

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



**Mémoire présenté pour obtenir le diplôme de
Master en Biologie**

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie, Biodiversité, Evolution et Conservation

Thème

**Etude de l'effet des sels nutritifs phosphatés et azotés sur
l'évolution de l'état écologique de la plaine d'eau du lac
de Réghaia**

Réalisé par :

M^{elle} AFIRI Hanane

M^{elle} AMROUCHE Ilhem

Soutenu publiquement le 04/07/2017 Devant le Jury composé de:

Mme BENHABILES K.

Mr HARITI M.

Mr BOUHEZILA F.

MAA (UMBB)

MAA (UMBB)

MAA (USTHB)

Présidente

Encadreur

Examineur

Mme KHELLOUL F.

Ingénieur (CCR, Réghaia)

Invité

DEDICACE :

Je tiens avant tout à rendre gloire à Dieu pour sa bonté infinie, pour la santé et la paix accordées.

*Je tiens à dédier ce modeste travail à les plus chères, qui sont toujours sur être présente, sont supportés, conseillés et dirigés, Qui sont les personnes que j'aime les plus au monde et les plus chères à mon cœur, je profite cette occasion pour les remercier pour tout ce que ils ont fait pour moi. Qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation, Maman : **FATMA** et Mon père : **AHMED***

*J'adresse mes remerciement les plus distingués à mes parents, qu'ils mon aider et soutenus dans les moments les plus difficiles tout le long de mes d'étude. Ainsi que toute ma famille, et plus particulièrement mes chères frères : **Madjid et sa femme meriem et mon petit frère Fateh**, et mes adorables sœurs : **Nadia, Lynda, Karima, Fayza et Salima***

*À ma chère binôme et ma très chère amie ma belle **AMROUCHE Ilhem** et leur famille.*

À mes cousins et cousines.

*À celle qui partage ma vie, qui à émie un rayon de soleil dans mon chemin, à mes très chères amies : **Nabila, Khadidja, Zineb, Selma et Nawal***

*Je tiens aussi à témoigner mon immense gratitude à tout mes amis, spécialement mes meilleure amis **Abdelghani et amine khaled** qu'ils mon aider depuis le début de ce travail*

Enfin, je le dédie tous ceux que je connais et qui me connaissent, tous ce que j'aime et qui m'aime de prêt ou de loin, tous ceux qui ont l'amour d'apprendre. Enseignants, enseignantes, amis et collègues j'exprime ma gratitude.

Hanane

DEDICACE :

Je tiens avant tout à rendre gloire à Dieu pour sa bonté infinie, pour la santé et la paix accordées.

Je tiens à dédier ce modeste travail à les plus chères, qui sont toujours sur être présente, sont supportés, conseillés et dirigés, Qui sont les personnes que j'aime les plus au monde et les plus chères à mon cœur, je profite cette occasion pour les remercier pour tout ce que ils ont fait pour moi. Qui ont attendu avec patience les fruits de leur bonne éducation, Maman : NACERA Mon père : BOUALLEM

À ma sœur que j'admire tant pour leurs parcours de formation que pour leurs réussite professionnelle qui m'e soutenu et encouragé : Meryem, et son mari Abd el Salem, leurs enfants les plus chères de mon cœur mes petites : Wassim, Wissam et Naila.

À ma petite sœur et la fleur de ma vie Selma.

À mon frère Rabah.

À l'esprit de ma grand-mère que dieu prêt à son âme.

À ma chère binôme et ma très chère amie ma belle AFIRI Hanane et leur famille .

À mon compagnon de route.

À mes oncles, leurs épouses et leurs enfants. Surtout mon oncle Youcef .merzak, Rachid et ismail.

À mes tantes et leurs familles.

À mes cousins et cousines.

À toutes la famille : Amrouche, Bendahman et Bouchefér.

À celle qui partage ma vie, qui à émie un rayon de soleil dans mon chemin, à mes très chères amies :, sarra , meryem , lynda. hayet saida , , Nabila, houda et nour el houda .

Enfin, je le dédie tous ceux que je connais et qui me connaissent, tous ce que j'aime et qui m'aime de prêt ou de loin, tous ceux qui ont l'amour d'apprendre. Enseignants, enseignantes, amis et collègues j'exprime ma gratitude.

ILHEM

Sommaire

SOMMAIRE	page
Liste des figures	
Liste des tableaux	
liste d'abréviation	
Introduction.....	1
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	
I.1. Les nutriments.....	2
I.1.1. Le phosphore.....	2
I.1.2. L'azote.....	4
I.1.3. L'origine de ces nutriments.....	6
I.2. l'eutrophisation.....	7
I.3. Les mécanismes d'eutrophisation	8
I.4. Les conséquences d'eutrophisation.....	9
I.4.1. Niveaux trophiques des lacs (Moss, 1980).....	10
I.5. Les facteurs et les activités humaines.....	11
I.6. L'évaluation de l'état écologique par l'utilisation des indices et des paramètres.....	11
I.7. Les paramètres physico-chimiques.....	12
I.8. Les indices d'état écologique.....	13
CHAPITRE II : CADRE Physique	
II.1. Historique.....	14
II .2.Situation géographique de la région d'étude.....	14
II .3.Caractéristique physique.....	15
II.3.1. Géologie.....	15
II.3.2. Géomorphologie.....	16
II.3.3.Pédologie.....	16
II.3.4Hydrologie.....	16

Sommaire

II.4. Caractéristique écologique	17
II.4.1. Facteurs climatiques.....	17
II.5. Synthèse climatique.....	19
II.6. Les facteurs biotiques : faune et flore.....	22
II.6.1. La faune.....	22
II.6.2. La flore	22
II.7. Les principaux facteurs de dégradation du lac.....	23
II.7.1. L'activités industriel.....	23
II.7.2. L'écosystème agricole.....	24
II.7.3. Pollution d'origine urbaine.....	24
 CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES	
III.1. Stratégie d'échantillonnage.....	26
III.2. Echantillonnage et prélèvement.....	29
III.3. Analyses des paramètres physiques et chimiques.....	29
III.3.1. Analyses de la transparence à l'aide de disque de Secchi.....	29
III.3.2. Mesure de la température, la conductivité électrique et l'oxygène dissous.....	30
III.3.3. Dosage des composés azotés.....	30
III.3.3.1. Dosage du nitrate (NO_3^-).....	30
III.3.3.2. Dosage des nitrites (NO_2^-) : Méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.....	31
III.3.3.3. Dosage d'azote ammoniacal (NH_4^+) : Méthode de Nessler.....	32
III.3.4. Dosage des sels nutritifs phosphatés.....	32
III.3.4.1. Dosage des orthophosphates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.....	32
III.3.5. La chlorophylle (a).....	33
III.4. Calcul des indices de l'état trophique	34
III.4.1. l'indice TRIX.....	34
III.4.2. L'indice de Carlson (TSI).....	35

Sommaire

III.4.3. L'indice TLI.....	36
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	
V.1.Caractéristiques générales des eaux du lac de Réghaia.....	38
IV.1.1.Les paramètres physiques	38
IV.1.2.Les paramètres chimiques.....	39
IV.2. L'évolution d'état trophique.....	40
IV.3. Classification des stations sur la base de la physicochimie de l'eau du lac au moyen d'une ACP	43
IV.4. La présentation cartographique de l'évolution d'état trophique du lac de Réghaia durant la période de printemps.....	46
Conclusion général.....	48
Référence Bibliographique	

Liste des figures :

Figure 1 : Schéma du cycle biogéochimique de phosphore

Figure 2 : Schéma du cycle géochimique de l'azote

Figure 3 : processus d'eutrophisation des lacs (Gouvernement du Québec . 2002)

Figure 4 : Situation géographique du site du lac de réghaia (DGF.2005)

Figure 5 : Histogramme des précipitations mensuelles en mm (1977-2005)

Figure 6 : Diagramme ombrothermique de Bagnoles et Gaussen pour la station de Réghaia

Figure 7 : Situation de la région de Réghaia dans le climmagrame d'Embergre Dajoz(2006)

Figure 8 : Répartition des points d'échantillonnage sur le lac de Réghaia

Figure 9 : Photographie du lac de Réghaia

Figure 10 : Photographie des sites de prélèvement(station A.B.C.D.E.F)

Figure 11 : Disque de secchi conçu lors de cette étude

Figure12 : Evolution spatiotemporelle de la température ;du pH ;de la conductivité électrique et de la transparence de l'eau du lac de réghaia (du mars à mai 2017)

Figure 13 : Evolution spatiotemporelle des paramètres chimique et leur moyenne des eaux du lac

Figure 14 : Evolution spatial d'état trophique par les indices

Figure 15 : Cercle de corrélation des variables physico-chimiques en saison de printemps

Figure 16 : Carte factorielles des stations pendant la saison de printemps

Figure 17 : Classification Hiérarchique Ascendante des stations

Figure 18 : Représentation de la distribution géographique de l'état trophique du lac de Réghaia

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Température de l'air et précipitations moyennes mensuelles (ONM .1977-2005).source :ONM(2007)

Tableau 2 : Evolution des précipitation mensuelles en mm (1977-2005). Source :ONM (2007)

Tableau 3 :Catégories de classe du TRIX

Tableau 4 : Catégories de classe du TSI et les attributs écologiques

Tableau 5 : Etats trophiques et les paramètres quantitatives correspondant pour l'indice de niveau trophique TLI. Reproduced from Environment Bay of plenty .Tropic level .Index.[http //www.ebop.govt.nz/Water/Lakes/Trophic-Index asp](http://www.ebop.govt.nz/Water/Lakes/Trophic-Index.asp) with permission

Tableau 6: Effet des sels nutritifs (matrice de corrélation)

Liste d'abréviation :

ACP : analyse en composantes principale et méthode de classification

CO₂ :dioxide de Carbone

Chl a: chlorophylls a

C°: degré Celsius

Cm: centimeter

DBO: demande biochimique en oxygène

DSA :structures administratives ministère de l'agriculture

DGF : direction générale des forets

IUCN :international union for conservation of nature

ONM : office national de la météorologie

ONS: office national des statistiques

PH : potentiel hydrogène

PAC : programme d'aménagement côtière

NH₄⁺ : ammonium

NO₂⁻ : nitrite

NO₃⁻ :nitrate

T°: temperature

TSI : indice de Carlson

Introduction

Les plans d'eau sont très nombreux en Algérie et abritent des ressources biologiques très précieuses et diversifiées. Ces milieux sont d'eau douce, saumâtre, salée ou hyper salée. Les premiers sont largement utilisés pour l'irrigation. Les autres milieux peuvent être valorisés par une exploitation rationnelle et durable pour leur faune ou pour le sel qu'ils produisent **(Baouia, Koul, 2008)**

L'Algérie, de par sa configuration physique et la diversité de son climat est riche en zones humides. Certaines sont reconnues d'importance majeure au niveau national voire international. Toutefois, à l'instar de l'ensemble du Maghreb elles sont menacées et font l'objet de perturbations parfois irréversibles (surpâturage, pollution, pêche) ; bien qu'une prise de conscience et une volonté de conservation soient observées ces dernières années **(Rhazi et al., 2006)**. A ce titre, les zones humides inscrites sur la liste Ramsar n'échappent pas à ce traitement et restent surexploitées et ne font l'objet d'aucune mesure de protection **(Bouldjedri et al., 2011)**.

