



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
Université Chadli Bendjedid El- Tarf
Département de Biologie

Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master 2 Recherche

« Toxicologie industriel environnementale »

INVENTAIRE ET ESTIMATION ÉCOLOGIQUE DES PLANTES ÉPURATRICES D'EAU DANS LE LAC TONGA

Présenté par : M^{elle} Douai Dallel

Devant le jury composé de :

Présidente : Brahmia Zahra. (MCB) Université Chadli Bendjedid- ElTarf

Examinatrice : Lazli Amel. (Prof) Université Chadli Bendjedid- ElTarf

Promotrice: Louhi Haou Sihem. (MCA) Université Chadli Bendjedid- ElTarf

Année universitaire : 2023 – 2024

Remerciement

TOUT D'ABORD, JE REMERCIE DIEU QUI NOUS A ÉCLAIRÉ LES VOIES DU SAVOIR ET DE LA CONNAISSANCE, ET GRÂCE À LUI, NOUS AVONS RÉUSSI À ACCOMPLIR CE TRAVAIL.

JE TIENS À EXPRIMER NOTRE PROFONDE GRATITUDE ET REMERCIEMENTS SINCÈRES AU DOCTEUR BRAHMIA ZAHRA, POUR AVOIR ACCEPTÉ DE PRÉSIDER CE JURY.

JE TIENS ÉGALEMENT À REMERCIER PROFESSEUR LAZLI AMEL, POUR AVOIR ACCEPTER D'EXAMINER CE MODESTE TRAVAIL.

MES REMERCIEMENTS VONT ÉGALEMENT AU DOCTEUR LOUHI HAOU SIHEM, MA DIRECTRICE DE RECHERCHE, QUI M'A HONORÉ DE SES CONSEILS ET ORIENTATIONS AVEC PATIENCE ET GENTILLESSE TOUT AU LONG DE LA RÉALISATION DE CE TRAVAIL ; SON ENCOURAGEMENT, SA DISPONIBILITÉ ET SURTOUT SES CONSEILS ONT ÉTÉ INESTIMABLES POUR MOI.

ENFIN, JE N'OUBLIE PAS L'ÉQUIPE PÉDAGOGIQUE DE LA SPÉCIALITÉ TOXICOLOGIE INDUSTRIELLE ENVIRONNEMENTALE, QUI N'ON MÉNAGÉ AUCUN EFFORT POUR NOUS OFFRIR UNE FORMATION À LA HAUTEUR.

DÉDICACE

**JE DÉDIE HUMBLEMENT CE TRAVAIL À MON MODÈLE DANS LA VIE,
MON CHER PÈRE, QUI M'A ÉLEVÉ AVEC AMOUR ET M'A POUSSÉ À
DEVENIR CE QUE JE SUIS AUJOURD'HUI, ET QUI M'A BEAUCOUP AIDÉ
DANS LA RÉALISATION DE CE PROJET.**

**JE LE DÉDIE ÉGALEMENT À LA FEMME QUI A GRAVÉ SON AMOUR
DANS MON CŒUR DEPUIS MA NAISSANCE, CELLE QUE J'AI AIMÉE
DEPUIS MON ENFANCE ET QUI EST LA SOURCE D'AMOUR DANS NOTRE
FAMILLE. MERCI POUR TA BRAVOURE, MAMAN.**

**JE SOUHAITE À MES FRÈRES ET À MES SŒURS TOUT LE SUCCÈS DANS
LEURS ÉTUDES.**

**JE DÉDIE ÉGALEMENT CE TRAVAIL À TOUS CEUX QUI M'AIMENT ET
QUE J'AIME, AINSI QU'À TOUTE MA FAMILLE.**

Résumé

Notre travail mené sur le lac Tonga dans la wilaya d'El Tarf, représente une approche de base pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes floristique des zones humides en Algérie pour des études ultérieures. Nous nous sommes intéressée à établir un inventaire assez systématique du nombre de plantes jouant un rôle crucial dans la purification de l'eau dans le Lac Tonga. L'étude de ces plantes est essentielle pour comprendre comment améliorer la qualité de l'eau. Notre terrain s'est déroulé selon une méthode d'étude phyto - écologique et un mode d'échantillonnage aléatoire simple pour le choix des stations d'étude. ce mode est associée au systématique à l'intérieur de chaque relevés (station aquatique et subaquatique) . Les espèces végétales présentes dans chaque station ont été documentées et identifiées, avec la collecte de données par le biais d'enquêtes de terrain complètes comprenant: l'identification des emplacements des plantes purificatrices à l'aide d'un système de positionnement par satellites (GPS). Plusieurs espèces de plantes contribuant à la purification de l'eau du lac Tonga ont été découvertes. Ces espèces comprenaient des plantes connues pour leur capacité élevée à absorber les polluants et à les purifier de l'eau. Les plantes purificatrices dans le lac Tonga constituent une partie vitale de l'écosystème et jouent un rôle majeur dans l'amélioration de la qualité de l'eau.

Les mots Clés : Tonga, inventaire, phyto-épuration,

Summary :

Our study conducted on Lake Tonga in El Tarf Province represents a fundamental approach to understanding the functioning of plant ecosystems in Algeria's wetlands for future studies. We focused on establishing a systematic inventory of the number of plants playing a crucial role in water purification in Lake Tonga. Studying these plants is essential to understand how to improve water quality. Our field study was conducted using a phyto-ecological study method and a simple random sampling model for selecting study stations. This method is associated with systematic sampling within each station (aquatic and subaquatic station). The plant species present in each station were documented and identified, with data collection through comprehensive field surveys including the identification of locations of purifying plants using a Global Positioning System (GPS). Several species of plants contributing to water purification in Lake Tonga were discovered. These species include plants known for their high capacity to absorb pollutants and purify water. Purifying plants in Lake Tonga are a vital part of the ecosystem and play a major role in improving water quality.

Keywords: Tonga, inventory, phytoremediation

ملخص

إن دراستنا التي أجريت على بحيرة تونغا في ولاية الطارف، تمثل نهجاً أساسياً لفهم كيفية عمل النظم البيئية للنباتات في المناطق الرطبة في الجزائر لإجراء دراسات مستقبلية. اهتمنا بإعداد جرد منهجي شامل لعدد النباتات التي تلعب دوراً حاسماً في تنقية المياه في بحيرة تونغا. دراسة هذه النباتات ضرورية لفهم كيفية تحسين جودة المياه. أجريت دراستنا الميدانية وفقاً لمنهج دراسة نباتية-بيئية وطريقة أخذ عينات عشوائية بسيطة لاختيار محطات الدراسة. يرتبط هذا الوضع بالنظام البيئي داخل كل محطة (محطة مائية وتحت مائية). تم توثيق وتحديد الأنواع النباتية الموجودة في كل محطة، مع جمع بيانات دقيقة من خلال مسوحات ميدانية شاملة تشمل تحديد مواقع النباتات المنقية باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي تم اكتشاف عدة أنواع من النباتات التي تساهم في تنقية المياه في بحيرة تونغا. تشمل هذه النباتات الأنواع المعروفة (GPS) بقدرتها العالية على امتصاص الملوثات وتنقية المياه. النباتات المنقية في بحيرة تونغا تشكل جزءاً حيوياً من النظام البيئي وتلعب دوراً كبيراً في تحسين جودة المياه.

الكلمات المفتاحية: تونغا، جرد، تنقية بالنباتات .

