

N° d'ordre : 3536

THESE

En vue de l'obtention du : **DOCTORAT**

Centre de Recherche : GEOPAC

Structure de Recherche : Géo-biodiversité et patrimoine naturel

Discipline : Biologie

Spécialité : Environnement et Conservation du Patrimoine Naturel

Présentée et soutenue le 16/ 10 /2021 par :

Jihane GRIBA

**Plan d'Aménagement et de Gestion d'une Zone Humide, Cas d'un Site
RAMSAR : Lac AFENOURIR, Moyen Atlas, Maroc**

JURY

Latifa MOUHIR	PES, Université Hassan II, Faculté des Sciences et Techniques - Mohammedia	Présidente
Mohamed ARAHOU	PES, Université Mohammed V, Institut Scientifique - Rabat	Rapporteur/ Examineur
Abdelkader CHAHLAOUI	PES, Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences - Meknès	Rapporteur/ Examineur
Amal SERGHINI	PES, Université Mohammed V, Institut Scientifique - Rabat	Rapporteuse/ Examinatrice
El Habib EL AZZOUZI	PH, Université Mohammed V, Institut Scientifique - Rabat	Examineur
Mohammed SADIK	Ing-En-Chef, Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture - Azrou	Invité
Rachid RHAFOURI	Docteur en Chimie, Parc National d'Ifrane – Azrou	Invité
Mohamed FEKHAOU	PES, Université Mohammed V, Institut Scientifique - Rabat	Directeur de Thèse

Année Universitaire : 2021/2022

REMERCIEMENTS

*Le travail de recherche qui a fait l'objet de ce mémoire et dont je présente les résultats a été effectué au sein de la structure de recherche Géo-biodiversité et patrimoine naturel à l'institut scientifique de Rabat, sous la direction de Professeur **FEKHAOUI MOHAMED**. En collaboration avec le Haut-Commissariat des eaux et forêt et de la lutte contre la désertification représentés par les équipes respectivement, CNHP à Azrou, le Parc National d'Ifrane et le Centre de Recherche Forestier à Rabat.*

*Je tiens à remercier vivement mon directeur de thèse Mr. **FEKHAOUI MOHAMED**, Professeur et Directeur de l'Institut Scientifique à Rabat, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la direction de cette thèse. Son dynamisme, son aide, ses précieux conseils, ses connaissances scientifiques m'ont permis d'avancer plus loin dans mes recherches. Je le remercie, tout particulièrement, pour ses grandes qualités humaines et son soutien permanent tout au long de ces années de recherche.*

*Je tiens à exprimer ma très vive gratitude envers professeur **MOUHIR Latifa** de la Faculté des Sciences et Techniques – Mohammedia-, d'avoir acceptée de faire partie de mon jury de thèse comme présidente.*

*J'adresse mes vifs remerciements au professeur **ARAHOU Mohamed** de l'Institut Scientifique – Rabat- d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse comme rapporteur/examineur.*

*Je tiens à remercier professeur **CHEHLAOUI Abdelkader** de la faculté des Sciences – Meknès- d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse comme rapporteur/examineur.*

*J'exprime ma plus profonde estime et ma vive gratitude à Mme **AMAL SERGHINI** pour ses encouragements et pour son soutien moral, aussi bien pour sa disponibilité présentiel et à distance lors d'un besoin d'explication ou de correction. Je vous remercie également d'avoir acceptée de faire partie de mon jury de thèse comme rapporteuse/examinatrice.*

*Je remercie également professeur **EL AZZOUZI El Habib** de l'Institut Scientifique –Rabat- d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse comme examinateur.*

*Je tiens à remercier Mr. **SADIK Mohammed** de CNHP- Azrou- d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.*

*J'ai le plaisir de remercier Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture à Azrou, sous la direction de Mr. **SADIK MOHAMMED** et l'équipes, Mme **NEZHA LADEL**, Mr. **HASSAN EL-IDRISSI** et Mr. **DRISS SERTI**. Pour votre aide votre disponibilité constante, vos conseils toujours judicieux et tout l'effort et le temps que vous avez consacrés pour ce travail durant ces années de thèse, au cours desquelles j'ai pu apprécier non seulement vos compétences professionnelles mais aussi vos qualités humaines ; vous étiez pour moi, et vous le demeurez, un exemple. Mon sincère remerciement s'adresse à Mr. **AMMAR MUSTAPHA** pour son effort sur le terrain durant la période de cette thèse.*

*Je tiens à exprimer ma très vive gratitude à l'équipe du Parc National d'Ifrane représentés par Dr. **RACHID RHAFOURI**, Mr. **LAHCEN OUKANNOU**. Votre encouragement, votre*

disponibilité pour l'achèvement de ce mémoire. Je remercie ainsi Mr. **HASSAN ACHIBAN** pour son aide et le temps consacré d'avoir m'expliquer l'histoire géologique et hydrogéologique du site d'étude.

J'adresse mes vifs remerciements à toute l'équipe du Centre de Recherche Forestier à Rabat au nom du défunt Mr. **"SAID HAJIB"** que dieu repose son âme.

Je suis particulièrement redevable envers le Professeur **MOHAMED IBN-TATTOU** et son équipe de recherche du laboratoire de végétation à l'institut scientifique, pour sa gentillesse et son aide à identifier les espèces floristique aquatique existante dans le site.

Je voudrais également remercie professeur **MHAMMDI NADIA** de l'unité de Géophysique de subsurface à l'institut scientifique, pour sa sympathie, ses conseils et explication du point de vue géologique du site.

J'adresse mes remerciements les plus distingués et les plus sincères à mes très chers **Parents** qui m'ont été d'un soutien moral exceptionnel pendant toutes ces années de recherche. Leurs prières et leur bénédiction qui m'ont accompagné lors de mes sorties, seule sur le terrain et m'ont aidé à surmonter tous les obstacles. Sans leur appui et leurs encouragements ce travail n'aurait jamais vu le jour. Je leurs prie de bien vouloir trouver à travers ces lignes l'expression de mon plus grand dévouement et amour.

Je tiens à remercier également toute la famille, particulièrement mon **Frère** sa **femme** et ma **Sœur** ainsi que mes deux **Tantes** pour leur soutien moral et encouragement.

J'exprimer ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à mon **Mari** pour son soutien, et son effort pendant les moments difficiles de ce travail sur le terrain et au laboratoire puisqu'il appartient à l'équipe du CNHP. Je lui dois la sollicitude, la compréhension, l'extrême patience les dernières années de ma thèse, et l'affection dont il a fait preuve à mon égard.

Je ne saurais oublier le soutien moral, les encouragements et l'aide de mes chère amies Mme. **ILHAM EL BEQSI** et Mme. **NADIA EL MESBAHI**.

Je prie tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail de bien vouloir trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

HOMMAGE

Lorsque j'ai appris le décès de feu mon Co-encadrant du Centre de Recherche Forestier "Mr. SAÏD HAJJIB". L'émotion m'a envahie tellement tant de souvenirs m'ont liée à ce vénérable monument de la recherche forestière. Il m'a vraiment aidée et soutenu plusieurs fois durant la période de ma thèse. Il était toujours disponible à me donner des conseils, des remarques et de la documentation afin d'aboutir mon doctorat.

À vrai dire, l'un des hommes les plus éclairés, les plus nobles et les plus généreux.

Il est toujours difficile de résumer la vie d'un homme en quelques lignes.

"تغمد الله الفقيد برحمته الواسعة، وانا لله وانا اليه راجعون"

Table de Matière

AVANT-PROPOS.....	5
LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS.....	6
ABSTRACT	7
RESUME	8
ملخص	9
LISTE DES ABREVIATIONS.....	10
LISTE DES FIGURES	12
LISTE DES TABLEAUX	14
INTRODUCTION GENERALE	15
<u>PARTIE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
CHAPITRE 1 : PLAN D'AMENAGEMENT ET DE GESTION	18
1-DEFINITION ET CONCEPTS	18
1-1-Définition :	18
1-2- Rôle du plan d'aménagement et de gestion	19
1-3- fonctionnalité du Plan d'aménagement et de gestion.....	19
2-PROCEDURE D'ÉLABORATION, D'INSTRUCTION ET D'APPROBATION.....	19
2-1- Identification de la zone humide	20
2-2-Evaluation de la description du site	21
2-3-Etude de faisabilité du Plan d'aménagement et de gestion	21
2-4-Elaboration du Plan d'aménagement et de gestion	22
2-5-Mise en Œuvre du Plan d'aménagement et de gestion.....	22
2-6- Facteurs influençant la réalisation des objectifs de gestion	23
2-7-Revision/ Actualisation du Plan d'aménagement et de gestion	23
3- CADRAGE D'UN PLAN D'AMENAGEMENT ET DE GESTION D'UNE ZONE HUMIDE.....	24
3-1-Cadre législatif au Maroc	24
3-2-Cadre législatif relatif aux aires protégées.....	24
3-3-Cadre législatif relatif à la protection de la faune et la flore et monuments culturels	24
3-4-Convention de Ramsar.....	24
3-5-Synergies avec d'autres conventions relatives à l'environnement	25
CHAPITRE 2 : PARC NATIONAL D'IFRANE	25
1- HISTORIQUE DU PARC NATIONAL D'IFRANE	25
2- CADRE SOCIO-ECONOMIQUE.....	26
3- VALEURS BIOLOGIQUES DU PARC NATIONAL D'IFRANE.....	26
4- OBJECTIF SPECIFIQUE DU PARC NATIONAL D'IFRANE.....	27
CHAPITRE 3 : LES ZONES HUMIDES	27

1-DEFINITION	27
2-FONCTIONS DES ZONES HUMIDES	28
2-1-Fonctions hydrologiques.....	28
2-2-Fonctions biologiques	28
2-3-Fonctions climatiques	28
3-LES VALEURS OU SERVICES RENDUS PAR LES ZONES HUMIDES.....	28
3-1-Utilisation des ressources en eau	28
3-2-Utilisation des ressources minérales.....	29
3-3-La prévention des risques naturels	29
3-4-Production de ressources biologiques	29
3-5-Potentialités culturelles et touristiques	29
3-6-Potentialités éducatives, récréatives, scientifiques et patrimoniale.....	29
3-7-Valeurs économiques des zones humides.....	29
4-LES ACTIVITES DE DYSFONCTIONNEMENTS :	30
4-1-Activité humaines et utilisations des ressources	30
4-2-Agriculture – Irrigation	30
4-3-Agriculture – Drainage	31
4-4-Elevage et parcours	31
4-5-Production et adduction d'eau potable	31
4-6-Pêche et aquaculture.....	31
4-7-Urbanisation et activités ménagères.....	31
4-8-Activités industrielles.....	31
4-9-Activités artisanales.....	32
4-10-Activités touristiques et lucratives.....	32
5-PRINCIPALES MENACES SUR LES ZONES HUMIDES.....	32
5-1-Assèchement, perte et transformation d'habitats	32
5-2-Perte de fonctions, de qualités écologiques et de biodiversité	32
5-3-Impact lié à la sécheresse naturelle.....	33
6-UTILISATION DURABLE ET RATIONNELLE :	33
CHAPITRE 4 : POLLUTION DE L'ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE	34
1-POLLUTION DE L'ENVIRONNEMENT :	34
1-1-Définition	34
1-2-Les différents types de pollution :	34
2-LES ZONES HUMIDES ET POLLUTION :	36
3-CHANGEMENTS CLIMATIQUES :	38
3-1-Historique du réchauffement climatique :	38
3-2-Définition du changement climatique :	39
3-3-Les causes du changement climatique :	40
3-4-les effets spécifiques des changements climatiques sur les écosystèmes et les espèces :	41
3-5-Les Gaz à effet de serre (GES) :	42
4-LES ZONES HUMIDES ET L'ATTENUATION DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES :	42
CHAPITRE 5 : VALEURS BIOLOGIQUES ET ECOLOGIQUES	43
1-INTRODUCTION :	43
2-VALEURS ORNITHOLOGIQUES :	44

3-VALEURS PISCICOLE :	45
3-1- Généralités.....	45
3-2- Etude sommaire d'un poisson :.....	45
3-3-Appréciation de la Valeur piscicole générale des Eaux douces :.....	45
4-VALEURS FLORISTIQUE :	47
5-VALEURS CULTURELLES ET TOURISTIQUES :	48
CHAPITRE 6 : FONCTIONS NATURELLES ET VALEURS SOCIO-ECONOMIE DES ZONES HUMIDES	49
CHAPITRE 7 : ANALYSE DES DONNEES (ACP)	50
1-INTRODUCTION :	50
2-NOTIONS DE BASE :	50
<u>PARTIE 2: MATERIELS ET METHODES</u>	
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE : AFENOURIR	58
1- SITUATION GEOGRAPHIQUE :	58
2- DIAGNOSTIC DE LA ZONE HUMIDE AFENOURIR :	60
2-1- Caractéristiques physico-géographiques.....	60
2-2- Caractéristique biologique et écologique :	63
2-3- Intérêts écologiques du Site :.....	64
2-4- Statut Foncier de l'Aguelmam :	65
3- LES ORGANISMES CONCERNES POUR LE PAG DE LA ZONE HUMIDE	66
a- Les collectivités locales et les services de l'Etat :	66
CHAPITRE 2 : DESCRIPTION DES MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES COMME BIO-INDICATEUR	67
1- INTRODUCTION :	67
2- ECHANTILLONNAGE ET ANALYSE :	67
2-1- Technique d'Echantillonnage :.....	67
2-1-1-Pré-tri et conservation des échantillons	68
2-2-Technique d'Analyse :.....	68
2-2-1-Tri et Identification des macro-invertébrés benthiques au laboratoire.....	68
CHAPITRE 3 : IDENTIFICATION DE LA BIODIVERSITE FLORISTIQUE DE LA ZONE HUMIDE	69
1- INTRODUCTION :	69
2- TECHNIQUE D'ECHANTILLONNAGE :	70
CHAPITRE 4 : SUIVI HYDRO-CHIMIQUE DE LA QUALITE D'EAU DU LAC.....	71
1- INTRODUCTION :	71
2- TECHNIQUE D'ECHANTILLONNAGE :	71
3- LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES :	71
3-1- Mesure des caractères physiques :.....	72
3-2- Mesure des caractères chimiques :.....	73
CHAPITRE 5 : INVENTAIRES AVIFAUNE ET AQUACOLE AU NIVEAU DU SITE.....	81
1-INVENTAIRE AVIFAUNE AU NIVEAU D'AFENOURIR :.....	81
2-LA PECHE DES POISSONS	82

CHAPITRE 6 : ETUDE SOCIO-ECONOMIQUE DE LA ZONE HUMIDE AFENOURIR	83
1-INTRODUCTION	83
<u>PARTIE 3: RESULTATS ET DISCUSSIONS</u>	
1-ASPECTS QUALITATIF ET QUANTITATIF DES MIB D'AFENOURIR	85
1-1-Identification et inventaire des macro-invertébrés benthiques.....	85
1-2-Comparaison des MIB polluo-tolérant et sensible par station durant les cinq campagnes.....	86
DISCUSSION 1 :	88
2-LA FLORE TERRESTRE ET AQUATIQUE EXISTANTE AU NIVEAU DE LA ZONE HUMIDE.....	89
2-1-La biodiversité floristique terrestre de la zone humide Afenourir	89
2-2-La biodiversité floristique aquatique de l'Aguelmam Afenourir	90
DISCUSSION 2 :	92
3-DEGREE DE POLLUTION ET QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DU LAC.....	93
3-1-La variation mensuelle et l'évolution spatio-temporelle des paramètres In-Situ	93
3-2-La variation mensuelle des paramètres aux laboratoires pour la qualité d'eau du lac.....	99
4-ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE (ANALYSE STATISTIQUES DES RESULTATS	106
4-1-Application de l'ACP en utilisant les paramètres physico-chimiques de l'eau	106
4-2- Application de l'ACP en utilisant les éléments biologiques analysés dans l'eau.....	110
4-3-Variabilité interannuelle des stations :	113
5-IDENTIFICATION AVIFAUNISTIQUE ET PISCICOLE DANS LE SITE :	116
a-Les espèces avifaune existante au niveau du lac Afenourir :	116
5-2-LES ESPECES PISCICOLES EXISTANTES AU NIVEAU DU LAC :	119
6-ANALYSE DES ENQUETES SOCIO-ECONOMIQUES DE LA ZONE HUMIDE :	122
6-1-Enquête sociale de la population locale :	122
6-2-Enquête des organismes concernés par le PAG des sites Ramsar :	128
ELABORATION DES ACTIONS D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DE LA ZONE HUMIDE AFENOURIR..	130
CONCLUSION GENERALE	139
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE	141
ANNEXE 1	149
ANNEXE 2	157
ANNEXE 3	159
ANNEXE 4	160
ANNEXE 5	163

AVANT-PROPOS

Ce travail de thèse a été réalisé dans le cadre d'une convention de recherche entre l'Université Mohammed 5 et le Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (N° 3993 /MDCEF/CNRF conclue le 26/11/1990), dont la concrétisation a débuté par un contrat de recherche entre quatre établissements respectifs, en l'occurrence l'Institut Scientifique- Rabat (ISR) et :

- le Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture- Azrou (CNHP)
- Le Parc National d'Ifrane- Azrou (PNI)
- Le Centre de la Recherche Forestière- Rabat (CRF)

Cette convention cadre et ce contrat de recherche, qui ont abouti à ce travail de thèse, ont été initiés par des équipes de recherche :

- L'équipe de Géo-biodiversité et Patrimoine Naturel (ISR)
- L'équipe de la Physico-chimie et la qualité des eaux naturelles (CNHP)
- L'équipe de la Biodiversité faunistique et floristique (CNHP)
- L'équipe Eco-Tourisme et patrimoine écologique (PNI)
- L'équipe d'Ecologie et Biodiversité et conservation des sols (CRF)

Il va de soi que la majeure partie de ce travail a été réalisée, tout au long des années 2015-2018, au sein de ces équipes.

D'autre part, le site du dite étude ; la zone humide Aguelmam Afenourir est appartient au périmètre du Parc National d'Ifrane – Moyen Atlas Centrale.

Enfin, les résultats obtenus au cours de ce travail de recherche ont fait l'objet de trois publications scientifiques dans deux revues SCOPUS et une revue internationale indexée.

LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

PUBLICATIONS

- Jihane Griba, Nezha Laadel, Hassan El Idrissi, Rachid Rhafouri, Amal Serghini and Mohamed Fekhaoui, 2017, Inventory of benthic macroinvertebrates as bio-indicators of Afenourir Lake (Morocco), J. Mater. Environ. Sci., 8 (11), Pp. 3986-3992.
- Jihane Griba, Rachid Rhafouri, Mohammed Sadik, Mohamed Ibn-Tattou, Amal Serghini and Mohamed Fekhaoui, 2018, Identification of the existing floristic biodiversity of the Afenourir's Wetland, Morocco, International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research, 5 (1), Pp. 3305-3310.
- Jihane Griba, Nezha Laadel, Serti Driss, Mohammed Sadik, Amal Serghini and Mohamed Fekhaoui, 2019, Contribution to the study of the hydrochemical characteristics of the Ramsar site: Afenourir Lake, Morocco, Mor. J. Chem., 7 (2), Pp. 256-276.

COMMUNICATIONS

- Jihane Griba, Amal Serghini et Mohamed Fekhaoui, Inventaires des Macro-Invertébrés Benthique comme bio-indicateurs de la qualité des eaux du Lac Afenourir, Congre International Environnement et Développement Durable (CIE2D). Université Mohammed V Ecole Supérieure de Technologie Salé, 20 et 21 Avril 2016.
- Jihane Griba, Hassan El Idrissi, Nezha Laadel, Amal Serghini et Mohamed Fekhaoui, L'état de la qualité des eaux du lac Afenourir par identification des Macro-invertébrés Benthiques, 1er Journée Doctorale de l'Institut Scientifique. Université Mohammed 5 Institut Scientifique- Rabat,
- Jihane Griba, Rachid Rhafouri, Mohammed Sadik, Mohamed Ibn-tattou, Amal Serghini et Mohamed Fekhaoui, Identification et Analyse de la biodiversité floristique de la zone Humide Afenourir (Maroc), International Congress of Environmental Engineering and Renewable Energy (ICEERE-2017). Université Chouaaib Doukkali Faculté des Sciences El Jadida, 10 et 11 Mai 2017.
- Jihane Griba, Nezha Laadel, Mohammed Sadik, Amal Serghini et Mohamed Fekhaoui, Biodiversités et Menaces de la zone humide Aguelmam Afenourir, 8ieme Journées internationales "oiseaux d'eau et zones humides au Maroc". Université Moulay Ismail Ecole Supérieure de Technologie Khénifra, 19 et 20 Mai 2017

ABSTRACT

This work falls within the framework of the good management of an aquatic ecosystem (Mountain Lake, Aguelmam AFENOURIR) belongs to the NIP, as well a conservation of its biodiversity and its richness for its restoration and its maintenance against any kind of threat. In fact, at first, a diagnosis of the wetland was conducted at the site level. It consists in the analysis and the identification of the different biodiversity, faunistic and floristic, during the period April 2015-June 2016. The faunistic biodiversity, is included on the one hand an inventory of the benthic macrofauna as bio-indicators of pollution; by a total of 4945 individuals, corresponding to 17 families belonging to 4 faunistic groups (Arthropods (79%), Annelids (15%), Mollusks (5%), Nematelminths (1%)), were identified. A comparison is made between polluo-tolerant taxa (Chironomidae, Annelides) and polluo-sensitive taxa (Ephemeroptera) in order to determine the state and degree of degradation of the wetland. And on the other hand the identification of bird species to evaluate the ecosystem. While floristic species play a major role in protecting the substrate and the balance of the aquatic ecosystem, they can also be bioindicators of pollution. The flora of this wetland shows a less richness in term of aquatic flora which represents only 5 species of which : *Ranunculus Aquatilis*, *Potamogeton Pectinatus*, *Myriophyllum Spicatum*, *Chara Globularis* (seaweed), and *Scirpus Des Marais*; on the other hand, terrestrial flora shows a diversity of species with *Cedrus Atlantica*, *Quercus Rotundifolia*, *Crataegus Laciniata*, *Fraxinus Angustifolia*, *Eryngium Bourgatii*, *Thymelaea virgata*, *Euphorbia nicaeensis*, *Anacyclus pyrethrum* L, *Plantago Coronopus* L, *Ilex Aquifolium* and *Acer Monspeulanum* L. A water quality assessment was carried out during the June 2015-March 2018 sampling campaign. Spatiotemporal monitoring and analysis of the various in situ physicochemical tracers (Temperature, pH, Electrical Conductivity, Dissolved Oxygen) and in the laboratory (Nitrites, Nitrates, Orthophosphates, Ammonium, Sulfates, TA, TAC, TH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-). The surface water quality of Lake Afenourir may result in a deterioration of the site. Without forgetting of course the social side to elucidate the causes of degradation of this area, to identify the different users of the area and their synergistic context and conflict. By highlighting the balance of interests of each of the types of users in correlation with the ecological objectives. As a second step, a heritage assessment of the ecological and socio-economic issues of the wetland, both ecosystem services were made for planning, decision-making and the implementation of a management plan, of the RAMSAR site Aguelmam AFENOURIR based on the restoration and sustainable conservation of this wetland.

Key word: Aguelmam Afenourir (Morocco), Wetland, Biodiversity, Fauna, Flora, Benthic macro-invertebrates, Hydrochemistry, Socio-economic, PAG, Heritage assessment.

RESUME

Ce travail rentre dans le cadre de la bonne gestion d'un écosystème aquatique (Lac de Montagne, Aguelmam AFENOURIR) appartient au PNI, aussi bien une conservation de sa biodiversité et sa richesse pour sa restauration et son maintien contre toute sorte de menace. En effet, dans un premier temps un diagnostic de la zone humide a été mené au niveau du site. Il consiste en l'analyse et l'identification des différentes biodiversités, faunistique et floristique, pendant la période Avril 2015-Juin 2016. La biodiversité faunistique, est englobée d'une part un inventaire de la macrofaune benthique comme des bio-indicateurs de pollution ; par un total de 4945 individus recensés, correspondant à 17 familles appartenant à 4 groupes faunistiques (Arthropodes (79%), Annélides (15%), Mollusques (5%), Némathelminthes (1%)), ont été recensés. Une comparaison est faite entre les taxons polluo-tolérants (Chironomidae, Annélides) et polluo-sensibles (Ephéméroptères) dans le but de déterminer l'état et le degré de dégradation de la zone humide. Et d'autre part l'identification des espèces avifaune pour évaluer l'écosystème. Si les espèces floristiques jouent un rôle majeur de protection de substrat et l'équilibre de l'écosystème aquatique, elles peuvent aussi être comme bio-indicatrices de pollution. La flore de cette zone humide montre une moindre richesse en terme de flore aquatique qui représente seulement 5 espèces dont : *Ranunculus Aquatilis*, *Potamogeton Pectinatus*, *Myriophyllum Spicatum*, *Chara Globularis* (algue), et *Scirpus Des Marais* ; par contre la flore terrestre montre une diversité d'espèces avec *Cedrus Atlantica*, *Quercus Rotundifolia*, *Crataegus Laciniata*, *Fraxinus Angustifolia*, *Eryngium Bourgatii*, *Thymelaea virgata*, *Euphorbia nicaeensis*, *Anacyclus pyrethrum L*, *Plantago Coronopus L*, *Ilex Aquifolium* et *Acer Monspessulanum L*. Une évaluation de la qualité de l'eau a été effectuée durant la campagne d'échantillonnage Juin 2015-Mars 2018. Un suivi et analyse spatiotemporelle des différents traceurs physico-chimique in-situ (Température, pH, Conductivité électrique, Oxygène dissous) et au laboratoire (Nitrites, Nitrates, Orthophosphates, Ammonium, Sulfates, TA, TAC, TH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^{-}). La qualité des eaux de surface du lac Afenourir peut engendrer une détérioration du site. Sans oublier bien évidemment le côté social pour élucider les causes de dégradation de cette zone, afin d'identifier les différents usagers de la zone et leur contexte synergétique et conflictuel. Par la mise en évidence du bilan des intérêts de chacun des types d'usagers en corrélation avec les objectifs écologiques. Dans un deuxième temps, une évaluation patrimoniale des enjeux écologiques et socio-économiques de la zone humide, aussi bien les services écosystémiques ont été faits pour la planification, la prise de décision et de la mise en œuvre d'un Plan d'Aménagement et de Gestion (PAG) du site RAMSAR Aguelmam AFENOURIR basé sur la restauration et la conservation durable de cette zone humide.

Mots clés : Aguelmam Afenourir (Maroc), Zone humide, Biodiversités, Faune, Flore, Macro-invertébrés benthiques, Hydrochimie, Socio-économique, PAG, Evaluation patrimoniale.

ملخص

يندرج هذا العمل في إطار، التدبير الجيد للنظم الإيكولوجية المائية (لبحيرة افنورير) هذه الأخيرة تنتمي للمنتزه الوطني لإفران، وكذلك الحفاظ على تنوعها البيولوجي من أجل صيانتها ضد أي تهديد.

في بداية الامر، تم إجراء التشخيص الجيد للمنطقة الرطبة افنورير. هذا الأخير يتألف من تحليل وتحديد مختلف الانواع البيولوجية الحيوانية والنباتية، خلال الفترة الممتدة من أبريل 2015 إلى يونيو 2016. يتضمن التنوع البيولوجي الحيواني من جهة، جرد الحيوانات المجهرية الموجودة في البحيرة كمؤشر حيوي للتلوث، تم تحديد ما مجموعه 4945 فرد، أي ما يعادل 17 عائلة تنتمي إلى 4 مجموعات (المفصليات (79٪)، والأنليديات (15٪)، الرخويات (5٪)، النيماتيلمينث (1٪)). كما قمنا أيضا بمقارنة الأصناف ذات قدرة تحمل على التلوث (...) مع الأصناف الحساسة (...) من أجل تحديد حالة ودرجة تدهور المنطقة الرطبة. ومن جهة أخرى تم تحديد أنواع الطيور والاسماك من أجل تقييم النظام البيئي لافنورير. بينما تلعب الأنواع النباتية دورا رئيسيا في حماية الركيزة وتوازن النظام البيئي المائي، كما يمكنها أيضا ان تعتبر كمؤشر حيوي للتلوث. تظهر نباتات هذه المنطقة الرطبة أقل ثراء من حيث النباتات المائية، التي تتمثل في 5 أنواع فقط، بما في ذلك، (...) بينما، تتمثل النباتات البرية في مجموعة متنوعة ومهمة مثل (...)

كما تم إجراء تقييم لجودة المياه من خلال أخذ عينات في فترة ممتدة من يونيو 2015 إلى مارس 2018. الرصد والتحليل الزمني-المكاني لمختلف المعايير الفيزيائية والكيميائية في الموقع (درجة الحرارة، درجة الحموضة، الموصلية الكهربائية، الأكسجين المذاب في الماء) وفي المختبر (النترت، النترات، الفوسفات، الأمونيوم، الكبريتات) قد يؤدي تدهور جودة المياه السطحية لبحيرة أفنورير إلى تدهور الموقع بأكمله. دون أن ننسى بالطبع الجانب الاجتماعي. من أجل توضيح أسباب تدهور هذه المنطقة الرطبة، لتحديد مختلف المستخدمين على مستوى المنطقة وتجلي سياق الصراع والتأزر فيما بينهم. من خلال تسليط الضوء على توازن مصالح كل أنواع المستخدمين مع الأهداف الإيكولوجية والبيئية. في الخطوة الثانية من أهداف هذه الدراسة، وهي تقييم تراثي للقضايا البيئية، الاجتماعية والاقتصادية للمنطقة الرطبة، ثم بعد ذلك تحديد خدمات النظام البيئي، ويكمن كل هذا من أجل التخطيط واتخاذ القرار في تنفيذ مخطط التدبير وإعادة هيكلة المنطقة الرطبة المصنفة رامسار بحيرة افنورير، على أساس الاستعادة والمحافظة الدائمة والمستمرة لهذه الأخيرة.

الكلمات المفتاح: بحيرة افنورير، منطقة رطبة، نظم إيكولوجية، تنوع بيولوجي، نبات، الاحياء الحيوانية، جودة المياه، تقييم التراثي، الحيوانات المجهرية اللا فقية، مخطط التدبير وإعادة الهيكلة.

LISTE DES ABREVIATIONS

AEFCS : Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols

AFNOR : Association Française de Normalisation

APM : Aires Protégées de la Méditerranée

BO : Bulletin Officiel

CACNRN : Convention Africaine sur la Conservation de la Nature et des Ressources Naturelles

CC : Changement Climatique

CCDRF : Centre de Conservation et Développement des Ressources forestières

CCNUCC : Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

CDB : Convention sur la Diversité Biologique

CLD : Convention sur la Lutte contre la Désertification

CMS : Convention sur la conservation des espèces Migratrices appartenant à la faune Sauvage

CNHP : Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture

COV : Composés Organiques Volatils

CR : Commune Rurale

CRF : Centre de la Recherche Forestière

ED : Eau Distillé

EDTA : Ethylène Diamine Tétra Acétique

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

HCEFLCD : Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification

IWMI : International Water Management Institute

LNC : Lac Naturel Classé

MIB : Macro-Invertébrés Benthiques

NET : Noir d'Eriochrome T

OGM : Organisme Génétiquement Modifié

PAG : Plan d'Aménagement et de Gestion

PCB : Polychlorobiphényles

PDAGPNI : Plan Directeur d'Aménagement et de Gestion du Parc National d'Ifrane

PNI : Parc National d'Ifrane

PRG : Pouvoir de Réchauffement Global

RPC : Réserve permanente de chasse

SIBE : Site d'Intérêt Biologie et Ecologique

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrotimétrique

UICN : Union mondiale pour la nature

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture)

WWF: World Wildlife Fund (Fonds Mondial pour la Nature)

ZH : Zone Humide

ZICO : Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diversité faunistique et floristique du PNI et sa contribution à l'échelle nationale-----	27
Figure 2 : Localisation du lac Afenourir -----	58
Figure 3 : Localisation des stations de prélèvements au niveau du lac Afenourir -----	59
Figure 4 : Bloc diagramme du synclinal d'Afenourir -----	60
Figure 5 : Bassin Versant d'Afenourir-----	61
Figure 6 : photographies du Lac Afenourir et ses caractéristiques biologiques-----	63
Figure 7 : Statut foncier de la zone humide Afenourir -----	66
Figure 8 : Filet troubleau	figure 9 : Prise des MIB -----68
Figure 10 : Récupération des MIB	figure 11 : Bassine de prélèvement -----68
Figure 12 : Les différentes étapes d'identification des Macro-Invertébrés Benthiques -----	69
Figure 13 : Conductivité des différents types d'eau -----	72
Figure 14 : Dosage des Nitrates de l'échantillon-----	74
Figure 15 : l'échantillon a analysé	Figure 16 : l'ED témoin -----76
Figure 19 : échantillon a TA=0	Figure 20 : échantillon avant titration (TA et TAC) -----80
Figure 21 : échantillon après titration (TAC)-----	80
Figure 22 : échantillon avant titration	Figure 23 : échantillon après titration -----81
Figure 24 : Abondance de la faune globale dans les eaux des quatre stations étudiées au niveau du Lac Afenourir -----	85
Figure 25 : Abondance des MIB Polluo-tolérants et Sensibles de la station 1 au niveau du Lac Afenourir	87
Figure 26 : Abondance des MIB Polluo-tolérants et Sensibles de la station 2 au niveau du Lac Afenourir	87
Figure 27 : Abondance des MIB Polluo-tolérants et Sensibles de la station 3 au niveau du Lac Afenourir	88
Figure 28 : Abondance des MIB Polluo-tolérants et Sensibles de la station 4 au niveau du Lac Afenourir	88
Figure 30 : la flore aquatique au niveau du lac-----	90
Figure 31 : Variation mensuelle de la température d'eau par station dans l'Aguelmam Afenourir -----	94
Figure 32 : évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes annuelles de la température d'eau dans la zone humide Afenourir de juin 2015 au juin 2018 -----	94
Figure 33 : Variation mensuelle du pH d'eau par station dans l'Aguelmam Afenourir-----	95
Figure 34 : évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes annuelles du pH d'eau dans la zone humide Afenourir de juin 2015 au juin 2018 -----	96
Figure 35 : Variation mensuelle de la conductivité d'eau par station dans l'Aguelmam Afenourir -----	97
Figure 36 : évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes annuelles de la conductivité d'eau dans la zone humide Afenourir de juin 2015 au juin 2018 -----	97
Figure 37 : Variation mensuelle d'oxygène dissous par station dans l'Aguelmam Afenourir-----	98
Figure 38 : évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes annuelles de l'oxygène dissous dans la zone humide Afenourir de juin 2015 au juin 2018 -----	98
Figure 39 : Variation mensuelle des nitrites dans l'eau par station niveau de la zone humide Afenourir-	99
Figure 40 : Variation mensuelle des nitrates dans l'eau par station niveau de la zone humide Afenourir -----	100

Figure 41 : Variation mensuelle des ortho-phosphates dans l'eau par station niveau de la zone humide Afenourir -----	101
Figure 42 : Variation mensuelle des sulfates dans l'eau par station au niveau de la zone humide Afenourir -----	102
Figure 43 : Variation mensuelle d'Ammonium dans l'eau par station au niveau de la zone humide Afenourir pendant l'année 2018 -----	102
Figure 44 : Variation mensuelle du Titre Alcalimétrique dans l'eau par station au niveau de la zone humide Afenourir -----	103
Figure 45 : Variation mensuelle du Titre Alcalimétrique Complet dans l'eau par station niveau de la zone humide Afenourir -----	104
Figure 46 : Variation mensuelle des Chlorures dans l'eau par station au niveau de la zone humide Afenourir -----	105
Figure 47 : histogrammes des valeurs propres des paramètres physico-chimiques d'eau du lac -----	107
Figure 48 : Projection des variables sur le premier plan factoriel -----	108
Figure 49 : Approche graphique de l'ACP des paramètres physico-chimiques dans l'eau selon le plan (F1xF2), Carte factorielle des bassins et des campagnes -----	109
Figure 50 : Histogramme des valeurs propres des éléments biologiques d'eau du lac -----	110
Figure 51 : Répartition de l'inertie entre les axes -----	111
Figure 52 : typologie de chaque station en fonction des années d'étude -----	113
Figure 53 : histogramme de pluviométrie de la zone humide -----	114
Figure 54 : Groupement de la typologie globale -----	115
Figure 55 : les espèces avifaunes du site Afenourir identifier durant l'étude -----	116
Figure 56 : Représentation de génération dans le site Afenourir en pourcentage -----	123
Figure 57 : Répartition des enquêtés par origine par douars -----	123
Figure 58 : utilisations du site Afenourir par la population locale en % -----	124
Figure 59 : Répartition du cheptel au niveau de la zone d'Afenourir -----	124
Figure 60 : Répartition agricole au niveau de la zone Afenourir -----	125
Figure 61 : Les causes du changement du site observées par la population des douars. (En %) -----	127
Figure 62 : Type de besoins exprimés en pourcentage d'effectif interrogé -----	127
Figure 63 : la norme marocaine de la qualité des eaux de surface -----	157
Figure 64 : norme marocaine de la qualité des eaux du lac -----	158
Figure 65 : Arrêté conjoint du Ministre chargé l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement n°2028-03 du 10 Ramadan 1424 (5 Novembre 2003) fixant les normes de qualité des eaux piscicoles -----	158
Figure 67 : 1er jour après trempage de 24 h	Figure 68 : après 8 jours de germination ----- 161
Figure 69 : Carte d'occupation du sol de la zone humide Afenourir -----	163

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des stations d'étude au niveau du lac Afenourir.	59
Tableau 2 : Statuts de protection et types de classements de l'aguelmam Afenourir	65
Tableau 3 : Fiche de terrain pour inventaire des plantes aquatiques	70
Tableau 4 : Méthodes d'analyses des différents paramètres physico-chimiques	73
Tableau 5 : Calcul des concentrations en CO_3^{2-} , HCO_3^- , OH^-	80
Tableau 6 : Abondance totale des macro-invertébrés benthiques récoltés aux différents sites d'échantillonnage au niveau du lac Afenourir (Juin 2015 - Juin 2016)	86
Tableau 7 : La biodiversité floristique de l'Aguelmam AFENOURIR	91
Tableau 8 : la concentration des ions hydroxyde, carbonate et bicarbonate dans l'eau du lac	104
Tableau 9 : Matrice de corrélation entre les variables sur l'ensemble des stations étudiées	106
Tableau 10 : Variance totale expliquée	107
Tableau 11 : Valeurs de corrélation entre les variables	108
Tableau 12 : Répartition de l'inertie entre les deux axes (F1xF2) des éléments biologiques dans les quatre stations du lac	110
Tableau 13 : valeurs de corrélations entre les variables et les axes principaux	111
Tableau 14 : Détermination de génération en pourcentage au niveau du site Afenourir	122
Tableau 15 : Les différents douars enquêtés au niveau de la zone humide Afenourir	125
Tableau 16 : les organismes concernés par le PAG et leurs actions	128
Tableau 17 : le classement des menaces qui empêche la réalisation du PAG	128
Tableau 18 : le classement des menaces qui empêche la réalisation du PAG	129

INTRODUCTION GENERALE

Notre pays héberge grâce à son climat et à sa géographie un nombre très important «d'aires naturelles » en tous les genres. Chaque écosystème peut contenir tout un microcosme d'espèces, qui y vivent et y gravitent. Chaque écosystème donne par sa nature et sa spécificité, une opportunité à l'apparition et au maintien d'une déclinaison de la vie, qui tire son parti des conditions typiques de l'endroit en question. Parmi les écosystèmes les plus importants sur terre, il y a « les zones humides » (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009). Une zone humide, dénomination dérivant du terme anglais wetland, est une région où le principal facteur d'influence du biotope et de sa biocénose est l'eau (AGHNAJ, TAMPE, & RIBI, 2012). Cette richesse présente un intérêt socio-économique vital pour le pays. C'est dans ce stade que le Maroc s'est engagé progressivement depuis les années 90 dans l'élaboration de Stratégies nationales visant à répondre à la fois aux enjeux nationaux et ceux internationaux en matière de protection de l'environnement et de la biodiversité, plus particulièrement à travers les conventions internationales comme la convention de Ramsar (1971) qui assise à la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. Cette dernière a adopté une définition large des zones humides : comprend tous les lacs et rivières, les aquifères souterrains, les marécages et marais, les prairies humides, les tourbières, les oasis, les estuaires, les deltas et les étendues intertidales, les mangroves et autres zones côtières, les récifs coralliens et tous les sites artificiels tels que les bassins de pisciculture, les rizières, les réservoirs et les marais salants.» (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009). La convention de Ramsar, définit aussi un nombre de « critères » différents pouvant caractériser une zone humide donnée. Quand un certain nombre de ces critères s'appliquent dans une zone humide, elle devient éligible en tant que zone classée « Ramsar » et par ce fait, bénéficie du statut et des mesures de sauvegarde prévues par la convention et par ses signataires (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009). Les zones humides au Maroc sont connues par leur grande diversité et leur originalité, qui se traduit par la présence d'un grand nombre de sites d'importance internationale. Notre Royaume est partie contractante de la Convention depuis 1980 par inscription de 24 Sites (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010). Ce travail s'est déroulé au cœur du Moyen Atlas Central, plus particulièrement dans le périmètre du Parc National d'Ifrane (PNI) qui a été créé en 2004 sur une superficie de 53 000 ha, puis étendu à 125 000 ha en 2008. Pour des objectifs de conservation de la biodiversité et des écosystèmes, l'éducation à l'environnement et l'écotourisme et le développement durable des systèmes de production liés à la valorisation des ressources naturelles. Ce dernier est considéré comme la zone forestière par excellence, marquée par la présence du Cèdre de l'Atlas, et aussi considérée parmi les plus importantes régions géographiques pourvues en zones humides. Au niveau de cette région, la grande variabilité spatiale des conditions climatiques ; géologiques et orographiques accentue cette richesse en créant des types d'écosystèmes aquatiques très variés depuis les lacs, les rivières et les sources de montagnes calcaires jusqu'au torrents et cours d'eau froides. Le PNI se distingue par sa richesse biologique et écologique et constitué par plusieurs Lac naturels parmi eux deux qui sont classés RAMSAR (Aguelmam Afenourir en 1980 et Aguelmam Tifounassine en 2005).

L'Aguelmam Afenourir, lac de montagne de haute altitude (1800 mètre), est caractérisé par son importante superficie humide s'étendant sur 400 ha et sa profondeur ne dépassant pas les 2 mètres. Il est situé dans une dépression karstique à fond plat remplie de basaltes et de dépôts fins. Le lac en lui-même possède une superficie maximale de 125 ha submergée par l'eau, mais la zone humide se poursuit par une pelouse humide qui entoure le lac.

Le lac Afenourir recèle des valeurs écologiques, paysagères, socio-économiques et culturelles. En effet, l'unicité de son caractère paysager dans la région nord-africaine, conjugué à son intérêt avifaunistique puisqu'il abrite une importante population de *Tadornes casarca* (*Tadorna ferruginea*), de *Foulques caronculées* (*Fulica cristata*) et de *Foulques macroules* (*Fulica atra*), lui ont valu le mérite de son classement dans la liste RAMSAR depuis 1980. (Rhafour et al., 2015)

Cependant, durant ces dernières années, suite aux fortes sécheresses traversées par le Maroc, le niveau d'eau de cette zone humide a sérieusement diminué. En tant que telle cette zone humide a été très convoitée, car elle a été le berceau d'intenses activités perturbatrices de l'équilibre (pompage des eaux, surpâturage, pollution engendrée par les activités anthropiques et touristiques, braconnage,...). Par ailleurs, certaines de ces pratiques s'étendent sur la totalité du sous bassin versant de la zone humide et accentuent sa fragilité. Toutes ces pratiques génèrent des dysfonctionnements liés aux nombreux facteurs qui mettent en péril les fonctionnalités du site et sa pérennité en l'absence des mesures et d'un plan d'aménagement et de gestion appropriée pour la préservation et conservation des valeurs du site. Ainsi, il est jugé commode de faire face à cette situation latente à travers une étude de ce milieu très agressé pour connaître son état de lieu actuel et proposer des solutions de sauvegarde conciliant la conservation écologique et les impératifs socio-économiques dans la région.

D'où notre intérêt d'élaboration d'un Plan d'Aménagement et de Gestion de la zone humide Aguelmam Afenourir qui sera décliné d'une série de diagnostics et des propositions concrètes en vue d'identifier des actions prioritaires, immédiates, moyens et à long terme à l'horizon de préserver la biodiversité et l'écosystème naturels de la zone.

Ce travail de thèse est divisé :

- ✚ Partie I : Synthèse Bibliographique qui se divise en 6 chapitre.
- ✚ Partie II : Matériels et Méthodes, ce dernier est repartie en 6 chapitre.
- ✚ Partie III : Résultats et Discussions.
- ✚ Conclusion Générale.

PARTIE I

Synthèse
Bibliographique

CHAPITRE 1 : Plan D'Aménagement ET DE Gestion

1-Definition et Concepts

1-1-Définition :

L'expression Plan d'Aménagement et de Gestion (PAG), très utilisée dans le vocabulaire relatif aux zones humides (aires protégées), désigne un document écrit, approuvé et diffusé qui décrit un site, son fonctionnement, ses intérêts, ses problèmes, ses objectifs de gestion (conservation de la nature, usages, organisation, etc.) et précise les moyens nécessaires et réglementaires à mettre en place (mécanismes de fonctionnement, personnel, structures, programmes de travail, budgets). Le PAG contenant aussi les éléments nécessaires pour entreprendre des actions de gestion durable, parmi lesquelles peuvent figurer des aménagements physiques de l'espace. Un PAG est spécifique à un site ou à une zone humide (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009), et représente un guide pour les gestionnaires. Ils définissent une procédure de gestion durable d'un site (zone humide), laquelle se compose d'objectifs de gestion et de protocoles techniques, juridiques, institutionnels et financiers pour la réalisation de ces objectifs. Une telle approche est une vertu qui verse vers une description de l'élément à gérer (composantes de la zone humide), sous forme de diagnostic plus au moins détaillé qui visant l'accomplissement des objectifs d'aménagement de la zone humide [(Mohamed Dakki & El Agbani, 2009) ; (AGHNAJ et al., 2012)], à savoir :

- Surveillance et contrôle ;
- Restauration des habitats et des espèces ;
- Appui au développement socio-économique ;
- Valorisation du patrimoine culturel ;
- Information, sensibilisation, communication ;
- Suivi scientifique.

Procédures de gestion et diagnostic doivent en principe présenter un niveau de qualité qui en fait un guide de référence complet et approuvé pour mettre en œuvre les actions d'aménagement et de gestion programmées (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

Les plans d'aménagement proposent également un système de zonage. Ce principe est utilisé dans les aires protégées au niveau mondial avec pour objectif d'assurer une utilisation rationnelle des ressources naturelles. Ces zones varient d'aires de protection intégrale, en passant par des zones à utilisation traditionnelle, à des zones de développement conforme aux objectifs de l'aire protégée (AGHNAJ et al., 2012).

Le terme conservation évoque pour beaucoup de développeurs des clôtures et des interdictions ; il est encore utile de préciser qu'il traduit l'objectif principal des PAG et que dans la pratique, la gestion de conservation consiste le plus souvent en des actions de développement durable (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

La durée de validité du plan d'aménagement et de gestion d'une zone humide, ne doit pas excéder dix ans, ainsi que la forme et les modalités de son approbation et de sa révision sont fixées par voie réglementaire. Préalablement à son approbation par l'administration compétente, le projet de plan d'aménagement et de gestion de la zone humide (aire protégée) est soumis à l'avis des collectivités locales, des administrations concernées et des associations de la société civile ayant exprimé leur volonté.

Les collectivités locales et les administrations publiques concernées prennent, en concertation avec l'administration compétente, toutes les mesures nécessaires relevant de leur compétence

pour la mise en œuvre et le respect des dispositions du plan d'aménagement et de gestion de la zone humide concernée.

1-2- Rôle du plan d'aménagement et de gestion

Un plan de gestion doit remplir plusieurs rôles. C'est à la fois :

- Un document de référence sur l'état de l'environnement.
- Un outil d'analyse du fonctionnement écologique, social et économique du site.
- Un document d'identification et de hiérarchisation des objectifs sur un site.
- Un outil de concertation entre acteurs présents sur le bassin versant.
- Une aide à la décision pour les gestionnaires.
- Un engagement des acteurs sur des objectifs et des actions.
- Un document de référence, de travail et de programmation.
- Un document de projet pour le site.

1-3- fonctionnalité du Plan d'aménagement et de gestion

La gestion et l'aménagement des zones humides est assurée par l'administration compétente, en collaboration et partenariat avec les collectivités locales et les populations concernées. Les fonctions de gestion recouvrent notamment :

- La préparation du projet du plan d'aménagement et de gestion du site et de sa révision.
- L'aménagement de la zone humide selon les prescriptions de PAG approuvé, la mise en place d'infrastructures adéquates et la mise en œuvre et le suivi des programmes de gestion.
- La conclusion de conventions pour l'exercice des droits d'usage reconnus aux populations locales concernées ou de convention pour la mise en œuvre et le suivi des programmes de gestion.
- L'exercice de la surveillance et du contrôle du site tendant à prévenir, à contrôler et à interdire certaines activités humaines de nature à perturber le milieu naturel.

2-Procédure d'Elaboration, d'Instruction et d'Approbation

La mise en œuvre d'un PAG, comme toute autre action d'aménagement ou de gestion de l'espace, passe par plusieurs phases, dont l'exécution détermine le degré de réussite de la gestion. Ces phases sont, selon la démarche projet, au nombre de quatre : la conception, la réalisation, l'exploitation et la lecture et partage (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009). L'élaboration de PAG correspond à la phase de conception, qui est généralement subdivisée en phase d'idée de projet et de montage de projet. La réalisation d'un tel document pour un site ne peut être qu'une réussite, si la population du pourtour de la réserve est étroitement impliquée dès l'élaboration de ce Plan jusqu'à l'application des actions de conservation et de développement du site. Une bonne connaissance du milieu humain et physique et des discussions ininterrompues avec les habitants locaux sont donc impératives pour tout succès du projet.

Les objectifs et la succession de ces phases sont brièvement exposés ci-dessous, notamment pour situer l'élaboration du PAG dans l'ensemble du processus de gestion.

2-1- Identification de la zone humide

Il s'agit en fait de l'identification des valeurs d'un site, qu'on propose alors comme candidat à la protection. Cette phase repose sur un diagnostic relativement bref, en mesure de localiser et délimiter le site et de montrer ses valeurs et les dysfonctionnements qu'il subit, de façon à justifier la nécessité de sa protection. Le but principal de ce diagnostic se limite donc à reconnaître l'intérêt des sites, mais il donne aussi quelques recommandations pratiques de conservation. La fiche diagnostic peut être considérée comme ébauche de l'idée de projet de PAG (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

Il s'agit aussi d'une description générale du site, présentant les informations disponibles et précisant les lacunes éventuelles à cet égard (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

a- Information générale sur le site

- Localisation et délimitation du site.
- Contexte juridique et foncier : Statuts fonciers, Droits et servitudes, Statuts du site, Autres plans.

b- Organisation de la gestion

- Cadre législatif et institutionnel ;
- Structures de gestion ;
- Responsabilités et personnel ;
- Bâtiments.

c- Caractéristiques physiques

- Climat ;
- Géologie et géomorphologie et sols ;
- Hydrologie, hydrochimie ;
- Sédimentologie ;
- Eaux de la nappe ;
- Eaux de surface : irrigation et drainage.

d- Caractéristiques écologiques

- Habitats naturels ;
- Flore ;
- Faune : Invertébrés, poissons, Amphibiens et reptiles, oiseaux, Mammifères.

e- Caractéristiques socio-économiques

- Tendances démographiques
- Organisation sociale
- Aspects communautaires
- Equipements sociaux
- Revenus et niveaux de vie des ménages

f- Usages et systèmes de production

- Conservation, Agriculture et Foresterie ;
- Tourisme et loisirs, Chasse et Pêche ;
- Activités minières et salinières ;
- Utilisations de l'eau ;
- Educations, démonstration et recherche,
- Autres usages (urbanisation, industrie...).

g- Usages à l'extérieur du site ayant une influence sur le site

- Aspects économiques ;
- Evolution de l'usage des sols ;
- Patrimoine culturel ;
- Paysages ;
- Références bibliographiques : sources et bases de données, couverture cartographique, photographies aériennes, imageries satellitaires.

2-2-Evaluation de la description du site

Il s'agit d'une évaluation des principales caractéristiques du site, qui s'applique à l'identification qui précède :

- *Etendue et situation dans l'unité écologique* : idéal pour site formant une unité écologique complète.
- *Diversité biologique et valeur patrimoniale* : évaluation des habitats et des espèces ; diversité et richesse faunistique, ichtyologique et floristique.
- *Etat naturel* : jusqu'à quel degré le site peut être considéré à l'état naturel.
- *Rareté, originalité, représentativité* : degré de rareté (endémisme) des espèces, originalité et représentativité des habitats et paysages.
- *Fragilité et menaces* : naturelle (incendies, inondations, sécheresse, tempêtes) et/ou induite par les activités humaines.
- *Histoire, y compris valeur archéologique, culturelle et religieuse*.
- *Valeur esthétique y compris les valeurs paysagères*.
- *Valeur socio-économique* : comprend des fonctions telles que contrôle de sédimentation et de l'érosion, maintien de la qualité de l'eau et réduction de la pollution, maintien de l'approvisionnement en eau de surface ou souterraine, entretien des ressources de la pêche, du pâturage, de la sylviculture et de l'agriculture ; contribution à la stabilité du climat.
- *Education et sensibilisation du public* : couvre le potentiel du site en matière d'éducation à l'environnement pour les étudiants, les décideurs et le grand public.
- *Loisirs* : il importe de veiller à ce que ce facteur soit compatible avec les objectifs de conservation.
- *Recherche/études* : important pour étayer les décisions en matière d'aménagement. Il faut tenir compte de la fragilité du site et de sa vulnérabilité aux activités de recherche.

2-3-Etude de faisabilité du Plan d'aménagement et de gestion

Cette phase démarre en principe avec la décision de gérer durablement le site, laquelle vient habituellement d'une autorité de gestion des espaces naturels (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

L'étude de faisabilité constitue une manière de matérialiser cette décision ; elle consiste en un diagnostic stratégique à travers lequel on vérifie dans quelle mesure les facteurs clés conditionnant l'aboutissement du PAG sont favorables ou peuvent le devenir moyennant des actions d'accompagnement. Cette phase préparatoire n'est probablement pas obligatoire dans tous les cas, mais elle permet certainement de mieux orienter le processus de préparation du PAG.

Toutefois, la mise en œuvre de beaucoup de PAG des zones humides connaît, parfois dès son démarrage, des difficultés qui auraient pu souvent être contournées à l'aide d'études de faisabilité. Aussi avons d'estime que le statut foncier et la multiplicité des gestionnaires des zones humides constituent des sources majeures de risques d'échec des PAG, notamment en l'absence de cadre juridique spécifique à la gestion des aires protégées ; dans ces conditions, le recours à une étude de faisabilité se justifie amplement (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

Ce n'est que lorsque cette étude révèle que le PAG est faisable que celui-ci peut alors faire l'objet d'une opération de montage (élaboration). Il aurait été probablement préférable de ne pas parler de conservation, car plusieurs acteurs opposés à tort à ce concept ont pris connaissance du projet de conservation et ont pris le devant des événements pour affronter les actions de conservation, sinon pour en tirer des bénéfices matériels (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

2-4-Elaboration du Plan d'aménagement et de gestion

La réalisation d'un PAG d'une zone humide couvre une période relativement longue (6 à 24 mois et plus). Dans la démarche du projet, elle devrait être considérée dans la phase de conception, sachant que les objectifs de conservation ne sont atteints (phase d'exploitation) qu'une fois le PAG mis en œuvre (phase d'élaboration) (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

Le PAG d'un site est composé essentiellement d'un ensemble de mesures stratégiques de gestion durable, focalisées sur la conservation de cibles bien définies, et de programmes intégrés conçus pour la mise en œuvre de ces mesures. Or, ces mesures doivent être basées sur un diagnostic que le document de PAG doit inclure. Les connaissances exploitées sont généralement acquises lors d'activités de recherche de longue durée et peuvent avoir été à la base de l'identification de la zone humide. Mais le processus de conservation nécessite des connaissances spécifiques, qui sont définies par les besoins de gestion. Celles-ci sont obtenues par compilation des informations existantes, mais elles peuvent nécessiter quelques enquêtes et campagnes d'actualisation des données de terrain.

Toutefois, ce n'est que lors de la conception des actions de gestion que l'on s'aperçoit parfois que certaines données spécifiques manquent ; le PAG devrait alors définir des études complémentaires permettant d'acquérir ces données, sachant que certaines d'entre elles pourraient conditionner la mise en œuvre du Plan d'Aménagement ou du suivi de la gestion.