Le lac Réghaia qui est choisi dans la présente étude est partiellement alimenté à partir de la nappe d'eau de la Mitidja, il est considéré comme un site d'importance internationale car il constitue le dernier vestige de l'ancienne Mitidja. Il reste actuellement la seule zone humide de la région biogéographique de l'Algérois.

Par ailleurs, le lac sert de collecteur et de réservoir de pollutions diverses, provenant d'une part des déchets industriels et urbains et d'autre part des eaux traversant les terres agricoles engendrant un lessivage d'engrais et de pesticides. Dans sa partie amont principalement, des études antérieures, portant sur l'évaluation de quelques paramètres de pollution, ont montré que le lac a dépassé le seuil de pollution admissible. Les fortes teneurs en polluants ne peuvent être intégralement imputées à l'usine de détergents. Elles sont dues également aux rejets des eaux domestiques des agglomérations environnantes **(Gaujous, 1995)**

Les objectifs de cette étude seraient de suivre l'effet des sels nutritifs sur l'évolution de l'état écologique du lac de Réghaia et de déterminer l'influence de la pollution sur cet écosystème.

Cependant, le terme d'eutrophisation est couramment utilisé pour désigner un plan d'eau caractérisé par une prolifération intense d'algues et de macrophytes qui s'accumulent. Cette accumulation de matière végétale peut entraîner des altérations de la qualité de l'eau et entraver l'utilisation de cette ressource vitale pour l'homme **(Bernard, 2001)**

La première partie présente une synthèse bibliographique, où nous allons présenter trois concepts généraux nécessaires à une bonne compréhension de la problématique. Dans un premier temps, une section sur les nutriments puis l'eutrophisation et à la fin l'évaluation de l'état écologique basé sur l'utilisation des indices.

I.1. Les nutriments

Les nutriments sont des substances nutritives essentielles à la croissance des végétaux, notamment les algues présentes dans l'eau de surface. Parmi ces substances on note le carbone, l'azote, le phosphore et la silice pour certaines espèces. Le manque de disponibilité ou la réduction de l'apport de l'un de ces nutriments entraîne donc une diminution de la biomasse algale du plan d'eau; c'est le concept de facteur limitant (rapport C/N/P). En général, le carbone ne limite pas la croissance des algues sauf dans les étangs très riches ou dans les lagunes d'eaux usées, où l'eau est saturée en azote et en phosphore. Dans les eaux de surface, l'azote et le phosphore sont habituellement les principaux facteurs limitant la croissance des algues (**Bergeron et al., 2002**).

Un nutriment limitant est un nutriment qui est nécessaire à la croissance des plantes et des algues, mais qui est disponible en quantité insuffisante dans le milieu aquatique pour leur permettre d'augmenter leur abondance. Il existe plusieurs nutriments limitant dans un lac, le principal est le phosphore.

I.1.1. Le phosphore

Le phosphore provient à la base de l'altération de la roche ignée. Il ne se trouve pas à l'état libre dans la nature. Il s'agit donc d'un dérivé du phosphate de calcium présent dans les roches de surface, l'apatite ou la phosphorite. Le phosphore total est un paramètre mesuré et analysé dans le cadre de différentes campagnes de suivi de la qualité de l'eau. Il s'agit de la somme des composés phosphorés dans l'eau (**Lapalme, 2006**).

Le phosphore minéral est présent dans l'eau essentiellement sous forme de phosphates solubles ou insolubles (orthophosphates, polyphosphates).

Le phosphore (P), tout comme l'azote, est également un élément nutritif essentiel à la croissance des végétaux. On dit que le phosphore est un élément limitant de la croissance des algues. En effet, celle-ci dépend des apports de l'élément nutritif le moins disponible. L'abondance naturelle du phosphore est particulièrement faible par rapport aux besoins des organismes. Ainsi, le rapport phosphore/tissus végétaux est de 1/500. Cela signifie que l'introduction de 1 kg de phosphore dans l'eau entraîne la production de 500 kg de biomasse végétale (**Lapalme, 2006**).

Cet élément est plus important à considérer pour évaluer la qualité de l'eau d'un lac. Un accroissement de la concentration de phosphore est accompagné par une augmentation de la biomasse végétale et de la turbidité de l'eau, laquelle peut réduire la transparence, ainsi que d'autres changements biologiques souvent indésirables (**Sondergaard et al., 2003**), tels que des changements dans les espèces présentes (**Dodds, 2006**).

Le phosphore se retrouve en faible quantité dans les lacs où il existe sous trois formes : inorganique, organique (dérivé des organismes vivants) et organique dissous. Les algues et les plantes utilisent une forme de phosphore inorganique pour leur nutrition.

Il y a un lien entre la concentration de phosphore, la productivité du lac et son niveau trophique. Les lacs eutrophes ont une forte concentration de phosphore. Il peut être présent dans l'eau soit sous forme particulaire soit sous forme dissoute.

Dans la figure 1, on donne le cycle de phosphore.

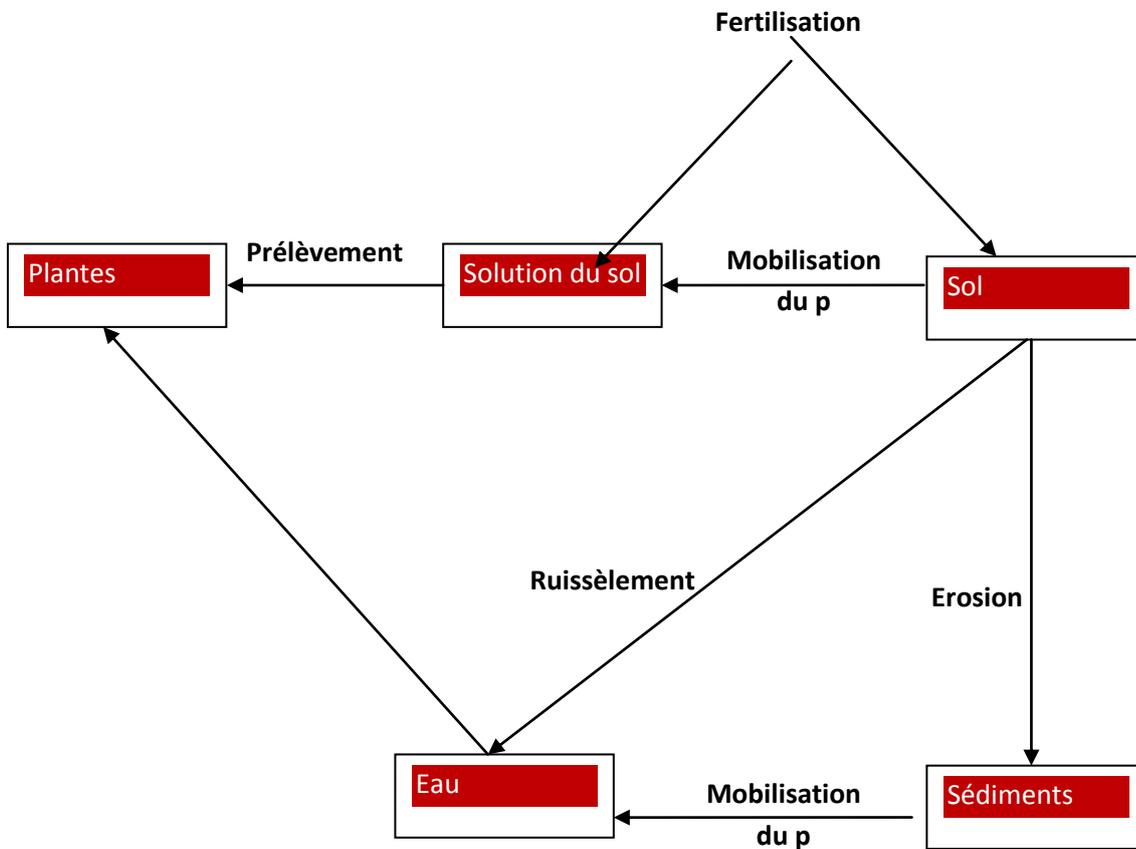


Figure1: le cycle biogéochimique de phosphore. (Dodds, 2006).

I.1.2. L'azote

L'azote est un élément qui peut se transformer biochimiquement ou chimiquement par une série de processus formant le cycle de l'azote. Les campagnes de suivi de la qualité de l'eau mesurent diverses formes d'azote: l'azote total, l'azote ammoniacal et les nitrites/nitrates.

C'est un minéral qui existe sous différentes formes dans l'atmosphère, l'eau de pluie et la neige, le sol et les milieux aquatiques. C'est un nutriment essentiel pour la survie de tout organisme vivant.

L'azote soluble ou attaché aux sédiments qui ruisselle vers les eaux de surface peut dégrader la qualité de l'eau et la diversité biologique ou encore entraîner l'eutrophisation. L'acide

nitrique est la source des pluies acides qui causent des dommages à la végétation, acidifient les eaux de surface et réduisent la biodiversité dans les milieux aquatiques (**Hamoudi, 2007**).

L'azote ammoniacal regroupe différents types de molécules qui comprennent l'ammonium ou l'ammoniac en association avec d'autres molécules comme le chlore.

L'ammonium (NH_4^+) est directement assimilable par les plantes. Il se lie aux particules d'argile minérale et de matière organique et peut être transporté vers l'eau de surface sous forme attachée aux sédiments et à la matière en suspension. Sous certaines conditions le NH_4^+ peut être nuisible au milieu aquatique.

Rapidement, l'ammonium peut être transformé en nitrite (NO_2^-), puis en nitrate (NO_3^-), la forme préférentielle d'absorption par les plantes et la plus disponible. Les nitrates peuvent facilement être dissous dans l'eau et ainsi être transportés.