SOMMAIRE

Introduction	02
---------------------------	-----------

CHAPIRE.1.SYNTHRSE BIBLIOGRAPHYQUE :

LaPHYTO-EPURATION	05
--------------------------------	-----------

I.1. MODE De PHYTO-EPURATION.....	05
--	-----------

1.1.1 Phytoextraction.....	05
-----------------------------------	-----------

1.1.2 Phytostabilisation.....	05
--------------------------------------	-----------

1.1.3 Phytodégradation.....	05
------------------------------------	-----------

1.1.4 Rhizofiltration.....	05
-----------------------------------	-----------

1.1.5 Phytovolatilisation.....	05
---------------------------------------	-----------

I.2. ÉTAPES DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA PHYTOEPURATION..	05
---	-----------

1.1. Caractérisation générale du lac Tonga	06
---	-----------

1.2Caractéristiques physiques et hydrologiques.....	08
--	-----------

1.3. Caractéristiques physiques.....	09
---	-----------

CHAPITRE.2. Matériels et méthode d'étude.....	10
--	-----------

1.Situation géographique du site et stations d'études.....	
---	--

2.Méthode d'étude et méthode d'échantillonnage.....	12
--	-----------

2.1.Matériels de terrain.....	16
--------------------------------------	-----------

2.2.Echantillonnage aléatoire simple.....	16
--	-----------

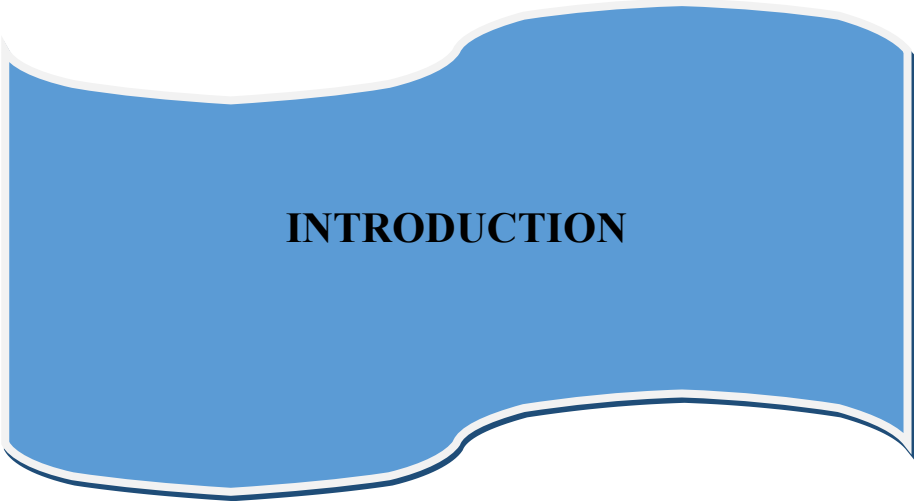
2.3. Méthode phytoécologique.....	16
--	-----------

3.Choix des paramètres écologique d'étude des données de terrain.....	17
--	-----------

4.Méthode d'analyses numériques des données de terrain.....	19
--	-----------

CHAPITRE.3. résultats et discussion :

I.	Inventaire floristique des espèces étudiées et état de présence.....	21
II.	Composition floristique	
III.	Structure de la végétation	24
IV.	Discussion	25
V.	Conclusion	28
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	30



INTRODUCTION

INTRODUCTION

Un inventaire floristique est une méthode systématique de recensement et d'identification des espèces végétales présentes dans une zone donnée. Il constitue une étape essentielle dans les études écologiques, la gestion des habitats, et les projets de conservation de la biodiversité (Braun-Blanquet 1932 ; Kent et Coker 1992). Un exemple d'application de l'inventaire floristique pourrait être une étude de la végétation d'une réserve naturelle. Les chercheurs planifient l'inventaire, utilisent des quadrats pour recueillir des données sur les espèces présentes, identifient les plantes sur le terrain, analysent la diversité et la richesse des espèces, puis rédigent un rapport pour informer les gestionnaires de la réserve sur les mesures de conservation nécessaires (Godron, 1968 ; Frontier Pichod-Viale 1993 et Kent et Coker 1992) ; Gounot, 1969). . .

Le Lac Tonga est un bon exemple d'une zone humide représentative, rare et unique dans la région méditerranéenne ; il se situant dans un complexe de zones humides qui viendrait en troisième position après ceux du Delta de l'Ebre en Espagne et la Camargue en France. Ce site classé site RAMSAR présente ces derniers temps une diversité de perturbations (BirdLife International 2021 ; MedWet. 2017 et DGFA 2015). Cette dernière touche la flore et la faune dans sa composition et sa structure, ainsi son fonctionnement. Le lac est reconnu pour une diversité floristique épuratrice. Ainsi notre objectif principal est de réaliser un inventaire exhaustif et une estimation écologique des plantes épuratrices dans le lac Tonga. Ainsi, nous visons dans un premier temps à estimer l'abondance de chaque espèce de plante épuratrice et l'état de la population selon la fréquence de chacune tout le long de notre terrain qui est matérialisé par des relevés orientés, choisis selon un mode d'échantillonnage aléatoire simple associé au systématique. Notre travail comporte un chapitre de synthèse bibliographique sur la problématique choisie, suivit d'un chapitre sur la méthodologie de travail et la description de la région et site d'étude et finalement un chapitre où nous incluons les résultats et leurs interprétations avec une discussion générale et une conclusion. Nous finalisons notre travail avec des recommandations pour la gestion et la conservation du lac Tonga, en suggérant des mesures visant à protéger et à renforcer les populations de plantes épuratrices, afin de maintenir et d'améliorer la qualité de l'eau et la biodiversité du lac.

**CHAPITRE.1. SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE**

I. LA PHYTO-EPURATION

La phytoépuration est un procédé naturel de filtration ou de dépollution des eaux usées, par les plantes. Il s'agit plus précisément d'assainir les eaux usées par les bactéries cachées dans le système racinaire des plantes qui sont dites épuratrices. Le procédé est tout à fait écologique, sans odeurs et peut être très esthétique.

En outre il utilise une série de différentes technologies qui se complètent parfaitement entre elles. Le système est très simple, peu coûteux si vous faites une partie des travaux vous-même et présente un grand intérêt dans les projets d'éco-habitat.

La phytoépuration est pour ainsi dire, un ensemble de techniques naturelles issues de la combinaison des végétaux du sol et des micro-organismes dans un écosystème qui a été créé spécifiquement pour cela. La phytoépuration permet surtout de traiter les nitrates et les phosphates, ainsi que des métaux qui sont les principaux polluants des eaux. En ce sens, le procédé de phytoépuration élimine les agents biologiques infectieux présents dans les eaux

I.1. MODE De PHYTO-EPURATION

Tout d'abord, il conviendra de sélectionner des plantes spécifiques possédant la capacité d'absorber les polluants. Ces plantes sont accessibles par tout un chacun qui veut investir dans le procédé de phytoépuration. Les plantes épuratrices les plus communes sont les bambous, les roseaux, les massettes ou encore les laîches. Les bactéries présentes dans les racines de ces plantes ont la propriété de purifier l'eau, de par leurs spécificités organiques. En général, le procédé est constitué de trois étapes distinctes, notamment : le prétraitement, le traitement des composés chimiques et le traitement biologique de l'eau

La phytoépuration, également connue sous le nom de phytoremediation, est une méthode écologique utilisant les plantes pour traiter et purifier l'eau, le sol, et l'air contaminés. Cette technique repose sur la capacité des plantes à absorber, accumuler, dégrader, ou immobiliser les contaminants.

CHAPITRE.1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Phytoextraction

Les plantes absorbent les contaminants (métaux lourds, polluants organiques) via leurs racines et les accumulent dans leurs tissus (Salt et al.1998).

2. Phytostabilisation

Les plantes immobilisent les contaminants dans le sol, réduisant leur mobilité et leur biodisponibilité (Vangronsveld et Cunningham 1998).

3. Phytodégradation

Les plantes dégradent les contaminants organiques dans leurs tissus ou via des exsudats racinaires (Cunningham et al 1996).

4. Rhizofiltration

Les racines des plantes aquatiques absorbent les contaminants présents dans l'eau (Dushenkov et al 1995).

5. Phytovolatilisation

Les plantes absorbent les contaminants et les libèrent sous forme volatile dans l'atmosphère (Meagher 2000).

I.2. ÉTAPES DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA PHYTOEPURATION

1. Sélection des Plantes où se fait un Choix des espèces végétales adaptées à la nature des contaminants et aux conditions locales (climat, type de sol).
2. Préparation du Site, où nous procédons à une analyse des contaminants présents (type, concentration, distribution). Et une préparation du sol ou des bassins pour favoriser la croissance des plantes sélectionnées.
3. Plantation et Surveillance, basée sur une installation des plantes sur le site contaminé ; une surveillance régulière de la croissance des plantes, de la concentration des contaminants, et de l'efficacité de la phytoépuration.
4. Récolte et Gestion des Déchets: soumis à une récolte des plantes contaminées si nécessaire (dans le cas de la phytoextraction) ; une gestion et traitement des plantes récoltées pour éviter la recontamination.

5. Évaluation et Suivi, basée sur une évaluation continue de l'efficacité de la phytoépuration et à un Ajustements et améliorations du processus basés sur les résultats obtenus (Saltet al. 1998; Vangronsveld et Cunningham 1998; Cunningham et al 1996 et Meagher 2000).