Un PAG doit comprendre aussi un programme de suivi-évaluation, protocole technique destiné à mesurer dans le temps le degré d'atteinte des objectifs d'aménagement et de gestion et de proposer, le cas échéant, des corrections. L'exécution de ce programme démarre avec la gestion et se prolonge durant toute la vie de la zone humide. Vu que certaines actions de gestion déjà mises en œuvre ont produit des effets inverse aux objectifs de conservation, nous recommandons d'inclure dans les PAG une simulation des impacts de leur mise en œuvre, lesquels doivent être couverts par le programme de suivi-évaluation (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

2-5-Mise en Œuvre du Plan d'aménagement et de gestion

C'est un processus de longue durée, où sont exécutés les programmes d'aménagement et de gestion ; cette exécution doit être subdivisée en trois phases chevauchantes et de durées respectives très différentes (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

La première étape consiste à mettre en place les aménagements et les structures de gestion. La durée de cette phase d'investissement est très variable et dépend de divers paramètres : complexité et étendue des sites, complexité des aménagements, composition de la structure institutionnelle de

gestion, outils juridiques d'action de cette structure, etc. les études complémentaires doivent être réalisées de préférence lors de cette phase, vu qu'elles servent souvent à la gestion et au suivi. Dans le cycle de projet, cette étape est assimilée à la phase d'exécution, mais elle a la particularité de chevaucher sur la phase suivante (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

La deuxième étape, de durée en principe illimitée, correspond à la période de vie contrôlée de la zone humide. Elle consiste à assurer la gestion de celle-ci, par application des mesures de conservation et de développement durable et des programmes de suivi-évaluation qui accompagnent cette gestion. Dans le cycle de projet, cette gestion correspond à la phase d'exploitation du projet, pendant laquelle les objectifs de conservation devraient être atteints. Or, dans le cas des PAG des aires protégées, la phase d'exploitation peut démarrer bien avant l'achèvement de la réalisation des mesures d'aménagement et de gestion. Il est donc recommandé de concevoir le programme de suivi dès que l'une de celle-ci aura démarré, sans attendre l'achèvement de la réalisation des aménagements (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009).

2-6- Facteurs influençant la réalisation des objectifs de gestion

Facteurs naturels d'origine interne : incluent la succession naturelle de la végétation et les variations de niveaux d'eau induites par les précipitations.

Facteurs anthropiques d'origine interne : incluent l'invasion d'espèces exotiques, l'érosion localisée, les perturbations de la population.

Facteurs naturels d'origine externe : incluent des facteurs intervenant en dehors du site, tels que changement climatique, variations des courants ou du niveau de la mer.

Facteurs anthropiques d'origine externe : incluent par exemple le détournement des eaux alimentant le site, l'accroissement de la sédimentation causée par les phénomènes d'érosion en amont, la pollution.

Facteurs inhérents à la législation ou aux traditions : incluent les droits et obligations juridiques ou coutumiers imposés aux gestionnaires des sites. Des obligations légales peuvent découler du droit international, national ou local, ces deux derniers étant généralement les plus importants ; l'aménagement rural peut aussi être un facteur important ; les droits coutumiers peuvent inclure le pacage, (ramassage de bois mort gisant) ou les coutumes religieuses.

Ressources disponibles : incluent les fonds et les ressources humaines disponibles pour l'exécution des tâches d'aménagement.

2-7-Revision/ Actualisation du Plan d'aménagement et de gestion

Les mesures et programmes d'action qui composent un PAG sont conçus à partir de diagnostics qui décrivent des situations avant la gestion et des données parfois évolutives ou lacunaires ; ils se réfèrent à des objectifs et résultats de gestion forgés sur la base d'hypothèses et de simulations de situations futures. C'est dire que des changements de visions peuvent surgir lors de la mise en œuvre du PAG. Le programme de suivi-évaluation de la gestion pourrait en assurer le contrôle, mais dans le domaine des zones humides, il est prévu que les PAG puissent eux-mêmes faire l'objet de révisions (actualisation des diagnostics, changement de cibles, de stratégie...). Dans tous les cas, ces révisions s'imposent lorsque le PAG n'a pas été implémenté durant les cinq années qui suivent son élaboration.

3- Cadrage d'un Plan d'aménagement et de gestion d'une zone humide

Le plan d'aménagement et de gestion est notamment régi par les dispositions suivantes :

3-1-Cadre législatif au Maroc

- La gestion de l'environnement sous la tutelle de plusieurs départements ministériels : Agriculture, pêche, Equipement, Aménagement du territoire, Intérieur, Habitat, Sante public, Tourisme, Education Nationale.
- Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la désertification, organisme gestionnaire des ressources naturelles.

3-2-Cadre législatif relatif aux aires protégées

- Dahir n° 1-10-123 du 3 chaabane 1431 (16 juillet 2010) portant promulgation La loi 07-22 relative aux aires protégées : 5 catégories
- Parc national ;
- Parc naturel ;
- Réserve biologique ;
- Réserve naturelle ;
- Site naturel.

3-3-Cadre législatif relatif à la protection de la faune et la flore et monuments culturels

- Dahir du 21 juillet portant réglementation de la police de la chasse et l'arrêté du 3 novembre 1962 portant réglementation.
- Permanente de la chasse et la protection des espèces de faune rare et utile
- Dahir du 11 avril 1922 portant réglementation de la pêche dans les eaux continentales dahir de 1973 sur la pêche maritime portant sur le classement des lagunes et estuaires.
- Dahir du 10 octobre 1917 sur la conservation et l'exploitation des forets
- Arrêté du Ministère des Affaires culturelles sur le classement des sites en tant que Monument naturel et culturel.

3-4-Convention de Ramsar

Traite intergouvernemental adopte le 2 février 1971 à Ramsar, en Iran, elle est entrée en vigueur en 1975. Dont le nom officiel est 'convention sur les zones humides d'importance internationale', particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, insiste sur la notion de conservation par une utilisation rationnelle et durable des zones humides. C'est le seul traité mondial de l'environnement qui porte sur écosystème particulier. Jusqu'à aujourd'hui, 160 Parties contractantes ou Etats membres (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010).

La convention reconnaît officiellement cinq organisations internationales partenaires –Birdlife International, Fonds mondial pour la nature (WWF), International Water Management Institute (IWMI), Union mondiale pour la nature (UICN) et Wetlands International- qui aident les Parties en apportant des avis techniques spécialisés aux niveaux mondial, national et local ainsi qu'une assistance au niveau du terrain (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010).

D'où son objectif (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010) :

- Attirer l'attention internationale sur le rythme de la disparition des habitats des zones humides pour inverser la tendance de disparition.
- Nécessité de coopération internationale pour les zones humides transfrontalières et les espèces migratrices.
- Obligation des parties contractantes désignation (inscription sur la liste Ramsar) de zones humides.
- Elaboration et application de plan de gestion pour les sites inscrits en favorisant le concept d'utilisation rationnelle et d'encourager la coopération internationale matière de conservation des zones humides.
- Encourager la communication relative à la conservation des zones humides.

3-5-Synergies avec d'autres conventions relatives à l'environnement

- Convention sur la diversité biologique (CDB).
- Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS).
- Convention du patrimoine mondial de l'UNESCO.
- Convention sur la lutte contre la désertification (CLD).
- Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).
- Protocole relatif aux aires protégées de la Méditerranée.
- Convention africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles. (Cours 1 El Agbani, 2012)

CHAPITRE 2 : Parc National D'IFRANE

1- Historique du Parc National d'Ifrane

Le Parc National d'Ifrane (PNI) a été créé par un décret du gouvernement marocain, promulgué le 08 Octobre 2004 (B.O du 11/10/2004). L'assiette géographique initiale du Parc s'étalait sur 53 800 ha mais elle a fait l'objet d'une extension en 2008 pour couvrir enfin la quasi-totalité des forêts de la province d'Ifrane, soit une superficie de 125 000 ha. D'un point de vue géographique, le PNI est situé dans la partie centrale du massif moyen-atlasique, constituée principalement par un causse aux plateaux karstiques dominant les bas plateaux calcaires du Saïs et s'étendant jusqu'à la chaîne plissée de la bordure orientale (Figure 1). La zone centrale du Moyen Atlas appartient presque entièrement au bassin versant du Sebou [(Rhafouri et al., 2015), (Benabid, 2002)].

La totalité de cette superficie fait partie du Moyen-Atlas Central qui se distingue par la présence d'une variété du contexte structural. Elle constitue un vrai château d'eau du Maroc. C'est aussi une zone forestière par excellence et un espace d'élevage extensif des ovins. Dans cette zone, le régime pluviométrique est saisonnier de type hiver, printemps, automne, été. Une bonne partie des précipitations tombe sous forme de neige et la période de sécheresse est d'environ trois mois. Toutes les stations reçoivent des précipitations estivales loin d'être négligeables (Rhafouri et al., 2015).

Du point de vue bioclimatique, le Parc dispose de deux types de zones, subhumide et humide dont les variantes sont de type frais aux moyennes altitudes, froid sur la plus grande partie du plateau et très froid sur les sommets des reliefs orientaux.

La végétation du Parc se succède selon trois étages qui varient du bas en haut : le méso-méditerranéen entre 1200-1600 m, le supra-méditerranéen entre 1600-2000 m et le montagnoméditerranéen entre 2000-2440m. En ce qui concerne son sol, on distingue quatre grands groupes de sols : les sols sur roches volcaniques bruns fersiallitiques andiques, les sols sur roches volcaniques bruns andiques, les sols sur roches calcaires rouges fersiallitiques et les sols sur roches dolomitiques pararendzines [(Rhafouri et al., 2015), (Benabid, 2002)].

Les raisons objectives qui étaient derrière la décision d'implantation de ce grand parc étaient les suivantes [(Rhafouri et al., 2015) ; (PNI, 2007)] :

- Présence d'un écosystème d'importance mondiale (cédraie de l'Atlas).
- Présence d'une espèce symbole type de la méditerranée (le cèdre d'Atlas).
- Présence d'un massif forestier offrant la plus grande amplitude du Maroc en matière d'ambiance forestière.
- Rôle écologique fondamental pour une grande partie du pays (principal château d'eau).
- Diversité des habitats et présence de zones humides d'importance internationale (site RAMSAR).
- Zone de fortes pressions d'exploitation de l'espace et des ressources, soumise à des dynamiques de dégradation importantes.

2- Cadre socio-économique

Le Parc couvre la quasi-intégralité de la province d'Ifrane. Cette province se compose de huit communes rurales que l'on peut diviser d'un point de vue pastoral en une zone nord (Tizguite, Dayet Aoua, Tigrigra et Ben Smim) et une zone sud (Timahdite, Sidi El Makhfi, Ain Leuh et Oued Ifrane).

L'évolution démographique suit une courbe croissante dans la province d'Ifrane dont le nombre d'habitants a été multiplié par 1,8 en l'espace de 35 ans, soit un total de 155 221 habitants en 2014. Selon le recensement général des populations et des habitats de 2004, les taux d'analphabétisme des communes urbaines et rurales de cette province sont nettement distincts ; ils sont respectivement de 36,7 % et 54,5 % pour les hommes contre 58 % et 78 % pour les femmes. D'après la monographie de la province d'Ifrane de 2012 -les données correspondantes du recensement de 2014 n'étant toujours pas disponibles- ces résultats sont un peu différents de ceux de 2004, soit respectivement 34,6 % et 51,9 % pour les hommes contre 42,9 % et 75,76 % pour les femmes (Monographie, 2012)

L'activité de l'élevage dans la zone du Parc revêt une importance considérable étant donné son rôle socio-économique comme source de revenu principal. L'agriculture en «bour» constitue la seconde activité de la population de cette zone dont la surface cultivée est répartie entre les céréales (60 %), l'arboriculture fruitière (5 %) et le maraîchage (2 %) (DPA, 2007).

3- Valeurs biologiques du Parc National d'Ifrane

Le PNI offre une biodiversité végétale assez riche : l'origine de sa flore spontanée est très diversifiée (PNI, 2007), Cette flore est largement dominée par les éléments méditerranéens. L'inventaire de la biodiversité montre que les taux de contribution du PNI à la biodiversité nationale sont importants (Figure 1).

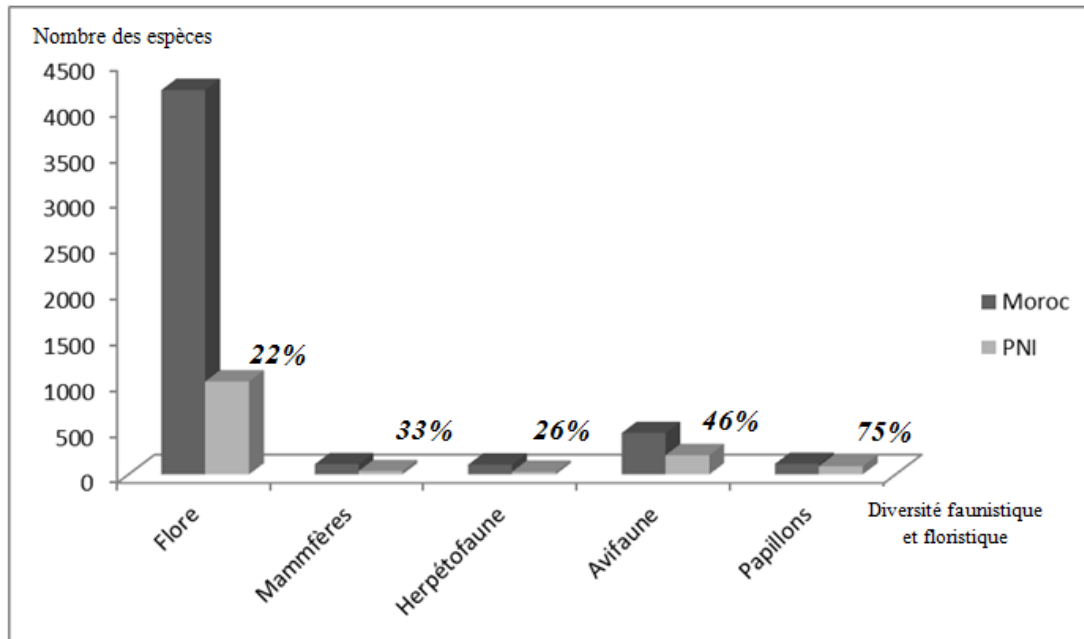


Figure 1 : Diversité faunistique et floristique du PNI et sa contribution à l'échelle nationale

La flore du Parc National d'Ifrane compte plus de mille espèces de plantes vasculaires, représentant plus de 22 % de l'ensemble de la flore marocaine. Parmi les 1015 espèces de plantes spontanées du Parc, plus de 250 taxons représentant 47 familles, sont endémiques. En outre, près du quart de ces taxons sont spéciaux à la zone du Parc et plus de 90 plantes sont caractéristiques du Maroc (Benabid, 2002).

4- Objectif spécifique du Parc National d'Ifrane

La zone du PNI a connu une très forte pression d'exploitation de ses ressources naturelles, causant ainsi des dégradations importantes, à la fois aux forêts, aux espaces pastoraux et à la biodiversité. Quatre axes d'action principaux ont été définis dans le plan d'aménagement et de gestion de ce parc : la conservation de la biodiversité et la gestion conservatoire des écosystèmes, l'éducation à l'environnement, la valorisation des patrimoines naturels et culturels et enfin la gestion durable des ressources naturelles (PNI, 2007).

CHAPITRE 3 : Les Zones Humides

1-Définition

Les zones humides (ZH) sont des étendues naturelles où l'eau joue un rôle dominant pendant au moins une partie de l'année. La convention de Ramsar a défini une ZH comme : « Étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, ou l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres ».

Les ZH fournissent des services écologiques fondamentaux, régulent les régimes hydrologiques et sont source de biodiversité à tous les niveaux- spécifiques, génétiques et écosystémiques. Elles constituent aussi une ressource de grande valeur économique, scientifique, culturelle et récréative pour l'ensemble de la communauté. (Le Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2013)

Les zones humides jouent un rôle vital pour l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation de ces changements. Elles doivent être restaurées et remises en état, dans toute la mesure du possible. Et aussi doivent être conservées au moyen de l'utilisation rationnelle (Le Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2013).

2-Fonctions des zones humides

Fonction remplies ou fonction écologique : Mécanismes assurant la survie des écosystèmes (BEHASSINE-GHERZOULI, 2013)

2-1-Fonctions hydrologiques

- les ZH contribuent au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau en agissant comme filtre épurateur.
- Elles favorisent le dépôt des sédiments et le piégeage d'éléments toxiques, la dégradation biochimique, désinfection des pathogènes, absorption des polluants.
- Régulation des régimes hydrologiques : éponge d'un bassin versant, retardent les ruissellements, absorbent l'excès des pluies, tampon hydrologiques, contrôle des crues.
- Recharge des nappes phréatiques : nappe mobiles, écoulement latéral, inondations limitées en aval.
- Contrôle et atténuation des crues : stockage temporaire des eaux des crues.
- Protection des nappes phréatiques.
- Recharge des aquifères : endroit plus stable pour l'infiltration des eaux.
- Dynamique des deltas, estuaires et rivages : transport des sédiments ; réduction de la quantité d'eau douce, construction de barrage provoque un changement dans la dynamique des deltas qui modifie les apports en sédiments.
- Rétention de sédiments et de produits toxiques.
- Rétention des nutriments et recyclage : évacuation et épuration des eaux usées.

2-2-Fonctions biologiques

- Fonction de maintiens de la biodiversité : abritent une très riche collection de plantes, animaux et invertébrés ou microfaune.
- Fonction d'alimentation : éléments nutritifs, chaîne alimentaire.
- Fonction de reproduction : nurseries pour les poissons.
- Fonction d'abri, de refuge et de repos : pour les poissons, amphibiens, reptiles et oiseaux.

2-3-Fonctions climatiques

- Régulation des microclimats/ Evapotranspiration.
- Tamponnent les effets des sécheresses au bénéfice de certaines activités agricoles.

3-Les valeurs ou services rendus par les zones humides

Bénéfices tirés des zones humides pour assurer le bien-être ou la survie de l'homme (ressources renouvelables, estimées par les avantages économiques et culturelles retirés par la société. (AELB, 2011).

3-1-Utilisation des ressources en eau

Constituent un élément important de la gestion qualitative et quantitative sur le moyen terme de la ressource en eau :

- Eau : potable et ménagère, irrigation, industrie, aires de loisir/sport, source d'énergie.
- Chasse : activité lucrative.
- Pâturage /élevage et parcours : pour le bétail.
- Coupe de végétation et production de roseaux : fabrication des nattes et articles ménagères.
- Agriculture : riziculture, culture sucrière, maraichage...

3-2-Utilisation des ressources minérales

- Sel ;
- Argile ;
- Sable/ Gravier
- Sol /éléments nutritifs
- Eaux minérales...

3-3-La prévention des risques naturels

- Réservoir naturel : limitation des effets sécheresse, prévention contre les inondations.
- Stabilisation et protection des sols : protection des terres contre l'érosion.

3-4-Production de ressources biologiques

- Ressources agricoles : herbage, pâturage, élevage, rizière...
- Ressources halieutiques : pêche, pisciculture...
- Ressources cynégétiques
- Ressources ornementales
- Ressources artisanales/ construction

3-5-Potentialités culturelles et touristiques

- Partie du patrimoine paysager et culturel.
- Vitrine d'une région
- Valeurs esthétiques et paysagères
- Curiosité/ rareté
- Savoir/savoir-faire originaux : technique d'économie d'eau
- Les ressources

3-6-Potentialités éducatives, récréatives, scientifiques et patrimoniale

- Manifestation biologique : support pédagogique, champ de travaux pratiques.
- Opération de sensibilisation et d'information : enjeux économiques et écologiques
- Activité récréatives : pêche, chasse sportive...
- Ressources pour études scientifiques : plusieurs aspects fonctionnels à élucider
- Valeur patrimoniale : zone Ramsar, archéologie.

3-7-Valeurs économiques des zones humides

Les ressources naturelles liées aux ZH contribuent dans la production :

- Secteur primaire : agriculture, élevage, production et distribution d'eau ;
- Secteur secondaire : consommation d'eau dans l'industrie ;

- Tertiaire : loisirs, plein air et eau potable.

Valeur marchande des fonctions des ZH

- Valoriser les infrastructures artificielles remplaçant la destruction des ZH
- Valorisation des interventions de gestion nécessaires pour assurer la pérennité de certains usages
- Fonction de régulation des crues, soutien des débits d'étiage
- Fonction de prévention de la dégradation de la qualité des eaux

Valeur marchande des productions issues des ZH

- Pêche et aquaculture : poids économique important
- Pertes générées par l'eutrophisation

Synthèse :

Grace à leurs fonctions multiples, les zones humides remplissent des fonctions motrices pour l'économie locale. Sur la foi de l'expérience, on mesure aujourd'hui que l'avenir de nos régions repose plus sur la mise en valeur de leur patrimoine que sur des aménagements coûteux et artificiels dénaturant le milieu comme la bétonisation ; d'où l'intérêt de fonder l'aménagement du territoire sur le développement durable.

- Une zone humide n'assure pas forcément toutes ces fonctions en même temps ou au même degré.
- Les fonctions écologiques et valeurs économiques des ZH sont liées.
- Gestion des ZH doit être conçue de manière intégrée dans le cadre de projets de développement durable et d'aménagement raisonné.
- Désignation de site Ramsar et la mise en œuvre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux par unité hydrographique participent à cette prise en compte du rôle d'infrastructure naturelle jouée par les ZH.
- Restaurer et préserver une ZH, pérenniser l'utilisation des ressources et des services qui s'y rapportent, dans le cadre d'un développement économique respectueux de l'environnement.
- L'évaluation économique rend de l'intérêt général des ZH, garantis une aide objective et rationnelle, et conserve l'insertion de ZH dans les plans d'aménagement du territoire.
- L'implication de l'intérêt général est désormais à l'échelle du bassin versant.
- L'ensemble des bénéficiaires doivent assumer les contraintes liées aux ZH.
- Les zones humides sont des écosystèmes d'importance critique apportant de précieux avantages sociaux, économiques et environnementaux à l'échelle mondiale.
- Depuis quelques années, le Maroc prend conscience de l'exception patrimoine que constituent les zones humides. Leur diversité est remarquable.
- La communauté internationale, toujours plus soucieuse de protéger la nature, attend très légitimement que notre pays fasse son devoir pour sauver ses zones humides.

4-Les activités de dysfonctionnements : (Patrimoine, 2005)

4-1-Activité humaines et utilisations des ressources

- Expansion des centres urbains
- Accroissement de la demande en eau et du volume des eaux usées et des déchets solides.

4-2-Agriculture – Irrigation

Forte demande en eau à cause :

- De l'aridité du pays
- De la maximisation du rendement
- De l'introduction de cultures très consommatrices d'eau de plus en plus éloignées de zones humides ce qui nécessite des aménagements hydrauliques (barrages, dérivations de cours d'eau) et des pompages à partir des nappes phréatiques ou des cours d'eau.

4-3-Agriculture – Drainage

- Beaucoup de marais et de marécages ont été asséchés en vue de leur transformation en terrains de cultures.

4-4-Elevage et parcours

- Les zones humides sont des milieux favorables au parcours.
- Elles occupent donc une place prépondérante dans l'élevage du bétail.
- Les marais, les bords de lacs et les prairies humides hébergent souvent de grands troupeaux.
- La coupe de végétation est en partie destinée à l'alimentation à domicile du bétail.

4-5-Production et adduction d'eau potable

- Les grands centres urbains sont alimentés en eau potable grâce aux lacs de barrages, les nappes souterraines et les grandes résurgences
- Dans les zones rurales et les petites agglomérations, les populations locales ont de plus en plus recours à des aménagements collectifs d'adduction d'eau potable (dérivations, puits, captages de sources, khetaras, pompages...) bien que les puits individuels restent d'utilisation courante.

4-6-Pêche et aquaculture

- Ces deux activités jouent un rôle non négligeable dans l'économie nationale. Les eaux côtières peu profondes, les lagunes et les lacs de barrages ont permis le développement d'une petite pêche commerciale.
- Dans les lacs de barrages, le développement de ce secteur s'est fait principalement grâce à des espèces introduites de poissons.
- Dans un certain nombre de lacs naturels, de cours d'eau de montagne et de petits plans d'eau artificiels, la pêche sportive s'est développée.

4-7-Urbanisation et activités ménagères

- La plupart des zones humides connaissent un empiètement de l'habitat humain (bon marche ou même gratuit) favorise par les assèchements prolongés (sécheresse naturelle et aménagements hydrauliques).
- Les sablières et les gravières sont exploitées pour la construction.
- Les émergents hauts sont utilisés pour la construction d'habitats humains (*Noualas*) et d'étables ; alors que les tamarix sont utilisés comme bois de feu.

4-8-Activités industrielles

- L'extraction de sel représente la principale activité industrielle (minière) qui s'exerce au niveau des ZH.

- Centrales hydroélectriques installées au piedmont des barrages.
- Moulins à farines traditionnels qui subsistent encore le long de vallées.
- Les sucreries, les usines à papier et de transformation du phosphate, les tanneries, les teintureries...etc.
- Ramassage massif d'algues au niveau de certains platiers rocheux marins destiné surtout à la fabrication d'agar-agar.

4-9-Activités artisanales

Basées sur la végétation des zones humides le produit de cet artisanat est surtout destiné au marché touristique :

- Joncs pour les nappes
- Roseaux pour les meubles

4-10-Activités touristiques et lucratives

Les ZH attirent souvent beaucoup de touristes (infrastructures touristiques et aménagements) :

- Chasse
- Pêche continentale

5-Principales Menaces sur les Zones Humides (Le Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2013)

5-1-Assèchement, perte et transformation d'habitats

- Assèchement par drainage
- Empiètement des zones de cultures ou des zones urbaines
- Transformation des prairies ou des vasières en salines
- Assèchement consécutif à l'installation de barrages qui ont stoppé l'inondation de certaines ZH par les crues.
- Transformation de cours d'eau par l'installation de barrages ou par les dérivations et captages
- Les pompes dans la nappe phréatique qui ont asséché certains lacs ou sources.

5-2-Perte de fonctions, de qualités écologiques et de biodiversité

- La réduction des apports fluviaux minimise les fonctions de recharge des nappes souterraines, de circulation d'eau douce et des sédiments.
- La réduction du débit des cours d'eau de montagne entraîne, avec la baisse de turbulence (et donc du taux d'oxygène) et le réchauffement consécutif de l'eau, l'eutrophisation de celle-ci.
- La réduction généralisée des débits atténue la fonction d'épuration naturelle assurée par les rivières.
- Les déversements des eaux usées en provenance des grandes agglomérations, des unités touristiques ou industrielles ont entraîné la pollution de toutes les rivières marocaines.
- Utilisation accrue des fertilisants a entraîné l'eutrophisation des eaux superficielles ; les traces de ces produits ont été également décelées dans les eaux souterraines.

- La présence massive des touristes et du bétail, la surexploitation des ressources aquicoles et de la végétation ainsi que le braconnage représentent des facteurs supplémentaires qui ont largement contribué à la perte de biodiversité au niveau des zones humides.

5-3-Impact lié à la sécheresse naturelle

- Risque naturel à ne pas négliger surtout qu'il est fréquent en région méditerranéenne.
- Les décideurs ont été alors amenés à déclencher un certain nombre de procédures d'urgence : captage des grandes résurgences, pompes et construction de barrages collinaires.
- Le niveau des aquifères a connu une baisse généralisée.
- Les principales conséquences de tout cela : réchauffement des eaux superficielles, eutrophisation, salinisation prolongée, orientation du bétail vers les zones humides.

6-Utilisation durable et rationnelle :

Dispositions institutionnelles et administratives : (GIZ, 2015)

Niveau national :

- Création d'instances et/ou des commissions interministérielles pour les zones humides ;
- Large représentation des autorités responsables (Eaux et Forêts, Environnement, Agriculture, Tourisme, Chasse, Pêche, Equipement, Industrie, Santé, Intérieur...).
- Participation des associations.

Niveau local :

- Participation des populations locales à la prise de décision.
- Création de groupes de travail consultatifs représentant les usagers, les associations et les collectivités locales.

Niveau international dans le cas de zone humide transfrontalière :

- Pour éviter que les mesures prises par l'un des pays n'aient des effets indésirables sur les zones humides situées sur le territoire de l'autre.

Politiques, législation :

- Examen périodique de la législation en vigueur afin de l'amender si le besoin se fait sentir.
- Elaboration d'une législation générale sur l'utilisation rationnelle des ressources des zones humides.
- Elaboration d'une législation spécifique pour la conservation de sites classés (Ramsar, SIBE,...etc.).
- Etablissement d'une charte d'exploitation et de gestion des ressources des zones humides.
- Examen de la répartition des compétences entre administration publiques.
- Elaboration d'accords de coopération entre deux ou plusieurs pays en vue de l'utilisation rationnelle de systèmes aquatiques partagés.

Recherche :

- Amélioration des connaissances de base relatives aux fonctions et aux valeurs des zones humides.
- Surveillance continue des modifications écologiques afin de prévoir l'évolution des caractéristiques des zones humides en fonction des pressions exercées par leurs utilisations actuelles.
- Evaluation des pratiques d'utilisation durable.
- Elaboration de techniques de substitution ou d'utilisation rationnelle
- Mise au point de techniques de restauration des zones humides.

Formation :

- Cours sur la gestion intégrée pour que les gestionnaires aient une vision commune des problèmes et une approche concertée de la gestion et de la planification.
- Cours sur les techniques de gestion des zones humides : inventaires, surveillance, études d'impact, restauration...etc.
- Cours destinés aux personnels de terrain, afin qu'ils puissent affronter des situations quotidiennes.

CHAPITRE 4 : Pollution de l'environnement et Changement climatique

1-Pollution de l'environnement :

1-1-Définition

La pollution est la dégradation d'un écosystème par l'introduction, généralement humaine, de substances ou de radiations altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement de cet écosystème. La pollution a des effets importants sur la santé et la biosphère, comme en témoigne l'exposition aux polluants et le réchauffement climatique qui transforme le climat de la Terre et son écosystème, en entraînant l'apparition de maladies inconnues jusqu'alors dans certaines zones géographiques, des migrations de certaines espèces, voire leur extinction si elles ne peuvent s'adapter à leur nouvel environnement biophysique. (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009)

Le Dictionnaire de l'environnement. Les termes normalisés de l'AFNOR définit le polluant comme un altérage biologique, physique ou chimique, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développe des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème ou de l'environnement en général.

1-2-Les différents types de pollution :

a- Pollution atmosphérique

Elle se manifeste par la présence dans l'air de particules ou de gaz nocifs ou non, qui entraînent, en fonction de leur concentration, un inconvénient quelconque. (Détrie & Jarrault, 1969)

La pollution atmosphérique concerne la dégradation de l'air que nous respirons à cause de substances polluantes qui se retrouvent dans l'atmosphère. Des pics de pollution atmosphérique ont souvent lieu en été. Les principaux polluants atmosphériques sont les particules fines, le dioxyde de soufre (SO₂), l'ozone, les oxydes d'azote (NO et NO₂), les composés organiques volatils (COV). (Host & Duchesne, 2017)

La pollution atmosphérique est essentiellement le fait du transport (véhicules légers ou poids lourds) et des installations de combustion (notamment la combustion de biomasse).

Définition de la pollution atmosphérique donnée par la Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de 1996 :

"l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives".

Exemples : oxydes de carbone, de soufre et d'azote, poussières, particules radioactives provoquées par les rejets :

- des installations de chauffage,
- des moteurs à combustion,
- des installations industrielles,
- des incinérateurs.

b- Pollution de l'eau

Elle se manifeste par une présence dans l'eau (océans, mers, lacs, fleuves, nappes phréatiques, etc.) d'éléments toxiques qui engendrent la destruction de la faune et de la flore. Elle peut rendre l'eau impropre à la consommation ou à la baignade.

Exemples : effluents ou accidents :

- industriels,
- urbains (eaux-usées),
- agricoles : produits phytosanitaires, élevage intensif, engrais (nitrates, pesticides),
- hydrocarbures (marées noires, déballastages sauvages en pleine mer)

La pollution de l'eau est la contamination par des déchets, des produits chimiques ou des micro-organismes. Les pollutions des eaux sont dues :

1. à l'agriculture (à cause des pesticides et des engrais).
2. des rejets ménagers (médicaments et biocides rejetés via des eaux usées et que les stations d'épuration et le lagunage ne savent pas traiter).

Les phosphates polluent le cours d'eau par un phénomène appelé eutrophisation : le cours d'eau est asphyxié par la prolifération d'algues pour qui le phosphate joue le rôle d'engrais. L'eau est polluée par les marées noires mais surtout par les rejets d'hydrocarbures des bateaux. À de nombreux endroits, les eaux usées ne sont pas traitées avant d'être rejetées, car cela coûte très cher. Par conséquent, une grande quantité d'eaux usées est rejetée en mer. Cela peut provoquer, par exemple, des algues qui se reproduisent très rapidement. Elles recouvrent la surface de la mer et risquent de boucher les branchies des poissons. Le traitement des eaux usées est donc important pour l'écologie. Chaque année des milliers de poissons meurent à cause de la pollution. (Dovonou et al., 2017)

c- Pollution du sol

Provoquée par l'infiltration d'eau polluée, elle est souvent d'origine industrielle ou agricole : utilisation d'engrais chimiques, de pesticides.

La notion de pollution du sol désigne toutes les formes de pollution touchant n'importe quel type de sol (agricole, forestier, urbain...). Un sol pollué devient à son tour une source possible de diffusion directe ou indirecte de polluants dans l'environnement, via l'eau, les envols de poussières, émanations gazeuses ou via une reconcentrations et transfert de polluants par des organismes vivants (bactéries, champignons, plantes à leur tour mangés par des animaux.

d- Pollution biologique

Cette pollution est due à l'introduction dans un milieu donné d'espèces exogènes (provenant d'un autre milieu, écosystème ou continent) ou d'organismes génétiquement modifiés. Elle provoque des modifications de la faune et de la flore. Exemples :

- Espèces invasives (tortues de Floride, abeilles tueuses, fourmis du feu, l'algue *Caulerpa taxifolia*),
- Espèces domestiques échappées,
- Prolifération d'algues dans les plans d'eau (eutrophisation).

e- Pollution chimique

Elle est provoquée par la présence dans l'environnement de substances chimiques qui, normalement, sont absentes ou s'y trouvent en très faible quantité.

Une pollution organique est une pollution chimique causée par les polluants organiques (carbonés), qui sont des matières fermentescibles.

Exemples :

- égouts,
- lisier,
- boues d'épuration,
- organochlorés (DDT)
- polychlorobiphényles (PCB).

f- Pollution génétique

On appelle "pollution génétique" l'introduction causée par l'activité humaine de gènes étrangers ou modifiés dans une espèce sauvage. Cette notion est apparue avec le développement des OGM transgéniques. Elle s'applique également aux croisements d'une espèce sauvage avec des lignées exotiques ou domestiquées.

g- Pollution thermique

La pollution thermique des eaux est l'augmentation de la température causée par des rejets d'eaux de refroidissement, en particulier des centrales thermiques et nucléaires. Elle peut causer des dommages importants à la faune des cours d'eau.

Le réchauffement climatique provoqué par les gaz à effet de serre est une autre forme de pollution thermique qui concerne la Terre toute entière.

2-Les zones humides et pollution :

Les zones humides constituent un patrimoine naturel exceptionnel, de par la richesse biologique qu'elles abritent et les fonctions naturelles qu'elles remplissent. Elles font partie des milieux

naturels les plus riches du monde. Mais ces dernières sont menacées du fait des activités humaines, les deux tiers ont déjà disparu au cours du siècle dernier.

Les zones humides couvrent 1,5 millions d'hectares, et on estime qu'environ 2,5 millions d'hectares de zones humides ont disparu au cours du XXème siècle. Ces milieux sont aussi bien menacés quantitativement (perte de superficie) mais aussi qualitativement (perte de « qualité »). Les actions humaines influençant la destruction et la dégradation des zones humides (drainages, remblaiements, plantations...) peuvent résulter d'une initiative privée (drainage d'un marais par un agriculteur, remblaiement d'un terrain par un industriel...) ou procèdent de la mise en œuvre d'une politique publique (creusement d'un canal par l'État, développement d'équipements portuaires...). Cependant, il apparaît que les initiatives privées et publiques sont souvent liées. (MEZIANE & al, 2014)

Ci-dessous les principales menaces des zones humides : (Benslimane & al, 2015)

a- Pollution et intensification de l'agriculture

De nombreuses zones humides ont été transformées en terres arables au cours du siècle dernier par drainage, assèchement et remblaiement. Outre la disparition physique des zones humides que peut occasionner l'agriculture intensive, celle-ci contribue lourdement à détériorer les écosystèmes liés à l'eau notamment par les pollutions diffuses et ponctuelles dues aux intrants agricoles : traitements phytosanitaires, épandages de fumures animales, amendements et engrais (Nitrates et phosphates). Ces pollutions sont responsables d'intoxications (empoisonnement d'organismes, accumulation dans les chaînes trophiques) et de dysfonctionnements trophiques (eutrophisation, « blooms », marées vertes...).

b- Modification des cours d'eau :

Un grand nombre de rivière, fleuve ou cours d'eau ont subi de profondes modifications de leur structure par dragage, curage, recalibrage ou encore endiguement. La création de canaux artificiels ou encore le bétonnage contribuent également à la dégradation des zones humides. Les objectifs poursuivis sont essentiellement la lutte contre les crues et l'assainissement agricole. Ces travaux entraînent des modifications importantes des habitats et de la composition biologique (frayère, faune, flore...) ainsi que du fonctionnement écologique des cours d'eau et des zones humides annexes.

c- Extraction de granulats :

L'extraction des granulats provenant des zones alluviales peuvent entraîner la perte de zones humides en modifiant considérablement le fonctionnement de la nappe phréatique en asséchant les marais riverains. Celle provenant du lit mineur est aujourd'hui interdite, mais l'impact des exploitations passées sur la dynamique des flux solides et liquides perturbe encore le fonctionnement général de l'écosystème alluvial.

d- Urbanisation :

Le développement de l'urbanisation et ses aménagements correspondants (lotissements, routes, zones d'activités, parkings, décharges...) se fait au détriment des zones humides : disparition totale, cloisonnement, mitage des zones humides, pollution chimique et physique. D'autres formes d'urbanisation, plus extensives, comme les campings, les résidences secondaires, les aires de loisir, ou les parkings... sont situées à proximité ou empiètent les zones humides.

e- Installations portuaires et industrielles :

Les installations prioritaires et les zones industrielles affectent principalement les embouchures des fleuves et provoquent la disparition irréversible des écosystèmes estuariens (vasières, prairies humides...). Ils contribuent fortement à modifier le régime sédimentaire des estuaires. Ces impacts sont consécutifs au creusement de bassins portuaires, au remblaiement pour les zones d'activités périphériques ainsi qu'à la chenalisation (désigne tout aménagement de rivière visant à accélérer l'écoulement par surdimensionnement) et à la gestion des produits de dragage.

Les installations industrielles occasionnent également des pollutions, des rejets ponctuels, accidentels ou permanents de substances issues du fonctionnement des complexes industriels : hydrocarbures, métaux lourds, organochlorés, autres produits chimiques, matières en suspension.

f- Aménagements hydroélectriques :

Ces équipements engendrent la disparition de zones humides alluviales, la modification du niveau des nappes phréatiques ainsi que la perturbation du régime des eaux et du fonctionnement biologique des cours d'eau sur de longues distances. Ils provoquent tout comme les barrages de régulation des débits, la disparition des poissons migrateurs. Le développement important de la micro-hydroélectricité ces dix dernières années est particulièrement préoccupant.

g- Introduction d'espèces exotiques :

De nombreuses espèces non indigènes ont été introduites dans les zones humides, menaçant les espèces indigènes et pouvant provoquer un déséquilibre écologique. Leur introduction est dans la grande majorité des cas du fait de l'homme, que ce soit de manière volontaire ou involontaire. Certaines présentent un caractère envahissant qui modifient largement le fonctionnement des écosystèmes comme le ragondin (*Myocastor coypus*), les jussies (*Ludwigia sp.*) ou encore l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*).

h- Pollutions causées par la chasse :

Chaque année, environ des milliards de cartouches sont tirées vers les chasseurs. L'immense majorité d'entre elles se retrouvent dispersées dans les milieux naturels, dont près de la moitié dans les zones humides. Cette accumulation d'éléments métalliques et de plastiques de l'enveloppe dans le milieu naturel est responsable d'une importante pollution des habitats naturels. Les cartouches à grenailles de plomb sont responsables d'intoxications et d'un nombre conséquent de cas de saturnisme aviaire.

Les oiseaux d'eau qui n'ont pas de dents recherchent et mangent normalement de petits cailloux arrondis qui sont stockés dans le gésier où ils broient les aliments. Ils ingèrent par la même occasion du plomb (ou d'autres métaux lourds toxiques tels que le bismuth).

3- Changements Climatiques :

3-1-Historique du réchauffement climatique : (Fressoz & Locher, 2015)

Depuis la fin du 20ème siècle, la question du réchauffement climatique est devenue l'une des problématiques prioritaires sur laquelle l'humanité s'est penchée. C'est une affaire très sérieuse, car

elle concerne l'avenir de notre planète. Et ce n'est pas un hasard si l'on vit cette situation actuellement.

Partout dans le monde, on subit les méfaits du réchauffement climatique : canicule, pluies diluviennes, tempêtes, inondations, sécheresse, ouragans, etc. Les humains sont les principaux responsables (pour ne pas dire les seuls responsables) de cette situation. Trop longtemps, les pays industrialisés ont pratiqué des modes de développement qui ont été préjudiciables à l'environnement, et qui, aujourd'hui occasionnent tout un ensemble d'effets néfastes sur le présent et le futur de l'humanité.

En brûlant les substances fossiles (pétrole, charbon par exemple) pour produire de l'énergie et en abattant les forêts, nous avons dangereusement augmenté le taux de dioxyde de carbone (CO₂) et autres gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. Existant naturellement dans l'atmosphère, les gaz à effet de serre jouent un rôle important dans l'établissement d'une température d'équilibre permettant aux hommes de vivre sur Terre. Mais les activités humaines (industrie, transports, urbanisation, production et distribution de l'énergie, etc.) ont modifié leur concentration dans l'atmosphère contribuant ainsi au réchauffement de la planète.

Ainsi, il n'est plus à démontrer que la pollution de l'environnement reste le principal facteur qui explique le réchauffement climatique. La pollution étant le résultat des interventions de l'espèce humaine dans la nature, il faut maintenant réfléchir sur un rapport plus humble et plus respectueux avec celle-ci.

Parce qu'on n'aimerait pas que les habitants de la planète (particulièrement ceux des pays les plus pauvres) continuent à subir les conséquences catastrophiques de l'irrespect des pays riches et industrialisés à l'égard de l'environnement.

Aujourd'hui, plus d'un jugent que les changements climatiques sont un problème auquel est confronté le développement. Quoi que l'on pense du modèle de développement adopté par les pays industrialisés et reproduit par les pays émergents, un point reste certain : il ne pourra plus durer dans l'état actuel des choses. Tout ce que le monde a réalisé en termes de progrès est remis en question et l'on se demande si l'on est en droit de continuer ainsi. C'est pour cela qu'on parle désormais de développement durable. C'est-à-dire, un développement qui, en plus des facteurs de croissance économique, d'équité et de cohésion sociale, prend en compte le facteur écologique de préservation et de valorisation de l'environnement.

En 1994, l'entrée en vigueur de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) a reconnu la réalité de l'évolution du climat attribuée aux activités humaines. C'était particulièrement courageux en un temps où les preuves scientifiques étaient beaucoup moins nombreuses qu'aujourd'hui, et aujourd'hui encore, certains n'acceptent toujours pas les preuves scientifiques du réchauffement du climat.

3-2-Définition du changement climatique :

Le changement climatique est une modification durable et globale des paramètres climatiques et météorologiques de la Terre – dépassant l'envergure des cycles naturels –. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures ou, plus récemment, aux activités humaines. (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009)

Dans la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), le terme désigne uniquement les changements dus aux activités humaines. La Convention-cadre utilise le terme « variabilité climatique » pour désigner les changements climatiques d'origine naturelle. (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009) ; (AGHNAJ et al., 2012)

Désigne l'ensemble des variations des caractéristiques climatiques en un endroit donné, au cours du temps : réchauffement ou refroidissement. Certaines formes de pollution de l'air, résultant d'activités humaines, menacent de modifier sensiblement le climat, dans le sens d'un réchauffement global. Ce phénomène peut entraîner des dommages importants : élévation du niveau des mers, accentuation des événements climatiques extrêmes (sécheresses, inondations, cyclones, ...), déstabilisation des forêts, menaces sur les ressources d'eau douce, difficultés agricoles, désertification, réduction de la biodiversité, extension des maladies tropicales, etc.

Les simulations réalisées par les experts de Météo, suggèrent que le changement climatique :

- Réduirait le caractère tempéré du climat avec un réchauffement moyen de l'ordre de 2°C,
- Modifierait le régime des précipitations : augmentation de 20 % en hiver, diminution de 15 % l'été,
- Pourrait entraîner la disparition d'entre un tiers et la moitié de la masse des glaciers au cours des cent prochaines années,
- Pourrait entraîner une réduction sensible du manteau neigeux dans les hautes altitudes,
- Pourrait entraîner un affaiblissement, avec comme conséquence un refroidissement sensible des façades océaniques (- 4° C).

3-3-Les causes du changement climatique :

Les changements climatiques sont causés par les modifications de l'atmosphère qui résultent de sa transformation chimique par les gaz à effet de serre (GES). Cette perturbation de l'équilibre atmosphérique s'exprime par une augmentation des températures moyennes sur Terre, modifiant ses caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Les activités humaines sont les principales responsables des changements climatiques actuels et de leurs impacts sur l'environnement. En effet, selon le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), le réchauffement climatique est bien réel et l'activité humaine en est responsable, par l'émission de GES. Par ailleurs, au cours du siècle dernier, un réchauffement moyen de la température à la surface de la terre de 0,74 °C a été observé, alors qu'il était prévu que la température moyenne n'augmenterait que de 0,6 °C (GIEC, 2008). Les prévisions pour 2100 sont encore plus alarmantes, avec une augmentation prévue de la température moyenne de 2 à 4,5 °C. (GIEC, 2015) ; (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010)

Les émissions de GES anthropiques depuis le début de la révolution industrielle – résultant principalement de la combustion de combustibles fossiles nécessaires au transport, à l'industrie et à la production d'énergie, et le déboisement des forêts – ont fait augmenter considérablement le niveau de GES dans l'atmosphère et décuplé l'effet de serre. (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009)

Selon le GIEC, ce changement climatique s'accompagnerait : (GIEC, 2015)

- D'une perturbation du cycle de l'eau,
- D'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles d'origine climatique (sécheresses, inondations, tempêtes, cyclones),
- D'une menace de disparition de certains espaces côtiers, en particulier les deltas, les mangroves, les récifs coralliens, les plages d'Aquitaine, etc.
- Favoriserait la recrudescence du paludisme, et l'extension de maladies infectieuses comme la salmonellose ou le choléra,
- Accélérerait la baisse de la biodiversité : disparition d'espèces animales ou végétales.

3-4-les effets spécifiques des changements climatiques sur les écosystèmes et les espèces :

La plupart des scientifiques, et même des hommes politiques, acceptent que les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère augmentent à un rythme plus rapide que durant le million d'années écoulées, que les températures montent et que le système climatique est en train d'évoluer, mettant collectivement en péril les écosystèmes et leurs espèces ainsi que l'humanité toute entière. Actuellement, le principal facteur de perte et de dégradation des zones humides est la modification des habitats due au développement humain, les effets des changements climatiques se font également déjà ressentir à travers la planète. Plus nous comprenons les changements climatiques, plus il est clair qu'il faut agir, de toute urgence, pour sauvegarder les espèces et les écosystèmes des zones humides : de toute évidence, les changements climatiques deviendront l'un des principaux facteurs de perte des écosystèmes au cours du siècle et intensifieront les impacts des autres facteurs. (Hartley, Jones, & Janes, 2015)

a- L'impact sur les écosystèmes des zones humides : (Rankovic, Pacteau, & Abbadie, 2012)

- Les changements dans le cycle et le volume de ruissellement des eaux douces provenant des zones humides continentales auront un effet sur la salinité, la disponibilité des matières nutritives et les régimes d'humidité dans les écosystèmes côtiers – tout cela aura des incidences sur les fonctions des écosystèmes côtiers.
- Il est probable que beaucoup d'îles basses, dans les océans pacifiques, Indien et Atlantique et dans la mer des Caraïbes, puissent être submergées.

On peut aussi considérer l'impact sur les écosystèmes du point de vue de l'eau douce disponible :

- La quantité d'eau stockée dans les glaciers et le manteau neigeux devrait diminuer au cours du siècle, abaissant la quantité d'eau disponible dans les régions alimentées par les eaux de fonte des principales chaînes montagneuses- plus d'un sixième de la population mondiale vit actuellement dans ces régions.
- L'augmentation de la température de l'eau et les phénomènes climatiques extrêmes (tels que les inondations et les sécheresses) devraient affecter la qualité de l'eau et intensifier de nombreuses formes de pollution de l'eau – matières nutritives en excès, agent pathogènes, pesticides, sel, etc.
- On s'attend à ce que des changements dans l'intensité et la variabilité des précipitations se traduisent par une fréquence accrue des inondations et des sécheresses selon les régions. De façon générale, on prévoit une augmentation des précipitations sous les hautes latitudes et dans certaines régions tropicales tandis qu'il devrait y avoir une diminution des

précipitations dans certaines zones subtropicales et de moyenne à basse latitude (certaines de ces dernières subissent déjà un stress hydrique). Certains modèles climatiques prédisent que d'ici à 2050, le ruissellement annuel moyen des cours d'eau et l'eau disponible devraient augmenter de 10 à 40 % sous les hautes latitudes et dans certaines zones tropicales humides et diminuer de 10 à 30 % dans certaines régions sèches de moyenne latitude et dans les tropiques secs.

3-5-Les Gaz à effet de serre (GES) :

Les GES sont naturellement présents dans l'atmosphère. Ces gaz forment une couche autour de la Terre, lui permettant de conserver sa chaleur : c'est l'effet de serre. En effet, le soleil réchauffe la Terre qui, par la suite, réémet une partie de sa chaleur vers l'espace. Les GES présents dans l'atmosphère emprisonnent une partie de cette chaleur, l'empêchant de retourner dans l'espace. Ce phénomène permet de conserver des températures moyennes de 15 °C sur notre planète. Sans cela, la température y serait d'environ - 18 °C, ce qui ne permettrait pas la présence de la vie telle que nous la connaissons. (Canada, 2003) ; (Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010)

Les GES ne contribuent pas tous à l'effet de serre de façon équivalente. En effet, leur pouvoir de réchauffement global (PRG) et leur durée de vie dans l'atmosphère sont différents. Le PRG correspond à la capacité du gaz à conserver la chaleur autour de la terre, en la renvoyant vers le sol. Le PRG des GES s'évalue en les comparant au PRG du CO₂, le gaz de référence. Le CO₂-équivalent (CO₂e) est donc une mesure des GES, qui permet une comparaison de l'impact de chacun des GES, selon le PRG. Par exemple, pour une même quantité, le N₂O réchauffe 310 fois plus l'atmosphère que le CO₂, donc 1 kg de N₂O émis correspond à 310 kg de CO₂. Le temps de séjour dans l'atmosphère représente le temps de résidence moyen des GES. On constate que les émissions de GES d'aujourd'hui contribueront aux changements climatiques pendant des dizaines, voire des centaines d'années.

4-Les zones humides et l'Atténuation des changements climatiques :

Du point de vue des changements climatiques, les zones humides jouent au moins deux rôles qui, pour être différents, n'en sont pas moins vitaux : d'une part, dans la gestion des gaz à effet de serre (en particulier le dioxyde de carbone) et, d'autre part, en tamponnant concrètement les effets des changements climatiques.

Les zones humides sont d'importants puits de carbone : la destruction d'une zone humide libère du dioxyde de carbone, un gaz à effet de serre, tandis que la restauration ou la création d'une zone humide augmente la capacité de piégeage du carbone. (Melloul, 2014)

Les zones humides fourniront aussi les premières lignes de défense des littoraux et de l'arrière-pays, à mesure que se feront sentir les effets des changements climatiques : fréquence accrue des tempêtes, structure des précipitations modifiées, élévation du niveau des mers et les températures de surface de la mer.

On sait que les zones humides sont d'importantes zones de stockage (puits) du carbone. Selon la définition générale des zones humides selon **Ramsar**, cette capacité équivaut à 40 % du carbone terrestre mondial. Les tourbières et les zones humides boisées sont des puits de carbone particulièrement importants. Bien qu'elles ne couvrent que 3 % de la superficie émergée de la planète, on estime que les tourbières stockent plus de 25 % du carbone contenu dans les sols.

On sait aussi que les zones humides jouent un rôle important dans le cycle mondial du carbone mais la portée réelle de ce rôle n'est pas encore totalement comprise. Ce qui est évident, c'est que

le drainage, la transformation pour l'agriculture et la dégradation des zones humides libèrent d'énormes quantités de dioxyde de carbone (responsable, à 60% au moins, de l'effet de serre) ainsi que d'autres gaz à effet de serre qui contribuent au réchauffement du climat mondial.

Il est alarmant de constater que la terre se réchauffera probablement davantage au 21^e siècle qu'à n'importe quelle autre époque de l'histoire de l'humanité.

Les nombreux bouleversements écologiques associés aux changements climatiques ont de graves incidences sur les milieux humides – parmi les plus marquées, on peut citer celles de l'élévation du niveau des mers, de l'augmentation des températures et des modifications de la structure des précipitations, des courants océaniques et des vents. Dans certaines régions, tous ces effets se conjugueront probablement à la fréquence accrue des tempêtes tropicales ainsi qu'à des précipitations plus fortes et plus abondantes qui apporteront davantage d'eau douce et de sédiments dans les zones côtières. Les changements dans le cycle hydrologique affecteront aussi les zones humides continentales et mettront à l'épreuve leur capacité de compenser l'augmentation des précipitations dans certaines régions et leur diminution dans d'autres, ainsi que les changements qui seront perceptibles dans la recharge et l'écoulement des eaux souterraines.

Les plages, les dunes, les estuaires, les mangroves et d'autres zones humides côtières sont des écosystèmes naturellement équipés pour s'adapter aux changements des vents dominants et des mers ainsi qu'à l'élévation du niveau des mers mais le rythme des changements prévus par suite de l'évolution du climat sera beaucoup plus rapide que celui des variations naturelles auxquelles les systèmes sont adaptés. Dans les régions côtières, les gestionnaires devront aider les zones humides à s'adapter à ces changements – restaurer les dunes ou les remettre en état, « recréer » les zones humides côtières seront des mesures vitales dans certains pays.

En prévision des effets de ces changements climatiques, il semble raisonnable :

- D'empêcher toute nouvelle destruction ou transformation des zones humides qui aurait pour résultats d'augmenter les émissions de dioxyde de carbone.
- D'envisager la restauration et la remise en état des zones humides comme moyen de renforcer le stockage du carbone et d'améliorer la capacité d'adaptation des zones humides.

Les possibilités sont nombreuses : la restauration des plaines d'inondation, par exemple, serait utile aux pays où les précipitations s'annoncent plus abondantes et plus imprévisibles.

CHAPITRE 5 : Valeurs Biologiques et Ecologiques

1-Introduction :

Les zones humides constituent des sites de vie importants pour les espèces végétales et animales dont la valeur est maintenant reconnue par les milieux publics et privés de la protection de la nature. Le rôle primordial des zones humides comme habitat pour les plantes aquatiques, les invertébrés, les oiseaux et les poissons. De nombreuses espèces terrestres et aquatiques trouvent dans ces milieux une source de ravitaillement en eau et en nourriture ainsi qu'un lieu de reproduction. Dans les paysages souvent banalisés sous l'influence de fortes contraintes urbaines et agricoles, les zones humides constituent des éléments ponctuels de diversification des biotopes. Les conditions du milieu très diverses, liées notamment aux gradients et aux fluctuations d'hygrométrie dans les zones humides, qui favorisent la création et le renouvellement d'une multitude d'habitats propices à l'établissement d'une flore et d'une faune variées. Malheureusement, ces milieux et les organismes qui leur sont inféodés sont menacés. Ils sont considérés avec peu

d'attention par le public qui ignore généralement la richesse biologique qu'ils hébergent. Les principales menaces viennent de l'agriculture qui les considère comme un obstacle au travail rationnel des champs. Le développement de l'urbanisation joue également un rôle négatif sur ces écosystèmes, que ce soit de manière directe (remblayage, obstacles à la migration des espèces) ou indirecte par la pression humaine liée aux activités de loisir. (Mohamed Dakki & El Agbani, 2009). Bien d'autres causes peuvent être à l'origine de la dégradation des habitats (changement du régime hydrologique, suppression de la dynamique fluviale, pollutions diverses, ponctuelles ou diffuses, dérangement par l'homme ou les animaux domestiques, etc.) et concourent à fragiliser les biotopes qui sont de moins en moins aptes à garantir les conditions nécessaires à la pérennité des espèces sauvages. Alors que la valeur des zones humides pour la conservation de la diversité biologique est reconnue de tous, il est paradoxalement frappant de constater que peu d'études leur sont spécifiquement consacrées. Cela s'explique notamment par deux raisons. La première est liée au manque de perception visuelle de ces valeurs naturelles. La deuxième raison est liée aux difficultés d'étude des organismes vivants dans le milieu aquatique qui nécessite d'avoir recours à des méthodes particulières de prélèvements et d'observation.

2-Valeurs Ornithologiques :

En ornithologie, l'avifaune désigne un ensemble d'espèces d'oiseaux, la faune aviaire dans un lieu (région) donné ou à une période donnée. Elle comprend les oiseaux sédentaires et ceux migrateurs. L'avifaune est aussi un livre sur l'état de la faune aviaire d'une région géographique donnée, indiquant une liste des avifaunes nationales et régionales par exemple. Le mot avifaune est issu de « avis » qui signifie « oiseau » en latin et qu'on retrouve dans l'appellation « grippe aviaire » et du terme « faune » que vous connaissez bien et qui désigne les animaux. Les ornithologues sont considérés comme de fervents « collecteurs » d'observations sur les oiseaux. Les oiseaux qu'ils observent sur le terrain sont généralement scrupuleusement identifiés et classés systématiquement dans l'une des quelque dix mille espèces aviaires (Podjed, 2013). Chacune de ces espèces peut être classée dans un genre et ce genre dans une famille, etc. Une étude prend beaucoup de temps et d'efforts à observer et à inventorier les espèces existantes et les plus rares d'oiseaux dans une zone humide. L'observation et l'étude avifaune étaient irréductiblement liées à la conservation de la nature, puisqu'il faut d'abord protéger les oiseaux pour pouvoir les inventorier et les cataloguer à long terme. (Radi, 2008) ; (Metallaoui & al, 2013)

a- Aspects phénologiques et birdwatching :

La connaissance de la répartition temporelle de la présence des espèces dans un site (statut phénologique) est utile surtout pour planifier des visites qui ciblent des espèces particulières ou pour décrire la migration des oiseaux. La répartition temporelle des espèces dans le site permet de distinguer quatre saisons ornithologiques : (Maroc, 2016) ; (El Agbani & al, 2009)

- Oiseaux présents toute l'année : Ils sont soit des sédentaires, soit des nicheurs auxquels s'ajoutent souvent des hivernants et/ou des migrateurs. Dans cette catégorie sont inclus certains visiteurs qui estivent parfois dans le site sans s'y reproduire.
- Hivernants : ce statut concerne les oiseaux présents dans le site durant les mois de décembre et de janvier, mais ils sont généralement visibles depuis le mois de novembre jusqu'au mois de février, voire durant une plus longue période.
- Migrateurs de passage : espèces hivernant et qui utilise un autre site comme relais de passage en automne (migration postnuptiale) et/ou au printemps (migration prénuptiale).
- Estivants : oiseaux reproducteurs qui regagnent le site généralement au printemps et le quittent en automne.