L'azote (N) a un cycle complexe parce qu'il existe sous forme de composés solides, gazeux ou dissous dans des liquides. Dans la matière vivante, il est étroitement couplé aux autres éléments, au point que, dans l'océan, leur rapport est quasi constant. Beaucoup de composés azotés ont un intérêt économique et le cycle naturel de l'azote est aussi perturbé par les activités humaines.

Le cycle biogéochimique de l'azote (figure 2) joue un rôle important pour une large gamme de problèmes environnementaux :

- 1- Réchauffement climatique (N_2O est un GES 200 fois plus puissant que CO_2).
- 2- Pollution atmosphérique.
- 3- Pluies acides.
- 4- Destruction de l'Ozone stratosphérique.

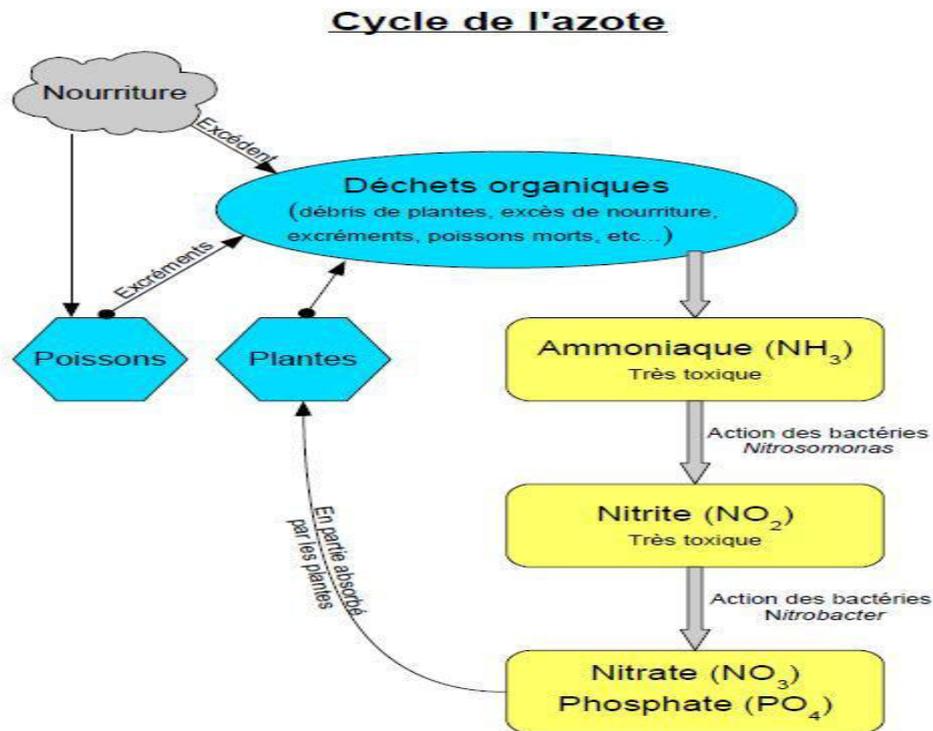


Figure2: le cycle géochimique de l'azote.

I.1.3. Origine de ces nutriments

L'azote et le phosphore se trouvent en quantité importante dans plusieurs rivières et lacs du territoire. Ils proviennent de sources diffuses de pollution de l'eau, réparties sur l'ensemble du territoire, et subissent des transformations physiques, chimiques et biologiques pendant leur transport, d'où la difficulté d'identifier les causes de leur présence dans une rivière ou dans un lac (**Hamoudi, 2007**).

On note en général deux sources de phosphore et d'azote. Des sources naturelles et d'autres anthropiques

✓ Sources naturelles

- La grande majorité du phosphore provient de certains types de roche qui, sous l'effet des conditions géologiques et atmosphériques, s'érodent lentement puis libèrent le phosphore dans l'environnement.

- Eaux de ruissellement ; le phosphore et l'azote peuvent entrer dans les lacs par les eaux de ruissellement même sans intervention humaine dans le bassin versant, car ce sont des éléments qui se retrouvent de façon naturelle dans le sol et la matière organique.
- Les déjections animales ainsi que la décomposition de la matière organique après la mort des organismes est une autre source de phosphore et d'azote. Suite à ce processus, ces éléments peuvent se retrouver soit dans les milieux lacustres, soit dans l'atmosphère ou dans les sols.
- Certaines algues et cyanobactéries peuvent extraire l'azote gazeux de l'air et le transformer en des formes qu'elles pourront utiliser.

✓ Sources anthropiques

La quantité de phosphore et d'azote dans les eaux de plusieurs lacs a augmenté de façon considérable depuis quelques décennies en raison du développement de collectivités humaines. Parmi les principales sources anthropiques de phosphore et d'azote, mentionnons :

- L'utilisation d'engrais et de fertilisants.
- L'aménagement de grands centres urbains et l'artificialisation des surfaces.
- L'intensification du défrichage et du déboisement.
- Les rejets provenant des stations de traitement des eaux usées ou les rejets industriels.
- Le dysfonctionnement et le mauvais entretien des installations septiques.
- L'utilisation de détergents à lave-vaisselle riches en phosphates.

I.2. Eutrophisation

Définition de l'eutrophisation

L'eutrophisation, aussi appelée vieillissement d'un plan d'eau, est l'enrichissement en matières organiques et en éléments nutritifs qui conduit à la prolifération des végétaux aquatiques. La multiplication et la décomposition de ces végétaux entraînent des modifications de la qualité de l'eau dont l'appauvrissement de l'oxygène des eaux profondes ainsi que des changements biologiques telle la mortalité de certaines espèces de poissons. (Kalf, 2002).

L'eutrophisation est un processus qui, de façon naturelle, s'étale sur des siècles ou des millénaires, mais qui peut être fortement accéléré par des apports extérieurs de nutriments provenant de diverses activités humaines.

Les éléments souvent considérés sont le phosphore et l'azote car ces deux éléments limitent généralement la croissance des producteurs primaires plus que tout autre élément (**Wetzel et Likens, 2000**).

Dans un plan d'eau, les éléments nutritifs sont présents à de faibles concentrations et assurent une croissance normale des plantes aquatiques et des algues microscopiques (phytoplancton). Lorsque le phosphore devient trop abondant, il cause une croissance excessive des végétaux aquatiques. Cet envahissement par les plantes aquatiques et les algues a pour effet de détériorer la qualité des eaux, affectant ainsi la qualité esthétique, le goût et l'odeur de l'eau et modifiant la composition de la faune aquatique présente, dont celle des espèces de poissons d'intérêt sportif. En mourant, ces végétaux aquatiques s'accumulent au fond du lac, favorisant son envasement. Le niveau d'oxygène dans l'eau diminuera progressivement puisque cet élément est utilisé dans le processus de décomposition des plantes par certains types de bactéries ; c'est ce que l'on appelle l'anoxie des eaux profondes. La santé et la pérennité du plan d'eau ainsi que les différents usages humains sont donc grandement affectés par l'eutrophisation.

I.3. Les mécanismes d'eutrophisation

La pollution du milieu aquatique par un apport important de nutriments azotés et phosphorés est à la base de ce processus, qui cause le déséquilibre de l'écosystème suite à la modification de la composition de l'eau et des organismes vivants dans ce milieu.

Les mécanismes de ce phénomène sont chronologiquement et schématiquement les suivants :

- Prolifération de la biomasse végétale du plan d'eau s'accompagnant d'une activité photosynthétique très forte, avec deux effets secondaires : la saturation en oxygène durant le jour, le niveau de celui-ci baissant pendant la nuit jusqu'à franchir le seuil critique pour certaines espèces, et l'augmentation du pH due à l'absorption de CO_2 avec déplacement de l'équilibre $\text{NH}_4\text{-NH}_3$ et dépassement du seuil de toxicité.

- Dégradation microbienne de cette masse végétale, avec la consommation de l'oxygène du milieu et la production possible d'ammoniac par réduction fermentative nitrites et d'hydrogène sulfuré toxique pour les poissons (**Benneton J, 1986**).

Les sources d'enrichissement sont principalement l'érosion du bassin versant, les eaux usées des zones urbanisées, et l'engrais d'origine agricole (**Pitois et al., 2001**).

L'eutrophisation des lacs et des rivières est un problème croissant à l'échelle mondiale et affecte de plus en plus les communautés (**Skulberg et al., 1984**)

I.4. Conséquences d'eutrophisation

L'eutrophisation entraîne plusieurs conséquences sur la qualité physico-chimique, biologique et organoleptique de l'eau. Autres inconvénients, on peut citer : la prolifération des macrophytes et des algues, la diminution de la transparence de l'eau, les problèmes d'odeur et de goût, la diminution de la concentration d'oxygène dissous, la perte de biodiversité, la diminution de la valeur esthétique d'un plan d'eau (**Gangbazo et al., 2005**), (**Rousseau et al., 2004**) et le comblement accéléré de ce même plan d'eau. L'état d'eutrophisation d'un lac n'est pas absolu, mais plutôt réversible, dans la mesure où l'eutrophisation a été accélérée par des facteurs anthropiques et que ceux-ci disparaissent.

L'impact de l'eutrophisation sur le fonctionnement écologique des milieux lagunaires dépend principalement de la quantité en sels nutritifs apportée par le bassin versant de la lagune.

Les conséquences principales de ce phénomène sont :

- modification de la flore avec accroissement des risques d'envasement.
- modification de la faune entraînant notamment la disparition des espèces les plus fragiles telles que les salmonidés.
- baisse de l'intérêt économique de l'eau (pêche, activités nautiques).
- altération de la valeur utilitaire de l'eau avec notamment des difficultés croissantes pour la rendre potable.

I.4.1. Niveaux trophiques des lacs (Moss, 1980)

Les niveaux trophiques des lacs sont principalement de trois niveaux à savoir le niveau trophique Oligotrophe, mésotrophe et Eutrophe (Figure 3)

Oligotrophe : Ces lacs ont des eaux claires, pauvres en éléments nutritifs et ont une faible productivité biologique. Ils sont généralement profonds et leur bassin versant est relativement petit.

Mésotrophe : les lac reçoivent une quantité plus grande d'éléments nutritifs et ont une productivité biologique modérée. Des changements dans les espèces présentes apparaissent.