La phytoépuration est utilisée pour traiter les eaux usées domestiques, industrielles, et agricoles, ainsi que pour la réhabilitation des sols contaminés par des métaux lourds et des composés organiques. Elle offre une solution écologique et économique pour la gestion des sites contaminés, tout en contribuant à la restauration de l'écosystème.

En appliquant cette méthode, les plantes jouent un rôle crucial dans la décontamination des milieux pollués, offrant ainsi une alternative durable aux méthodes conventionnelles de traitement.

II. Caractérisation générale du lac Tonga

Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (DGF. JUIN 2003)

1. Date à laquelle la Fiche descriptive a été remise à jour :	Mars 2002
2. Pays :	Algérie
3. Nom de la zone humide:	Réserve Intégrale du Lac Tonga, Wilaya d'ElTarf
4. Coordonnées géographiques :	Longitude : 36°53' N Latitude : 08°31' E
5. Altitude : Altitude moyenne 2,2 mètres	
6. Superficie :	2.700 hectares

Justification des Critères Ramsar

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

Critère 2 : Le lac Tonga est une zone humide qui abrite des espèces aviaires rares, vulnérables ou en recul dans leur la région du paléarctique occidental, parmi ces espèces nous citons l'Erismature à tête blanche (*Oxyura leucocephala*), le Fuligule nyroca (*Aythya*

CHAPITRE.1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

nyroca), tous deux inscrits sur la Liste Rouge de l'IUCN, la première comme espèce en voie de disparition et la deuxième comme espèce vulnérable, la Talève sultane (*Porphyrio porphyrio*) et une colonie d'ardéidés. Nous citerons également la présence en grand nombre de la loutre *Lutra Lutra*.

Critère 3 : Du fait de la qualité de ses habitats, le lac Tonga abrite une diversité biologique très importante, parmi les groupes d'espèces nous citons : Les oiseaux d'eau : Le Tonga est le plus important site de nidification en Afrique du Nord pour une multitude d'espèces dont une colonie d'Ardéidés représentée par des Hérons et des Aigrettes. Le Busard des roseaux *Circus aeruginosus*, la Poule d'eau *Gallinula chloropus*, le Râle d'eau *Rallus aquaticus*, les Grèbes castagneux et huppé, l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*, la Talève sultane *Porphyrio porphyrio*, le Blongios nain *Ixobrychus minimus*, la Guifette moustac *Chlidonias hybridus*, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* et bien d'autres espèces. On y rencontre également la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* et la Sarcelle d'été *Anas querquedula*.

La flore: Le Tonga compte quatre vingt deux espèces végétales qui appartiennent à 31 familles botaniques, parmi elles 32 espèces (39% de l'ensemble) sont classées d'assez rares à rarissimes (Kadid, 1989). Parmi les espèces rares nous citons *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba*, *Utricularia exoleta*.

Les insectes: 22 espèces d'odonates sont inventoriées au niveau du lac Tonga. Elles

appartiennent à quatre familles taxonomiques : *Lestidae*, *Coenagrillonidae*, *Aeshnidae* et *Libellulidae*. (Saouche, 1993).

Les reptiles et les amphibiens : Plusieurs espèces de Reptiles et d'Amphibiens vivent dans le Tonga: L'Emyde lépreuse *Mauremys leprosa*, la Grenouille verte *Rana saharica*, le Discoglosse peint *Discoglossus pictus*, le Crapaud de Mauritanie *Bufo mauritanicus*, le Triton de poiret *Pleurodels poireti*, le Psammodrome algiré *Psammodromus algirus*, le Sep ocellé *Chalcides ocellatus*, le Lézard ocellé *Lacerta pater* et la couleuvre vipérine *Natrix maura*

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

Critère 6: Le lac abrite le 1% de la population mondiale pour plusieurs espèces comme l'Erismature à tête blanche *oxyura leucocephala* et le Fuligule nyroca *Aythya nyroca*. (DGF. JUIN 2003)

CHAPITRE.1. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Le lac Tonga, situé dans le nord-est de l'Algérie, fait partie intégrante du parc national d'El Kala, une région reconnue pour sa biodiversité exceptionnelle et son importance écologique. Ce lac, qui s'étend sur une superficie d'environ 2,700 hectares, est un exemple typique des zones humides méditerranéennes et joue un rôle crucial dans la régulation des écosystèmes locaux.

Caractéristiques physiques et hydrologiques

Le lac Tonga est alimenté principalement par les précipitations et les cours d'eau environnants. Il se caractérise par une profondeur relativement faible, ce qui favorise le développement de vastes zones de végétation aquatique et émergente. Les fluctuations saisonnières du niveau de l'eau sont une caractéristique notable du lac, influençant les habitats disponibles pour la faune et la flore .

Biodiversité

Le lac Tonga abrite une riche biodiversité, comprenant de nombreuses espèces de plantes, d'oiseaux, de poissons et d'invertébrés. Parmi les espèces végétales, on trouve des plantes épuratrices telles que les roseaux (*Phragmites australis*), les massettes (*Typha* spp.) et diverses espèces de carex (*Carex* spp.). Ces plantes jouent un rôle essentiel dans la purification de l'eau en filtrant les nutriments et les polluants .

La faune du lac est également remarquable, avec une avifaune diversifiée comprenant des espèces menacées et migratrices. Le lac est un site de nidification important pour plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques, et il est reconnu comme une zone d'importance pour la conservation des oiseaux (ZICO) .

Importance écologique et économique

Le lac Tonga est une zone humide d'importance internationale, inscrite sur la liste des sites Ramsar depuis 1982. Cette reconnaissance souligne l'importance du lac pour la conservation de la biodiversité, la régulation des cycles de l'eau, et la fourniture de services écosystémiques tels que la pêche et le tourisme écologique.

Menaces et conservation

Malgré son importance écologique, le lac Tonga est confronté à plusieurs menaces, notamment la pollution, les modifications hydrologiques dues aux activités humaines, et les

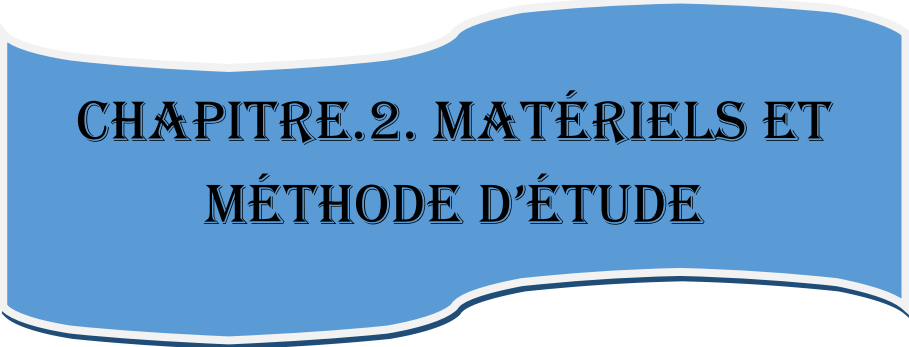
espèces envahissantes. Des efforts de conservation sont en cours pour protéger et restaurer les habitats du lac, en impliquant la gestion des ressources hydriques et la sensibilisation des communautés locales. Ainsi, le lac Tonga est un écosystème vital qui nécessite une attention continue pour préserver ses fonctions écologiques et sa biodiversité unique. Les initiatives de conservation et de gestion durable sont essentielles pour assurer la pérennité de ce milieu naturel précieux pour les générations futures.

II.3. Caractéristiques physiques

Géologie : L'origine du Tonga date du Quaternaire, les mouvements tectoniques ont permis le creusement de sa cuvette. Au fond du lac se développent les argiles de numidie qui assurent l'imprimabilité de cette dépression laguno-marine qui s'est transformée en lac d'eau douce par l'envasement du fond à la suite de dépôts importants de limons arrachés aux collines. Le bassin versant du Tonga de 150 km² est constitué de diverses formations géologiques: Sols de marécages, formés de limons de bas fonds, alluvions limoneuses formées de sable et limons récents, formations du Pontien, formées de conglomérats à ciments argileux, grès de numidie qui sont quartzeux, blanchâtres, formant des reliefs abrupts, argiles de numidie, formées de marnes argilo-schisteuses, argiles, grès et calcaires noirs de l'Eocène moyen qui constituent les contreforts entourant le lac.