3-Valeurs piscicole :

3-1- Généralités

Au point de vue zoologique, les poissons sont une classe de l'embranchement des vertébrés du règne animal. Ils se divisent eux-mêmes en ordres, qui à leur tour se subdivisent en familles, genres, espèces et variétés. Scientifiquement le genre est désigné par un nom latin et l'espèce par un autre nom latin ainsi que la variété. Mais dans le langage courant les poissons sont désignés par des noms consacrés par l'usage ou par des noms et abréviations professionnelles. (Cours Kachich, 2008)

Une eau douce n'est susceptible de présenter une valeur piscicole réelle et constante que si les poissons qui y vivent sont en mesure de s'y développer normalement et de s'y reproduire. Mais, lorsque ces conditions préliminaires sont remplies, toutes les eaux douces sont loin d'offrir la même valeur, à surfaces égales. On apprécie leur valeur relative en déterminant leur productivité, dont la mesure repose habituellement sur l'évaluation de leur capacité biogénique.

3-2- Etude sommaire d'un poisson :

a- Aspect extérieur :

➤ La forme :

Les poissons vivant dans l'eau ont une forme adaptée à ce milieu, dite hydrodynamique qui est en forme de fuseau. Mais suivant les eaux et le mode de nutrition les formes peuvent être différentes.

- ❖ Les poissons carnassiers : sont plus taillés pour la course, corps plus rond, plus allongé.
- ❖ Les poissons herbivores : corps plus plat, plus massif.

➤ Les parties du corps

La tête est prolongée directement par le tronc qui se termine par la nageoire caudale ou queue. Comme chez les autres vertébrés les membres sont représentés par les paires de nageoires pectorales et ventrales.

La forme, le nombre, l'emplacement de ces nageoires sont des caractères importants pour reconnaître les différents poissons. La caudale est l'organe moteur de nage à vitesse normale. Les pectorales et les ventrales servent de gouvernails de profondeur et de direction, de frein et à se déplacer à vitesse réduite ; la ou les dorsales et l'anale sont des organes stabilisateurs.

➤ Le revêtement :

Le corps des poissons est recouvert d'écailles qui s'imbriquent comme les tuiles d'un toit. Ces écailles donnent la teinte de la livrée et le reflet plus ou moins brillant. Leur nombre ne varie pas durant la vie du poisson, mais elles s'accroissent elles-mêmes pour en suivre le développement, d'où une méthode pour évaluer l'âge des poissons. De plus le corps des poissons est enduit d'un mucus plus ou moins abondant suivant les espèces.

L'eau contenant de nombreux parasites et microbes, toute atteinte à ce revêtement du corps des poissons : (blessures, manipulations brutales) ouvre une porte à ces agents.

3-3-Appréciation de la Valeur piscicole générale des Eaux douces :

Pour qu'une eau libre présente une valeur piscicole réelle et constante, il faut qu'elle permette aux poissons de se développer normalement et de se reproduire.

i- Développement normal des poissons :

Les poissons ne peuvent se développer normalement que si leurs exigences respiratoires et alimentaires sont satisfaites. Ces exigences ne sont pas les mêmes pour toutes les espèces.

- Quant aux besoins respiratoires, certains poissons sont peu exigeants, d'autres très exigeants.
- Quant aux exigences alimentaires, elles varient selon l'âge (le régime alimentaire des alevins n'est pas celui des adultes)

Selon les espèces. On classe les poissons en herbivores, mangeurs de petite faune (microphages, planctophages, macrophages), omnivores, voraces.

i- Cycle biologique général des eaux douces :

A propos des besoins alimentaires des poissons et de la mesure dans laquelle ils peuvent être couverts, il est opportun de rappeler succinctement le cycle biologique des eaux douces. Le poisson est le terme final d'un cycle biologique complexe. Ce cycle trouve son origine dans les matières nutritives inorganiques en solution dans l'eau. Elles proviennent de la solubilisation de substances extraites des terrains avec lesquels les eaux courantes ou stagnantes sont en contact, ou bien de substances apportées dans ces eaux par les détritux exogènes et par les précipitations.

Le cycle ou chaîne de production piscicole comprend donc les maillons suivants : matières nutritives minérales, production végétale, consommation et production animales intermédiaires, consommation et production animales finales : le poisson. Une dernière étape : la réduction, qui s'opère grâce aux bactéries, permet, par le mécanisme de la minéralisation, la dissolution de tous les composés organiques morts – végétaux et animaux - et leur réintégration dans le cycle biologique.

La production piscicole, en rapport direct avec la quantité de nourriture présente, dépend donc, en dernière analyse, de la production végétale. Or, celle-ci est soumise à la loi du minimum, selon laquelle la production végétale quantitative est sous la dépendance de la substance nutritive qui se trouve proportionnellement en plus faible quantité. Le calcium est l'un des éléments nutritifs le plus sujet à variations. Souvent aussi le phosphore, l'azote et, sans doute, d'autres éléments, existent en quantités insuffisantes. Dans ces conditions, le chaulage et la fumure peuvent augmenter la production piscicole.

ii- Reproduction des poissons :

Tous les poissons ne se reproduisent pas de la même manière ni à la même époque. Parmi les facteurs externes agissant sur la reproduction des poissons, deux sont particulièrement importants : la température et le substratum. Les poissons ne fraient que lorsque les eaux ont atteint la température qui leur convient. Certains poissons fraient en hiver, par basses températures : les Salmonidés ; le Brochet fraie au printemps, au premier réchauffement des eaux, lorsque la température de l'eau remonte vers 10° ; la Perche commune fraie un peu plus tard, lorsque la température atteint et dépasse 12° ; la plupart des cyprinidés fraient à la fin du printemps, dans des eaux à température de 15° et au-dessus. Il faut 12 à 15° pour le Chevaie, 15 à 16° pour le Gardon, 17° pour la Brème. Pour la Carpe, la température de l'eau doit atteindre 18° ; plus encore pour la Tanche. La Carpe se maintient très bien en vie dans des eaux à température ne dépassant jamais 16° et elle y grossit même de façon satisfaisante, mais elle ne s'y reproduit pas.

Le substratum est fort important également. Les poissons d'eau douce ayant des œufs flottants sont rares. Beaucoup déposent leurs œufs sur la partie submergée des végétaux aquatiques, d'autres sur le fond, mais la nature de celui-ci joue aussi son rôle.

L'évaluation de la productivité est fondamentale dans l'appréciation de la valeur piscicole des eaux douces. On entend par productivité piscicole d'une eau, sa capacité de production maximum et normale. La productivité d'une eau est directement proportionnelle à sa valeur nutritive ou capacité biogénique. L'appréciation de la productivité doit donc porter simultanément sur l'étude des caractères physiographiques et sur l'appréciation de la capacité biogénique.

4-Valeurs floristique :

La végétation est sans doute la composante de l'écosystème qui intègre le mieux les paramètres caractérisant les différentes zones humides : importance et durée de l'inondation, chimie de l'eau (salinité, pH, potentiel Redox, etc.). Elle traduit les conditions qui existent dans la zone humide à la fois sur le plan hydrologique et pédologique. C'est pourquoi, la végétation occupe une place particulière dans tous les manuels de caractérisation des zones humides à travers le monde. La végétation est un critère explicite de la loi sur l'eau. Cette dernière considère qu'une zone est humide si " la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ".

A cette notion de végétation s'ajoute celle de formation végétale définie comme « Un ensemble de végétaux qui peuvent appartenir à des espèces différentes mais qui présentent pour la plupart, des caractères convergents dans leurs formes biologiques et parfois dans leurs comportements ». Pour FLAHAULT (1901), qui a introduit cette notion, certaines espèces sont dominantes, soit parce qu'elles sont caractéristiques du paysage végétal par la taille, le nombre, la forme ou la durée des individus (espèces sociales) soit par l'action qu'elles exercent sur l'habitat en créant pour ainsi dire la station. Cette notion tient compte de l'abondance des espèces et de leur recouvrement dans les différentes strates qui composent la végétation. Les espèces dominantes sont donc " Celles que l'on voit " et qui par leur abondance ou recouvrement importants vont marquer le paysage végétal. Pendant longtemps, les politiques forestières ont été conçues en considérant que les utilisateurs locaux des forêts en étaient des destructeurs potentiels. Pourtant, dans le monde entier, les sociétés traditionnelles ont établi depuis longtemps des sites naturels sacrés qu'elles tentent tant bien que mal de préserver de toutes les formes d'agressions. Considérées par certains comme de véritables aires protégées, ces forêts ont réellement été reconnues comme pouvant appartenir aux différentes catégories de l'UICN en 2008 à la suite de plusieurs rencontres de la Commission mondiale des aires protégées de l'UICN. Parmi ces sites sacrés, les forêts sacrées constituent pour certaines régions marquées par une déforestation massive, les seuls témoins de la végétation originelle existante. (Adou Yao et al., 2013)

i- Inventaires floristiques :

Plusieurs méthodes d'inventaire botanique existent en fonction des objectifs de chaque étude. Des inventaires sur des placettes, des transects et des relevés linéaires peuvent être utilisés seuls ou en combinaison pour la mesure de la diversité quantitative (indice de diversité, densité, aire basale, biomasse). Pour mesurer la diversité qualitative, l'une des méthodes la plus couramment utilisée et la plus rapide est l'inventaire itinérant. Cette méthode consiste à parcourir la forêt ou le milieu étudié dans différentes directions et à recenser toutes les espèces végétales rencontrées, sans tenir compte de leur abondance ni de leur taille.

5-Valeurs culturelles et touristiques :

Avec leur beauté naturelle et leur biodiversité, les zones humides sont des lieux de tourisme par excellence. Les visites touristiques et utilisations des sites ayant des avantages comme ils ont des inconvénients.

i- Fréquentation humaine et impacts environnementaux sur les espaces de nature :

Les espaces de nature représentent désormais des lieux idéalisés, convoités, qui connaissent une fréquentation croissante depuis un demi-siècle. Si ces derniers sont recherchés par certains visiteurs pour leurs aspects authentiques et jugés « sauvages », ils sont appréciés par d'autres car ils représentent des supports idéaux à la pratique de leurs activités de loisirs, qu'elles soient sportives ou non . Face à cet engouement, scientifique et gestionnaire s'interrogent, parfois s'inquiètent des impacts environnementaux liés à l'influence de ces flux de visiteurs. Dans son dictionnaire de l'écologie et des sciences de l'environnement, Ramade (2002) définit l'impact environnemental comme les « *conséquences d'une dégradation des conditions écologiques sur le milieu naturel ou l'environnement de l'homme* ». Les impacts de la fréquentation humaine, peuvent être multiples et remettre en cause la pérennité de certains sites : piétinement de la flore, dégradation des habitats, érosion des sols, pollution chimique et visuelle, prélèvements d'espèces végétales, dénaturation des paysages, etc. (Le Corre & al, 2015)

Ces derniers seront d'ailleurs d'autant plus problématiques et pris au sérieux qu'ils affecteront des espaces écologiquement rares, sensibles et/ou vulnérables. Enfin, l'impact n'est pas uniquement physique et écologique, il peut également avoir des conséquences sur le milieu humain lui-même qui peut se manifester par un sentiment de « foule » chez les visiteurs mais aussi par l'émergence de conflits d'usage. (Le Berre, 2008) ; (Mounet, 2007)

ii- Le dérangement de la faune : un impact environnemental

Le dérangement de la faune sauvage fait partie des impacts de la fréquentation humaine. Le dérangement est défini par Triplet et Schricke (1999) comme « *tout événement généré par l'activité humaine qui provoque une réaction (l'effet) de défense ou de fuite d'un animal, ou qui induit directement ou non, une augmentation des risques de mortalité (l'impact) pour les individus de la population considérée ou, en période de reproduction, une diminution du succès reproducteur* »

Le dérangement de la faune n'a donc pas pour objet la destruction ou la dégradation physique des habitats des espèces mais les conséquences, à plus ou moins long terme, de la confrontation directe entre la pratique des activités humaines (récréatives, sportives ou professionnelles) et la présence d'animaux sauvages sur les mêmes milieux. En effet, « *en dehors de la consommation « brute » et totale d'espace, l'homme trouble considérablement, par sa seule présence la vie de la faune sauvage*» (de Planhol, 2004)

Ce serait bien évidemment une aberration de s'imaginer que les interactions (y compris le dérangement) entre les hommes et les animaux sauvages seraient brusquement apparues au cours de ces 50 dernières années, remettant alors en cause les équilibres d'une nature jusque-là jugée inviolée. En effet, ne serait-ce que par leurs activités cynégétiques, les hommes ont depuis toujours été en contact très rapproché avec les populations animales qui les entouraient. Cette relation primaire a d'ailleurs été longtemps vitale à la survie de l'espèce humaine. Traquées, chassées mais aussi persécutées dans le cas des grands prédateurs, nombreuses sont les espèces animales dont les populations ont été poussées depuis des millénaires jusqu'à l'extinction ou à son seuil du fait d'une pression de prélèvement trop importante. (de Planhol, 2004)

CHAPITRE 6 : Fonctions naturelles et valeurs socio-économie des zones humides

La complexité et la richesse des zones humides sont liées au fait qu'elles se situent entre les milieux aquatiques et les milieux terrestres. Elles sont généralement désignées comme des milieux intermédiaires, de transition ou d'interface. (Hajib & Bayed, 2005)

L'évaluation économique des fonctions et services écologiques des zones humides permet de montrer a priori que cette politique de préservation de ces écosystèmes est justifiée au regard des bénéfices qu'elle procure à la société. L'intérêt, pour la société, des services rendus par les zones humides est un thème qui suscite de plus en plus l'attention. C'est pourquoi, la préservation des zones humides est un axe important des réflexions de la politique publique.

Les services rendus par les zones humides à la population locale sont directement dépendants des fonctions naturelles qu'elles assurent et du bon état de fonctionnement de ces écosystèmes.

- ❖ Les zones humides remplissent des fonctions naturelles.
- ❖ Les zones humides ont une valeur socio-économique
- ❖ Les zones humides apportent un bénéfice économique
- ❖ Les zones humides permettent des usages gratuits

Valeurs socio-économiques :

Les zones humides apportent un bénéfice économique on attribuant à ;

- La gestion de l'eau de consommation. (potable, agriculture, etc...)

La zone humide contribue à la bonne qualité d'eau et au stockage naturel de l'eau.

Grâce aux fonctions naturelles des zones humides : régulation hydraulique et amélioration de la qualité de l'eau.

- La prévention des risques naturels.

Prévention contre les inondations et limitation des effets de sécheresse (économies sur les infrastructures de stockage de l'eau, retenues artificielles).

Grâce aux fonctions naturelles des zones humides : réservoir naturel et régulation hydraulique.

- La production des ressources biologiques.

Agriculture, pêche, et aquaculture sont des supports d'activités et de millions d'emplois. Grâce à leur fonction naturelle de maintien d'écosystèmes bio-diversifiés et très productifs.

- L'activité touristique.

Les zones humides sont le principal facteur de qualité et d'attractivité touristique de la région (loisirs nautiques, tourisme vert)

Les zones humides permettent des usages gratuits :

Usages liés aux valeurs patrimoniales ;

Patrimoine paysager

Patrimoine culturel

Patrimoine biologique

Développement d'activités touristiques ou récréatives (chasse, pêche, écotourisme).

Usages liés aux valeurs éducatifs ;

Support pédagogique de sensibilisation et d'information : prise de conscience par la population et les acteurs économiques des enjeux économiques, sociaux et écologiques de ces milieux.

Toutefois, toutes les zones humides ne remplissent pas ces fonctions et ces services rendus de la même manière. Cela dépend de la spécificité de la zone (type et caractéristiques hydro-géomorphologiques du site considéré), et donc unique en termes de services rendus écosystémiques.

Chapitre 7 : Analyse en Composantes Principales (ACP)

1-Introduction :

L'**Analyse en Composantes Principales (ACP)**, ou *Principal Component Analysis (PCA)* en anglais, permet d'analyser et de visualiser un jeu de données contenant des individus décrits par plusieurs variables quantitatives.

C'est une méthode statistique qui permet d'explorer des données dites multivariées (données avec plusieurs variables). Chaque variable pourrait être considérée comme une dimension différente. Si vous avez plus de 3 variables dans votre jeu de données, il pourrait être très difficile de visualiser les données dans une "hyper-espace" multidimensionnelle.

L'analyse en composantes principales est utilisée pour extraire et de visualiser les informations importantes contenues dans une table de données multivariées. L'ACP synthétise cette information en seulement quelques nouvelles variables appelées **composantes principales**. Ces nouvelles variables correspondent à une combinaison linéaire des variables originels. Le nombre de composantes principales est inférieur ou égal au nombre de variables d'origine.

L'information contenue dans un jeu de données correspond à la variance ou l'*inertie totale* qu'il contient. L'objectif de l'ACP est d'identifier les directions (i.e., *axes principaux* ou composantes principales) le long desquelles la variation des données est maximale.

En d'autres termes, l'ACP réduit les dimensions d'une donnée multivariée à deux ou trois composantes principales, qui peuvent être visualisées graphiquement, en perdant le moins possible d'information. (Hair, Black, Babin, Anderson, & Tatham, 1998)

2-Notions de base :

L'analyse en composantes principales (ACP) est une technique multivariée dite d'interdépendance, car il n'y a pas de variable dépendante ou indépendante d'identifiée au préalable. Une autre caractéristique importante de l'ACP est qu'il n'y a pas d'hypothèse nulle à tester ou à vérifier.

Les techniques d'analyse factorielle, telles que l'ACP, visent trois objectifs principaux :

1. Comprendre la structure d'un ensemble de variables (dans un questionnaire, voir quelles variables sont associées).
2. Concevoir et raffiner des instruments de mesure comme les tests psychométriques et les questionnaires basés sur des échelles de type Likert permettant de mesurer des construits latents (qu'il est impossible de mesurer directement comme le degré de stress ou de bonheur d'une personne).
3. Condenser l'information contenue à l'intérieur d'un grand nombre de variables (d'items d'un questionnaire ou d'un test, par exemple) en un ensemble restreint de nouvelles dimensions

composites tout en assurant une perte minimale d'informations (Hair et al., 1998). On cherche donc à faire émerger les construits ou les dimensions sous-jacentes à un ensemble de variables.

La procédure par étapes de Hair (1998), pour illustrer la démarche d'analyse de l'ACP. Voyons les étapes à franchir pour réaliser cette analyse.

Étape 1 : Déterminer l'approche selon le type de problème

Approche exploratoire : Le chercheur n'a pas d'a priori théorique sur la structure sous-jacente des données et veut en explorer la structure. À ce titre, on peut utiliser l'ACP pour deux motifs principaux :

- Identifier la structure sous-jacente des données
- Réduire le nombre de variables en quelques facteurs

Approche confirmatoire : Le chercheur a certains a priori théoriques et désire confirmer une structure factorielle documentée. Il cherche donc ici à confirmer la présence de facteurs déjà connus et décrits dans la littérature ou par d'autres analyses.

Étape 2 : Préparation de l'analyse

Nombre de variables : Normalement, on effectue une ACP sur un ensemble de variables substantiel. Extraire 8 facteurs à partir de 12 variables ne permet pas vraiment de réduire de façon intéressante le nombre de variables originales. Il faut donc avoir un minimum de variables.

Type de variables : De plus, il est recommandé d'avoir des variables continues, bien que quelques variables de l'ensemble peuvent être dichotomiques (0-1). La technique fonctionne également avec des variables ordinales.

Taille de l'échantillon : Il est recommandé d'avoir un échantillon relativement grand pour assurer une puissance statistique minimale. On suggère 100 sujets et plus, mais Hair *et al.* (1998) donnent comme règle générale d'avoir un ratio de 10 sujets par variable insérée dans l'analyse.

Étape 3 : Respect des postulats

Corrélations inter items : On doit s'assurer qu'il existe des corrélations minimales entre les items ou les variables qui feront l'objet de l'analyse. Dans le cas où les corrélations sont très faibles ou inexistantes, il sera très difficile de faire émerger un ou des facteurs et l'ACP n'est probablement pas l'analyse à conseiller. À cet égard, on peut créer une matrice de corrélation avec toutes les variables de l'analyse et examiner la magnitude des coefficients. Cette matrice est une option disponible dans le menu SPSS de l'analyse factorielle.

Mesure de l'adéquation de l'échantillonnage (KMO) : Cette mesure donne un aperçu global de la qualité des corrélations inter items. L'indice KMO varie entre 0 et 1 et donne une information complémentaire à l'examen de la matrice de corrélation. Son interprétation va comme suit :

0,80 et plus	Excellent
0,70 et plus	Bien
0,60 et plus	Médiocre
0,50 et plus	Misérable
Moins de 0,50	Inacceptable

Cet indice augmente : 1) plus la taille de l'échantillon est grande, 2) plus les corrélations inter items sont élevées, 3) plus le nombre de variables est grand et 4) plus le nombre de facteurs décroît.

Test de sphéricité de Bartlett : Cette mesure indique si la matrice de corrélation est une matrice identité à l'intérieur de laquelle toutes les corrélations sont égales à zéro. Nous espérons que le test soit significatif ($p < 0,05$) pour que nous puissions rejeter l'hypothèse nulle voulant qu'il s'agisse d'une matrice identité qui signifie que toutes les variables sont parfaitement indépendantes les unes des autres.

Étape 4 : Choix de la méthode d'extraction

Il existe deux méthodes d'extraction des facteurs qui reposent sur des considérations théoriques spécifiques liées aux composantes de la variance totale de l'ensemble de variables de l'analyse : l'analyse des facteurs communs (analyse factorielle) et l'analyse en composantes principales.

L'analyse des facteurs communs (Principal axis factoring) : est basée sur la variance commune partagée par les variables analysées et est appropriée lorsque le chercheur est intéressé à découvrir la structure latente ou les construits sous-jacents aux variables. Cependant, de nombreuses limites rendent cette méthode difficile à appliquer dans bien des cas.

L'analyse en composantes principales (Principal component) : est basée sur la variance spécifique des variables et permet d'extraire un minimum de facteurs qui expliquent la plus grande partie possible de la variance spécifique. C'est habituellement la méthode privilégiée.

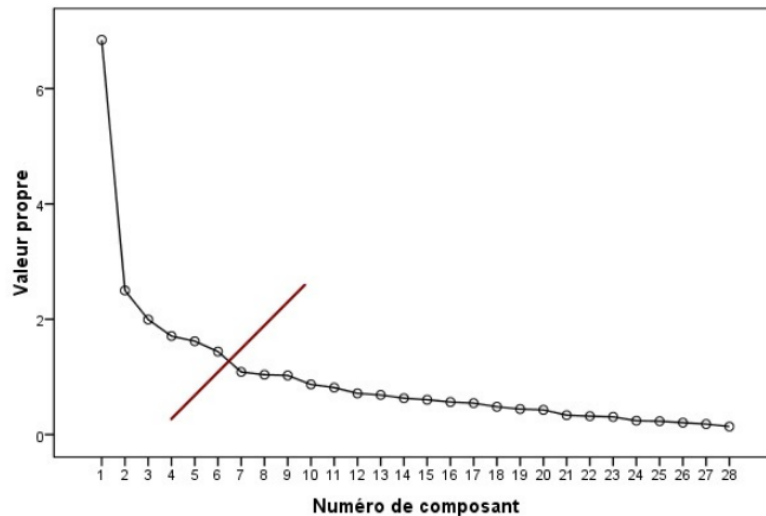
Une fois la méthode choisie, il est possible de spécifier le nombre de facteurs que l'on désire extraire des données. On comprendra que cette décision est pertinente dans une perspective confirmatoire et non dans une perspective exploratoire.



Deux critères reviennent fréquemment pour déterminer le nombre de facteurs à extraire :

1. La valeur dite de « Eigen » (Eigen value), traduite en français par « Valeur propre initiale », est le critère le plus largement utilisé. Plus la valeur propre initiale est élevée, plus le facteur explique une portion significative de la variance totale. Par convention, tout facteur avec une valeur propre initiale supérieure à 1 est considéré comme facteur significatif. La sortie de résultats SPSS affiche le pourcentage de variance expliquée uniquement pour les facteurs ayant une valeur propre initiale supérieure ou égale à 1.
2. Le coude de Cattell constitue un critère plus sévère pour déterminer le nombre de facteurs. Il est possible de demander dans les options associées à l'ACP de réaliser un graphique à partir des valeurs propres. Tous les points représentent les valeurs propres des composantes. Ils sont reliés par une ligne. On ne retient que les facteurs qui se situent avant le changement abrupt de la pente. Les points qui suivent ce changement, appelé rupture du coude, semblent former une ligne droite horizontale. L'information ajoutée par les facteurs représentés par ces points est peu pertinente.

Graphique de valeurs propres



Étape 5 : Interprétation des facteurs

L'interprétation des facteurs ou des composantes consiste à déterminer la combinaison de variables qui est la plus associée à chacun des facteurs significatifs. Pour ce faire, on suggère trois étapes.

1. Examen de la matrice des composantes (sans rotation)

Cette matrice contient les poids des variables sur chaque facteur. Ces poids sont en fait la corrélation entre la variable et le facteur. Ils servent à interpréter le rôle de chaque variable dans la définition de chaque facteur. Ils indiquent donc le degré de correspondance entre la variable et le facteur. Plus le poids est élevé, plus la variable est représentative du facteur.

De manière générale, le premier facteur extrait est celui qui explique le plus de variance et est donc la meilleure combinaison possible de variables. Les autres facteurs ont moins de variance résiduelle à expliquer. Par conséquent, Ils représentent des combinaisons de moins en moins optimales, jusqu'à extinction de la variance à expliquer.

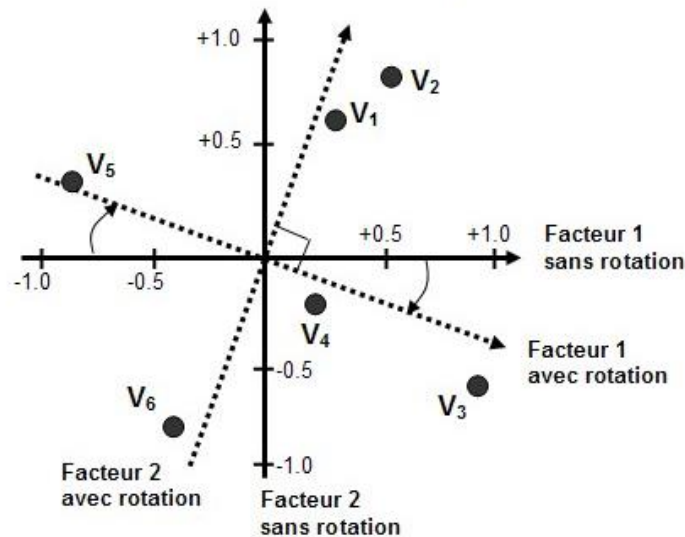
Bien qu'intéressante, cette matrice n'est pas la plus parlante en termes d'interprétation. Dans presque tous les cas, il est nécessaire d'effectuer une rotation des facteurs pour simplifier la matrice corrélationnelle entre les facteurs et les variables.

2. Examen de la matrice des composantes après rotation

La rotation des facteurs consiste à faire pivoter virtuellement les axes des facteurs autour du point d'origine dans le but de redistribuer plus équitablement la variance à expliquer. La solution factorielle alors obtenue est plus simple à interpréter et est théoriquement plus pertinente que la solution sans rotation. La rotation peut être orthogonale lorsque les facteurs sont pressentis comme étant des dimensions indépendantes les unes des autres ou encore oblique lorsque les facteurs peuvent être corrélés entre eux.

La figure suivante, inspirée de Hair et al. (1998), permet de mieux comprendre la procédure de rotation orthogonale à partir d'une solution hypothétique à deux facteurs.

Représentation d'une rotation orthogonale (6 variables)



Le but ultime de la rotation est toujours de simplifier la lecture des poids des variables sur les facteurs. Dans la matrice de poids, ceci signifie que dans chaque rangée, on trouve un maximum de poids près de 0 et un minimum de poids très élevés (idéalement un seul).

Dans la pratique, on utilise très régulièrement la méthode de rotation orthogonale VARIMAX. Cette méthode est privilégiée, entre autres, lorsque l'on désire réduire le nombre de variables d'une matrice de données en un plus petit nombre de facteurs non corrélés entre eux et utilisés, par exemple, dans le cadre d'une régression multiple. Par ailleurs, si le but est d'obtenir des facteurs représentant un construit théoriquement sensé, la rotation oblique est suggérée, car il est difficile de postuler l'orthogonalité (corrélation = 0) entre des facteurs d'un même construit. Ultiment, on suggère de procéder à plusieurs types de rotation pour une même factorisation et de sélectionner celle qui semble la plus intéressante à interpréter et la plus robuste au plan conceptuel.

3. Identification du poids le plus élevé pour chaque variable

La prochaine étape est de prendre chaque variable (ou item) en commençant par la première et d'identifier sur la ligne le poids le plus élevé (en valeur absolue). Pour des échantillons de moins de 100 individus, on n'estime que la valeur absolue de 0,30 est le poids minimum qu'une variable peut avoir pour être considérée significative.

Cependant, il arrive fréquemment que d'autres poids sont significatifs (plus de 0,30) sur une même ligne. Ceci complexifie le travail du chercheur qui doit considérer ces poids dans son interprétation. L'idéal est toujours de minimiser le nombre de poids significatifs par variable. Une variable qui a des poids significatifs sur plusieurs facteurs mérite probablement d'être exclue de la matrice. Ceci implique que l'analyse en composantes principales devra être exécutée de nouveau sans ces variables.

4.Étiqueter les facteurs

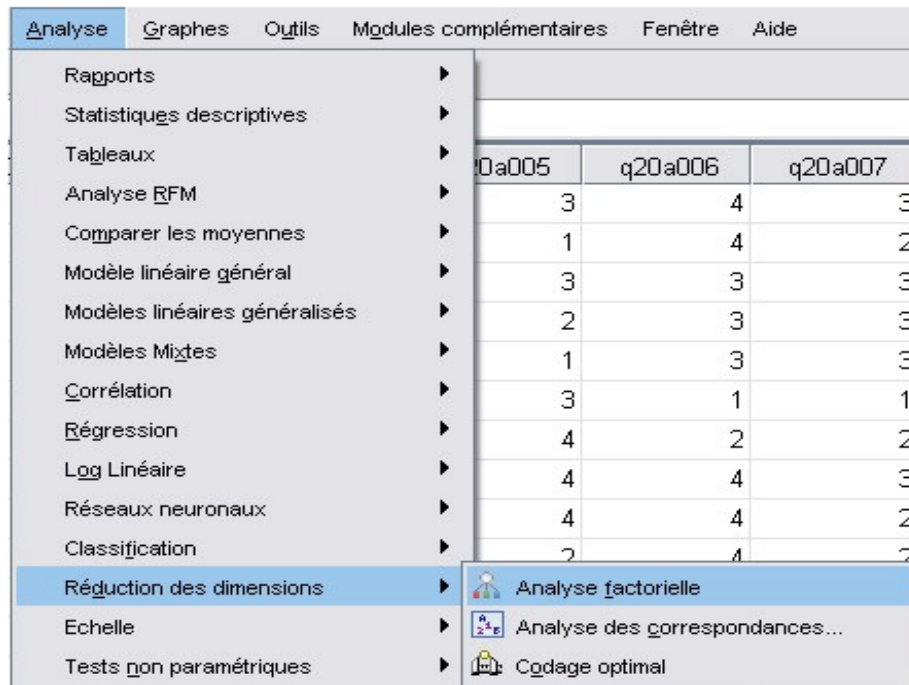
Une fois que les poids ont été bien identifiés dans la matrice, la structure des facteurs est établie à partir des variables qui ont un poids significatif à l'intérieur de la colonne de chacun de ceux-ci. À

l'aide du questionnaire et du libellé exact des items, on doit regarder les variables associées et tenter de nommer le construit latent mesuré par le facteur.

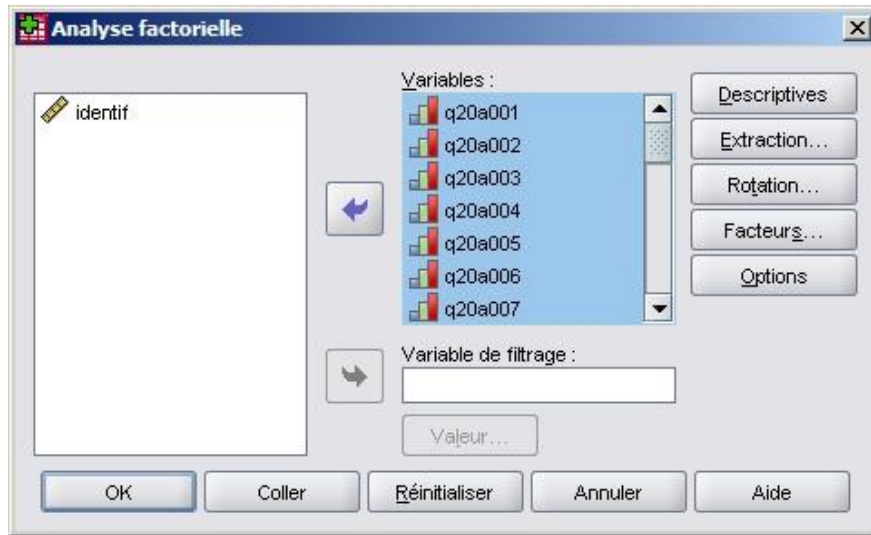
Le but ultime de l'ACP est de construire des échelles qui permettront de mesurer des construits latents. Ces échelles sont obtenues en additionnant les résultats des participants à toutes les variables qui constituent chaque facteur. Une échelle doit être comprendre au minimum trois variables.

Procédure SPSS

1. Pour réaliser une analyse en composantes principales (ACP), vous devez sélectionner **Analyse, Réduction des dimensions**, puis **Analyse factorielle**.



2. Dans la boîte de dialogue principale, vous mettez en surbrillance toutes les variables de la boîte de gauche que vous désirez inclure dans l'analyse et vous les transférez en cliquant sur  dans la boîte de droite.



3. Vous devez ensuite préciser certains éléments à l'aide des boutons du bas avant de réaliser votre analyse. **Le bouton** 

La boîte **Caractéristiques** vous offre différentes options quant aux statistiques qui apparaîtront dans la fenêtre de sortie de résultats.

Le premier encadré vous permet d'obtenir les statistiques descriptives (moyenne, écart-type et le nombre d'observations) pour chacune des variables (**Caractéristiques uni-variées**). Vous pouvez également afficher un tableau indiquant, à côté de la part de variance extraite pour chaque variable, la variance que vous aviez à extraire au départ (**Structure initiale**).

Partie II

Matériels ET Méthodes

CHAPITRE 1 : Présentation de la Zone d'Etude : AFENOURIR

1- Situation Géographique :

L'Aguelmam Afenourir ($33^{\circ} 17'N - 5^{\circ} 16'W$) se situe dans le Moyen Atlas Central marocain qui peut – être délimité par le Saïs au Nord, le Plateau central à l'Ouest, la vallée du Sebou et la plaine de la Moulouya au Sud et l'axe de l'oued Mdez-Sebou à l'Est (Martin, 1981). Cet aguelmam est situé au Sud de la province d'Ifrane à 30km au Sud d'Azrou, dans la commune rurale (CR) d'Ain Leuh [(Anonyme, 1997),(Lahcen Chillasse & Dakki, 2004)]. Le lac s'inscrit dans le périmètre du récent Parc National d'Ifrane. L'Aguelmam Afenourir est recèle des valeurs écologiques, paysagères, socio-économiques et culturelles d'un grand intérêt d'où son classement dans la liste RAMSAR des zones humides d'importance internationale depuis 1980. En effet, l'unicité de son caractère paysager dans la région nord-africaine, ainsi que son intérêt avifaunistique certain puisqu'il abrite une importante population de *Tadornes casarca* (*Tadorna ferruginea*) et de *Foulques caronculées* (*Fulica cristata*) lui ont permis de répondre aux critères de la convention de Ramsar (Iran, 1971) qui exige la prise des mesures conservatoires pour la préservation des valeurs du site

C'est un Site de montagne composé d'un lac Eutrophe de près de 400 ha, d'une Altitude de 1790-1800 m et de faible profondeur, moins de 2 m, d'une pelouse humide qui l'entoure et d'un ruisseau situé au déversoir du Lac [(Anonyme, 1997) ; (Martin, 1981)].

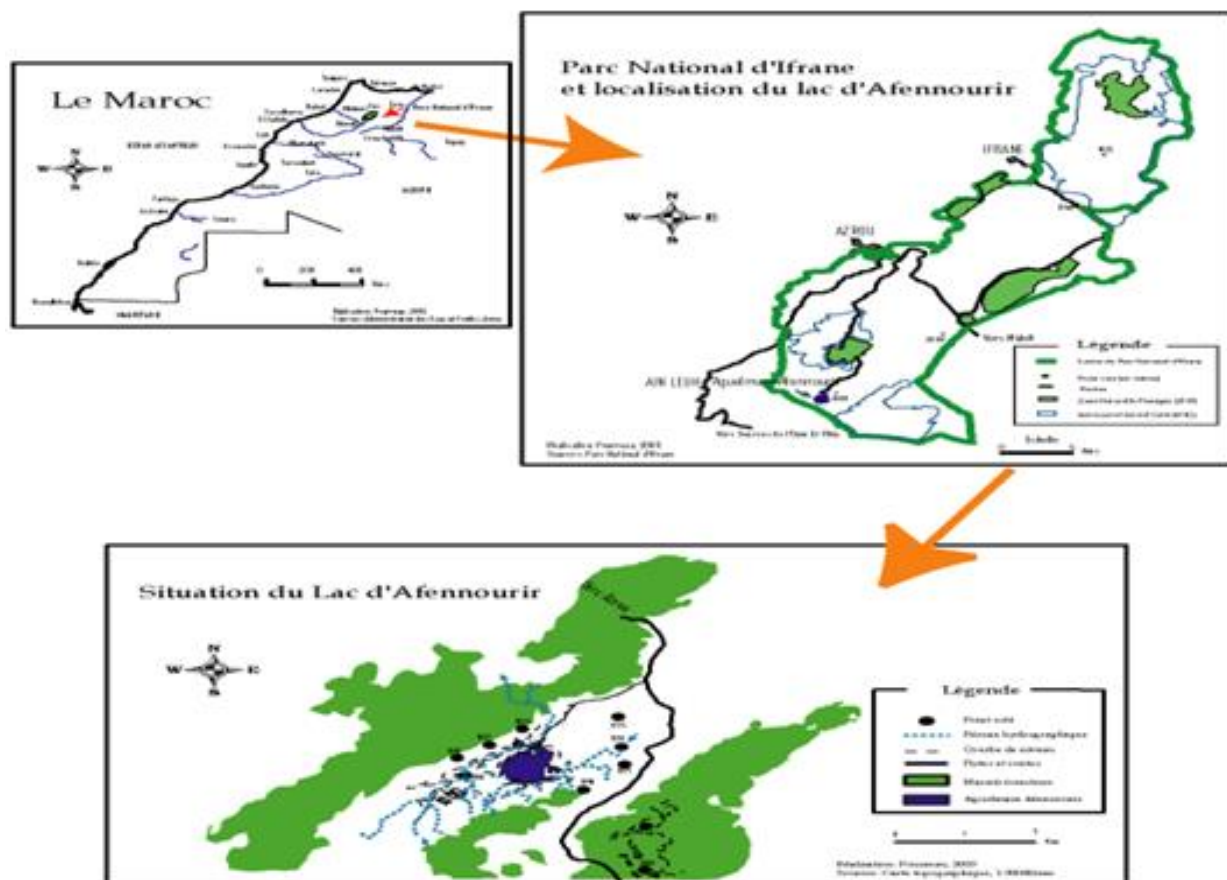


Figure 2 : Localisation du lac Afenourir

Dans le but de la réalisation d'un plan d'aménagement et de gestion de la zone humide Afenourir, et pour mener à bien toutes les études de ce projet quatre stations ont été choisies au niveau du lac, en tenant compte d'un certain nombre de critères tels que le sens d'écoulement, l'accessibilité, sources de pollution et la dominance de la végétation aquatique...etc. (Tab. 1, Fig. 3).

Tableau 1 : Caractéristiques des stations d'étude au niveau du lac Afenourir.

Station	Coordonnées géographiques			Substrat	Localité et autres
	Altitude	Latitude	Longitude		
S1	1790-1800	33°17'0,26" N	5°15'14,33" W	Vaseux pierreux	En aval près de la digue, une forte activité anthropique (lavage, pâturage)
S2	1790-1800	33°16'54,61" N	5°15'20,82" W	-----	En amont près de l'observatoire d'oiseaux, lavage, pâturage, déchets touristique.
S3	1790-1800	33°16'38,3" N	5°14'57,75" W	-----	En amant, du côté de la forêt Ain Kehla, lavage, pâturage, pompage et la pollution par déchets ménagers.
S4	1790-1800	33°16'49,71" N	5°14'51,22" W	-----	En aval, du côté de la forêt Ain Kehla, lavage, pâturage, pompage et la pollution par déchets ménagers.

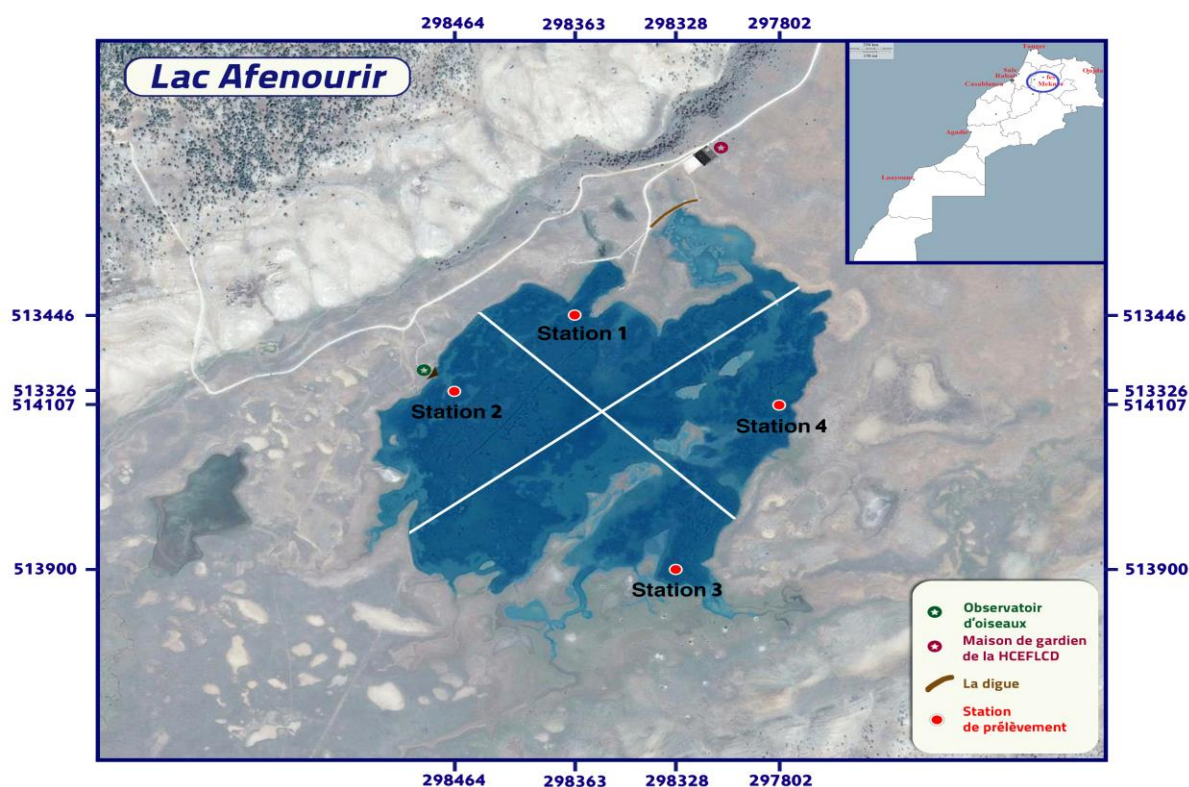


Figure 3 : Localisation des stations de prélèvements au niveau du lac Afenourir

Toponymie :

Le mot Afenourir est d'origine Amazight. Il est composé de deux racines « *If* » qui signifie le sein et « *Naourir* » qui signifie la colline. Cette étymologie est liée au fait que l'Aguelmam constitue un point d'eau fort intéressant pour les populations locales et il est surplombé par une série de collines.

2- Diagnostic de la zone humide Afenourir :

2-1- Caractéristiques physico-géographiques

a. Géomorphologie et géologie

L'Aguelmam Afenourir fait partie du grand ensemble Moyen Atlasique et plus précisément du Moyen Atlas central. Celui-ci est formé de la zone tabulaire des grands causses aux plateaux étagés de 1000m à 1800m au Nord-Ouest et à l'Ouest, du Moyen Atlas plissé formé de plis plus élevés et plus serrés que dans le Moyen Atlas tabulaire. (Martin, 1981) Le site d'Afenourir se situe sur le causse Moyen Atlasique plateau d'Ain Leuh, constitué de 3 grandes unités morpho-structurales que sont le panneau ondulé et fracturé de bled Nertène. (Lias moyen calcaire), le synclinal d'Afenourir (calcaires et marnes fossilifères) et le dôme basaltique d'Ain Kahla. (Martin, 1981)

La lithologie est composée de calcaires du Lias surmontés de marnes et de calcaires du Dogger eux-mêmes surmontés d'une coulée basaltique du Quaternaire. La création de l'aguelmam résulte de trois grandes étapes successives. Dans un premier temps la tectonique a mis en place un synclinal. Ensuite, les calcaires du Lias et la coulée basaltique du Quaternaire ont été affectés par le phénomène d'érosion par une altération du basalte et dissolution du calcaire qui ont accentué la forme de cuvette. Enfin, les dépôts marneux et argileux ont en partie imperméabilisé le fond de la cuvette permettant ainsi de retenir les eaux de ruissellement. (Martin, 1981)

Occupant une vaste dépression karstique à fond plat, remplie de basaltes et de dépôts fins. Les rives planes situées au sud et à l'Est sont couvertes par une végétation rase (pelouse). Le lac est peu profond (< 2 m) et relativement étendu (400 ha) montrant quelques hauts fonds (ilots) près de la rive Nord-est. Son niveau de submersion est très variable, dépendant de la pluviométrie. Considéré comme semi-permanent.

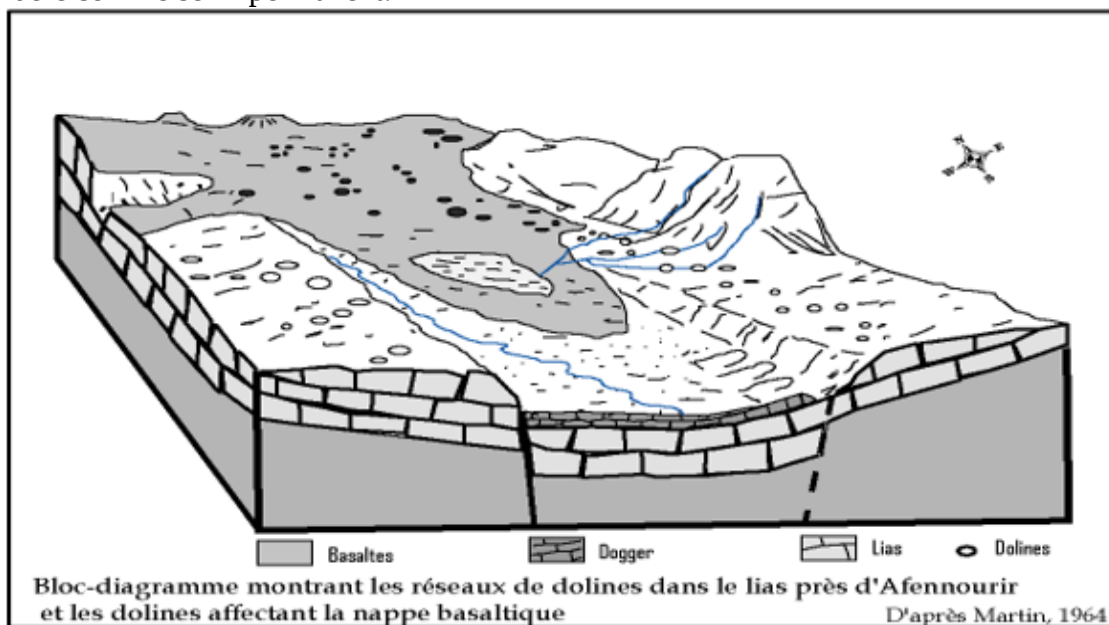


Figure 4 : Bloc diagramme du synclinal d'Afenourir

b. Hydrologie, hydrogéologie et climats :

❖ Hydrologie du Moyen Atlas :

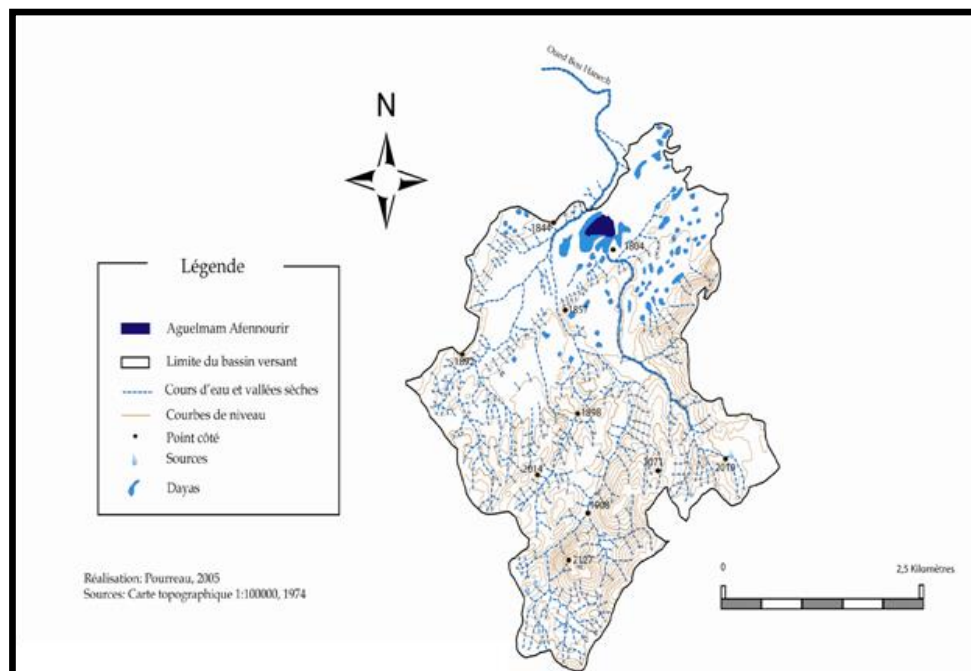
Compte tenu de la nature karstique du Moyen Atlas, son réseau hydrographique reste peu développé en se limitant à trois grands oueds qui y prennent naissance, à savoir oued Sebou, Oued Oum-er-Rabia et Oued Beht ; en plus d'autres cours d'eau de moindre importance. Ces derniers sont caractérisés par des débits abondants à la saison des pluies, aux points qu'ils peuvent sortir de leur lit et submerger les terrains environnants. A la saison sèche, certains d'entre eux se réduisent à un mince filet d'eau qui laisse à sec la plus grande partie du lit. Seuls ceux qui résultent de l'union de plusieurs affluents issues de régions montagneuses et constituent les éléments essentiels du réseau, conservent un débit abondant en été. Cette variation de débit est l'une des contraintes qui s'oppose au développement d'une activité continue de pêche et de pisciculture dans ces milieux. (Martin, 1981) ; (Anonyme, 1997).

Concernant ses eaux souterraines, elles sont alimentées par les précipitations météoriques (pluie et neige) dont 35 à 40 % sont restituées, après infiltration et stockage, par des résurgences qui apparaissent à la périphérie des plateaux tabulaires.

Quant aux eaux stagnantes, elles sont représentées par les Lacs naturels ou Dayas qui sont alimentés par les précipitations atmosphériques, la fonte des neiges, les sources latérales et intérieures ainsi que les ruisseaux.

❖ Hydrologie du lac Afenourir :

L'aguelmam Afenourir se trouve tout à fait en tête du bassin versant superficiel de l'oued Beth qui se jette lui-même dans l'oued Sebou. Le positionnement en tête de bassin versant ainsi que la nature de la géologie implique une alimentation provenant essentiellement du ruissellement de surface. L'alimentation s'effectue par un réseau de vallées sèches (cours d'eau temporaires) le plus souvent de très petite dimension provenant pour la plupart du Jbel Afenourir situé au Sud-Ouest du synclinal. (Martin, 1981)



Celui-ci présente une superficie totale d'environ 54km². La délimitation Nord Est du bassin versant reste approximative étant donné la planéité du relief et l'importance des infiltrations dues à la perméabilité du substrat. Il est probable qu'en période de fortes précipitations l'aguelmam soient alimenté par des ruissellements venants de zones plus distantes vers le Nord Est. Il n'existe pas à Afenourir d'oued à proprement parler. Les cours d'eau qui apparaissent en gras sur la figure correspondent à ceux plus fréquemment alimentés. Afenourir est donc très dépendant des précipitations, notamment neigeuses, pour son alimentation en eau.

L'Aguelmam Afenourir se situerait dans le bassin hydrogéologique d'Ain Leuh-Azrou. La limite Nord serait à Ras-el-Ma et la limite Sud correspond quant à elle au Sud du synclinal Ilerhmane-Kissaria et s'infléchit vers le N-E pour suivre le bombement anticlinal qui longe le synclinal d'Afenourir.

❖ Conditions climatiques :

La caractérisation du climat sur la zone d'Afenourir présente quelques difficultés en raison de l'absence de recueil de données systématiques et de l'éloignement des stations météorologiques. Alors il faut se baser essentiellement sur les données recueillies aux stations les plus proches du site, Ain Leuh et Azrou même si celles-ci ne présentent pas exactement les mêmes caractéristiques altitudinales ou d'orientation que l'aguelmam lui-même.

Le climat dans la région d'Afenourir et plus généralement dans cette partie du Moyen Atlas Central se définit comme étant de type supra-méditerranéen humide froid (AGHNAJ et al., 2012). Il s'agit en fait d'un climat méditerranéen d'altitude, le relief joue sur la quantité et la nature des précipitations qui se font sous forme de neige pendant la période hivernale (de novembre à février). La station d'Ain Leuh située au Nord-Ouest d'Afenourir et la plus proche, présente une pluviométrie moyenne annuelle de 634.5 mm (2010-2018). La pluviométrie était par exemple de 1008 mm en 2010-11 contre 465 mm en 2017-18 pour la station d'Ain Leuh (AGHNAJ et al., 2012). L'altitude a également pour conséquence directe de diminuer les températures moyennes annuelles et d'augmenter l'humidité. D'autre part, il gèle régulièrement aux altitudes les plus élevées et notamment à Afenourir entre décembre et mars (AGHNAJ et al., 2012) ; (Lahcen Chillasse & Dakki, 2004)

On verra par la suite que ces caractéristiques climatiques, sécheresse, instabilité interannuelle et diminution de la durée d'enneigement, ont des conséquences non négligeables sur le fonctionnement hydrologique de l'aguelmam et sur les activités humaines.

❖ Pédologie :

Les sols rencontrés dans la zone de l'aguelmam Afenourir sont essentiellement de deux types :

- Sols développés sur basaltes
- Sols développés sur roches calcaires dolomitiques

Les premiers sont généralement caractérisés par une grande homogénéité de texture de nature limoneuse (PDAGPNI). Ils sont ici les plus représentés car le synclinal d'Afenourir est dans sa majeure partie recouvert par une coulée basaltique du quaternaire. (Lahcen Chillasse & Dakki, 2004)

Les sols du site d'Afenourir sont soumis à une importante érosion, notamment sur les versants. Ceci résulte de la déforestation et du surpâturage qui se sont accélérés avec l'augmentation de la fréquentation du site. Aussi, l'érosion de ces versants entraîne une accélération de la sédimentation de l'aguelmam et conduit à une réduction de la lame d'eau.

2-2- Caractéristique biologique et écologique :

La plus grande partie du site correspond à l'étang d'eau douce semi-permanent, le reste est occupé par une pelouse de montagne, liée à la fonte de neige. Le ruisseau semi-permanent, exutoire du lac et sa source ont des superficies négligeables.

Le site est dominé par des eaux lacustres peu profonde peuplées par un lit de végétation immergée, parmi laquelle peuvent être observés des îlots plus ou moins larges de végétation émergente (Scirpaie), la pelouse, où se nourrissent des tadornes et un grand troupeau de moutons, entourant presque la totalité du lac, mais elle est développée surtout du côté Sud-ouest.

Le site d'Afenourir ne présente pas une très grande diversité d'habitats malgré son statut de site Ramsar. Pour autant, les quelques grandes unités constituent des biotopes indispensables à la préservation des espèces animales qui sont le plan d'eau, les pelouses sèches et humides, les massifs forestiers et le complexe de mares et étangs temporaires.



