée :

$$AH = e^{H'} \quad (\text{Blondel, 1979}).$$

**e...** : Base des logarithmes népériens.

**H'** : Fonction de Shannon =  $-\sum PI \text{Log}_e PI$ .

**P..** : Proportion des contacts de l'espèce dans chaque modalité de facteurs.

L'amplitude d'habitat varie de **1**, si l'espèce est présente dans une seule classe du facteur, à **n** (**n**= nombre des classes), si l'espèce est équi-répartie dans toutes les classes de ce descripteur. Si **AH** est grand, nous avons affaire à une espèce dite généraliste ou eurytops, s'il est faible, l'espèce est considérée comme sténotype ou spécialiste.

LHERITIER *et al* (1979), mentionnent que l'amplitude d'habitat et le barycentre permettent de mieux cerner la façon dont chaque espèce se répartit le long de la succession.

### 3.4.3. Le barycentre écologique G

Le barycentre mesure le centre de gravité de la distribution des présences de l'espèce le long d'un descripteur (BLONDEL, 1979) et situe la position moyenne de chaque espèce le long d'un gradient (RAMADE, 1984).

Ce paramètre permet de situer statistiquement et avec précision le préférendum écologique des espèces ; ce préférendum correspondrait à l'optimum écologique des espèces (FELTZINES, 1982).

$$G = \frac{X_1 + 2X_2 + 3X_3 + \dots + nX_n}{\Sigma X} \quad (\text{LHERITIER et al, 1979}).$$

**G** : Le barycentre.

**X1** : fréquence centésimale de l'espèce E dans la classe 1 du facteur considéré.

**X2** : fréquence centésimale de l'espèce E dans la classe 2 du facteur considéré, etc.

Le barycentre dépend étroitement de la définition à priori du nombre de classes de ressources.

## CHAPITRE 4

### **Résultats et interprétation**

#### 4.1 Introduction

Les zones humides sont des écosystèmes complexes et dynamiques. Elles sont également très productives et différentes espèces de plantes poussent dans ces biotopes particuliers qui répondent toujours à des besoins précis.

Vu que la description du site d'étude a été réalisée dans le deuxième chapitre, il y a lieu d'évaluer et d'analyser des données floristiques disponibles ce qui nous permettra de connaître la valeur patrimoniale de ce site pour arrêter les actions à entreprendre pour la conservation et la préservation de la phytobiodiversité que recèle le lac Tonga.

Selon l'inventaire floristique réalisé par KADID (1998-1999), MOUKRANE (1999) et BOUZGHINA (2006), nous n'avons répertorié 92 espèces sur le site d'étude, c'est approximativement la majorité de la richesse floristique du lac.

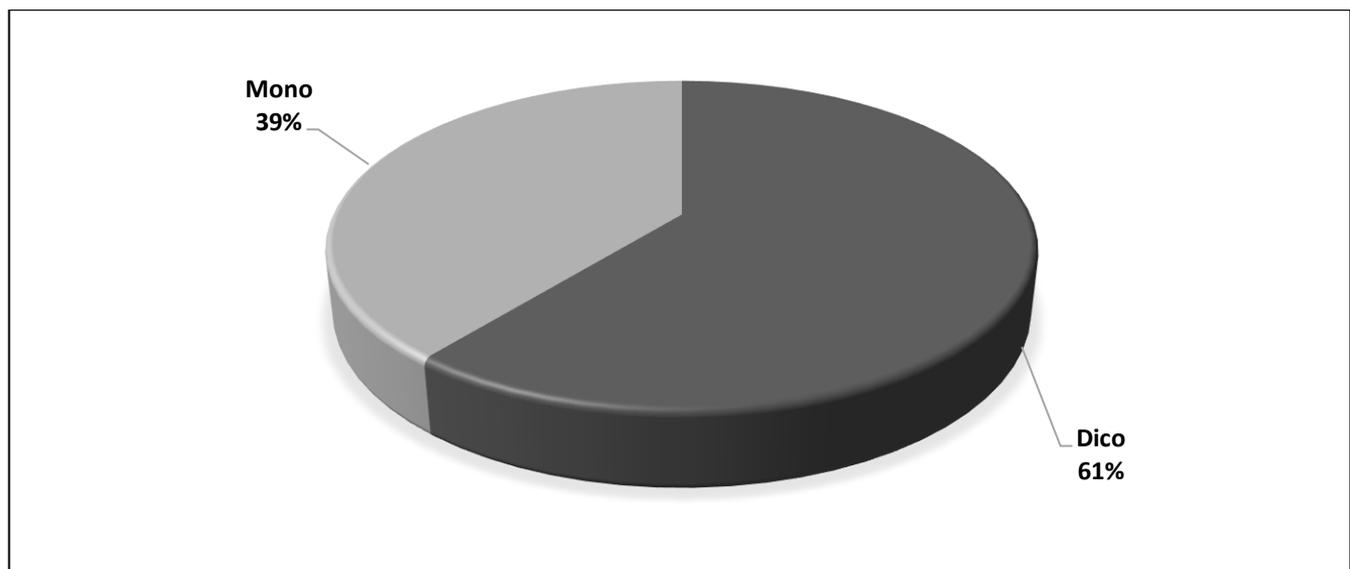
Rappelons que la classification botanique des espèces est basée sur la flore de QUEZEL et SANTA (1962-1963) et confirmée par la flore de l'Afrique du Nord (MAIRE, 1952-1987) et l'A.P.G IV.

#### 4.2. Composition floristique et systématique

L'étude de la composition floristique et systématique de la flore du lac Tonga nous a permis d'identifier 92 espèces végétales (Annexe 01), soit l'équivalent de près de 2.33% de la flore vasculaire de l'Algérie estimée à 3944 taxons (RADFORD et *al*, 2011).

##### 4.2.1. Les classes botaniques

En ce qui concerne les classes auxquelles appartiennent ces taxons, nous avons dénombré 2 classes (figure 24). Ainsi, et sur un Total de 92 espèces 61% (56 espèces) appartiennent à la classe des Dicotylédones et 39% (36 espèces) composent la classe des Monocotylédones.



**Figure 24** : Spectre des classes botaniques des plantes du lac Tonga .P.N.E.K.

#### 4.2.2. Les Familles botaniques

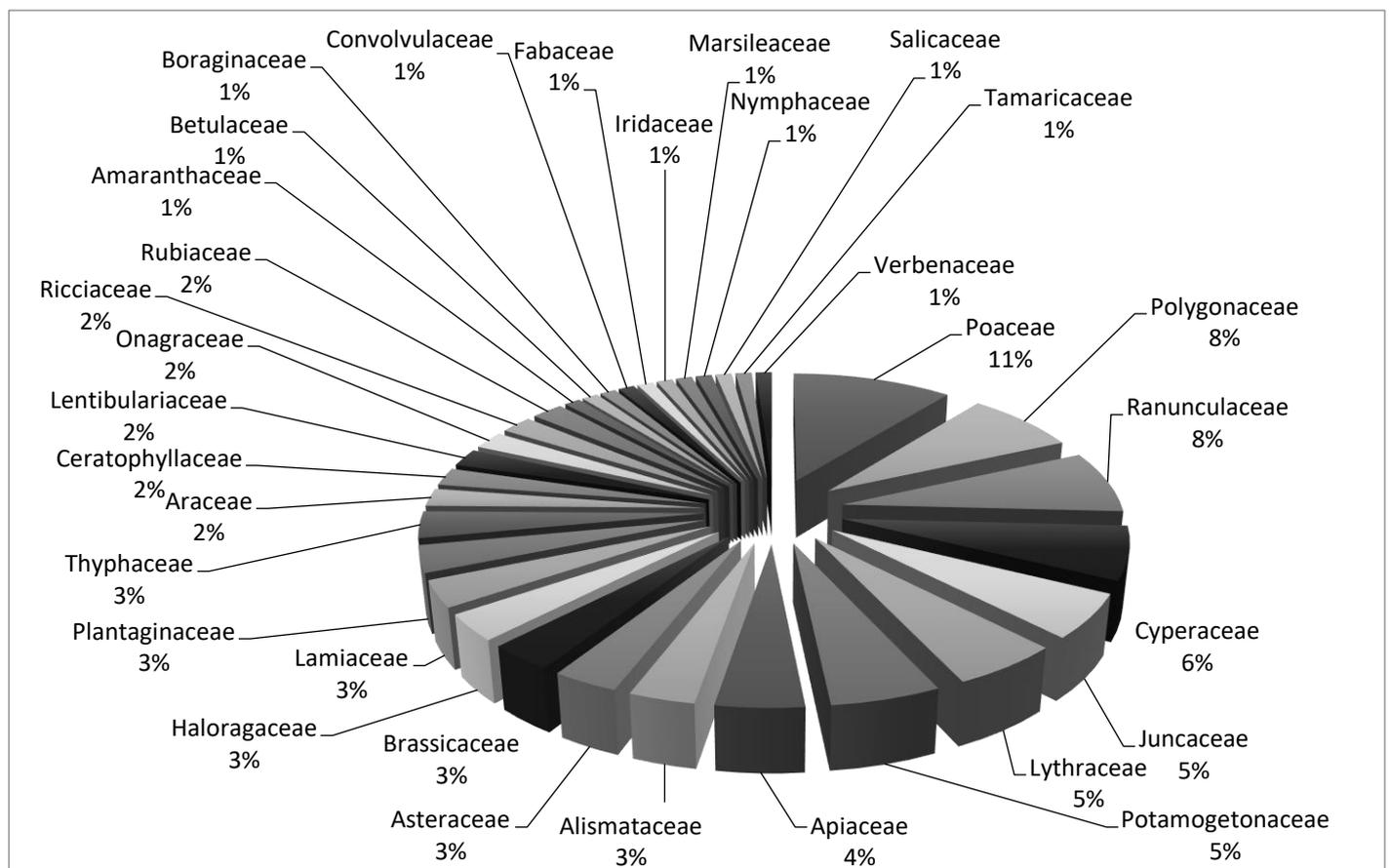
Les 92 taxons sont répartis sur 32 familles botaniques (Annexe 01). La figure 25, montre la dominance de quatre familles à savoir les Poaceae, les Polygonaceae, les Ranunculaceae et les Cypraceae :

- Les Poaceae totalisent 10.87%, soit 10 espèces,
- Les Polygonaceae et les Ranunculaceae représentent 7 espèces chacune soit 7.61% de la totalité des taxons,
- Les Cypraceae totalisent 6.52 %, soit 6 espèces.

Suivie par les Juncaceae, les Lythraceae et les Potamogetonaceae avec 5 espèces chacune (5.43%) et à un degré moindre les Apiaceae avec 4 espèces soit 4.35%. Les Alismataceae , les Brassicaceae , les Hloragaceae , les lamiaceae , les plantaginaceae et les thyphraceae avec 3 espèces chacune soit 3.26%.

Les Araceae, les certophyllaceae, les Lentibulariaceae, Onagraceae et les Rubiaceae avec 2 espèces chacune soit 2.17%.

Les 12 familles restantes sont les moins représentées sur le site d'étude (avec 1 espèce chacune soit 1.09%).



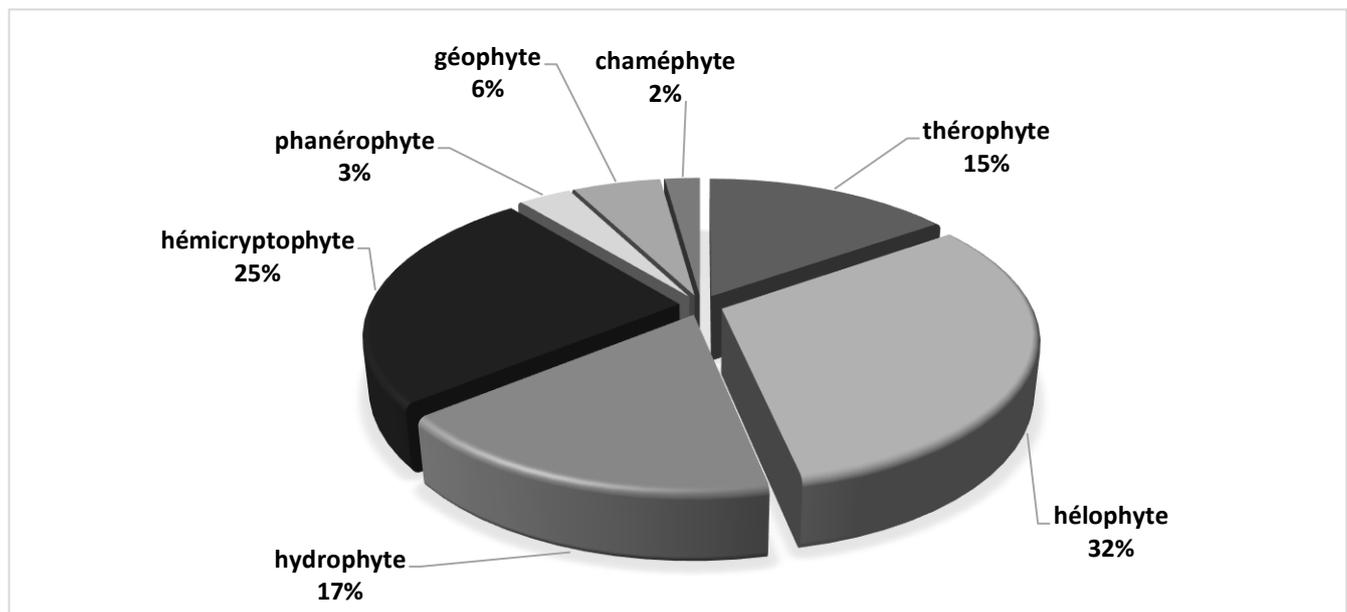
**Figure 25 :** Spectre des familles botaniques des plantes du lac Tonga .P.N.E.K.

Il est important de relever que le nombre de familles, (32 familles botaniques), présentes dans le site d'étude représentent près de 23.70 % du total de 135 familles recensées dans la flore de QUEZEL et SANTA (1962-1963). Ceci dénote de la forte phytodiversité du lac Tonga.

### 4.3. Caractérisation biologique

L'étude du spectre relatif aux types biologiques de la couverture végétale du site d'étude lac Tonga (figure 26) montre que :

- Les Thérophytes totalisent 15%, soit 14 espèces.
- Les Hémicryptophytes représentent 25% des espèces dénombrées, soit 23 espèces.
- Les géophytes totalisent 6 %, soit 5 espèces recensées.
- Les Chaméphytes totalisent 2 %, soit 2 espèces.
- Les phanérophytes forment 3 % de la totalité des taxons, soit 3 espèces.
- Les Hélophytes représentent 32 %, soit 29 espèces recensées.
- Les hydrophytes forment 17 % représentées par 16 espèces.



**Figure 26:** Spectre des types biologiques des plantes du lac Tonga .P.N.E.K.

Il ressort de ces résultats que le lac Tonga est quasiment dominé par les Hélophytes et les Hémicryptophytes et à un degré moindre par les hydrophyte et les thérophyte (Figure 28).

Les Hélophyte et les Hémicryptophytes sont la forme biologique la mieux adaptée aux conditions d'une telle zone.

D'après VIDAL (1998), les Thérophytes et les Hémicryptophytes sont classiquement considérées comme étant particulièrement adaptées aux forts régimes de perturbation et aux conditions de stress induites par les fluctuations imprévisibles du climat méditerranéen. Ainsi selon Barbero et *al.* (1990), l'abondance des hémicryptophytes dans les pays du Maghreb est due à l'abondance de la matière organique et à l'humidité du sol.

La présence des hélophytes et des hydrophytes s'explique par la nature du site d'étude, il s'agit d'une zone humide.

#### 4.4. Caractérisation phytogéographique

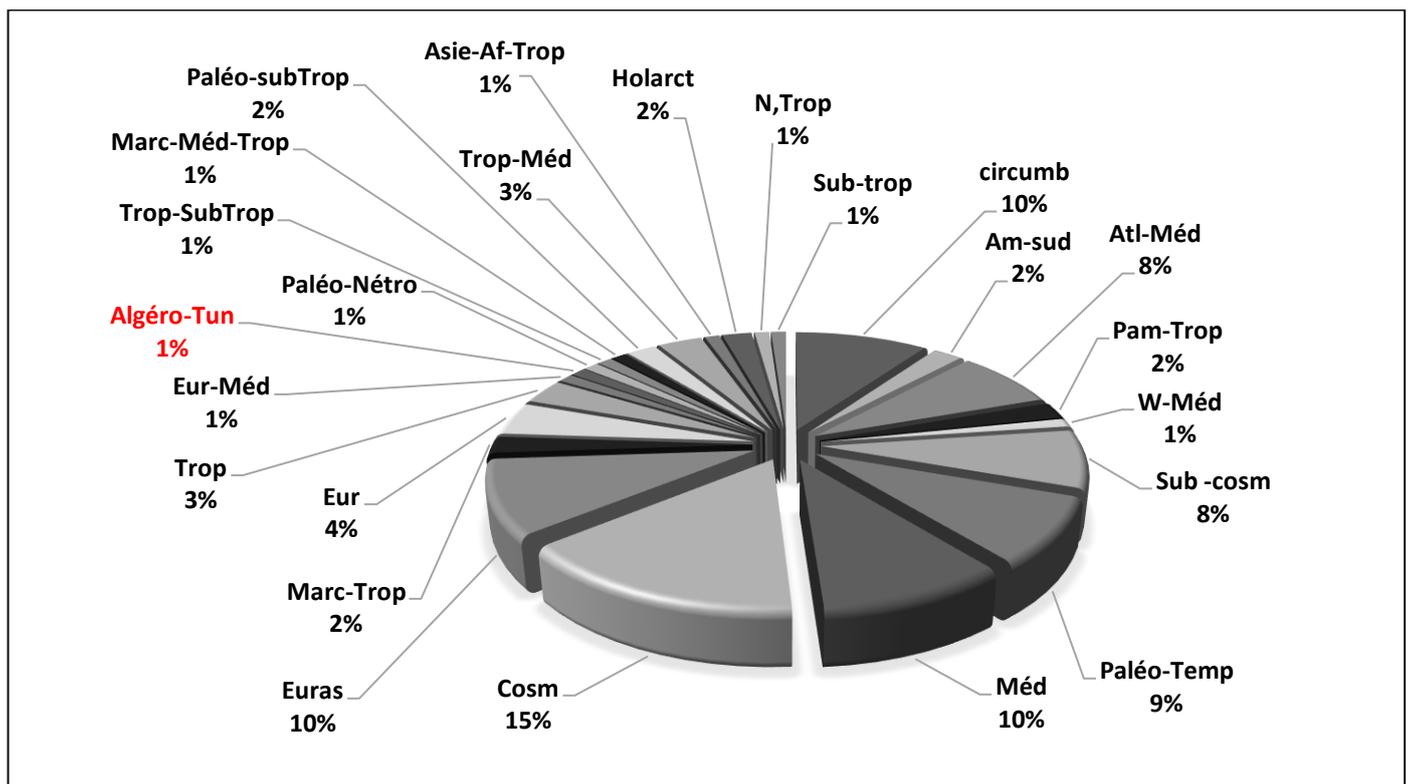
Selon la flore de QUEZEL et SANTA (1962-1963) les espèces inventoriées appartiennent à plusieurs origines biogéographiques (Figure 27).

La dominance des espèces Cosmopolites est assez remarquable car elles constituent 15.22% de l'ensemble des espèces. Elles sont suivies par les espèces Méditerranéennes avec un taux de 11% puis les circumboréales et les Eurasiatique avec un taux de 10%. Les proportions des espèces paléo-tempérées sont plus faibles 8.70%. Et les Sub-cosmopolite et les Atlantique- Méditerranéennes représentent, 7.61% de l'ensemble des espèces.

Les Européennes ne représentent que 4.35% du total des espèces, les Tropicale et les Tropicale-Méditerranéennes présentent la même proportion 3.26% chacune.

Les espèces à origines biogéographiques Am-sud, Pamps-tropicale, Marc-Trop , Paléo-Sub-Tropicale et Holartique ne représentent que 2.17% du total des espèces.

Enfin 1.09% des espèces sont d'origine biogéographique Eur-Méditerranéennes ; Paléo-Néotropicale ; Sub et sub-tropicale ; Marc-Méditerranéennes-Tropicale ; Asie-Africain-Tropicale ; Nord-Tropicale ; Sub-Tropicale ; et Algéro-tunisien.



**Figure 27** : Spectre phytogéographique des plantes du lac Tonga .P.N.E.K.

Cette diversité biogéographique est sans doute liée à la position géographique de l'Algérie au niveau du bassin méditerranéen. Quézel (1995) expliquerait cette hétérogénéité dans l'origine de la flore du bassin méditerranéen par des changements liés aux variations paléogéographiques, elles-mêmes en relation avec les importants mouvements tectoniques.

## 4.5. Valeur patrimoniale

### 4.5.1. Les espèces endémiques

Selon la flore de QUEZEL et SANTA (1962-1963), l'endémisme est aussi un critère important dans l'appréciation de la valeur patrimoniale d'une région. D'après la flore de QUEZEL et SANTA (1962-1963) nous tenons à signaler que la flore du lac Tonga comporte un seul taxon endémique de l'Algéro-tunisie, il s'agit de *Cynosurus cristatus* (Poaceae) (figure 28).

#### → *Cynosurus cristatus.L* :

- Famille : Poaceae
- Sous famille : Pooideae
- Genre : *Cynosurus*
- Espèce : *Cynosurus cristatus.L*



- Plante : ↑ 20 - 80 cm
- Feuille : alternes, engainante, simple, linéaire, entier
- Épillet : ↑ 3 - 6 mm
- Fruit : caryopse
- Usage : Bonne plante fourragère
- Sol : Drainé, Frais

**Figure 28** : Les espèces végétales endémiques du site d'étude *Cynosurus cristatus.L*

Source : Tela botanica (2021)

La présence d'espèces endémiques dans le lac Tonga souligne l'originalité de ce site et lui confère une valeur patrimoniale élevée.

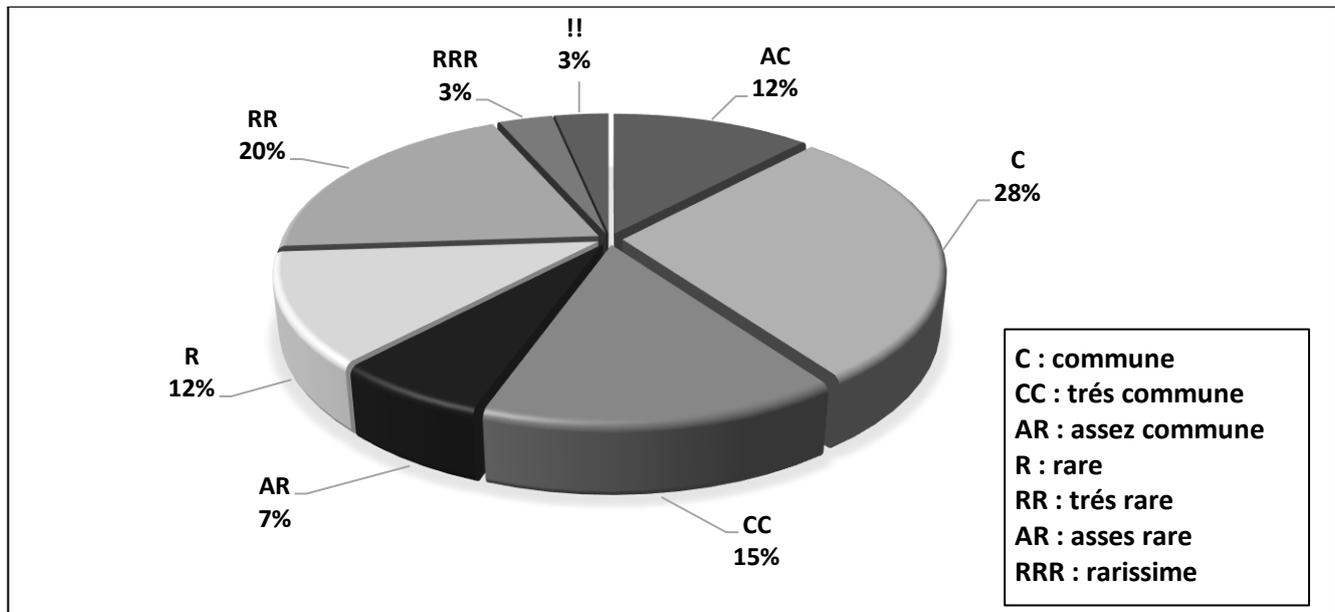
### 4.5.2. Gradient de rareté

En ce qui concerne la rareté des espèces, nous nous sommes appuyés, pour réaliser ce travail, sur la nouvelle flore de l'Algérie et des régions méridionales (QUEZEL et SANTA, 1962-1963).