Pédologie: on y distingue 4 types de sols, les sols des marais dans la partie centrale du lac, les sols tourbeux au niveau de l'aulnaie au Nord du Tonga, les dépôts alluvionnaires d'oued El Hout et oued El Eurg et autour du lac et les sols de prairies marécageuses qui s'assèchent en été.

Hydrologie : Le Tonga est alimenté d'une part par de nombreux affluents (petits ravins) secs en été tout au long des rives Ouest et sud et d'autre part par à l'Est et au Nord Est par des oueds et de 02 sous bassins versants, celui d'oued EL Hout au sud et d'oued El Eurg au Nord ; L'exutoire du Tonga étant l'oued Messida (DGF. JUIN 2003).



CHAPITRE.2. MATÉRIELS ET MÉTHODE D'ÉTUDE

I. Situation géographique du site et stations d'études

Le Parc National d'El Kala, est l'un des plus grands parcs nationaux d'Algérie. Il a été créé par décret le 23 juillet 1983 et depuis 1990, il est classé Réserve de la Biosphère dans le réseau des réserves du programme MAB (Man And Biosphère) de l'UNESCO. D'une superficie de 80.000 hectares environ, il est situé à l'extrême Nord Est du Pays (figure1). Il est naturellement limité au nord par le littoral Méditerranéen, à l'ouest par le système dunaire de Righia, à l'est par la frontière Algéro-tunisienne et au sud par les contreforts des monts de la Medjerda. Ce territoire est caractérisé par l'existence de cinq grands types d'habitats de haute valeur écologique. L'habitat forestier, les zones humides (les Lacs Oubeira, Tonga et des Oiseaux sont classés sites Ramsar), l'habitat rupicole, l'habitat dunaire et l'habitat littoral. Caractérisé par une importante mosaïque d'écosystèmes, le PNEK abrite une richesse faunistique et floristique diversifiée. Ses coordonnées géographiques sont 36°52 latitudes nord et 8°27 longitude Est, au niveau de la ville d'El-Kala.. 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 environ 80 km au Nord de celle de Souk-Ahras, il s'étend sur une superficie de 76,438 ha. Il est limité au Nord par la Méditerranée, au Sud par les monts de la Medjedra, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne et à l'Ouest par les plaines d'Annaba.

Le site d'étude intégré dans le PNEK ; est un vaste complexe de zones humides qui comprend un lac d'eau douce saisonnier, des collines boisées, une forêt humide et un système de dunes de sable, tous situés dans le Parc national El Kala, à l'extrême nord-est du pays. Le lac est relié à la Méditerranée et offre un habitat important aux plantes aquatiques. C'est le site de nidification le plus important d'Afrique du Nord pour une multitude d'espèces d'oiseaux, notamment des colonies de hérons et d'aigrettes, le busard des roseaux et des oiseaux d'eau variés, y compris des espèces rares et menacées au plan mondial. Les communautés locales pratiquent l'élevage et une agriculture saisonnière. Les questions de gestion comprennent la réglementation de la pêche et l'utilisation de l'eau du lac pour l'irrigation ainsi que la restauration des fonctions hydrologiques naturelles du lac. Le site a été inscrit au Registre de Montreux en 1993 parce que le lac était couvert de plantes aquatiques émergentes, laissant peu d'espace aux eaux ouvertes. Une réduction importante de l'alimentation en eau du lac est à l'origine de changements dans les caractéristiques écologiques.

CHAPITRE.2. Matériels et méthode d'étude



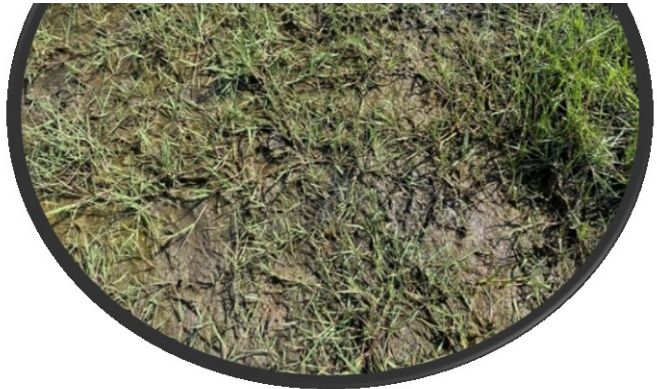
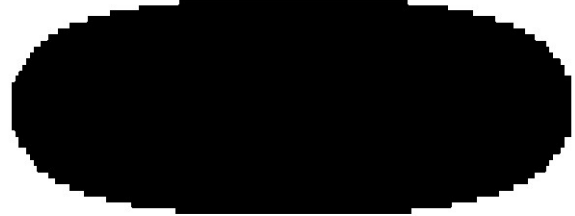
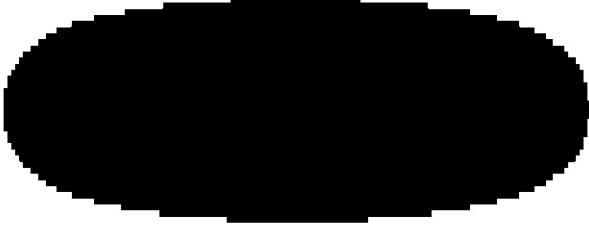
Figure. 1. Situation géographique du site d'étude et localisation des point stations d'étude

II. Méthode d'étude et méthode d'échantillonnage

Matériels de terrain

- **Carnet d'observation et un stylo** : Pour organiser les observations et le travail.
- **Ruban de mesure** : Utiliser pour mesurer les dimensions des arbres.
- **GPS** : utilisé pour prendre les coordonnées de différents relevés de nos études d'échantillonnage.
- **Smart phone** : Pour prendre des photos des stations et de la flore qui existe pour chacune.

CHAPITRE.2. Matériels et méthode d'étude



CHAPITRE.2. Matériels et méthode d'étude





III. Méthode d'étude et méthode d'échantillonnage

Matériels de terrain :

- ☐ Carnet d'observation et un stylo : Pour organiser les observations et le travail.
- ☐ Ruban de mesure : Utiliser pour mesurer les dimensions des arbres.
- ☐ GPS : utilisé pour prendre les coordonnées de différents relevés de nos études d'échantillonnage.
- ☐ Smart phone : Pour prendre des photos des stations et de la flore qui existe pour chacune.

Echantillonnage aléatoire simple

L'échantillonnage est le processus par lequel on détermine l'échantillon. Son but suprême est l'atteinte d'une représentativité impartiale de la population à l'étude pour que toute estimation basée sur l'échantillon soit sans biais et inférée à la population. Puisque la méthode donne à chaque individu de la population une chance égale d'être choisi, elle permet d'espérer un échantillon "représentatif". La méthode peut cependant poser certaines difficultés. D'abord, elle n'est applicable que s'il existe une liste des individus composant la population. Ensuite, elle peut être fastidieuse si L'échantillon et la population sont tous deux de grande taille. Cela sera particulièrement vrai si la sélection se fait manuellement. **Frontier. et Pichod-Viale. 1998.**

Méthode 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 .L'application des techniques couramment utilisées en phytoécologie permet: La hiérarchisation relative des variables du milieu par rapport à l'influence qu'elles exercent sur la répartition des espèces et sur la composition floristique des groupes étudiés. La recherche des groupes d'espèces indicatrices à partir de l'analyse de l'influence que chacune des variables, prises séparément, peut avoir sur la répartition des espèces. Cette méthode caractérise la sensibilité des espèces aux conditions du milieu au moyen de profils écologiques. Il s'agit d'une méthode de type floristico-écologique visant non seulement à définir des « groupements végétaux » mais à établir des corrélations plus ou moins précises

entre ces groupements ou même les différentes espèces et les facteurs du milieu. Un relevé est un ensemble d'observations écologiques concernant un lieu déterminé (**Godron, 1968**). Le relevé doit être réalisé sur une aire minimale de la surface floristiquement homogène où la structure de la végétation, la composition floristique et les conditions écologiques sont uniformes. **Frontier. et Pichod-Viale. 1998**. Les espèces qui présentent des profils écologiques semblables et qui apportent une information élevée sur les mêmes variables constituent les groupes écologiques indicateurs des conditions de milieux bien déterminés.