Figure 6 : photographies du Lac Afenourir et ses caractéristiques biologiques

2-3- Intérêts écologiques du Site :

Vu les caractéristiques du lac, il est doté de quelques dispositions réglementaires et classements visant sa protection. La plus importante d'entre elle est la convention de Ramsar. Afenourir figure depuis 1980 sur la liste des sites marocains inscrits au titre de la Convention Internationale de Ramsar (Iran, 1971) relative à la protection des zones humides et des oiseaux d'eau. Il a constitué jusqu'au mai 2005 la seule zone humide continentale classée au Maroc. En ratifiant cette convention, le Maroc est donc tenu de protéger le lac et ses espaces associés. Les critères Ramsar qui ont prélué au classement de l'aguelmam Afenourir sur la liste des sites Ramsar marocains sont au nombre de trois comme suit :

Critère 1 : Intérêt paysagé et unicité de la zone humide

Afenourir rentre dans ce premier critère. En effet, ce type de lac de montagne est sans équivalent dans la région nord-africaine car il est installé à 1800 mètres d'altitude, au cœur d'un ensemble géologique karstique et basaltique unique (Mohamed Dakki & El Hamzaoui, 1998). Les pourtours du lac sont, comme nous l'avons décrit précédemment, occupés par une pelouse de montagne et le lac est de faible profondeur pour une superficie importante (400ha).

Critère 2 : Présence d'une ou plusieurs espèces rares

C'est ce critère qui a permis le classement initial d'Afenourir grâce à la présence régulière d'une importante population nicheuse et hivernante de *Tadorne casarca* (*Tadorna ferruginea*), espèce rare [(Vielliard, 1970) ; (Mohamed Dakki & El Hamzaoui, 1998) ; (M A El Agbani, Dakki, Beaubrun, & Thévenot, 1996) ; (L Chillasse, 2000)]. Afenourir constitue de plus un lieu de prédilection pour une importante population nicheuse et hivernante de *foulques caronculées* (*Fulica cristata*) [(L Chillasse, 2000) ; (Vielliard, 1970)].

Critère 6 : L'effectif d'une population hivernante dépasse 1% de l'effectif régional

Le site a accueilli en hiver plus de 1% des effectifs des populations biogéographiques des espèces suivantes : *Tadorne casarca* (*Tadorna ferruginea*) (moyenne de 182 oiseaux soit 6% de sa population régionale du paléarctique occidental) et la Foulque à crête (*Fulica cristata*) (moyenne de 400 oiseaux soit 8%). Un dénombrement de la période (1994-2000).

Les différents types de classements de l'Aguelmam Afenourir : L'Aguelmam fait partie depuis octobre 2004 de l'espace du Parc National d'Ifrane. Par ailleurs, le lac est également soumis à un arrêté permanent sur la pêche renouvelable chaque année. La pratique de la pêche y est donc interdite. De plus, l'aguelmam constitue une réserve permanente de chasse en raison de son inscription dans le périmètre du Parc National d'Ifrane. Enfin, Afenourir a été désigné comme Site d'Intérêt Biologique et Ecologique (SIBE) de priorité I par l'AEFCS en 1996 lors de l'Etude sur les Aires Protégées du Maroc et figure sur la liste des lacs classés ainsi que sur la liste des Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO).

Tableau 2 : Statuts de protection et types de classements de l'Aguelmam Afenourir

Statut	Date de classement	Autorité compétente	Niveau de classement
Lac naturel classé (LNC)		Ministère des Affaires Culturelles	National
Réserve permanente de chasse (RPC)	Arrêté annuel	HCEFLCD	Régional
RAMSAR	1980	HCEFLCD	International
Zone d'importance pour la conservation des Oiseaux (ZICO)	1995	Bird Life International	International
SIBE Catégorie. I	1996	HCEFLCD	National
Site au sein du Parc National d'Ifrane	2004	HCEFLCD	National

2-4- Statut Foncier de l'Aguelmam :

La zone d'Afenourir connaît plusieurs statuts fonciers grevés de droits d'usage et de réglementations variés (Figure 7).

- Le régime collectif : placé sous l'autorité du Ministère de l'Intérieur, il correspond aux zones de parcours dans la partie asylvatique. Ce statut provient du Dahir du 27 Avril 1919 hérité du protectorat français. Ce régime collectif pose quelques problèmes en termes d'accès aux ressources entre les ayants droit (Aït Mouli) et les non ayants droit (Ait Khawa) et connaît actuellement des dépassements juridiques notamment en matière de la sédentarisation permanente sur les lieux.
- Le statut foncier correspond au domaine privé de l'Etat : Il s'agit du domaine forestier qui se trouve sous la tutelle de HCEFLCD. Toutefois, les populations gardent leurs droits d'usage (Récolte du bois mort gisant et de parcours) sur cet espace. D'autre part, les communes rurales participent désormais activement à la gestion de ces parcelles grâce au dahir de 1976 qui leur octroie les recettes de l'exploitation sylvicole.
- Statut domanial qui couvre l'espace du marécage proprement dit et relève de la tutelle de l'agence du bassin hydraulique du Sebou.

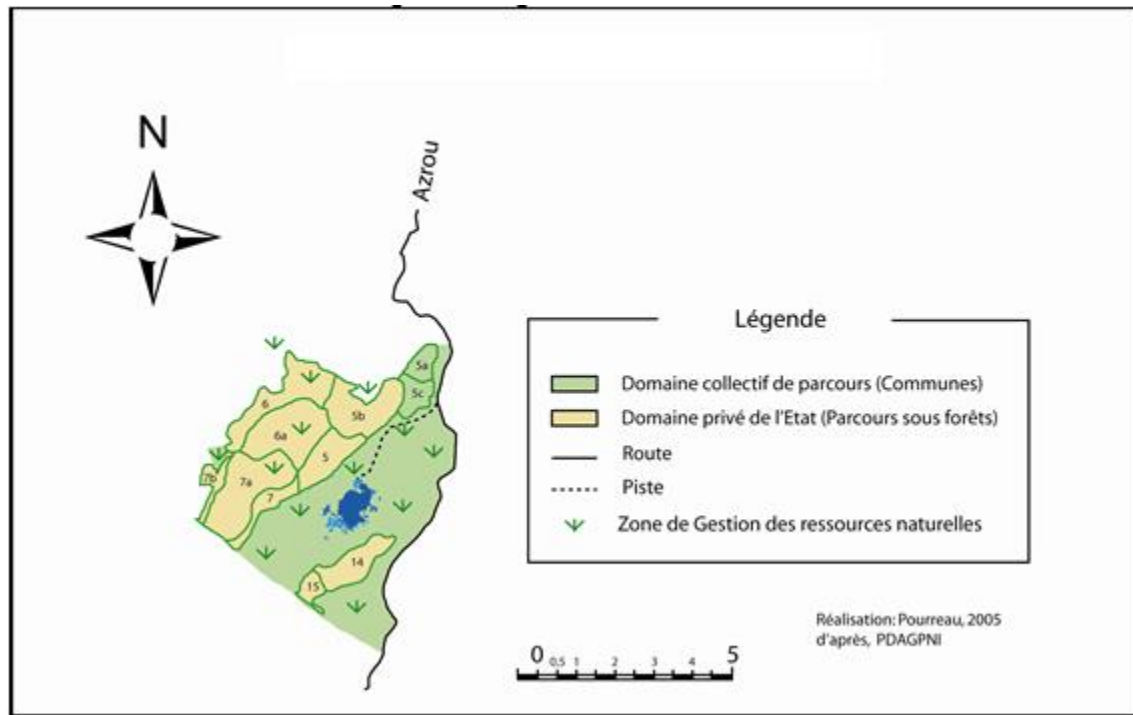


Figure 7 : Statut foncier de la zone humide Afenourir

3- Les Organismes concernés pour le PAG de la zone humide

Dans le cadre institutionnel du site Afenourir, les différentes institutions ayant un rapport direct ou indirect avec la gestion du lac. Cette connaissance du paysage institutionnel est malheureusement indispensable pour la réalisation du plan d'aménagement et de gestion aussi bien dans les prises de décisions.

3-1- Les collectivités locales et les services de l'Etat :

➤ Ministère de l'Intérieure :

- La commune d'Ain Leuh

Le site d'Afenourir se situe sur le territoire de la commune rurale d'Ain Leuh. Par conséquent, la commune participe à la gestion du territoire y compris les parcelles forestières et est habilitée à percevoir des recettes sur l'exploitation sylvicole.

➤ Le Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la Désertification

Le HCEFLCD assure la gestion de la zone forestière entourant le site d'Afenourir à travers le Service Provincial des Eaux et Forêts d'Ifrane et le CCDRF d'Ain Leuh. D'autre part, la Cellule du Parc National d'Ifrane et le Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture ont également des entités dont le champ de compétence territorial englobe le site d'autant plus que l'aguelmam Afenourir est classé une zone naturelle protégée faune.

CHAPITRE 2 : Analyse des Macro-invertébrés Benthiques comme bio-indicateur

1- Introduction :

Les Macro-invertébrés benthiques sont des organismes animaux visibles à l'œil nu tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs (Tachet, Richoux, Bournaud, 2010). Ils constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, car ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons et d'oiseaux [(Tachet, Richoux, Bournaud, 2010) ; (Barbour et al., 1996)]. Les macro-invertébrés (MIB) participent activement dans la transformation de la matière organique. Ils doivent donc être présents en quantité suffisante et avec une diversité importante pour maintenir l'écosystème en équilibre, fonctionnel et en santé.

Afin de déterminer les effets de la pollution de l'eau, l'approche classique basée sur les paramètres physicochimiques et qui peut être complétée par un suivi biologique des organismes vivants constituerait un indicateur de la pollution. En effet, la notion d'intégrité ou de santé des écosystèmes nécessite de prendre en compte simultanément les paramètres chimiques, physiques et biologiques (Haouchine, 2011). Les MIB sont relativement sédentaires, et représentent en fait de bon témoins des conditions locales parce qu'ils comprennent un grand nombre de taxons dont plusieurs ont un degré de tolérance connu, ce qui reflète de façon significative les différentes sources de pollution et de dégradation des zones humides. (Touzin & Roy, 2008)

Dans notre site d'étude Afenourir situé au niveau du grand bassin versant de Sebou, ces macro-invertébrés benthiques sont méconnus car ils n'ont jamais été étudiés en dépit des travaux menés dans quelques écosystèmes appartenant au même bassin versant tels que l'Oued KHOUMANE (Ben Moussa, Chahlaoui, Rour, & Chahboune, 2014), la rivière de BOUFEKRANE (Chahlaoui, 1996) et de OUISLANE (Karrouch, 2010), ruisseaux soumis à une importante pollution organique due à leur localisation en zone fortement urbanisée. Dans l'objectif de combler cette lacune, nos investigations ont porté sur ce site, qui est marqué par une forte activité anthropique, pour établir un premier inventaire des macro-invertébrés afin d'évaluer l'état de qualité des eaux de cette région.

2- Echantillonnage et Analyse :

Les milieux lacustres abritent une importante faune de macro-invertébrée. Certains taxons accomplissent la totalité de leur cycle de vie dans le milieu aquatique alors que d'autres n'y séjournent que durant une phase larvaire comme par exemple chez les Diptères. Ces macro-invertébrés lacustres peuvent également se distinguer par leurs exigences écologiques vis-à-vis du meso-habitat. Ainsi, certains seront présents dans les sédiments sur le fond de la cuvette, d'autres vivront en bordure de lac sur divers supports minéraux et végétaux (cailloux, blocs, racines, macrophytes). (Dom, 2016)

2-1- Technique d'Echantillonnage :

Au début de notre étude, une prospection préliminaire a été réalisée à l'entour du lac pour choisir et définir les sites d'échantillonnage. Au moment de chaque campagne de prélèvement, la date, le

numéro, les caractéristiques de chaque station et les différents supports (micro-habitats) qui le composent (pierres, sable, végétation aquatique, etc.) ont été notés avec soin.

32 échantillons de macro-invertébrés benthiques ont été prélevés dans les 4 stations d'étude (zone littorale et Milieu), en 8 campagnes durant la période de Juin 2015 et Juin 2016. L'échantillonnage s'effectue dans une surface de 1m^2 à l'aide d'un troubleau. C'est un filet de 19cm de diamètre avec une maille variant entre 300 et 500 μm . Chaque échantillon est constitué de 4 coups de filet.



Figure 8 : Filet troubleau



figure 9 : Prise des MIB

2-1-1-Pré-tri et conservation des échantillons

Au niveau du site, les macro-invertébrés capturés, sont déposés dans une bassine avec de l'eau pour faciliter leur mobilité ainsi leur capture et aussi afin d'éliminer les éléments les plus grossiers (vases, pierres, galets, fragments du bois et feuilles des végétaux). Le pré-tri est une opération importante, elle permet de limiter les risques de détérioration de la faune et de réduire le volume d'échantillon à fixer et donc celui du récipient. Après en fait introduire délicatement ces organismes dans des récipients en plastiques contenant du formol 10 % et ceci pour les fixer. Chaque échantillon conservé dans un récipient adapté est ramené au laboratoire pour tri, détermination et analyse.



Figure 10 : Récupération des MIB



figure 11 : Bassine de prélèvement

2-2-Technique d'Analyse :

2-2-1-Tri et Identification des macro-invertébrés benthiques au laboratoire

Au laboratoire, les échantillons conservés dans des récipients étiquetés par station sont rincés abondamment à l'eau claire sur une série de tamis de mailles de taille décroissante (500 à 200 μ m) afin d'éliminer au maximum le substrat fin restant et les éléments grossiers (graviers, plantes, feuilles...) [(Haouchine, 2011) ; (Karrouch, 2010)]. Le contenu des tamis est ensuite versé dans une bassine puis transvasé dans des béciers de 50cc pour les trier et les identifier. En manipulant délicatement les organismes, à l'aide de pinces fines dans des boîtes de pétri, le tri et l'identification est faite sous la loupe binoculaire et à l'aide de clés de détermination des macro-invertébrés benthique d'eau douce. Ce même outil nous a servi à la détermination et au comptage des organismes (nombre total de taxons recensés, nombre d'individus par taxon). Après cette identification, ces organismes sont transvasés délicatement, à l'aide des pinces entomologiques, dans des récipients contenant de l'alcool à 85% (Oualad Mansour, Kamal, & Stitou, 2009). Le nombre d'individus par mètre carré de chaque taxon est déterminé. À l'exception de certains macro-invertébrés déterminés jusqu'à l'espèce, les autres individus (en raison des difficultés de détermination qu'ils présentaient pour nous) ont été identifiés au niveau du genre. Les organismes pris en considération se trouvent sous forme larvaire, nymphe, et adulte.

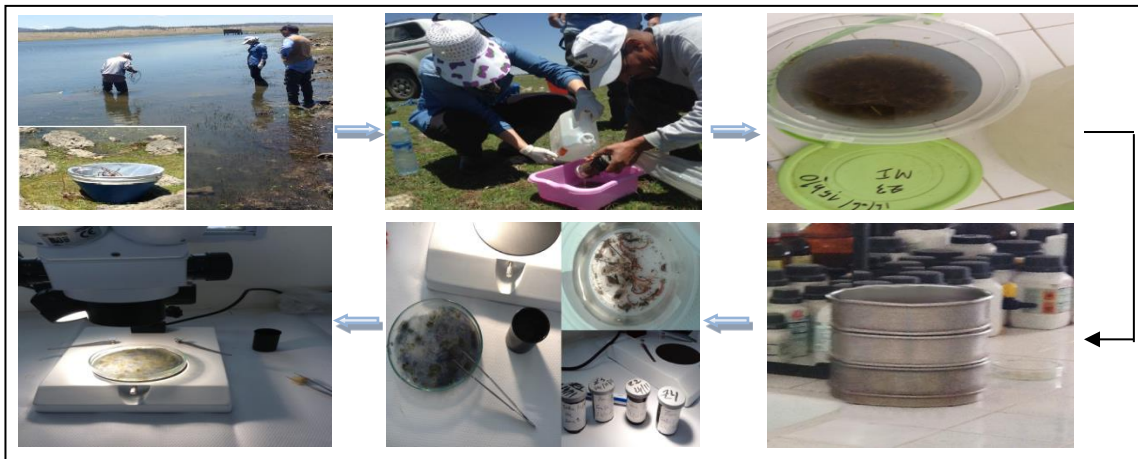


Figure 12 : Les différentes étapes d'identification des Macro-Invertébrés Benthiques

CHAPITRE 3 : Identification de la biodiversité floristique de la zone humide

1- Introduction :

Un écosystème aquatique suit une évolution ponctuée par une succession de perturbations. Sous l'effet d'une perturbation, le système change brutalement de régime et évolue vers un nouvel état d'équilibre lui apportant de nouvelles capacités d'autorégulation. L'augmentation et le développement des activités récréatives et de villégiature, ainsi que le surpâturage au pourtour du lac peuvent représenter un impact significatif sur la qualité de la ressource en eau et sur la dégradation et détérioration de la diversité floristique.

La végétation est l'ensemble des plantes qui poussent en un lieu donné selon leur nature. De la notion de végétation découlent les notions connexes de tapis végétal, de paysage végétal, de type de végétation et de formation végétale. On considère ce qui pousse sur une surface donnée de sol d'où ça nomenclature flore terrestre, ou dans un milieu aquatique qui sont des plantes dont la totalité du cycle biologique se réalise dans l'eau, ou à sa surface et ne supportent pas l'exondation.

Ce sont des algues, des bryophytes et des végétaux vasculaires, ptéridophytes et spermatophytes qui ne produisent généralement pas de vraies racines car pouvant prélever les nutriments dont elles ont besoin directement dans l'eau. La végétation joue un rôle majeur de production et de protection des sols et de l'humus, le cycle du carbone et de production d'oxygène. Certaines plantes peuvent être bio-indicatrices. (Binderheim & Bülach Werner Göggel, 2007) ; (Nadeem et al., 2016)

La présence de plantes aquatiques, contribue au maintien de l'équilibre de l'écosystème aquatique en particulier les lacs naturels, aussi elles fournissent des habitats et de la nourriture à la faune aquatique, elles maintiennent le substrat en place et protègent les rives de l'érosion. De point de vue croissance excessive des plantes aquatiques on peut distinguer de nombreux symptômes liés à une eutrophisation accélérée des plans d'eau (M. Dakki, Fennane, Ouyahya, Hammada, & Ibn Tattou, 2004). C'est dans ce cadre qu'interviennent la bonne gestion du milieu et de sa biodiversité d'où le but de faire un inventaire sur la végétation existante au niveau de notre site.

2- Technique d'échantillonnage :

Les prélèvements sont effectués aléatoirement au niveau des quatre stations d'étude pendant la période Avril-Juin 2015. Nous avons distingués que Le lac Afenourir est entouré par une diversité floristique terrestre importante, aussi qu'une existence d'espèces aquatiques représenté par une dominance de certains par rapport à d'autre au niveau des stations choisis, selon la profondeur, la nature du sol, les paramètres physique et l'influence par les bétails.

Les plantes qui ne peuvent être identifiées sur le terrain sont récoltées et conservées dans un sac de plastique rempli d'eau ou bien dans un herbier en papier cartonné pour des fins d'identification au niveau de laboratoire.

L'identification de cette flore terrestre et aquatique ont été réalisé in-situ à l'aide du Dr. Rhafouri Rachid du PNI- HCEFLCD, et au niveau du laboratoire de CNHP par Mr. Sadik Mohamed chef du CNHP- HCEFLCD, aussi ils ont confirmé par Pr. Ibn Tattou Mohamed au laboratoire de botanique à l'Institut Scientifique –Rabat-.

Tableau 3 : Fiche de terrain pour inventaire des plantes aquatiques

Zone		% recouvrement de végétation	Type de débris sur littoral				Substrat du littoral						No. Waypoint	Coordo . GPS	Échantillons (sacs)	Photos (#)
		A(0-25%), B(26-50%), C(51-75%), D(76-100%)	roche	bois	déchets	autre	gravier	sable	galet	Bloc	humus	boue				
1	0-2m															
2	0-2m															
3	0-2m															
4	0-2m															

- Une fiche terrain a été conçue afin de récolter toutes les informations voulus pour chaque zone étudiée.
- La « Fiche d'inventaire » permet de noter toutes les plantes aquatiques identifiées dans la zone. Cette fiche contient le nom en français et en latin des espèces de plantes aquatiques susceptibles d'être retrouvées dans un lac. Pour chacune des zones, un % de recouvrement relatif est noté

pour chaque plante inventoriée. Si une plante n'est pas dans la liste, elle est indiquée manuellement.

- Certaines plantes peuvent être identifiées à l'œil nu tandis que d'autres doivent être observées à l'aide d'un aqua-scope ou récoltées.

La récolte de spécimen permet de mieux différencier les espèces étant donné que certaines caractéristiques permettant de les différencier peuvent s'avérer subtiles. L'utilisation de l'aqua-scope (lorsque disponible) sert à repérer les plantes aquatiques immergées difficiles à voir au travers de l'eau à cause des reflets du soleil à la surface. Les lunettes de soleil polarisées permettent aussi de diminuer les reflets à la surface de l'eau et améliorent la visibilité des plantes aquatiques.

CHAPITRE 4 : Suivi Hydro-chimique de la qualité d'eau du lac

1- Introduction :

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres. Basée sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres : - Qualité physique et - Qualité chimique. Ces paramètres permettent d'acquérir des connaissances de base, de développer une surveillance pour détecter des perturbations et de mettre en place un suivi pour rétroagir sur la gestion. (Amal Serghini, Fekhaoui, Abidi, Blidi, & Akkame, 2010) ; (El Khodrani et al., 2016).

L'ensemble des zones humides présentent un intérêt à la fois biologique, écologique, économique et paysager [(Amal Serghini et al., 2010) ; (Annaba, 2004)]. Dans le but de la restauration et la conservation des zones humides, la zone humide Aguelmam Afenourir, classé site Ramsar depuis 1981 est classé comme un SIBE, il montre une richesse biologique importantes, plusieurs espèces de oiseaux et une diversité benthique et floristique intéressantes (J. Griba, Rhafouri, Sadik, Ibn-tattou, Serghini, & Fekhaoui, 2018). Néanmoins, ses ressources hydriques sont confrontées à des problèmes de quantité et de qualité. Elles sont limitées par raison climatologique et par activités anthropiques (Pompagement, pâturage, rejets domestiques et touristiques) que connaît cette zone humide. (Griba et al., 2017)

Cette étude est originale, dans la mesure où aucune recherche hydro chimique n'y avait été faite auparavant, et elle contribue à une meilleure connaissance des paramètres physico-chimiques du lac. Elle a donc semblé intéressante d'axer ces investigations sur les composantes hydro-chimiques pour évaluer la qualité de l'eau de l'Aguelmam d'une façon à déterminer l'influence des facteurs polluants sur l'état de cet écosystème aquatique.

2- Technique d'échantillonnage :

Paramètres in-situ ont été mesurés au niveau de chaque station, depuis le mois de juin 2015 jusqu'au mois de mars 2018. Concernant les paramètres à analyser au laboratoire, les échantillons d'eau ont été prélevés mensuellement au niveau de chaque station depuis le mois de Mai 2017 jusqu'au mois de Mars 2018. Les prélèvements ont été réalisés à l'aide des flacons de polyéthylène de 1000 ml, préalablement lavés à l'eau distillée et transportés dans une glacière portative à 4°C au laboratoire de la qualité d'eau au niveau de CNHP à Azrou. En période sèche et période de neige aucun prélèvement n'a été effectué.

3- Les analyses physico-chimiques :

Le suivi de la qualité des eaux de la zone humide Afenourir a été réalisé par l'analyse et l'évolution spatio-temporelle de 8 paramètres physiques et chimiques au niveau des 4 stations. Quatre de ces variables ont été mesurés sur le terrain : la température, le pH, la conductivité et oxygène dissous.

Les nitrites, les nitrates, les ortho-phosphates et les sulfates ont été mesurés au laboratoire. Sans oublier l'analyse des caractéristiques de l'eau. Les techniques d'analyse figurent dans le Tableau 4.

3-1- Mesure des caractères physiques :

a- Température :

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. C'est un facteur d'importance primordiale dans la solubilité des sels et surtout des gaz, elle conditionne les équilibres de dissociation. Elle agit sur le pH, la conductivité électrique et permet la connaissance de l'origine de l'eau et de son point de prélèvement. La température est mesurée sur le point de prélèvement à l'aide d'un thermomètre ou une sonde. Le changement de la température à une grandeur influence sur la qualité des eaux, par exemple une température à 15°C : (Tableau 4)

- Favorise le développement des microorganismes.
- Peut intensifier les odeurs, la saveur et la couleur.
- Réduit la densité et la viscosité.
- Accélère les réactions chimiques et biochimiques.
- Favorise le développement des algues.
- Accélère la corrosion et la dissolution des métaux lourds.

b- pH :

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure l'activité en ions H_3O^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples dont la température et l'origine de l'eau. La mesure du pH de l'eau se fait par la méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre doté d'une électrode. (Tableau 4)

c- Conductivité électrique :

La conductivité mesure l'aptitude de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau et par suite donner une idée sur la minéralisation totale d'une eau. (Tableau 4)

Types d'eaux	Conductivité ($\mu S/cm$)
Eau pure	<23
Eau douce peu minéralisée	100 à 200
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500
Eau très minéralisée	500 à 1000

Figure 13 : Conductivité des différents types d'eau

d- Oxygène Dissous :

L'oxygène dissous est le paramètre océanographique le mieux documenté il est depuis très longtemps mesuré par une méthode chimique simple et rapide proposée en 1888 par Winkler. Actuellement les sondes océanographiques sont équipées d'électrode à oxygène. Mais la méthode de Winkler sert toujours de référence pour le calibrage des capteurs à oxygène. Les teneurs doivent être exprimées en moles d'O₂ par kilogramme de solution. Mais selon un usage ancien, elles sont parfois encore exprimées en mg.l⁻¹ ou en ml.l⁻¹. ces millilitres correspondent au volume d'oxygène ramené à l'état gazeux et dans les conditions normales. (Tableau 4)

Tableau 4 : Méthodes d'analyses des différents paramètres physico-chimiques

Paramètres	Méthodes d'analyse	Unités	Sources
Température	Thermomètre à mercure	°C	
pH	pH-mètre NEOTEK-PONSEL SN-ODOEA-0118, électrode SN-PPHRA-0050.		
Conductivité	Conductimètre NEOTEK-PONSEL SN-ODOEA-0121, électrode SN-PC4EA-0016.	μS/cm	
Oxygène dissous	Oxymètre Thermo Scientific ORION 3 STAR SN-A 05370, électrode ORION 080017.	mg/l O ₂	
Nitrites	La méthode calorimétrique utilisée généralement pour les nitrites utilise les réactifs Diazotisants. Les nitrites réagissent avec ces réactifs pour former en solution les sels diazonium. La mesure spectrophotométrique est effectuée à une longueur d'onde voisine de 537 nm de la coloration du complexe rose formé.	mg/l NO ₂ ⁻	AFNOR, 1997 (10)
Nitrates	En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique.	mg/l NO ₃ ⁻	J.RODIER 7^E.D (11)
Ortho-phosphates	En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique.	mg/l PO ₄ ²⁻	AFNOR, 1997 (10)
Sulfates	L'ion sulfate est précipité dans de l'acide chlorhydrique contenant du chlorure de baryum d'une manière telle qu'il se forme des cristaux de sulfate de baryum de taille uniforme. L'absorbance de la suspension de sulfate de baryum est mesurée par transmission au spectrophotomètre	mg/l SO ₄ ²⁻	

3-2- Mesure des caractères chimiques :

• Dosage des Nitrates NO₃⁻ :

Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique.

Préparation des réactifs :

- ❖ Ajouter 0,5g de salicylate de sodium à 100ml d'eau distillée (cette solution doit être renouveler toutes les 24 heures).
- ❖ Acide sulfurique concentré ($d=1,84$).
- ❖ Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium : Dissoudre avec précaution 80g d'hydroxyde de sodium dans 150ml d'E.D puis ajouter 12g de tartrate double de sodium et de potassium. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 200ml. Conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

Dosage :

- ❖ Introduire 10ml de l'échantillon à analyser dans une capsule de 60ml.
- ❖ Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer complètement dans une étuve portée à 75-80°C.
- ❖ Laisser refroidir. Dissoudre le résidu par 2ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement.
- ❖ Attendre 10min, puis ajouter 15ml d'E.D en premier lieu et après, 15ml de solution d'hydroxyde de sodium de tartrate double de sodium et de potassium qui en présence des nitrates développe une coloration jaune.
- ❖ Préparer de la même façon un témoin avec 10ml d'E.D.
- ❖ Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm.



Figure 14 : Dosage des Nitrates de l'échantillon

- **Dosage des Nitrites NO_2^- :**

Principe :

La méthode calorimétrique utilisée généralement pour les nitrites utilise les réactifs Diazotisants. Les nitrites réagissent avec ces réactifs pour former en solution les sels diazonium. La mesure spectrophotométrique est effectuée à une longueur d'onde voisine de 537 nm de la coloration du complexe rose formé.

Préparation des réactifs :

Réactifs de diazotation :

- ❖ A 80ml d'eau distillée ajouter 10ml d'acide orthophosphorique concentré
- ❖ A cette solution ajouter 4g de sulfanilamide ($C_6H_4O_2N_2S$) et faire dissoudre
- ❖ Ajouter 0,2g de dichlorure de N-(1-napthyl) éthylène-diamine ($10H_7NHCH_2CH_2NH_2, 2HCL$).
- ❖ Agiter jusqu'à dissolution complète et ramener le volume de la solution à 100ml en ajoutant l'eau distillée.
- ❖ Cette solution doit être conservée dans un flacon obscur au réfrigérateur, elle reste stable plusieurs mois.

Dosage :

- ❖ Si l'échantillon contient moins de 1mg/l de NO_2 , introduire 50ml de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée puis ajouter 1ml de réactif de diazotation et homogénéiser. Attendre 10min environ et effectuer la mesure photométrique dans les mêmes conditions que pour les conditions de l'établissement de la courbe d'étalonnage.
- ❖ Si l'échantillon contient plus de 1mg/l de NO_2 , introduire 25ml de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée et ramener le volume à 50ml en ajoutant l'eau distillée puis ajouter 1ml de réactif de diazotation et homogénéiser. Attendre 10min environ et effectuer la mesure photométrique dans les mêmes conditions que pour les conditions de l'établissement de la courbe d'étalonnage. Dans ce cas la concentration trouvée doit être multipliée par deux.
- ❖ Préparer de la même façon un témoin avec 50ml d'eau distillée.

• Dosage des Orthophosphates :

Principe :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours, l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur qui est le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Préparation des réactifs :

- ❖ Solution d'acide sulfurique ($d=1,84$) : Piper 15ml de l'acide sulfurique et ajouter 85ml d'E.D.
- ❖ Solution de molybdate d'ammonium : 2g de molybdate d'ammonium tétrahydraté dans 50ml d'E.D.
- ❖ Solution de tartrate double de potassium et d'antimoine : dissoudre 0,28g/100ml
- ❖ Filtrer si nécessaire, à conserver en flacon de polyéthylène à 4°C.
- ❖ Préparation du réactif combinée : dans une fiole jaugée de 100ml, mélanger 50ml de la solution d'acide sulfurique, 5ml de la solution de tartrate et 15ml solution de molybdate d'ammonium

- ❖ Solution d'acide ascorbique : dissoudre 1g d'acide ascorbique dans 50ml d'E.D.

Dosage :

- ❖ Introduire 20ml de l'échantillon dans une fiole jaugée de 25ml. Ajouter 1ml de la solution d'acide ascorbique. Agiter énergétiquement. Ajouter 4ml de réactif combine. Agiter. Attendre 30min le développement de la coloration bleue.
- ❖ Préparer de la même façon un témoin avec 20ml d'E.D.
- ❖ Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de (700 ou 880nm).



Figure 15 : l'échantillon a analysé



Figure 16 : l'ED témoin

• Dosage des Sulfates :

Principe :

L'ion sulfate est précipité dans de l'acide chlorhydrique contenant du chlorure de baryum d'une manière telle qu'il se forme des cristaux de sulfate de baryum de taille uniforme. L'absorbance de la suspension de sulfate de baryum est mesurée au spectrophotomètre.

Réactifs :

- ❖ Réactif à l'acide chlorhydrique : mélanger 50ml de glycérol avec une solution contenant 30ml d'HCl concentré, 300ml d'ED, 100ml d'alcool éthylique) 95% et 75g de chlorure de sodium.
- ❖ Chlorure de baryum : Fins cristaux.

Mode opératoire :

Mettre 100ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer. Ajouter exactement 5ml de réactif à l'acide chlorhydrique, mettre l'agitation. Tout en maintenant l'agitation, ajouter une pleine spatule de cristaux de chlorure de baryum. Mettre simultanément le chronomètre en route.

Agiter pendant exactement 1 minute à vitesse constante. Remplir immédiatement la cellule du spectrophotomètre et mesurer à la longueur d'onde 546nm.

- **Dosage d'Ammonium NH_4^+ : (Méthode au bleu d'Indophénol)**

Principe :

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore qui se transforment en monochloramine (NH_2O) de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrométrie d'absorption moléculaire.

Préparation des réactifs :

Utiliser pour la préparation des réactifs de l'eau fraîchement distillée.

Préparation de la solution chlorée :

- ❖ Dissoudre 2g d'hydroxyde de sodium et 38g de citrate trisodique dans 80ml d'E.D.
- ❖ Porter la solution ainsi préparée à l'ébullition, maintenir celle-ci pendant 20min. après refroidissement, ajouter 0.4g d'acide dichlorocyanurique et ajuster le volume en ajoutant l'eau distillée à 1000ml.
- ❖ Conserver cette solution au réfrigérateur.

Préparation de la solution nitroprussiate de sodium et de phénol :

- ❖ Faire dissoudre 35g de phénol et 0.4g de nitroprussiate de sodium ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dans 1000ml d'E.D.
- ❖ Transvaser cette solution dans un flacon en verre brun et la conserver au réfrigérateur.

Dosage :

- ❖ Introduire dans une fiole conique de 100ml, 20ml d'échantillon à analyser ajouter rapidement 1ml de solution de nitroprussiate de sodium et de phénol et 1ml de solution chlorée.
- ❖ Agiter et placer les fioles à l'obscurité pendant 6 heures au moins.
- ❖ Préparer de la même façon un témoin avec 20ml d'E.D.
- ❖ Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 630nm.

3-3- Analyse des caractéristiques d'eau :

- **Détermination du titre hydrotimétrique (TH) ou dureté totale :**

Elle correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. La dureté est due à la présence des calciums (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) auxquels s'ajoutent quelques fois les ions Fe^{2+} , Al^{3+} et Mn^{2+} .

Principe :

On ajoute le noir d'ériochrome T (NET) en très faible quantité à la solution à analyser, qui joue le rôle d'indicateur coloré. Il forme avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} des complexes de couleur rouge violette. Pendant le titrage, le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique ($\text{EDTA} : \text{Y}^{4-}$) ajouté forme un complexe de type chélate à $\text{pH} = 10$, avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} de la solution

(Ca^{2+} se combine d'abord puis Mg^{2+}) : les complexes formés disparaissent et le noir d'ériochrome libre apparaît dans la solution avec sa couleur bleue, ce qui indique la fin de la complexation.

Réactifs nécessaires :

- ❖ Le noir d'ériochrome T (NET).
- ❖ Solution tampon : Dissoudre 54 g de NH_4 dans un peu d'eau, ajouter 350 ml d'ammoniaque concentré et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée. Laisser reposer une nuit. En cas de formation de dépôt, filtrer.
- ❖ Solution EDTA (N/50).

Mode opératoire :

Introduire dans un erlenmeyer 100 ml d'eau à analyser on ajoute 5ml de la solution tampon, puis on ajoute une petite quantité de NET. La solution se colore en rouge foncé ou en violet. Après on titre par la solution d'EDTA jusqu' au virage du rouge au bleu. A la fin on note le volume de tombée de burette de l'EDTA nécessaire pour atteindre ce virage.

Dureté de l'eau	Nature de l'eau	Domaine de dureté
<5°F	Eau très douce	I
5-15°F	Eau douce	II
15-30°F	Eau dure	III
>30°F	Eau très dure	IV

Formule de calcul : $\text{TH} = \text{Tb} \times \text{N} \times (1000/100)$

$$\text{TH (meq/l)} = \text{Tb} \times 0.4 \quad (1 \text{ meq/l} = 5^\circ\text{F})$$



Figure 17 : Echantillon avant titration



Figure 18 : Echantillon après titration

➤ Détermination des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} :

Détermination de la concentration de Ca^{2+} :

Réactifs nécessaires :

- ❖ Indicateur coloré Calcone
- ❖ Solution NaOH : Dissoudre 80 g de NaOH dans de l'eau distillée, refroidir rapidement afin d'éviter le plus possible la carbonatation, compléter à 1000 ml et mettre rapidement en flacon muni d'un bouchon en plastique.
- ❖ Solution EDTA (N/50).

Mode opératoire :

Introduire dans un erlenmeyer 100 ml d'eau à analyser on ajoute 10ml de la solution de NaOH, puis on ajoute une petite quantité de Calcone. La solution se colore en rouge foncé ou en violet. Après on titre par la solution d'EDTA jusqu' au virage du rouge au bleu. A la fin on note le volume de tombée de burette de l'EDTA nécessaire pour atteindre ce virage.

Formule de calcul : $[Ca^{2+}] = Tb \times 0.4 \text{ (méq/l)}$

$$[Ca^{2+}] = n \times 20 \text{ (mg/l)}$$

$$[Mg^{2+}] \text{ méq/l} = TH \text{ (méq/l)} - [Ca^{2+}] \text{ (méq/l)}$$

$$[Mg^{2+}] \text{ mg/l} = a \times 12.16 \text{ (mg/l)}$$

- **Détermination du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Le titrage alcalimétrique correspond à la neutralisation des ions hydroxydes (OH^-) et à la transformation des ions carbonates (CO_3^{2-}) en hydrogénocarbonates (HCO_3^-) par un acide fort.

Le titrage alcalimétrique complet correspond à la neutralisation par un acide fort des ions hydroxydes (OH^-), carbonates et hydrogénocarbonates.

Principe :

Par un dosage volumétrique, la détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué (H_2SO_4 N/50) en présence d'un indicateur mixte.

Deux cas présentent dans la détermination du TA, en présence de la phénolphthaléine lors du dosage par H_2SO_4 . Il se produit soit une coloration rose claire, soit la solution reste incolore.

Si la solution se colore en rose claire, l'eau est alcaline et le TA est non nul. S'il ne se produit pas de coloration, l'eau est acide (TA=0) et on détermine le TAC en ajoutant le méthylorange et on titre par l'acide jusqu'à la coloration rose.

Mode opératoire :

Le TA et le TAC se mesurent après la détermination du pH de l'eau à analyser.

- ❖ On met dans un erlenmeyer 100ml de l'échantillon.
- ❖ On ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, si la solution se colore en rose.
- ❖ On titre par la solution H_2SO_4 (N/50) jusqu'à la zone de virage claire.

- ❖ On note le volume versé de H_2SO_4 nécessaire pour atteindre ce virage.
- ❖ Si non,
- ❖ On ajoute 2 à 3 gouttes de méthylorange, la solution se colore en orange.
- ❖ On titre par la solution H_2SO_4 (N/50) jusqu'à la zone de virage Rose.
- ❖ On note le volume versé de H_2SO_4 nécessaire pour atteindre ce virage.



Figure 19 : échantillon à TA=0



Figure 20 : échantillon avant titration TA



Figure 21 : échantillon avant titration (TAC) S2 et S1 après titration

Tableau 5 : Calcul des concentrations en CO_3^{2-} , HCO_3^- , OH^-

	OH^- (mg/l)	CO_3^{2-} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)
TA = 0 °F	0	0	$12.2 \times TAC$
TA < (TAC/2) (°F)	0	$12 \times TA$	$12.2 \times (TAC - 2TA)$
TA = (TAC/2)	0	$6 \times TAC$	0
TA > (TAC/2)	$3.4 \times (2TA - TAC)$	$12 \times (TA - TAC)$	0
TA = TAC	$3.4 \times TAC$	0	0

- Détermination des Chlorures :

Principe :

Les chlorures sont dosés, en milieu acide par du nitrate mercurique en présence d'un indicateur de pH à base de diphénylcarbazone et de bleu de bromophénol.

Réactifs :

- ❖ Indicateur de pH : - Diphénylcarbazone 0.5 g, 0.05 g Bleu de Bromophénol et 100ml Alcool à 95°.
- ❖ Solution d'acide nitrique : Mesurer 977 ml d'eau distillée dans une éprouvette graduée de 1 litre. Ajouter ensuite, peu à peu en agitant 23 ml d'acide nitrique concentré mesurée à l'éprouvette de 30 ml. La solution ainsi obtenue est environ N/3.
- ❖ Solution de nitrate mercurique : peser 17.13g de nitrate mercurique $(\text{NO}_3)_2\text{Hg}$, H_2O , 1 ml d'acide nitrique dans 1000 ml d'eau distillée.

Mode opératoire :

Dans un erlenmeyer, introduire successivement :

- Eau à analyser 100 ml
- Indicateur de pH 0.5 ml
- Acide nitrique 0.5 ml, jusqu'à coloration jaune.

Verser la solution de nitrate mercurique jusqu'à apparition de la première teinte violette persistante.

$$[\text{Cl}^-] = n \times 35.5 \quad n : \text{volume versé}$$



Figure 22 : échantillon avant titration



Figure 23 : échantillon après titration

CHAPITRE 5 : Inventaires Avifaune et Aquacole au niveau du site

1-Inventaire Avifaune au niveau d'Afenourir :

L'observation des avifaunes au niveau de la zone humide Afenourir est effectuée à l'aide des jumelles et une longue-vue. Dans l'objectif d'identifier et évaluer les différents oiseaux existents dans le site. Aussi bien afin de déterminer l'aspect phénologique.

a-Description des jumelles et longue-vue :

Les longues-vues et jumelles sont composées, à l'intérieur, de lentilles prismatiques.

C'est pourquoi tout ce que nous voyons à travers nous apparaît à l'endroit. Cela semble évident, mais il faut savoir que les premières jumelles étaient construites avec des lentilles négatives, ce qui renversait l'image pour notre œil. (Corre, 2009)

L'objectif, situé à l'avant du système optique, capture la lumière et l'envoie au prisme. L'image y est renversée puis transmise à l'oculaire.

L'oculaire, est la partie grossissante du système, et va donc vous permettre d'observer plus de détails sur l'oiseau (ou toute autre chose) que vous voulez observer.

Les optiques de type « binoculaires » sont des jumelles telles que nous les connaissons aujourd'hui. Le nom le dit de lui-même : avec deux « oculaires ». Vous regardez dedans avec vos deux yeux, qui captent donc deux images. Votre cerveau permet alors aux deux images de se fondre en un seul ensemble uniforme que nous percevons nettement.

Les longues-vues vous permettent d'effectuer de magnifiques observations à distance.

Elles sont indispensables lors d'observations sur la mer, dans de grandes plaines ou dans le ciel, par exemple. Pourtant, elles ne représentent en général que 5 à 10 % de votre temps d'observation.

L'objectif principal du recensement ou identifications d'oiseaux :

- Information de base sur l'écologie d'une espèce = acquisition de connaissances sur l'écoéthologie de l'animal.
- Information de base sur une zone naturelle = mise en place de mesures de protection

Évolution de la population au cours du temps = Dynamique des Populations et/ou Biologie de la conservation.

Pour identifier les différentes espèces piscicoles dans le site, nous avons réalisés une pêche par filet.

2-La pêche des poissons dans l'eau du lac Afenourir:

2-1-Généralités :

Pêcher c'est essayer de prélever ou prélever le poisson dans l'eau où il vit. Pour arriver à cette fin, le pêcheur emploie un certain nombre de procédés, qui se répartissent selon la façon dont le poisson est mis à sa disposition, à savoir :

- Tuer ou étourdir le poisson.
- Prendre le poisson.
- Capturer le poisson.
- Faire mordre le poisson.

Chaque procédé de pêche, tout au moins les plus importants, sera étudié suivant un plan-type :

- Matériel de pêche
- Mode opératoire
- Poissons pêchés

La procédure de pêche employée au niveau du lac Afenourir c'est de capturer le poisson.

Cette dernière sert à le retenir prisonnier à l'aide d'un filet en fil de nylon. La pêche est effectuée dans le site Ramsar par autorisation dans le cadre de la convention de recherche.

2-2-Les filets de pêche :

Ils sont constitués par des filets en fil de chanvre, de coton et maintenant de nylon. Leur mode d'action est différent suivant les modèles, certains sont fixes (dormants), d'autres mobiles (trainants). La dimension des mailles et leur emploi sont strictement réglementés. La maille est exprimée par le côté du carré en mm ; exemples : mailles de 40, de 30. Elle se mesure, après séjour dans l'eau des filets.

En principe les filets fixes doivent avoir une maille de 40, tandis que les filets mobiles peuvent avoir une maille de 30.

CHAPITRE 6 : Etude Socio-économique de la zone humide Afenourir

1-Introduction

Une étude socioéconomique permet d'identifier les différents usagers du site, de mieux les connaître et de mettre en évidence d'éventuels conflits ou des synergies possibles entre eux [(Amaniga Ruhanga & Iyango, 2010), (Herath, 2004)]. Les diagnostics socio-économiques sont différents de ceux qui traitent les autres thèmes, aussi bien par leurs objectifs que par leurs produits et leurs méthodes d'approche. Les missions présentées au niveau des autres parties du document ont été étudiées d'une façon à focaliser les apports du diagnostic sur des informations utiles à la gestion et l'aménagement de la zone humide. L'étude socio-économique est une approche ascendante basée sur la concertation pour l'implication de la population locale dans l'élaboration de schéma de projet de développement local durable [(Boivin, D., Bouchet, M.A., Cuzin, F., Harbouze, R., Chattou, 2017), (Davenport et al., 2010)]. La participation de cette population est désormais considérée comme une composante nécessaire à l'analyse du passé, l'établissement de l'état des lieux, la planification, la prise de décision et de la mise en œuvre de la gestion de l'environnement. Notre étude focalisée sur le lac Afenourir, zone humide de montagne classée RAMSAR et située au Moyen Atlas Marocain, est articulée autour des axes suivants :

- L'historique du lac et la population locale ;
- L'écologie et la biodiversité de la zone humide ;
- L'état du lieu : utilisation du site par la population ;
- Les besoins et recommandations de la communauté locale.
- Intégration des objectifs de la population dans la restauration et la conservation durable de cette zone humide aux générations futures.

Un effort particulier a été exigé pour mettre en relation les résultats attendus avec l'exploitation et la conservation des zones humides. De plus il a été exigé que l'expertise identifie les valeurs socio-économiques des zones humides (y compris celles de nature patrimoniale) en tant cibles de conservation dont il faut prévoir un mode de gestion durable d'éventuels aménagements.

L'étude socio-économique au niveau de la zone humide Afenourir se compose de 2 parties, une concerne l'enquête sociale de la population locale du site, et l'autre enquête pour les organismes étatiques concernés par l'aménagement et la gestion des zones humides.

Les questionnaires des enquêtes effectuées pendant cette étude : **(voir Annexe 1)**

Partie III

Résultats ET Discussions

1-Aspects qualitatif et quantitatif des MIB d'Afenourir :

1-1-Identification et inventaire des macro-invertébrés benthiques :

La surveillance biologique est reconnue, comme une composante essentielle des programmes de surveillance de la qualité de l'eau.

La détermination faunistique des 8 campagnes entre Juin 2015 et Juin 2016, au niveau des quatre stations d'échantillonnage, se compose de 4 Embranchements, 6 Classes, 11 Ordres et 17 Familles. En termes d'abondance totale les Crustacés sont numériquement les plus inventoriés et représentent le pourcentage le plus élevé au niveau du lac Afenourir (44%) suivi par les Diptères (32%), les Annélides (15%) et les Mollusques (5%). Les Ephéméroptères et Némathelminthes sont les groupes les moins représentés (1%). (Tab. 6, Fig. 24).

Le Tableau suivant réuni les résultats de la composition taxonomique des communautés benthiques par familles. Au total 4945 individus, correspondant à 17 familles appartenant à 4 groupes faunistiques (Arthropodes (79%), Annélides (15%), Mollusques (5%), Némathelminthes (1%)) ont été recensés.

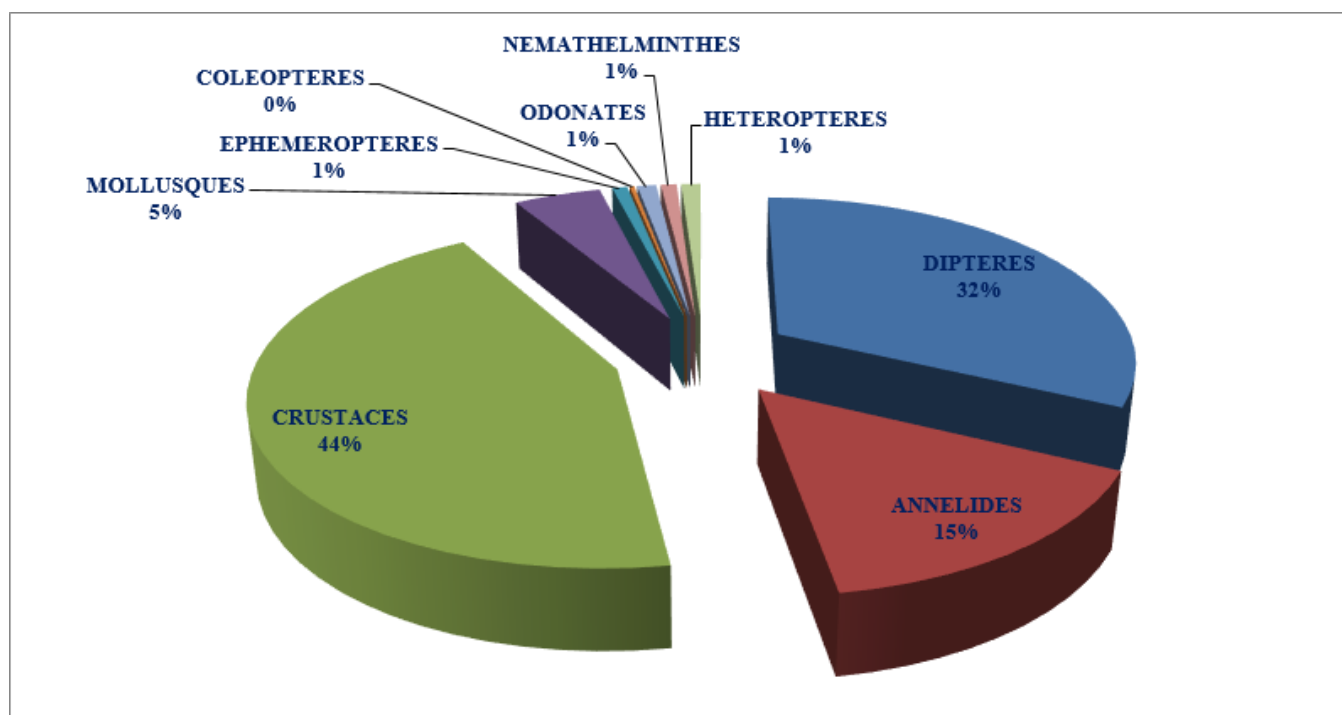


Figure 24 : Abondance de la faune globale dans les eaux des quatre stations étudiées au niveau du Lac Afenourir

Tableau 6 : Abondance totale des macro-invertébrés benthiques récoltés aux différents sites d'échantillonnage au niveau du lac Afenourir (Juin 2015 - Juin 2016)

	Taxons	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Totale
ARTHROPODES	LIMNADIIDAE	121	134	200	184	639
	DAPHNIIDAE G : DAPHNIA	450	322	187	196	1155
	CHIRONOMIDAE Larve	378	380	410	422	1590
	CERATOPOGONIDAE	0	2	0	0	2
	HYDROPHILIDAE G : HYDROCHARA	2	6	3	1	12
	ASELLIDAE	0	25	0	0	25
	COENAGRIONIDAE	9	14	15	12	50
	BAETIDAE	1	0	0	1	2
	LEPTOPHLEBIIDAE	10	13	9	6	38
	CYCLOPIDAE	156	89	67	45	357
	CORIXIDAE G : MICRONECTA	0	2	16	33	51
Totale des ARTHROPODES		1127	987	907	900	3921
ANNELIDES	GLOSSIPHONIIDAE G : GLOSSIPHONIA	73	98	121	100	392
	NAIDIDAE Espèces : STYLARIA LACUSTRIS	64	68	103	127	362
Totale des ANNELIDES		137	166	224	227	754
MOLLUSQUES	PLANORBIDAE	11	18	8	30	67
	LYMNAEIDAE	9	10	13	34	66
	PHYSIDAE	8	12	32	43	95
Totale des MOLLUSQUES		28	40	53	107	228
NEMATHELMINTHES	MERMITHOIDEA	6	12	16	8	42
Abondance Totale		1298	1205	1200	1242	4945
Total des taxons		14	16	14	15	59

1-2-Comparaison des MIB polluo-tolérant et sensible par station durant les cinq campagnes

Nous avons choisis de calculer l'abondance des groupes faunistiques polluo-tolérants (Chironomidae, Annélides) et polluo-sensibles (Ephéméroptères), afin d'établir une comparaison entre eux, dans le but d'évaluer la qualité biologique du lac. Cette abondance fluctue suivant les

stations. Elle varie entre 515 et 649 individus pour les polluo-tolérants et de 7 à 13 pour les polluo-sensibles.

Le choix des stations selon les critères : activité anthropiques, situation hydrologique et la répartition de la végétation aquatique au niveau du lac, nous permet d'interpréter l'inventaire des MIB recensés afin de suivre l'évolution des MIB polluo-tolérant et polluo-sensible du lac Afenourir au niveau de chaque station pendant les 8 campagnes (Fig. 25 à 28).