Eutrophe : Ainsi, les lacs sont très enrichis en éléments nutritifs et caractérisés par une productivité biologique élevée et il peut en résulter une perte de la diversité des espèces

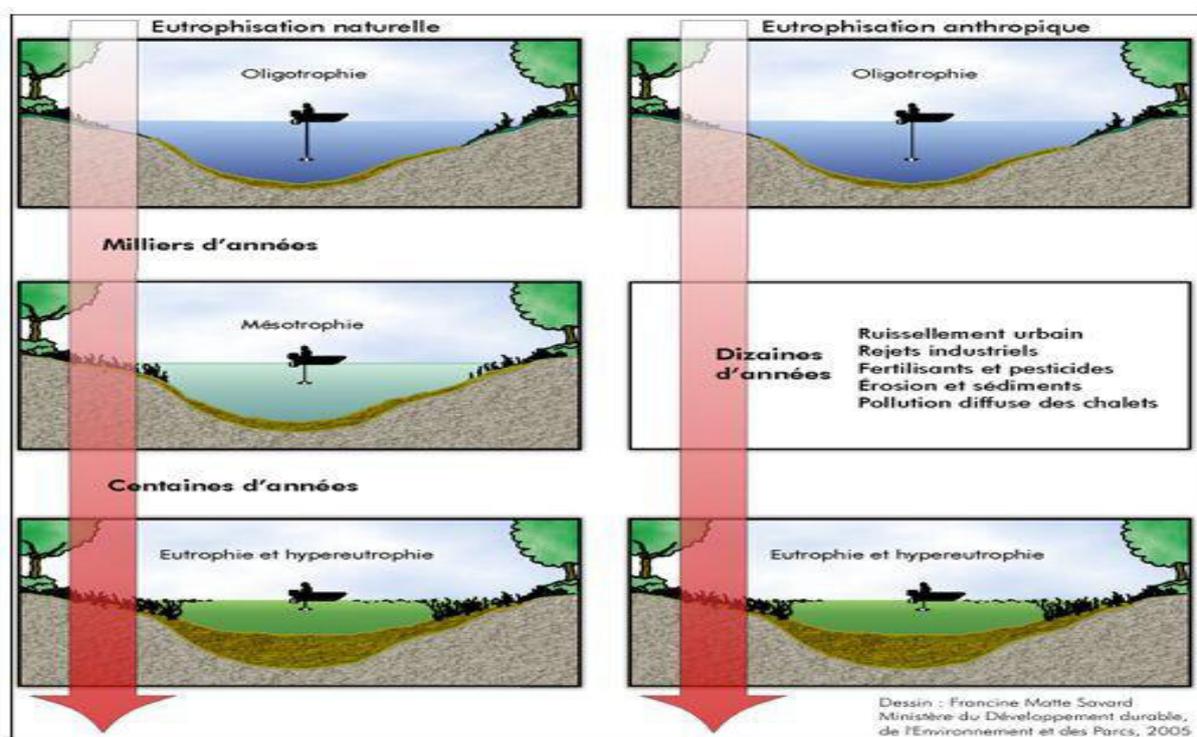


Figure 3: Le processus d'eutrophisation des lacs (Gouvernement du Québec, 2002)

I.5. Les facteurs et les activités humaines

Les milieux aquatiques sont tout particulièrement affectés par les activités humaines: modification ou disparition des habitats, résultant le plus souvent de travaux d'aménagement, pollutions d'origines diverses, l'érosion des terres agricoles, la contamination des eaux souterraines par les nitrates et l'eutrophisation des milieux aquatiques.

Les activités industrielles localisées dans la zone industrielle de Réghaia-Rouiba et El Harrach-Bab Ali sont responsables partiellement des pollutions métalliques enregistrées dans quelques stations de Réghaia El Kaddous (**ENSSMAL, 2003**). Les activités agricoles, du fait de l'utilisation des engrais sont également une source de pollution par les nitrates et les phosphates.

En général, la contamination des eaux présente des risques majeurs tel que :

- La pollution due aux rejets des déchets solides (ordures ménagères) et eaux usées (urbaines, industrielles et agricoles).
- Les activités humaines pratiquées dans le bassin versant d'un lac ont diverses répercussions sur la santé de ce dernier.

L'objectif principal de l'entretien des lacs est de déterminer les activités humaines nuisibles et de trouver des solutions visant à modifier les pratiques liées à ces activités afin qu'elles soient plus respectueuses de l'environnement. En somme, l'entretien des lacs a pour objectif de protéger et de restaurer l'intégrité chimique, physique et biologique du lac.

I.6. Evaluation de l'état écologique par l'utilisation des indices et des paramètres

L'évaluation de l'état trophique d'un lac peut se faire de deux façons. La première méthode consiste à comparer les résultats du suivi effectué avec des valeurs de référence servant à interpréter les données. La deuxième approche consiste à suivre l'évolution des mesures dans le temps pour détecter des signes de vieillissement du lac.

Les paramètres généralement utilisés pour évaluer le vieillissement des lacs sont les suivants (**Gouvernement du Québec, 2002**) :

- **Le phosphore total** : est l'élément nutritif dont la teneur limite ou favorise habituellement la croissance des algues et des plantes aquatiques. Il y a un lien entre la

concentration de phosphore, la productivité du lac et son niveau trophique. Les lacs eutrophes ont une forte concentration de phosphore.

- **La chlorophylle a** : est un indicateur de la biomasse algale globale, non discriminant entre les différents groupes d'algues. Elle répond à la charge nutritive et évolue dans la cellule en fonction du milieu. C'est pourquoi la chlorophylle a est utilisée pour classer les plans d'eau en fonction de leur niveau trophique (**Brient et al., 2004**). Cet indice indique la quantité d'algues microscopiques présentes dans le lac. La concentration de chlorophylle a augmente avec la concentration des matières nutritives. Il y a un lien entre cette augmentation et le niveau trophique du lac. Les lacs eutrophes produisent une importante quantité d'algues.
- **La transparence de l'eau** : est mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. La transparence diminue avec l'augmentation de la quantité d'algues dans le lac. Il y a un lien entre la transparence de l'eau et le niveau trophique. Les lacs eutrophes sont caractérisés par une faible transparence de leur eau.
- **La concentration d'oxygène dissous** : dans la partie profonde du lac (l'hypolimnion) est un indicateur du métabolisme du lac. Une faible concentration en oxygène dissous est souvent liée à une forte décomposition de la matière organique provenant d'une biomasse élevée d'algues et de plantes aquatiques. Les lacs eutrophes sont souvent en manque d'oxygène dans l'hypolimnion.
- **L'abondance des plantes aquatiques** : dans les zones peu profonde du lac (le littoral). L'accumulation de sédiments et l'enrichissement du lac en matières nutritives favorisent la croissance des plantes aquatiques et il y a une augmentation de leur étendue et de leur densité avec le changement de niveau trophique. Les lacs eutrophes sont souvent caractérisés par une forte abondance de plantes aquatiques.
- **L'abondance du périphyton** : sur les roches dans le littoral du lac. Le périphyton désigne les algues microscopiques vivant à la surface des objets submergés (roches, branches, piliers de quai, etc.). La présence et l'abondance du périphyton augmentent avec l'enrichissement du lac par les matières nutritives.

I.7. Les paramètres physicochimiques

Parmi les paramètres physicochimiques permettant le suivi l'évolution de la qualité des cours d'eau :

- Les nitrates, ils proviennent principalement de l'utilisation d'engrais pour l'agriculture.
- L'ammonium (ou azote ammoniacal), peu présent dans les eaux naturelles, c'est un indicateur de performance de l'épuration des rejets urbains.
- Les orthophosphates, ils proviennent notamment de l'utilisation d'engrais ou de détergents et interviennent avec les nitrates dans les processus d'eutrophisation.
- La demande biochimique en oxygène (DBO), elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques contenues dans l'eau.

I.8. Les indices d'état écologique

Des indices écologiques intègrent des données relatives à la physicochimie, à la biologie, à la productivité ou à la diversité (**Boikova et al., 2008**). **Vollenweider et al., 1998**, ont proposé un indice trophique (TRIX) pertinent permettant d'évaluer le statut trophique des eaux marines méditerranéennes côtières.

D'autres indices ont été adoptés, c'est l'indice de **Carlson** [qui est représenté par trois indices TSI(Secchi) transparence, TSI(Chlorophylle) et TSI (Phosphate total)] et aussi l'indice TLI (l'indice de niveau trophique TL_{azote}, TL_{phosphore} TL_{transparence} et TL_{chl}).

II.1. Historique

Avant les années 1930, lorsque les dunes retenaient l'Oued Réghaïa et que son lit n'avait pas été recreusé, il existait un marais naturel très riche en sauvagine, mais la quête de nouvelles terres agricoles a conduit à l'assèchement de l'oued par pompage, drainage et plantation d'eucalyptus (**Jacob P, 1979**).

Ce projet est finalement abandonné et une digue en terre est construite afin de créer un réservoir pour l'irrigation, puis une digue est construite pour retenir des volumes plus importants d'eau issus de l'oued. Le chenal en aval est alors re-calibré.

II.2. Situation géographique de la région d'étude

Le lac de Réghaïa, réserve naturelle inscrite sur la liste de Ramsar en novembre 2002 lors de la huitième conférence des parties contractantes à Valence en Espagne (**Ministère de l'agriculture, 2002**). Il correspond à l'estuaire de l'Oued Réghaïa dont l'embouchure est barrée par un cordon dunaire. Aujourd'hui, ces dunes sont doublées, sur quelques 600m en aval, d'une digue artificielle qui retient le lac permanent. La réserve abrite un plan d'eau d'une superficie de 75 ha (**Ministère de l'agriculture, 2001**).

Le lac de Réghaïa qui est choisi dans la présente étude est une zone humide côtière qui se localise à la limite Nord-est d'Alger à environ 30 Km sur le littoral méditerranéen et à 14 Km à l'Ouest de la ville de Boumerdès. Il correspond à l'estuaire de l'Oued de Réghaïa dont l'embouchure est barrée par un cordon dunaire à environ 600 m des dunes. La digue artificielle qui retient ses eaux a transformé son faciès en un étang permanent en amont.

Le lac s'étend sur plus de 3 Km de long dans le sens Nord-Sud avec plus de 500 m de large. Le site d'étude dans sa globalité couvre une superficie de 1100 ha comprenant la partie continentale et marine, intégrant l'île Agueli (Hadjret Bounettah) qui se trouve à 1 Km en mer face aux marais (**DGF 2006**).

Pour ce qui est du lac de Réghaïa ses coordonnées géographiques sont, 3°19' à 3°21' de longitude Est et 36°45' à 36°48' de latitude Nord. (**Chebli, 1971**).

Le site est non seulement un réservoir d'eau mais aussi un réservoir de biodiversité remarquable, il représente un patrimoine faunistique et floristique composé de plus de 230 espèces d'oiseaux sédentaires et de 233 espèces végétales peuplant la réserve. (**Boukhalfa, 1991**) (**Quezel et Santa, 1962**).