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

Choix des paramètres écologique d'étude des données de terrain

Richesse spécifique (S)

Elle représente un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement. C'est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné. Ce paramètre renseigne sur la qualité d'un milieu, plus (S) est élevée (pour des peuplements équivalents) plus le milieu est riche, donc, complexe et plus il est stable, sur un plan mathématique. En effet, pour des raisons matérielles- les surfaces à étudier étant souvent considérables- il est contraint de ne prospecter qu'une fraction, de l'écosystème à partir d'un plan d'échantillonnage convenablement conçu. Dans ces conditions, un autre paramètre, la richesse moyenne S s'avère d'une grande utilité dans l'étude de la structure des peuplements. (**Frontier. et Pichod-Viale. 1998**).

Richesse moyenne (s)

C'est la moyenne des richesses stationnelle (par relevé), c'est un paramètre statistiquement interprétable et il a l'avantage de réduire quantitativement l'influence des espèces rares. Ce paramètre est également une mesure de l'homogénéité d'un peuplement donc, d'un habitat. Plus la valeur de « s » sera proche de celle de « S » plus le peuplement est homogène, plus il s'en éloigne plus le peuplement est hétérogène. (**Frontier. et Pichod-Viale. 1998**).

CHAPITRE.2. Matériels et méthode d'étude

Fréquence relative (f_i)

$$f_i = \frac{n_i}{N}, f_i \text{ varie de } 0 \text{ à } 1 (0 \leq f_i \leq 1)$$

n_i = c'est l'abondance de l'espèce i dans le peuplement,

N = l'abondance totale du peuplement. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998).

Fréquence centésimale (d'occurrence) (F)

$$F = \frac{r_i}{N} \times 100, (0 \leq F \leq 100)$$

Elle exprime le rapport du nombre de relevés dans lequel l'espèce est présente au nombre total des relevés réalisés. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998).

r_i = le nombre de relevés dans lequel l'espèce est présente.

On peut calculer des intervalles de fréquences qu'on appelle la constante :

Exemple si : $F_i \leq 25\% \rightarrow$ espèce rare ou accidentelle

$25\% < F_i \leq 50\% \rightarrow$ espèce commune ou accessoire

$F_i > 50\% \rightarrow$ espèce dominante

Abondance des espèces

La densité, c'est-à-dire le nombre d'individus de chaque espèce présents par unité de surface, n'est pas nécessairement la meilleure méthode d'étude lorsqu'il s'agit de comparer des peuplements comportant des espèces de taille très variées. L'utilisation des biomasses et (ou) des poids secs par unité de surface représentent une estimation plus précise de l'abondance. Les peuplements végétaux peuvent être étudiés en évaluant l'abondance des diverses espèces qu'ils comportent à partir du pourcentage de la surface du sol couvert par les individus de chaque espèce. (Frontier. et Pichod-Viale. 1998)

Elle constitue un autre paramètre important pour la description de la structure d'un peuplement. C'est le nombre d'individus d'une espèce.

Si on ramène l'abondance à une unité de surface ou de volume nous obtenons **la densité**.

On peut exprimer l'abondance de manière relative ou absolue, on peut la codifier (Braun-Blanquet. 1936) :

Exemple :

0 → absent

1 → rare et dispensé

2 → peut rare

3 → abondante

4 → très abondante

Méthode d'analyses numériques des données de terrain

Analyse factorielle des correspondances

L'analyse factorielle des correspondances (AFC), ou analyse des correspondances simples, est une méthode exploratoire d'analyse des tableaux de contingence. Elle a été développée par **Benzecri durant la période 1970-1990.**

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) n'est qu'un cas particulier des analyses multivariées qui toutes relèvent de la théorie mathématique des analyses canoniques généralisées. Toutes ces méthodes visent à dégager les grandes tendances dans l'organisation d'un ensemble de données par le biais d'une hiérarchie de facteurs, chaque facteur dégageant une cohérence partielle de données. Toutes visent à rapprocher/opposer les individus ou éléments entre eux par le fait qu'ils ont des valeurs "proches/Véloignées (mais la notion de distance est variable selon les méthodes) pour les mêmes caractères ou variables ; toutes visent à rapprocher/opposer les variables entre elles par le fait qu'elles ont des valeurs "proches/Véloignées pour les mêmes individus. Toutes visent à rapprocher les individus des variables. Toutes utilisent, pour ce, des calculs matriciels. **(Robert).**

CHAPITRE.3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE.3. résultats et discussion

I. Inventaire floristique des espèces étudiées et état de présence

Le tableau.2 et la figure.2 et 3 montre une prédominance de fréquence de 8 espèces sur 38 espèces inventoriée sur terrain lors de notre étude ; étant : *Ranunculus aquatilis*, *Glyceria fluitans*, *Lemna minor*, *Juncus pygmaeus*, *Ranunculus sardous*, *Paspalum disticum*, *Ranunculus ophioglossum* et *Marsilea diffusa* dont F varie entre 9,44 et 3,35.

Tableau.2. Liste des espèces et fréquence

Espèces inventoriées	fi (Fréquence relative)	F (fréquence centésimale)
<i>Ranunculus ophioglossum</i>	0,038155549	3,815526479
<i>Ranunculus aquatilis</i>	0,094404385	9,440368164
<i>Sparganium erectum</i>	0,033046856	3,304661009
<i>Marsilea diffusa</i>	0,033525796	3,352554647
<i>Iris pseudacorus</i>	0,018519011	1,851887329
<i>Nunphea alba</i>	0,008514488	0,85144245
<i>Juncus maritima</i>	0,014368198	1,436809134
<i>Juncus acutus</i>	0,017241838	1,724170961
<i>Juncus pygmaeus</i>	0,043423981	4,342356495
<i>Cyperus longus</i>	0,015432542	1,543239441
<i>Scirpus setaceus</i>	0,029162183	2,916190391
<i>Utricularia australis</i>	0,020328383	2,032818849
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,027991439	2,799117054
<i>Myriophyllum spicatum</i>	0,019476933	1,947674604
<i>Potamogeton lucens</i>	0,032567986	3,256767371
<i>Polygonum amphibium</i>	0,027033557	2,703329779
<i>Callitriche stagnalis</i>	0,012771759	1,277163675
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	0,027618929	2,761866447
<i>Lemna minor</i>	0,051353115	5,135262276
<i>Eleocharis palustris</i>	0,010643133	1,064303062
<i>Utricularia exoleta</i>	0,019955874	1,995568242
<i>Lythrum salicaria</i>	0,02772536	2,772509478
<i>Typha latifolia</i>	0,010643133	1,064303062
<i>Glyceria fluitans</i>	0,072054008	7,205331733
<i>Alisma lanceolatum</i>	0,027246419	2,72461584
<i>Aster squamatus</i>	0,023707578	2,370735072
<i>Paspalum disticum</i>	0,038741003	3,874063147
<i>Apium crassipes</i>	0,016869365	1,686920354
<i>Damasonium alisma</i>	0,00760984	0,76097669
<i>Panicum repens</i>	0,03815563	3,815526479
<i>Tamarix gallica</i>	0,011707446	1,170733369
<i>Ranunculus sardous</i>	0,041827511	4,182711035
<i>Rumex palustris</i>	0,011707446	1,170733369
<i>Polygonum lapathifolium</i>	0,00478941	0,478936378

CHAPITRE.3. résultats et discussion

<i>Cynodon dactylon</i>	0,030971516	3,097121912
<i>Lythrum junceum</i>	0,023627754	2,362752799
<i>Billis annua</i>	0,017082228	1,708206415

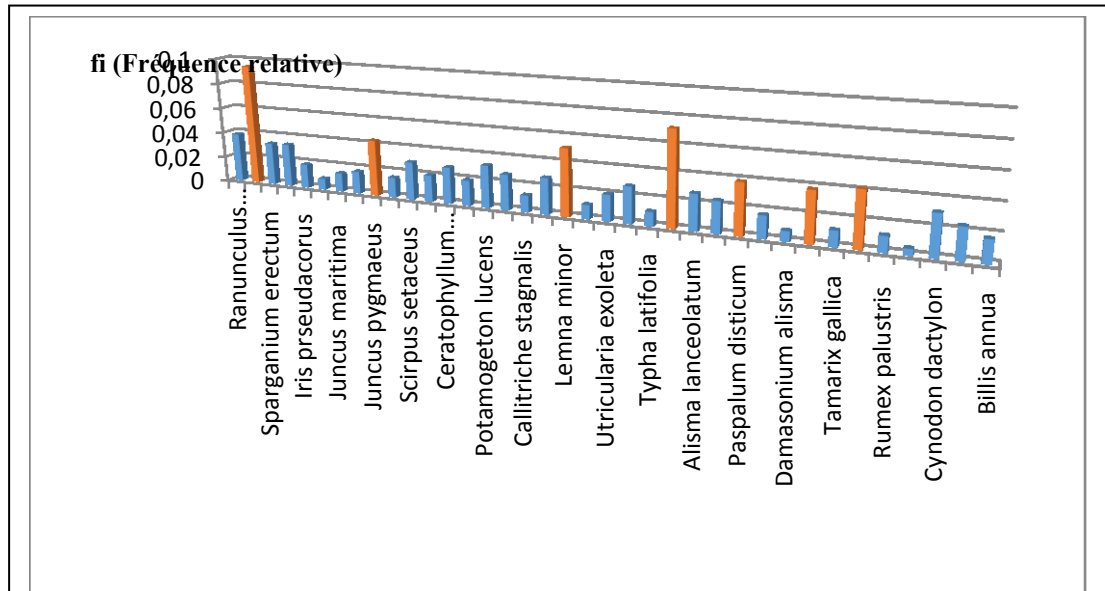


Figure.2. Variation de la fréquence relative des espèces étudiées dans le lac Tonga