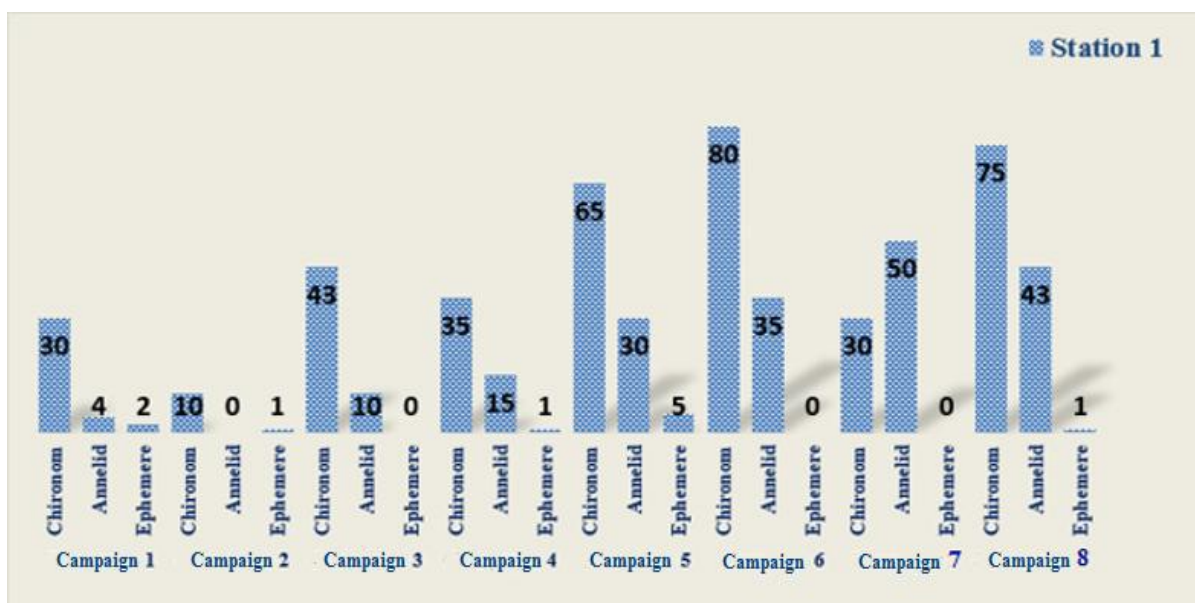


Figure 25 : Abondance des MIB Polluo-tolérants et Sensibles de la station 1 au niveau du Lac Afenourir

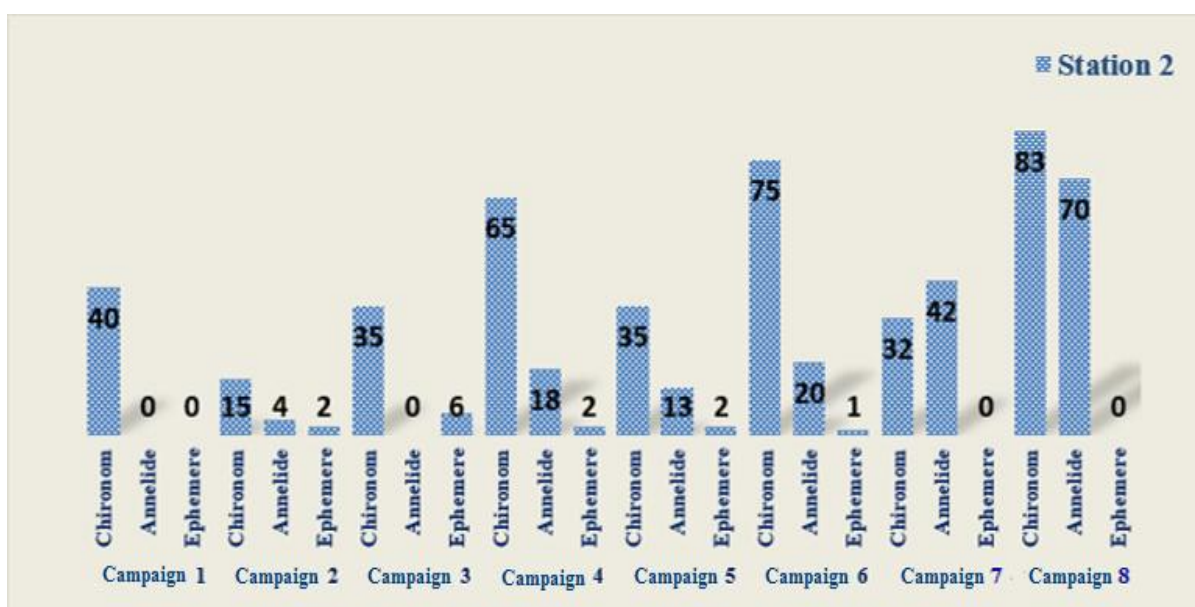


Figure 26 : Abondance des MIB Polluo-tolérants et Sensibles de la station 2 au niveau du Lac Afenourir

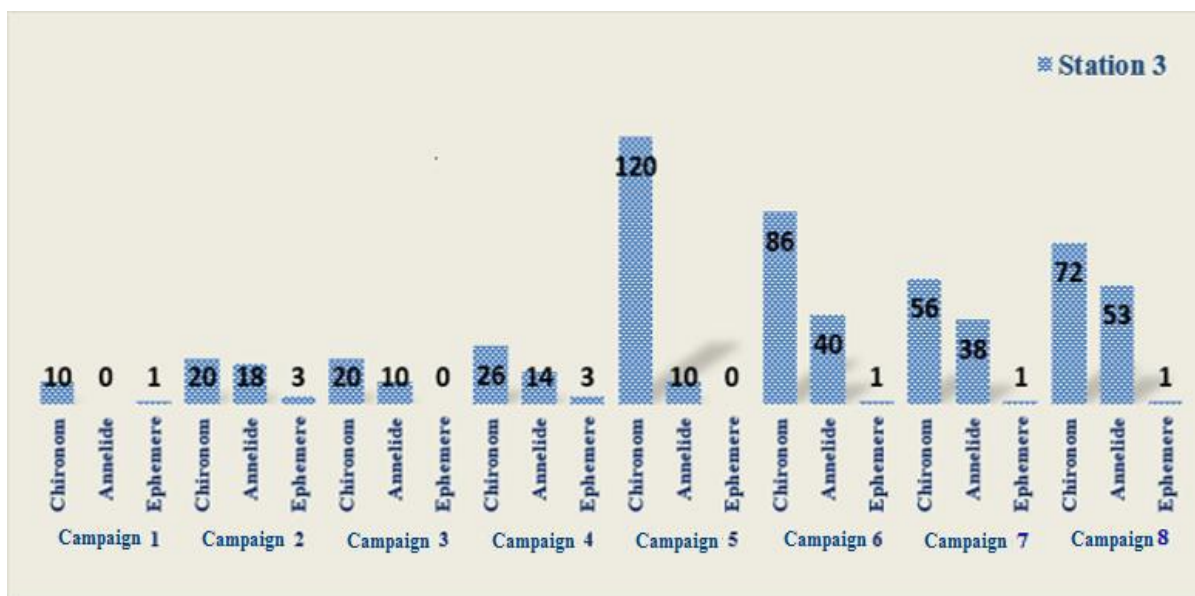


Figure 27 : Abondance des MIB Polluo-tolérants et Sensibles de la station 3 au niveau du Lac Afenourir

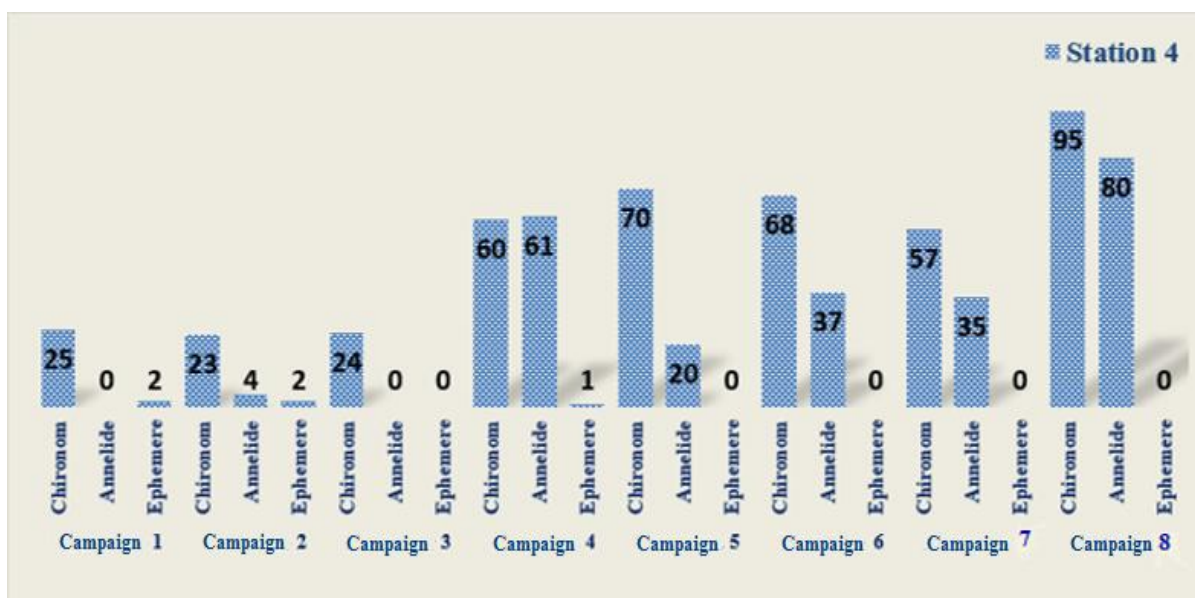


Figure 28 : Abondance des MIB Polluo-tolérants et Sensibles de la station 4 au niveau du Lac Afenourir

Discussion 1 :

Il ressort de notre étude que Les différentes stations montrent une structure déséquilibrée en MIB avec prolifération des Chironomidae et des Annélides dans 98% qui supportent la pollution, est vrai semblablement liée à la présence des matières organiques. En revanche, on note une faible présence des polluo-sensibles (Ephéméroptères (2%)).

Les résultats obtenus montrent une dégradation du site par la pollution organique de l'amont (S2, S3) à l'aval (S1, S4). Cette dernière peut être due aux activités anthropiques (surpâturage, lavage, déchets ménagers, activités touristiques...) qui pourrait être à l'origine d'une disparition des taxons polluo-sensibles.

Les peuplements du lac Afenourir sont nettement moins diversifiés comparativement avec d'autres plans d'eau nationale et internationale.

Les macro-invertébrés benthiques de l'Oued khoumane ont été étudiés par BEN MOUSSA, à partir des prélèvements réalisés mensuellement durant Aout 2010 et Juillet 2011. La faune recensée dans ce travail se compose de 17124 individus appartenant à 3 groupes faunistiques principales (Annélides, Mollusques, arthropodes). Il a rapporté que plus il avance vers l'aval, plus il assiste à des diminutions et des disparitions des taxons polluo-sensibles tel que Ephéméroptères. L'inverse, s'installe pour les taxons polluo-tolérants comme les Chironomidae et les Oligochètes. Il déduit une situation alarmante de la qualité de l'eau de l'Oued Khoumane et surtout dans son tronçon aval à cause de plusieurs sources de pollution dans la région (source Thermale *Ain Hamma Moulay Idriss*, des rejets des eaux usées) (Ben Moussa et al., 2014).

L'étude de FERGANI, durant Septembre 2007 et Avril 2008, sur L'Oued El-Harrach qui est l'un des plus grands Oueds parcourant la plaine de la Mitidja-ALGERIE, a permis de recenser 10 groupes faunistiques appartenant à 53 familles (*Ephéméroptères*, *Plécoptères*, *Trichoptères*, *Hétéroptères*, *Coléoptères*, *Diptères*, *Odonates*, *Mollusques*, *Crustacés* et *Oligochètes*). Il a montré que La qualité biologique d'Oued El Harrach n'est pas satisfaisante. Elle varie de moyenne à médiocre pour l'ensemble des stations à l'exception de certaines stations situées les plus amont du réseau (H & ARAB, 2013).

Agnéby est le plus important fleuve du littoral de Côte d'Ivoire, les prélèvements pour cette étude réalisée par DRAMANE ont été effectués pendant Janvier et Octobre 1997. L'inventaire de la faune benthique a permis de recenser 50 Taxons, cela a montré que pour l'ensemble de la rivière il y a une présence relativement diversifiée des Ephéméroptères (polluo-sensible), traduirait une bonne qualité d'eau de la rivière Ivoirienne (Diomandé, Bony, Edia, Konan, & Gourène, 2009).

Ces études montrent que leurs sites étudiés sont infectés par plusieurs types de pollution et cela par identification des MIB, lesquels parmi eux, sont identifiés dans notre cas par une forte abondance des polluo-tolérants (Chironomidae, Annélides) de **2254 Individu** et d'un pourcentage de 98%, alors que les polluo-sensibles ne représentent que 2% de la faune étudiées. Ceci pourrait être lié aux différentes activités anthropiques pratiquées au niveau du lac. Induisant des conditions défavorables à la présence d'un peuplement très diversifiés.

2-La flore terrestre et aquatique existante au niveau de la zone humide

Les milieux humides présentent de multiples facettes et se caractérisent par une biodiversité exceptionnelle. Ils abritent en effet de nombreuses espèces végétales. Par leurs différentes fonctions, ils jouent un rôle primordial dans la régulation de la ressource en eau, l'épuration et la prévention des crues.

En effet les espèces floristiques jouent un rôle majeur de production et de protection des sols contre l'érosion, ainsi que le maintiennent de substrat et l'équilibre de l'écosystème aquatique, et peuvent aussi être comme bio-indicateurs de pollution.

Notre intérêt de cette étude est de procéder à un inventaire floristique dans le lac afin de vérifier l'impact de certains types de pollution sur la flore existante, et de pouvoir déterminer des mesures de conservation et de restauration de la zone humide.

2-1-La biodiversité floristique terrestre de la zone humide Afenourir

Les premiers massifs arborés essentiellement composés de Cèdres (*Cedrus atlantica*), de Chênes verts (*Quercus rotundifolia*) ainsi que d'Aubépines (*Crataegus laciniata*, *Crataegus monogyna*), Houx (*Ilex aquifolium*), Erables de Montpellier (*Acer monspessulanum* L.) se trouvent qu'à environ 1km. Et d'autres au pourtour du lac qui sont ; *Eryngium Bourgatii*, *Thymelaea virgata*, *Euphorbia nicaensis*, *Plantago coronopus*, *Anacyclus pyrethrum*.

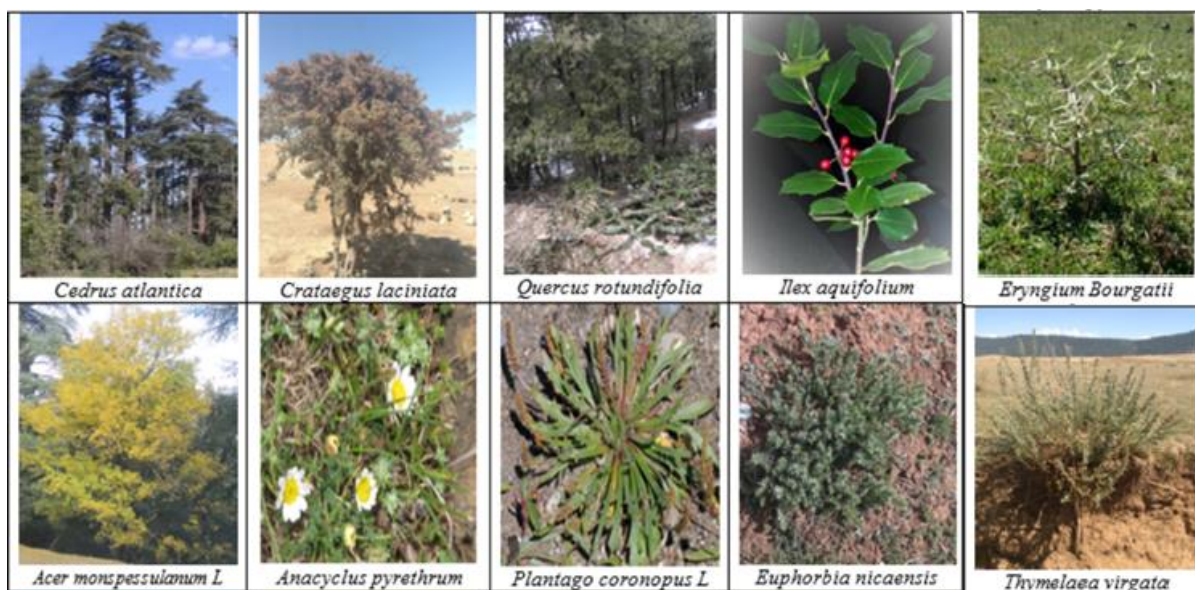


Figure 29 : la flore terrestre existante au niveau de la zone humide

2-2-La biodiversité floristique aquatique de l'Aguelmam Afenourir :

La surface en eau d'Afenourir 400 ha est caractérisée par une végétation peu diversifiée, forme un tapis continu sur les bordures du lac et au niveau de certaines parties émergées à partir du printemps. Elle est composée de *Ranunculus aquatilis*, *Zannicellia palustris*, *Myriophyllum Spicatum*, *Chara Globularis* (algue), *Eleocharis uniglumis*. Une partie à l'intérieur du lac est colonisée par des massifs de *Scirpus Lacustris* favorables à la nidification de plusieurs espèces d'oiseaux d'eau.



Figure 30 : la flore aquatique au niveau du lac

Tableau 7 : La biodiversité floristique de l'Aguelmam AFENOURIR

Famille	Nom scientifique	Nom français	Rôle
Végétation terrestre			
Pinaceae	<i>Cedrus atlantica Manetti</i>	Cèdre d'Atlas	-Ébénisterie et pour embaumer les momies
Asteraceae	<i>Anacyclus pyrethrum L.</i>	Pyrèthre d'Afrique	-Gargarisme soulageant les rages de dent et les maux de gorge. -Une activité antidiabétique. -Avoir des vertus contre la corrosion de certains métaux.
Fagaceae	<i>Quercus rotundifolia</i>	Chêne vert	-Enrichit le sol en matière organique. -La première source de combustible ligneux (bois et charbon de bois) du Maroc.
Rosaceae	<i>Crataegus laciniata Ucr</i>	Aubépine	-Régule le rythme cardiaque. -Améliore la circulation coronarienne et de la nutrition du muscle cardiaque. -Diminue le stress et facilite le sommeil.
Apiacées	<i>Eryngium Bourgatii</i>	Panicaut de Bourgat	
Thymelaeaceae	<i>Thymelaea virgata</i>		
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia nicaeensis</i>	Euphorbe glabre	
Aquifoliaceae	<i>Ilex aquifolium</i>	Houx commun	
Aceraceae	<i>Acer</i>	Erable de Montpellier	
Plantaginaceae	<i>Plantago coronopus L.</i>	Plantain corne de cerf	-Comme astringent. -Considéré comme plante témoin au mouvement des dunes.
Végétation aquatique			
Renonculacées	<i>Ranunculus aquatilis</i>	Renoncule Aquatique	Nous renseigne sur l'état de la qualité biologique de l'eau du lac.
Zannichelliaceae	<i>Zannichellia palustris</i>	Zannichellie des marais	Envahissante et nous indique le degré de dégradation d'eau.
Haloragaceae	<i>Myriophyllum Spicatum</i>	Myriophylle en épis	Envahissante et nous indique le degré de dégradation d'eau.
Characeae	<i>Chara Globularis</i>	Algue verte	Considérées aussi comme bio-indicatrices de la qualité et du fonctionnement des milieux humides.
Cyperaceae	<i>Eleocharis uniglumis</i>	Héléocharis à une écaille	Peuvent être comme plante épuratrice dans le cadre d'un lagunage naturel.
Cyperaceae	<i>Scirpus Lacustris</i>	Jonc des chaisiers	Comme refuge des poissons existent dans le plan d'eau. Comme lieu pour la nidification des oiseaux d'eau.

Discussion 2 :

L'inventaire floristique réalisé au cours de cette étude a permis de recenser au total 12 espèces terrestres réparties en 11 familles, alors que l'aquatique représente un total de 7 espèces. L'identification a montré une abondance de certaines familles terrestres telle que les *Pinaceae*, avec dominance de *Cedrus Atlantica Manetti*, les *Fagaceae*, dominées par *Quercus rotundifolia*, les *Rosaceae*, *Asteraceae*, les *Plantaginaceae*, *Thymelaeaceae*, *Euphorbiaceae* et *Apiacées* représentées respectivement, par *Crataegus laciniata Ucr*, *Anacyclus pyrethrum L.*, *Plantago coronopus L.*, *Thymelaea virgata*, *Euphorbia nicaensis* et *Eryngium Bourgatii*.

Par contre au niveau aquatique on distingue une variation d'abondance selon les stations choisies. Visuellement il y a une forte dominance de la famille des *Renonculacées* (*Ranunculus aquatilis*) dans les stations 1 et 3, *Haloragaceae* (*Myriophyllum Spicatum*) au niveau des stations 2,3 et 4, concernant les famille *Zannichelliaceae* et *Characeae* représentées respectivement, par *Zannichellia palustris*, *Chara Globularis* sont abondant dans l'ensemble du lac, alors que pour la famille des *Cyperaceae* comprenne deux espèces l'une se focalise dans la station 4 (*Scirpus Lacustris*), et l'autre espèce (*Eleocharis uniglumis*) entour le lac.

La biodiversité floristique existante dans le lac Afenourir, a un intérêt écologique aussi qu'un rôle important pour l'utilisation humaine. D'après la littérature des espèces terrestres d'une part, le cèdre d'atlas a un rôle important en ébénisterie et pour embaumer les momies (Cheddadi et al., 2009), alors que pour le chêne vert enrichit le sol en matière organique et est considéré comme la première source de combustible ligneux (bois et charbon de bois) du Maroc (Cotrufo, De Santo, Alfani, Bartoli, & De Cristofaro, 1995). L'Aubépine, ou plutôt les fleurs de l'aubépine, sont appréciées pour leurs qualités de régulation du rythme cardiaque, d'amélioration de la circulation coronarienne et de la nutrition du muscle cardiaque. C'est un hypotenseur, un cardiotonique et un antispasmodique, qui calme les palpitations, diminue le stress et facilite le sommeil (Christensen, 1992). Il y a également le Pyrèthre d'Afrique et le Plantain corne de cerf, ayant un rôle important représenté respectivement, comme gargarisme soulageant les rages de dent et les maux de gorge il a aussi une activité antidiabétique et pourrait avoir des vertus contre la corrosion de certains métaux (Couplan, 2012), par son intérêt en médecine comme astringent il peut être utile comme légume et considéré comme plante témoin au mouvement des dunes (Selles, 2012). D'autre part l'existence des espèces aquatiques peuvent nous renseigne sur l'état de la qualité biologique de l'eau du lac tel que les Macrophytes (Renoncule Aquatique) (LAMBINON & DELVOSALLE, n.d.), comme ils y on a d'autres envahissantes (Zannichellie des marais, Myriophylle en épis). Les algues vertes (*Chara*) sont réparties dans les zones Eutrophes et considérées aussi comme bio-indicatrices de la qualité et du fonctionnement des milieux humides (Hackney & Stewart, 1992). Héléocharis à une écaille et Jonc des chaisiers appartenant à la famille des *Cyperaceae*, possèdent des rôles respectivement, comme plante épuratrice dans le cadre d'un lagunage naturel (Brouillet et al., 2010), pour la nidification des oiseaux existent dans le site (Talevska & Ohridski, 2008).

L'étude réalisée par Mahaman Ouattara Kouassi en Côte d'Ivoire (N'da, Adou, N'guessan, Kone, & Sagne, 2008), rapporte que la présence remarquable des *Asteraceae* et des *Euphorbiaceae*, pourrait s'expliquer par des facteurs édaphiques, alors que le sol de notre site d'étude offre des conditions favorables au développement des espèces appartenant à ces différentes familles.

Cependant, dans cette zone humide, d'autres facteurs de pollution, de dégradation et de détérioration, doivent être pris en compte. La zone est menacée par les activités anthropiques (surpâturage, pompage d'eau...etc.) et les changements globaux naturels, ce qui facilite sa

dégradation et favorise le développement d'une végétation adventive. (Issengue, Assongba, Yoka, Akouango, & Djego, 2019)

L'abondance des Renoncules aquatiques et des Myriophylles en épis, dans le lac montre que ce dernier est riche en nutriment puisque ces espèces sont considérées comme des bons consommateurs de certain élément pour leur croissance, avec comparaison d'une équipe de recherche scientifique suisse qui ont démontré le rôle des macrophytes dans les plans d'eau (Menétrey, 2009).

Vue l'importance et l'utilité de la richesse floristique terrestre et aquatique du lac Afenourir, cette étude d'identification des espèces existantes et d'évaluation de l'état des lieux rentre dans le but du maintien, de restauration et de conservation de la réserve.

3-Degré de pollution et qualité physico-chimique du lac :

3-1-La variation mensuelle et l'évolution spatio-temporelle des paramètres In-Situ :

Chaque paramètre analysé est représenté par les profils de son évolution spatio-temporelle et ceux de l'évolution de leurs valeurs moyennes. Ces profils permettent d'effectuer une approche globale et spéciale de la qualité des eaux superficielles de la zone humide.

a- La Température d'eau :

Les courbes de variations mensuelles ont montré une différence de température, entre l'aval et l'amont, peu significative qui pourrait être insuffisante pour modifier radicalement la nature de processus chimique et biologique des différentes stations de la zone humide (fig. 31). Les résultats obtenus montrent aussi que les stations 1 et 4 situées en aval ont enregistré les températures faibles sont respectivement 13.54°C, 14.93°C ; par rapport aux stations 2 et 3 situées en amont de la zone humide, qui représentent les valeurs respectivement 13.57°C, 15.35°C (fig. 31). A l'exception de quelques mois de sécheresse où les stations avals qui ont enregistré les valeurs les plus élevées. (Annexe 2)

En manque de précipitations, de fonte de neige et de la faible profondeur du lac, en plus d'autres causes, les stations 1, 2 et 4 devient à sec sauf la station 3 qui reste un peu humide.

S'agissent de la stratification thermique de la masse d'eau de ce lac, elle ne présente pas de variation notable à cause de sa faible profondeur. En effet, cette dernière est de 1.5 m. Dans des milieux aquatiques similaires, les variations de températures sont beaucoup plus influencées par la température ambiante, elle-même fonction des saisons, que par l'effet de la profondeur. (Tfeil et al., 2018).

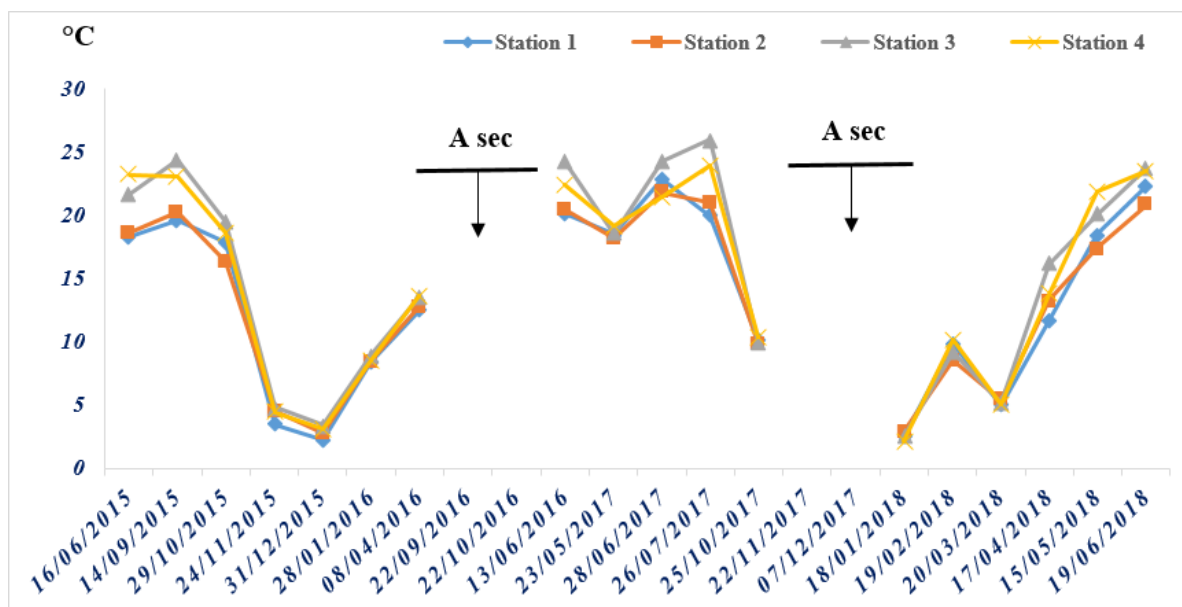


Figure 31 : Variation mensuelle de la température d'eau par station dans l'Aguelmam Afenourir

L'analyse des moyennes des températures annuelles de l'eau dans les différentes stations de la zone humide Afenourir, montre que l'année 2017 a enregistré les températures les plus élevées par rapport aux autres années d'étude (fig. 32), et pour l'année 2018 a enregistré les valeurs de températures les plus basses (fig. 32). La température moyenne annuelle pour l'année 2015 a été de 13.52 °C, celles des années 2016, 2017 et sont respectivement 14.52°C, 18.52°C et 12.16°C. La température la plus faible est de 2.1°C a été enregistrée pendant le mois janvier 2018 et la température maximale de 26°C a été relevée au mois juillet 2017 (fig. 31, 32). L'évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes de la température d'eau oscille entre 11.41°C enregistrée au niveau de la station 2 de l'année 2018, et de 19.72°C relevée en 2017 à la station 3 (fig. 32).

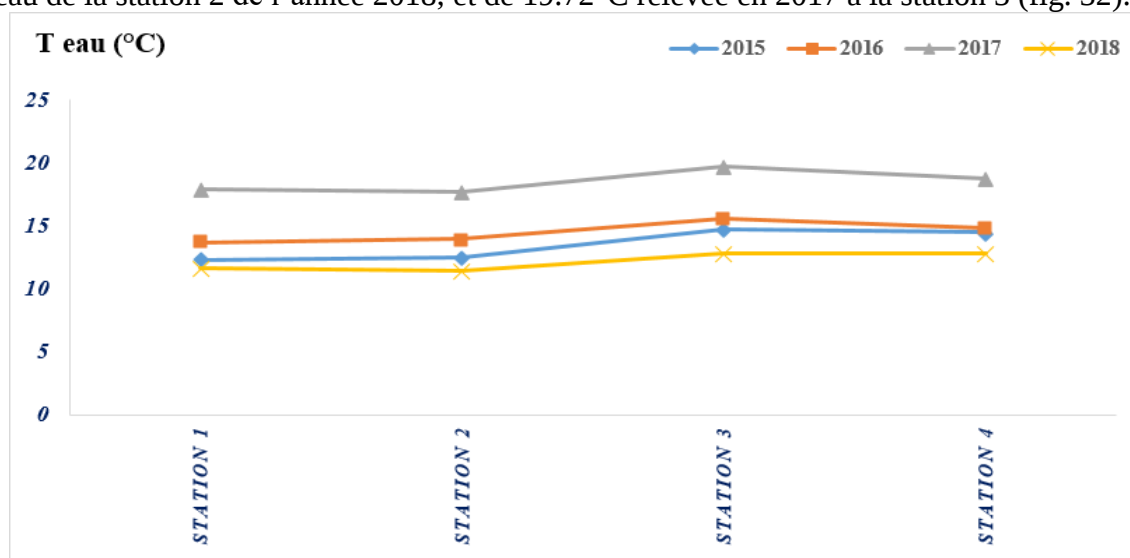


Figure 32 : évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes annuelles de la température d'eau dans la zone humide Afenourir de juin 2015 au juin 2018

b- pH d'eau du lac :

Le potentiel hydrogène dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant. L'évolution mensuelle du pH a enregistré les valeurs les plus élevées au niveau des quatre stations durant les années 2017 et 2018, qui oscillent respectivement entre 7,62 et 10,30 ; 8,18 et 10,18. Alors que des faibles valeurs ont été relevées pendant les deux années 2015, 2016 variant respectivement entre, 6,9 et 8,21 ; 7,5 et 8,12.

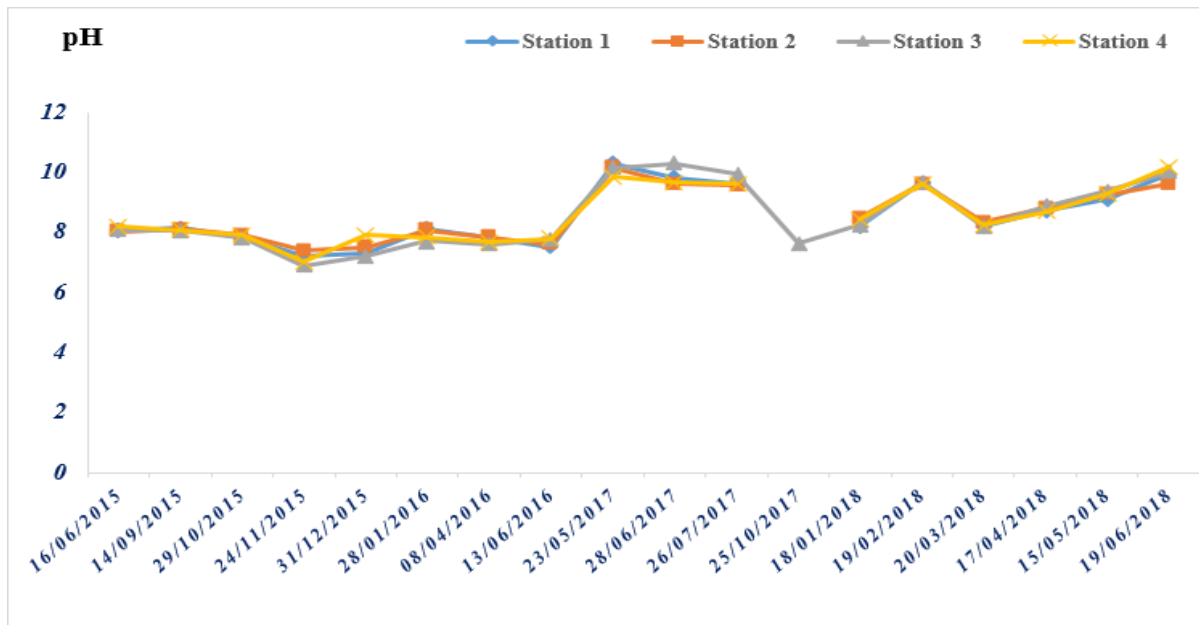


Figure 33 : Variation mensuelle du pH d'eau par station dans l'Aguelmam Afenourir

L'analyse de ce paramètre au cours des quatre années d'étude montrent que l'eau de la zone humide est au voisinage de la neutralité à moyennement alcaline (fig. 33,34), avec des moyennes annuelles de 7,73 ; 7,78 ; 9,73 et 9,04 respectivement en 2015, 2016, 2017 et 2018.

Conformément à l'arrêté n° 2028-03 du 5/11/2003, fixant les normes de qualité des eaux piscicoles, les valeurs limites de ce paramètre se situent entre 5 et 9 (**Annexe 2**). Les valeurs ayant dépassé cet intervalle s'expliquent par l'abondance de la végétation, qui par le biais de la photosynthèse utilisent le gaz carbonique de l'eau et causent ainsi une augmentation du pH. Le cas inverse a été noté en novembre de l'année 2015, où les conditions défavorables ont réduit l'assimilation chlorophyllienne, induisant ainsi la libération du CO₂, responsable de la diminution du pH. (J. Griba, Rhafouri et al., 2018) ; (Moreau, 2016).

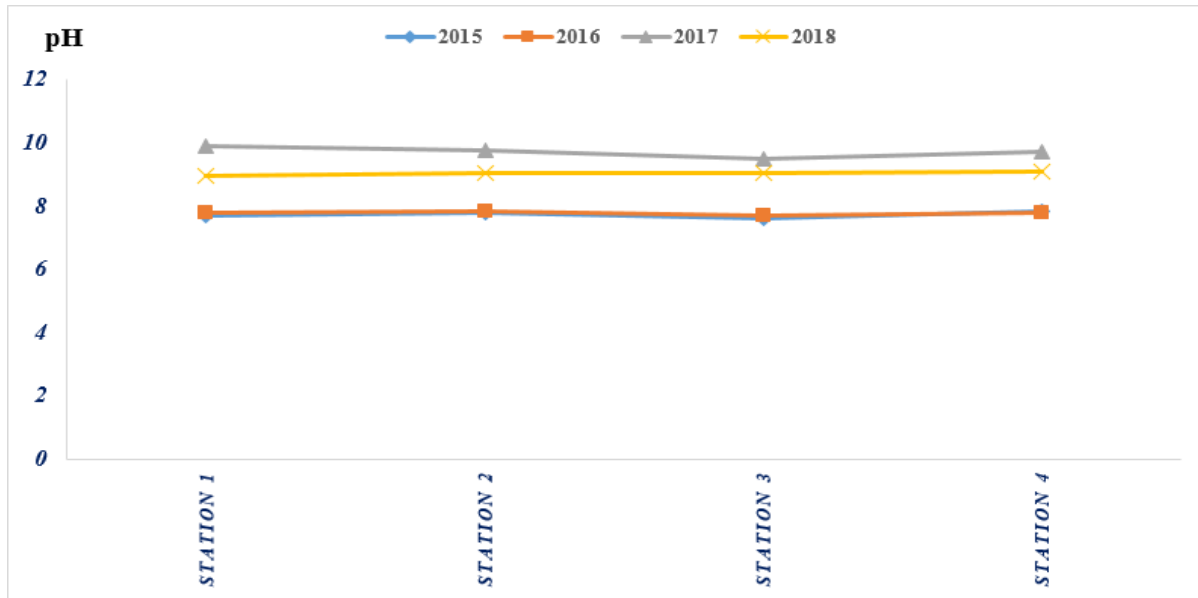


Figure 34 : évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes annuelles du pH d'eau dans la zone humide Afenourir de juin 2015 au juin 2018

c- Conductivité d'eau du lac :

La conductivité électrique d'une eau naturelle est la mesure de sa capacité à conduire un courant électrique. Celle-ci donne une bonne appréciation de la composition ionique (anions et cations) de cette eau. On parle alors de la minéralisation globale de l'eau. (El Khodrani et al., 2016)

D'après l'analyse des résultats de l'évolution de la conductivité électrique dans la zone humide Afenourir, la variation spatio-temporelle de ce paramètre est représentée par l'enregistrement d'une moyenne élevée de 337,78 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2017 et aussi une faible moyenne de 187,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2015. (Fig. 36). Ces valeurs sont conformes à la norme n° 2028-03 où cette dernière devrait être inférieure à 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans le cas des eaux froides (**Annexe 2**). Alors que l'analyse a montré une exception en octobre de l'année 2017 au niveau de la station 3 située en amont, qui a enregistré une valeur de 592 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et elle dépasse la limite de la norme (Fig. 35), ceci est expliqué par une période au cours de laquelle la minéralisation, sous l'effet de la chaleur, est intense et aussi le niveau d'eau est réduit.

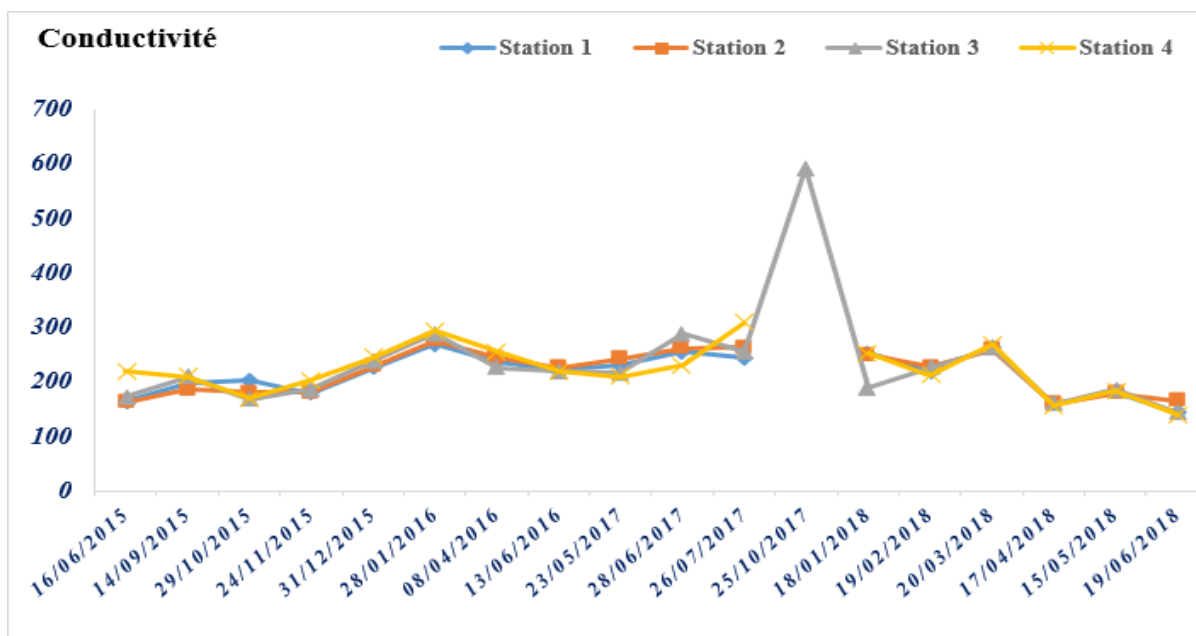


Figure 35 : Variation mensuelle de la conductivité d'eau par station dans l'Aguelmam Afenourir

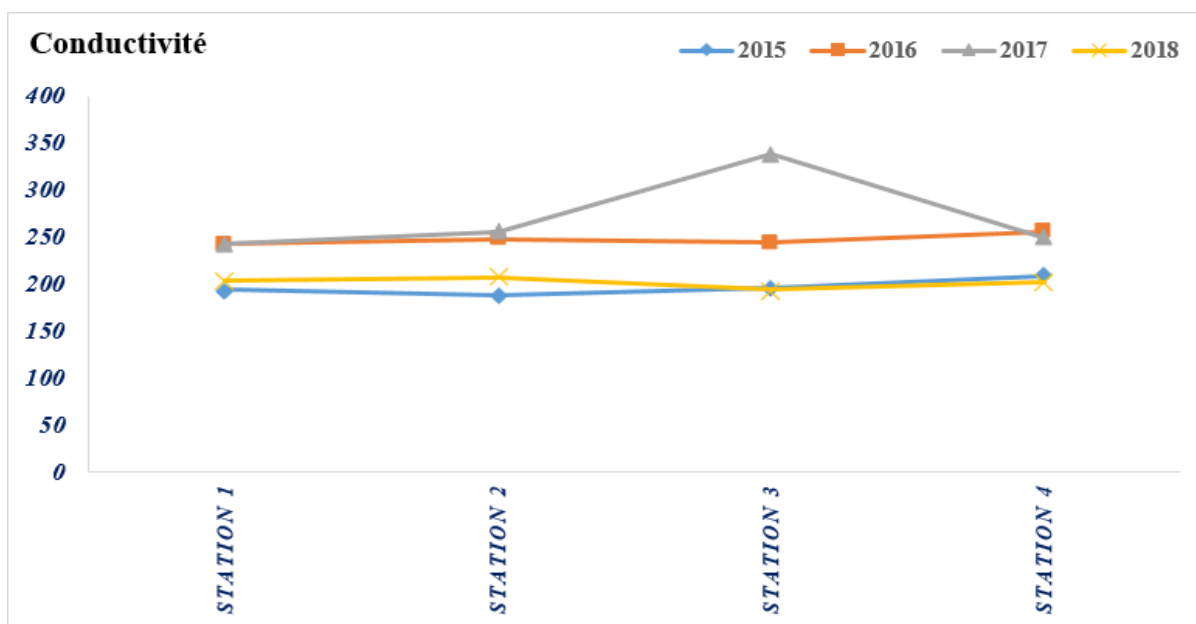


Figure 36 : évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes annuelles de la conductivité d'eau dans la zone humide Afenourir de juin 2015 au juin 2018

d- Oxygène dissous dans l'eau de la zone humide :

L'oxygène dissous est un paramètre très important du fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des organismes aquatiques. Sa teneur peut devenir critique, particulièrement dans les milieux profonds et peu agités. (Annexe 2)

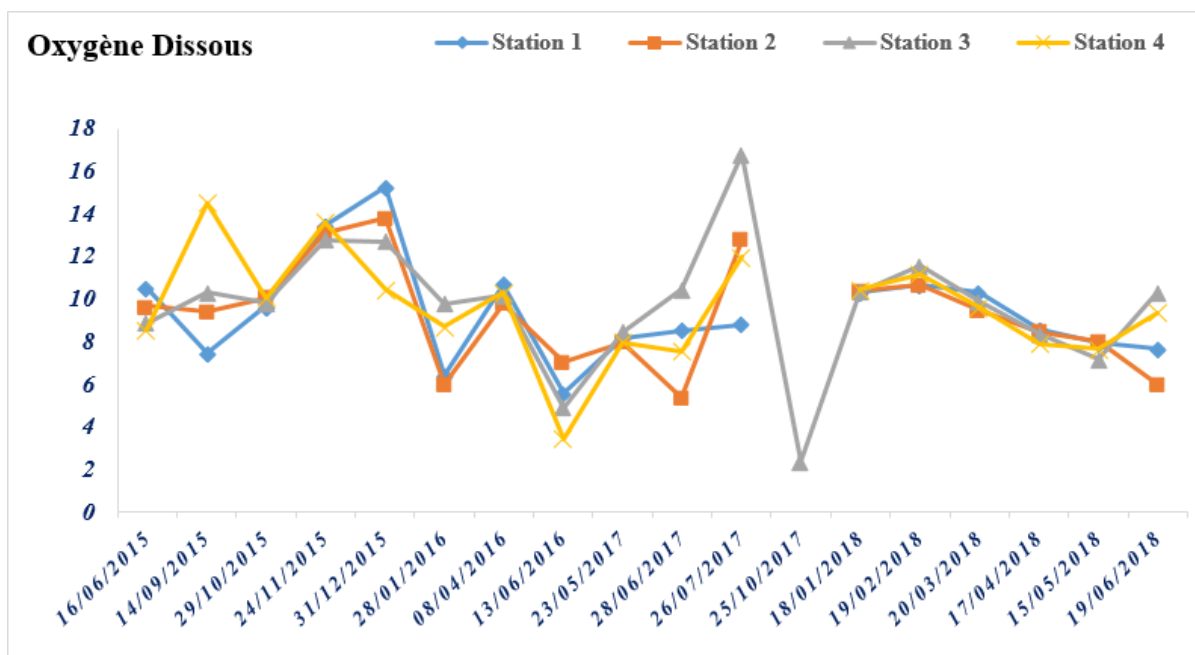


Figure 37 : Variation mensuelle d'oxygène dissous par station dans l'Aguelmam Afenourir

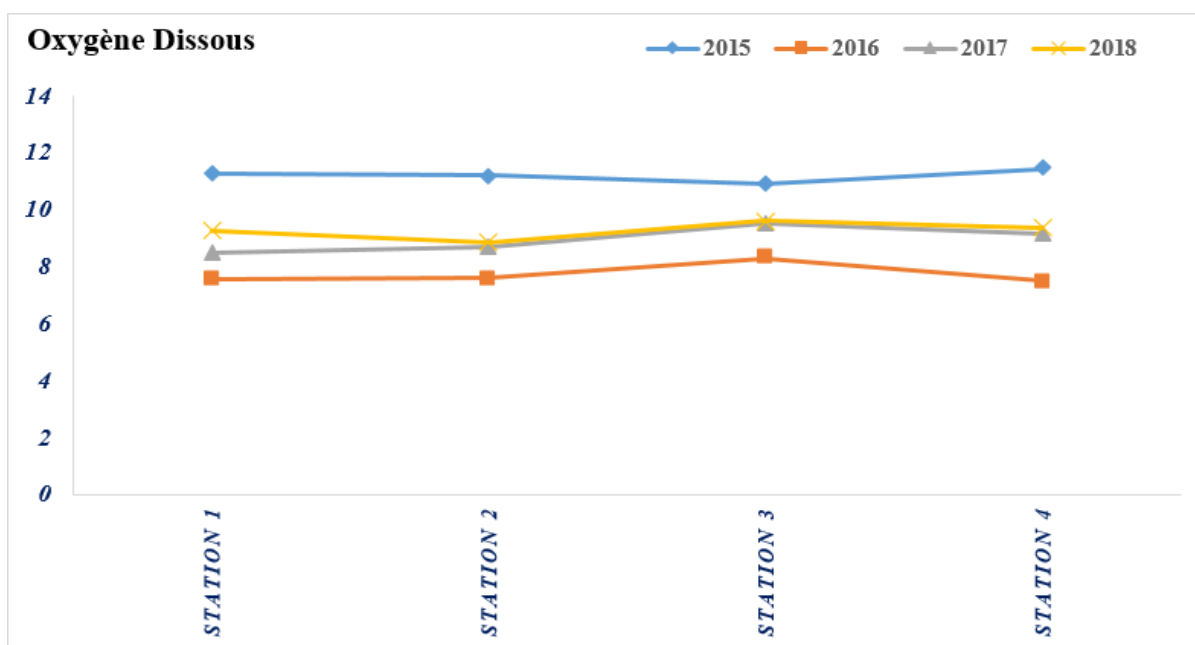


Figure 38 : évolution spatio-temporelle des valeurs moyennes annuelles de l'oxygène dissous dans la zone humide Afenourir de juin 2015 au juin 2018

Les teneurs moyennes annuelles enregistrées varient en 2015, 2016, 2017 et 2018 respectivement entre 10,91 et 11,45 mg/l ; 7,49 et 8,3 mg/l ; 8,51 et 9,53 mg/l ; 8,84 et 9,62 mg/l. La variation spatio-temporelle de ce paramètre a montré que la valeur la plus élevée de 11,22 mg/l a été relevée en 2015 par contre la moyenne la plus faible de 7,75 mg/l a été enregistré en 2016 (fig. 38). L'évolution mensuelle de la teneur en oxygène est très variable d'une station à l'autre (fig. 37). On note un maximum de 16,8 mg/l dans la station 3 pendant le mois de juillet 2017 et un minimum

de 2.4 mg/l dans la même station pendant le mois d'octobre 2017 (fig. 37). La variation de l'oxygène dans les quatre stations serait liée à plusieurs facteurs tels que la position géographique par rapport aux apports. Les valeurs enregistrées dans notre étude reflètent des conditions instables du fait de l'évaporation très accentuée. Dans les milieux à faible taux de renouvellement, la teneur en oxygène dissous tend à diminuer lorsque la température augmente, mais aussi d'une part à cause de diminution de niveau d'eau du lac par changement climatique et d'autre part la consommation accrue par la population.

3-2-La variation mensuelle des paramètres aux laboratoires pour la qualité d'eau du lac

Les substances azotées :

Dans le domaine aquatique, l'azote existe sous forme moléculaire (N_2) ou ionisée (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), ainsi que sous forme organique dissoute ou particulaire (protéines, acides aminés, urée, etc.). Ces différentes formes d'azote sont en perpétuelle évolution. Elles passent de l'une à l'autre par des processus physico-chimique et surtout biochimiques. (A Serghini, 2003) ; (Griba et al., 2017)

e- Les Nitrites au niveau du lac :

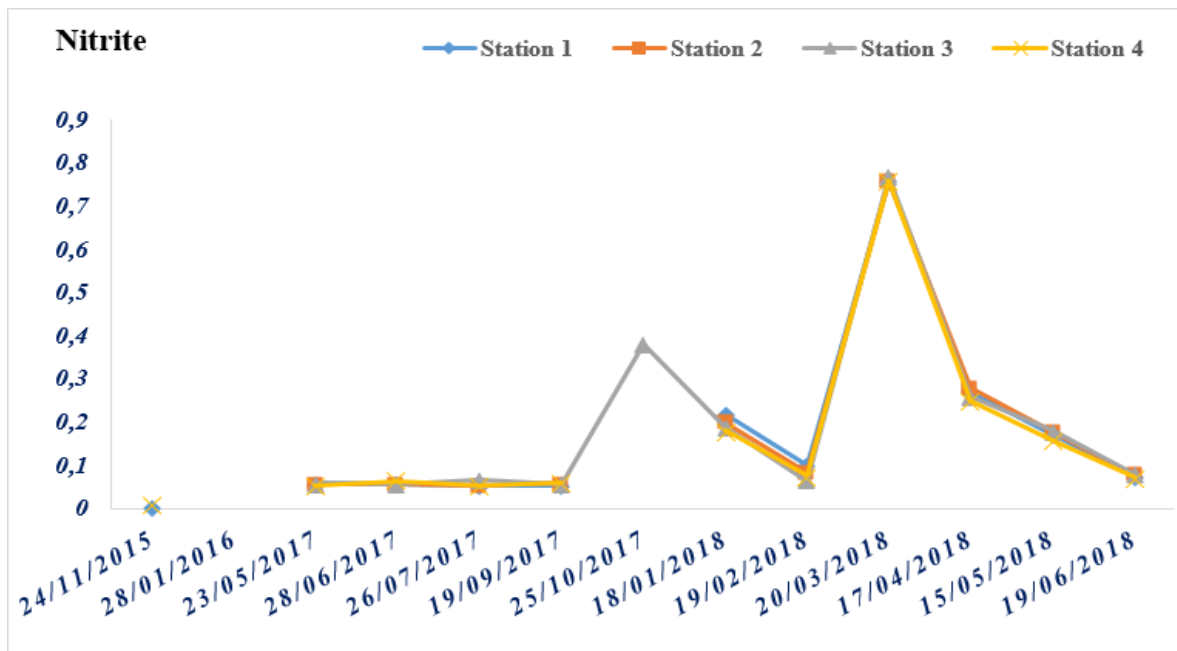


Figure 39 : Variation mensuelle des nitrites dans l'eau par station niveau de la zone humide Afenourir

Les nitrites ou azote nitreux sont généralement rencontrés dans les eaux à des teneurs très faibles. L'azote nitreux est un composé intermédiaire dans le processus aérobie de transformation de l'azote ammoniacal en azote nitrique. (J. Griba, Rhafouri et al., 2018). Les valeurs enregistrées en NO_2^- sont conformes à la norme n° 2028-03 relative à la qualité des eaux piscicoles marocaines qui exige des teneurs inférieures à 0,5 mg/l (Annexe 2). La variation mensuelle des nitrites dans l'eau de la zone humide Afenourir sont comprises entre 0,0048 mg/l enregistrée en novembre 2015 et 0,38 mg/l relevée en octobre 2017. A l'exception d'une teneur qui dépasse la limite de la norme

a été enregistrée en mars 2018 d'une valeur maximale de 0,77 mg/l au niveau de la station 3 en amont, qui peut être causé par le surpâturage (fig. 39).

f- Les Nitrates dans l'eau de l'Aguelmam :

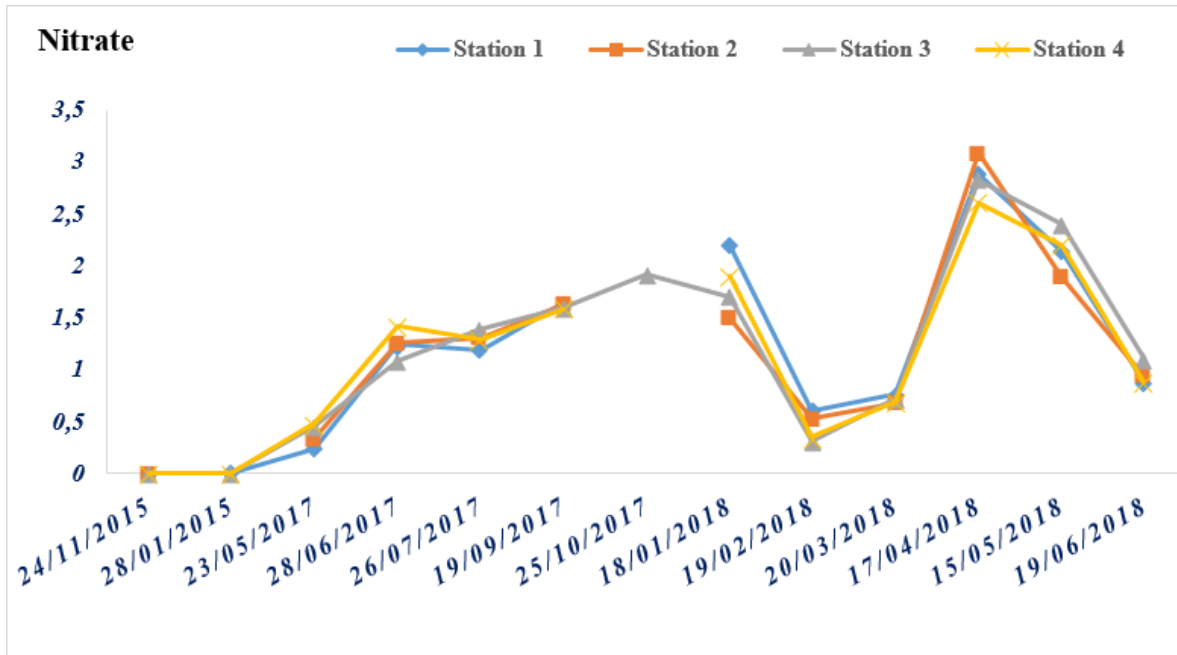


Figure 40 : Variation mensuelle des nitrates dans l'eau par station niveau de la zone humide Afenourir

Les valeurs en nitrates pour l'année 2015 sont présents à l'état de trace, et oscillent entre 0,00024 et 0,014 mg/l et ce sont les plus faibles valeurs enregistrées durant cette étude, alors que pour l'année 2017, les teneurs varient entre 0,244 et 1,92 mg/l. Concernant l'année 2018, les valeurs enregistrées ont comprises entre 0,31 et 3,08 mg/l, et elles sont considérées comme les plus fortes par rapport aux autres années d'étude. (Fig. 40). Pendant la période d'étude la valeur la plus élevée de 3,08 mg/l a été enregistrée en Avril 2018, par contre la plus faible teneur a été relevée en novembre 2015. Mais généralement toutes les valeurs enregistrées restent inférieurs à la valeur maximale admissible dans les eaux de surface. L'explication de ces faibles teneurs pourrait être due aux Macrophytes existant dans le lac (J. Griba, Rhafouri et al., 2018) ils utilisent les nitrates comme source de nutrition. Aussi bien cela peut être dû au fait que pour lutter contre l'eutrophisation et l'anaérobiose, le milieu utilise les nitrates comme source d'oxygène pour sa minéralisation et son autoépuration et par conséquent son équilibre écologique.

g- Les Ortho-phosphates dans l'eau d'Afenourir :

La variation mensuelle des teneurs en ortho-phosphates montre des différences importantes durant les années d'étude. La valeur la plus forte de 18,15 mg/l a été enregistrée en février 2018, alors que la faible valeur de 0,0011 mg/l est à l'état de trace a été relevée en janvier 2016, les résultats obtenus ont montré une énorme augmentation de la concentration des ortho-phosphates dans l'eau du lac au niveau des quatre stations pendant les deux mois janvier et février 2018 d'une moyenne

respectivement de 13,65 mg/l et 15,3 mg/l. La concentration a connu une diminution pendant le mois Mars, puis une faible augmentation durant le mois d'Avril, suivi d'une diminution pendant Mai et Juin.

Le phosphore dans les eaux naturelles provient principalement de l'utilisation des détergents ainsi que du drainage des terres agricoles fertilisées. En général, le phosphore n'est pas toxique pour l'homme, les animaux ou les poissons et c'est principalement pour ralentir la prolifération des algues dans les milieux aquatiques que la concentration en phosphore doit être limitée. (Sigg, 2014)

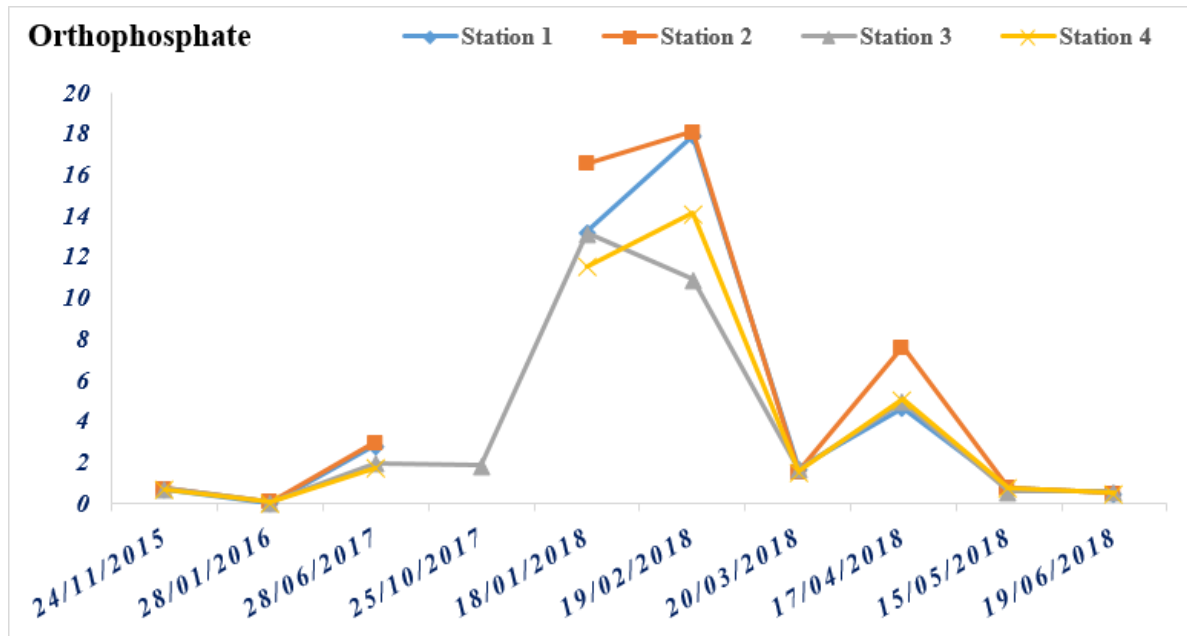


Figure 41 : Variation mensuelle des ortho-phosphates dans l'eau par station niveau de la zone humide Afenourir

h- Les Sulfates dans l'eau :

D'une manière générale, le suivi des sulfates au niveau de la zone humide Afenourir permet de relever une présence élevée au niveau de la station 3 pendant le mois d'Octobre 2017, sa valeur est de 174,21 mg/l. Alors qu'une faible valeur de 10,63 mg/l a été enregistrée dans la station 4 en Juin 2017. La variation mensuelle a aussi montré une augmentation de la concentration en sulfates dans l'eau pendant le mois de juin par une différence de 9,54 par rapport au mois 05/2017, par la suite la concentration connaît une diminution en juillet, d'où la zone humide reste moins chargée en sulfates, par une différence très remarquable de -58,16. La zone humide a connu une énorme augmentation de la concentration en sulfate pendant le mois Octobre de l'année 2017, suivi d'une diminution remarquable jusqu'au mois Juin 2018.