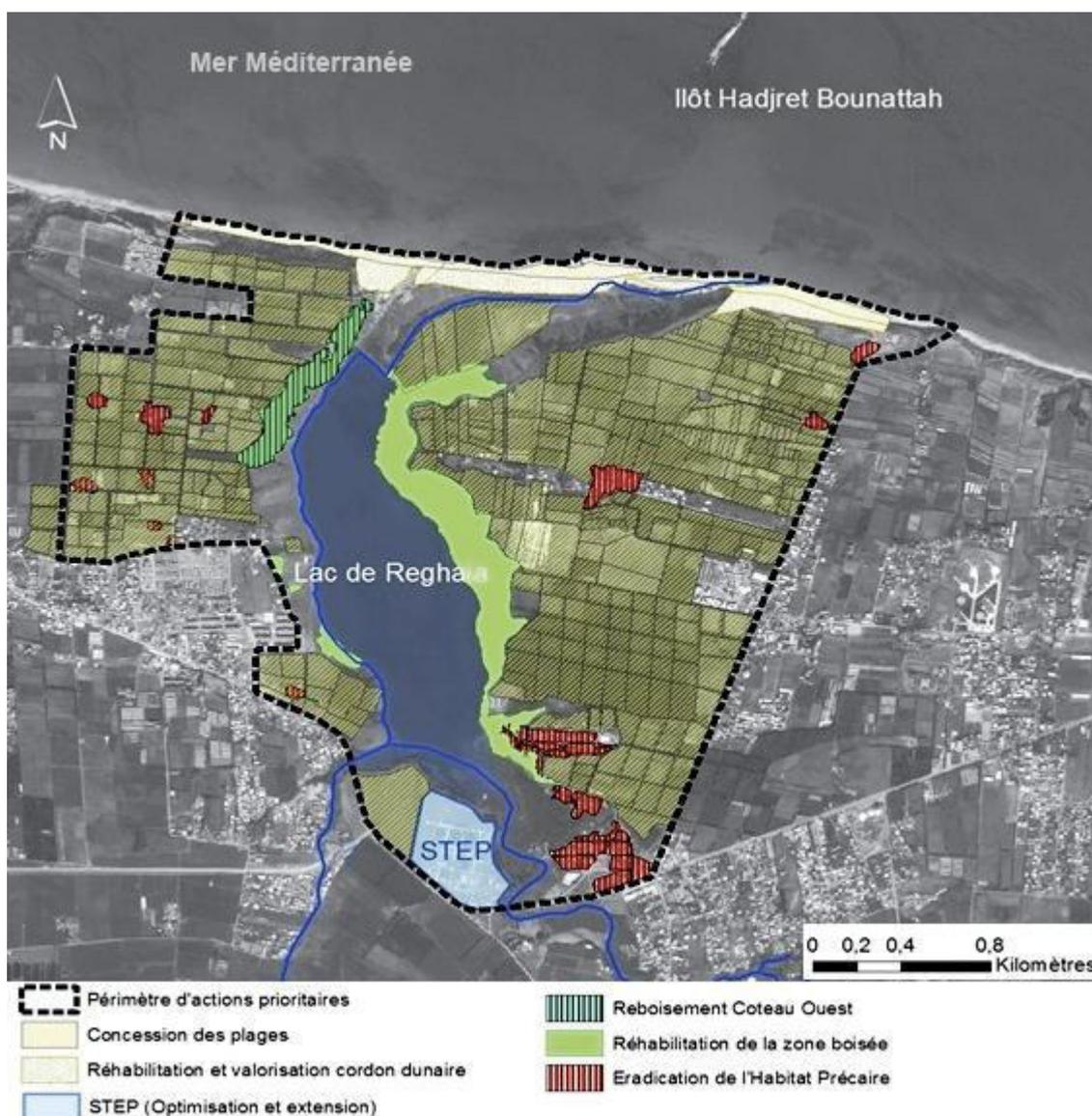


Figure 4 : Situation géographique du site du lac de Réghaia (DGF, 2005)

II.3. Caractéristiques physiques

II.3.1. Géologie

Située au Nord Est de la plaine de la Mitidja, la zone se caractérise par un synclinal néogène de dépôts fins du miocène et du plio-quadernaire. Son intérêt est souligné par son isolement géographique et sa position à mi-chemin entre les voies migratoires classiques de Gibraltar et du détroit Sicilo-Tunisien. Cette formation géologique est passée par un plissement puis un remblaiement (Mutin, 1977).

Les Principaux faciès géologiques sont de type alluvionnaire et marécageux, ceux datant du quadernaire récent et actuel se composent de dépôts marins et lacustres, d'alluvions récents

caillouteux et limoneux, de dunes consolidées, de lumachelles à pétoncles, de poudingues et de grès marins, de sable argileux et d'alluvions anciens datant du quaternaire.

II.3.2. Géomorphologie

La zone est localisée sur un plateau central surélevé de la région de Réghaïa. Sa surface, profondément creusée par de nombreuses vallées torrentielles, a une configuration ondulée sillonnée par l'Oued Réghaïa qui forme une petite vallée étroite comprenant deux versants. L'un à l'Est, appartenant anciennement aux domaines agricoles de Saïdani et Ali Khodja, est actuellement occupé par un Centre Cynégétique et une Station de Pompage, l'autre, à l'Ouest, est occupé par le Douar Aïn El Khahla et le Domaine agricole de Boudhane. A la partie Nord de la vallée s'allongent des dunes, plus ou moins fixées, qui séparent l'embouchure de l'Oued Réghaïa de la mer.

II.3.3. Pédologie

La zone littorale de Réghaïa présente un sol à tendance sablo-limoneuse, par contre la partie centrale, caractérisée par une terre fertile à tendance argileuse, est constituée par des sols bruns méditerranéens et des sols rouges brunifiés. (**Mutin, 1977**).

II.3.4. Hydrologie

La partie orientale de la plaine de la Mitidja est traversée par Oued Hamiz, Oued Boudouaou et Oued Réghaïa, malheureusement, ce dernier reçoit d'importants déversements d'affluents très pollués de la zone industrielle et des agglomérations avoisinantes (**Damine et Kaced 1993**).

Les eaux du lac proviennent des précipitations et du ruissellement des eaux des nappes phréatiques à l'origine de la formation du marais de Réghaïa qui est alimenté par trois cours d'eau :

- L'Oued Réghaïa, dont le bassin versant atteint 75 km², une partie atteignant 25km² est constituée par un territoire monticuleux, le reste est une plaine inclinée vers la mer. Il est alimenté par deux affluents à savoir Oued Guesbaï et Oued Berraba.
- L'Oued El Biar, prenant naissance aux environs de la zone industrielle de Rouiba-Réghaïa, traverse une grande partie des champs agricoles avant de se déverser au niveau du lac. Sa longueur atteint 4,075 mètres et son bassin versant 20 km².

- L'Oued Boueah, un affluent de l'Oued El Hamiz, débute près de la ville de Rouiba. Il draine les eaux de ruissellement des terres agricoles de la Plaine de la Mitidja dans sa partie Nord-est. Son bassin versant atteint 20 km².

II.4. Caractéristiques écologiques

II.4.1. Facteurs climatiques

Le climat est un facteur important dans la vie et l'évolution d'un écosystème (**Dajoz, 1972**)

Le lac de Réghaia est une zone humide côtière dont une partie des eaux superficielles provient des précipitations, d'où l'intérêt de l'étude climatique. Les climatologues admettent que le trait fondamental du climat méditerranéen est la sécheresse estivale qui peut être plus ou moins longue. De plus il y a, toujours, un contraste entre la saison froide qui est humide et la saison humide qui est sèche.

L'absence de station météorologique au niveau du site d'étude nous a contraints à exploiter les données enregistrées au niveau de la station de Dar El Beida à 12,80 Km à vol d'oiseaux de notre site d'étude. Les données climatiques ont été puisées dans les documents de l'Office National de la Météorologie (**ONM, 2007**), sur une période de 28 ans allant de 1977 à 2005.

Le vent

Ils sont d'habitude faibles à modérés, la direction prédominante est de Nord- Ouest. Le sirocco souffle en moyenne 5 jours par an. Les orages sont fréquents, surtout en hiver et en automne avec en moyenne 23,3 jours/an

L'humidité

La période humide englobe les trois saisons (automne, hiver, et printemps) et la période sèche correspond à l'été.

La température

La température est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent. La grande majorité des êtres vivants ne peut subsister que dans un intervalle de températures comprises entre 0 et 50° c, les exceptions se rencontrant surtout dans le milieu aquatique (**Dajoz, 2006**).

Les valeurs de températures et de la pluviométrie sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 1: Température de l'air moyennes mensuelles (ONM, 1977- 2005).

Mois	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUT	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
M°C	16,8	17,35	19,26	20,9	23,9	27,5	31,2	32,2	29,5	25,95	20,8	17,8
m°C	5,57	5,57	7,15	8,75	12,3	16	18,9	19,8	17,6	14,18	9,84	7,15
(M+m)/2	11,19	11,57	13,21	14,8	18,1	21,8	25,1	26	23,6	20,07	15,3	12,5

Source : ONM (2007)

M : moyenne mensuelle des températures maximales en °C.

m: moyenne mensuelle des températures minimales en °C.

(M+m)/2 : moyenne mensuelle des températures moyennes en °C.

La région de Réghaia est soumise à des variations thermiques importantes. Les températures extrêmes oscillant entre 5,0°C en hiver (février le mois le plus froid) à 32,2°C en été (aout le mois le plus chaud).

La pluviométrie

Ensemble des précipitations (pluie, grêle et neige) qui tombent sur une aire géographique et au cours d'une période de temps donnée, généralement pendant le cycle annuel (RAMADE, 2002).

Tableau 2: Evolution des précipitations mensuelles en mm (1977-2005)

Mois	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
P(mm)	83,5	82,0	39,6	63,8	46,4	4,9	2,1	11,6	24,4	47,3	98,0	91,5

(Source)ONM 2007

Le mois le plus pluvieux de la station de Réghaia est le mois de novembre, soit 98,0 mm.

Le mois de juillet représente le mois le plus sec avec une pluviométrie de 2,1 mm.