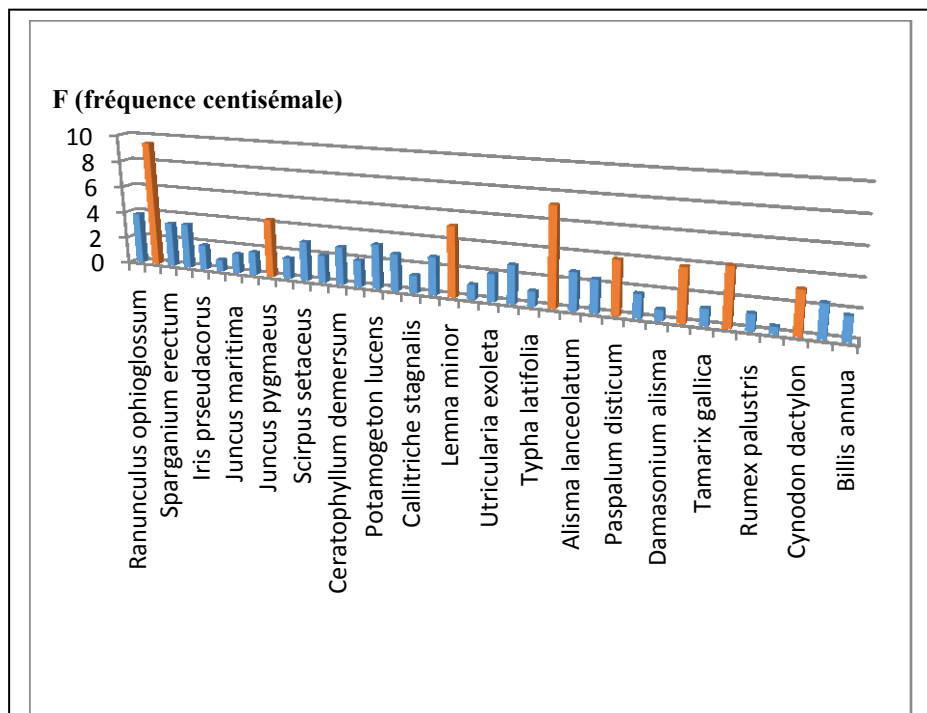
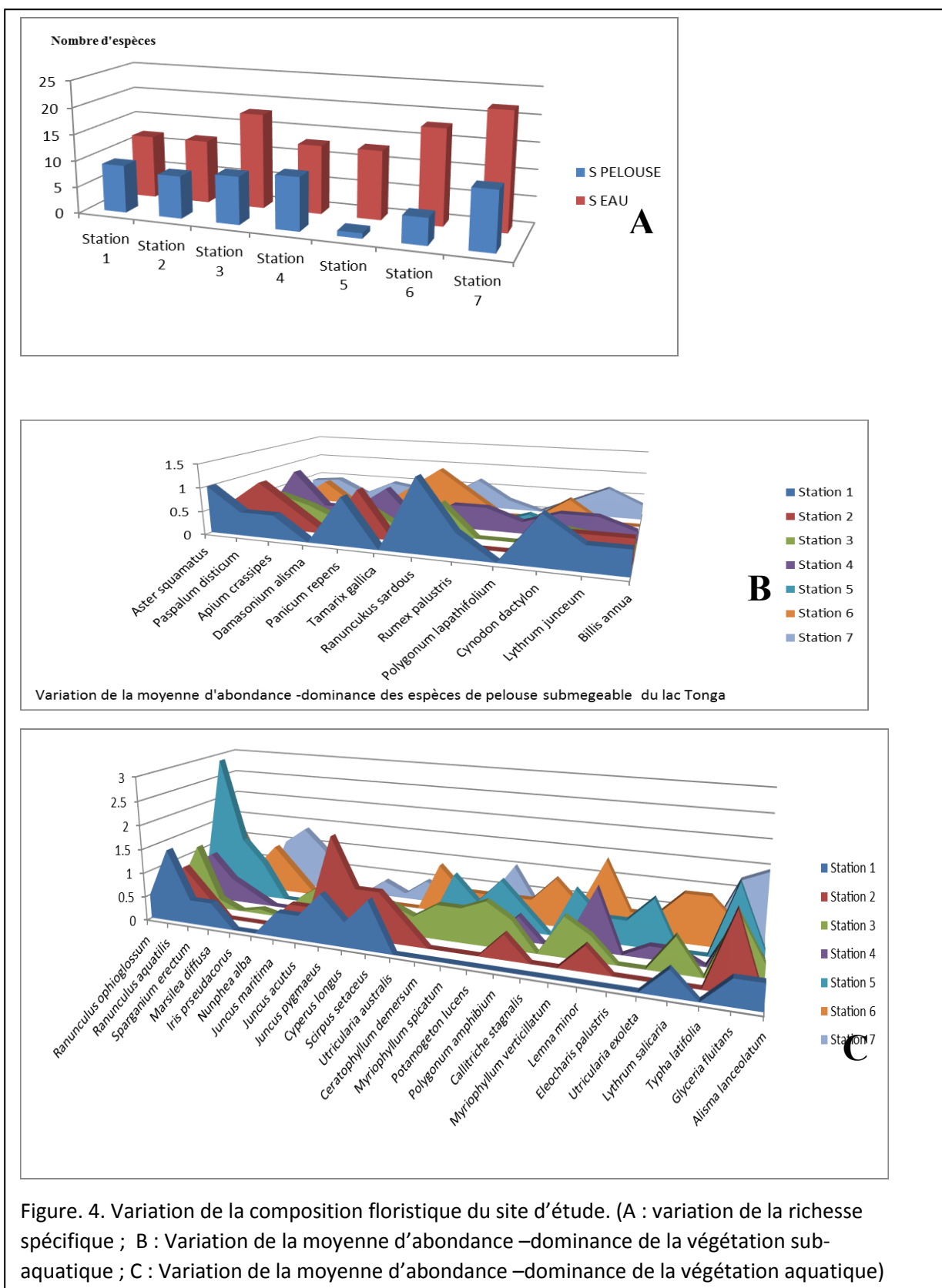


Figure.3. Variation de la fréquence centésimale des espèces étudiées dans le lac Tonga