Les valeurs enregistrées ne dépassent pas la valeur limite de la norme 2028-03 qui exige une concentration inférieure à 200 mg/l. (**Annexe 2**)

Le sulfate est un des éléments majeurs des composés dissouts dans l'eau de pluie. Des concentrations importantes en sulfate dans l'eau peuvent avoir un effet important combiné avec le calcium et le magnésium, les deux composés majeurs de la dureté de l'eau.

Les faibles teneurs en sulfates pourraient être expliquées par une activité biologique intense (couvert végétal important, activité planctonique et microbienne considérable).

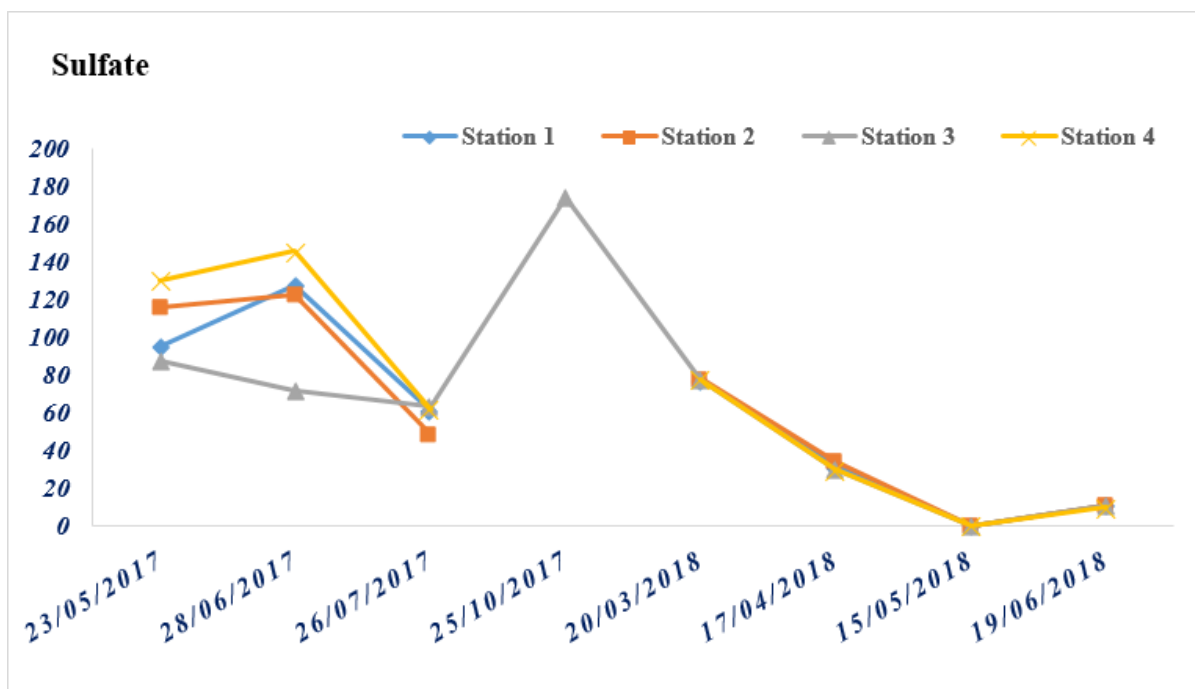


Figure 42 : Variation mensuelle des sulfates dans l'eau par station au niveau de la zone humide Afenourir

i- L'ammonium (NH_4^+)

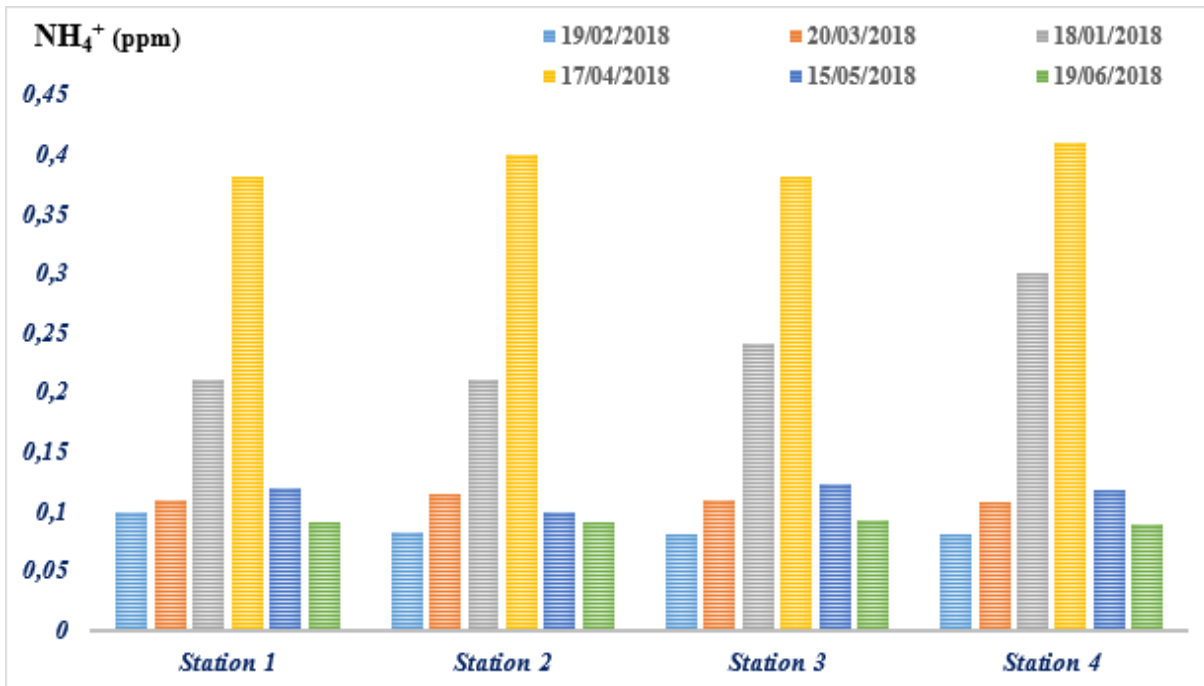


Figure 43 : Variation mensuelle d'Ammonium dans l'eau par station au niveau de la zone humide Afenourir pendant l'année 2018

L'azote ammoniacal constitue l'un des gaz solubles dans l'eau. Cependant, il existe en faible proportion dans les eaux naturelles, inférieure à 0,1 mg/l (SERGHINI, FEKHAOU, EL ABIDI, EL BLIDI, & AKKAME, 2010), et devrait être inférieur à 0.5mg/l pour les eaux piscicoles 2028-03 (Annexe 2). Il constitue un bon indicateur de la pollution organique des eaux superficielles et il provient essentiellement de la biodégradation de la matière organique azotée. La figure 43 représente la variation de l'ion ammonium de l'eau du lac Afenourir échantillonnées au cours des 6 campagnes. L'analyse révèle une qualité acceptable selon les normes marocaines puisqu'elle varie entre 0.08 et 0.41 mg/l. La faible concentration que nous avons enregistrée au cours des 6 campagnes est de 0.08 mg/l pendant le mois de février 2018, par conséquent la valeur la plus élevée est de 0.41 mg/l enregistrée en mois d'Avril 2018. Mais la tendance d'histogramme laisse prédire que la qualité de l'eau du lac Afenourir peut se détériorer au cours du temps à cause de la baisse du niveau d'eau et de l'éventuelle dégradation de la matière organique provenant de la prolifération accentuée des algues, aussi bien l'activité anthropique.

Caractéristique de l'eau du lac Afenourir :

j- Titre Alcalimétrique, Titre Alcalimétrique Complet (TA, TAC) :

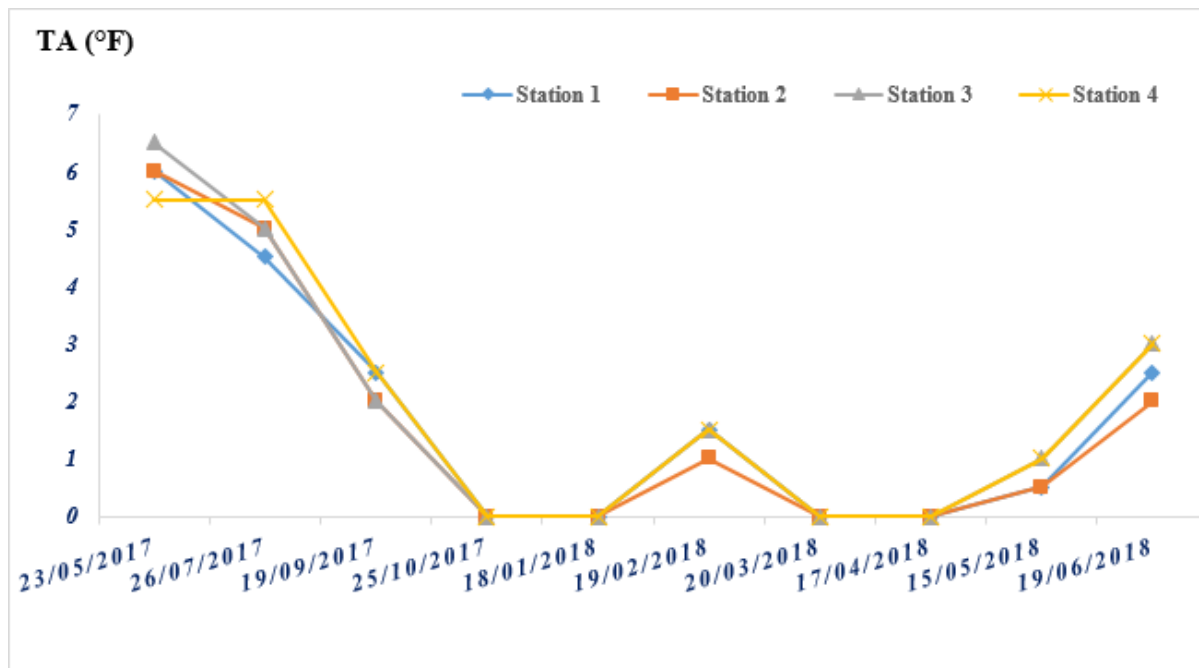


Figure 44 : Variation mensuelle du Titre Alcalimétrique dans l'eau par station au niveau de la zone humide Afenourir

Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur en alcalis libres (OH^-) et en carbonates (CO_3^{2-}). La (figure 44) représente la variation du Titre Alcalimétrique (TA) de l'eau du lac Afenourir durant 10 campagnes. Le TA est nul pour 4 campagnes, respectivement, 10/2017, 01 ; 03 et 04/2018. Ceci peut signifier une variation réversible en fonction du pH (une étude qui démontre que lorsque le $\text{pH} \leq 8.7$ le $\text{TA}=0$). Les différentes valeurs obtenues pour le TAC lors des différentes campagnes (Figure 45) indiquent une présence en quantité importante de la somme des bicarbonates et des

carbonates dans l'eau du lac. La valeur la plus basse enregistrée est de 3°F en mois de Juin 2018, par contre la valeur élevée est de 15.5 °F pendant le d'Octobre 2017. (Tableau 8)

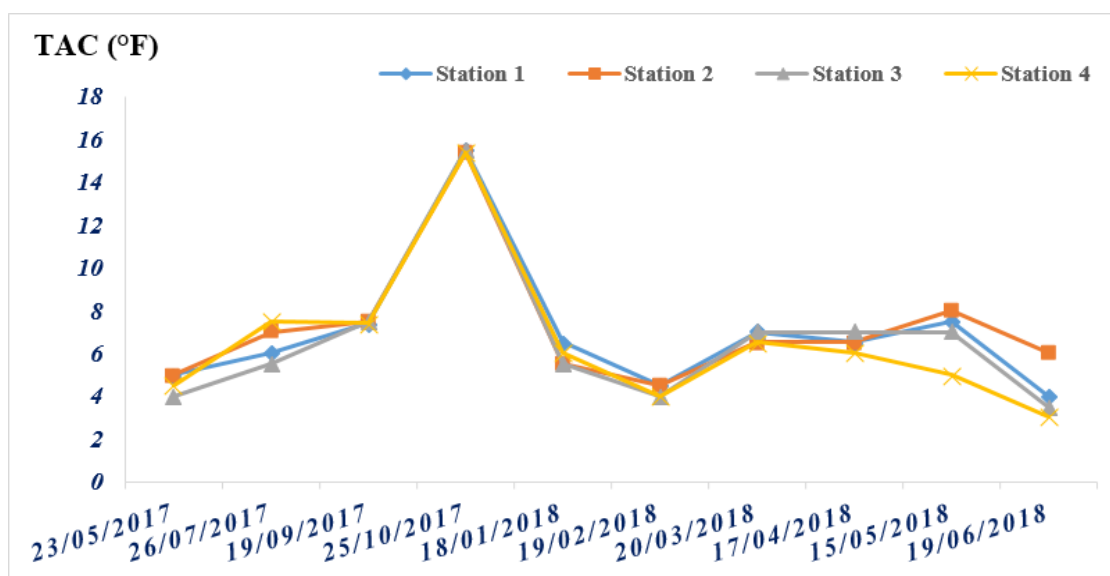


Figure 45 : Variation mensuelle du Titre Alcalimétrique Complet dans l'eau par station niveau de la zone humide Afenourir

Tableau 8 : la concentration des ions hydroxyde, carbonate et bicarbonate dans l'eau du lac

Date	Station d'Ech.	[OH ⁻] en (mg/l)	[CO ₃ ²⁻] en (mg/l)	[HCO ₃ ⁻] en (mg/l)
05/2017	Station 1	23.8	12	0
	Station 2	23.8	12	0
	Station 3	30.6	30	0
	Station 4	22.1	12	0
07/2017	Station 1	10.2	18	0
	Station 2	10.2	24	0
	Station 3	15.3	6	0
	Station 4	11.9	24	0
09/2017	Station 1	0	30	29.3
	Station 2	0	24	42.7
	Station 3	0	24	42.7
	Station 4	0	30	29.3
10/2017	Station 1	0	0	189.1
	Station 2	0	0	187.8
	Station 3	0	0	189.1
	Station 4	0	0	187.8
01/2018	Station 1	0	0	79.3
	Station 2	0	0	67.1
	Station 3	0	0	67.1
	Station 4	0	0	73.2
02/2018	Station 1	0	18	18.3
	Station 2	0	12	30.5
	Station 3	0	18	12.2
	Station 4	0	18	12.2
03/2018	Station 1	0	0	85.4
	Station 2	0	0	79.3

04/2018	Station 3	0	0	85.4
	Station 4	0	0	79.3
	Station 1	0	0	79.3
	Station 2	0	0	79.3
	Station 3	0	0	85.4
	Station 4	0	0	73.2
05/2018	Station 1	0	6	79.3
	Station 2	0	6	85.4
	Station 3	0	12	61
	Station 4	0	12	36.6
06/2018	Station 1	3.4	18	0
	Station 2	0	24	24.4
	Station 3	8.5	6	0
	Station 4	10.2	0	0

k- Les chlorures dans l'eau de la zone humide Afenourir :

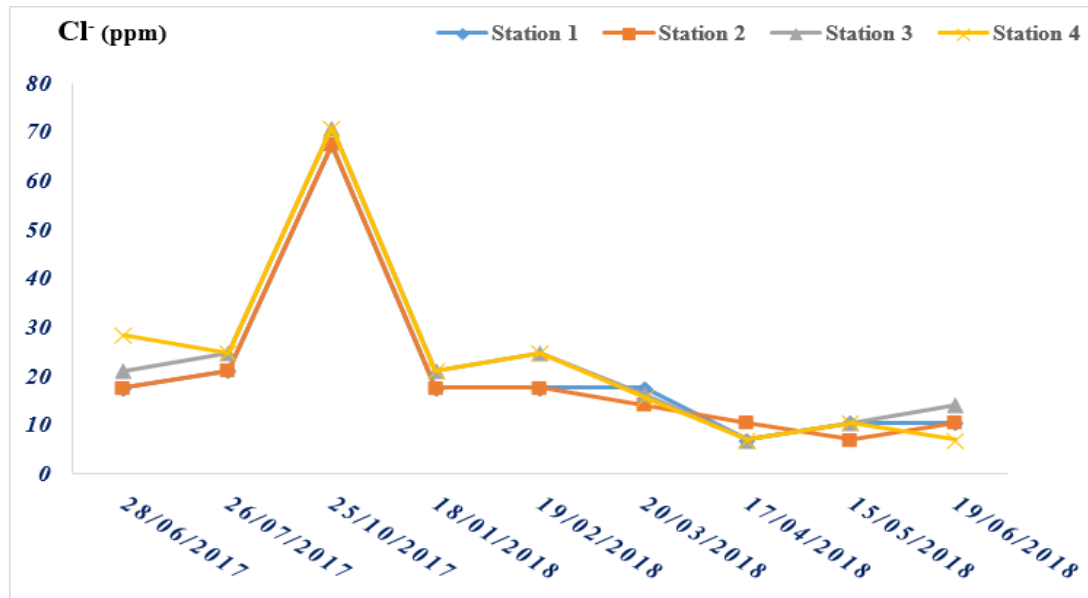


Figure 46 : Variation mensuelle des Chlorures dans l'eau par station au niveau de la zone humide Afenourir

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl) (Griba et al., 2017). Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (J. Griba, Rhafouri et al., 2018). Ils sont souvent perçus comme un indice de pollution. La présence des chlorures à des taux dépassent la norme marocaine, est probablement liée à la nature des terrains traversés par ces eaux et leur augmentation au cours du temps est probablement liée aux phénomènes d'évaporation et à l'installation de la saison sèche sachant surtout pour les eaux qui sont peu profondes et sont influencées par la température de l'air (Lahcen Chillasse & Dakki, 2004). Les différentes valeurs des ions chlorure dosés sont regroupées sur la (figure 46). Nos résultats montrent que le taux des chlorures varie entre 7.1 et 71 mg/l, de nos travaux il ressort que toutes les valeurs obtenues pour l'ion chlorure durant les campagnes d'étude, sont inférieures à la norme marocaine qui est de 200mg/l (**Annexe 2**). Les eaux du lac Afenourir présente une qualité excellente de point de vue des ions chlorure.

4-Analyse en composante principale (Analyse statistiques des résultats)

4-1-Application de l'ACP en utilisant les paramètres physico-chimiques de l'eau

L'analyse statistique des données physico-chimiques a été effectuée sur une matrice de données constituée de 12 variables et de 72 prélèvements répartis sur quatre stations à travers le lac AFENOURIR durant la période 2015-2018. Le logiciel statistique XLSTAT 2016 a été utilisé pour le traitement des données.

La matrice de corrélation donne une première idée des associations existantes entre les différentes variables telles que la température et le pH, l'oxygène dissous, la conductivité, et les Sulfates, le TAC, les Chlorures et la Conductivité électrique. Ces paramètres sont relativement bien corrélés entre eux (Tableau 9).

Les valeurs propres de la matrice de corrélation permettent de mesurer le pourcentage de la variance expliquée par chaque factoriel (Tableau 10). L'histogramme des valeurs propres montre que le premier plan factoriel, constitué des axes F1 et F2, représente 49,54% de l'inertie totale. (Figure 47)

Il se révèle suffisant d'information pour traduire l'essentiel de cette inertie. L'observation de la répartition des valeurs propres, permet de constater que le décrochement principal se fait juste après les deux premières valeurs ce qui signifie que les deux premiers axes sont suffisants pour représenter l'information dans sa globalité.

Tableau 9 : Matrice de corrélation entre les variables sur l'ensemble des stations étudiées

Variables	T°C	pH	Cond	O ₂	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	TA (°F)	TAC (°F)	Cl ⁻ (mg/l)
T°C	1	0,469	-0,228	-0,221	0,026	-0,319	-0,364	-0,194	0,058	0,344	-0,214	-0,089
pH	0,469	1	-0,358	0,086	0,307	0,094	0,260	-0,026	-0,259	0,585	-0,513	-0,442
Cond	-0,228	-0,358	1	-0,492	0,141	0,007	-0,024	0,018	0,660	-0,032	0,855	0,702
O ₂	-0,221	0,086	-0,492	1	-0,261	-0,002	0,141	-0,036	-0,437	-0,050	-0,493	-0,257
NO ₃ ⁻	0,026	0,307	0,141	-0,261	1	0,370	0,329	0,248	-0,048	-0,116	0,250	-0,098
NO ₂ ⁻	-0,319	0,094	0,007	-0,002	0,370	1	0,165	0,026	-0,479	-0,242	-0,005	-0,224
PO ₄ ²⁻	-0,364	0,260	-0,024	0,141	0,329	0,165	1	0,083	-0,144	-0,128	-0,194	-0,079
NH ₄ ⁺	-0,194	-0,026	0,018	-0,036	0,248	0,026	0,083	1	-0,002	-0,068	-0,002	0,009
SO ₄ ²⁻	0,058	-0,259	0,660	-0,437	-0,048	-0,479	-0,144	-0,002	1	0,222	0,605	0,614
TA (°F)	0,344	0,585	-0,032	-0,050	-0,116	-0,242	-0,128	-0,068	0,222	1	-0,282	-0,210
TAC (°F)	-0,214	-0,513	0,855	-0,493	0,250	-0,005	-0,194	-0,002	0,605	-0,282	1	0,623
Cl ⁻ (mg/l)	-0,089	-0,442	0,702	-0,257	-0,098	-0,224	-0,079	0,009	0,614	-0,210	0,623	1

Tableau 10 : Variance totale expliquée

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Valeur propre	3,710	2,235	1,786	1,127	0,971	0,740	0,519	0,434	0,188	0,145	0,105	0,041
Variabilité (%)	30,914	18,622	14,880	9,395	8,090	6,167	4,323	3,618	1,565	1,209	0,875	0,341
% cumulé	30,914	49,536	64,417	73,812	81,902	88,069	92,392	96,010	97,575	98,784	99,659	100,000

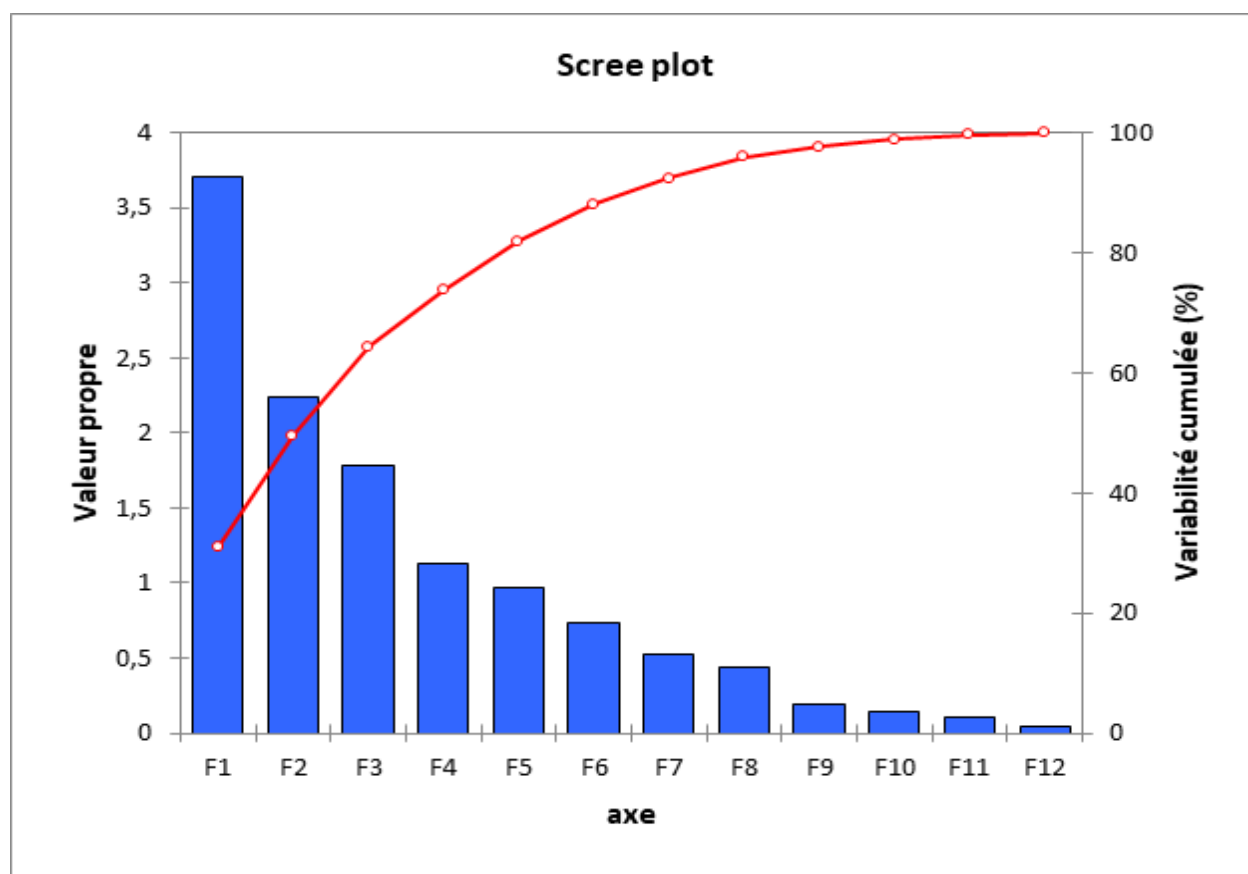


Figure 47 : histogrammes des valeurs propres des paramètres physico-chimiques d'eau du lac

Les plans factoriels F1x F2 de l'analyse en composantes principales (ACP) apportent 49.54% de l'ensemble d'informations.

Une attention particulière aux variables ayant une forte corrélation à l'axe factoriel, permettrait la compréhension de la variabilité expliquée par la typologie dégagée par cette analyse. Tableau 11

Tableau 11 : Valeurs de corrélation entre les variables

	F1	F2
T°C	-0,204	0,743
pH	-0,619	0,323
Cond	0,888	-0,042
O2	-0,540	-0,200
NO3-	0,032	-0,357
NO2-	-0,186	-0,653
PO42-	-0,193	-0,478
NH4+	0,036	-0,274
SO42-	0,769	0,425
TA (°F)	-0,232	0,693
TAC (°F)	0,911	-0,131
Cl- (mg/l)	0,810	0,051

La typologie issue de l'analyse factorielle, met en évidence des regroupements, des oppositions et des tendances directionnelles. L'axe I exprime 30,91 % de la variance et oppose les chlorures, le système tampon et les sulfates (degré de minéralisation) et opposé à l'oxygène dissous et le pH. Il traduit un gradient de minéralisation croissant gauche-droite.

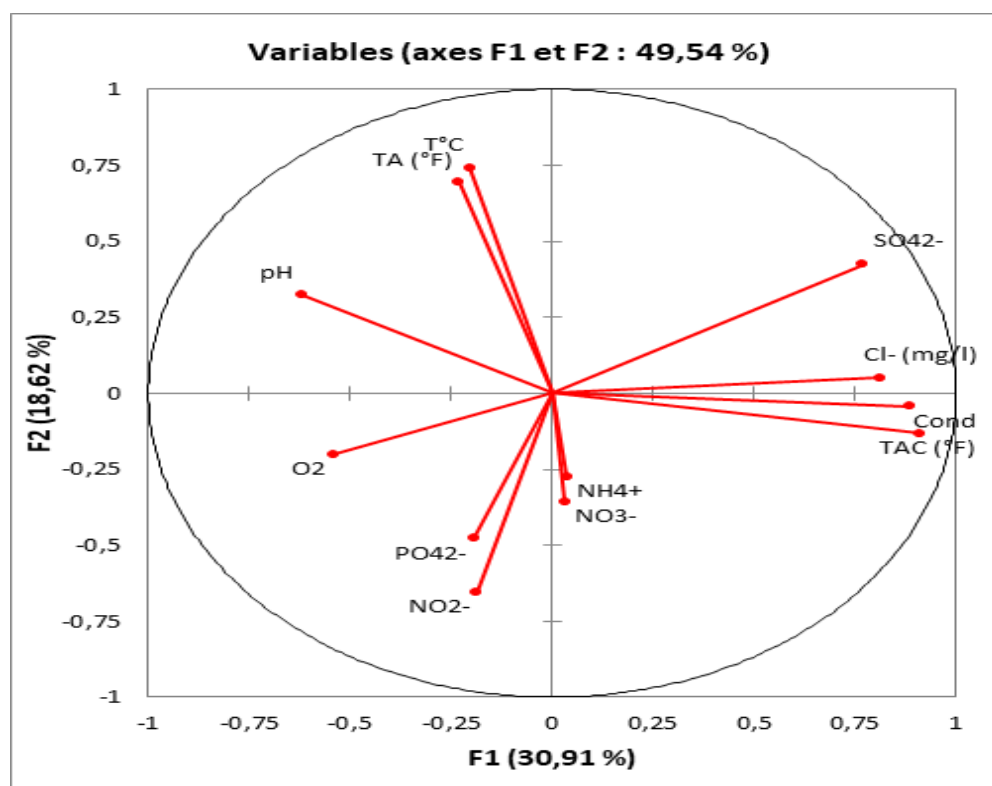


Figure 48 : Projection des variables sur le premier plan factoriel

L'axe 2, est fortement corrélé d'un côté avec la température et le TA. L'ensemble est opposé à un groupe de variables liés particulièrement à la charge nutritive représentée par les éléments azotés et phosphatés. Il définit un gradient de saisonnalité avec une saison chaude pauvre en éléments nutritifs contrairement à la saison froide où les teneurs de ces éléments sont importantes. Cette représentation est due à la forte pression de bétails sur le parcours à l'entour du lac (déchets animaliers), lavage au niveau du lac par la population et les visiteurs, forte précipitation et chute de neige provoquant par la suite lessivage des terrains à côté.

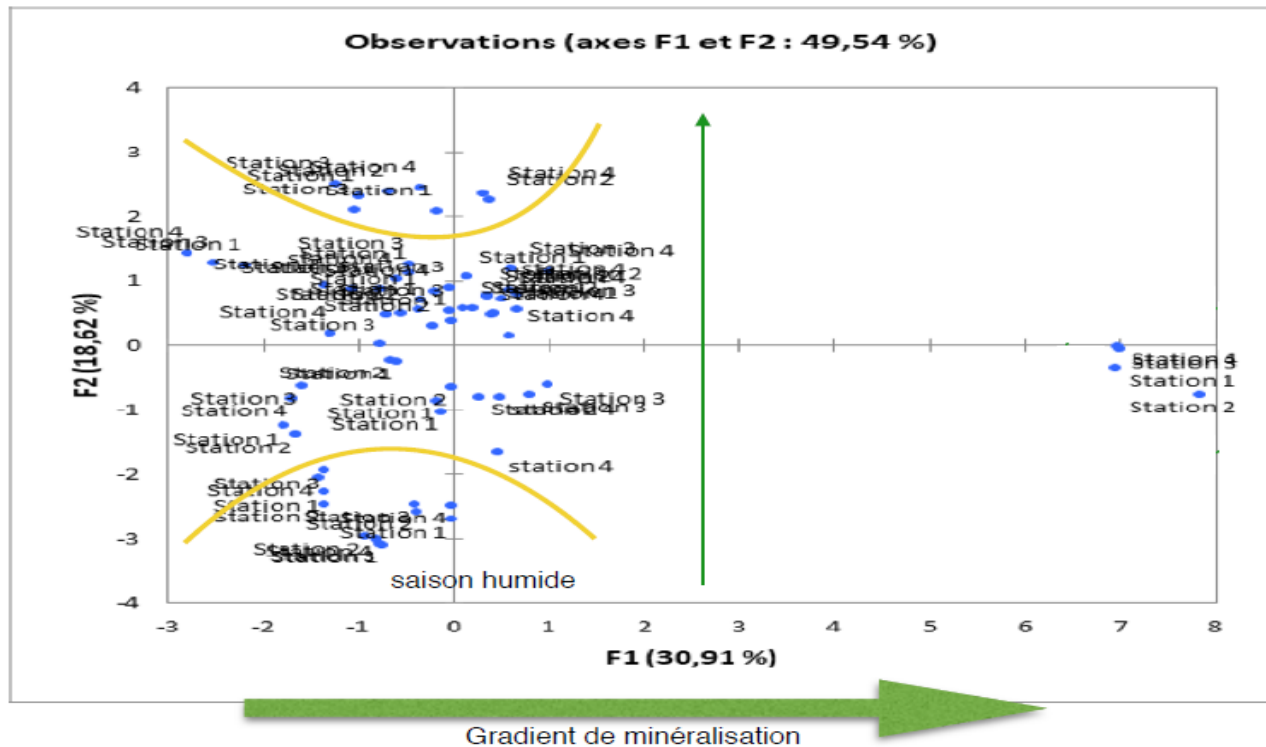


Figure 49 : Approche graphique de l'ACP des paramètres physico-chimiques dans l'eau selon le plan (F1xF2), Carte factorielle des bassins et des campagnes

La structure typologique dégagée par le plan F1XF2 (Figure 49) selon leur qualité hydro-chimique :

Nous a permet d'interpréter d'un sens, une forte minéralisation qui a été enregistrée pour les quatre stations de la zone humide pendant la période d'automne 2017. Ceci est dû à une mesure de conductivité trop élevée, qui peut être expliqué par la baisse du niveau d'eau du lac durant cette saison, et la forte activité polluante subite par la population locale et visiteurs. De l'autre sens de saisonnalité, on remarque une richesse en élément nutritifs qui a été enregistrée pendant la saison humide de l'année 2018. En peut dire que cela est grâce au surpâturage et déchets du bétail en plus de la chute des neiges et une pluviométrie énormes durant cette année provoquant par la suite un lessivage de terrain à côté. L'ACP a montré aussi une faible teneur en élément nutritifs au cours de la saison chaude enregistré pendant les mois 5 et 6 des années 2017, 2018.

Ceci est expliquée par une existence et prolifération d'un certains espèces de végétation qui ont été identifiée au niveau du site durant cette période, ces derniers espèces sont consommatrice des éléments nutritifs pour leur croissance.

4-2- Application de l'ACP en utilisant les éléments biologiques analysés dans l'eau :

Les deux axes (F1xF2) pris en considération pour décrire les corrélations entre les variables liées aux structures spatiales, détiennent à eux seuls 88,09 % de l'information totale avec respectivement 58,75 % pour l'axe 1 et 29,34 % pour l'axe 2.

Tableau 12 : Répartition de l'inertie entre les deux axes (F1xF2) des éléments biologiques dans les quatre stations du lac

	F1	F2	F3
Valeur propre	9,400	4,694	1,906
Variabilité (%)	58,748	29,338	11,914
% cumulé	58,748	88,086	100,000

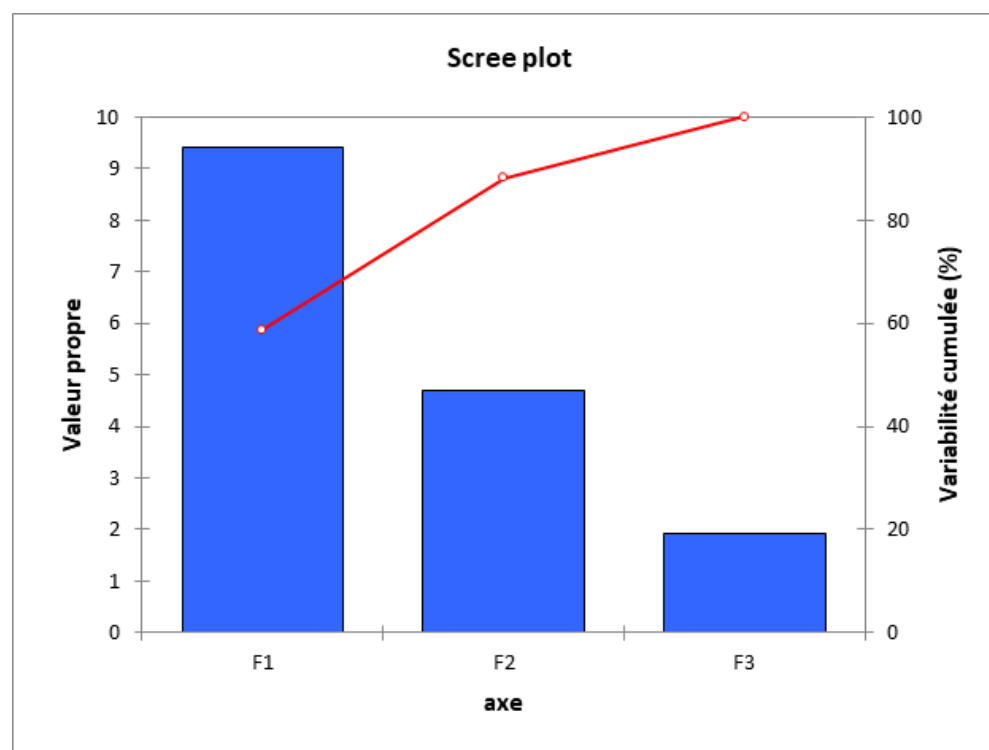


Figure 50 : Histogramme des valeurs propres des éléments biologiques d'eau du lac

Tableau 13 : valeurs de corrélations entre les variables et les axes principaux

	F1	F2	F3
Limnadiidae	0,884	0,333	-0,328
Chironomidae Larve	0,997	0,065	-0,043
Daphniidae	-0,859	-0,509	0,058
CERATOPOGONIDAE	-0,552	0,642	0,532
HYDROPHILIDAE	-0,621	0,764	0,174
ASELLIDAE	-0,552	0,642	0,532
COENAGRIONIDAE	0,284	0,949	-0,139
BAETIDAE	0,205	-0,943	0,264
LEPTOPHLEBIIDAE	-0,889	0,456	0,046
CYCLOPIDAE	-0,820	-0,527	-0,222
CORIXIDAE	0,983	-0,037	0,182
GLOSSIPHONIIDAE	0,577	0,755	-0,312
NAIDIDAE	0,998	0,029	0,060
PLANORBIDAE	0,521	-0,120	0,845
LYMNAEIDAE	0,867	-0,204	0,455
PHYSIDAE	0,995	0,095	0,030

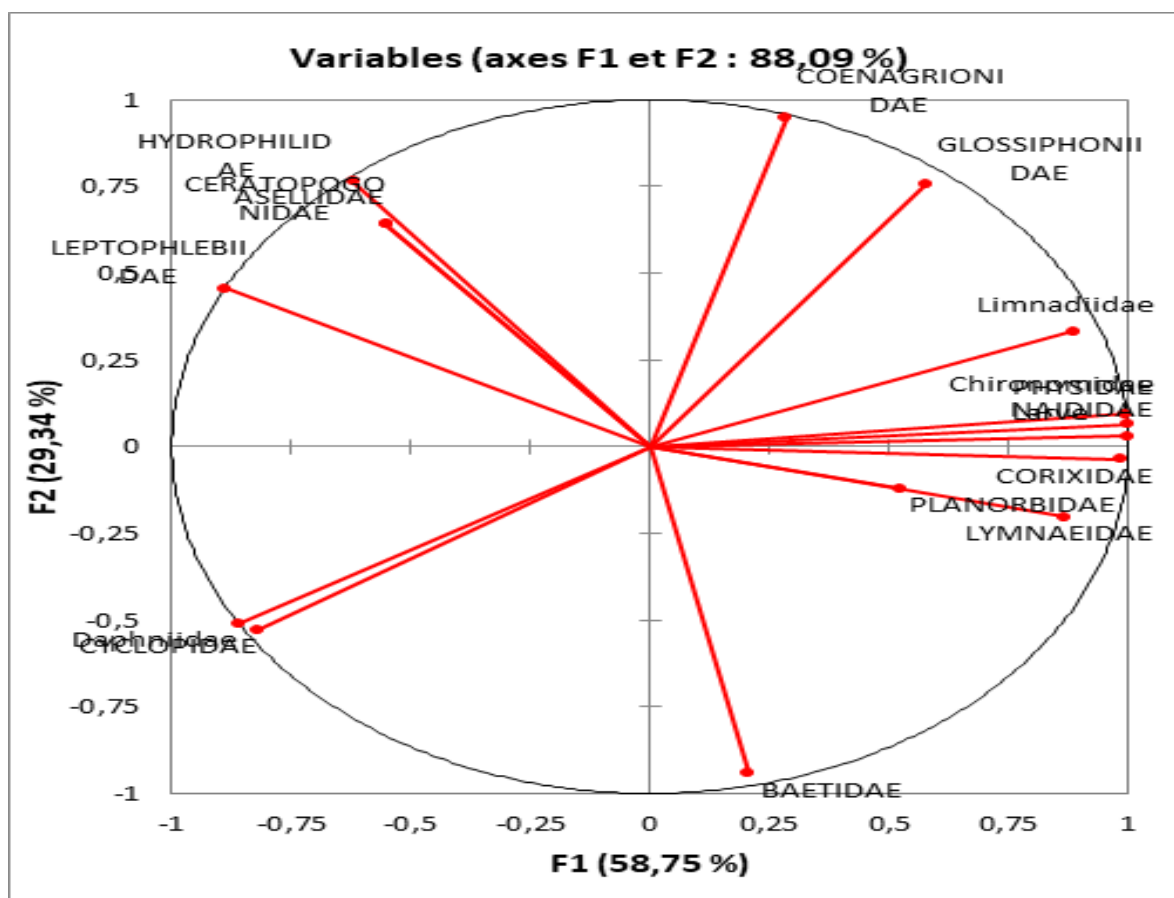
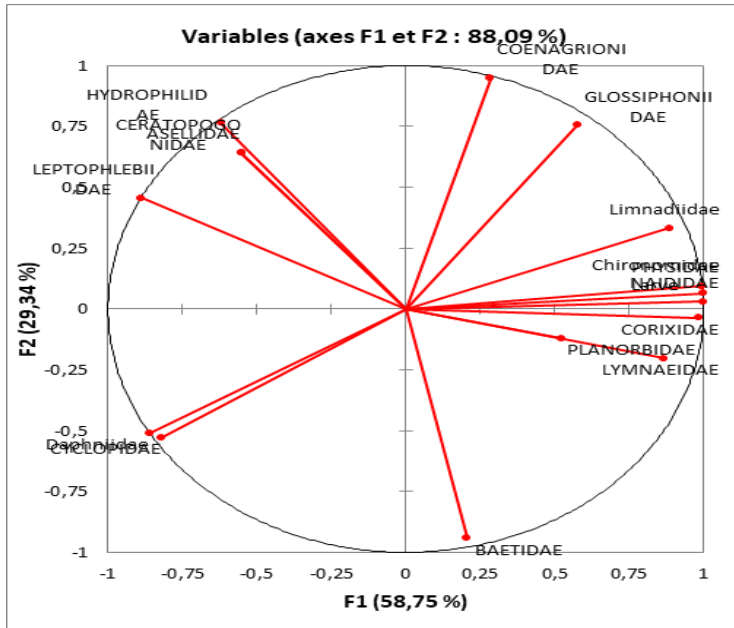
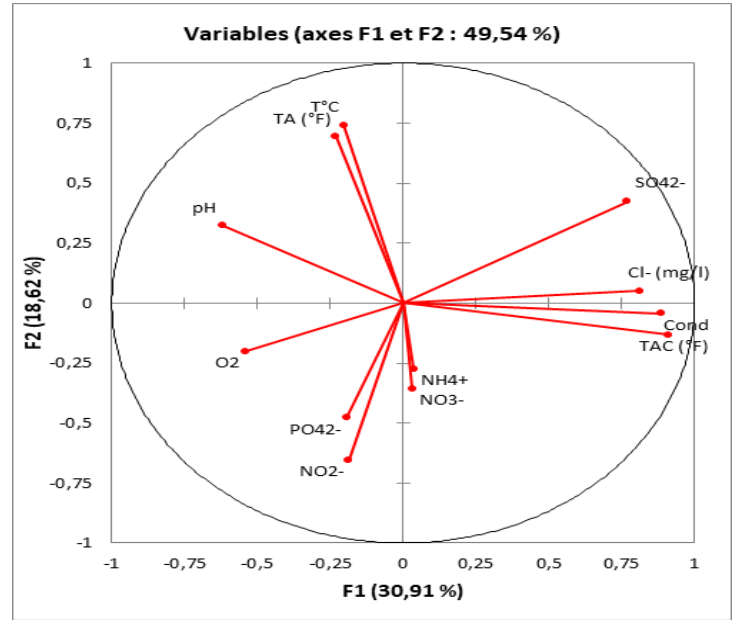


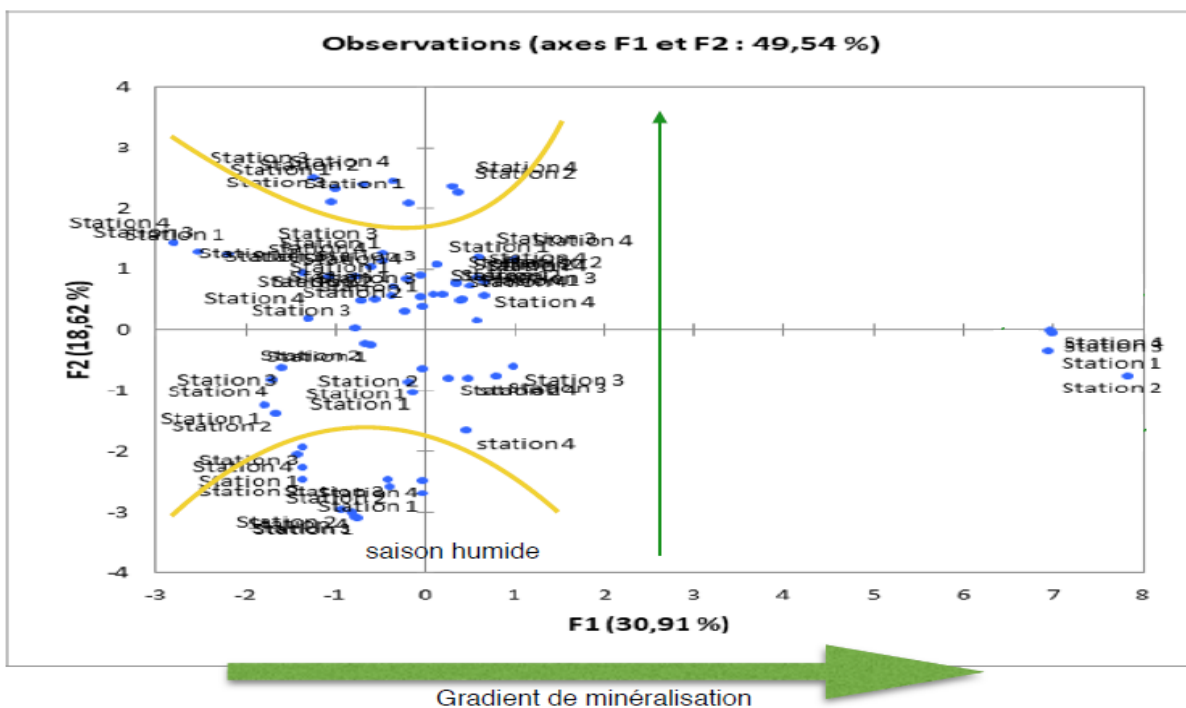
Figure 51 : Répartition de l'inertie entre les axes



Projection des variables MIB (bio-indicateurs)



Projection des variables physico-chimique



Observations des paramètres physico-chimiques en deux sens (minéralisation, saisonnalité)

D'après notre ACP, la typologie bio-indicatrice obtenus en liaison avec les paramètres hydro-chimique, nous montre un certain type de familles des macro-invertébrés benthiques qui tolère vivre en eau trop minéraliser tels que : *Chironomidae*, *Naididae* et *Glossiphoniidae* et aussi les

Mollusques (*Planorbidae*, *Lymnaeidae* et *Physidae*). D'autres familles identifiées dans la zone durant la saison humide et qui tolère les eaux riches en éléments nutritifs en trouve : *Baetidae*, *Cyclopidae* et *Daphniidae*. On trouve par la suite des macro-invertébrés benthiques pendant la saison chaude et qui aime vivre dans les eaux pauvre en éléments nutritifs : *Leptophlebiae*, *Ceratopogonidae*, *Hydrophilidae* et *Asellidae* et par conséquent en peut conclure pour ces derniers qu'ils aiment vivre dans les milieux là ou existe une prolifération de végétation aquatique, comme notre exemple de zone humide (Aguelmam Afenourir).

4-3-Variabilité interannuelle des stations :

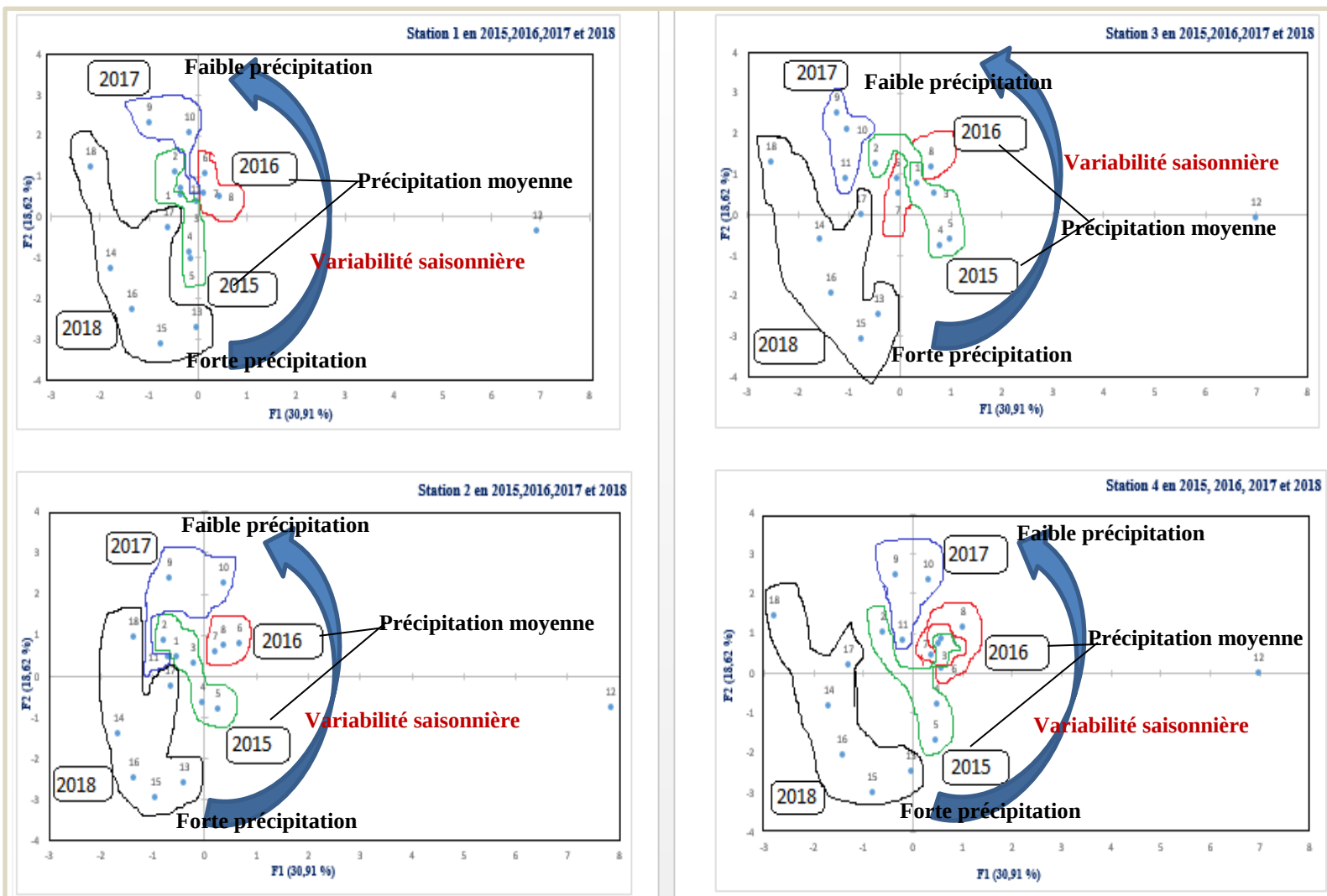


Figure 52 : typologie de chaque station en fonction des années d'étude

La réalisation d'une typologie ACP de chaque station pour les quatre années d'études respectivement, 2015, 2016, 2017 et 2018. (Figure 52)

Station 1 : On remarque une certaine variabilité pour l'année 2018, mais pas d'organisation en fonction des années. L'influence de précipitation et chute de neige pendant la période froide de

l'année 2018 est expliquée par les résultats obtenus au niveau de la typologie ACP de la station 1, qui montre une forte concentration en phosphate et éléments azotés (les points 13, 14, et 15). (Figure 52,53). D'un autre côté une saison chaude qui est marqué effectivement par un pH élevé et une faible teneur en matière organique représenté par le point 18.

L'année 2017 représenté par les points 9, 10, 11 et 12 : le positionnement des trois points 9, 10, et 11 signifie une température élevé et une faible teneur en matière nutritifs. Cette année est marqué par un cas particulier et exceptionnelle c'est le point 12, ceci est expliqué par une faible lame d'eau du lac ce qui fait une augmentation de la concentration des sels minéraux et par conséquent une conductivité élevé.

2016 représenté par les points 6, 7 et 8 : les points de cette typologie ACP nous a montré une teneur assez importante en sulfate.

2015 représenté par les points 1, 2, 3, 4 et 5 : on remarque d'après le graphe pour cette année une concentration en éléments nutritifs moyennement importante.

Station 2 : concernant la typologie de cette station est presque similaire que la station 1 pour les quatre années d'études.

Station 3 : pour cette station nous avons constaté un seul changement pendant l'année 2015, c'est celui d'une tendance à une surcharge en sulfate, qui peut être expliqué par l'utilisation irrationnelle des détergents en lavage par les femmes de la zone.

Station 4 : on remarque que l'année 2017 est faiblement enrichie en matière organiques ceci est due au manque de précipitation pendant la période froide de cette année ce qui engendre une sécheresse globale de la zone humide en saison chaude. (Figure 52, 53)

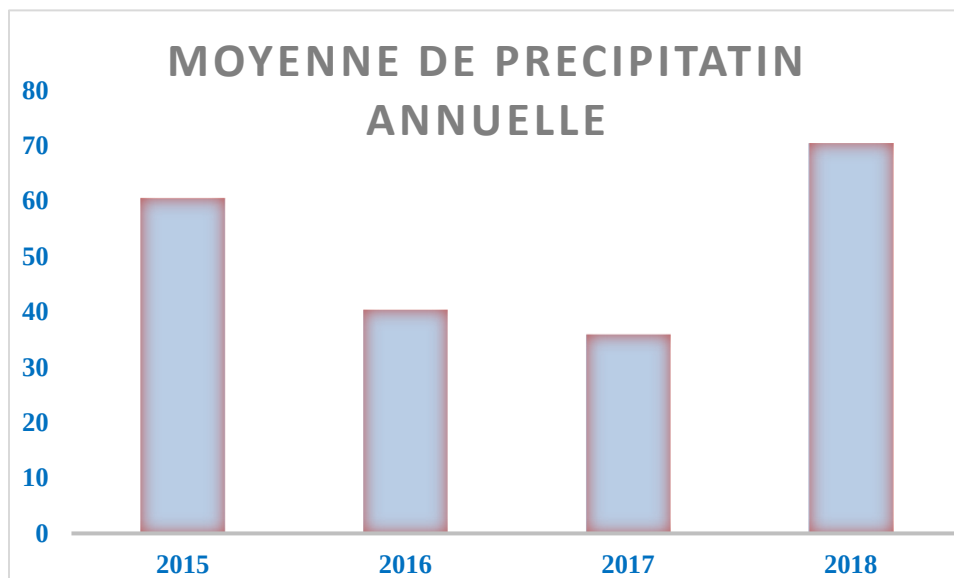


Figure 53 : histogramme de pluviométrie de la zone humide

D'après l'histogramme de pluviométrie et les résultats de typologie ACP obtenus, on a démontré l'impact du changement climatique sur la stabilité et le fonctionnement de la zone humide. Aussi bien l'impact de plusieurs activités anthropiques.