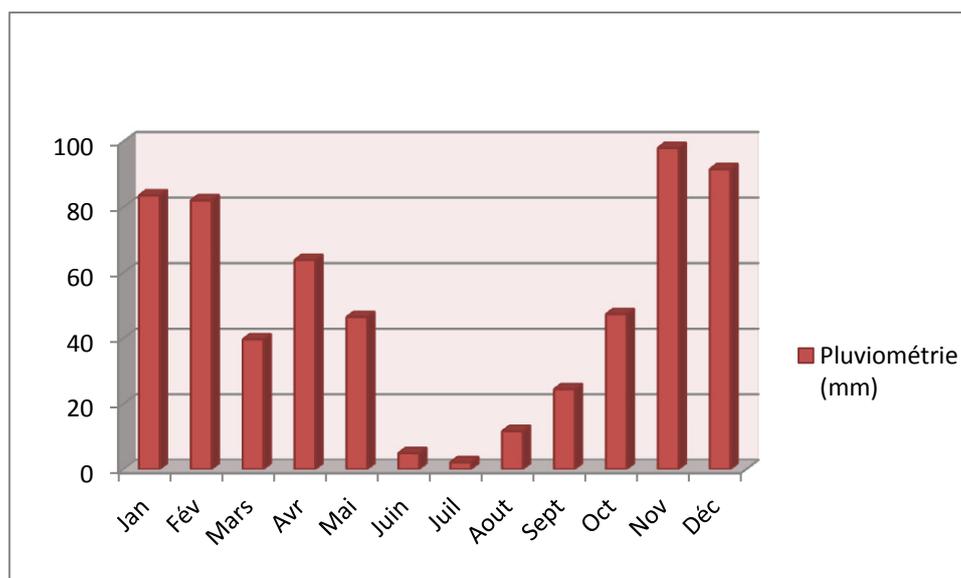


Figure 5 : Histogramme des précipitations mensuelles en mm (1977-2005) (source : ONM 2007)

II.5. Synthèse climatique

Pour la région méditerranéenne, les synthèses climatiques les plus utilisées sont le diagramme Ombrothermique de **Bagnoules et Gaussen, 1953** et le climatogramme d'**Emerger, 1955**.

Cependant, l'examen du diagramme obtenu, (figure 6), pour la région de Réghaia pour la période allant de 1977 à 2005, montre l'existence d'une saison humide qui s'étend sur 06 mois (moi de novembre au mois d'avril) et une saison sèche qui correspond à la période estivale de 06 mois, également, (mois de mai au mois d'octobre).

Les deux saisons (humide et sèche) sont donc égales. Notons que par le passé, la saison sèche se limitait à la période estivale, alors que depuis quelques années nous assistons à l'apparition d'une période sèche hivernale, ce qui détone d'un prolongement de la saison sèche.

Par ailleurs, avec un coefficient pluviothermique $Q_2 = 76,09$ et un minimum de température $5,57^\circ\text{C}$, le lac de Réghaia est situé dans l'étage bioclimatique subhumide caractérisé, en particulier, par des étés secs et chauds et des hivers doux et humide (figure 6).

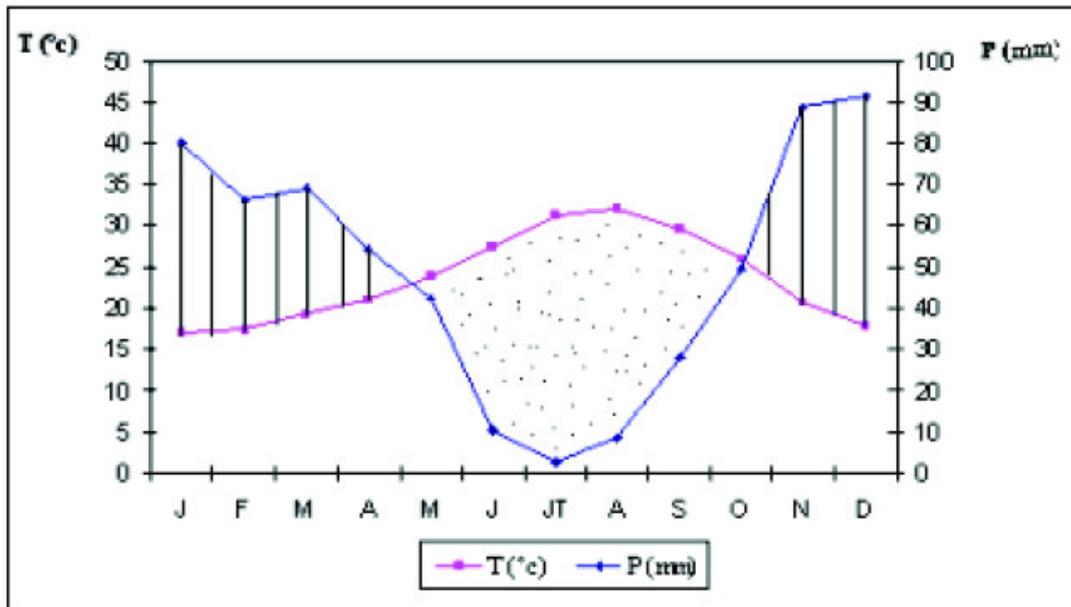


Figure 6 : Le diagramme ombrothermique de Bagnoules et Gaussen pour la station de Réghaia

Selon le climagramme d’Embergeron détermine un quotient pluviométrique qui permet de distinguer les différents étages climatiques méditerranéens.

Ce quotient est défini par la formule :

$$Q2=2000 P/M^2-m^2$$

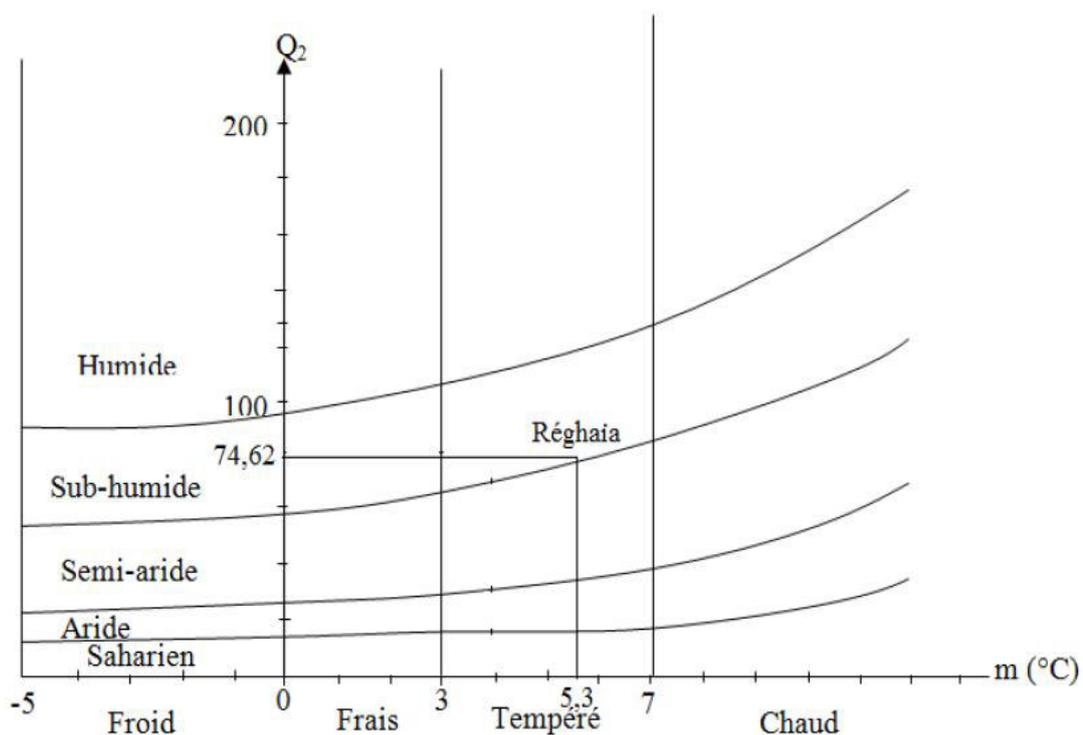


Figure 7: Situation de la région de Réghaia dans le climagramme d'Emberger

Selon **Dajoz, 2006**, la valeur de Q_2 est d'autant plus élevée que le climat est plus humide. Le système d'Emberger permet la classification des divers climats méditerranéens. Ceux-ci sont caractérisés par des saisons.

Thermique nettement tranchées et par une pluviosité concentrée sur la période froide de l'année. L'été est la saison sèche.

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Précipitation annuelle exprimée en mm

M : Moyenne des températures maximum du mois le plus chaud exprimée en °C.

m : Moyenne des températures minimum du mois le plus froid exprimée en °C.

Stewart, 1969, simplifia la formule précédente en proposant un quotient :

$$Q = 3,43 \times P / (M - m)$$

Le quotient pluviométrique du lac de Réghaia est à 75,77 pour la période allant de 1996 à 2005. Le climagramme d'Emberger montre que la région de Réghaia appartient à l'étage

bioclimatique sub-humide caractérisée par des étés secs et chauds et par des hivers doux et humides.

II.6. Les facteurs biotiques : faune et flore

II.6.1. La faune

Malgré sa taille réduite, le lac de Réghaïa a révélé une richesse et une diversité insoupçonnées non seulement en oiseaux migrateurs hivernants mais aussi en nicheurs rares. La zone humide héberge plus de 203 espèces d'oiseaux dont 82 espèces d'oiseaux d'eau parmi lesquels 04 espèces sont rares, deux d'entre elles sont classées espèces vulnérables sur la Liste rouge de l'IUCN : *Aythya nyroca*, alors que *Oxyuraleucocephala* y est menacée de disparition, 55 espèces sont protégées par la réglementation algérienne.

De par sa situation géographique au Nord-Est de la Mitidja, ce site représente un lieu de passage et de reproduction très important pour les oiseaux migrateurs. Le lac de Réghaïa, future réserve naturelle, abrite une grande biodiversité. Cette réserve d'eau douce joue un rôle important dans la recharge de la nappe et constitue un immense réservoir utilisé pour l'irrigation des terres agricoles environnantes. Le lac de Réghaïa est une zone humide particulièrement remarquable sur le plan écologique et ornithologique, dont l'intérêt scientifique date du siècle dernier (**Ledant P et al., 1979**).

Le Lac de Réghaïa est le dernier plan d'eau qui existe près de la capitale et le plus visité par les ornithologues et autres scientifiques. C'est un important site d'accueil pour l'avifaune aquatique migratrice de la région algéroise et du Centre-Nord algérien d'une manière générale (**Ledant P et al., 1979**).

L'avifaune sauvage du lac de Réghaïa comprend 206 espèces d'oiseaux. Ce total représente 54,50% du total présumé des espèces d'Algérie qui est de 378 espèces (**Bellatreche et al., 2002**).