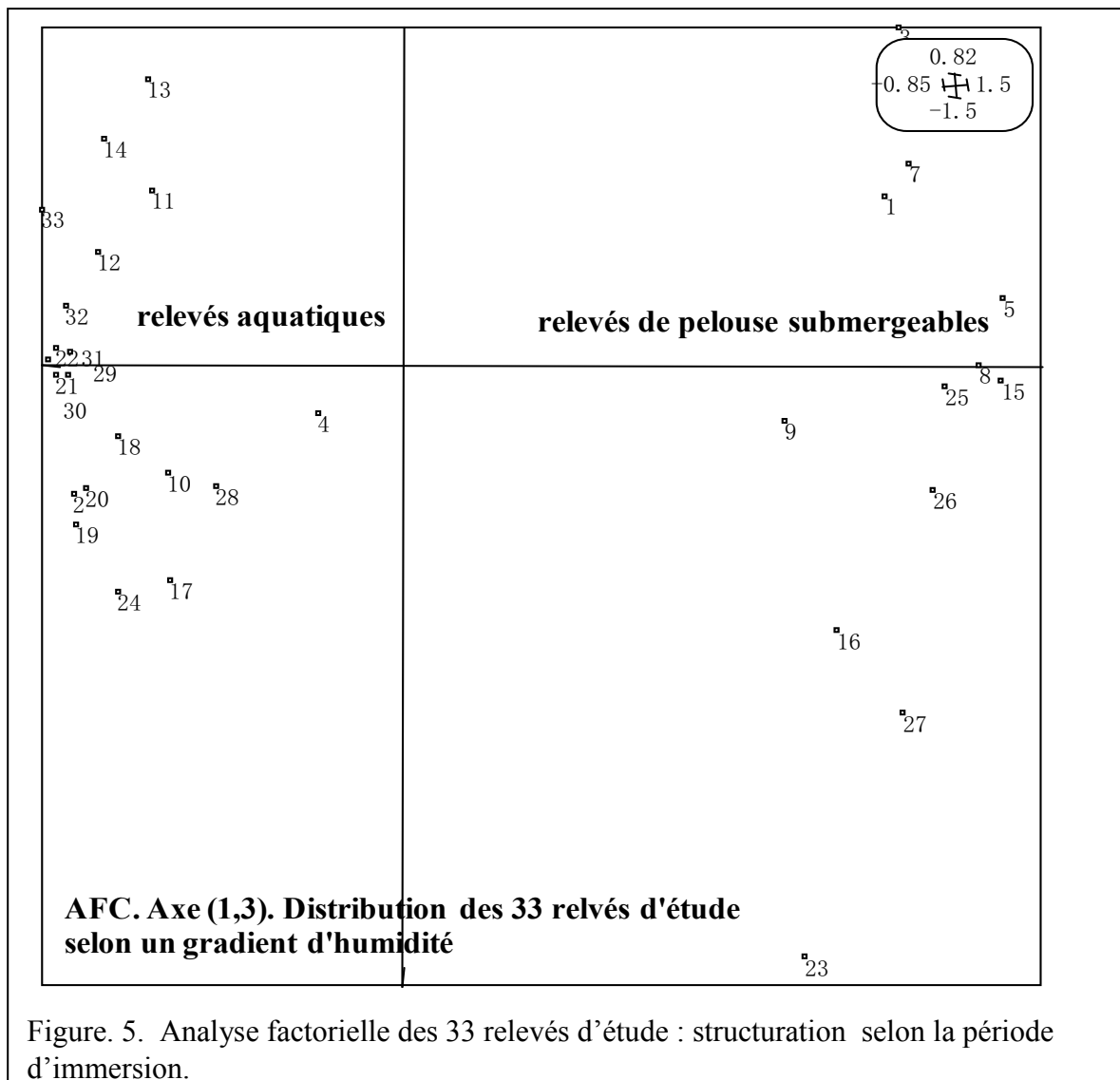
CHAPITRE.3. résultats et discussion

La figure.4, nous explique la distribution des espèces inventoriées lors de notre terrain suit l'abondance dominance de chacune dans son relevé d'étude, ainsi nous observons que la zone aquatique est caractérisée par un $S = 25$ par contre la zone terrestre $S = 12$. Ce peu d'espèces s'explique par le peu de temps de la période d'échantillonnage (Avril –Mai).

Lythrum junceum, étant l'espèce la plus abondante dans le groupement végétal de la pelouse associé avec *Ranunculus sardous*.

Alisma lanceolatum et *Glyceria fluitans* prédominent dans le groupement aquatique par la taille de leurs population ; par contre *Iris pseudacorus* prédomine par son hauteur.

II. Structure de la végétation



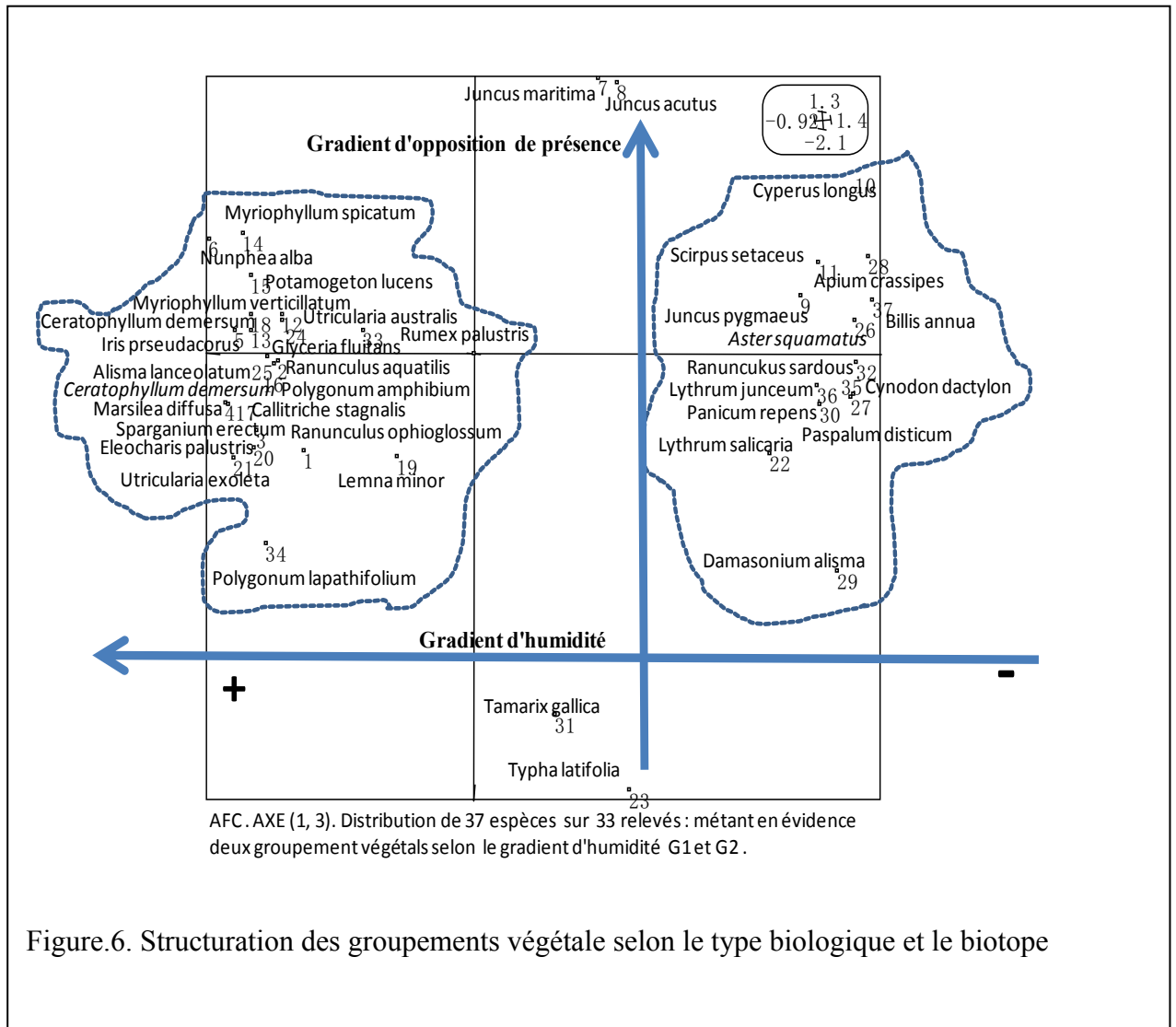


Figure.6. Structuration des groupements végétale selon le type biologique et le biotope

L'image montre une analyse en composantes principales (AFC) de la répartition de 36 espèces végétales basée sur deux axes : Gradient d'opposition de présence et Gradient d'humidité. L'analyse fait ressortir deux groupements principaux de plantes G1 et G2 en fonction du niveau d'humidité (période d'immersion).

DISCUSION

L'état male-venant des plantes épuratrices dans le lac Tonga, situé dans le Parc national El Kala en Algérie, peut être attribué à plusieurs facteurs environnementaux et anthropiques.