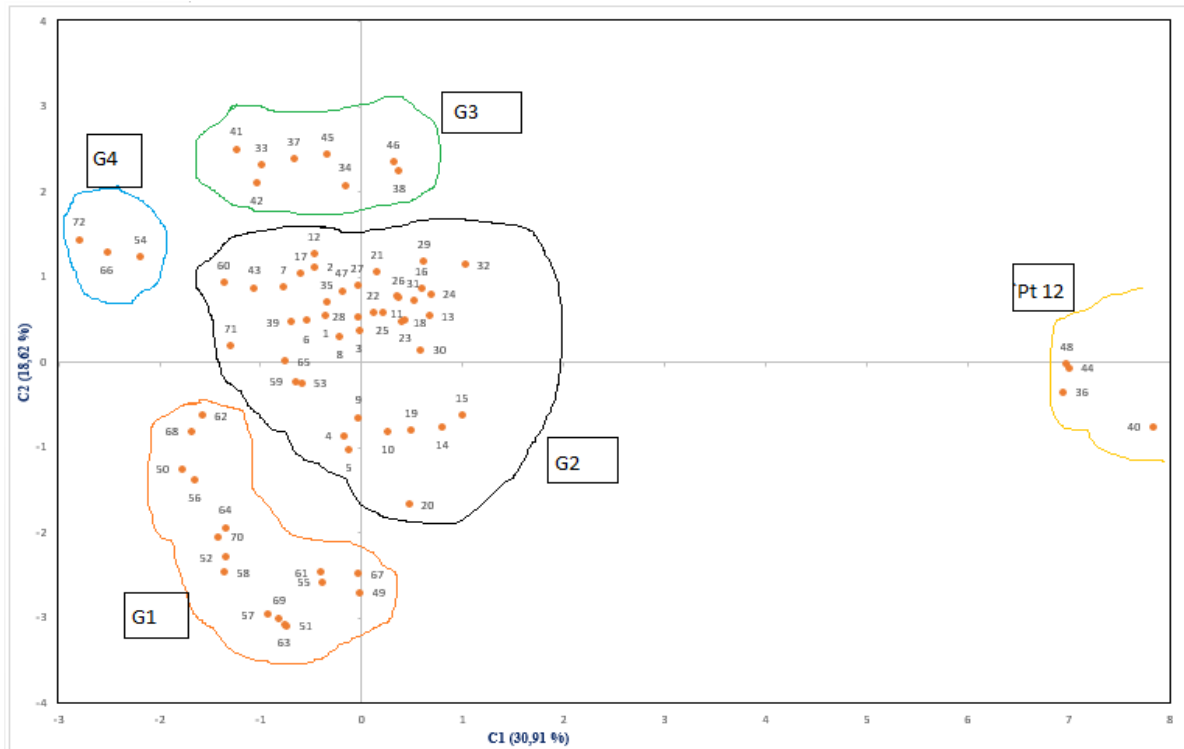


Figure 54 : Groupement de la typologie globale

La typologie ACP globale rassemble quatre groupements comme suit :

Groupement I : représente la saison froide en particulier de l'année 2018. Cette dernière est caractérisée par des chutes de neige et de précipitation énorme, après une saison de sécheresse globale de la zone humide pendant l'année 2017. Ce qui signifie la forte concentration en éléments nutritifs, et par conséquent l'existence d'un certain nombre d'indicateur biologique qui tolèrent ce milieu de vie, tels que : **Baetiidae**, **Daphniidae** et **Cyclopidae**.

Groupement II : représente en particulier l'état du site durant les années 2015, 2016. Elles sont caractérisés par une diminution progressive du niveau d'eau à partir de l'été 2015 jusqu'à la saison d'été 2016 pendant laquelle on remarque presque une sécheresse de la zone. Significativement à des teneurs de minéralisation qui varient entre moyen et forte, d'où une surcharge en sulfate pendant une période de l'année 2015. Aussi bien ce milieu connaît une existence des macro-invertébrés benthiques tolérant la minéralisation des eaux respectivement ; **Chironomidae**, **Naididae**, **Glossiphonidae** et **Limnadiidae**...Etc.

Groupement III : représente en particulier la saison chaude de l'année 2017. Elle est caractérisée par un manque de précipitation ce qui reflète une diminution du niveau d'eau, et une augmentation de la température par la suite on constate une année faiblement enrichie en matière organique.

Groupement IV : représente en particulier la saison chaude de l'année 2018. Cette période est caractérisée par une prolifération d'un certain type de flore aquatique, qui ont été identifiées au niveau de la zone humide Afenourir, consommatrice des éléments azotés et nutritifs pour leur croissance. On cite **Chara Globularis** (Algue), **Myriophyllum Spicatum**...Etc. Ce qui signifie d'une part le pH élevé et la faible concentration en matière organique. Et d'autre part l'existence des espèces biologiques tolérant la végétation comme habitats, on trouve des **Leptophlebiidae**, **Hydrophilidae** et **Asellidae**...Etc.

5-Identification Avifaunistique et piscicole dans le site :

5-1-Les espèces avifaune existante au niveau du lac Afenourir :

i- Evaluation patrimoniale des espèces avifaunes :

La principale valeur écologique de ce lac de montagne particulier (faible profondeur et grande étendue) est la présence régulière d'une grande population nicheuse et hivernante de Tadorne casarca (photo 1), la foulque caronculée (photo 2) et le grèbe à cou noir (photo 4).

			
Tadornes casarca (<i>Tadorna ferruginea</i>)	Foulques caronculées (<i>Fulica cristata</i>)	Foulque Macroule (<i>Fulica atra</i>)	Grèbe à cou noir (<i>Podiceps nigricollis</i>)
			
Grèbe Huppe	Héron Goliath	Héron Cendré	Fuligule Milouin
			
Canard Colvert	Canard Souchet	Echasse Blanche	Grande Aigrette
			
Aigrette Juv	Corbeau	Cigogne blanche (<i>Ciconia ciconia</i>)	

Figure 55 : les espèces avifaunes du site Afenourir identifier durant l'étude

Les **Anatidés** constituent le groupe le plus représenté en effectif comme en nombre d'espèces suivi des **Rallidés**, qui se situent en seconde place sur le plan quantitatif et les **Podicipédidés** viennent en troisième rang alors que les **Ardéidés** sont au quatrième rang.

C'est en hiver que le lac d'Afenourir connaît l'arrivée d'un grand flux de migrants, parmi lesquels se trouvent plusieurs espèces hivernantes. Cette richesse spécifique diminue progressivement au printemps. Cependant, en été le nombre d'espèces connaît une légère augmentation et ce en relation avec l'arrivée de nouveaux estivants sur le site.

j- Catégories phénologiques :

Les espèces fréquentant le lac Afenourir appartiennent à quatre groupes phénologiques en fonction de la similitude de leurs profils temporels.

1-nicheurs sédentaires : Ce groupe est composé du Tadorne casarca, de la Foulque caronculée et de la poule d'eau. Pour ces trois espèces, l'ensemble de leurs effectifs demeurent constants au Maroc durant toute l'année ; les déplacements simulent surtout l'aspect d'un nomadisme ou d'un erratisme post-nuptial. La reproduction de ces trois espèces est souvent signalée dans cette zone humide du Moyen Atlas.

2-nicheurs sédentaires, migrants et hivernants : Dans cette catégorie on retrouve, le Grèbe huppé, le Grèbe à cou noir, le Fuligule milouin, le Canard colvert, la Foulque macroule et l'Echasse blanche. Cette dernière est considérée comme le seul limicole qui se reproduit dans ce lac. Dans l'ensemble, ces espèces peuvent être observées tout au long de l'année. En hivernage, des contingents européens s'ajoutent aux populations locales.

3-migrants, hivernants et estivants : A cette catégorie appartient le plus grand nombre d'espèces ; elle se compose de migrants ; d'hivernants en majorité des Anatidés, des Ardéidés et des Limicoles, (Héron cendré, Grande Aigrette, Aigrette Juv). Les espèces de cette catégorie laissent parfois des estivants non nicheurs sur les lacs.

4-visiteurs rares : Cette catégorie comporte des espèces peu communes sur le lac et souvent représentées par des effectifs faibles, c'est le cas de certains hivernants rares.

k- Analyse des valeurs ornithologiques d'Afenourir

Parmi les espèces régulièrement observées au niveau du lac et qui lui confère une importance nationale et internationale pour la protection des oiseaux, sept espèces ont été répertoriées et analysées. Chaque espèce a été identifiée par un ensemble des paramètres qui la caractérisent à l'échelle régionale et nationale. Aussi bien à l'aide des jumelles et longue vue et un guide ornithologique. Bien évidemment le soutien des spécialistes dans le domaine.

❖ *Le Tadorne casarca (Tadorna ferruginea)*

Une espèce d'oiseau appartenant à la famille des anatidés. Est un gros canard Il mesure entre 61 et 67 cm pour un poids de 1,2 à 1,6 kg et qui porte un plumage entièrement fauve orangé à l'exception de la tête qui est beaucoup plus claire. La transition tête-corps s'effectue par un petit collier noir en ce qui concerne le mâle. Il est absent chez la femelle. Les ailes sont noires et blanc avec un petit miroir vert dans sa partie centrale. Bec, pattes (assez longues), rémiges et croupion sont noirs. L'importance du lac d'Afenourir pour l'hivernage et la sédentarisation de cette espèce est une réalité incontournable à l'échelle du paléarctique occidental.

La reproduction et la nidification de cette espèce se fait généralement dans la forêt des cédraies au voisinage du lac Afenourir.

❖ **Foulque caronculée (*Fulica cristata*)**

Elle appartenant à la famille des Rallidés. Taille : 42 cm Envergure : 75 à 85 cm. Poids : 455 à 910 g. La foulque caronculée est très semblable à la foulque macroule, mais le bout des rémiges secondaires est dépourvu de blanc (critère visible en vol). Son plumage sombre est plus uniforme. Les deux sexes sont semblables. De profil le dos est relativement plat et l'arrière légèrement surélevé.

Pour cette espèce sédentaire, le lac constitue la zone de prédilection pour son hivernage mais aussi pour sa reproduction. La simple présence dans une zone humide de cette espèce, menacée d'extinction, pourrait guider vers un classement du site comme zone d'importance nationale pour son hivernage.

❖ **Foulque macroule (*Fulica atra*)**

La Foulque macroule (*Fulica atra*) fait partie des Rallidés : foulques, râles et marouettes. Taille : 39 cm Envergure : 70 à 80 cm. Poids : 575 à 800 g Longévité : 18 ans. Plus grande que la poule d'eau, la foulque macroule est un oiseau de forme arrondie, au plumage entièrement noir, rehaussé par un bec et un écusson frontal blanc pur. Elle a un corps de canard avec un bec pointu, des yeux ronds et rouges, des rémiges secondaires bordées de blanc et des pattes verdâtres.

La Foulque macroule est une espèce sédentaire sur le lac. A chaque hiver, des contingents très importants d'hivernants viennent s'ajouter aux populations locales.

Le site ne possède pas une importance internationale pour cette espèce, toutefois il est considéré comme un site d'importance majeure pour l'hivernage et la reproduction à l'échelle nationale.

❖ **Grèbe à cou noir (*Podiceps nigricollis*)**

Une espèce d'oiseau de la famille des podicipédidés. Il mesure de 28 à 34 cm. Son aile a une longueur de 12,4-13,9 cm pour une envergure totale de 50 à 60 cm. Son bec fait généralement 2-2,6 cm ; il est plus long chez le mâle (généralement plus de 2,4 cm) que chez la femelle (généralement moins de 2,3 cm). Son poids varie de 213 à 402 g.

Grèbe de petite taille, nicheur. Vit sur les étangs riches en végétation aquatique. C'est une espèce hivernante au niveau du lac Afenourir.

❖ **Fuligule milouin (*Aythya ferina*)**

Le Fuligule milouin est une espèce de canard plongeur appartenant à la famille des anatidés. C'est un canard de 58 cm de long avec une envergure de 70 à 80 cm, pesant entre 700 et 1 100 g. C'est un oiseau de taille moyenne, légèrement plus petit que le colvert, avec une queue courte dont l'arrière est orienté vers le haut pendant la nage. Son cou long et son long bec à culmen concave qui se poursuit par un front pentu lui donne un profil assez typique, avec une calotte légèrement conique. En tous plumages, les ailes portent une barre grisâtre diffuse.

Le lac ne possède pas une importance internationale pour ce canard. Cependant, il reste d'une importance nationale pour son hivernage.

❖ **Canard colvert (*Anas platyrhynchos*)**

Anas platyrhynchos, est une espèce d'oiseaux de la famille des Anatidés. Sauvage, le Colvert mesure de 50 à 68 centimètres de long pour un poids moyen de 1,2 kilogramme pour le mâle et 1,1 kilogramme pour la femelle et une envergure de 78 centimètres à 1 mètre.

C'est l'espèce hivernante la plus commune dans le lac. L'hivernage de cette espèce est notable. Compte tenu de la population hivernante régionale et le peu d'hivernants enregistrés, le lac ne possède pas une importance internationale pour cette espèce. Cependant, le site reste d'importance nationale.

❖ *Canard souchet (Anas clypeata)*

Le canard souchet est appartenant à la famille des Anatidés. Le mâle souchet est reconnaissable entre tous grâce à son gros bec gris, très élargi à l'extrémité, à sa tête vert-bouteille et ses iris jaunes. Sa poitrine est blanche, ses flancs et son ventre marron, son dos noir. Les ailes sont bleu clair à la base avec une tache anguleuse vert et blanc. Dans la continuité du dos ; la queue est noir et blanc dessus, noire dessous. Les pattes sont rouge-orange. La femelle porte une livrée marron. Le souchet est légèrement plus petit que le canard colvert à qui il ressemble un peu par l'agencement de ses couleurs.

Les effectifs de ce canard présentent des variations importantes d'une année à l'autre et ce en rapport avec les conditions météorologiques en Europe qui poussent les populations du Nord vers les zones humides marocaines.

La zone humide d'Afenourir est considérée d'importance nationale pour l'hivernage de cette espèce.

5-2-Les espèces piscicoles existantes au niveau du lac :

✚ **Le Brochet (Esox Lucius) :**

Description :

D'après plusieurs auteurs, la classification d'Esox Lucius est la suivante :

Règne : Animal, Division : Téléostéens, Famille : Esocidés, Genre : Esox, Espèce : Esox lucius, il est difficile de le confondre avec un autre poisson, son corps élancé, fuselé et très allongé, son museau large et aplati en forme de canard muni d'une mâchoire orée d'une multitude de dents pointues et coupantes.

Le brochet peut atteindre 1,30 m pour un poids de 25 kg. La taille de capture courante est de 50 cm pour un poids d'un kg. Les femelles sont communément plus grandes que les mâles. Le brochet est verdâtre avec des marbrures jaunâtres. Les flancs sont parcourus de lignes jaunâtres obliques et irrégulières. Le ventre est blanc jaunâtre. Les nageoires jaune rouge avec des tâches noires.



Brochet à Afenourir

Biologie et écologie :

Le brochet est un prédateur – clé piscivore commun des eaux peu profondes des systèmes d'eau douce parfois cannibale. Comme il peut également consommer des jeunes oiseaux en surface, des amphibiens et des crustacées, il chasse ses proies à l'affût, c'est un consommateur d'ordre supérieur, située au sommet de la chaîne trophique, il est le principal agent de sélection naturelle qui permet aux souches spécifiques de demeurer saines et vigoureuses, puisqu'il ne parvient à attaquer la plus part du temps que les sujets les moins aptes, les poissons malades ou blessés. Sa croissance est rapide 30 cm à la fin de sa première année, 50 cm à la fin de sa seconde, puis 10 cm par an jusqu'à 100 cm.

La reproduction naturelle :

La reproduction est influencée par les conditions climatiques, hydrologiques et environnementales. Elle se déroule de février à mi-mars dans des eaux d'une température de 5° à 12°C, la maturité sexuelle est souvent plus précoce chez les mâles que les femelles, on admet généralement que les mâles sont pubères à 2 ans et les femelles à 3 ans mais celle –ci peut être atteinte dès la première année pour les deux sexes. Le frai a lieu dans des herbiers peu profonds sur un support de végétaux herbacés (la ponte ovocytes de 15 000 à 45 000).

Les œufs adhérents à la végétation aquatique et le taux de survie à l'éclosion puis en phase alevin est très dépendant des facteurs environnementaux tels que : la température, l'oxygène, la turbidité.

Les zones de frai doivent satisfaire à trois fonctions essentielles :

- Offrir des supports adhésifs aux œufs puis pro-larves ;
- Présenter des abris pour la protection des post-larves contre les prédateurs ;
- Assurer des ressources alimentaires en quantité et qualité suffisantes.

Hypothèse et contrainte :

Certains chercheurs ornithologues supposent et prévoient que le brochet une espèce gênante pour les oiseaux d'eau, puisqu'il attaque leurs petits. Ce qui reflète une dégradation et diminution en espèces avifaunes.

D'après ceci nous avons effectuées une pêche (par autorisation) au niveau du lac Afenourir afin de confirmer l'hypothèse. La récolte de l'espèce et suivie par une dissection dans le laboratoire ichtyologique du CNHP.





La dissection de différente taille de brochet au terrain et au laboratoire

Résultats :

La dissection réalisée a montré qu'il y avait aucune trace des poules d'eau au niveau de l'appareil digestif du brochet, on a aperçu que du poisson, (voir photos ci-dessus), comme régime alimentaire du brochet (les espèces trouvées sont : petits gardons rouge et les petits de la même espèce). Et malgré ceci l'hypothèse est toujours ouvrable pour une autre recherche scientifique dans le but de s'assurer et confirmer cette hypothèse.

Le Gardon rouge ou rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*) :

Description :

Le gardon rouge ou rotengle est un gros mené appartenant à la famille des Cyprinidés, pesant un peu plus de 1 kg. Sa longueur totale varie de 15 à 25 cm et peut même atteindre 50 cm. Sa bouche est orientée vers le haut et sa lèvre inférieure saillante est avancée par rapport à sa lèvre supérieure. Les écailles de son dos sont or olive, les flancs sont jaune foncé et son ventre est blanc argenté. Les nageoires pectorales, pelviennes et anales du gardon rouge sont d'un rouge orangé, tandis que sa nageoire dorsale et sa queue fourchue sont d'un brun rougeâtre. Les mâles sont plus petits que les femelles et possèdent des tubercules sur la tête et sur le corps.



Gardon rouge à Afenourir

Biologie et écologie :

Le gardon rouge est un poisson benthique trouvé régulièrement en eau douce, mais il peut également vivre en eau saumâtre. Il fréquente des eaux calmes comprenant une proportion importante de végétation. Il peut s'adapter à un large éventail de conditions environnementales et vivre dans des eaux de faible qualité. Étant omnivore, il peut s'adapter à différents régimes alimentaires, selon les ressources disponibles dans son environnement. Les adultes se nourrissent principalement de végétation aquatique et d'insectes qu'ils chassent à la surface de l'eau, en plus de consommer du zooplancton. Les jeunes se nourrissent d'algues et de petits invertébrés.

Reproduction et croissance

La reproduction a lieu d'avril à août. Le gardon rouge atteint la maturité sexuelle vers l'âge de 2 à 3 ans, lorsqu'il a atteint une longueur de 90 à 150 mm. Les femelles peuvent pondre de 100 000 à 200 000 œufs par année, lorsque la température de l'eau atteint de 14 à 20 °C. Les œufs adhérents sont pondus sur la végétation submergée ou dans l'eau peu profonde, au bord du rivage. Les œufs prennent de 7 à 14 jours pour éclore, selon la température de l'eau. Le rotengle peut vivre une quinzaine d'années

6-Analyse des enquêtes socio-économiques de la zone humide :

6-1-Enquête sociale de la population locale :

Le présent travail a pour but de définir un programme d'information et de sensibilisation du public, pour le SIBE Afenourir, qui vise l'élaboration d'un plan d'aménagement et de gestion de cette réserve. Pour la réalisation de cette étude on s'est basée sur l'approche méthodologique utilisée pour la Réserve Merja Zerga et par WWF-Italie, qui prévoit les étapes suivantes :

➤ **l'analyse des données bibliographiques sur le lac**

Socio-démographique :

L'Aguelmam AFENOURIR appartient à la commune rurale *Ain-L'euh* qui se constitue d'une fédération dites *Ait Abdi* descendante de la confédération *Beni-Mguild* composée des tribus : *Ait Mouli*, *Ait Wahi*, *Ait Mhmed-Oulhcen* et *Ait Lyass*. L'ensemble de la population de l'Aguelmam appartient à la tribu *Ait-Mouli*, cette dernière se constitue de deux fractions : 80% d'*Ithdrane* et 20% des *Ait Azzouz*. Le relief de la zone est connue par trois Strates : La Plaine dite '*Azaghar*', '*Jbel* 'Montagne, Intermédiaire '*Le Dire*'.

Détermination des générations dans le site en pourcentage (**sondage de 120 per**) :

Tableau 14 : Détermination de génération en pourcentage au niveau du site Afenourir

Année	Nombre de Personne	Pourcentage
5-10	30	25 %
11-20	40	33 %
21-30	25	21 %
31-40	10	8 %
Plus 40	15	13 %

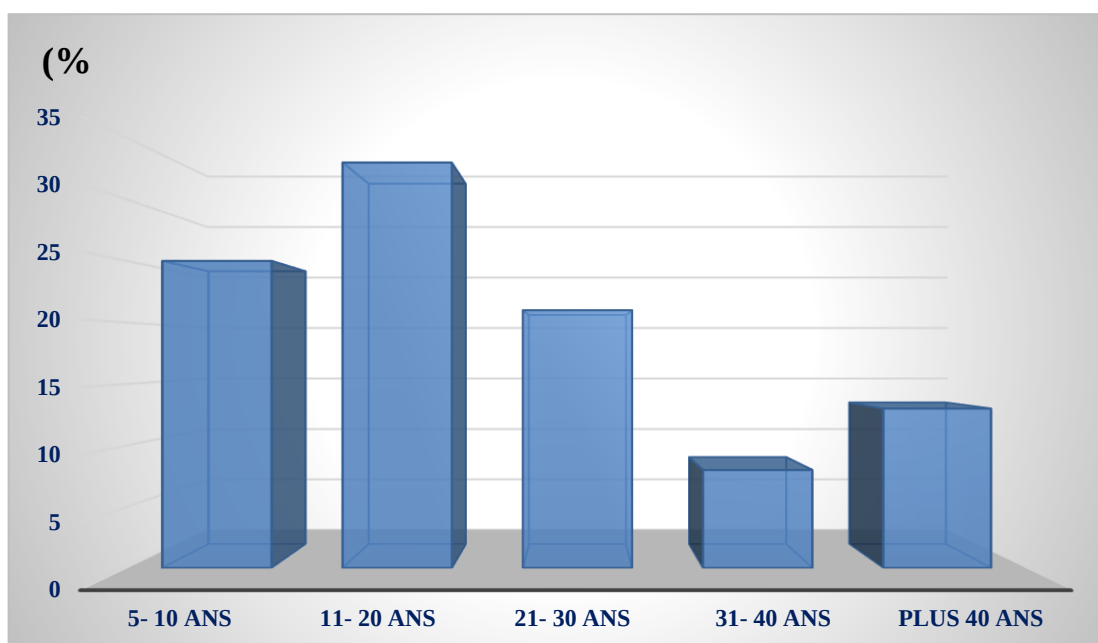


Figure 56 : Représentation de génération dans le site Afenourir en pourcentage

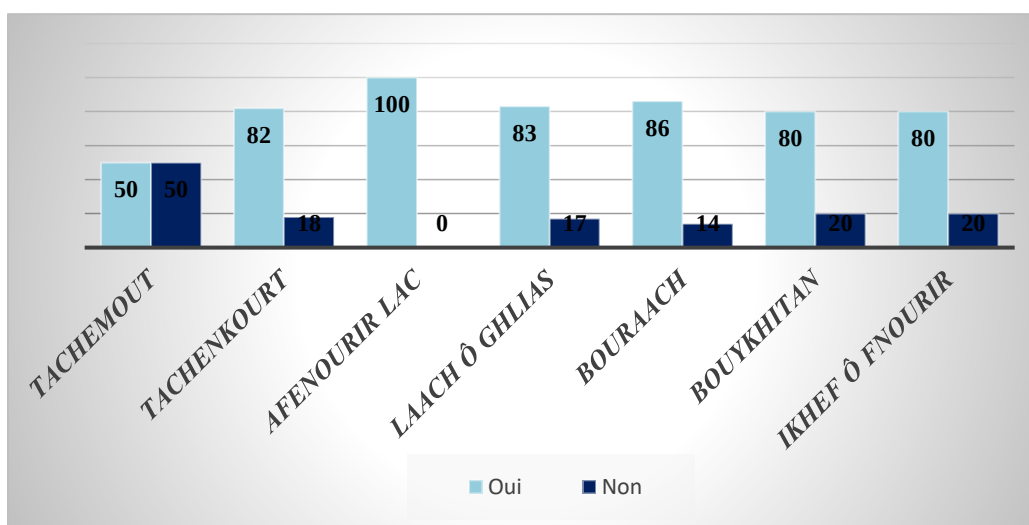


Figure 57 : Répartition des enquêtés par origine par douars

Activités Socio-économique :

L'activité économique de la zone est basée essentiellement sur le pâturage extensifs toute au tour du Lac Afenourir, par du cheptel de types (Ovins (*Rass Timehdet*), Caprins, Bovins). Historiquement les Autochtones pratiqués la transhumance du *Jbel* vers *Azaghar*, mais actuellement les éleveurs se standardise au niveau de la montagne. En plus du pâturage d'autres activités sont reconnues au niveau de la zone de l'Aguelmam tel que l'exploitation des terrains dans le domaine agricole et cela se fait au niveau de la plaine (*Azaghar*) et aussi au niveau de Dire, elle est basée essentiellement sur (les cultures maraichère, Céréale, Arboriculture). La classe d'exploitation dominante c'est la petites et la moyens exploitation de 0-5 ha et de 5-10 ha.

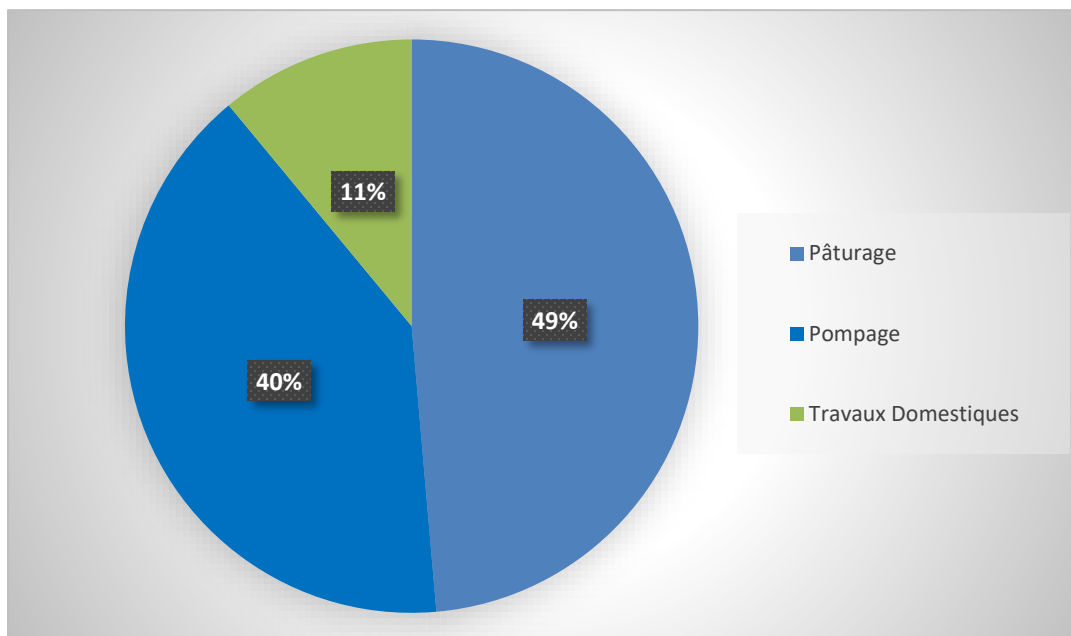


Figure 58 : utilisations du site Afenourir par la population locale en %

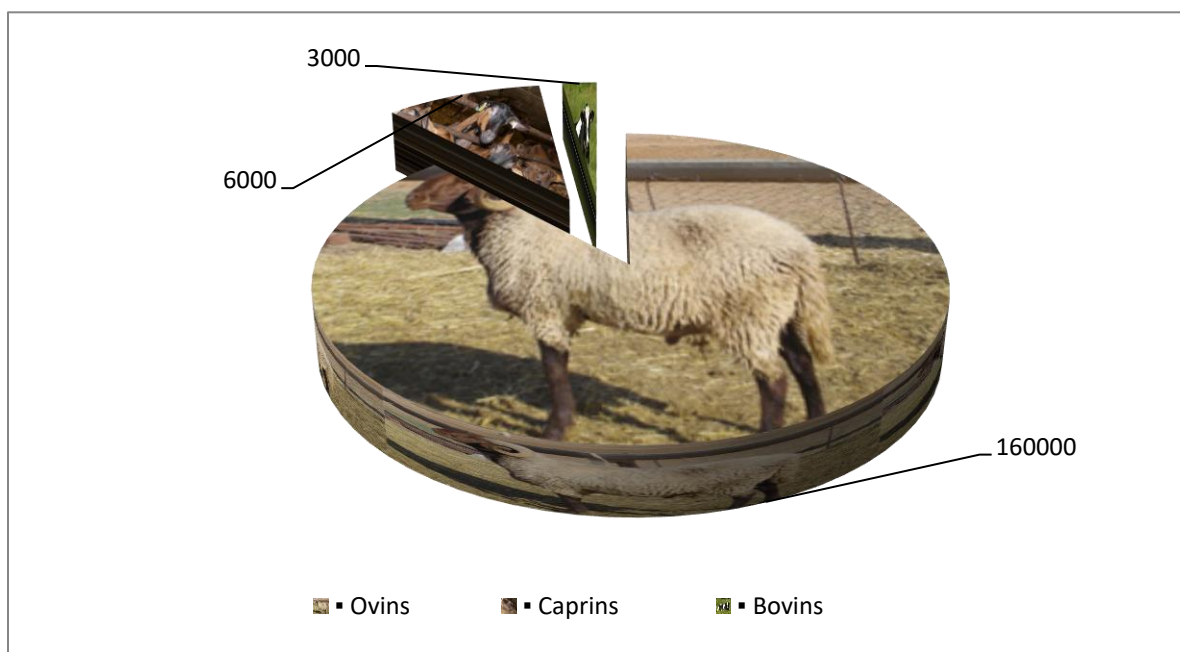


Figure 59 : Répartition du cheptel au niveau de la zone d'Afenourir

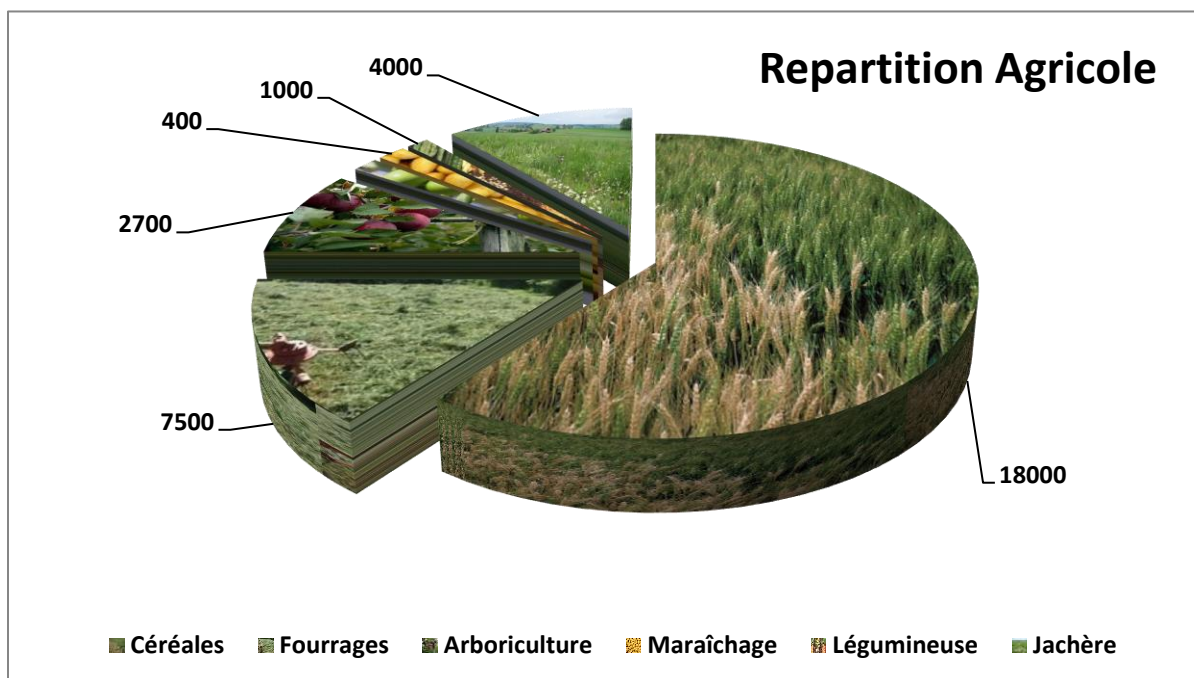


Figure 60 : Répartition agricole au niveau de la zone Afenourir

➤ L'analyse des informations recueillie sur le terrain.

Une enquête devrait être réalisée, sur la situation environnementale de la réserve. Des personnes ressources devraient être contactées pour avoir plus d'informations sur la situation actuelle de la SIBE Afenourir et d'évaluer la perception de la population locale à son égard.

L'entretien consiste à un questionnaire - guide préparé à l'avance, pour orienter l'entretien et permettre à l'interviewé d'exprimer son opinion sur la situation environnementale de la réserve et les actions à entreprendre en vue de son amélioration.

- Répartition et localisation des douars enquêtés :

Tableau 15 : Les différents douars enquêtés au niveau de la zone humide Afenourir

Douars	Femme	Homme	Nbr de ménage	Taille de ménage	Localisation
Tachemout	3	9	10	3 per/Nwala (N)	X : 516753,6 Y : 300319,4
Tachenkourt	4	7	15	4 per/N	X ₁ : 515155,2 Y ₁ : 299687,8 X ₂ : 514676 Y ₂ : 299174
Afenourir lac	1	1	1	3 per/ N	X : Y :

<i>Lâach ô ghlias</i>	0	6	9	4 per/N	X : 511717 Y : 297838
<i>Bourâach</i>	0	7	20	3 per/N	X ₁ : 514991,7 Y ₁ : 297026,6 X ₂ : 514517,6 Y ₂ : 296278,5 X ₃ : 514125,7 Y ₃ : 294562,9 X ₄ : 515913 Y ₄ : 297352
<i>Boykhitan</i>	0	10	20	5 per/N	X : 516195,3 Y : 298101,2
<i>Ikhef ô fenourir</i>	1	4	9	4 per/N	X : 510008 Y : 294981

Espace territorial des lieux enquêtés au niveau de la zone humide Afenourir est représenté dans la carte (**voir Annexe 3**)

Détermination des changements globaux

- 1- Changement d'organisation
- 2- Dégradation de la Forêt
- 3- Transhumance et sédentarisation
- 4- Croissance démographique
- 5- Croissance du nombre de cheptel
- 6- Les Non ayant droits
- 7- Changement de niveau d'eau
- 8- Dégradation de la végétation aquatique et terrestre
- 9- Disparition de certain type d'avifaune et mammifère
- 10- Détérioration de la vie piscicole

Détermination des activités de la population locale au niveau de la zone humide

- 1- Parcours et pâturage
- 2- Collecte des plantes aromatiques médicinales (PAM)
- 3- Utilisation du bois (exploitation de la forêt)
- 4- Service touristique
- 5- Construction traditionnel
- 6- Creuser les puits

Commerçant

- 1- Collecte de lichen, pyrèthre d'Afrique
- 2- Petite élevage (volaille,...)
- 3- Tapisserie traditionnel

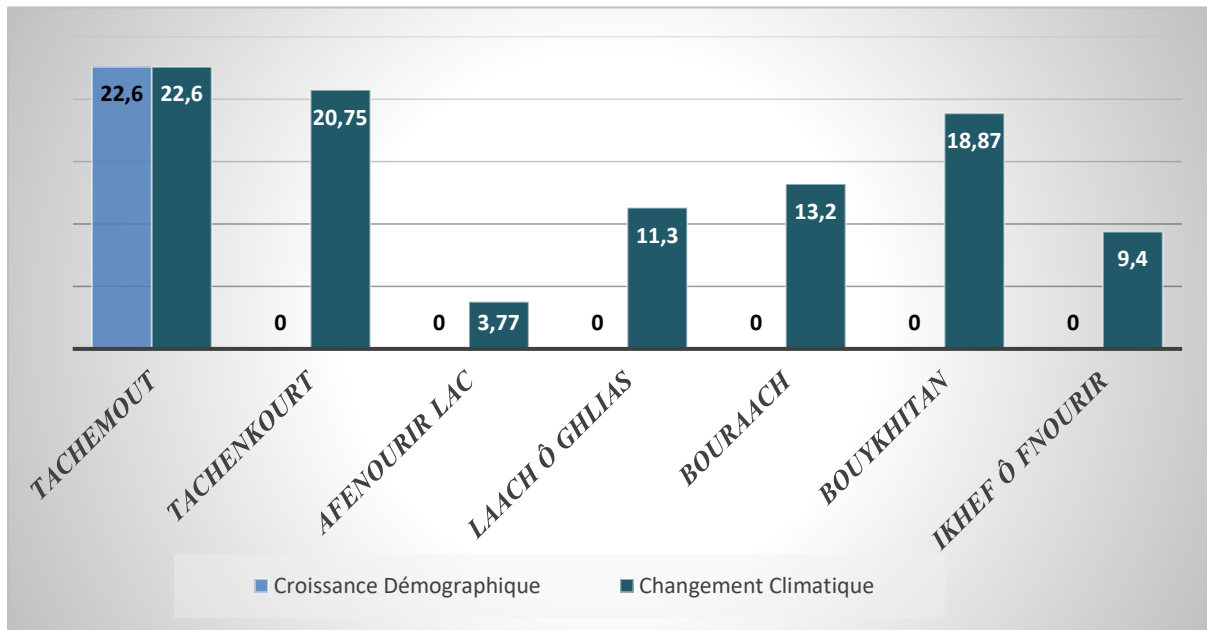


Figure 61 : Les causes du changement du site observées par la population des douars. (En %)



Figure 62 : Type de besoins exprimés en pourcentage d'effectif interrogé

D'après les enquêtes de la zone humide Les actions pour le développement du site menées par les responsables :

Tableau 16 : les organismes concernés par le PAG et leurs actions

Responsables	Actions menées
Ministère d'Equipeement	Néant
Ministère d'Agriculture	Distribution de fourrage subventionné
Ministère d'Intérieur	Gestion des conflits entre les usagers, déneigement pendant la période de neige
Eaux et Forêts	Piste, Observatoire, signalisation, circuit touristique, Maison du gardien, Aménagement de la digue et parking, compensation sur les mises en défens.

6-2-Enquête des organismes concernés par le PAG des sites Ramsar :

Centre national d'hydrobiologie et de pisciculture (HCEFLCD) :

Parmi les défis majeurs, pour la conservation des ressources naturelles au niveau de la zone humide :

- La relation d'interaction entre la population et des ressources disponibles.
- L'impact des changements climatiques sur le comportement de la population (recours à l'exploitation abusive de ces ressources, sédentarisation etc.).
- Déséquilibre entre l'offre et la demande (potentiel des ressources naturelles limité voire décroissant face aux besoins croissants ; cas de possibilité de fourrage, bois, PAM et eau.
- Manque d'un schéma visionnaire d'exploitation des ressources : création d'une école pastorale à système de rotation.
- Manque d'un projet cohérent inscrit dans un cadre de développement durable prenant en considération les besoins de la population et les offres des ressources naturelles existantes.

D'après CNHP :

Les menaces qui empêche la réalisation d'un PAG sur le terrain ; varie entre Moyen et difficilement maitrisable :

Tableau 17 : le classement des menaces qui empêche la réalisation du PAG

L'insuffisance des moyens matériels et financiers.	Moyen
La pression démographique	Difficilement maitrisable
Les activités anthropiques	Fort
Manques d'une législation appropriée	Fort
L'insuffisance du personnel qualifiée	Fort
L'ignorance de la population de la valeur des aires protégées et manque de vulgarisation	Moyen
La structure administrative n'est pas appropriée à la gestion des aires protégées	Moyen
Changement climatique	Difficilement maitrisable

Thème de formation proposé par le CNHP :

- Adaptation et atténuation des effets du changement climatique sur l'exploitation des ressources naturelles.

- Organisation de la population et leur éducation sur le système de la cogestion des ressources : création d'école pastorale par exemple.

Leurs valeurs :

- Conservation des pratiques conformément à l'éthique de la population.
- Maintien du caractère social et spirituel de la population indigène.
- Conservation de la biodiversité paysagère.

Objectifs :

- Pérennité des ressources naturelles
- Satisfaction des besoins de la population
- Développement socio-économique durable
- Valorisation des potentialités de la région
- Développement touristique.

Parc National d'Ifrane (HCEFLCD) :

Parmi les défis majeurs, pour la conservation des ressources naturelles au niveau de la zone humide :

- Cogestion du patrimoine forestier.
- Actions de sensibilisation et d'éducation à l'environnement.
- Création des métiers verts pour soulager la pression sur les ressources naturelles.
- Développement durable des ressources naturelles au profit de la population locale notamment par le développement de l'écotourisme dans l'aire protégée pour intégrer la population locale à développer leur patrimoine et participer à sa conservation.
- Installation d'un système de zonage approprié à la protection des valeurs écologique et biologique en concertation avec les différents partenaires et intervenants dans l'espace de l'aire protégée.

D'après le PNI :

Les menaces qui empêche la réalisation d'un PAG sur le terrain ; varie entre Très faible et difficilement maitrisable :

Tableau 18 : le classement des menaces qui empêche la réalisation du PAG

L'insuffisance des moyens matériels et financiers.	Très faible
La pression démographique	Moyen
Les activités anthropiques	Fort
Manques d'une législation appropriée	Très faible
L'insuffisance du personnel qualifiée	Très faible
L'ignorance de la population de la valeur des aires protégées et manque de vulgarisation	Fort
La structure administrative n'est pas appropriée à la gestion des aires protégées	Très faible
Changement climatique	Difficilement maitrisable

Elaboration des Actions d'Aménagement et de gestion de la zone humide Afenourir

Les zones humides constituent des milieux de grande valeur patrimoniale et environnementale. Elles offrent des ressources naturelles énormes pour la population et pour le Globe terrestre. Elles constituent aussi des paysages singuliers qui façonnent l'identité des territoires.

La pérennité de ce patrimoine et de ses services suppose de maintenir des écosystèmes en bon état. Les activités humaines peuvent avoir des impacts négatifs sur la qualité de l'eau et des habitats aquatiques aussi bien que terrestre. Il apparaît alors nécessaire d'identifier les dysfonctionnements et de mettre en place des actions de restauration et de protection de ce milieu.

Dysfonctionnements et menaces (actuelles et prévisibles) au niveau de la zone humide :

- ✚ Durant toute la période printemps-été, un cheptel de plus de 2000 têtes de bétails pâture régulièrement sur les bords. Ce cheptel s'abreuve dans le site malgré les abreuvoirs aménagés au sud (du côté de la station 3) ; un puits creusé au sud du lac, contribue efficacement à réduire le dérangement causé aux oiseaux par les éleveurs (nomades surtout), bien que certains continuent de s'approvisionner en eau depuis l'étang en creusant parfois des petits bassins en terre pour l'accumulation de l'eau au bord de la frange du lac.
- ✚ Transformation de la zone submergée en eau en parcours aquatique ce qui détruit l'habitat, altère la qualité physico-chimique et augmente les apports en azote et en phosphate.
- ✚ Les visiteurs qui pique-niquent sont rares (1-3 groupes par jour) ; les ordures retrouvées sur place sont de faible importance, mais leur masse a grandis en raison de facilité d'accès offerte par la nouvelle route goudronnée.
- ✚ La destruction de l'observatoire d'oiseaux par certains visiteurs non avertis et vagabonds de la population.
- ✚ Des pertes d'eau à partir de la digue ce qui cause la diminution du niveau d'eau de l'Aguelmam.
- ✚ Le pompage excessif d'eau et son irrationnelle utilisation par la population locale entourant la zone humide.
- ✚ Eutrophisation du lac par une augmentation remarquable de la biomasse végétale (macrophytes) causant une désoxygénation et une concentration élevée en Ortho-phosphates marquée pendant une certaine période.
- ✚ Une pollution du lac par les détergents issus de la lessive, utilisés par la population du site.
- ✚ Les changements climatiques : la sécheresse, incendies, tempête de neige.
- ✚ La récolte des Plantes Aromatiques et Médicinales près du lac par la population et des externes. Surtout le '*Pyrèthre d'Afrique*' qui est une espèce protégée et récemment interdite à la récolte CITES.
- ✚ La destruction de substrat de la zone humide à cause des creusements effectués par la population locale dans l'objectif de capter de l'eau pendant les périodes de sécheresse.





Objectif global du PAG :

La gestion durable du site Aguelmam Afenourir devrait viser les objectifs primordiaux qui répondent aux enjeux identifiés dans le diagnostic du site. Ils assurent prioritairement la conservation du patrimoine naturel qui a motivé le classement de l'Aguelmam en zone humide d'importance internationale par les actions de gestion des milieux naturels et des espèces, et si besoin, de restauration écologique.

En général, le gestionnaire de toute zone humide est responsable de quatre types de missions dans le cadre de la mise en œuvre du PAG :

- Mission patrimoniale.
- Mission économique.
- Mission sociale.
- Mission transversale (qui permet de réaliser un projet de développement durable sur le site et le territoire tout en respectant une cohérence des actions mis en œuvre sur le site avec tout le territoire).

Objectifs opérationnels du PAG

L'objectif global de conservation peut être décliné en plusieurs objectifs opérationnels à savoir :

- Maintenir l'étang et son niveau d'eau ;
- La restauration et le maintien des habitats ;
- La conservation des espèces de l'avifaune d'une importance internationale.
- L'originalité du site et les effectifs d'oiseaux hivernants et estivants notés dans ce lac, ainsi que la présence parmi eux d'espèces rares. Une telle protection ne pourrait qu'augmenter les valeurs ornithologiques du site.
- Interdire l'accès à une partie de la rive est (surtout le parcours), en permanence ; cette zone devrait être clôturée pour offrir plus de sécurité et de tranquillité aux oiseaux nicheurs.
- L'atténuation de l'impact du parcours ;
- L'implication de la population locale dans la gestion durable du site ;
- La lutte contre l'envasement et l'eutrophisation du lac ;
- La sensibilisation et l'éducation relative à l'environnement ;
- La responsabilisation et communication de l'ensemble des acteurs de la gestion de la zone humide ;
- L'encouragement de la recherche scientifique.

Plan d'Action

I- Maintenir l'étang et son niveau d'eau

L'aguelmam au sens strict souffre d'une dégradation du cortège végétal aussi bien sur le plan spécifique que quantitatif. Ces disparitions d'espèces sont liées à deux facteurs. Le plus important étant la diminution de la lame d'eau, voire à sec surtout en période d'été de l'année 2016, et le second étant la présence des troupeaux aux abords immédiats du lac. La restauration de cet habitat requière une série d'actions qui consiste en :

- La mise en eau à travers notamment le renforcement de la digue pour réduire les infiltrations. En fait, la digue actuelle permettant de soutenir le niveau de l'eau, elle est située au Nord du lac et ne présente pas une très bonne étanchéité.
- L'augmentation de la charge en matière organique. Vue l'augmentation de la quantité des sédiments et apports dans le lac le fait principale de la diminution de la lame d'eau. Parmi les solutions proposées à cet effet, l'aménagement des abreuvoirs déjà existents et ajouter d'autres pour les troupeaux loin de la zone du lac permettra de limiter les flux des animaux s'abreuvant dans le lac. Parallèlement, la limitation des zones d'accès au lac pour le bétail, contribuera à réduire la zone d'impact des troupeaux particulièrement en matière d'apport du fumier.
- L'organisation régulière des campagnes de sensibilisation et d'éducation relative à l'environnement en matière de respect du lac avec toutes ses composantes fonctionnelles.
- La réduction de l'apport en quantités d'alluvions. Dans ce cadre, la construction des seuils en pierres sèches au niveau des ravins de la zone sud-ouest (près des Station 3 et Station 4) contribuera à la limitation des apports solides dans le lac.
- Aussi, la fixation biologique du sol via des reboisements par des espèces autochtones garantira une meilleure et durable rétention des sols. Toutefois, cette opération doit être précédée par un processus de négociation avec les usagers pour l'établissement des contrats de gestion de l'espace objet de toute opération de végétalisation concernant aussi bien le collectif que le domaine forestier.
- Creuser un deuxième puits au nord du lac, afin de limiter les déplacements vers la zone à clôturer des nomades installés au NE de l'étang.
- La construction d'un petit barrage de rétention d'eau du lac au nord du côté de l'Oued (.nom d l'oued.)

II- La restauration et le maintien des habitats

La restauration de la végétation aquatique de l'aguelmam est donc intimement liée à un niveau d'eau plus élevé sur une période plus longue de l'année. Dans un premier temps il semblerait intéressant d'observer si une régénération naturelle de ce cortège est capable de s'opérer suite à une meilleure gestion de l'eau. Cette restauration de la végétation aquatique concernerait essentiellement les massifs de Scirpes et de Joncs favorables à la nidification des Rallidés et des Podicipédidés.

La pelouse :

L'état de dégradation des pelouses à Afenourir demeure un des principaux problèmes. Le cas de l'aguelmam est à replacer à l'échelle plus vaste de la réorganisation des parcours sur l'ensemble du Parc National d'Ifrane voire même du Moyen Atlas. Il est inconcevable de pouvoir solutionner ce problème à la seule échelle d'Afenourir. Il s'avère indispensable de réduire la charge pastorale sur les parcours et de rétablir une gestion collective de ces derniers.

Pour ce type d'habitat, il est préconisé de procéder à des mises en repos de certaines parties pour permettre leur reconstitution. Un système rotatif sur des superficies limitées pourrait éventuellement pallier au problème de parcours.

La forêt et la steppe :

Le principal problème provient des coupes abusives effectuées par les populations locales. Etant donné qu'il s'agit du domaine forestier, il est doté de plans de gestion qui font l'objet d'application par le service technique forestier. Seulement, une ouverture dans les massifs fermés permettra de favoriser le développement du sous-bois qui constitue un habitat de prédilection pour les oiseaux nicheurs. L'objectif est de trouver des solutions avec les populations locales afin de mieux gérer ces forêts sur le plan des coupes, des parcelles de régénération mais aussi d'identifier de nouvelles formes de valorisation des produits forestiers (notamment non ligneux).

III- La conservation de l'avifaune d'importance mondiale

Etant donné que la raison initiale de l'inscription du lac dans la liste des sites RAMSAR est liée à la présence régulière d'une importante population nicheuse et hivernante d'une avifaune d'importance mondiale, la conservation de celle-ci s'avère donc primordiale pour le maintien de l'intérêt ornithologique du site. Pour atteindre cet objectif, plusieurs opérations s'avèrent indispensables :

- La réduction de braconnage et de dérangement des oiseaux. Il s'agit ici d'un grand effort de gardiennage et de sensibilisation au profit du large public et plus particulièrement des usagers de la zone.
- Le maintien des massifs de Scirpes constituant des milieux de refuge et de nidification de plusieurs espèces d'oiseaux par l'interdiction des actions de fauchage et la limitation de l'impact du parcours.
- Le suivi régulier et le recensement des populations d'oiseaux présents dans le lac. Cela permettra d'évaluer les changements dans les effectifs et de prendre les mesures nécessaires au bon moment. L'observatoire en cours de construction ainsi que la formation et l'encadrement des agents locaux faciliteront grandement cette opération. Egalement, la création des liens de partenariat entre les services techniques concernés, les associations spécialisées dans le domaine et les institutions de recherche assurera la création d'une forte synergie en matière d'établissement d'une base de données importante sur le site.
- La localisation des zones de nidification. Cette opération permettra une meilleure délimitation des zones à mettre en défens pour assurer un minimum de quiétude au profit de l'avifaune nicheuse.

IV- L'atténuation de l'impact de parcours

La problématique des parcours est bien généralisée dans l'ensemble de la province d'Ifrane. Il affecte sensiblement les équilibres dans l'aguelmam Afenourir. En effet, les manifestations de cet impact sont variées (prélèvement de végétation, tassement et piétinement du sol, abreuvement, dérangement des oiseaux, pompage d'eau du lac...etc.). Parmi les mesures pouvant alléger la pression pastorale, il est à citer :

- La conduite d'un processus durable de concertation, formation et contractualisation avec les éleveurs de la zone.
- La création et la répartition spatiale des points d'eau pour une meilleure gestion des flux des troupeaux et par conséquent, la diminution des effectifs venant s'abreuver dans le lac.
- A pratique de l'élevage semi intensif des ovins et des caprins,
- L'organisation des usagers, en particulier dans des groupements professionnels et associatifs comme ceux de l'ANOC.
- L'intégration de ce programme dans le contexte global du parc national d'Ifrane étant donné la vaste envergure de la problématique.

L'ensemble de ces interventions est à mener sans porter atteinte aux valeurs culturelles et traditionnelles de la zone.

V- L'implication de la population locale dans la gestion durable du site

La réussite des aménagements prévus dans le PAG est tributaire de l'implication des populations locales dans la gestion du site notamment par l'adoption d'une approche concertée et la promotion des activités génératrices de revenus liés à la gestion et au développement du site (formation des animateurs nature, gardiennage, activités de gestion et d'entretien).

Une proposition pour minimiser le surpâturage et par conséquent dégradation du parcours de l'Aguelmam Afenourir. Une coopérative entre la population locale et l'Etat pour la réalisation d'un projet de culture hydroponique d'orge au niveau de la zone dans le but de fournir assez d'alimentation pour le bétail de la population.

Projet : hydroponie d'orge (la technique de production de la culture d'orge voir **Annexe 4**)

VI- La lutte contre l'envasement et l'eutrophisation du lac

Un suivi des taux d'envasement et d'eutrophisation permettra de nous renseigner sur l'acuité de ces phénomènes dans le lac. Il constitue un indicateur pour mesurer l'efficacité des opérations préconisées en matière de la réhabilitation de l'habitat « eau » mentionnées ci-dessus. Parallèlement, des opérations de faucardage manuel des plantes immergées permettent de diminuer l'apport en matière organique à condition qu'elles soient décalées des périodes de reproduction qui nécessitent un maximum de quiétude pour les oiseaux.

VII- La sensibilisation et l'éducation relative à l'environnement

La qualité et l'originalité du site Afenourir doivent servir de support à l'initiation à l'environnement. Durant cette période d'étude nous avons pu rencontrer des associations, des professeurs et des experts ayant un partenariat avec la cellule d'aménagement et de protection des massifs forestiers d'Ifrane (Eaux et Forêts d'Azrou) et le Parc National d'Ifrane. Ces différentes structures participent déjà à des programmes d'éducation à l'environnement.

Le programme d'éducation à l'environnement en collaboration avec des écoles de la région est en cours d'achèvement. Toutefois, nous avons pu remarquer lors de nos diverses enquêtes qu'il existait encore un déficit de communication entre ces organismes. Une meilleure concertation doit avoir lieu entre les différents acteurs afin de définir les supports didactiques destinés aux écoliers, lycéens et étudiants. Les interventions des diverses institutions permettraient également de toucher un plus grand nombre d'écoles.

Réfléchir à l'élaboration des programmes de chantier sur place, au niveau des terrains concernés, pour la sensibilisation de la nouvelle génération et la population locale de la zone humide bien évidemment en collaboration avec les établissements étatiques et l'implication des intervenants internationaux.

VIII- La responsabilisation et communication de l'ensemble des acteurs de la gestion de la zone humide

Vu la diversité des intervenants sur le site, la coordination, la concertation et la sensibilisation des acteurs, impliqués directement ou indirectement dans la gestion du site, s'avèrent indispensables. Cette synergie des efforts et leur complémentarité doit être institutionnalisée par la mise en place de contrats programme et de conventions de partenariat.

Il apparaît indispensable que l'ensemble de ces acteurs se réunissent afin de travailler dans le même sens, avec des objectifs clairs et des méthodes d'inventaire standardisées.

IX- L'encouragement de la recherche scientifique

L'intérêt scientifique du site, les aménagements en cours et ceux prévus seront d'un grand appui pour l'encouragement de la recherche scientifique. La construction et l'équipement de l'observatoire des oiseaux et de la maison d'hôte pour les chercheurs ornithologiques permettront d'améliorer les conditions de la recherche scientifique sur le site.

Par ailleurs, la création d'un site web pour le site RAMSAR Afenourir constituera un espace d'échange de données et initiera la mise en place d'un réseau de recherche pouvant contribuer à la constitution et l'exploitation d'une base de données consistante.

Egalement, la formation continue des gestionnaires du site est indispensable pour la mise à niveau de ce personnel. Il lui permettra d'améliorer ses compétences et de renforcer ses connaissances sur certains aspects pointus de la gestion de la zone humide. Il est également nécessaire pour la formation des profils requis. Ainsi, des stages, des sessions de formation et d'échange sont primordiaux à programmer. De même, des partenariats doivent être entrepris avec d'autres sites RAMSAR visant la promotion des échanges d'expertise en matière de la gestion des zones humides.

➤ Voici donc quelques suggestions pour le suivi scientifique de la zone humide :

- Installation d'une petite station météo au poste forestier d'Afenourir
- Réalisation d'un inventaire phyto-sociologique reproductible pour évaluer l'état initial du site et permettre de faire les suivis dans le temps (les indices de surpâturage sont indispensables à réaliser pour mesurer les résultats de la lutte contre ce dernier).
- Mise en place d'un suivi standardisé de l'avifaune et notamment de la reproduction du *Tadorna ferruginea* en milieu forestier pour définir la gestion des massifs avec les Eaux et Forêts.
- Continuité des études de suivi de la qualité des eaux pour le phénomène d'eutrophisation de l'aguelmam et installation d'une station limnimétrique.
- Continuité d'inventaire qualitatif et quantitatif de l'ensemble de la faune et la flore.
- Etude socio-économique, par un suivi de la croissance démographique au niveau de la zone humide, les activités humaines et le nombre de bétails de population dans le site.