Pour l'Algérie du Nord, (Sahara non compris), 1630 taxons sont qualifiés de rares dont 1034 au rang d'espèces, 431 sous espèces et 165 variétés. Pour l'ensemble du pays, les taxons rares sont au nombre de 1818 (1185 espèces, 455 sous-espèces et 178 variétés) (VELA et BENHOUHOU, 2007).

La majorité des taxons repérés sur le site d'étude sont qualifiés d'espèces communes avec un taux de 55% réparties comme suit (28% commune ; 15 % très commune ; 12% Assez commune). Les 42% (39 taxons) représentent la catégorie des espèces rares (20% très rares, 12% rares et 7% assez rares et 3% sont rarissimes. Elles représentent 2.14% de la flore rare du pays et 2.39% de la flore rare de l'Algérie du Nord.

Le reste des espèces (3%) constitue le lot des taxons insuffisamment documentés sur leur degré de rareté, selon QUEZEL et SANTA (1962-1963) (Figure 29).



**Figure 29** : Spectre de rareté des plantes du lac Tonga .P.N.E.K

Cette rareté dénote de la richesse floristique remarquable du site ainsi qu'une valeur écologique et patrimoniale considérable et suggère une fragilité qui risque d'entraîner la perte de ce patrimoine particulier qui est actuellement menacé notamment par la les activités anthropique.

#### 4.6. L'approche phytocéologique

Le traitement des 388 relevés floristico-écologiques récoltés dans les données bibliographiques selon la méthode de la théorie de l'information, nous permet d'analyser la distribution des 40 espèces retenues sur 92 recensées dans la littérature spécialisée concernant la zone d'étude dans les différentes classes du descripteur retenu grâce aux profils écologique en fréquences relatives et corrigées ; de situer statiquement leur profondeur et leur amplitude d'habitat et finalement de les grouper sous forme de noyaux d'espèces à comportement écologique semblable vis-à-vis de la profondeur de l'eau (les groupes écologiques).

Il est à noter que la profondeur de l'eau est le seul facteur retenu, sachant qu'en milieu aquatique, la profondeur de l'eau est un facteur intégrateur d'autres variables du milieu (lumière, température, oxygène dissous,...), et semble être le facteur prépondérant dans la distribution des espèces végétales des plans d'eau. Les mesures de la profondeur sont distribuées en classes.

##### 4.6.1. Les classes de profondeurs

Pour étudier l'écologie de la végétation aquatique de lac Tonga, nous avons retenu un seul paramètre principal, à savoir la profondeur de l'eau. Les mesures de la profondeur nous ont permis de subdiviser ce descripteur en quatre (4) classes :

- 1<sup>ère</sup> Classe : 0-30 cm : classe des faibles profondeurs.
- 2<sup>ème</sup> Classe : 30-60 cm : classe des moyennes profondeurs.
- 3<sup>ème</sup> Classe : 60-90 classe des fortes profondeurs.

- 4<sup>ème</sup> Classe : >90 : classe des très fortes profondeurs.

Pour chaque classe des relevés ont été réalisés. Le nombre de ces relevés varie d'une classe à une autre (tableau VI).

**Tableau VI** : classes de profondeurs

| Classe               | Nombre de relevé dans chaque classe |
|----------------------|-------------------------------------|
| Classe 01 (0-30) cm  | 47                                  |
| Classe 02 (30-60) cm | 108                                 |
| Classe 03 (60-90) cm | 57                                  |
| Classe 04 > 90 cm    | 176                                 |

Le tableau VI révèle que la première classe comprend 47 relevés, la deuxième 108 relevés, la troisième et la quatrième comprennent respectivement 57 et 176 relevés.

#### 4.6.2. Analyses des profils écologiques en fréquences relatives

Les fréquences relatives calculées des 40 espèces retenues pour cette approche sont présentées dans le tableau VII.

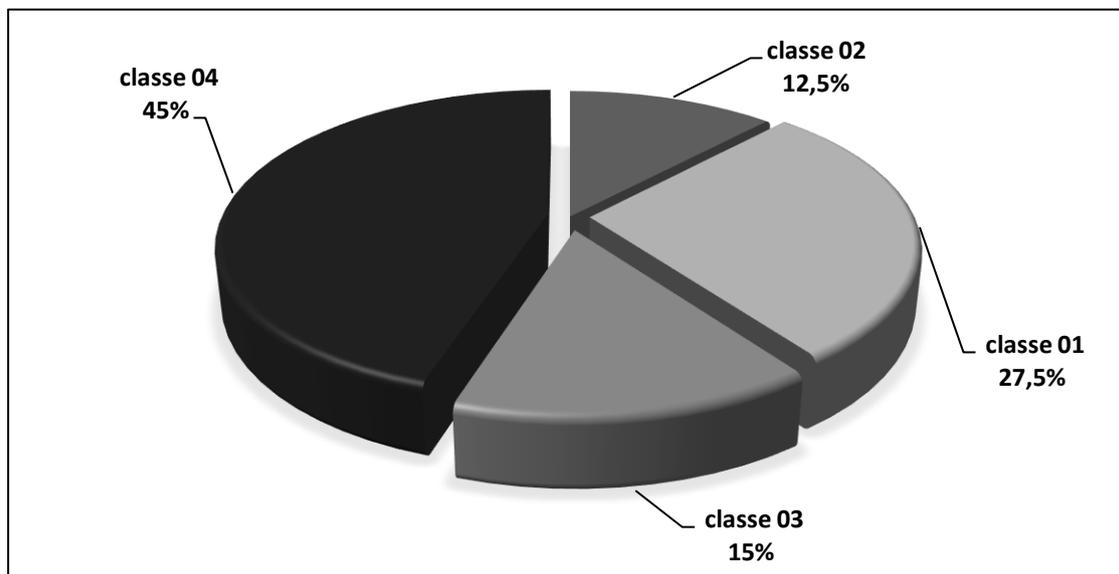
Tableau VII : les fréquences relatives des espèces retenues.

| Espèces                           | classe 01     | classe 02     | classe 03     | classe 04     |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| <i>Paspalum distichum</i>         | <b>82,979</b> | 62,037        | 19,298        | 26,704        |
| <i>Myriophyllum alterniflorum</i> | <b>55,319</b> | 47,222        | 12,28         | 6,568         |
| <i>Scirpus maritimus</i>          | <b>42,553</b> | 33,333        | 3,508         | /             |
| <i>Callitriche stagnalis</i>      | <b>25,531</b> | 7,407         | 8,771         | 3,409         |
| <i>Sparganium erectum</i>         | <b>23,404</b> | 11,111        | 19,298        | 16,477        |
| <i>Ricciocarpus natans</i>        | <b>17,021</b> | 11,111        | 5,263         | 6,568         |
| <i>Scirpus palustris</i>          | <b>14,893</b> | 6,481         | 3,508         | /             |
| <i>Polygonum amphibium</i>        | <b>10,638</b> | 10,185        | 7,017         | 6,818         |
| <i>Galium palustre</i>            | <b>10,638</b> | 1,851         | 3,508         | 6,568         |
| <i>Alternanthera sessilis</i>     | <b>6,382</b>  | 3,703         | /             | 1,136         |
| <i>Paspalidium obtusifolium</i>   | <b>4,255</b>  | 1,851         | /             | 1,136         |
|                                   |               |               |               |               |
| <i>Potamogeton lucens</i>         | 42,553        | <b>60,185</b> | 42,105        | 38,068        |
| <i>Potamogeton trichoides</i>     | 46,888        | <b>51,85</b>  | 45,614        | 16,477        |
| <i>Ranunculus aquatilis</i>       | 27,659        | <b>47,222</b> | 22,807        | 3,977         |
| <i>Myriophyllum spicatum</i>      | 23,404        | <b>44,444</b> | 3,508         | 17,613        |
| <i>Typha angustifolia</i>         | 19,148        | <b>23,148</b> | 5,263         | 21,022        |
|                                   |               |               |               |               |
| <i>Bidens tripartita</i>          | /             | /             | <b>47,368</b> | 1,136         |
| <i>Potamogeton pectinatus</i>     | /             | 15,74         | <b>38,596</b> | 3,409         |
| <i>Iris pseudacorus</i>           | 17,021        | 12,037        | <b>26,315</b> | 22,727        |
| <i>Callitriche obtusangula</i>    | /             | /             | <b>7,017</b>  | 1,704         |
| <i>Myriophyllum verticillatum</i> | /             | 0,925         | <b>5,263</b>  | /             |
| <i>Epilobium hirsutum</i>         | /             | /             | <b>1,754</b>  | /             |
|                                   |               |               |               |               |
| <i>Ceratophyllum demersum</i>     | 12,765        | 16,666        | 21,052        | <b>65,34</b>  |
| <i>Lemna minor</i>                | 25,531        | 24,074        | 36,842        | <b>59,659</b> |
| <i>Nymphaea alba</i>              | 2,127         | 2,777         | 17,543        | <b>57,954</b> |
| <i>Walfia arrhiza</i>             | 14,893        | 8,333         | 35,078        | <b>47,159</b> |
| <i>Lythrum salicaria</i>          | 14,893        | 7,407         | 10,526        | <b>40,34</b>  |
| <i>Scirpus lacustris</i>          | 21,276        | 35,185        | 14,035        | <b>35,409</b> |
| <i>Phragmites australis</i>       | 4,255         | 7,407         | 14,035        | <b>30,13</b>  |
| <i>Panicum repens</i>             | 2,127         | 0,925         | 1,754         | <b>27,84</b>  |
| <i>Polygonum senegalense</i>      | 2,127         | 0,925         | 8,771         | <b>22,159</b> |
| <i>Utricularia vulgaris</i>       | 2,127         | /             | 10,526        | <b>21,59</b>  |
| <i>Salix pedicellata</i>          | 2,127         | 6,481         | 1,754         | <b>17,045</b> |
| <i>Polygonum serrulatum</i>       | 4,255         | 2,777         | 7,017         | <b>15,34</b>  |
| <i>Lycopus europaeus</i>          | 4,255         | 2,777         | 7,017         | <b>14,77</b>  |
| <i>Carex pseudocyperus</i>        | /             | /             | 1,754         | <b>11,363</b> |
| <i>Utricularia exoleta</i>        | 4,255         | 1,851         | 5,263         | <b>10,795</b> |
| <i>Typha latifolia</i>            | /             | 2,777         | /             | <b>3,409</b>  |
| <i>Aster squamatus</i>            | /             | /             | 1,754         | <b>2,84</b>   |
| <i>Leersia hexandra</i>           | /             | /             | /             | <b>2,84</b>   |

L'analyse des valeurs de la fréquence relative montre que 18 espèces (*Carex pseudocyperus*, *Leersia hexandra*, *Panicum repens*, *Salix pedicellata*, *Nymphaea alba*, *Polygonum senegalense*, *Utricularia vulgaris*, *Aster squamatus*, *Lythrum salicaria*, *Ceratophyllum demersum*,

*Polygonum serrulatum*, *Phragmites australis*, *Lycopus europaeus*, *Utricularia exoleta*, *Wallfia arrhiza*, *Typha latifolia*, *Lemna minor*, *Scirpus lacustris*) ont pour préférence la classes 4 à une profondeur supérieure à 90 cm; 11 espèces (*Galium palustre*, *Scirpus palustris*, *Callitriche stangalis*, *Scirpus maritimus*, *Paspalidium obtusifolium*, *Alternanthera sessilis*, *Ricciocarpus natans*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Paspalum distichum*, *Sparganium erectum*, *Polygonum amphibium*) dans la classe 01 à une profondeur qui vacille entre 0 et 30 cm ; 6 espèces (*Bidens tripartita*, *Epilobium hirsutum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Callitriche obtusangula*, *Potamogeton pectinatus*, *Iris pseudacorus*) dans la classe 3 dont la profondeur varie entre 60-90 cm ; enfin 5 espèces (*Ranunculus aquatilis*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton trichoides*, *Potamogeton lucens*, *Typha angustifolia*) dans la classe 2 à une profondeur allant de 30 à 60 cm (annexe 02).

Du le spectre des fréquences relatives (figure 30) des plantes aquatiques du lac Tonga, il apparaît clairement que presque la moitié des espèces ont pour préférence la classe 4, soit 45% des espèces retenues, vient ensuite la classe 1 avec 27,5%, suivie de la classe 3 avec 15%, et finalement, la classe 2 avec seulement 12,5%.



**Figure 30:** Spectre des fréquences relatives des plantes aquatiques retenues.

#### 4.6.3. Amplitude d'habitat et barycentre écologique

Pour tirer le maximum d'informations des profils écologiques et afin de mesurer la plasticité écologique de chaque espèce vis-à-vis des classes de profondeurs, nous avons calculé l'amplitude d'habitat (AH) et le barycentre écologique (G). Le calcul de ces deux paramètres nous a permis d'avoir 03 grands groupes (tableau VIII).

Tableau VIII : Amplitudes d'habitat AH et barycentre écologique G des espèces.

| Valence écologique      | Espèces                           | AH   | G    | Classe (0-30cm) | Classe (30-60cm) | Classe (60-90cm) | Classe >90 |
|-------------------------|-----------------------------------|------|------|-----------------|------------------|------------------|------------|
| Espèces généralistes    | <i>Callitriches stangalis</i>     | 3.66 | 1.74 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Potamogeton trichoides</i>     | 3.63 | 2.98 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Sparganium erectum</i>         | 3.52 | 2.17 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Polygonum amphibium</i>        | 3.52 | 2.17 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Typha angostifolia</i>         | 3.52 | 2.41 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Myriophyllum spicatum</i>      | 3.45 | 2.16 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Potamogeton lucens</i>         | 3.42 | 2.41 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Paspalum distichum</i>         | 3.42 | 1.81 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Galium palustre</i>            | 3.35 | 2.25 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Iris pseudacorus</i>           | 3.25 | 2.68 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Scirpus lacustris</i>          | 3.00 | 2.53 |                 |                  |                  |            |
| Espèces intermédiaires  | <i>Paspalidium obtusifolium</i>   | 2.94 | 1.66 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Ricciocarpus natans</i>        | 2.94 | 1.92 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Ranunculus aquatilis</i>       | 2.88 | 1.99 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Alternanthera sessilis</i>     | 2.85 | 0.26 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Carex pseudocyperus</i>        | 1.85 | 3    |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Lemna minor</i>                | 2.77 | 2.89 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Scirpus palustris</i>          | 2.63 | 1.52 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Myriophyllum alterniflorum</i> | 2.48 | 1.60 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Wallfaria rhiza</i>            | 2.43 | 1.10 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Potamogeton pectinatus</i>     | 2.33 | 2.78 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Utricularia exoleta</i>        | 2.31 | 3.90 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Lycopus europaeus</i>          | 2.29 | 3.14 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Polygonum serrulatum</i>       | 2.24 | 3.17 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Phragmites australis</i>       | 2.20 | 3.27 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Ceratophyllum demersum</i>     | 2.15 | 3.21 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Scirpus maritimus</i>          | 2.13 | 1.5  |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Lythrum salicaria</i>          | 2.13 | 3.27 |                 |                  |                  |            |
| Espèces spécialistes    | <i>Bidens tripartita</i>          | 1.97 | 3.02 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Callitriches obtusangula</i>   | 1.95 | 3.12 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Typha latifolia</i>            | 1.87 | 3.20 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Myriophyllum verticillatum</i> | 1.73 | 2.83 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Polygonum senegalense</i>      | 1.69 | 4.10 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Utricularia vulgaris</i>       | 1.61 | 3.51 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Salix pedicellata</i>          | 1.59 | 3.26 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Nymphaea alba</i>              | 1.56 | 2.85 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Aster squamatus</i>            | 1.55 | 3.66 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Panicum repens</i>             | 1.29 | 3.70 |                 |                  |                  |            |
|                         | <i>Epilobium hirsutum</i>         | 1    | 3    |                 |                  |                  |            |
| <i>Leersia hexandra</i> | 1                                 | 4    |      |                 |                  |                  |            |

• **Espèces généralistes**

Ce sont les espèces qui montrent une large plasticité ; autrement dit, des espèces qui exploitent 3 ou 4 classes de profondeur, en occupant une tranche d'eau qui varie de 0 à 180 cm.

Sur la base des résultats obtenus, nous constatons que les espèces montrant l'amplitude d'habitat la plus large sont ordonnées de manière décroissante. Elles sont au nombre de 11 espèces.

Selon les valeurs de l'amplitude d'habitat (**AH**), les espèces généralistes se divisent en 2 sous-groupes :

- ➔ Un sous-groupe qui réunit dix espèces dont l'amplitude d'habitat est supérieure à 3. Neuf (09) de ces espèces trouvent leur optimum écologique au niveau de la classe 1 et la classe 2 (0-60 cm), et une espèce (01), à savoir *Iris pseudacorus* préfère la troisième classe (60-90 cm), avec une valeur de barycentre (**G**) égales à 2,68.
- ➔ Un autre sous-groupe qui renferme une seule espèce (01) (*Scirpus lacustris*), dont l'amplitude d'habitat est égale à 3 et (**G**) supérieur à 2.

- **Espèces spécialistes**

Ces espèces spécialistes viennent directement s'opposer aux espèces généralistes ; leur amplitude d'habitat (**AH**) s'étend sur une seule classe. Elles sont plus ou moins exigeantes vis-à-vis de la profondeur. Leur faible valeur de **AH** traduit un degré de spécialisation élevé. Ce groupe est composé de (12) espèces dites « spécialistes ». Cette catégorie se divise en deux sous-groupes d'espèces :

- ➔ Un premier sous-groupe qui réunit deux espèces *Epilobium hirsutum* et *Leersia hexandra* dont l'amplitude d'habitat est égale à 1 ; selon les valeurs de **G**, ces espèces sont spécialistes strictes des eaux relativement profondes (60-90 cm) et très profondes >90 cm.
- ➔ Un deuxième sous-groupe qui réunit dix espèces dont l'amplitude d'habitat est supérieure à 1. Sept (07) Ces espèces sont des experts rigoureux des eaux très profondes >90 cm. Et trois espèces (03), à savoir *Bidens tripartita*, *Callitriches obtusangula* et *Myriophyllum verticillatum* préfèrent la troisième classe (60-90 cm), selon la valeur de **G**.

- **Espèces intermédiaires**

Entre les espèces généralistes et spécialistes, viennent les espèces intermédiaires qui présentent une valence écologique intermédiaire ce qui leur permet d'exploiter deux à trois classes de profondeur. Ce groupe est constitué par 17 espèces intermédiaires Selon les valeurs de leur amplitude d'habitat (**AH**), nous avons :

- ➔ Un sous-groupe qui réunit Neuf espèces dont l'amplitude d'habitat est supérieure à 2,43. Sept (07) de ces espèces trouvent leur optimum écologique au niveau de la classe 1 (0-30 cm). Et deux espèces (02), à savoir *Carex pseudocyperus* et *Lemna minor* préfèrent la quatrième classe (>90 cm), avec respectivement des valeurs de (**AH**) égales à 1.85 et 2.77.
- ➔ Le deuxième sous-groupe constitué huit espèces dont l'amplitude d'habitat est inférieure à 2,43 ; dont six (06) espèces préfèrent la quatrième classe >90 cm.

Et deux espèces à savoir ;*Potamogeton pectinatus* qui trouve leur optimum écologique au niveau de la troisième classe (60-90 cm) ; avec (AH) égale 2.33 et *Scirpus maritimus* qui préfère la classe 1 (0-30cm) avec une valeur de (AH) égale 2.13.

Sur l'ensemble des espèces étudiées, nous avons 42.5% d'espèces intermédiaires, 30% d'espèces spécialistes et 27.5% d'espèces généralistes.

#### 4.6.4. Elaboration des groupes écologiques

L'examen des profils écologiques des groupements végétaux relatifs à la profondeur nous a permis de comparer entre exigences de ces syntaxon vis-à-vis de la profondeur. Et par conséquent de discerner quatre (04) groupes d'espèces indicatrices de profondeurs présentant des affinités et des similitudes nettement différents vis-à-vis de ce facteur.

Afin de donner une signification écologique pour ces profils écologiques, nous proposons de répartir ces groupes d'espèces sur quatre (04) catégories, où nous aurons à classer tous les groupements végétaux ayant des comportements écologiques similaires vis-à-vis d'une tranche de profondeur donnée dans une seule catégorie, ces catégories sont :

- 1<sup>ère</sup> catégorie : 0-30 cm : catégorie des groupements des faibles profondeurs.
- 2<sup>ème</sup> catégorie : 30-60 cm : catégorie des groupements des moyennes profondeurs.
- 3<sup>ème</sup> catégorie : 60-90 ; catégories des groupements des fortes profondeurs.
- 4<sup>ème</sup> catégorie : >90 : catégorie des groupements des très fortes profondeurs.

Les fréquences corrigées des 40 espèces retenues calculées pour cette approche sont présentées dans le tableau **IX**.

Tableau IX : les fréquences corrigées des espèces retenues

| Espèces                           | (0-30) cm | (30-60) cm | (60-90) cm | >90   |
|-----------------------------------|-----------|------------|------------|-------|
| <i>Galium palustre</i>            | 4,127     | 0,718      | 1,361      | 2,548 |
| <i>Scirpus palustris</i>          | 3,611     | 1,571      | 0,850      | /     |
| <i>Callitriche stagnalis</i>      | 3,191     | 0,926      | 1,097      | 0,426 |
| <i>Scirpus maritimus</i>          | 2,843     | 2,227      | 0,234      | /     |
| <i>Paspalidium obtusifolium</i>   | 2,751     | 1,196      | /          | 0,734 |
| <i>Alternanthera sessilis</i>     | 2,751     | 1,596      | /          | 0,489 |
| <i>Ricciocarpus snatans</i>       | 2,748     | 1,794      | 0,850      | 1,061 |
| <i>Myriophyllum alterniflorum</i> | 2,522     | 2,153      | 0,559      | 0,299 |
| <i>Paspalum distichum</i>         | 1,961     | 1,466      | 0,454      | 0,631 |
| <i>Sparganium erectum</i>         | 1,441     | 0,683      | 1,182      | 1,01  |
| <i>Polygonum amphibium</i>        | 1,289     | 1,134      | 0,850      | 0,826 |
| <i>Ranunculus aquatilis</i>       | 1,274     | 2,180      | 1,053      | 0,183 |
| <i>Myriophyllum picatum</i>       | 0,81      | 1,538      | 1,241      | 0,609 |
| <i>Potamogeton trichoides</i>     | 1,365     | 1,511      | 1,33       | 0,478 |
| <i>Potamogeton lucens</i>         | 0,936     | 1,324      | 0,926      | 0,837 |
| <i>Typha angustifolia</i>         | 0,832     | 1,007      | 0,228      | 0,914 |
| <i>Bidens tripartita</i>          | /         | /          | 45,94      | 1,101 |
| <i>Epilobium hirsutum</i>         | /         | /          | 6,805      | /     |
| <i>Myriophyllum verticillatum</i> | /         | 0,897      | 5,105      | /     |
| <i>Callitriche obtusangula</i>    | /         | /          | 3,888      | 0,944 |
| <i>Potamogeton pectinatus</i>     | /         | 1,324      | 3,247      | 2,875 |
| <i>Iris pseudacorus</i>           | 0,867     | 0,612      | 1,342      | 1,159 |
| <i>Carex pseudocyperus</i>        | /         | /          | 0,567      | 3,673 |
| <i>Leersia hexandra</i>           | /         | /          | /          | 2,203 |
| <i>Panicum repens</i>             | 0,158     | 0,069      | 0,130      | 2,077 |
| <i>Salix pedicellata</i>          | 0,242     | 0,739      | 0,200      | 1,944 |
| <i>Nymphaea alba</i>              | 0,709     | 0,926      | 0,585      | 1,936 |
| <i>Polygonum senegalense</i>      | 0,179     | 0,077      | 0,739      | 1,868 |
| <i>Utricularia vulgaris</i>       | 1,827     | /          | 0,905      | 1,853 |
| <i>Aster squamatus</i>            | /         | /          | 1,134      | 1,836 |
| <i>Lythrum salicaria</i>          | 0,626     | 0,311      | 0,443      | 1,698 |
| <i>Ceratophyllum demersum</i>     | 0,326     | 0,426      | 0,539      | 1,677 |
| <i>Polygonum serrulatum</i>       | 0,493     | 0,299      | 0,755      | 1,652 |
| <i>Phragmites australis</i>       | 0,232     | 0,404      | 0,766      | 1,644 |
| <i>Lycopus europaeus</i>          | 0,471     | 0,307      | 0,777      | 1,629 |
| <i>Utricularia exoleta</i>        | 0,634     | 0,276      | 0,785      | 1,610 |
| <i>Wallfia arrhiza</i>            | 0,485     | 0,271      | 1,143      | 1,537 |
| <i>Typha latifolia</i>            | /         | 1,19       | /          | 1,469 |
| <i>Lemna minor</i>                | 0,603     | 0,567      | 0,87       | 1,410 |
| <i>Scirpus lacustris</i>          | 0,486     | 0,805      | 0,321      | 1,225 |

L'étude de ce tableau nous permet de distinguer quatre 04 grands groupes écologiques d'espèces indicatrices de profondeurs ; ce sont des groupes mono factoriels imbriqués en écailles.