Au niveau du maquis, des espèces de mammifères, de reptiles et d'amphibiens

II.6.2. La flore

Le marais côtier de Réghaïa présente une richesse floristique non négligeable estimée à un minimum de 233 espèces végétales recensées, soit l'équivalent de 13% de la flore du Nord de l'Algérie.

Le lac de Réghaïa reste dans la région le seul témoin et vestige des divers caractères biogéographiques des anciennes zones humides côtières de la Plaine de la Mitidja : les

espèces méditerranéennes restent les plus abondantes avec environ 50% des espèces recensées en raison de la stabilité du climat de type méditerranéen.

Enfin, il est à signaler la présence de 03 espèces endémiques à l'Afrique du Nord : Arenariacerastioides, Cyclamen africanum et Scillalingulata et également une espèce rare au niveau du littoral *Abutilon theophrasti*. La liste floristique et l'origine biogéographique des espèces recensées sont portées en annexe. L'écran végétal constitué par le maquis et la roselière assure une protection de l'avifaune contre les vents, les prédateurs terrestres et les perturbations liées essentiellement à l'homme et à son bétail. Il augmente les chances de nidification pour les oiseaux.

II.7. Les principaux facteurs de dégradation du lac

Le lac, réceptacle direct des eaux urbaines, industrielles et agricoles reçoit quotidiennement environ 80.000 m³ d'eau polluée par jour. La concentration des polluants, conséquence des divers rejets (industriels, urbains et agricoles) ont dépassé les normes internationales admises.

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est l'interface entre l'air et le sol, subit donc les dégradations de ces deux milieux (**Bouziari, 2000**).

Oued Réghaia fait transiter tous les effluents provenant des zones industriels de Rouiba et de Réghaia. Ces effluents aboutissent au lac de Réghaia et sont les principales sources de pollution. Cet Oued reçoit annuellement un volume d'eau usée estimé à 12,6 millions m³ par an (**Mate 2005**).

II.7.1. L'activités industriel

Le site du lac de Réghaia se situe en aval d'un complexe industriel (totalisant plus de 150 unités) qui ne cesse de se développer. La zone industrielle Rouiba-Réghaia qui a été créée en 1963, s'étend sur une superficie de 1000 ha, dont 350 ha pour la seule commune de Réghaia. Cette zone a drainée une masse importante de main d'œuvre ; elle est occupée par des établissements industriels publics et privés parmi lesquels il y a ceux qui sont opérationnels (66 publics et 68 privés), et qui sont en construction (06 publics et 30 privés) ainsi que d'autres structures d'appuis (05 publics) (**DGF, 2004**). Ces unités industrielles présentent des charges polluantes plus ou moins importantes en fonction de leur capacité de production et de leur charge polluante ; une classification a été établie avec l'aide de la direction de l'hydraulique de wilaya de Boumerdès et de l'EGZIB.

Le problème de pollution du lac de Réghaia représente un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de ce milieu naturel.

II.7.2.L'écosystème agricole

Le lac de Réghaia fait partie de la plaine de la Mitidja ; il est classé parmi les régions à vocation agricole en raison de sa topographie plane et de la fertilité de ses sols.

Lors du recensement général Agricole en 2001, la superficie agricole totale a été estimée pour la commune de Réghaia est de 1362,42 ha et pour la commune de Heuraoua, elle est de 897,17 ha représentant 51% de la superficie totale des deux communes.

Les principales cultures pratiquées sont le maraichage, la plasticulture, la viticulture et les agrumes. Suite à l'aide financière accordée par l'Etat aux agriculteurs depuis l'année 2000, on constate un remarquable changement au niveau des activités agricoles qui se traduit par l'utilisation plus fréquente de la technique d'irrigation de goutte à goutte et l'aspersion qui aboutit à une forte économie d'eau. Par ailleurs nous relevons un niveau important de reconversion du maraichage (consommateur d'eau) vers l'arboriculture fruitière ainsi que l'augmentation de la plantation de la vigne.

Il est remarqué que certaines parcelles, notamment, celles situées aux alentours du lac sont directement irriguées à partir des eaux du lac par la station de pompage implantée sur la berge Est. La superficie irriguée est de 1536,43 ha (DSA, 2001) elle consomme 4 à 6 millions de m³ d'eau/an entre mars et novembre.

II.7.3.Pollution d'origine urbaine

La littoralisation de la zone côtière Est algéroise s'est accéléré ces 20 dernières années, au point de compromettre le caractère naturel de la zone de Réghaia. Les groupements urbains qui se sont constitués durant cette période l'ont été au détriment de terres agricoles et des espaces forestiers et naturels.

L'accroissement annuel moyen de la population des communes côtières de Réghaia et de Heraoua est de l'ordre de 3 % entre 1998 et 2008 (ONS, 2011), soit un apport de près de 29 000 habitants en 20 ans (avec un taux de 4.30 % pour la commune de Heraoua et 2.60 % pour celle de Réghaia). Ces taux s'expliquent, outre le croit naturel, par le redéploiement de la population de l'agglomération algéroise saturée vers sa périphérie (Touati, 2012). Selon cet auteur, ce taux d'accroissement reste très fort comparé à celui de la wilaya d'Alger (1,6%) enregistré dans la même période.

L'eau compte tenu de ses propriétés physicochimiques est trop souvent utilisée par l'homme comme un vecteur d'évacuation de la majorité de ses déchets, ainsi pollué, elle devienne un vecteur de pollution (**Emilian, 2004**).

Malheureusement, ce fabuleux site est considéré aujourd'hui comme le réceptacle final des eaux usées urbaine et industrielles non traitées. Cette source de pollution est liée à l'aspect hydrographique du site (**MATE 2005**).

Le lac, réceptacle direct des eaux urbaines, industrielles et agricoles reçoit quotidiennement environs 80 000m³ d'eau polluée par jour. Les concentrations des polluants, conséquence des divers rejets (industriels, urbains et agricoles) ont dépassé les normes internationales admises

Dans le but de protéger le lac de Réghaia contre les pollutions d'origine urbaines et industrielles, une station d'épuration a été réalisée dans les années 90.

III.1. Stratégie d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage suivie lors de cette étude consiste à réaliser un échantillon composite effectué sur six stations de prélèvement décrit comme suit :

La station < A > située au pré de la rentrée du lac.

La station < B > au pré d'Oued Réghaia et oued El'Biar

La station < C > se trouve au pré du quai (1) coté Est.

La station < D > située au centre du lac.

La station < E > à la périphérie du lac coté Est et pré du Quai (2).

La station < F > située à l'extrémité du lac.



Figure 8 : Répartition des points d'échantillonnage sur le lac de Réghaia



Figure 9: Photographie du lac de Réghaia

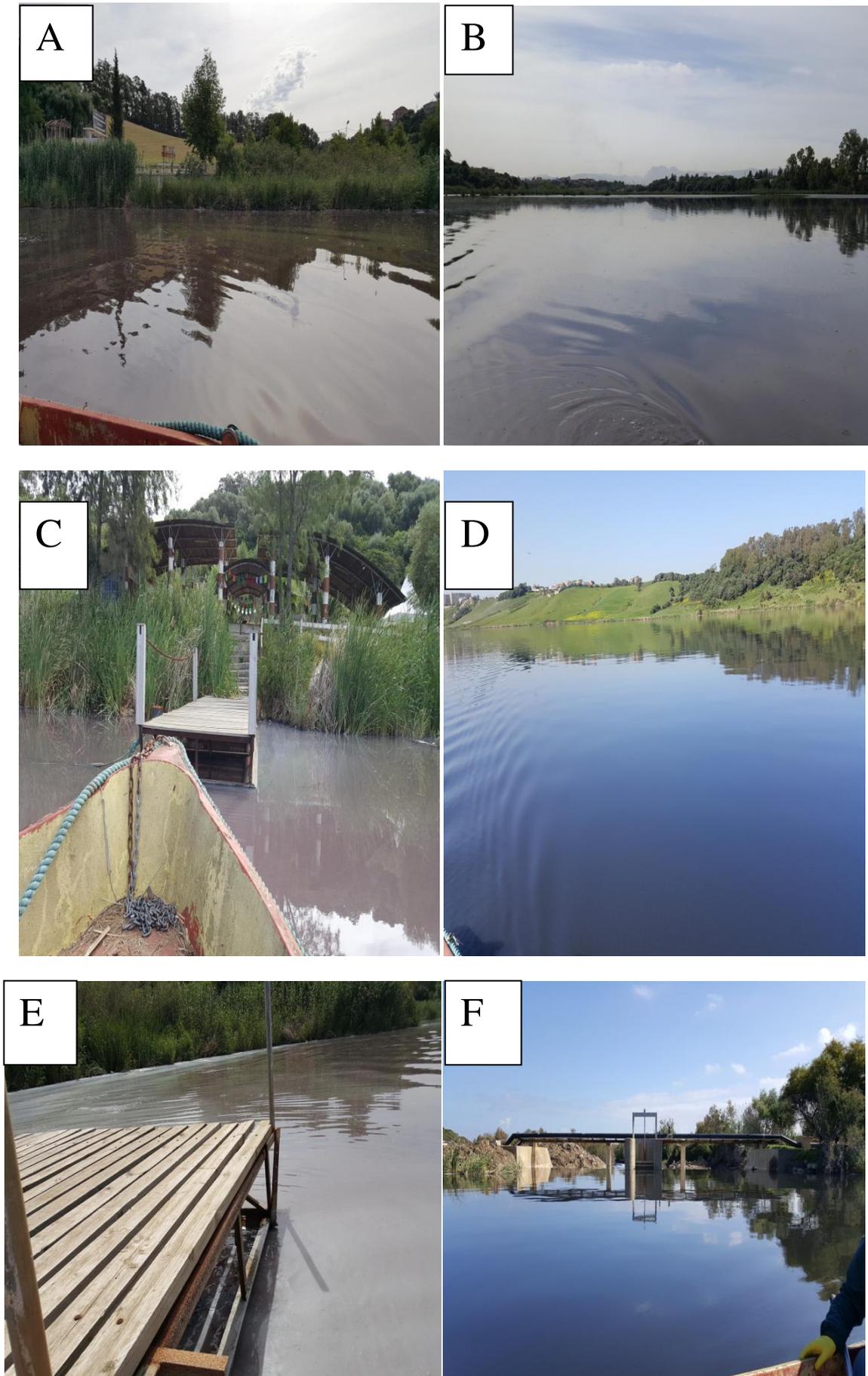


Figure 10 : Photographie des points de prélèvement.

III.2. Echantillonnage et prélèvement

Les moyens de prélèvement utilisés lors de cette étude est un échantillonneur d'étang. Le prélèvement des échantillons d'eau est effectué mensuellement dans des bouteilles en plastique d'une capacité de 1,5 litre durant la période de mois de mars jusqu'à mois de mai 2017.