Les facteurs pouvant avoir une influence sur la gestion :

La réalisation des objectifs susmentionnés peut être confrontée à plusieurs contraintes à savoir : (facteurs naturels, intrinsèques, extrinsèques au site)

- **La sécheresse** : en effet, la succession des épisodes secs entraîne des fluctuations dans le régime hydrologique du site et peut compromettre l'ensemble de ses écosystèmes.
- **Le parcours** : la non adhésion des éleveurs à l'ensemble du programme de rationalisation de la conduite d'élevage en semi intensif risque de compromettre les efforts de réhabilitation des milieux actuellement en surpâturage. Toutefois, l'adaptation et le renforcement de la réglementation du parcours demeure un véritable défi dont la réussite nécessite l'implication des efforts de l'ensemble des acteurs dans le domaine (Agriculture, Autorités locales, Eleveurs, Eaux et Forêts...) d'où la complexité des interventions à mener.
- **Le prélèvement de l'eau** : cette pratique est de nature à influencer le niveau d'eau dans le lac hormis les impacts liés à la perturbation des populations d'oiseaux.
- **La complexité et la particularité du statut foncier** : dans le site (domanial, collectif, domaine privé de l'Etat) ainsi que les droits d'usage grevés sur ces espaces créent des difficultés pour la maîtrise de la gestion durable du site.
- **L'insuffisance d'information et de communication** : autour du site. En effet, les valeurs de l'aguelmam Afenourir demeurent peu connues par le grand public ainsi que par les usagers du site. Cette insuffisance a pour effet d'affecter l'intérêt accordé au site et de poursuivre l'exploitation irrationnelle des composantes du site à travers le braconnage, le surpâturage et la perturbation et même le stress de l'avifaune (remarquer d'après l'enquête effectuée au niveau de la zone).
- **Le manque de certains profils de compétence** : requis pour la gestion de la zone humide.
- **Les risques d'incendies** : qui en cas de déclenchement entraînent des dégâts conséquents sur l'ensemble de l'écosystème.
- **Les contraintes financières** : en particulier pour la mise en place d'actions de réhabilitation et de gestion rationnelle du site.

- ***Les contraintes sociales*** : qui constituent la source majeure de la mauvaise exploitation des milieux (analphabétisme, ignorance, pauvreté, chômage...).

CONCLUSION GENERALE

L'Aguelmam Afenourir est une zone humide de haute altitude. Il recèle des valeurs écologiques, paysagères, socio-économiques et culturelles d'un grand intérêt d'où son classement dans la liste RAMSAR des zones humides d'importance internationale depuis 1980. L'intérêt de ces valeurs exige la prise des mesures conservatoires pour la préservation des valeurs du site. L'aménagement conjugué à une meilleure gestion de l'écosystème aquatique basée sur des actions ordonnées et coordonnées intégrant les dimensions écologiques, économiques et sociales assure le maintien durable de l'écosystème et sa restauration. Il est le fruit d'un travail de terrain participatif. Une concertation préalable a été conduite à travers un diagnostic de terrain effectué grâce à des études respectivement faunistique, floristique et hydro-chimique dans l'objectif de déterminer l'état de qualité de la zone humide. D'autre part des enquêtes socio-économiques ont eu lieu avec la population locale du site, ainsi que les organismes concernés par la réalisation des plans d'aménagements et de gestion des aires protégées.

L'inventaire faunistique réalisé dans la présente étude constitue une première base de données importante. Les macro-invertébrés benthiques étudiés sont caractérisés par une diversité taxonomique variable selon le degré de pollution des eaux. La faune recensée dans ce travail se compose de 4945 individus correspondant à 17 familles appartenant à 4 groupes faunistiques (Arthropodes (79%), Annélides (15%), Mollusques (5%), Némathelminthes (1%)). L'effectif du peuplement benthique a montré que les Crustacés, les Diptères, et Oligochètes sont dominants (91%). Les Odonates, les hétéroptères, les Coléoptères et les Ephéméroptères ne constituent qu'une faible fraction (9%) de la faune récoltée. La comparaison effectuée entre les polluo-tolérants et sensibles montre une dominance des Chironomidae et Annélides par rapport aux Ephéméroptères avec respectivement 98% et 2%.

L'identification floristique au niveau de la zone humide Afenourir, nous a permis d'inventorier 20 familles d'espèces terrestres et aquatiques. Certaines espèces ont une distribution abondante dans la zone d'étude. Il s'agit, de *Cedrus atlantica* Manetti, *Quercus rotundifolia*, *Crataegus laciniata* Ucr, *Anacyclus pyrethrum* L., *Plantago coronopus* L. et *Euphorbia nicaensis*. Concernant les espèces aquatique, les *Ranunculus aquatilis*, *Zannichellia palustris*, *Myriophyllum Spicatum*, et *Chara Globularis*. Par contre d'autre ayant une dominance variante d'une station à l'autre. Chaque type d'espèce, soit terrestre ou aquatique, joue un rôle important dans la vie quotidienne humain, aussi un intérêt écologique dans la conservation et la protection de la zone où elle existe.

L'analyse et le traitement de l'ensemble des données hydro-chimiques, nous a permis d'appréhender l'évolution spatio-temporelle des caractéristiques physico-chimiques d'eau de la zone humide Afenourir. En effet, l'examen et l'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques montrent que : Les teneurs observées pour la plupart des paramètres physico-chimiques étudiés au niveau de certaine station, ne dépassent pas la norme relative à la qualité des eaux piscicoles. Par contre y'en a des paramètres qui dépassent la norme relative à la qualité des eaux de surface. Les eaux sont caractérisées par des paramètres physico-chimiques qui augmentent d'une période à l'autre et d'une station à l'autre. Les valeurs du pH reflètent la caractéristique basique des eaux analysées et l'origine de cette alcalinité issue de la dominance de la végétation aquatique et des Macrophyte, ceci peut aussi être issue du lessivage des terrains géologiques du bassin versant. Analyse en composante principale nous a permis de définir une typologie marquée par une influence climatique d'une part et anthropique d'autre part.

L'enquête socio-économique réalisée au niveau de sept douars dans la zone humide Afenourir, est caractérisée par différents statistiques et réponses de la population locale, concernant (l'originalité,

la période d'habitation, utilisation, écologie et changement du site, besoins et recommandations). Dans un deuxième temps l'enquête effectuée avec les organismes concernées qui sont respectivement : CNHP, PNI, Agriculture, CRF, Commune de Ain L'euh, et la Province d'Ifrane, est caractérisée par les défis majeurs de dégradation de la zone humide, les propositions et leurs objectifs, d'un plan d'aménagement adéquat ainsi que les contraintes qui empêche sa réalisation. Ils sont proposés par chacun de ces organismes. Ces enquêtes sont intéressantes pour obtenir l'avis des usagers et des organismes étatiques sur un projet de gestion, pour la sauvegarde, la conservation et la restauration de la zone humide dans l'objectif d'un développement durable.

D'après tous ces études effectuées et les résultats obtenus au niveau du site Ramsar Afenourir, nous déduisant que le lac cours un risque de déséquilibre vu les différentes actions anthropiques telles que le pompage d'eau, surpâturage, la lessive, les déchets touristique et la destruction des substrats et l'observatoire d'oiseux...etc. N'oublions pas les changements climatiques. La remédiation à ces menaces peut être réalisée par l'élaboration des actions adéquates nécessaires pour la restauration de la biodiversité et la conservation de la qualité d'eau en particuliers, et par le maintien et la préservation du lac et sa population locale en générale.

Les actions proposées visent à concilier entre les impératifs de conservation et les besoins du développement humain et s'articulent autour de :

- ✚ Réhabilitation des habitats et des espèces ;
- ✚ Eco-développement et coopération ;
- ✚ Utilisation durable des ressources naturelles ;
- ✚ Promotion d'un tourisme durable ;
- ✚ Education environnementale et sensibilisation.

Le PAG prévoit un zonage d'aménagement définissant et réglementant les usages appropriés pour différents habitats naturels. Il propose également des modalités de sa mise en œuvre dans le cadre d'un partenariat durable.

Référence Bibliographique

- Adou Yao, C. Y., Kpangui, K. B., Kouao, K. J., Adou, L. M. D., Vroh, B. T. A., & N'guessan, K. E. (2013). Diversité floristique et valeur de la forêt sacrée Bokasso (Est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation. [VertigO] *La Revue Électronique En Sciences de l'environnement*, 13(1).
- AELB. (2011). *Zones humides : évaluation économique des services rendus Analyse sur sept sites tests du bassin Loire-Bretagne*.
- AGHNAJ, A., TAMPE, M., & RIBI, M. (2012). Cadrage à l'horizon 2020 du Plan Directeur des Aires Protégées au Maroc. *Hceflcd*, 22.
- Amaniga Ruhanga, I., & Iyango, L. (2010). A socio-economic baseline survey of communities adjacent to Lake Bisina/Opeta and Lake Mburo/Nakivali wetland systems. *Providing Baseline Information for the Implementation of the COBWEB Project in Western and Eastern/North-Eastern Uganda*. *Nature Uganda, Kampala, Uganda*, 65.
- Annaba, B. M. (2004). *Contribution à la Cartographie de la qualité physico-chimique et biologique de l'eau des zones humides de la Numidie*.
- Anonyme. (1997). *Morocco Country Portfolio Evaluation*. Retrieved from https://www.thegef.org/sites/default/files/council-meeting-documents/GEF.ME_C.50.Inf_.01_Morocco_Country_Portfolio_Evaluation-Vol_2_0.pdf
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Griffith, 3GE, Frydenborg, R., McCarron, E., White, J. S., & Bastian, M. L. (1996). A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(2), 185–211.
- BEHASSINE-GHERZOULI, C. (2013). *Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est-algérien : apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire*.
- Ben Moussa, A., Chahlaoui, A., Rour, E., & Chahboune, M. (2014). Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc (Taxonomic diversity and structure of benthic macrofauna of surface water of Khoumane River. Moulay idriss Zerhoun, Moro. *Journal of Materials and Environmental Science*, 5(1), 183–198.
- Benabid, A. (2002). Le Rif et le Moyen atlas (Maroc): Biodiversité, Menaces. *Préservation. Mountains*.
- Benslimane, M., Hamimed, A., Khaldi, A., & El Zerey, W. (2015). Approche méthodologique d'évaluation de la politique de gestion de l'eau des zones humides cas du chott chergui (sud-ouest algérien). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2602-7828*, (22), 167–181.
- Binderheim, E., & Bülach Werner Göggel. (2007). Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. *Recherche*.

- Boivin, D., Bouchet, M.A., Cuzin, F., Harbouze, R., Chattou, Z. (2017). *Plan d'Aménagement et de Gestion du Parc National de Toubkal Evaluation patrimoniale et hiérarchisation des enjeux Plan d'Aménagement et de Gestion du Parc National de Toubkal Mission I - Diagnostic : analyse du périmètre d'intervention et du territ.* 1–44.
- Brouillet, L., Coursol, F., Meades, S. J., Favreau, M., Anions, M., Bélisle, P., & Desmet, P. (2010). VASCAN, la base de données des plantes vasculaires du Canada. *Online [URL] Http://Data.Canadensys.Net/Vascan/(Accessed on 20 September 2011).*
- Canada, E., & Canada, E. (2003). *Les indicateurs La série nationale.*
- Chahlaoui, A. (1996). *Etude Hydrobiologique de l'Oued Boufekrane-Impact sur l'environnement et la santé.* Thèse d'état en Biologie. Univ. Moulay Ismail Fac. Sci. Meknès, 256pp.
- Cheddadi, R., Fady, B., François, L., Hajar, L., Suc, J., Huang, K., ... Ortu, E. (2009). Putative glacial refugia of *Cedrus atlantica* deduced from Quaternary pollen records and modern genetic diversity. *Journal of Biogeography*, 36(7), 1361–1371.
- Chillasse, L. (2000). Les oiseaux nicheurs et estivants des lacs naturels du Moyen-Atlas. *Actes Des Troisièmes Journées: Oiseaux d'eau et Les Zones Humides Au Maroc, Institut Scientifique, Rabat.*
- Chillasse, Lahcen, & Dakki, M. (2004). Potentialités et statuts de conservation des zones humides du Moyen-Atlas (Maroc), avec référence aux influences de la sécheresse. *Science et Changements Planétaires/Sécheresse*, 15(4), 337–345.
- Christensen, K. I. (1992). Revision of *Crataegus* sect. *Crataegus* and *Nothosect*. *Crataeguineae* (Rosaceae-Maloideae) in the old world. *Systematic Botany Monographs*, 1–199.
- Corre, N. Le. (2009). *Le dérangement de l'avifaune sur les sites naturels protégés de Bretagne : état des lieux, enjeux et réflexions autour d'un outil d'étude des interactions hommes / oiseaux.* 539.
- Cotrufo, M. F., De Santo, A. V., Alfani, A., Bartoli, G., & De Cristofaro, A. (1995). Effects of urban heavy metal pollution on organic matter decomposition in *Quercus ilex* L. woods. *Environmental Pollution*, 89(1), 81–87.
- Couplan, F. (2012). *Les plantes et leurs noms: histoires insolites.* Editions Quae.
- Dakki, M., Fennane, M., Ouyahya, A., Hammada, S., & Ibn Tattou, M. (2004). Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc: Flore rare, menacée et halophil. *Acta Botánica Malacitana*, (29), 43–66.
- Dakki, Mohamed, & El Agbani, M.-A. (2009). *Guidelines pour la conduite d'un diagnostic pour l'aménagement et la gestion d'une zone humide: cas du complexe du Bas Loukkos (Maroc).* Groupe de recherche pour la protection des oiseaux au Maroc.
- Dakki, Mohamed, & El Hamzaoui, M. (1998). *Les zones humides du Maroc: rapport national.* Royaume du Maroc.

- Davenport, M. A., Bridges, C. A., Mangun, J. C., Carver, A. D., Williard, K. W. J., & Jones, E. O. (2010). Building local community commitment to wetlands restoration: A case study of the Cache River wetlands in southern Illinois, USA. *Environmental Management*, 45(4), 711–722.
- de Planhol, X. (2004). *Le paysage animal*. Fayard.
- Détrie, J.-P., & Jarrault, P. (1969). *La pollution atmosphérique* (Vol. 92). Dunod Paris.
- Diomandé, D., Bony, Y. K., Edia, E. O., Konan, K. F., & Gourène, G. (2009). Diversité des Macroinvertébrés Benthiques de la Rivière Agnéby (Côte d'Ivoire; Afrique de l'Ouest). *European Journal of Scientific Research*, 35(3), 368–377.
- Dom. (2016). *Invertébrés*. 1–3.
- Dovonou, F. E., Alassane, A., Adjahossou, V. N., Agbodo, B., Djibril, R., & Mama, D. (2017). Impacts de l'assainissement autonome sur la qualité des eaux de puits dans la Commune de Sèmè-Podji (Sud-Bénin). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6), 3086–3099.
- du Maroc, R. (2016). *Diagnostic écologique, socio-économique, cartographie des habitats et élaboration d'un programme de suivi écologique de la zone humide de l'embouchure de Moulouya*.
- El Agbani, M A, Dakki, M., Beaubrun, P. C., & Thévenot, M. (1996). L'hivernage des anatidés (Anatidae) au Maroc (1990-94): Effectifs et sites d'importance internationale et nationale. *Gibier Faune Sauvage*, 13(2), 233–249.
- El Agbani, Mohammed Aziz, Qninba, A., Amezian, M., Cuzin, F., & Dakki, M. (2009). Le peuplement d'oiseaux d'eau du complexe des zones humides de Smir (Nord du Maroc): état actuel, intérêt patrimonial et évolution depuis les quatre dernières décennies. *Bull l'Inst Sci*, 31, 103–110.
- El Khodrani, N., Zouahri, A., Arfaoui, A., Iaaich, H., El Oumlouki, K., Yahyaoui, A., & Fekhaoui, M. (2016). Study of Physico-chemical quality of groundwater in the rural commune of SFAFAA (Sidi Slimane Gharb, Morocco). *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(8), 2852–2860.
- Fressoz, J.-B., & Locher, F. (2015). L'agir humain sur le climat et la naissance de la climatologie historique, XVIIe-XVIIIe siècles. *Revue Dhistoire Moderne Contemporaine*, (1), 48–78.
- GIEC. (2015). *Le changement climatique DU CONSTAT À L ' ACTION*.
- GIZ. (2015). *Stratégie Nationale des Zones Humides 2015-2024 Stratégie - Plan d ' action*.
- Griba, J., Laadel, N., El Idrissi, H., Rhafouri, R., Serghini, A., & Fekhaoui, M. (2017). Inventory of benthic macroinvertebrates as bio-indicators of Afenourilake (Morocco). *Journal of Materials and Environmental Science*, 8(11), 3986–3992.
- H, F., & ARAB, A. (2013). Utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bioindicateurs

- de pollution d'Oued El-Harrach. *USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities "Dynamics & Biodiversity of the Ter- Restrial & Aquatic Ecosystems"* "CIPCA4"TAGHIT (Bechar) – ALGERIA, 19-21 November, 2013 Utilisation, 205–212.
- Hackney, P., & Stewart, S. A. (1992). *Stewart & Corry's flora of the north-east of Ireland*. Institute of Irish Studies, Queen's University of Belfast.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (1998). *Multivariate data analysis* (Vol. 5). Prentice hall Upper Saddle River, NJ.
- Hajib, S., & Bayed, A. (2005). Aménagement et Gestion de la zone humide de Restinga Smir: Une responsabilité collective. Bayed & Scapini.(Eds). *Ecosystèmes Côtiers Sensibles de La Méditerranée: Cas Du Littoral de Smir*. Trav. Inst. Sci., Série Générale, 4, 97–108.
- Haouchine, S. (2011). *Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie*. Université Mouloud Mammeri.
- Hartley, A., Jones, R., & Janes, T. (2015). Projections relatives aux changements des services écosystémiques face au changement climatique. *UNEP-WCMC Technical Report*.
- Herath, G. (2004). Incorporating community objectives in improved wetland management: the use of the analytic hierarchy process. *Journal of Environmental Management*, 70(3), 263–273.
- Host, S., & Duchesne, L. (2017). Quantification de l'impact sanitaire des mesures de réduction de la pollution atmosphérique: apport de la littérature scientifique Health impact assessment of air quality. *POLLUTION ATMOSPHERIQUE*, (235), 2.
- Issengue, O. A., Assongba, Y. F., Yoka, J., Akouango, P., & Djego, J. G. (2019). Effet des arbustes sur la diversité floristique et la production herbacée dans les pâturages au ranch d'Essimbi à Boundji (République du Congo). *Journal of Applied Biosciences*, 134(1), 13618–13629.
- J. Griba, Rhafouri, R., Sadik, M., Ibn-tattou, M., Serghini, A., & Fekhaoui, M. (2018). *RESEARCH ARTICLE IDENTIFICATION OF THE EXISTING FLORISTIC BIODIVERSITY OF THE AFENOURIR ' S*. 05(01), 3305–3310.
- Karrouch, L. (2010). *Bio-évaluation de la qualité des eaux courantes de la région Meknès (Centre-Sud, Maroc)–Impact sur l'environnement et la sante*. Thèse doctorat es sciences en biologie. Université Moulay Ismaïl, Meknès (Maroc).
- LAMBINON, J., & DELVOSALLE, L. (n.d.). J. DUVIGNEAUD (2004): Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes). *Meise (Jardin Botanique National de Belgique)*, CXXX.
- Le Berre, S. (2008). Les observatoires de la fréquentation, outils d'aide à la gestion des îles et des littoraux. *Brest, Phd Thesis in Geography, Géomer LETG UMR, 6554*.
- Le Corre, N., Le Berre, S., Peuziat, I., Brigand, L., & Courtel, J. (2015). Approche des espaces

- de la pratique nautique par l'analyse de la fréquentation: l'exemple du bassin de navigation arcachonnais. *[VertigO] La Revue Électronique En Sciences de l'environnement*, 15(3).
- Le Secrétariat de la Convention de Ramsar. (2013). *Le Manuel de la Convention de Ramsar: Guide de la Convention sur les zones humides*. 1–116.
- Loi. (2010). *Loi n 22-07 relative aux aires protégées promulguée par le dahir n 1-10-123 du 3 chaabane 1431 (16 juillet 2010)*. Al Hoceima.
- Martin, J. (1981). *Le Moyen Atlas central, étude géomorphologique*.
- Melloul, M. (2014). *Impacts des changements climatiques sur les régions côtières de l'est et de l'ouest du Canada et les stratégies d'adaptation associées*. éditeur non identifié.
- Menbohan, S. F., Togouet, S. H. Z., Tchatcho, N. L. N., Gideon, A. A., & Njiné, T. (2011). Evolution spatiale de la diversité des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau anthropisé en milieu tropical (Cameroun). *European Journal of Scientific Research*, 55(2), 291–300.
- Menétrey, N. (2009). *Elaboration d'une méthode d'évaluation de la qualité écologique des petits plans d'eau basée sur les communautés de macroinvertébrés*. University of Geneva.
- Metallaoui, S., Dziri, H., Bourennène, M., & Benguiba, M. (2013). Valeurs ornithologiques des zones humides de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (Skikda, Nord-Est De L'algérie). *Bulletin of the Network "Mediterranean Waterbirds"*, (1), 9–17.
- MEZIANE, K., ALLAILI, H., & KERFOUF, A. (2014). Impacts des actions anthropiques sur la biodiversité de la faune malacologique sur les zones humides côtières de la côte ouest algérienne (cas des substrats durs). *Proceeding of CIPCA-4-2014*, ISBN, 975–978.
- Monographie. (n.d.). *Monographie DPA Province Mai 2012*.
- Moreau, C. (2016). *État de la qualité de l'eau du lac et de la rivière Kipawa*.
- Mounet, J.-P. (2007). La gestion environnementale des sports de nature: entre laisser-faire, autorité et concertation. *Développement Durable et Territoires. Économie, Géographie, Politique, Droit, Sociologie*.
- N'da, D., Adou, Y. C. Y., N'guessan, K. E., Kone, M., & Sagne, Y. C. (2008). Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique Science: Revue Internationale Des Sciences et Technologie*, 4(3).
- Nadeem, S. M., Naveed, M., Ayyub, M., Khan, M. Y., Ahmad, M., & Zahir, Z. A. (2016). Potential, limitations and future prospects of pseudomonas spp. For sustainable agriculture and environment: A review. *Soil and Environment*, 35(2), 106–145.
- Oualad Mansour, N., Kamal, T., & Stitou, J. (2009). Évaluation de la qualité des eaux dans les systèmes fluviaux du Rif (cas de la rivière Martil) et étude de la biodiversité des communautés de macroinvertébrés. *Segundo Congreso Internacional Sobre Geologia y Minería En La Ordenación Del Territorio y En El Desarrollo*. Utrillas, 95–114.

- Patrimoine. (2005). *Les Aires Protégées du Maroc Les Ressources Naturelles : Importance*, . 24–26.
- PNI. (2007). *de la Province d ' Ifrane Plan d ' Aménagement et de Gestion d ' Ifrane du Parc National d ' Ifra ne Stratégie de conservation et principes de zonage Version définitive Mai 2007*. 1–66.
- Podjed, D. (2013). De l'observation à la protection des oiseaux. *Revue d'anthropologie Des Connaissances*, 7(2), 461–483.
- Radi, M. (2008). *Etude de l'avifaune aquatique de la région du Centre Atlantique marocain: Phénologie, reproduction, valeurs ornithologiques et impacts de l'activité humaine*. Habilitation universitaire. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences
- Rankovic, A., Pacteau, C., & Abbadie, L. (2012). Services écosystémiques et adaptation urbaine interscalaire au changement climatique: un essai d'articulation. *VertigO-La Revue Électronique En Sciences de l'environnement*, (Hors-série 12).
- Rhafouri, R., Aafi, A., Zair, T., Strani, B., El Omari, M., Ghanmi, M., & Bentayeb, A. (2015). Ethnobotanical study of medicinal plants in Ifran's National Park (Morocco). *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(3), 619–630.
- Secrétariat de la Convention de Ramsar. (2010). *Gestion des zones humides : Cadres pour la gestion des zones humides d'importance internationale et autres zones humides*. 108.
- Selles, C. (2012). Valorisation d'une plante médicinale à activité antidiabétique de la région de Tlemcen: *Anacyclus pyrethrum* L. *Application de l'extrait Aqueux à l'inhibition de Corrosion d'un Acier Doux Dans H2SO4 0.5 M*, Université Abou Bekr Belkaid.
- SERGHINI, A., FEKHAOU, M., EL ABIDI, A., EL BLIDI, S., & AKKAME, R. B. E. N. (2010). Caractérisation hydrochimique d'un site Ramsar: le complexe zones humides de Mohammedia (Maroc). *Bull. Inst. Scien. Rabat, Section Sciences de La Vie*, 32, 133–145.
- Serghini, A. (2003). *Diagnose du complexe zones humides de Mohammedia: étude qualitative et quantitative des composantes physique (eau-sédiment) et biologique de l'écosystème*. Thèse de Doctorat d'Etat Es-Sciences, Univ. Mohammed V, Fac. Sci. Rabat.
- Serghini, Amal, Fekhaoui, M., Abidi, A. E. L., Blidi, S. E. L., & Akkame, R. B. E. N. (2010). *Caractérisation hydrochimique d ' un site Ramsar : le complexe zones humides de Mohammedia (Maroc)*. 32(2), 133–145.
- Sigg, L. (2014). *Chimie des milieux aquatiques*.
- Tachet, Richoux, Bournaud, & U.-P. (2010). *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie* (Vol. 15). CNRS éditions Paris.
- Talevska, M., & Ohridski, N. (2008). Distribution of some representatives of emergent vegetation in Lake Ohrid. *Proceedings of the 3rd Conference on Water Observation and Information System for Decision Support (BALWOIS 2008)*, Ohrid, Macedonia, 1–4.

- Tfeil, H., Mahfoudh, M., Mhamed, B. A. M., Aliyen, A., Yarba, L., & Hmeyada, A. M. V. (n.d.). *Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux De Surface Et Étude De La Diversité Ichtyologique De Quelques Zones Humides Continentales En Mauritanie*.
- Touzin, D., & Roy, M. (2008). Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. *Faculté Des Sciences de l'agriculture et de l'alimentation Université Laval. Quebec, Canada. 40p.*
- Vielliard, J. (1970). La distribution du Casarca roux (*Tadorna ferruginea*). *Distribution of Ruddy Shelduck Tadorna Ferruginea.* *Alauda*, 38, 87–135.

ANNEXES

ANNEXE 1

Enquête socio-économique pour la population locale

Nom de la zone humide : Afenourir

Introduction :

Je suis Griba Jihane, je prépare une thèse de doctorat à l'institut scientifique -Rabat-. Et je dois réaliser une étude socio-économique me permettant de comprendre l'intérêt de la zone humide pour les communautés locales. Les informations collectées vont me servir de base pour l'élaboration d'un plan d'aménagement et de gestion de cette zone humide d'importance internationale. Le but de ce plan est de proposer des actions de conservation et de développement durable de la zone et ce dans l'intérêt de la population locale. C'est pourquoi, votre avis est d'extrême importance pour l'élaboration de ce plan.

J'ai quelques questions à vous poser. Cela va prendre environ 20 minutes.

Identification du lieu :

Caractérisation du lieu :

Organisation sociale :

Genre enquêtés : homme ou femme. (Les mêmes questions pour les deux genres)

Rubrique 1 : Connaissance générale

Q. 1. Vous êtes d'origine d'Afenourir ?

☐ Oui ☐ Non (si oui on passe directement à la question 3, si non question 2)

Q. 2. Sinon, Vous êtes de quelle origine ?

Q. 3. Que signifie pour vous le Nom Afenourir ?

Q. 4. Depuis combien de temps vous habitez dans la région ?

Q. 5. Quelles sont les activités que vous pratiquez ?

Q. 6. Quelle est l'activité qui vous préoccupe le plus en temps ?

Q. 7. Est-ce que les activités pratiquées vous assurent l'autosuffisance pour survivre ?

☐ Oui ☐ Non (si oui on passe directement à la question 10, si non question 8)

Q. 8. Sinon, Est-ce que vous avez d'autre source de revenu ?

☐ Oui ☐ Non (si oui question 10, si non question 9)

Q. 9. Si oui, Quelles sont ces sources de revenu ?

Q.10. Qu'ils sont les produits que la zone offre pour la population locale ?

Produit 1	Produit 2	Produit 3	Autres

Q.11. En quelle période d'année ?

☐ Toute l'année

☐ Période d'été

☐ Période d'hiver

(Pour chaque produit à préciser la période)

Rubrique 2 : Usagers et Conflits

Q. 1. Quels sont les usagers du site ? (Douars, tribu,...), (qui utilisent la zone ?)

Q. 2. A votre avis, Comment vous percevez les relations entre les usagers de la zone ?

..... (Question ouverte)

Q. 3. Est-ce qu'il y a des conflits entre les usagers ?

☐ Oui

☐ Non (Si Oui Q. 4, sinon 7)

Q. 4. Si oui, Quel genre de conflits ?

Q. 5. Comment vous gérez ces conflits ?

5.1. Est ce qu'il y a une forme d'organisation locale pour gérer les conflits ?

5.2. Avoir recours à d'autres intervenants extérieurs : Si oui lesquels ?

Q. 6. Sinon, Par quelles manières évitez-vous les conflits avec les autres usagers ?

Q. 7. A votre avis, quels sont les problèmes qui nuisent à l'environnement du site ?

Question ouverte (pour ne pas les influencer)

Q. 8. Est-ce que les ressources naturelles de la zone sont-elles suffisantes pour les besoins des usagers ?

Q. 9. Si oui, y-a-t-il des étrangers qui ont accès à ces ressources ?

Q. 10. Si oui, Quels sont ces étrangers ? Et quelle est votre relation avec eux ?

Q. 11. Existont-ils des espaces déterminés pour chacune des activités pratiquées dans la zone humide d'Afenourir (pâturage, collectes de PAM, agriculture, autres,...) ? Si oui comment s'est faite cette affectation ?

Organisation en association

Q. 12. Quelles sont les différentes formes d'organisation de la population dans la région ?

	Type de pdt	Statut	Commercialisation	Nbr, Membre	Problème
Association					
Coopérative					
Groupe d'intérêt					
Autres					

Q. 13. Quelles sont leurs activités ?

Rubrique 3 : Ecologie et Biodiversité

Q. 1. Est-ce que vous avez observés des changements au niveau du site ?

☐ Oui ☐ Non

Q. 2. Si oui, lesquelles ?

Q. 3. Pouvez-vous nous décrire les causes de ces changements ?

.....

N.B Si les changements climatiques ne sont pas cités, il faut les évoquer

Q. 4. Au niveau de la région, avez-vous constaté un changement dans la fréquence et la répartition de pluie, la température, le vent,... ?

Q. 5. Avez-vous vécu des périodes de ?

☐ Sècheresse ☐ Inondations ☐ Vents Violents ☐ Fortes chaleurs ☐ Incendies

5.1 En quelle année

☐ Sècheresse ☐ Inondations ☐ Vents Violents ☐ Fortes chaleurs ☐ Incendies

5.2 Quel est l'évènement le plus marquant ?

5.3 Manières d'intervention le moment d'évènement ?

5.4 Quelles sont les mesures de précautions ?

Q. 6. A votre avis, quelles sont les conséquences de ces événements climatiques sur ?

Niveau d'eau	Z.H	végétation	sol	bétail	cultures	habitations	Activités

Q. 7. Est-ce que ces changements ont-ils affecté de la même manière les différents sites dans la zone ?

Forêts	Lac	Douars	Autres

Biodiversité

Q. 8. Est-ce que vous connaissez que cette zone humide est d'importance internationale pour les oiseaux d'eau et inscrite comme site Ramsar ?

☐ Oui ☐ Non

☐ Espèces de plantes utilisé ☐ l'eau ☐ habitant

Q. 9. A votre avis, est ce qu'il y a une croissance augmentation ou une diminution des effectifs ?

Oiseaux d'eau	Plante	Habitat	Autres

Q. 10. Est-ce qu'il y a d'autres animaux intéressants à observer, en plus des oiseaux, dans le site ?

☐

Oui

☐

Non

Q. 11. Pouvez nous les citer ?

Q. 12. Est-ce que vous avez remarqué une disparition de certains types d'animaux ? Lesquels ?

Q. 13. A votre avis quelles sont les causes de leur disparition ?

(Question ouverte)....

Gouvernance

Q. 14. Qu'est responsable de la gestion de ce site ? (Ministère, communes, ...)

Q. 15. Qu'ils sont les actions menées par ces acteurs pour le développement du site ?

(Infrastructure, surveillance, pistes,.....)

Q. 12. Quel est le rapport de la population locale avec ces responsables ?

.....

Q. 13. Est-ce que ces acteurs associent la population à la gestion de la zone ? Si oui

Q. 14. Comment : à travers des réunions, atelier participative, projet de développement rural, coopérative ?

Rubrique 4 : Tourisme

Q. 1. Est-ce qu'il y a une fréquentation touristique sur le site ?

☐

Oui

☐

Non (si oui Q. 2, sinon Q. 3)

Q. 2. Comment qualifier cette fréquentation ?

Très forte (>30)	Forte (entre 10-20)	Moyenne (=10)	Faible (<10)	Très faible (< 5)

Q. 3. Est pour quel période d'année ? La fréquentation touristique est la plus importante ?

Q. 4. Est que la population locale bénéficie de ces visiteurs ?

Q. 5. Si oui, comment ?

Q. 6. A votre avis, qu'est-ce que vous proposez pour que la population locale bénéficie de ces visiteurs. ?

Rubrique 5 : Recommandation et Perspective

Q. 1. Est-ce que vous êtes attaché à cette région ?

Q. 2. Si vous auriez de l'opportunité de quitter ce site. Est-ce que vous quittez ?

☐ Oui ☐ Non (si oui Q.2, sinon Q.3)

Q. 3. A votre avis, pour mieux vivre dans ce site, qu'est ce vous proposer comme actions ?

Q. 4. A votre avis qui doit mener ces actions ?

Q. 5. Dernière question : Qu'est-ce que vous proposez pour que ce site soit conservé pour les générations futures et que ces oiseaux reviennent toujours ?

Merci de votre patience, vos idées sont très précieuses pour mon étude.

Enquête socio-économique pour les organismes intéressés

Les organismes concernés :

Haut-Commissariat des Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification :

☐ Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture –Azrou-.

☐ Parc National d'Ifrane.

☐ Direction provincial de l'Agriculture –Azrou-.

☐ Commune rural d'Ain-Leuh.

☐ Province ((INDH), DAR 'Division des affaires rurales)).

☐ Equipement et Transport.

☐ Tourisme.

Introduction :

Je suis Griba Jihane, je prépare une thèse de doctorat à l'institut scientifique-Rabat-. Cette étude a pour but l'évaluation et l'élaboration d'un plan d'aménagement et de gestion du site Ramsar Afenourir, dans le cadre de protection et de restauration de la zone humide. De ce fait je voudrais bien, vous proposez un questionnaire sur la gestion du site Ramsar (zone humide d'importance international). Vous êtes sélectionné en raison de votre expérience dans la gestion des ressources naturelles. Vos propositions et recommandations seront prises en considération dans le développement du plan d'aménagement du site Ramsar Afenourir.

Le questionnaire prendra 15 à 20 mn à remplir et vos réponses seront anonymes.

Relation avec le domaine

Q1. Combien d'années êtes-vous en fonction, dans ce département ?

☐ Moins de 5 ans

☐ Entre 5 et 10 ans

☐ Entre 10 et 15 ans

☐ Entre 15 et 20 ans

☐ Plus de 20 ans

Q2. Pendant votre parcours professionnel, quels types de projet d'activité (ou responsabilités) vous avez exercez (cochez un ou plusieurs)

☐ Aménagement des forets

☐ Conservation des eaux et sols

☐ Aménagement des parcs ou réserves naturelles

☐ Aménagement cynégétique

- ☐ Aménagement piscicole
- ☐ Aménagement des zones humides
- ☐ Actions communautaires
- ☐ Aménagement récréatif
- ☐ Surveillance et contrôle
- ☐ Règlementation
- ☐ Développement socioéconomique
- ☐ Développement du tourisme
- ☐ Education relative à l'environnement
- ☐ Santé du cheptel – campagne de vaccination-
- ☐ Campagne de vaccination (homme)
- ☐ Détermination de développement rural (réseau piste, électricité, scolarisation, etc.)
- ☐ Autres activités

Défis majeurs

Q3. A votre avis, quels sont les défis majeurs auxquels le gestionnaire doit faire face durant les décennies à venir, pour la conservation et la valorisation des ressources naturelles. Nous entendons par défis majeurs, les activités susceptibles de créer un conflit d'intérêt pour mieux conserver et valoriser les ressources naturelles. (Exemple : restauration des habitats naturels, gestion des ressources humaines, adaptation au changement climatique, protection et exploitation des ressources en eau, gestion de la fréquentation touristique, création de chaîne de valeur, valorisation d'écotourisme, etc.)

Dans le tableau suivant, prière de listez les défis majeurs (par priorité), que vous jugez les plus importants

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

Menaces potentielles

Q4. Pour chacune des menaces citées ci-dessous veuillez noter le niveau de la menace qui pèse sur la zone humide, et qui empêche la réalisation d'un PAG sur terrain :

1 : Très faible

4 : Fort

2 : Faible

5 : difficilement maitrisable

3 : Moyen

	1	2	3	4	5
l'insuffisance des moyens matériels et financiers.					
La pression démographique.					
Les activités anthropiques.					
Manque d'une législation appropriée.					
L'insuffisance du personnel qualifiée.					
L'ignorance de la population de la valeur des aires protégées et manque de vulgarisation.					
La structure administrative n'est pas appropriée à la gestion des aires protégées.					
Changement Climatique					

Programme de formation

Thèmes de formation

Valeurs

Objectifs

ANNEXE 2

Grille de qualité des eaux de surface (Voir l'arrêté [conjoint](#))

			CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
	Paramètres	Unités	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Organoleptiques							
1	Couleur (échelle Pt)	Mg Pt/L	<20	20-50	50-100	100-200	>200
2	Odeur (dilu à 25°C)		<3	3-10	10-20	>20	
Physico-chimiques							
3	Température	°C	<20	20-25	25-30	30-35	>35
4	PH		6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,2	<6,5ou>9,2	<6,5ou>9,2
5	Conductivité à 20°C	us/cm	<750	750-1300	1300-2700	2700-3000	>3000
6	Chlorures (Cl)	mg/l	<200	200-300	300 -750	750 -1000	>1000
7	Sulfates (SO4)	mg/l	<100	100-200	200-250	250-400	>400
8	MES	mg/l	<50	50-200	200-1000	1000-2000	>2000
9	O2 dissous	mg/l	>7	7-5	5-3	3-1	<1
10	DBO 5	mg/l	<3	3-5	5-10	10-25	>25
11	DCO	mg/l	<30	30-35	35-40	40-80	>80
12	Oxydabilité KMnO4	mg/l	<2	2-5	5-10	>10	-
Substances Indésirables							
13	Nitrates (NO3-)	mg/l	≤10	10-25	25-50	>50	-
14	NTK	mgN/l	≤1	1-2	2-3	>3	-
15	Ammonium	mgNH4/l	≤0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	>8
16	Baryum	mg/l	≤0,1	0,1-0,7	0,7-1	>1	-
17	Phosphates (PO4-)	mg/l	≤0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-5	>5
18	P total (Pt)	mg/l	≤0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-3	>3

Figure 63 : la norme marocaine de la qualité des eaux

Eau de lac					
Qualité	O ₂ dissous mg/l	Pt mg P/l	PO ₄ mg PO ₄ /l	NO ₃ mg /l	Chl a µg /l
Excellente	>7	<0,1	≤0,2	<10	<2,5
Bonne	7-5	0,1-0,3	0,2-0,5	10-25	2,5-10
Moyenne	5-3	0,3-0,5	0,5-1	25-50	10-30
Mauvaise	3-1	0,5-3	1-5	>50	30-110
Très mauvaise	<1	>3	>5	-	>110

Figure 64 : norme marocaine de la qualité des eaux du lac

	Paramètre	Valeurs limites	
		Eaux froides	Eaux tièdes
1	Température (°C)	5 < T < 20	8 < T < 30
2	pH	5 à 9	5 à 9
3	Oxygène dissous (mgO ₂ /l)	> 5	> 3
4	Matière en suspension	< 25	< 50
5	DCO (mgO ₂ /l)	< 20	< 30
6	DBO ₅ (mgO ₂ /l)	< 3	< 6
7	Chlore libre (mg/l)	< 0,02	< 0,02
8	Conductivité (µs/cm)	< 350	< 3000
9	Ammoniac non ionisé (mg/l NH ₃)	< 0,025	< 0,025
10	Ammonium (mg/l NH ₄ ⁺)	< 0,50	< 1
11	Nitrite (mg/l NO ₂ ⁻)	< 0,5	< 0,5
12	Détergents (mg/l)	< 0,5	< 0,5
13	Sulfates (mg/l)	< 200	< 200

Figure 65 : Arrêté conjoint du Ministre chargé l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement n°2028-03 du 10 Ramadan 1424 (5 Novembre 2003) fixant les normes de qualité des eaux piscicoles

ANNEXE 3

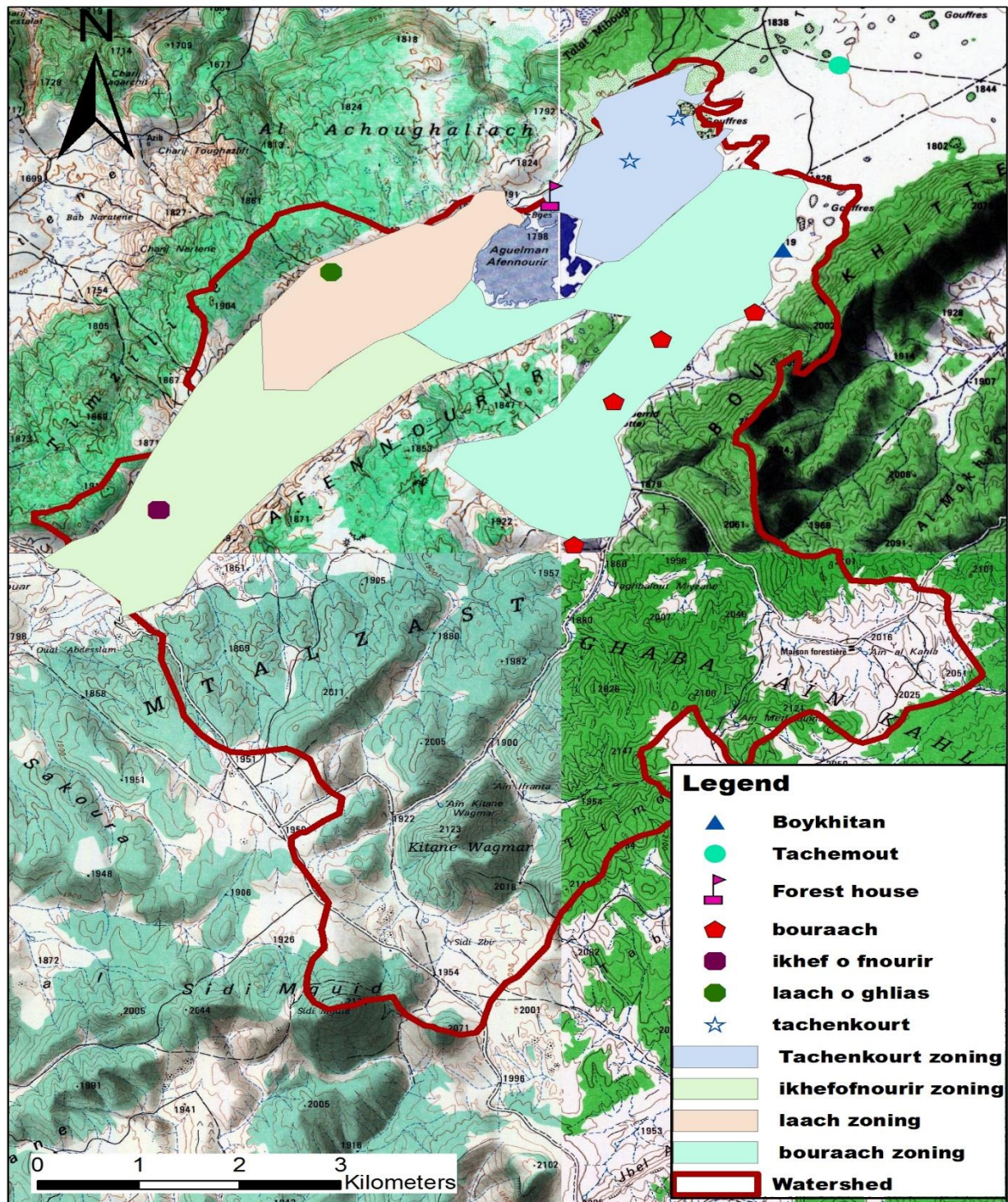


Figure 66 : Carte de l'espace territorial enquêté dans le site Afenourir

ANNEXE 4

Technique de production (culture hydroponique d'orge)

Hydroponie d'orge :

Cette technique, via la mise en germination de céréales en conditions de culture hors-sol, permet la production de biomasse végétale en 7 à 15 jours. Le tapis végétal produit est composé de jeunes plantules et de leurs racines. Cette herbe, jeune, très appétant et nutritive, est donnée telle quelle aux animaux, associée au fourrage classique et à une complémentation adaptée. Cette technique est restée très marginale, compte tenu des capacités de productions des systèmes fourragers classiques.

Des problématiques actuelles de déficits fourragers liés à des contraintes climatiques et par conséquent la dégradation des pelouses de la zone humide Afenourir par un surpâturage.

Avantages de cette technique :

- ❖ L'orge hydroponique présente beaucoup d'avantages vus de son excellente qualité, il assure une réduction des coûts alimentaires et des factures vétérinaires, c'est un fourrage sans pesticides et sans poussières ce qui améliore la santé animale et la prise du poids.
- ❖ L'orge hydroponique est un fourrage frais, régulier, nutritif, riche en vitamines et enzymes en été comme en hiver, ce qui améliore la digestion, il se digère beaucoup mieux que les céréales.
- ❖ Ce type de fourrage présente un trésor pour l'éleveur, puisqu'il lui permet de réaliser une meilleure élévation avec un coût minimum et un excellent rendement.

La production de l'orge hydroponique peut assurer un grand développement dans le domaine d'agriculture, d'élevage, d'environnement, d'économie, de santé au niveau de cette zone et peut être convenable pour plusieurs sites. Il assure :

- ❖ **L'économie d'eau** : Une production quotidienne de fourrage frais sans approvisionnement en eau. Utilisation rationnelle d'eau grâce au circuit fermé pendant l'arrosage de la culture.
- ❖ **L'utilisation efficace des terrains** : Une production en grand volume de fourrage frais sur une petite surface. Une expérience fait maison nous a donné pour 1 Kg des grains d'orge 5 Kg de fourrage hydroponique.
- ❖ **L'utilisation de l'énergie renouvelable** : Comme les panneaux solaires pour l'éclairage et la production de l'orge hydroponique.
- ❖ **L'économie dans la main d'œuvre** : Economiser les heures de travail et sans fatigue.
- ❖ **Environnement sains** : Une production de fourrage sans pulvérisation sur la culture, moins de problèmes respiratoires autant pour les animaux que pour les humains. Et dans notre cas la protection et la restauration de la zone humide et sa pelouse (minimiser le surpâturage).



Figure 67 : 1er jour après trempage de 24 h



Figure 68 : après 8 jours de germination

Pour bien réussir les cultures hydroponiques, en plus de la qualité des graines, il est impératif de maîtriser l'ensemble des paramètres liés à l'environnement de la plante : La température, niveau du CO₂, ventilation, temps d'arrosage et lumière. Le pH et la conductivité électrique le suivi de ces paramètres ne sont pas obligatoires.

La culture de fourrage vert :

- ✓ Les graines doivent être saines, ne pas comporter de sports cryptogamiques et avoir un taux de germination supérieur à 90%.
- ✓ La température entre 18 et 22°C.
- ✓ Le taux d'humidité entre 55 et 65%.
- ✓ La ventilation doit être permanente. Elle doit permettre un renouvellement d'air, une homogénéisation de la température et le renouvellement du CO₂.
- ✓ Le pH devra se situer entre 5,6 et 6,4.
- ✓ La conductivité électrique doit être entre 0,8 et 1,2.

L'analyse des deux derniers est par choix d'éleveur.

- ✓ Le temps d'arrosage dépend de l'installation, il doit permettre à la plante à la fois de disposer d'eau et d'oxygène en continue.
- ✓ La lumière : on peut utiliser de simples lampes blanches (440 nm suffisent). Le plus important c'est la distance entre la lampe et la plante qui doit être respectée. Le cycle d'éclairage doit être de 18/24H.

Etapes de production du l'orge hydroponique :

- Les graines d'orge devraient être rincées par l'eau de javel et de l'eau comme première étape,
- Et après on fait tremper ces graines dans une bassine plein d'eau claire pendant 12 h pour leur germination.
- 3ieme étape : étaler l'orge sur des plateaux de culture et les placer dans l'obscurité pour continuer la germination pendant 24 h.

- 4ieme étape : Par la suite ces plateaux vont être transmis dans une chambre à un niveau de température maintenu en permanence, et un bon éclairage pour assurer la meilleure croissance et valeur nutritionnelle possible au fourrage.
 - Pendant 7 à 10 jours les jeunes pousses qui sont alors d'une hauteur de 15 à 20 cm et forment un véritable tapis, sont prêtes à être récoltées, tout est consommable y compris les racines.
- La qualité de l'herbe fournit tous les éléments nutritifs nécessaires aux herbivores, et constitue un aliment vivant.

ANNEXE 5

Carte d'Occupation du Sol du Lac AFENOURIR

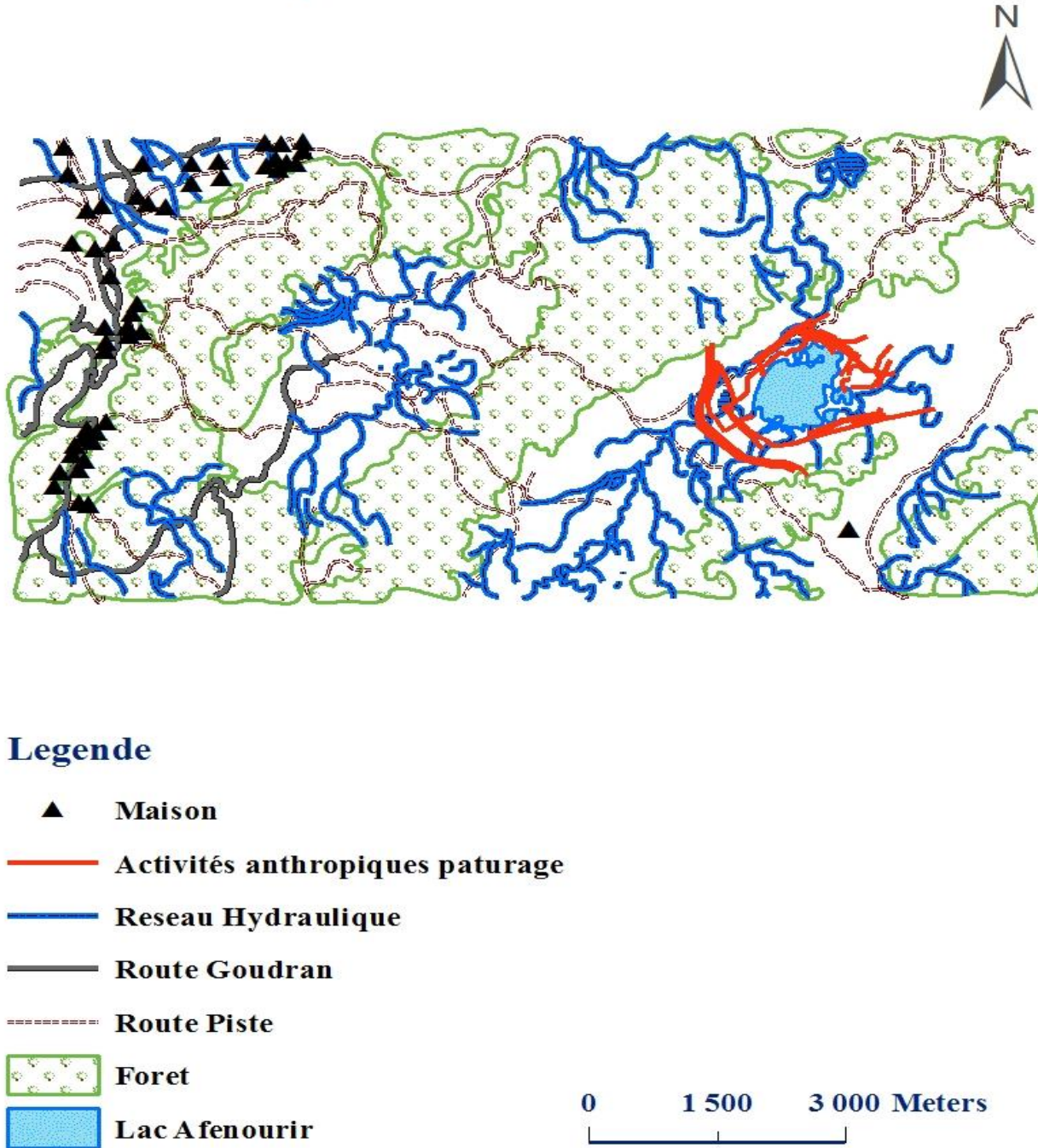


Figure 69 : Carte d'occupation du sol de la zone humide Afenourir

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES - SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Résumé

Ce travail rentre dans le cadre de la bonne gestion d'un écosystème aquatique AFENOURIR appartient au PNI, aussi bien une conservation de sa biodiversité et sa richesse pour sa restauration et son maintien contre toute sorte de menace. En effet, dans un premier temps un diagnostic de la zone humide a été mené au niveau du site. Il consiste en l'analyse et l'identification des différentes biodiversités, faunistique et floristique, pendant la période Avril 2015-Juin 2016. La biodiversité faunistique, est englobée d'une part un inventaire de la macrofaune benthique comme des bio-indicateurs de pollution ; par un total de 4945 individus recensés, correspondant à 17 familles appartenant à 4 groupes faunistiques ont été recensés. Une comparaison est faite entre les taxons polluo-tolérants et polluo-sensibles dans le but de déterminer l'état et le degré de dégradation de la zone humide. Et d'autre part l'identification des espèces avifaune pour évaluer l'écosystème. Si les espèces floristiques jouent un rôle majeur de protection de substrat et l'équilibre de l'écosystème aquatique, elles peuvent aussi être comme bio-indicatrices de pollution. La flore de cette zone humide montre une moindre richesse en terme de flore aquatique qui représente seulement 5 espèces dont : *Ranunculus Aquatilis*, *Potamogeton Pectinatus*, *Myriophyllum Spicatum*, *Chara Globularis* (algue), et *Scirpus Des Marais* ; par contre la flore terrestre montre une diversité d'espèces. Une évaluation de la qualité de l'eau a été effectuée durant la campagne d'échantillonnage Juin 2015-Mars 2018. Un suivi et analyse spatiotemporelle des différents traceurs physico-chimique in-situ et au laboratoire (Nitrites, Nitrates, Orthophosphates, Ammonium, Sulfates, TA, TAC, TH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-). La typologie ACP de ces paramètres nous a montré une influence climatique d'un côté et anthropique d'un autre. Sans oublier bien évidemment le côté social pour élucider les causes de dégradation de cette zone, afin d'identifier les différents usagers de la zone et leur contexte synergétique et conflictuel. Par la mise en évidence du bilan des intérêts de chacun des types d'usagers en corrélation avec les objectifs écologiques. Dans un deuxième temps, une évaluation patrimoniale des enjeux écologiques et socio-économiques de la zone humide, aussi bien les services écosystémiques ont été faits pour la planification, la prise de décision et de la mise en œuvre d'un Plan d'Aménagement et de Gestion du site RAMSAR AFENOURIR basé sur la restauration et la conservation durable de cette zone humide.

Mots- clés : Afenourir, Zone humide, Biodiversité, hydrochimie, PAG

Abstract

This work falls within the framework of the good management of an aquatic ecosystem, AFENOURIR belongs to the National Park of Ifrane, as well a conservation of its biodiversity and its richness for its restoration and its maintenance against any kind of threat. In fact, initially a diagnosis of the wetland carried out at the site. It consists of the analysis and identification of the different biodiversities, faunistic and floristic, during the period April 2015-June 2016. Faunistic biodiversity is included on the one hand an inventory of benthic macrofauna as bio-indicators of pollution ; by a total of 4,945 individuals identified, corresponding to 17 families belonging to 4 faunistic groups were identified. A comparison made between polluo-tolerant and polluo-sensitive taxa in order to determine the state and degree of degradation of the wetland. On the other hand, the identification of avifauna species to assess the ecosystem. While plant species play a major role in protecting the substrate and the balance of the aquatic ecosystem, they can also be bio-indicators of pollution. The flora of this wetland shows less richness in terms of aquatic flora which represents only 5 species including: *Ranunculus Aquatilis*, *Potamogeton Pectinatus*, *Myriophyllum Spicatum*, *Chara Globularis* (algae), and *Scirpus Des Marais*; on the other hand, the terrestrial flora shows a diversity of species. An assessment of the water quality was carried out during the June 2015-March 2018 sampling campaign. A spatiotemporal monitoring and analysis of the various in-situ physicochemical tracers and in the laboratory (Nitrites, Nitrates, Orthophosphates, Ammonium, Sulfates, TA, TAC, TH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^-). The PCA typology of these parameters has shown us a climatic influence on one side and an anthropogenic influence on the other. Without forgetting of course the social side to elucidate the causes of degradation of this area, in order to identify the different users of the area and their synergistic and conflicting context. By highlighting the balance sheet of the interests of each type of user in correlation with ecological objectives. Secondly, a heritage assessment of the ecological and socio-economic issues of the wetland, as well as the ecosystem services, carried out for the planning, decision-making and implementation of a Development Plan and management of the RAMSAR AFENOURIR site based on the restoration and sustainable conservation of this wetland.

Key Words: Afenourir, Wetland, Biodiversity, hydrochemistry, Development and management plan (DMP)