#### A. Groupe écologique des espèces de faible profondeur

Ce groupe englobe huit (08) espèces végétales héliophytes ; il s'agit de *Paspalum distichum*, *scirpus maritimus*, *paspalidium obtusifolium*, *sparganium erecutum*, *Alternanthera sessilis*, *Galium palustre*, *scirpus palustris* et *Polygonum amphibium* et trois espèces hydrophytes, il s'agit de *Myriophyllum alterniflorum*, *Ricciocarpus natans* et *Callitriches stangalis*. Ce sont des syntaxons préférant les faibles profondeurs comprises entre 0 et 30 cm (Figure 31).

*Galium palustre* et *scirpus palustris* sont des espèces qui dominent ce groupe, atteindront un développement optimal à faible profondeur. Selon BOUZGHINA (2003), ces deux espèces se rencontrent dans la zone échantillonnée de la rive sud et sud-est du lac Tonga.

*Scirpus palustris* est un vivace rustique, colonise principalement des endroits humides dans les eaux stagnantes dans les prairies humides et dans les marécages inondés qui peuvent s'assécher temporairement, dans les sols de sable et de boue riches en nutriments, en humus et en base (BOUZGHINA ,2003).

*Paspalum distichum* et *Scirpus maritimus* sont dites ripicoles (MONTEGUT, 1987). Ce sont des espèces des bords poussant dans des eaux peu profondes et des lieux humides à plan d'eau superficiel pratiquement constant (VETVICKA, 1981).

*Paspalidium obtusifolium* est une espèce vivace aquatique, stolonifère, flotte sur l'eau ou utilise les tiges des différents héliophytes comme support pour pouvoir se propager (KADID ,1999).

Ces espèces sont largement distribuées dans des zones humides de faible profondeurs (PODLEJSKI, 1982) et ayant besoin d'une courte période d'exonération pour pouvoir effectuer un cycle végétatif complet (Den HARTOG, 1982).

*Myriophyllum alterniflorum* est une espèce des eaux profondes et peut croître jusqu'à 2,5m, bien que son optimum de développement soit le plus souvent autour de 1 à 1,5m (KLOSSOWSKI et TOMASZEWICZ, 1989b). Ce taxon au niveau du lac Tonga exploite quatre classes de profondeur à savoir la première, la deuxième, la troisième et la quatrième classe mais trouve son optimum de développement dans les faibles profondeurs (0 - 30 cm).

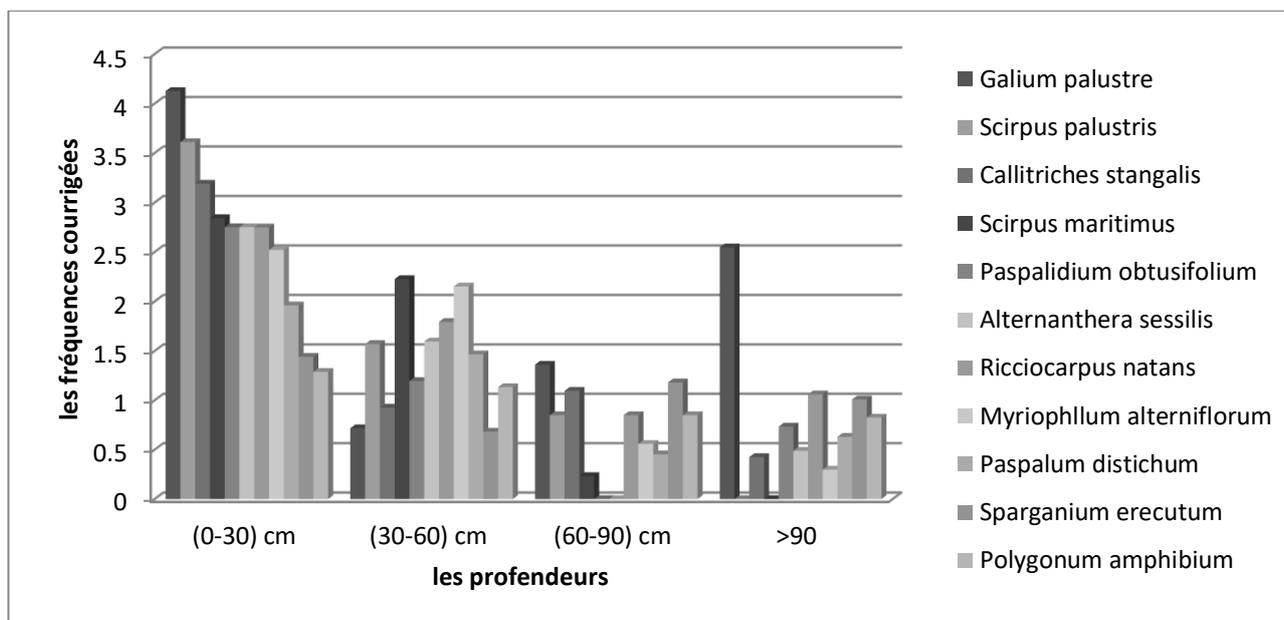


Figure 31 : Groupe écologique des espèces de faible profondeur.

### B. Groupe écologique des espèces de moyenne profondeur

Les espèces de ce groupe, présentent leur optimum écologique pour la variable profondeur, au niveau de la classe des 30 à 60cm.

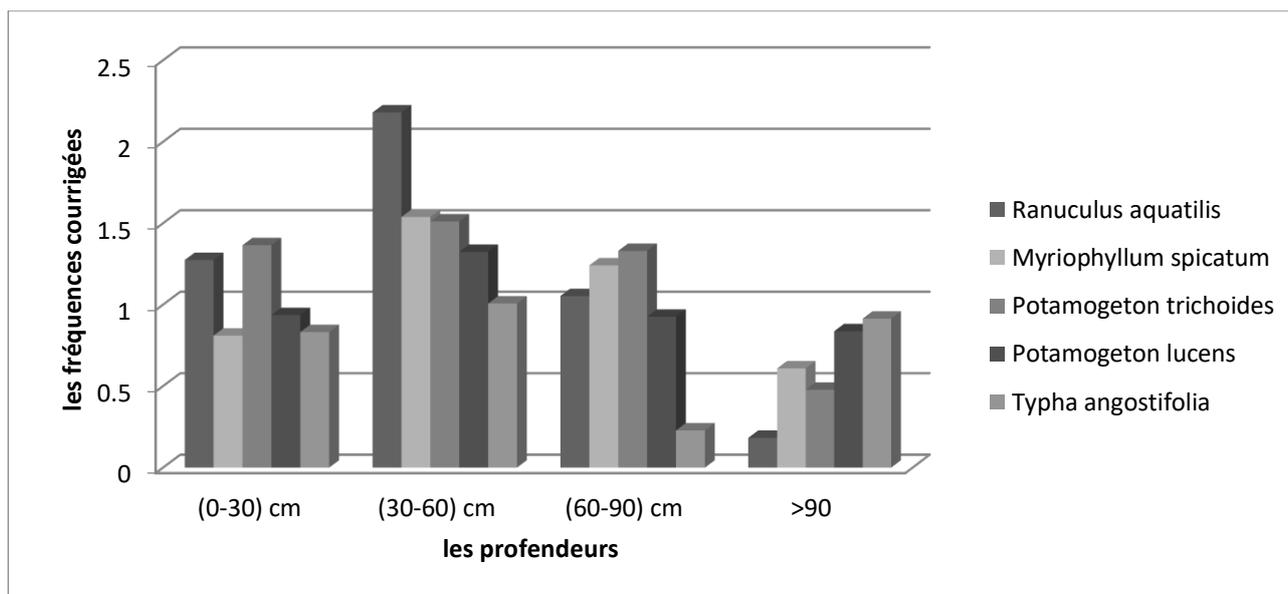
Ce groupe est composé de 05 espèces dont trois (03) hydrophytes franchement aquatiques, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton trichoides* et *Myriophyllum spicatum*, et deux (02) héliophytes *Ranunculus aquatilis* et *Typha angustifolia* (Figure 32).

Par rapport aux autres espèces, *Ranunculus aquatilis* et *Myriophyllum spicatum* sont les plus dominantes dans ce groupe.

*Ranunculus aquatilis* est une espèce des eaux peu profondes, calmes, stagnantes à faiblement courantes, capables de supporter une émergence estivale. (PASSARGE, 1964).

*Myriophyllum spicatum* est une espèce pouvant atteindre 2 à 3 m de profondeur (GRACE ETTILLY, 1976 in KADID 1999).

Selon BOUZGHINA (2003), ces deux (02) espèces sont localisées sur les rives Sud et Sud-est du lac Tonga.



**Figure 32:** Groupe écologique des espèces de moyenne profondeur.

### C. Groupe écologique des espèces de forte profondeur

Ce groupe est composé de six 06 espèces dont une 01 héliophyte, *Íris pseudacorus* et deux 02 hydrophyte ; *Myriophyllum verticillatum* et *potamogeton pectinatus*, une espèce hémicryptophyte *Callitriches obtusangula* , une espèce thérophyte, *Bidens tripatita* et une autre géophyte , *Epilobium hirsutum* (Figure 33).

La présence dans ce groupe de *Bidens tripatita* et d'*Epilobium hirsutum* dénote d'un très fort atterrissement de ce groupe.

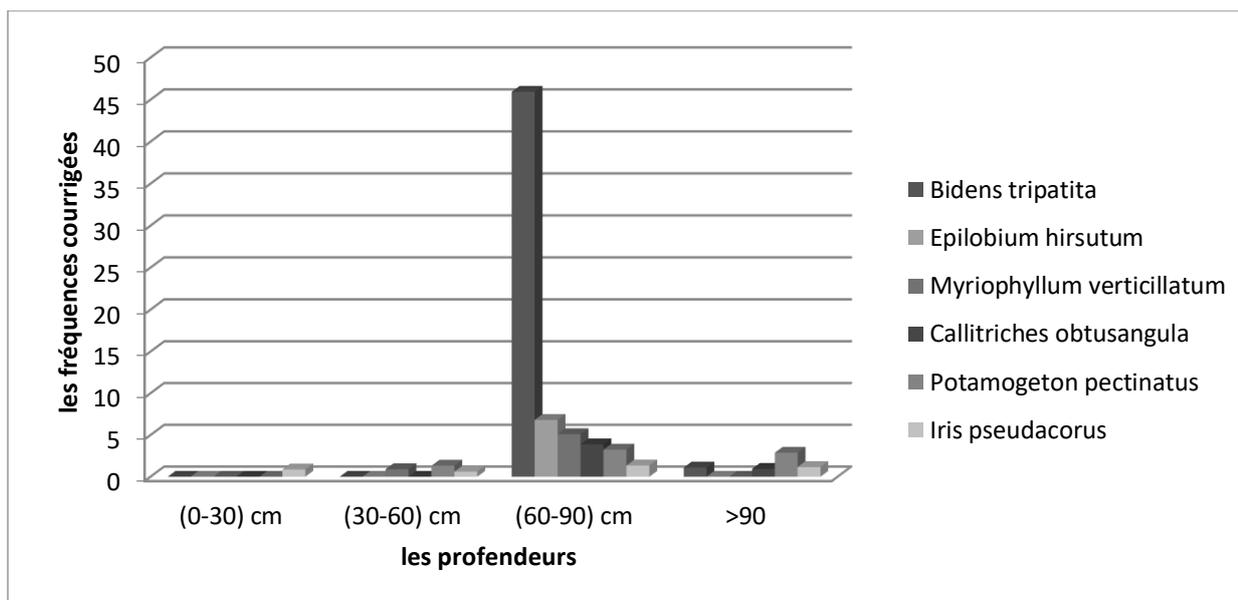
Une autre espèce à savoir *Myriophyllum verticillatum* est franchement aquatique, profondément submergée mais préfère des eaux peu profondes (MONTEGUT, 1987).

Selon KLOSSOWSKI et TOMASZEWICZ (1989 b), cette espèce ne dépasse pas 1.5m de profondeur mais peut attendre les 3.5m tout en craignant l'effet des vagues.

*Myriophyllum verticillatum* est une plante très rustique et idéale pour oxygéner l'eau des bassins ; on peut la trouver au fond du lac à au moins 20 cm de profondeur.

*Epilobium hirsutum* espèce vivace, préfère les sols humides (marais, fossés, berges des rivières) Gravicole, calcecole, mésocryophile, nitrocline, mésohygrophile, neutrophile (COPYRIGHT, 2021).

Les *Bidens Tripatita* apparaissent dans les zones humides et les fossés de basse altitude, dans les sols alluviaux riche en limons et en nitrates (FRANCK, 2021).



**Figure 33 :** Groupe écologique des espèces de forte profondeur.

#### D. Groupe écologique des espèces de très forte profondeur

C'est le groupe le plus riche en espèces. En effet, il est composé de dix huit (18) espèces dont quatre (04) hydrophytes sont franchement aquatiques : *Limna minor*, *Nymphaea alba*, *Ceratophyllum demersum*, *Phragmites australis* ; six (06) héliophytes : *Leersia hexandra*, *polugonum seneglense*, *Lythrum salicaria*, *Lycopus europaeus*, *Utricularia exoleta* et *Scirpus lacustris* et deux (02) espèces héli cryptophytes : *Carex pseudocyperus* et *polugonum seneglense* ; trois (03) espèces thérophytes : *Wallfia arrhiza*, *Utricularia vulgaris* et *Aster squamatus* ; Une espèce chaméphyte *Panicum repens* et une espèce géophyte *Typha latifolia*. et une autre phanérophite *salix pedicellata*, (Figure 34).

De la littérature consultée, il ressort que les espèces qui dominent ce groupe, à savoir *Carex pseudocyperus* et *Leersia hexandra* peuvent atteindre un développement optimal à des profondeurs beaucoup plus importantes.

En ce qui concerne les hydrophytes, leur morphologie et leur type biologiques leur permettent d'occuper les couches d'eau les plus profondes.

*Nymphaea alba* et *Ceratophyllum demersum*, espèces de type biologiques différents (respectivement enracinée flottante et enracinée à limbe submergé) présentent une grande similitude dans leur comportement écologique vis à vis de la profondeur. Ces deux espèces cohabitent en occupant des strates différentes. Cependant, il arrive que *Ceratophyllum demersum* forme des colonies mono spécifique, surtout aux faibles Profondeurs où *Nymphaea alba* reste absente (KADID, 1999).

Selon OBERDORFER (1957), *Nymphaea alba* communautés à structure complexe (éléments flottants et submergés) des eaux calmes, stagnantes à faiblement courantes, moyennement profondes (1 à 4m), mésotrophes à eutrophes. (COPYRIGHT, 2021).

La présence de cette espèce dénote une situation d'eutrophisation, car selon DE LANGHE (1983), cette espèce fréquente les eaux calmes ou à courant faible, eutrophes à oligotrophes

*Limna minor* c'est une espèce flottante libre qui profite de l'abri des feuilles de nénuphar pour se développer. Raison pour laquelle cette espèce se rencontre à des fortes profondes où le nénuphar est bien développé (KADID, 1999)

*Salix pedicellata* pousse en bordure de cours d'eau et de dépressions inondées, du niveau de la mer à 2400 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il est plus courant en partie basse des fleuves et sur des substrats acides (ou décalcifiés) (KADID, 1999).

*Lycopus europaeus* est une herbacée vivace à souche rampante, pousse au bord des lacs, des étangs, dans les zones marécageuses et les forêts alluviales. (BOUYSSONIE, 2017).

Quant à la présence *Panicum repens* au niveau des listes floristique de la végétation aquatique du lac Tonga, elle est considérée comme indicatrice du phénomène d'atterrissement (KADID, 1999).

*Phragmites australis* trouve son optimum, selon (DAUDON, 1992), à une profondeur comprise entre 0,75 et 1,25m. Quant à HASLAM (1969), il signale que cette espèce est douée d'une grande plasticité écologique et requière un niveau d'eau optimal variant entre - 1m et + 2 m de profondeur.

*Lythrum salicaria* préfère un pH alcalin (DE LANGHE et al, 1983). Au niveau de notre site, cette espèce s'installe surtout dans les zones de Scirpe ; d'ailleurs FELTZINES (1982) considère cette espèce comme une héliophyte qui s'implante mieux dans les parties dégradées de la Scirpaie (DJAABOUB ; 2008).

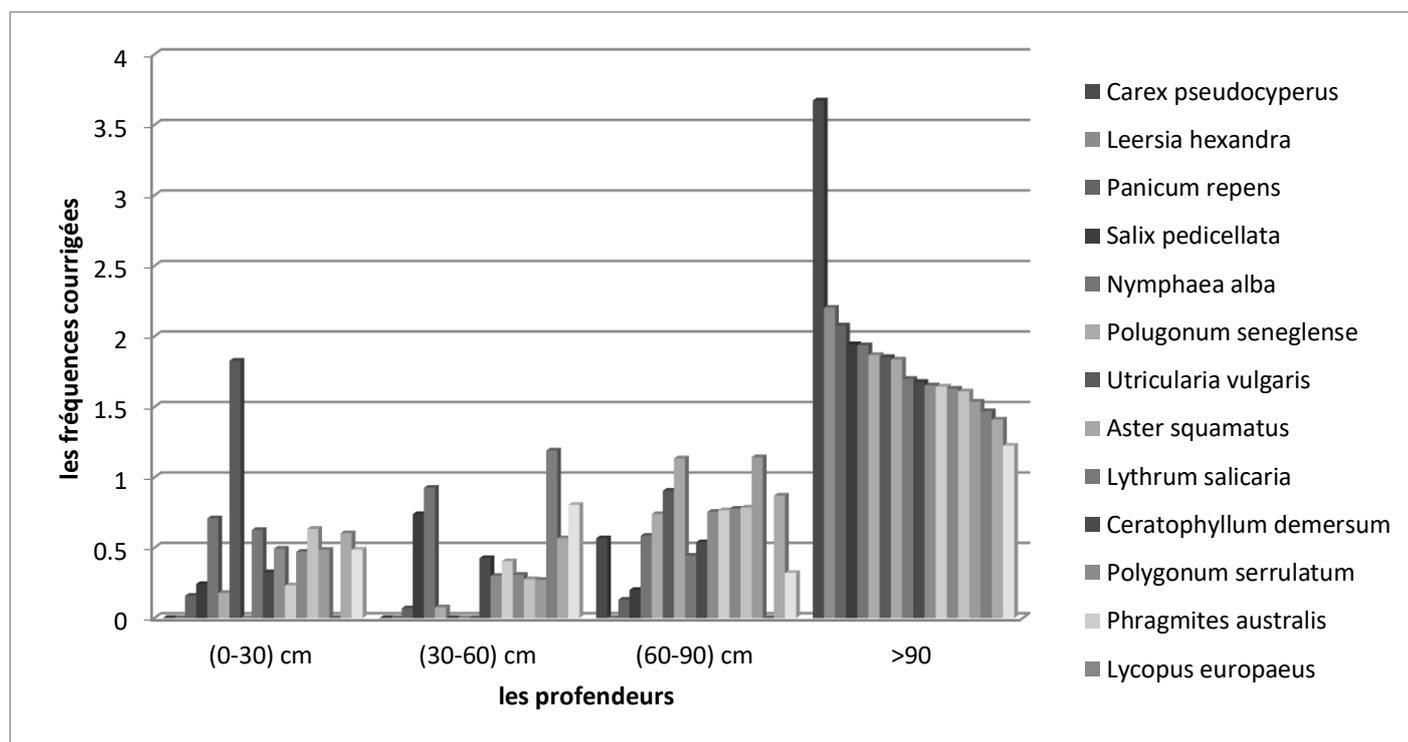


Figure 34 : Groupe écologique des espèces de très forte profondeur.

## **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Les zones humides du complexe d'El Kala sont des écosystèmes très riches mais en même temps très fragiles et sont soumises à de nombreuses pressions qui affectent leur équilibre naturel. Par conséquent, elles ont besoin d'une stratégie de gestion efficace pour assurer leur protection.

Notre étude est une contribution à l'analyse Phyto-écologique du lac Tonga, dont l'objectif est de contribuer à la compréhension de ce système écologique. Par conséquent, les recherches que nous avons menées visent d'abord à connaître la végétation du lac Tonga, principalement la végétation aquatique et son écologie, afin de préserver les richesses naturelles du site, de maintenir l'équilibre harmonieux de l'environnement et assuré l'utilisation rationnel de ces richesses par les riverains.

Les principaux résultats obtenus dans cette étude peuvent être présentés comme suit :

**-L'analyse de la phytodiversité** a été appréhendée à travers l'étude floristique, systématique, biologique, phytogéographique de la végétation, principalement, aquatique du lac Tonga.

Le site d'étude présente une richesse floristique remarquable avec un nombre de 92 espèces végétales. 61% appartiennent à la classe des Dicotylédones et 39% composent la classe des Monocotylédones.

Ces espèces sont groupées en 32 familles, ce qui représente presque 23.70 % du total des 135 familles recensées dans la flore de QUEZEL et SANTA (1962-1963). Ceci dénote de la forte phytodiversité du lac Tonga. Les Poaceae, les Polygonaceae, les Ranunculaceae et autres Cyperaceae sont les familles les mieux représentées.

Les types biologiques de la végétation caractérisant le lac Tonga sont au nombre de sept 07, avec une nette dominance de quatre types ,les Hélophytes qui totalisent 32% , les hémicryptophytes représentant 25%, les hydrophytes forment 17% et les thérophytes totalisent 15%, contrairement aux chaméphytes (2%) et les phanérophytes (3%).

Les espèces de la végétation aquatique sont d'origines biogéographiques très variées qui sont au nombre de (24). Notons la dominance de quatre origines d'entre elles, à savoir : les espèces Cosmopolites totalisant 15.22% de l'ensemble des espèces recensées, suivies par les espèces Méditerranées (11%), puis les circumboréales et les Eurasiatique avec un taux de 9.78%.

Signalons qu'il existe un seul taxon endémique algéro-tunisien strict dans notre zone d'étude, il s'agit de *Cynosurus cristatusla* de la famille des Poaceae.