L'introduction de polluants chimiques et organiques dans le lac à partir de sources industrielles, agricoles et domestiques peut nuire à la santé de ces plantes épuratrices (Saad et al 2009). Nous pouvons citer aussi les changements hydrologiques où il ya eu des variations du niveau d'eau dues à la gestion des barrages, aux prélèvements d'eau pour l'irrigation ou aux périodes de sécheresse peuvent affecter la croissance et la survie des plantes épuratrices (Bouchecker et al 2014). Aussi l'invasion d'espèces exotiques où il ya eu un constat d'introduction d'espèces végétales ou animales exotiques qui ont perturbé l'écosystème et concurrencer les plantes épuratrices indigènes (Muller et Doyen 2009). Les variations climatiques, telles que l'augmentation des températures et les modifications des régimes de précipitations, peuvent affecter les conditions de croissance des plantes épuratrices (Belair et Achour 2011). Sans oublié les activités de l'homme qui dégrader les habitats naturels des plantes épuratrices (Benhouhou etGharzouli 2010 ; Nouidjem, et al 2012 et Vymazal 2007).

Tout ces auteurs ont contribué à expliquer le pourquoi de l'état male-venant où l'effet de masse de certaine espèces épuratrices ou non dans le lac Tonga.

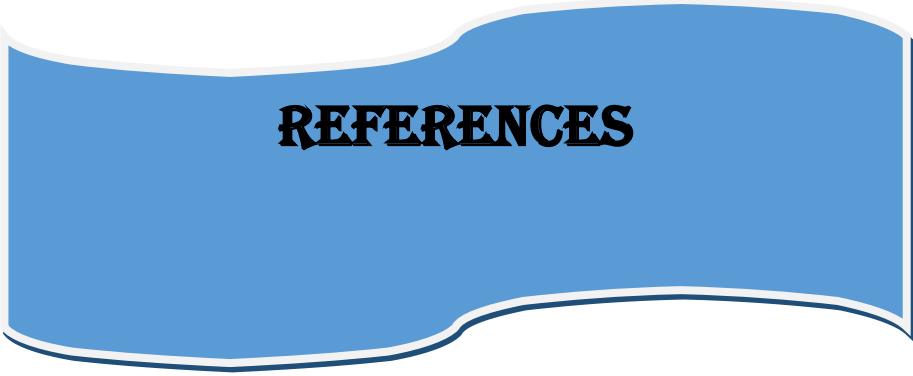
A blue banner with a wavy, torn-edge design, featuring a white border and a subtle drop shadow.

CONCLUSION

Conclusion :

L'inventaire et l'estimation écologique des plantes épuratrices dans le lac Tonga révèlent l'importance cruciale de ces espèces végétales pour la santé et la durabilité de cet écosystème aquatique. Les plantes épuratrices identifiées, telles que *Ranunculus ophioglossum*, *Iris pseudacorus*, *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Typha latifolia*, jouent un rôle essentiel dans la filtration et la purification de l'eau, contribuant à maintenir la qualité de l'eau et à soutenir la biodiversité locale. Selon la bibliographie, les plantes épuratrices du lac Tonga non seulement absorbent et dégradent divers polluants, mais elles fournissent également des habitats indispensables pour de nombreuses espèces de faune, notamment les oiseaux migrateurs et les poissons. Cependant, le lac Tonga fait face à plusieurs défis, notamment la pollution, les modifications hydrologiques et les espèces envahissantes, qui menacent la santé de son écosystème. Notre étude, malgré que la période d'échantillonnage fût très courte pour une bonne évaluation et une description complète de la composition floristique ; nous pouvons conclure que la flore du lac Tonga n'est pas encore dans son état naturel et la succession floristique après toutes ces dégradations que le lac à subi est dans son premier stade d'évolution et d'installation ; Reste à confirmer avec une autre approche de terrain plus profonde dans le temps et l'espace.

Les recommandations issues de cette étude incluent la mise en place de mesures de protection spécifiques pour les zones à haute concentration de plantes épuratrices, la restauration des habitats dégradés et la sensibilisation des communautés locales à l'importance de ces plantes pour l'environnement.



REFERENCES

REFERENCES

- Belair, A., et Achour, S. (2011).** Impacts of Climate Change on the Wetlands of El Kala National Park. *Climatic Change*, 107 (3-4), 615-634.
- Benhouhou, S., et Gharzouli, R. (2010).** Anthropogenic Pressures on the Wetlands of El Kala: Challenges and Conservation Measures. *Journal of Environmental Management*, 91 (11), 2444-2452.
- Benouar, D., & Bouguerra, M. (2019).** “Étude des plantes aquatiques du lac Tonga: Implications pour la gestion des zones humides.” *Journal of Environmental Studies*
- BirdLife International. (2021).** “Important Bird Areas factsheet: Lac Tonga
- Bouchecker, A., Houichi, L., Brahimi, S. (2014).** Hydrological and Environmental Impact of Dams on Wetlands: Case of Tonga Lake. **International Journal of Environmental Studies*, 71 (4), 579-592.
- Braun-Blanquet, J. (1932).** Plant Sociology. The Study of Plant Communities. McGraw-Hill.
- Brix, H. (1997).** Les macrophytes jouent-ils un rôle dans les zones humides de traitement artificielles ? *Science et technologie de l'eau*, 35 (5), 11-17.
- Downing, J.A. et al. (2006).** L'abondance mondiale et la répartition de la taille des lacs, des étangs et des retenues. *Limnologie et océanographie*, 51 (5), 2388-2397.
- Frontier S. 1983.** Stratégie d'échantillonnage en écologie. Coll. d'écologie. 17 Ed. Masson. **294p.**
- Frontier S., Pichod-Viale D. 1993.** Ecosystèmes, structure-fonctionnement, évolution. Coll. d'Écologie. 21. 2ème Ed. Masson. **447 p.**
- Godron, 1968.** Relevé méthodique de la végétation et du milieu, C.N.R.S, 292 p.
- Gounot, 1969.** Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris. **314 pp.**
- Jacobson, SK et McDuff, MD (1998).** Former des savants idiots : le manque de dimensions humaines dans la biologie de la conservation. **Biologie de la conservation*, 12 (2), 263-267.

REFERENCES

- Khan, S., Cao, Q., Zheng, YM, Huang, YZ et Zhu, YM (2008).** Risques sanitaires liés aux métaux lourds présents dans les sols contaminés et les cultures vivrières irriguées avec des eaux usées à Pékin, en Chine. **Pollution de l'environnement*, 152 (3), 686-692
- Kent, M., & Coker, P. (1992).** *Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach.* John Wiley & Sons.
- MedWet. (2017).** “Les zones humides méditerranéennes: Sites Ramsar en Algérie.”
- Direction Générale des Forêts d’Algérie. (2015). “Plan de gestion du Parc National d’El Kala.”
- Mitsch, WJ et Gosselink, JG (2015).** *Marécages.* John Wiley et sons
- Muller, S., et Doyen, L. (2009).** Invasive Plant Species in the Wetlands of Northern Algeria. *Weed Research*, 49 (5), 457-465.
- Munns, R. et Testeur, M. (2008).** Mécanismes de tolérance à la salinité. *Revue annuelle de biologie végétale*, 59, 651-681.
- Naiman, RJ et Decamps, H. (1997).** L'écologie des interfaces : Zones riveraines. *Revue annuelle d'écologie et de systématique*, 28 (1), 621-658.
- Nouidjem, Y., Chenchouni, H., et Zerrouki, H. (2012).** Eutrophication of Water Bodies and Its Impact on Aquatic Plants: Case Study of El Kala Lakes. **Water, Air, & Soil Pollution*, 223 (, 5221-5232.
- Ramsar Sites Information Service. (1982).** “Lac Tonga.”
- Saad, A., Slimani, N., et Touhami, F. (2009).** Impact of Pollution on Aquatic Vegetation in El Kala Wetlands. *African Journal of Aquatic Science*, 34*(3), 265-272.
- Suding, KN et al. (2015).** S'engager pour une restauration écologique. **Sciences*, 348*(6235), 638-640
- Tutin, T.G., et al. (1964-1980).** *Flora Europaea.* Cambridge University Press. .
- Sutherland, W.J. (2006).** *Ecological Census Techniques: A Handbook.* Cambridge University Press.
- Vymazal, J. (2007).** Élimination des éléments nutritifs dans divers types de zones humides construites. *Science de l'environnement total*, 380(1-3), 48-6

REFERENCES

Zedler, J.B. et Kercher, S. (2004). Causes et conséquences des plantes hypertrophiées en zones humides : opportunités, opportunistes et résultats. *Revue critique des sciences végétales*, 23 (5), 431-452.

Zedler, JB et Kercher, S. (2004). Causes et conséquences des plantes envahissantes dans les zones humides : opportunités, opportunistes et résultats. **Revue critique des sciences végétales*, 23*(5), 431-452.