Retenons que 42 % de la totalité des espèces recensées sont considérées comme assez rares, rares et très rares. Cette rareté exprime la richesse floristique du site et suggère une fragilité qui risque d'entraîner la perte de ce patrimoine particulier qui est actuellement menacé notamment par les activités anthropiques.

Cette diversité biogéographique des espèces, leur endémisme et leur rareté soulignent l'originalité de ce site et lui confère une valeur patrimoniale élevée.

**-L'approche phytoécologique** qui a permis d'analyser la distribution des 40 espèces retenues sur les 92 recensées dans les différentes classes de profondeur, grâce aux profils écologiques en fréquences relatives et corrigée.

Selon les fréquences relatives, il apparaît que presque la moitié des espèces ont pour préférence la classe 4, soit 45% des espèces retenues, vient ensuite la classe 1 avec 28%, suivie de la classe 3 avec 15%, puis finalement la classe 2 avec seulement 12%.

En se basant sur les fréquences corrigées, la méthode phytoécologique nous a permis la détermination de quatre (04) groupes écologiques qui sont :

- le groupe d'espèces indicatrices des faibles profondeurs (0-30cm) qui est composé de 11 espèces (*Galium palustre*, *Scirpus palustris*, *Callitriche stangalis*, *Scirpus maritimus*, *Paspalidium obtusifolium*, *Alternanthera sessilis*, *Ricciocarpus natans*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Paspalum distichum*, *Sparganium erectum*, *Polygonum amphibium*).
- le groupe d'espèces indicatrices de la classe des moyennes profondeurs (30-60cm) de profondeur qui est composé de 5 espèces, (*Ranunculus aquatilis*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton trichoides*, *Potamogeton lucens*, *Typha angustifolia*).
- le groupe d'espèces indicatrices des fortes profondeurs (60-90 cm). Il est composé de 6 espèces (*Bidens tripartita*, *Epilobium hirsutum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Callitriche obtusangula*, *Potamogeton pectinatus*, *Iris pseudacorus*).
- le groupe d'espèces indicatrices des très fortes profondeurs (>90 cm), composé des 18 espèces restantes (*Carex pseudocyperus*, *Leersia hexandra*, *Panicum repens*, *Salix pedicellata*, *Nymphaea alba*, *polygonum seneglense*, *Utricularia vulgaris*, *Aster squamatus*, *Lythrum salicaria*, *Ceratophyllum demersum*, *Polygonum serrulatum*, *Phragmites australis*, *Lycopus europaeus*, *Utricularia exoleta*, *Wallfia arrhiza*, *Typha latifolia*, *Lemna minor*, *Scirpus lacustris*).

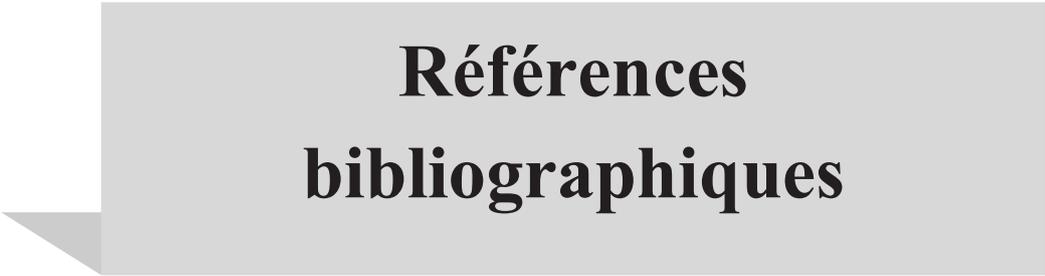
Cette approche nous a permis, également, de mesurer la plasticité écologique de chaque espèce vis-à-vis des classes de profondeurs par le calcul de l'amplitude d'habitat et le barycentre. Le calcul de ces deux paramètres nous a permis d'avoir 03 grands groupes :

- le groupe d'espèces généralistes qui exploitent 03 ou 04 classes de profondeurs. Il est composé de 11 espèces soit 27,5% de la totalité des espèces retenues,
- le groupe d'espèces spécialistes qui montre une amplitude sur une seule classe voire débordant légèrement sur une deuxième. Ce groupe est composé de 12 espèces soit 30%,
- le groupe d'espèces intermédiaires composé de 17 espèces soit 42.5%.

L'approche phytoécologique indique entre autre l'eutrophisation du lac Tonga.

Le lac Tonga est inscrit sur la liste des zones humides d'importance internationale de la convention Ramsar. Il est exceptionnel par sa beauté paysagère et sa richesse floristique diversifiée, endémique et rare.

Cette richesse floristique ne doit pas être négligée vu son intérêt économique et écologique élevé. Une multiplication des recherches sur ses différents aspects notamment du point de vue taxonomique des espèces est, à ce stade, nécessaire pour bien la connaître, suivre son évolution et mieux la protéger. Par ailleurs, l'approfondissement des études relatives aux actions de conservation devient une nécessité des plus urgentes. La perte d'une telle entité écologique serait dommageable pour notre pays.



**Références  
bibliographiques**

1. **ABBACI H. (1999).** Ecologie du Lac Tonga: Cartographie de la végétation, Palynothèque et utilisation de l'espèce lacustre par l'avifaune. Thèse de magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 143p.
2. **ABDIOUENE. A, 1998** - Écologie des zones périphérique des lacs .32 P
3. **AMOUKRANE S, 2000** - Approche Bioécologie d'un poisson semi-marin : l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla* Linnaeus 1758) Dans la région d'El-Kala. Thèse Ing INA 80 P.
4. **BELKHENCHIR S 1989** - Contribution à l'étude des mammifères dans le parc National d'El-kala .(station dunes de la Messida et Auluaie du lac Tonga ). Inventaire et étude biologique thèse .Ing .Alger .54 P.
5. **BENSELAMA M, 1993** - Couverture éco-pédologique et rôle de la matière organique dans la différenciation des sols en milieu humide sous couvert forestier (bassin versant de lac Tonga (PNEK). Extrême est algérien. Thèse Mag. INA 169 P.
6. **BENYACOUBE S. & CHABI Y., 2000.** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Revue des Sciences et de la Technologie de l'Université d'Annaba, pp98.
7. **BLONDEL J., 1979** – Biogéographie et écologie : synthèse sur la structure, la dynamique et l'évolution des peuplements de vertébrés terrestres. Masson. Paris. 165 p.
8. **BOUMEZBEUR A (1993).** Écologie et biologie de la reproduction de *l'Erismature à tête blanche Oxyura leucocephala* et du *Fuligule Nyroca Aythya Nyroca* sur le lac Tonga et le lac des oiseaux (Est Algérien). Mesure de protection et de gestion du lac Tonga. Thèse de Doctorat, E.P.H.E, Montpellier 249p, 254 p.
9. **BOUMEZBEUR A (2006).** Tentative d'assèchement du lac Tonga, formation des gestionnaires des zones humides. Document administrative, Direction générale des forêts, 17 p.
10. **BOUZGHINA A 2000-2001** ; cartographie de la végétation aquatiques des rive Sud et Sud-Est du lac Tonga EL-KALA (W. EL Taraf ) ; thèse Ingénieur INA Alger ...18 p.
11. **CELINE BOUYSSONIE 07/11/2017-** Le lycoper, une plante à redécouvrir contre l'hyperthyroïdie (herbiers laboratoire ).
12. **CHALABI B (1990).** Contribution à l'étude de l'importance des zones humides algériennes pour l'avifaune. Cas du lac Tonga (Parc National d'El-Kala). Thèse Magister, INA, El-Harrach, Alger, 133 p.
13. **DAGET PH , GODRON M ET GUILLERM JL 1970-** profils écologiques et information mutuelle entre espèces et facture écologique . Application à l'inventaire écologique des hautes Tatras (Tchécoslovaquie) .comm Assoc Int Phytos Rinetel-sur- Weser .32 p
14. **DE BELAIR G ,1990-** structure, fonctionnement et perspectives de la gestion de quatre éco-complexes lacustres et marécageux ( El-kala , Est-Algérien) . thèse Doct Sc .Tech .Du Languedoc .France. 193 p + annexe
15. **DEN HRTOG C, 1982-** Architecture of macrophyte-dominated aquatic CO communities .Studies on Aquatic Vascular Plants .J.J Symoens , S.S.Hooper & P. Compère , dit .Roy. Bot .Soc .Belgium .Brussel . 222- 234 p.
16. **DJAABOUB S , 2008-** Études de la végétation du lac Bleu ( parc National d'El-kala ) phytoécologie, phytosociologie et cartographie Thèse Mag. INA. Alger 31 P.
17. **DJABAILLIS . 1978-** Recherche phytosociologie et écologique sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algériens. these Doct Univ Sci Tech. du Languedoc . Montpellier . 176 p
18. **DJAMAI S 2020** ; variation spatiales des macro-invertébrés benthiques dans le lac Tonga (EL-KALA ; wilaya El taraf ) ; th.doct.Univ Mohamed Boudiaf M'sila ..26-27 P.

19. **DFG, 1998** - Atlas des zones humides algériennes DGF Alger, 45 P.
20. **DURAND J.H ,1954-** Les sols d'Algérie, Direction du service de la colonisation et d'hydraulique. Gouvernement général de l'Algérie. Alger .254 p
21. **FELTZINES J. C., 1982** – Etude dynamique, sociologique et écologique de la végétation des étangs du centre - Est de la France. Importance de la compétition interspécifique dans l'organisation de la végétation et la distribution des espèces et des associations. Thèse. Doc. Es. Sciences naturelles. Univ. Sc. Tech. Lille. 498 p.
22. **GOUNOT T M . 1958-** Méthode d'étude quantitative de la végétation .Masson .Paris .314 P.
23. **GOUNOT TM , 1958-** Contribution à l'étude groupements végétaux Messicoles et rudéraux de la Tunisie Ann .Serv .Bot Agron Tunisie 31 . PP 1 – 282
24. **GOUNOT M., 1969** - Méthode d'étude quantitative de la végétation. Masson. Paris. 314 p.
25. **GRACE J.B. ET TILLY L.J,1976** - Distribution and abundance of submerged macrophytes ,including *Myriophyllum spicatum* L.( Angiospermae ).in a reactorcooling réservoir .*Arch.Hydrobiol.*77: 475 – 487 P.
26. **GUILLERM J., 1971** - Calcul de l'information fournie pour un profil écologique et Valeurs indicatrices des espèces. *Oecol. Plant.* 6. pp 209-225.
27. **JOLEAUD L, 1936** - Étude géologique de la région de Bône et de la Calle. Gouvernement Général de l'Algérie. Bull. Serv .de la carte géologique .199P
28. **KADID Y 1989** ; contribution à l'étude de la végétation aquatique de lac Tonga -parc national D'EL Kala ; th.Ing.INA Alger.... 25 P.
29. **KADIDY.,1999.**Contribution à l'étude des phytocénoses aquatiques du lac Tonga (wilaya d'El-Tarf).Mémoire Magister.Institut National d'Agronomie El-Harrach,Alger pp15 ,17,160 .
30. **KLOSSOWSKI S.ET TOMASZEWSKI H. 1989A-** Habitat conditions of the *Nymphaeetum condidae* Miljan 1958 and *Nupharo- Nymphaeetum albae* Tomaszewicz 1 77 dominated by *Nymphaea alba* .*Acta Societatis Botanicorum Polonae*.Vol 58 (4) : 613 .642
31. **LHERITIER J.N., DE BUSSCHE M., ET LEPART J., 1979** – L'avifaune nicheuse du Reboisement de Pin noir du Causse Méjean. L'oiseau et la R.F.O3. pp. 157-211.
32. **MAIRE R., 1952-1987** - Flore de l'Afrique du Nord. Vol 1. Ed. P. Le chevalia. Paris. pp. 178-203.
33. **MEDWET. (1998)** -Le lac Tonga. Fiche descriptive. DGF. Ben-Aknoun - Alger. 7 p.
34. **M'HIRIT O 1982-** Étude écologique et forestière des cédraies du rif marocain .Thèse.DoctEs.Sci . Nat Univ Aix -Marseille 502 p
35. **MOKRANE NABIL 1999** ; cartographie de la végétation aquatique de la rive Ouest de lac Tonga (El-Kala) ;th.Ing.INA Alger ....15-16-17-18 p.
36. **MONTEGUT J , 1987** - Milieu aquatique et flore ENSH Versailles 30 p
37. **MORGAN NC, 1982-** An ecological survey of standing waters in North west Africa III : site description for Tunisia and Algérie .*Biological conservation* .113 P
38. **OBERDORFER E, 1957** - Süddeutsche Pflanzengesellschaften.*Pflanzensoziologie* .10 ; 567 p.
39. **PARC NATIONAL D'EL-KALA., 2006B-** Plan De Gestion Du Parc National d'El Kala. Approche Descriptive et Analytique, doc Adm, Parc National d'El-Kala, 55 p.
40. **PASSARGE H, 1964-** pflanzengesellschaften des nordostdeutschen Flachlandes *pflanzensoziologie*.13 : 324 p
41. **PNEK 2000** - Bilan d'activité 2000, Ministère de l'Agriculture,DGF 11 P.
42. **PODHELJSKIV, 1982-** Phenology and seasonal aboveground biomass in tow *Scripus maritimus* marshes in the Carmargue. *Fol Geobot .Phytotax* .Praha 17: 225-236.
43. **QUEZEL P.&SANTAS.,1962-1963.**Nouvelle flore de l'Al-gérie et des régions désertiques méridionales. T.1-2.Ed.SNRS, Paris, pp 1165 .

44. **QUEZEL P. et SANTA S., 1963** - Nouvelle flore de l'Algérie et de ses régions désertiques méridionales. C.N.R.R. Paris pp : 1170
45. **RADFORD E.A., CATULLO G., MONTMOLLIN B., 2011**- Zones importantes pour les plantes en Méditerranée méridionale et orientales, sites prioritaires pour la conservation. UICN. Plant life International. 134p.
46. **RAMADE F., 1984** – Eléments d'écologie, écologie fondamentale. Me. Graw. Hill. Paris. 397 p
47. **SAIFOUNI AIDA (2009)**. État des lieux des zones humides et des oiseaux d'eau en Algérie. Description et cartographie des habitats de l'avifaune aquatique nicheuse du lac Tonga (El-Kala). Thèse Magister, ENSA, El-Harrach, Alger .22, 272 p.
48. **SAIFOUNI A ; BELLATRECHE MOHAMED ET CHEBOUTI\_MEZOUÏ NADJIBA 2020** ; identification et cartographie des habitats naturels du lac Tonga(El-Kala ;Algérie) **2 p**.
49. **SARRIDJ.,2002**.EtudedelavégétationduParcNationald'El-Kalaforêtdomanialedudjebeld'El-Ghorra(Al-gérie), phytosociologie et proposition d'aménagement. Mémoire Magister Université Ferhat AbbasSétif, faculté des Sciences Département de biologie.119p+ annexe, pp 39 .
50. **SARRIDJ.,DJELLOULIY.&ALLATOUDJ.,2006**.Communication affichée: Diversité biologique du Parc Nationald'El-Kala (Algérie); Protection et valorisation. Rencontres méditerranéennes d'écologie du 07–09 Novembre Bejaia,pp 6 .
51. **VELA E., BENHOUHOU S., 2007**-Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétales dans le Bassin méditerranéen. Comptes Rendus Biologies, Vol. 330(8), 589-605
52. **VIDAL E; 1998** – Organisation des phytocénoses en milieu insulaire méditerranéen perturbé. Analyse des inter- relations entre les colonies de Goélands leucophées et la végétation des îles de Marseille. Thèse Doc. Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix Marseille III, 156 p
53. **VETVICHKA V, 1981**- Plant du bord de l'eau et prairies. Gründ .Paris 224 p.

# **Annexes**

## Annexe 01: Liste floristique du lac Tonga

| Classe | famille          | Espèces                             | Type biologique | Origine biogéographique | Degré de rareté |
|--------|------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| Mono   | Alismataceae     | <i>Atisma plantaga aquatica</i>     | Hélo            | circumb                 | CC              |
| Mono   |                  | <i>Baldellia repens</i>             | Hémicry         | Am.sud                  | RR              |
| Mono   |                  | <i>Damasonium stellatum</i>         | Hélo            | Atl.Méd                 | AC              |
| Dico   | Amaranthaceae    | <i>Alternanthera sessilis</i>       | Hélo            | Pam-trop                | RR              |
| Dico   | Apiaceae         | <i>Apium crassipes</i>              | Hélo            | w.Méd                   | RR              |
| Dico   |                  | <i>Apium nodiflorum</i>             | Hémicry         | Pam-trop                | RR              |
| Dico   |                  | <i>Héloseadium nodiflorum</i>       | Hémicry         | Atl-méd                 | CC              |
| Dico   |                  | <i>Oenanthe fistulosa</i>           | Hélo            | Euras                   | CC              |
| Dico   | Araceae          | <i>Lemna minor</i>                  | Hydro           | Subcosm                 | C               |
| Mono   |                  | <i>Wolffi arrhiza</i>               | Thérophy        | Paléo -subtrop          | RR              |
| Dico   | Asteraceae       | <i>Aster squamatus</i>              | Thérophy        | Am – Sud                | C               |
| Dico   |                  | <i>Bidens tripatita</i>             | Thérphy         | Atl - Méd               | RR              |
| Dico   |                  | <i>Cotula coronopifolia</i>         | thérophy        | Subcosm                 | ?               |
| Dico   | Betulaceae       | <i>Alnus glutinosa</i>              | Hélo            | Paléo-Temp              | RR              |
| Dico   | Boraginaceae     | <i>Myosotis collina</i>             | Hémicry         | Méd                     | CC              |
| Dico   | Brassicaceae     | <i>Cardamine hirsuta L.</i>         | Théophy         | Circumb                 | C               |
| Dico   |                  | <i>Rorippa nasturtium aquaticum</i> | Hémicry         | Cosm                    | C               |
| Dico   |                  | <i>Rorippa amphibia (L .Besser)</i> | Hémicry         | Holarct                 | RR              |
| Dico   | Ceratophyllaceae | <i>Ceratophyllum demersum</i>       | Hydro           | Cosm                    | C               |
| Dico   |                  | <i>Ceratophyllum submersum</i>      | Hydro           | Euras                   | RR              |
| Dico   | Convolvulaceae   | <i>Calystegia sepium</i>            | Hémicry         | Paléo-temp              | C               |
| Mono   | Cyperaceae       | <i>Carex pseudocyperus</i>          | Hémicry         | Subcosm                 | RR              |
| Mono   |                  | <i>Scripus holoschoenus. L</i>      | Hémicry         | Paléo-temp              | CC              |
| Mono   |                  | <i>Scripus lacustris</i>            | Hélo            | Cosm                    | AC              |
| Mono   |                  | <i>Scripus maritinus</i>            | Hélo            | Cosm                    | CC              |
| Mono   |                  | <i>Scripus palustris</i>            | Hélo            | Subcosm                 | CC              |
| Mono   |                  | <i>Cyperus rotundus</i>             | Géophyt         | Sub-trop                | C               |
| Dico   | Fabaceae         | <i>Lotus palustris (Willd )</i>     | thérophy        | Méd                     | AR              |
| Mono   | Juncaceae        | <i>Juncus actus</i>                 | Hémicry         | Subcosm                 | CC              |
| Mono   |                  | <i>Juncus articulatus L.</i>        | Géophy          | Circumb                 | C               |
| Mono   |                  | <i>Juncus bufonius L</i>            | Thérophy        | Cosm                    | C               |
| Mono   |                  | <i>Juncus heterophylytus</i>        | Hémicry         | Atl-Méd                 | R               |
| Mono   |                  | <i>Juncus maritinus .Lamk</i>       | Hémicry         | Macr.trop               | RRR             |
| Dico   | Haloragaceae     | <i>Myriophyllum alterniflorum</i>   | Hydro           | Eur                     | R               |
| Dico   |                  | <i>Myriophyllum spicatum</i>        | Hydro           | Circumb                 | AC              |
| Dico   |                  | <i>Myriophyllum verticillatum</i>   | Hydro           | Circumb                 | CC              |
| Mono   | Iridaceae        | <i>Iris pseudacorus</i>             | Hélo            | Euras                   | C               |
| Dico   | Lamiaceae        | <i>Lycopus europaeus</i>            | Hélo            | Circumb                 | AR              |
| Dico   |                  | <i>Mentha aquatica L</i>            | Hémicry         | Paléo.temp              | RR              |
| Dico   |                  | <i>Prunella vulgaris</i>            | Chamaephyte     | Méd                     | AR              |
| Dico   | Lentibulariaceae | <i>Utricularia exoleta.R.Br</i>     | Hélo            | Trop                    | RR              |
| Dico   |                  | <i>Utricularia vulgaris</i>         | Thérophy        | Circumb                 | R               |
| Dico   | lythraceae       | <i>Lythrum junceum</i>              | Hélo            | Méd                     | CC              |
| Dico   |                  | <i>Lythrum salicaria</i>            | Hélo            | Cosm                    | C               |
| Dico   |                  | <i>Lythrum trisracteatum.preng</i>  | Hélo            | Méd                     | CC              |
| Dico   |                  | <i>Peplis potula</i>                | Phérophy        | Eur                     | R               |
| Dico   |                  | <i>Trapa natans .L</i>              | Hydro           | Paléo-temp              | RR              |
| Mono   | Marsileaceae     | <i>Marsilea diffusa</i>             | Hydro           | Macar.trop              | RRR             |

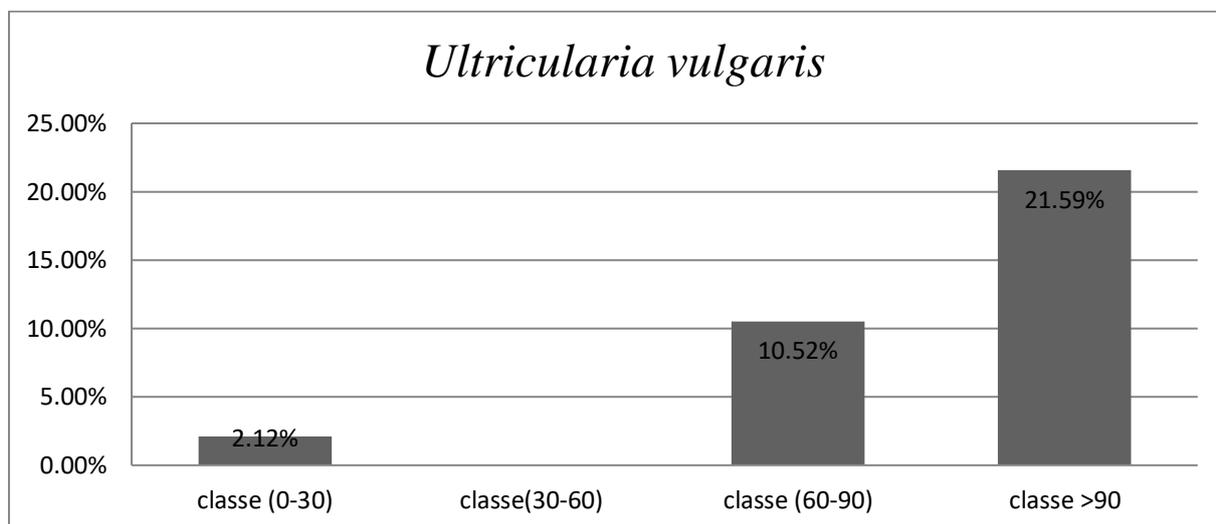
## Annexes

|             |                             |                                       |                               |                 |              |    |
|-------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------|----|
| <b>Dico</b> | <b>Nymphaeaceae</b>         | <i>Nymphaea alba</i>                  | Hydro                         | Euras           | RR           |    |
| <b>Dico</b> | <b>Onagraceae</b>           | <i>Epilobium hirstum</i>              | Géophy                        | Eur-Méd         | C            |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Epilobium parviflorum</i>          | Hémicry                       | Paléo-temp      | AR           |    |
| <b>Dico</b> | <b>Plantaginaceae</b>       | <i>Callitriche obtusangula</i>        | Hémicry                       | Atl-Méd         | AC           |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Callitriche stagnalis</i>          | Hydro                         | Atl-Méd         | AC           |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Veronica anagallis-aquatica</i>    | Hémicry                       | Circumb         | C            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Cynosurus cristatus</i>            | Hémicry                       | Algéro-Tun      | ?            |    |
| <b>Mono</b> | <b>Poaceae</b>              | <i>Echinochloa colona</i>             | thérophy                      | Paléo-Nétrop    | C            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Glyceria fluitans</i>              | Hélo                          | Sub cosm        | C            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Leersia hexandréRa.Sw</i>          | Hélo                          | Trop.et subtrop | R            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Lolium multiflorum.L</i>           | Hémicry                       | Méd             | ?            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Panicum repens.L</i>               | Chméphy                       | Macar-Méd -Trop | C            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Paspalidium obtusifolium</i>       | Hélo                          | Trop            | RR           |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Paspalum distichum</i>             | Hélo                          | Trop            | R            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Phragmites australis</i>           | Hélo                          | Cosm            | C            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Polypogon monspeliensis</i>        | Thérophy                      | Paléo-sub trop  | CC           |    |
| <b>Dico</b> |                             | <b>Polygonaceae</b>                   | <i>Polygonum amphibium</i>    | Hélo            | Euras        | R  |
| <b>Dico</b> |                             |                                       | <i>Polygonum salicifolium</i> | Hélo            | Trop -Méd    | AC |
| <b>Dico</b> |                             |                                       | <i>Polygonum senegalense</i>  | Hélo            | Asie,Af,Trop | RR |
| <b>Dico</b> | <i>Polygonum serrulatum</i> |                                       | Hémicry                       | Trop -Méd       | AC           |    |
| <b>Dico</b> | <i>Remex conglomeratus</i>  |                                       | Hémicry                       | Cosm            | C            |    |
| <b>Dico</b> | <i>Remex crispus.L</i>      |                                       | Hémicry                       | Cosm            | C            |    |
| <b>Dico</b> | <i>Remex palustris</i>      |                                       | Hélo                          | Eur             | RR           |    |
| <b>Mono</b> | <b>Potamogetonaceae</b>     | <i>Potamogeton crispus</i>            | Hélo                          | Trop-Méd        | AC           |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Potamogeton lucens</i>             | Hydro                         | Circumb         | R            |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Potamogeton pectanatus</i>         | Hydro                         | Cosm            | AC           |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Potamogeton trichoides</i>         | Hydro                         | Euras           | AR           |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Zannichellia palustris</i>         | Hydro                         | Cosm            | AC           |    |
| <b>Dico</b> | <b>Ranunculaceae</b>        | <i>Ranunculus aquatilis</i>           | Hélo                          | Cosm            | C            |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Ranunculus flammula L</i>          | Hémicry                       | Holarcti        | RR           |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Ranunculus fluitans</i>            | Hydro                         | Eur             | R            |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Ranunculus ophioglossifolium.W</i> | Thérophy                      | Méd             | CC           |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Ranunculus parviflorum</i>         | Thérophyt                     | Atl-Méd         | R            |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Ranunculus sardous</i>             | Thérophy                      | Méd             | C            |    |
| <b>Dico</b> |                             | <i>Ranunculus sceleratus.L</i>        | Thérophy                      | Paléo-Temp      | R            |    |
| <b>Dico</b> |                             | <b>Rubiaceae</b>                      | <i>Galium elongatum</i>       | Géophy          | Euras        | C  |
| <b>Dico</b> | <i>Galium palustre</i>      |                                       | Hélo                          | Euras           | C            |    |
| <b>Dico</b> | <b>Salicaceae</b>           | <i>Salix pedicellata</i>              | Phanéro                       | Méd             | C            |    |
| <b>Dico</b> | <b>Tamaricaceae</b>         | <i>Tamarix gallica</i>                | Phanéro                       | N.Trop          | C            |    |
| <b>Mono</b> | <b>Typhaceae</b>            | <i>Sparganium erectum</i>             | Hélo                          | Euras           | AC           |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Typha angustifolia</i>             | Hélo                          | Cosm            | CC           |    |
| <b>Mono</b> |                             | <i>Typha latifolia</i>                | Géophyt                       | Subcosm         | AR           |    |
| <b>Dico</b> | <b>Verbenaceae</b>          | <i>Verbena officinalis</i>            | Hémicry                       | Paléo-temp      | C            |    |
| <b>Mono</b> | <b>Ricciaceae</b>           | <i>Ricciocarpus natans</i>            | Hydro                         | Cosm            | RRR          |    |

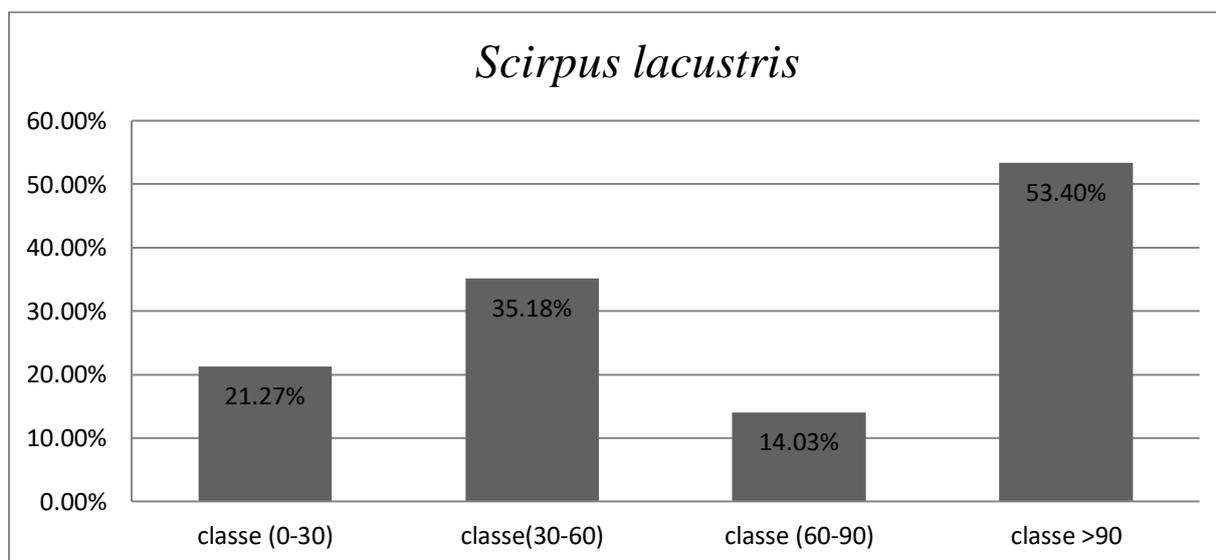
## ANNEXE 02 : Les fréquences relatives des espèces du lac Tonga

*Utricularia vulgaris* :

|                             | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Utricularia vulgaris</i> | 2,12%         | -              | 10,52%         | 21,59%     |

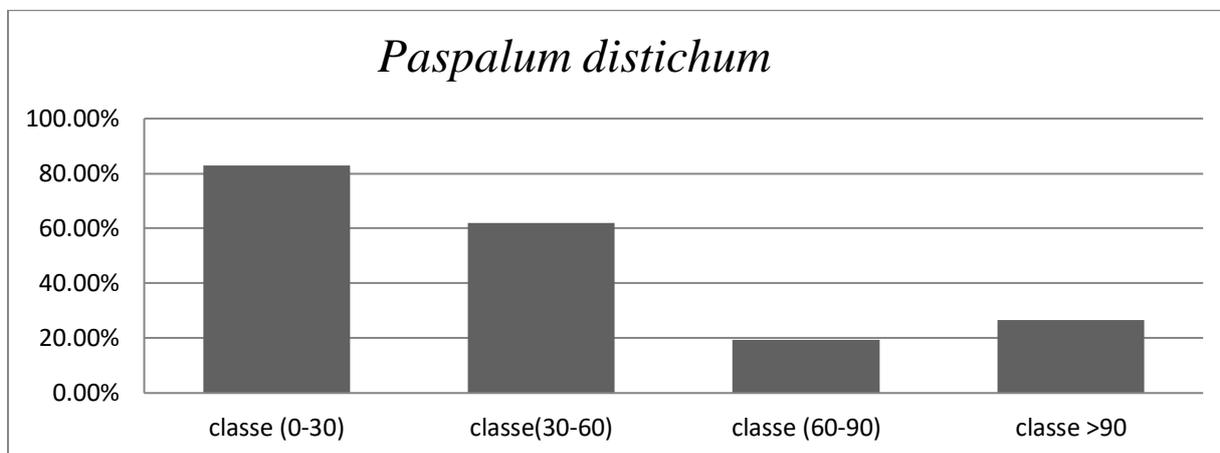
*Scirpus lacustris*

|                          | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Scirpus lacustris</i> | 21,27%        | 35,18%         | 14,03%         | 53,40%     |

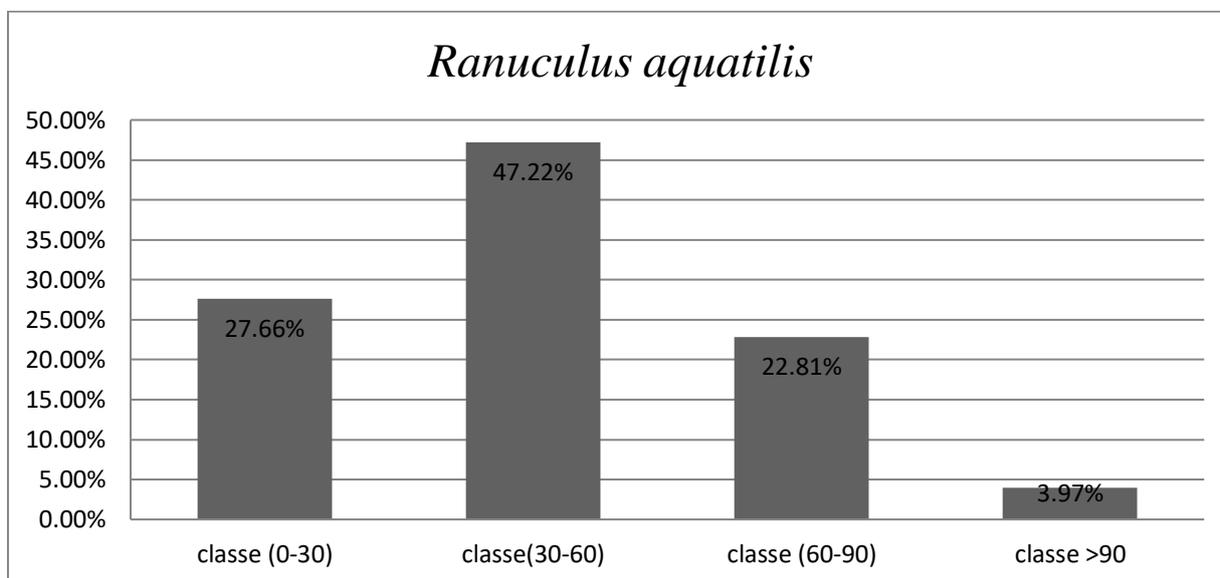


*Paspalum distichum*

|                           | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|---------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Paspalum distichum</i> | 82,97%        | 62,03%         | 19,29%         | 26,70%     |

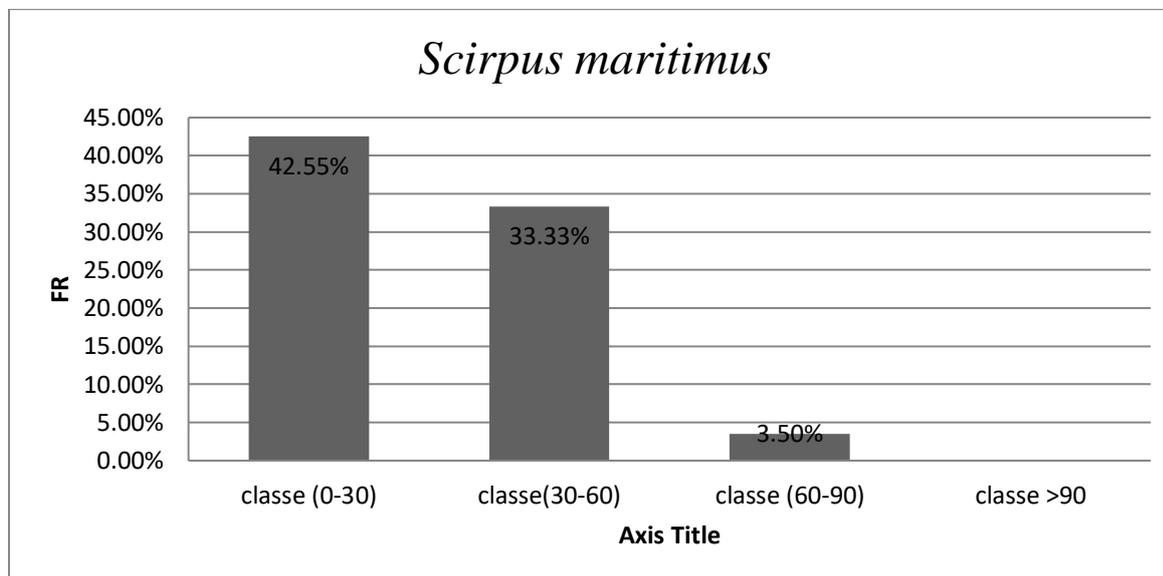
*Ranunculus aquatilis*

|                             | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Ranunculus aquatilis</i> | 27,66%        | 47,22%         | 22,81%         | 3,97%      |

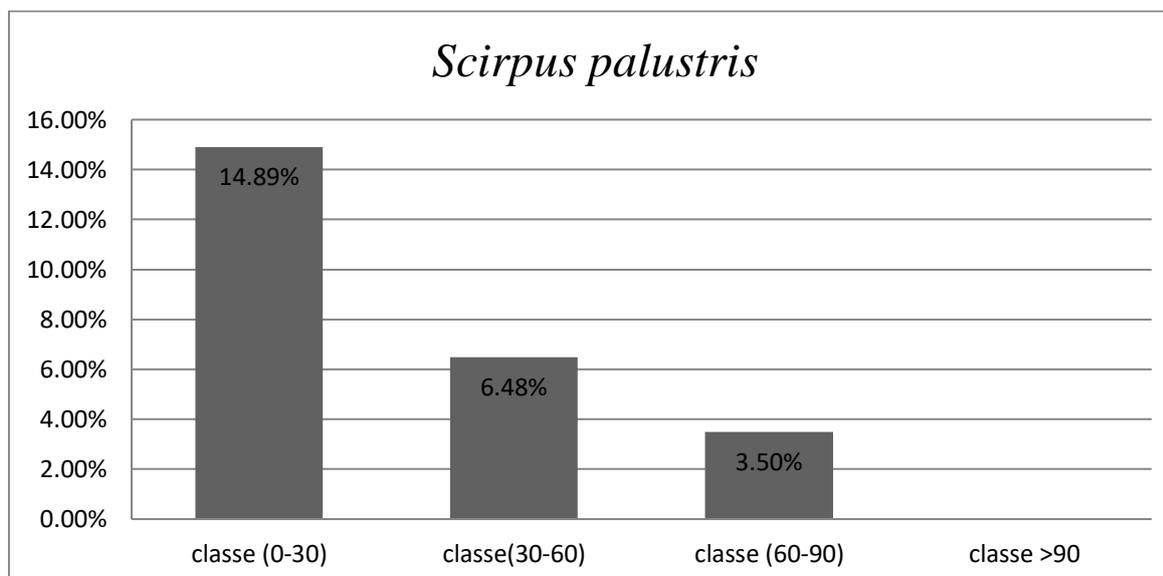


*Scirpus maritimus*

|                          | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Scirpus maritimus</i> | 42,55%        | 33,33%         | 3,50%          | -          |

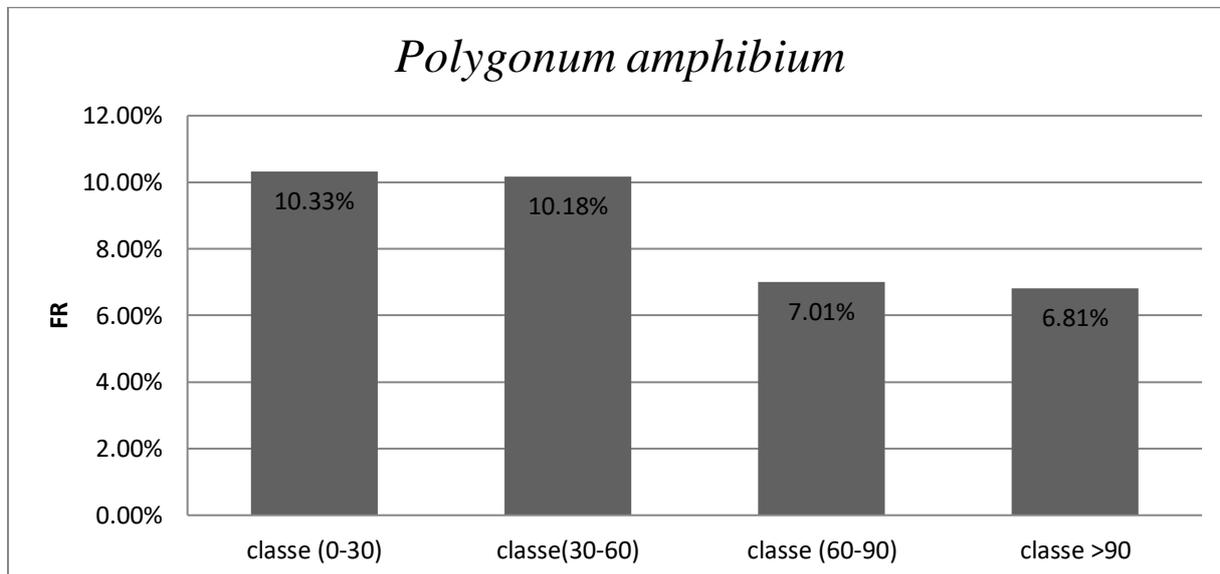
*Scirpus palustris*

|                          | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Scirpus palustris</i> | 14,89%        | 6,48%          | 3,50%          | -          |

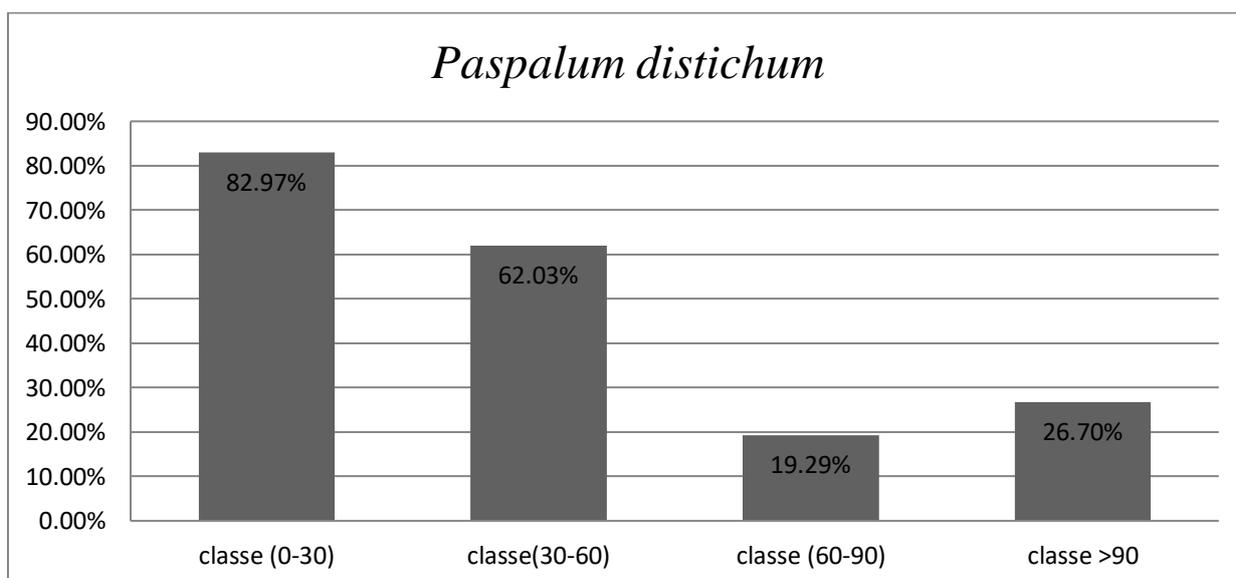


*Polygonum amphibium*

|                            | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Polygonum amphibium</i> | 10,33%        | 10,18%         | 7,01%          | 6,81%      |

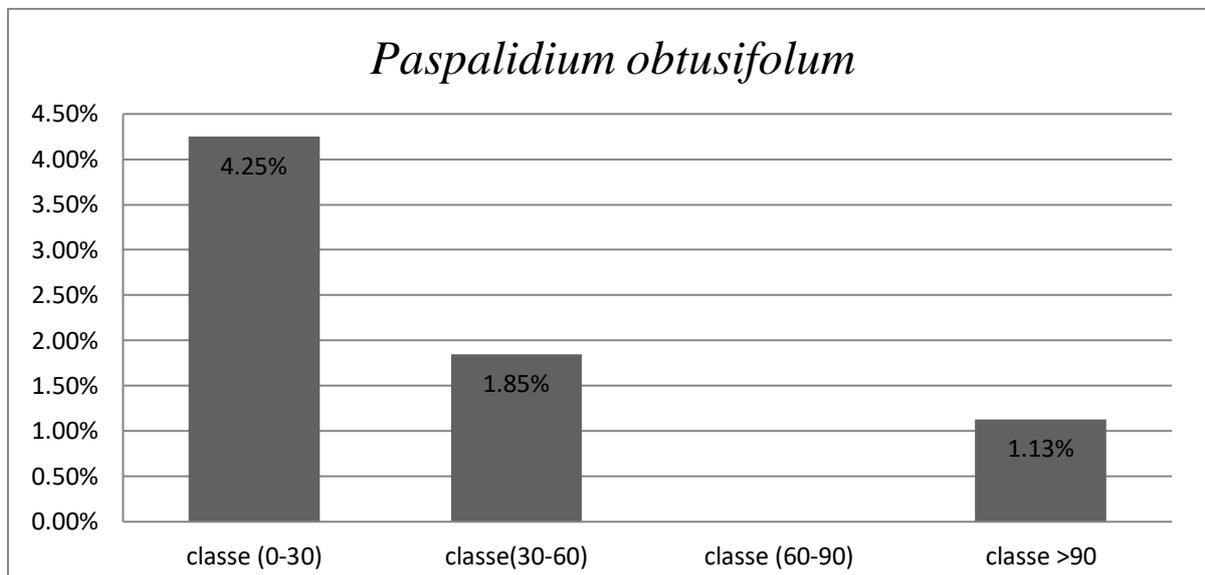
*Paspalum distichum*

|                           | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|---------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Paspalum distichum</i> | 82,97%        | 62,03%         | 19,29%         | 26,70%     |

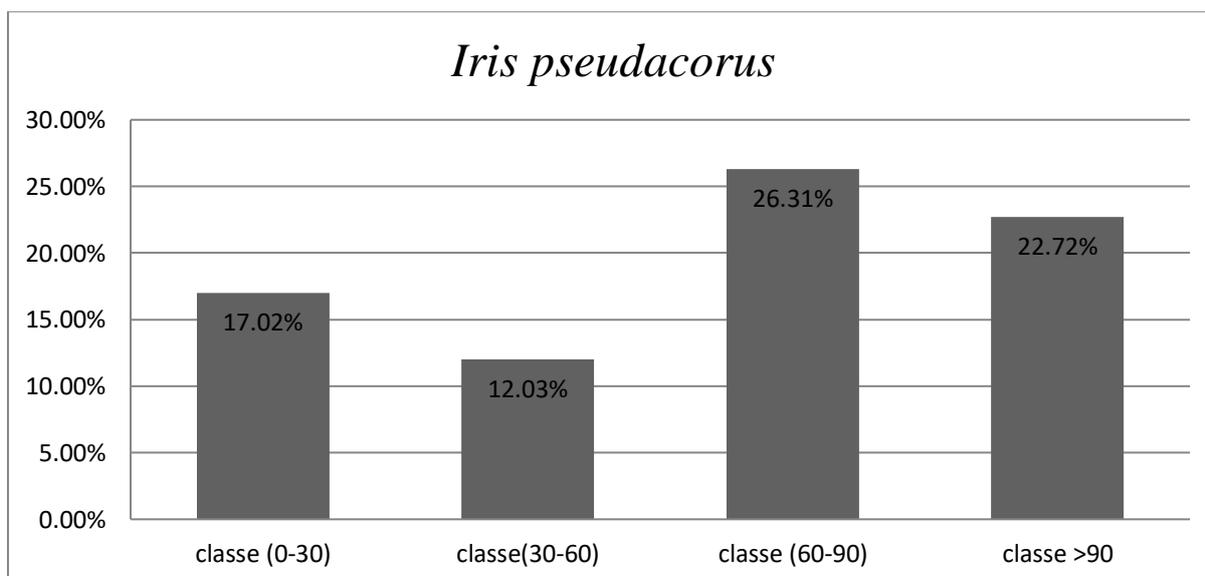


*Paspalidium obtusifolium*

|                                 | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|---------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Paspalidium obtusifolium</i> | 4,25%         | 1,85%          | -              | 1,13%      |

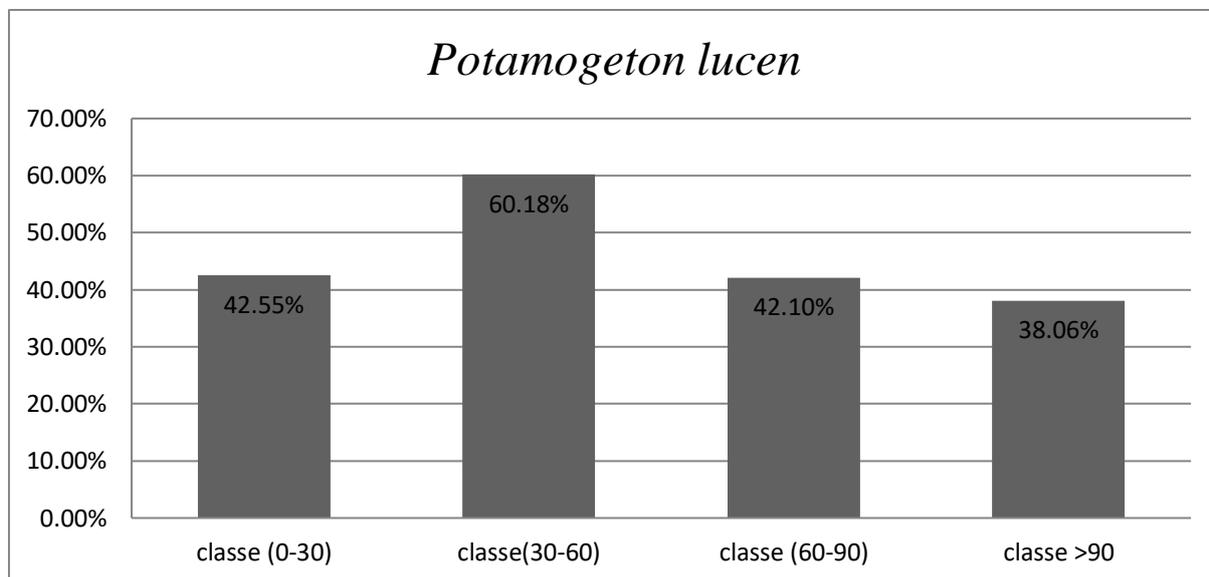
*Iris pseudacorus*

|                         | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Iris pseudacorus</i> | 17,02%        | 12,03%         | 26,31%         | 22,72%     |

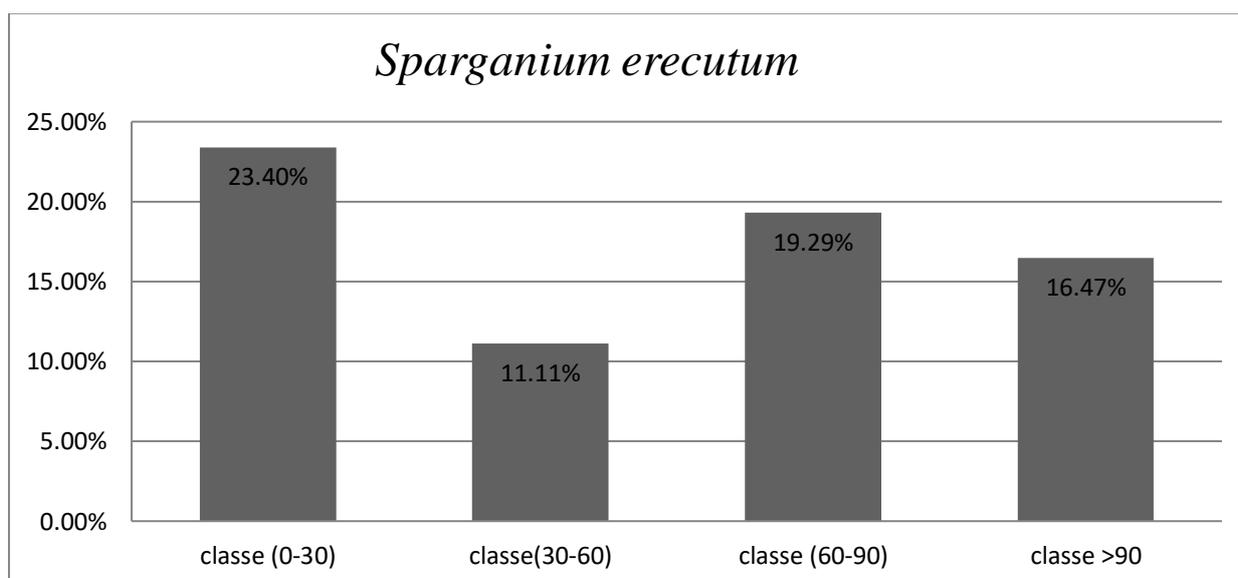


*Potamogeton lucen*

|                          | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Potamogeton lucen</i> | 42,55%        | 60,18%         | 42,10%         | 38,06%     |

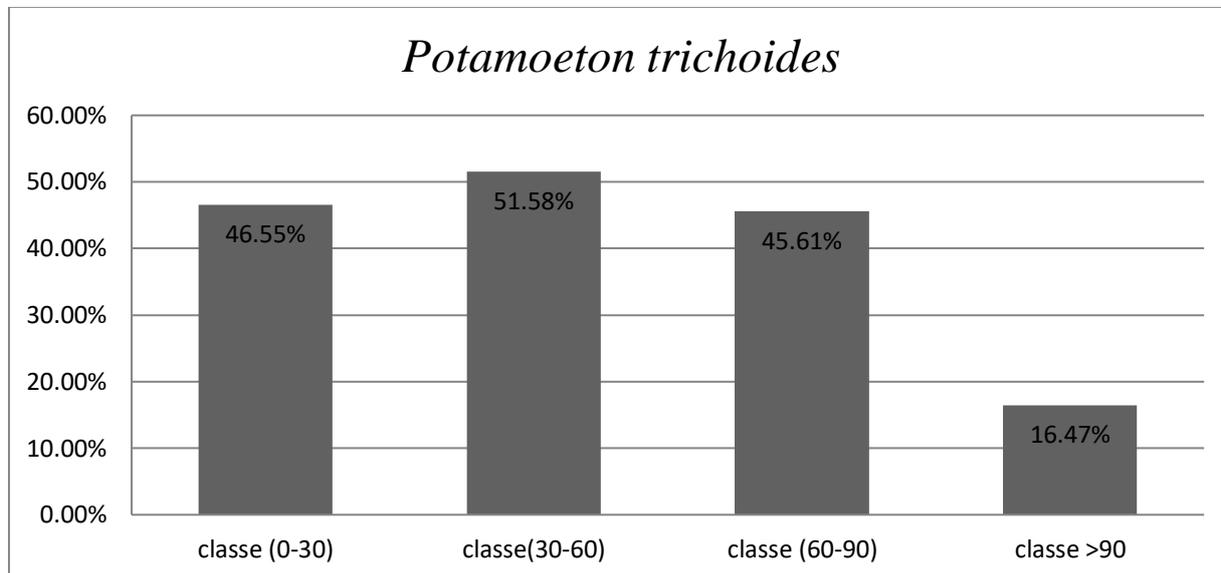
*Sparganium erecutum*

|                            | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Sparganium erecutum</i> | 23,40%        | 11,11%         | 19,29%         | 16,47%     |

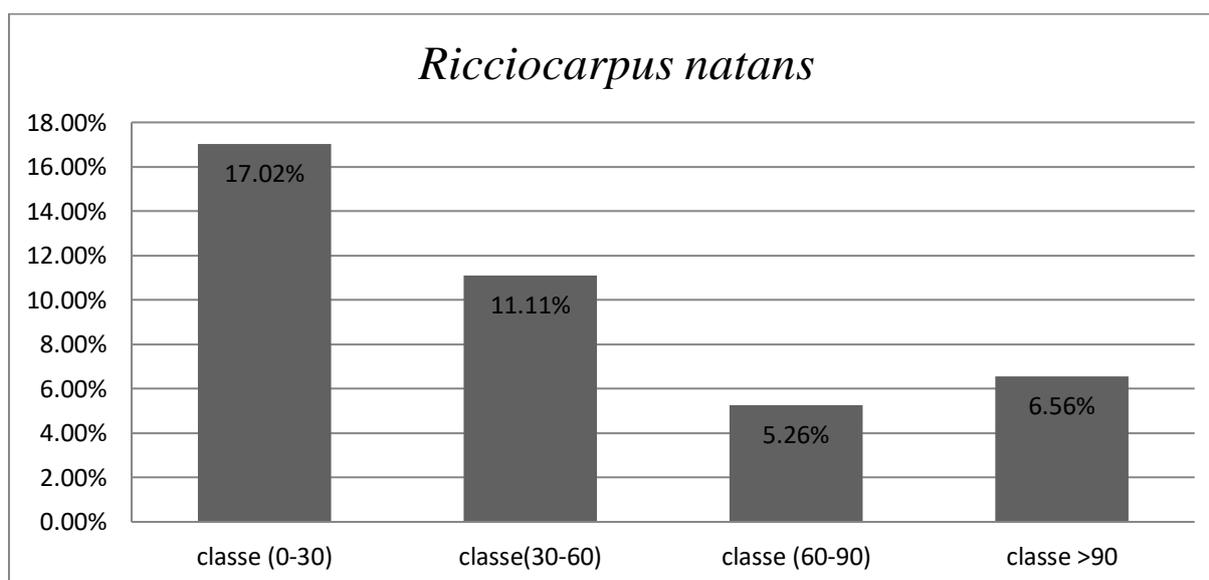


*Potamoeton trichoides*

|                             | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Potamoeton trichoide</i> | 46,55%        | 51,58%         | 45,61%         | 16,47%     |

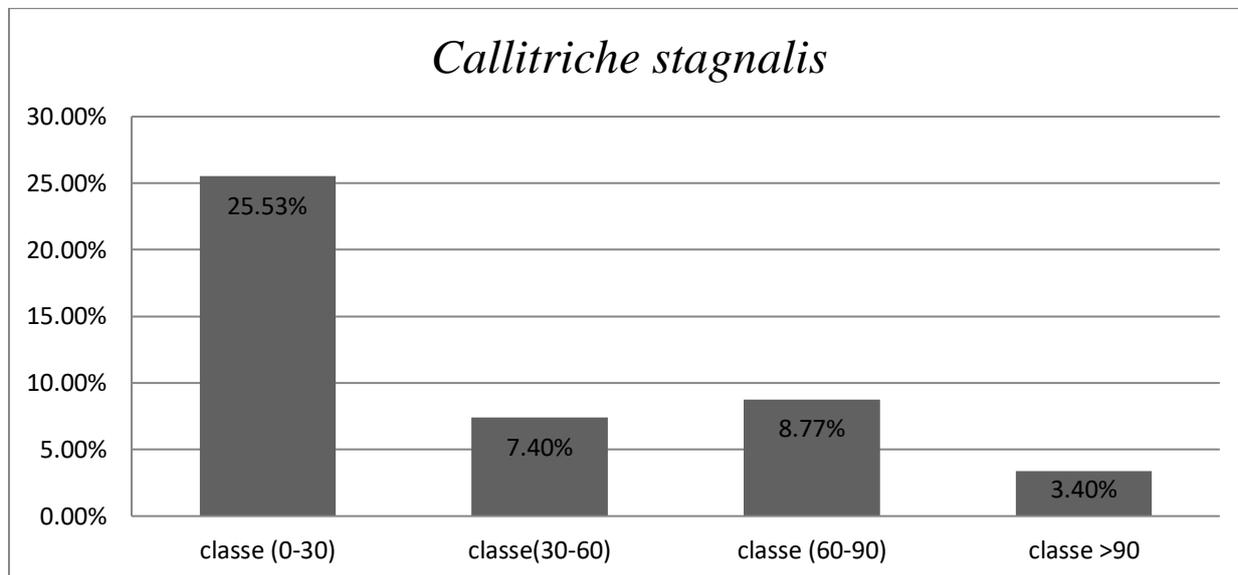
*Ricciocarpus natans*

|                            | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Ricciocarpus natans</i> | 17,02%        | 11,11%         | 5,26%          | 6,56%      |

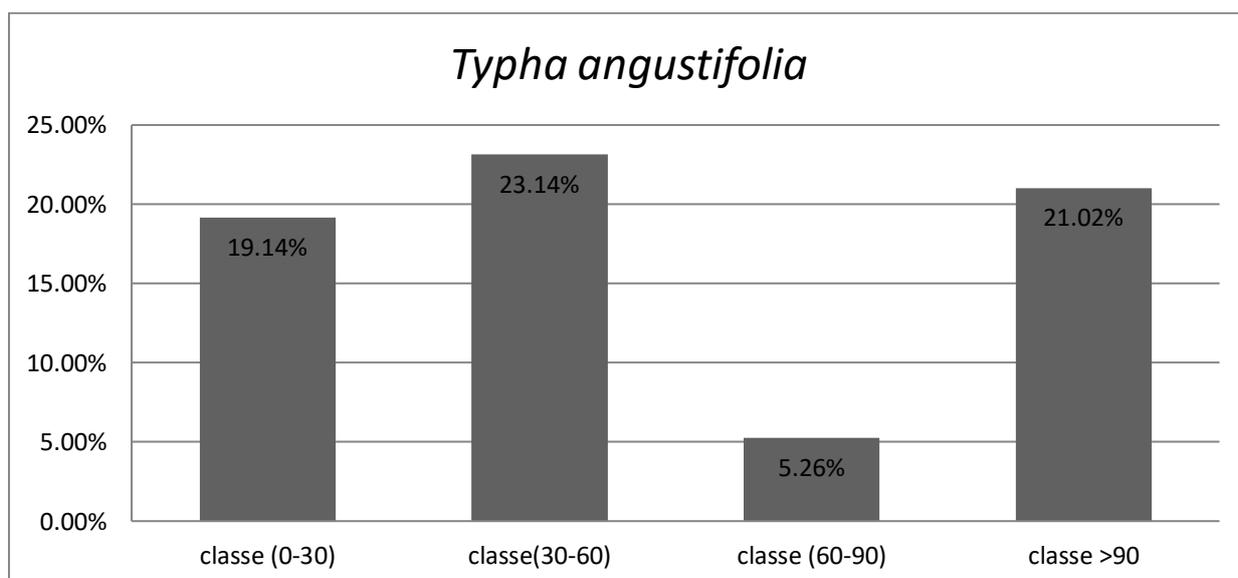


*Callitriche stagnalis*

|                              | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Callitriche stangalis</i> | 25,53%        | 7,40%          | 8,77%          | 3,40%      |

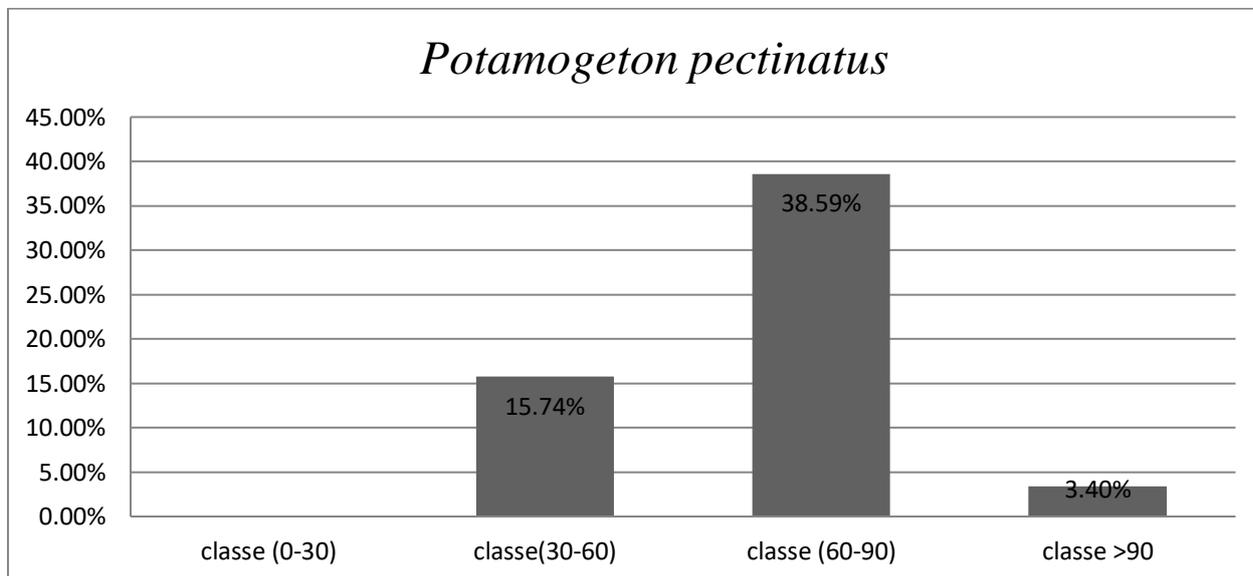
*Typha angustifolia*

|                           | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|---------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Typha angustifolia</i> | 19,14%        | 23,14%         | 5,26%          | 21,02%     |

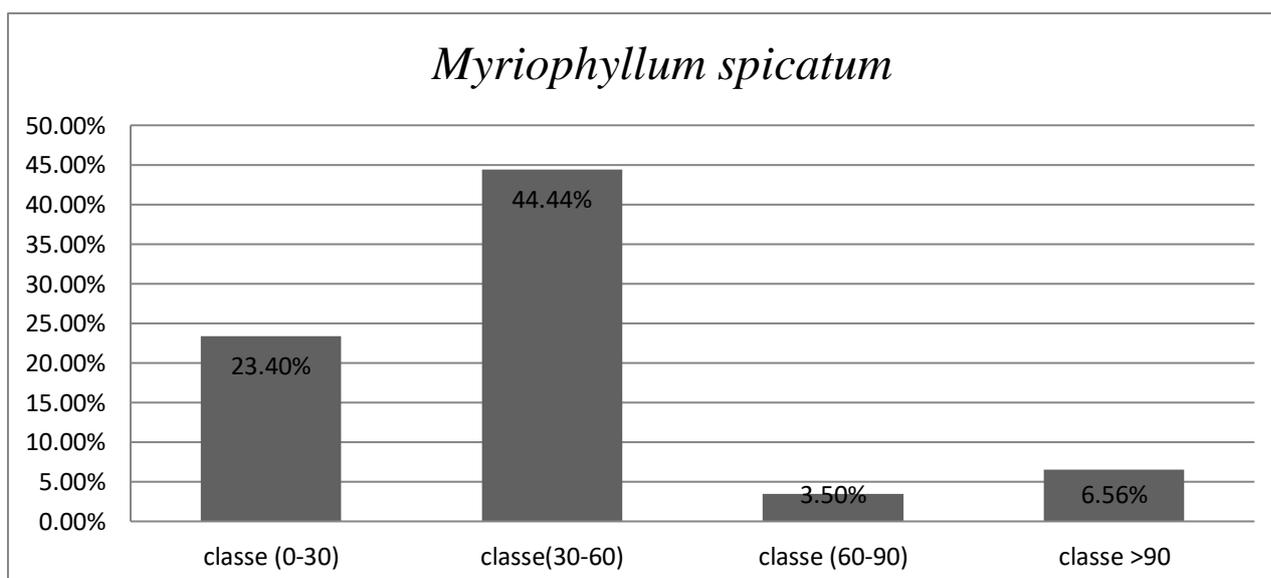


*Potamogeton pectinatus*

|                               | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Potamogeton pectinatus</i> | -             | 15,74%         | 38,59%         | 3,40%      |

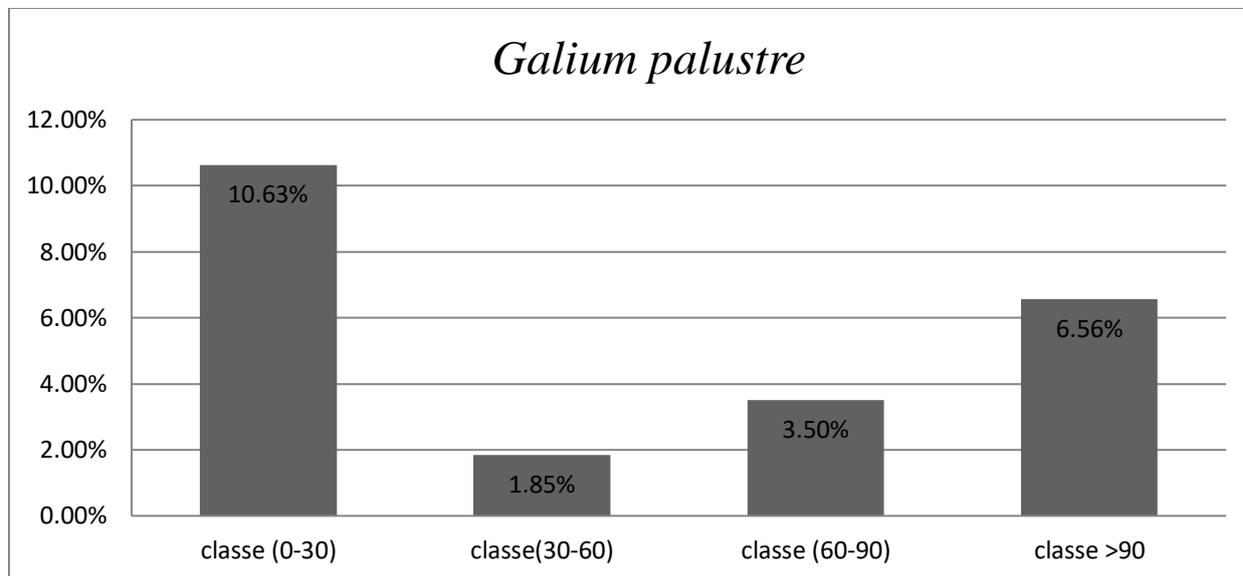
*Myriophyllum spicatum*

|                              | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Myriophyllum spicatum</i> | 23,40%        | 44,44%         | 3,50%          | 6,56%      |

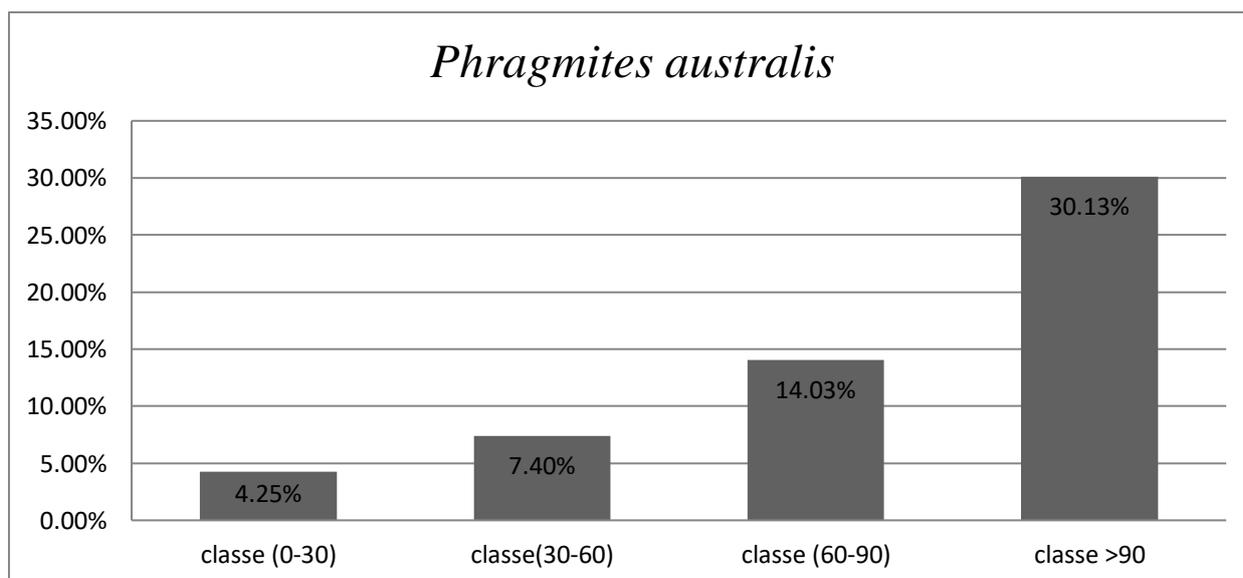


*Galium palustre*

|                        | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Galium palustre</i> | 10,63%        | 1,85%          | 3,50%          | 6,56%      |

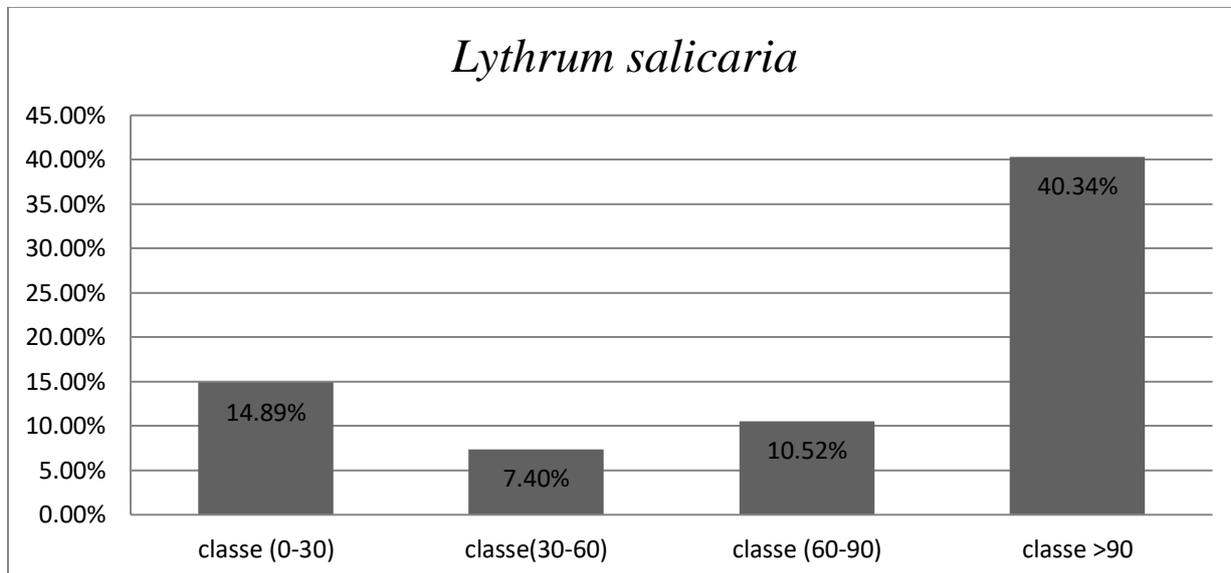
*Phragmites australis*

|                             | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Phragmites australis</i> | 4,25%         | 7,40%          | 14,03%         | 30,13%     |

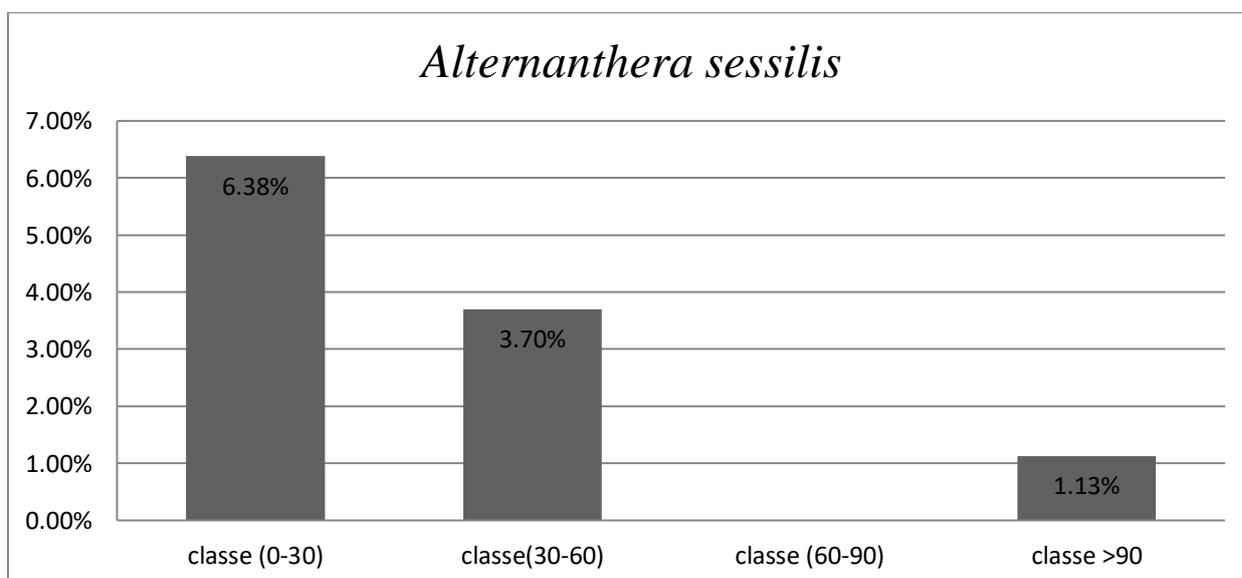


*Lythrum salicaria*

|                          | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Lythrum salicaria</i> | 14,89%        | 7,40%          | 10,52%         | 40,34%     |

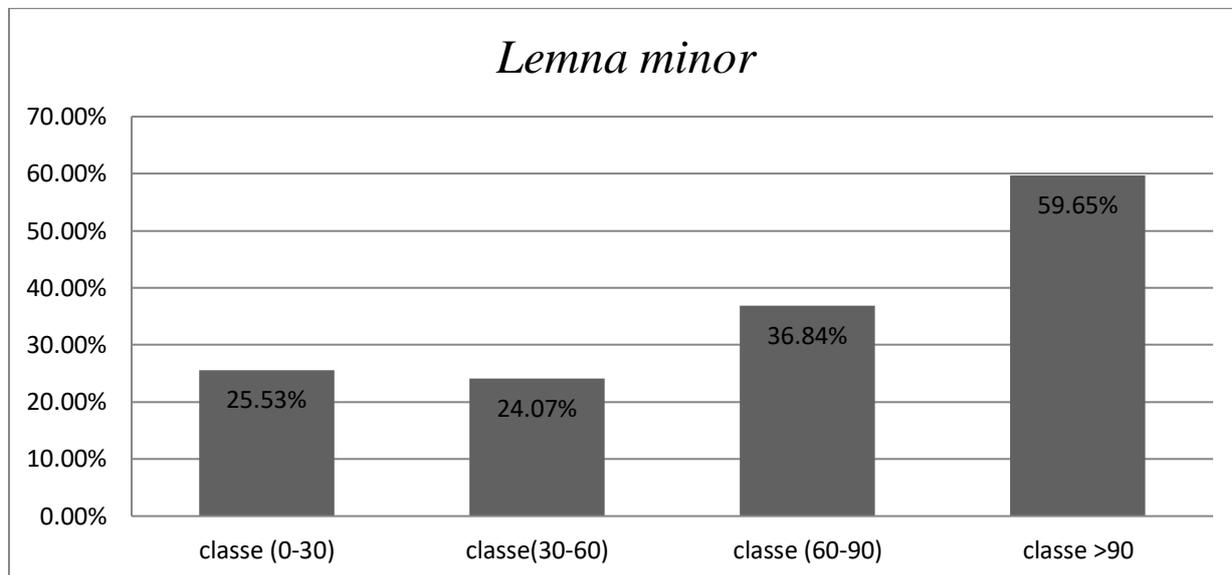
*Alternanthera sessilis*

|                               | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Alternanthera sessilis</i> | 6,38%         | 3,70%          | -              | 1,13%      |

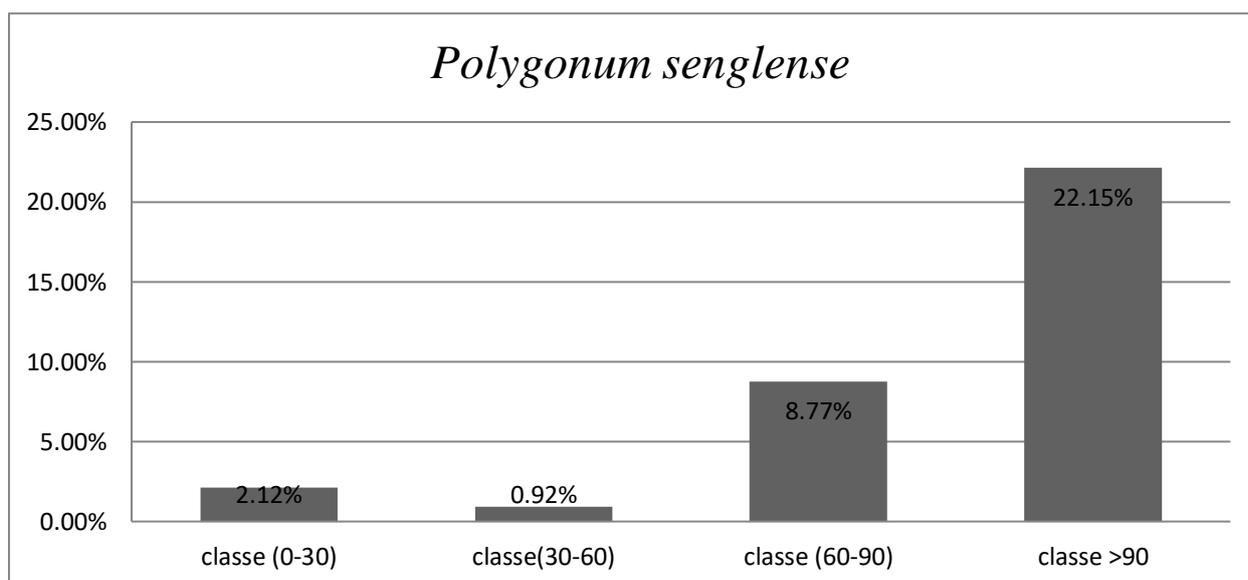


*Lemna minor*

|                    | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|--------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Lemna minor</i> | 25,53%        | 24,07%         | 36,84%         | 59,65%     |

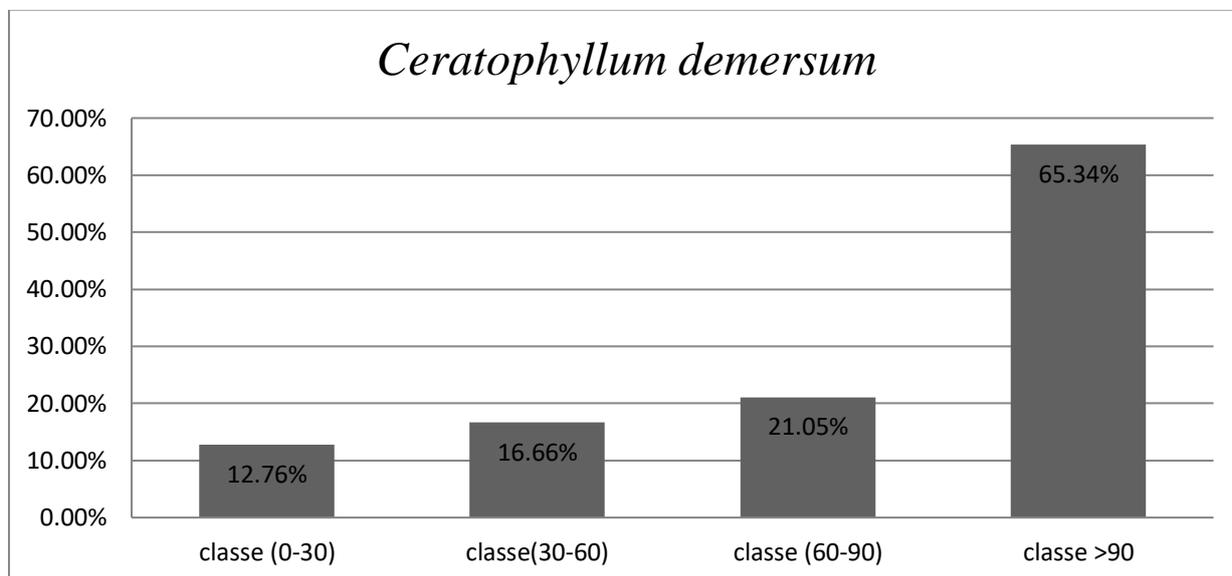
*Polygonum senglense*

|                            | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Polygonum senglense</i> | 2,12%         | 0,92%          | 8,77%          | 22,15%     |

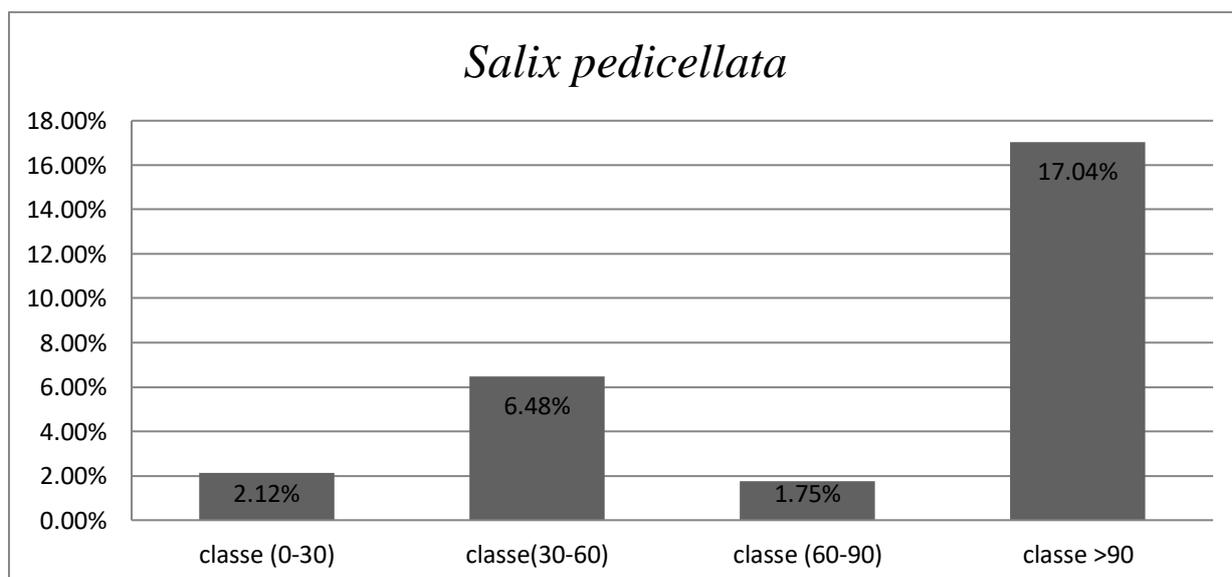


*Ceratophyllum demersum*

|                               | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Ceratophyllum demersum</i> | 12,76%        | 16,66%         | 21,05%         | 65,34%     |

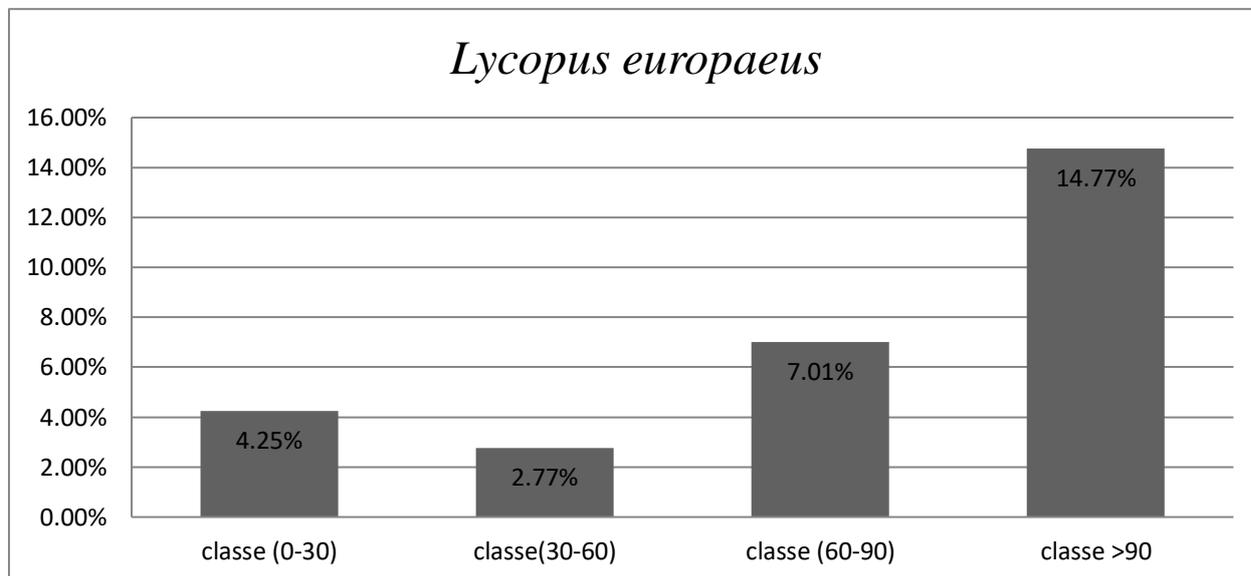
*Salix pedicellata*

|                          | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Salix pedicellata</i> | 2,12%         | 6,48%          | 1,75%          | 17,04%     |

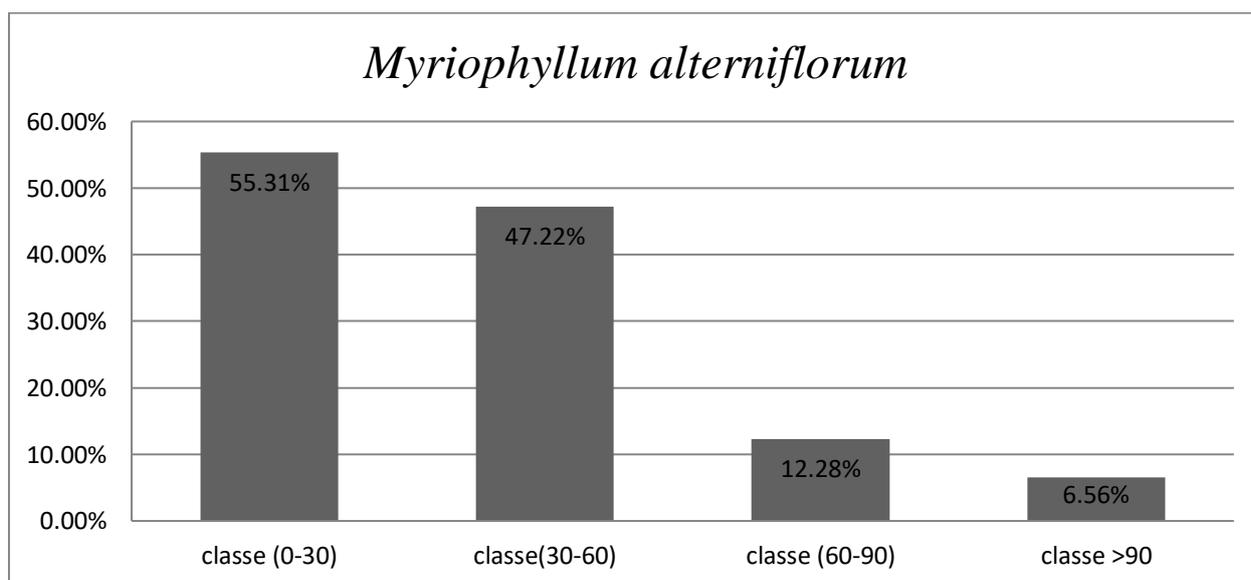


*Lycopus europaeus*

|                          | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|--------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Lycopus europaeus</i> | 4,25%         | 2,77%          | 7,01%          | 14,77%     |

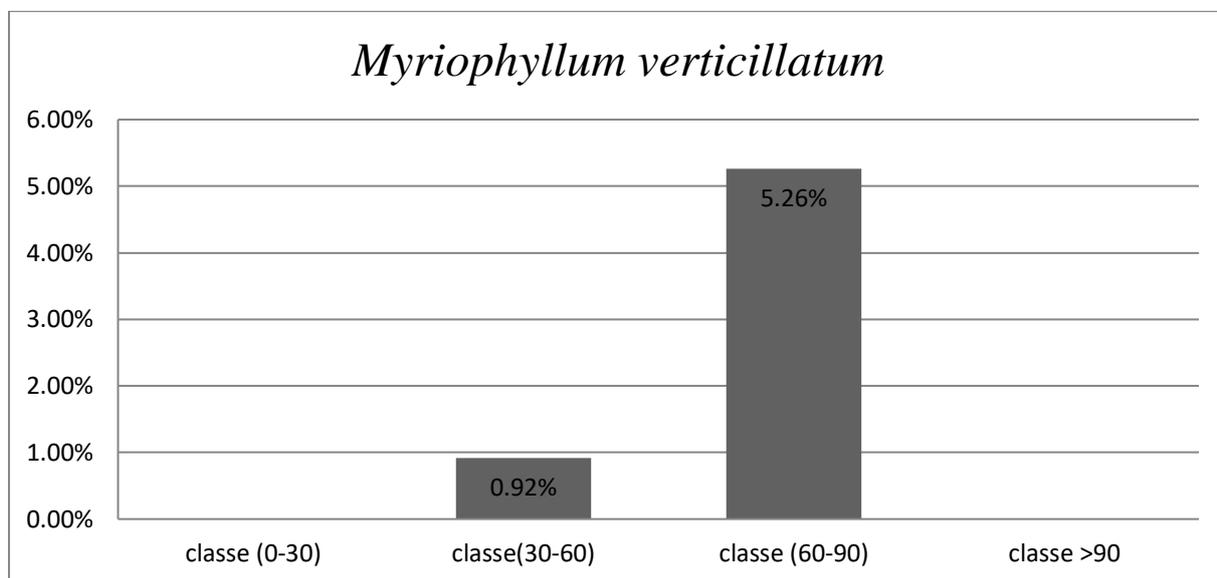
*Myriophyllum alterniflorum*

|                                   | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-----------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Myriophyllum alterniflorum</i> | 55,31%        | 47,22%         | 12,28%         | 6,56%      |

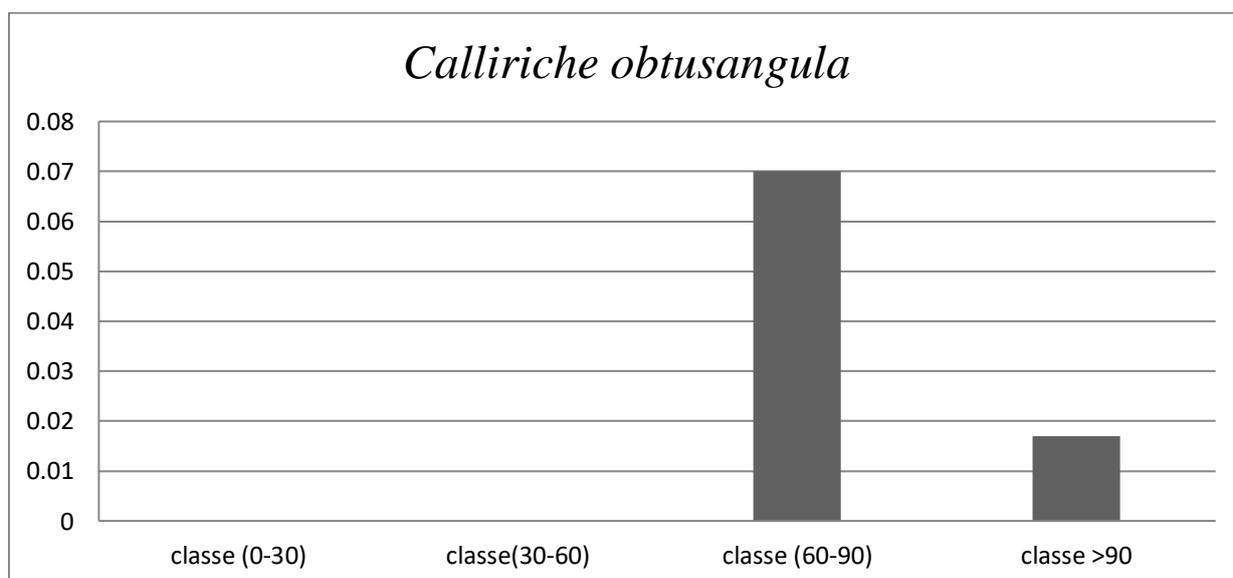


*Myriophyllum verticillatum*

|                                   | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-----------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Myriophyllum verticillatum</i> | -             | 0,92%          | 5,26%          | -          |

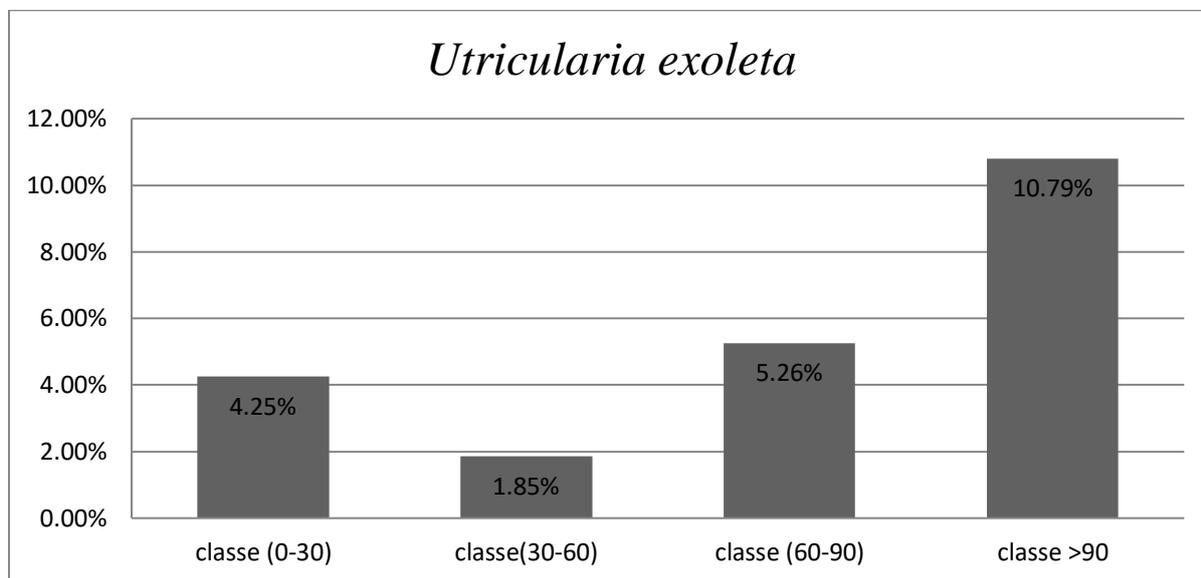
*Calliriche obtusangula*

|                               | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-------------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Calliriche obtusangula</i> | -             | -              | 7,01%          | 1,70%      |

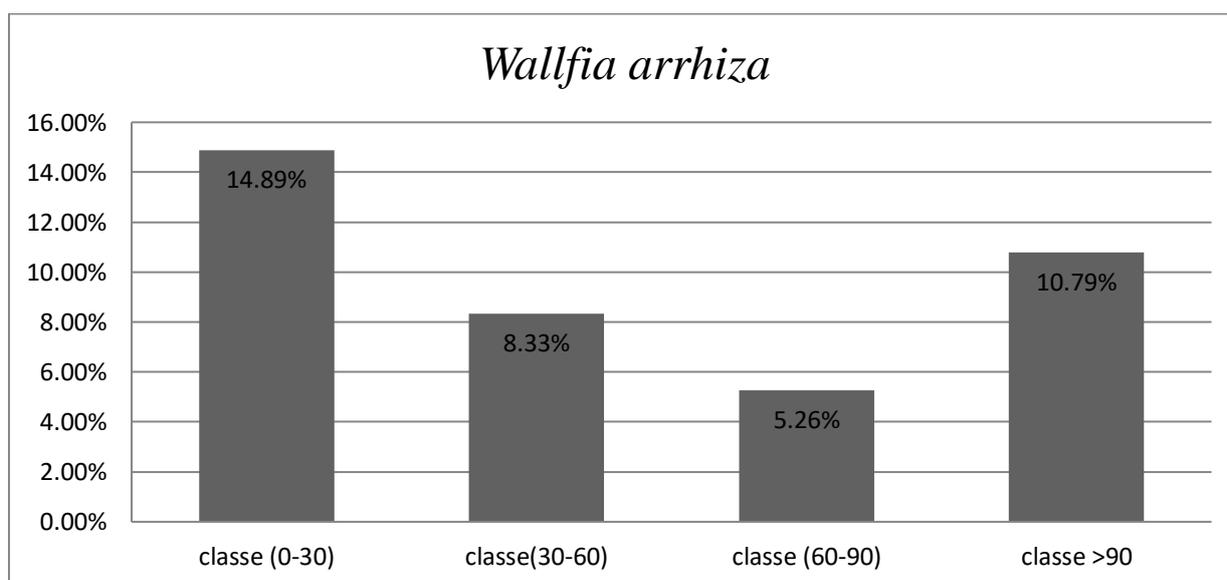


*Utricularia exoleta*

|                            | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Utricularia exoleta</i> | 4,25%         | 1,85%          | 5,26%          | 10,79%     |

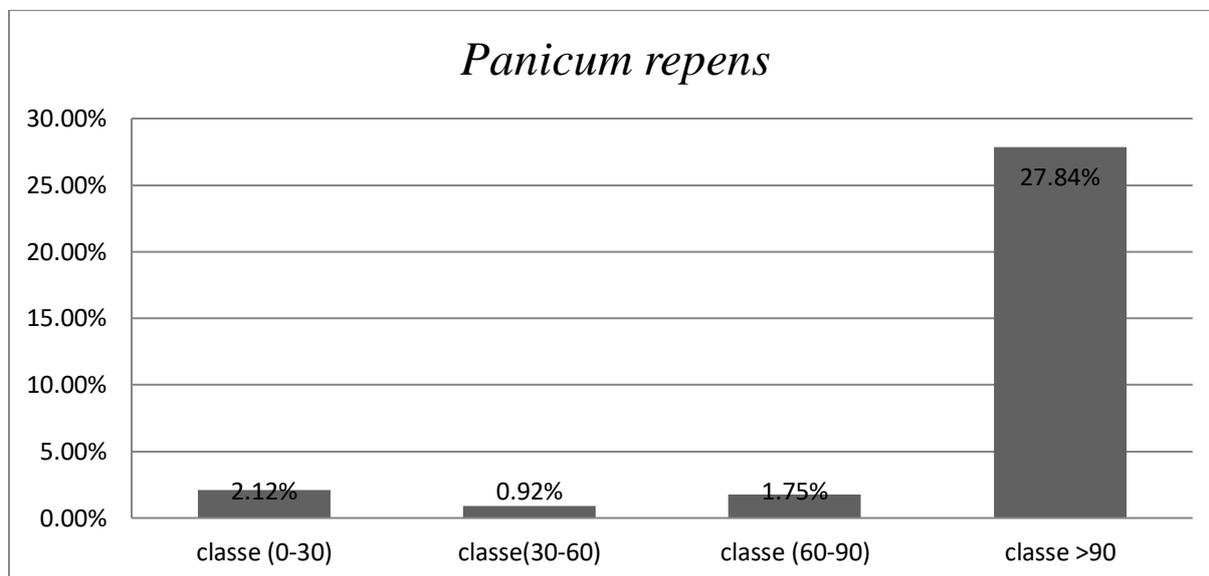
*Wallfia arrhiza*

|                        | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Wallfia arrhiza</i> | 14,89%        | 8,33%          | 5,26%          | 10,79%     |

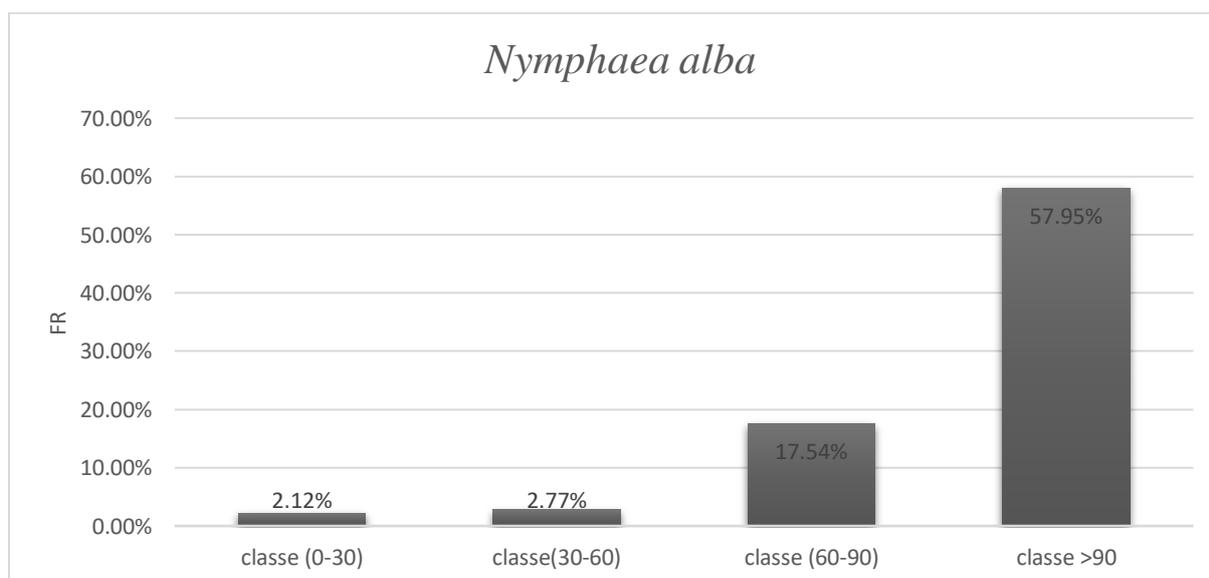


*Panicum repens*

|                       | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Panicum repens</i> | 2,12%         | 0,92%          | 1,75%          | 27,84%     |

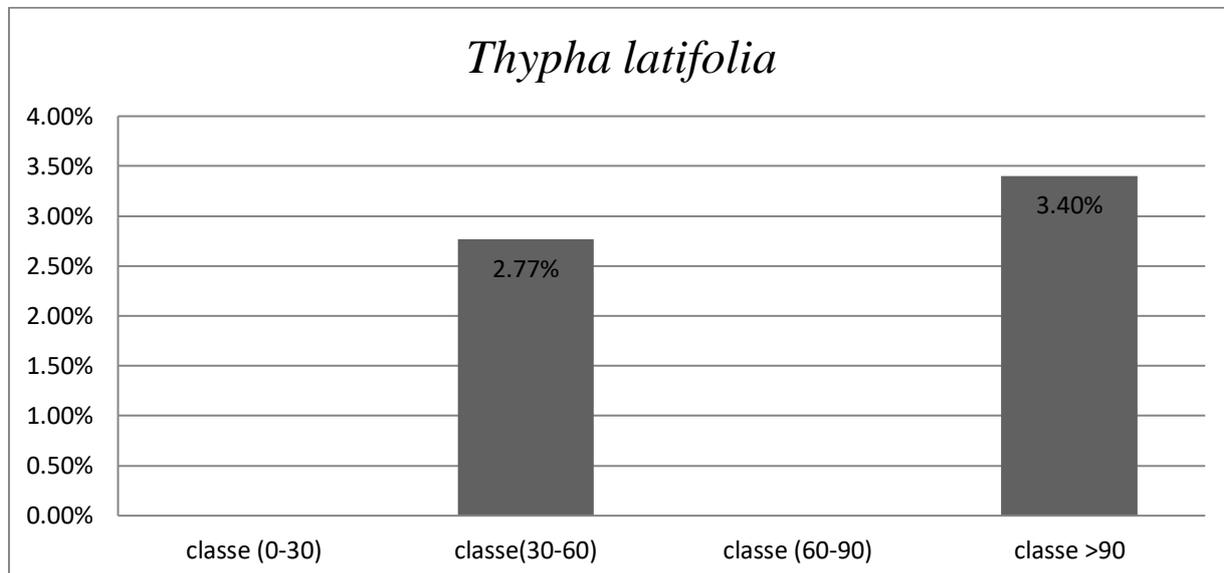
*Nymphaea alba*

|                      | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|----------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Nymphaea alba</i> | 2,12%         | 2,77%          | 17,54%         | 57,95%     |

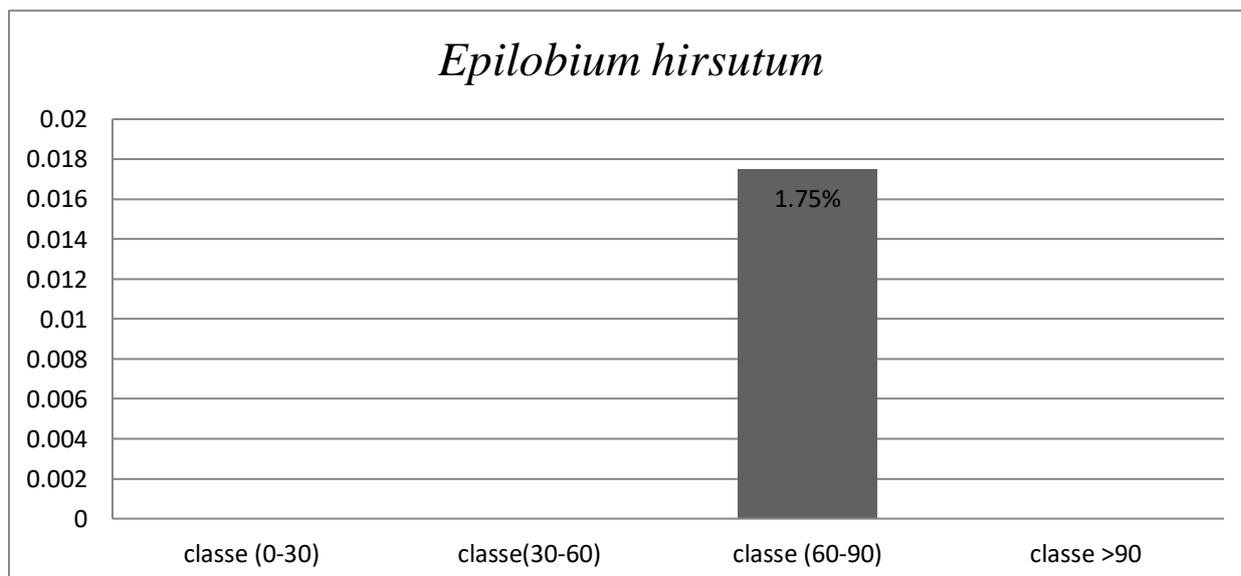


*Thypha latifolia*

|                         | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Thypha latifolia</i> | -             | 2,77%          | -              | 3,40%      |

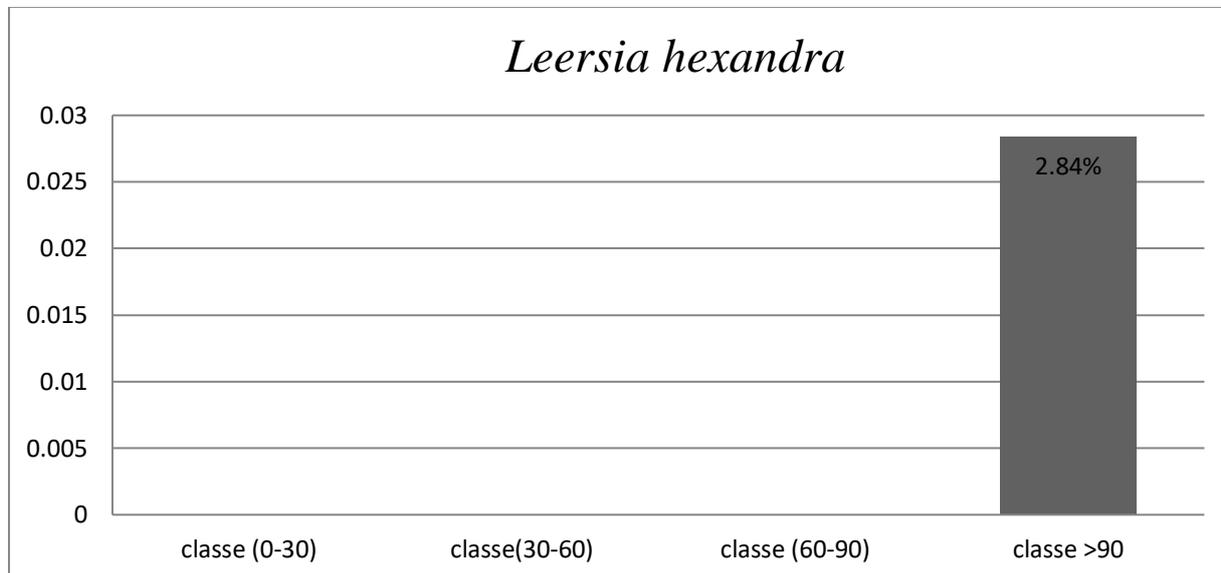
*Epilobium hirsutum*

|                           | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|---------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Epilobium hirsutum</i> | -             | -              | 1,75%          | -          |

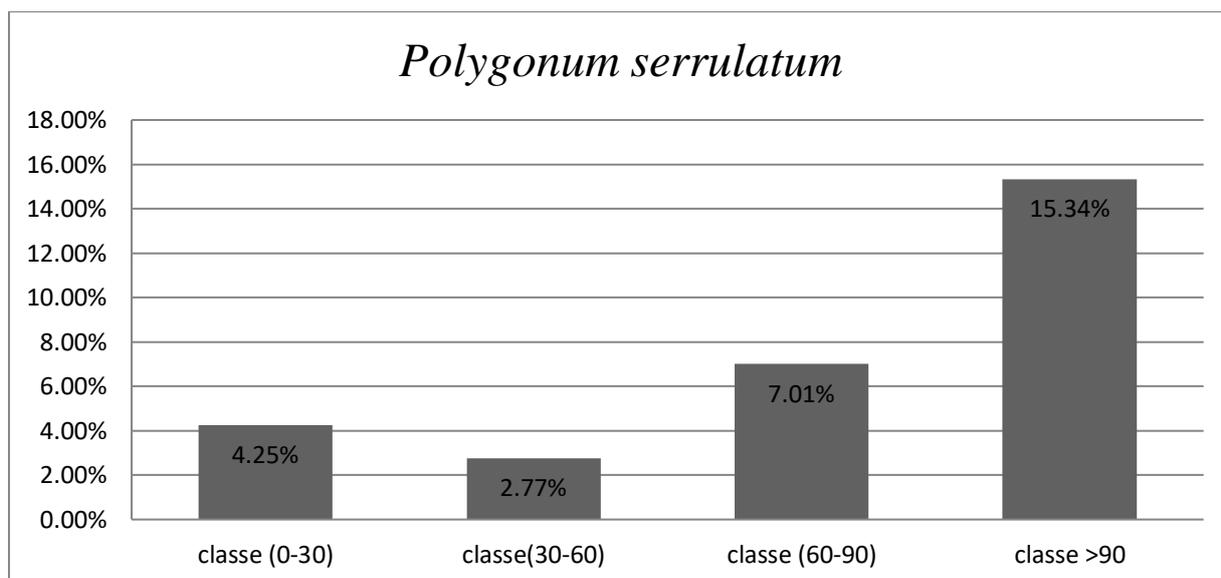


*Leersia hexandra*

|                         | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Leersia hexandra</i> | -             | -              | -              | 2,84%      |

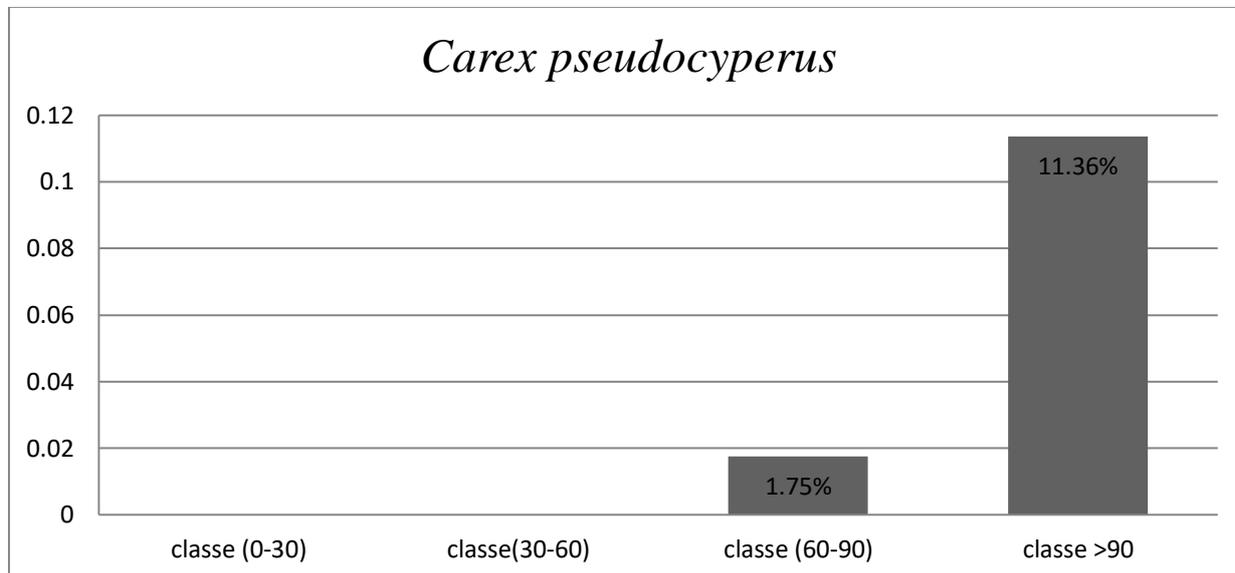
*Polygonum serrulatum*

|                             | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|-----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>polygonum serrulatum</i> | 4,25%         | 2,77%          | 7,01%          | 15,34%     |



*Carex pseudocyperus*

|                            | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|----------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Carex pseudocyperus</i> | -             | -              | 1,75%          | 11,36%     |

*Aster squamatus*

|                        | classe (0-30) | classe (30-60) | classe (60-90) | classe >90 |
|------------------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| <i>Aster squamatus</i> | -             | -              | 1,75%          | 2,84%      |