Les échantillons une fois récupérés sont transportés rapidement dans une glacière et stockés au réfrigérateur à 4° afin d'être analysés au niveau de laboratoire d'écologie de UMBB.

III.3. Analyse des paramètres physiques et chimiques

III.3.1. Analyse de la transparence à l'aide de disque de Secchi

La transparence de l'eau indique le degré de pénétration de la lumière dans un lac. La mesure de la transparence correspond à la profondeur maximale de l'eau, où le disque de Secchi est visible. Ce paramètre dépend de la coloration de l'eau et de la quantité de matières en suspension provenant du lessivage des sols, de l'activité biologique et des activités humaines. La transparence permet d'évaluer indirectement la quantité de matière organique dans l'eau ce qui, dans bien des cas, constitue une indication de la quantité d'algues qui peut être présente dans celle-ci.

Le **disque de Secchi** est une plaque circulaire (d'environ 20 cm de diamètre) dont la surface supérieure est divisée en quatre secteurs égaux qui sont peints alternativement en noir et en blanc. Il est descendu dans l'eau à l'aide d'une corde graduée qu'on la plonge lentement dans le plan d'eau et on laisse descendre jusqu'à disparition. La profondeur à laquelle le disque disparaît est enregistrée.

Le **disque de Secchi** a été conçu par nous même pour la détermination de la transparence des eaux des lacs de Réghaia (figure 11)



Figure 11: Disque de Secchi conçu lors de l'étude

III.3.2. Mesure de la température, potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique et l'oxygène dissous

À l'aide d'un multi paramètre ; la température, potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique et l'oxygène dissous sont déterminés in situ après avoir prolongé la sonde appropriée dans l'eau.

III.3.3. Dosage des composés azotés

III.3.3.1. Dosage du nitrate (NO_3^-)

✓ Principe

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

✓ Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C

- Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps, laisser refroidir
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H_2SO_4 laissé reposer 10 mn
- On ajoute 15 ml d'eau distillée
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 415 nm.

✓ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau

III.3.3.2. Dosage des nitrites (NO_2^-) : Méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire

✓ **Principe**

La diazotation de l'amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

✓ **Mode opératoire**

- Prendre 1 ml de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml et on fait une dilution et ajuster le volume avec de l'eau distillé puis on ajoute 1 ml de réactif de diazotation.
- On la laisse reposer pendant 20 minutes, l'apparition de la coloration rose indique la présence des $N-NO_2^-$.
- En fait passer l'échantillon dans le spectrophotomètre pour obtenir la concentration au 537 nm.

✓ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitreux (NO_2), exprimée en milligrammes par litre d'eau.

III.3.3.3. Dosage d'azote ammoniacal (NH_4^+) : Méthode de Nessler

La méthode de Nessler est utilisée pour le dosage des ions ammonium. Le réactif de Nessler, en présence d'ions ammonium, donne l'iodure de dimercuriammonium qui permet le dosage colorimétrique des ions NH_4^+ .

Mode opératoire

On prend 1 ml de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml et on fait une dilution et ajuster le volume jusqu'à le tri de jauge puis on ajoute 2 ml de solution qui est composé de tartrate double de sodium et de potassium+ réactif de Nesler et on ajoute à la fin 2ml de réactif de Nesler.

Après 10min, la lecture au spectrophotomètre se fait à la longueur d'onde $\lambda = 420 \text{ nm}$.

III.3.4. Dosage des composés phosphorés

III.3.4.1. Dosage des orthophosphates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire

✓ 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 spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

✓ Mode opératoire

- On prend 1 ml de l'échantillon a analysé dans une fiole jaugée de 50 ml et on fait une dilution
- On prend 20 ml de solution, on ajout 1 ml d'acide ascorbique et 4 ml de réactif d'orthophosphates.
- On le laisse repose pendant (30min) pour la stabilisation de la coloration bleue et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm.

✓ Expression des résultats

La courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai.

III.3.5. La chlorophylle (a)

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

Le but de dosage de la chlorophylle (a) est l'estimation de la biomasse phytoplanctonique selon la méthode monochromatique de (**Lorenzen, 1967**) par voie chimique (par extraction des pigments photosynthétiques).

➤ Mode opératoire

- Filtration d'un volume d'eau connu (sur filtre WHATMAN GF/C 47µm)
- Récupération du filtre et placé dans un tube en verre puis dissolution des pigments dans un solvant approprié (acétone à 90%).
- Mesure des densités optiques aux longueurs d'ondes appropriées ($\lambda=665\text{nm}$ et $\lambda=750\text{nm}$) avant et après acidification.

$$e_{664} = \frac{\text{Absorbance à } 664 \text{ nm} - \text{Absorbance à } 750 \text{ nm}}$$

Parcours optique de la cuve utilisée (1cm)

$$e_{647} = \frac{\text{Absorbance à } 647 \text{ nm} - \text{Absorbance à } 750 \text{ nm}}$$

Parcours optique de la cuve utilisée (1cm)

$$e_{630} = \frac{\text{Absorbance à } 630 \text{ nm} - \text{Absorbance à } 750 \text{ nm}}$$

Parcours optique de la cuve utilisée (1cm)

La concentration finale en chlorophylle dans l'échantillon original est déterminée d'après :

$$\text{Chlorophylle a } (\mu\text{g/l}) = \frac{\text{Valeur dérivée de chlorophylle } (\mu\text{g/l}) \times \text{Volume de l'extrait (ml)}}{\text{Volume de l'échantillon (l)}}$$

Volume de l'échantillon (l)

III.4. Calcul des indices de l'état trophique

III.4.1. l'indice TRIX

➤ Principe

La caractérisation de l'état trophique des eaux côtières se fait via le calcul de l'indice trophique TRIX (Vollenweider et al., 1998). Il prend en compte le taux de saturation en oxygène dissous, la chlorophylle a ainsi que les concentrations en azote inorganiques dissous et en phosphate, selon la formule:

$$\text{TRIX} = (\log_{10} [\text{chl}_a + \text{OD } \% + \text{N} + \text{phos}] + k) / m$$

Chl_a : la concentration de chlorophylle a (µg/l)

OD : est la concentration de l'oxygène dissous (%)

N : est la somme des différentes forme d'azote (N_{nitrate} + N_{nitrite} + N_{azote ammoniacal}) en µg /l

phos : la concentration des orthophosphates (µg /l)

k et **m** : sont des coefficients constants (k=1,5 ; m=1,2)

Le tableau 3 nous décrit les différentes classes d'eau

Tableau 3: Catégories de classe du TRIX

Valeurs de TRIX	état trophique
<4	Niveau trophique faible
4-5	Niveau trophique moyen
5-6	Niveau trophique élevé
6-10	Niveau trophique très élevé

III.4.2. L'indice de Carlson (TSI)

➤ Principe

L'indice TSI permet de classer un lac selon son état trophique (Oligotrophe, mésotrophe ou Eutrophe) (Wetzel, 2001). Il est défini par les relations entre les valeurs TSI de Carlson calculées pour les apports externes de phosphore et leur influence sur le processus d'eutrophisation. Les grandeurs utilisées sont : la transparence au disque de Secchi, la chlorophylle- α (Chl α) et le phosphore total (Carlson, 1977)

Pour calculé cet indice on utilise différentes formules :

$$\text{TSI (DS)} = 60 - 14,41 \ln \text{ la profondeur du disque de Secchi (m)}$$

$$\text{TSI (Chl}_a) = 9,81 \ln \text{ Chl}_a (\mu\text{g/l}) + 30,6$$

$$\text{TSI (phos)} = 14,42 \ln \text{ orthophosphates } (\mu\text{g/l}) + 4,15.$$

La moyenne de TSI est définie comme suite :

$$\text{TSI} = [\text{TSI (DS)} + \text{TSI (Chl}_a) + \text{TSI (phos)}] / 3$$

Le tableau 4, nous donne les différentes classes du TSI et leurs attributs écologiques

Tableau 4 : Catégories de classe du TSI et les attributs écologiques

TSI	Chl (µg/l)	SD(m)	Phos (µg/l)	Attributs écologiques
<30	<0,95	>8	<6	Oligotrophe : eau claire, oxygène dans l'hypolimnion toute l'année.
30-40	0,95-2,6	8-4	6-12	Anoxie (absence d'oxygène) possible dans l'hypolimnion des lacs peu profonds.
40-50	2,6-7,3	4-2	12-24	Mésotrophe : eau relativement claire, plus grande probabilité d'anoxie dans l'hypolimnion durant l'été.
50-60	7,3-20	2-1	24-48	Eutrophe : hypolimnion anoxique, problème de macrophytes possible.
60-70	20-56	0,5-1	48-96	Algues bleus vertes dominant, accumulation d'algues et de macrophytes.
70-80	56-155	0,25-0,5	96-192	Hypereutrophe : algues et macrophytes dense.
>80	>155	<0,25	192-348	Accumulation d'algue en décomposition, peu de macrophytes, comblement rapide.

III.4.3. L'indice TLI

➤ Principe

L'indice de niveau trophique est un indice utilisé pour déterminer la qualité d'eau des lacs. Quatre paramètres ont été combinés pour construire cet indice (Pavluk T et al., 2008) selon les formules suivantes :

$$TL_{\text{azote}} = -3,61 + 3,01 \log (N_{\text{total}}).$$

$$TL_{\text{phosphore}} = 0,218 + 2,92 \log (P_{\text{total}}).$$

$$TL_{\text{transparence}} = 5,10 + 2,27 \log (1/DS - 1/40).$$

$$TL_{chl} = 2,22 + 2,54 \log(chl_a).$$

$$TLI = (TL_{azote} + TL_{phosphore} + TL_{transparence} + TL_{chl}) / 4$$

Le tableau 5 présente les états trophiques et les paramètres quantitatives correspondant pour l'indice de niveau trophique considéré.

Tableau 5: les états trophiques et les paramètres quantitatives correspondant pour l'indice de niveau trophique

Etat trophique	Catégories	TLI	chl _a (mg m ³)	DS(m)	T _{phosphore}	T _{azote}
Ultramicrotrophique	Pratiquement pur	0-1	<0,33	>25	<1,8	<34
Microtrophique	Très bas	1-2	0,33- 0,82	25-15	1,8- 4,1	34-73
Oligotrophique	Bas	2-3	0,82-2	15-7	4,1-9	73-157
Mésotrophique	Moyen	3-4	2-5	7-2,8	9-20	157-337
Eutrophique	Elevé	4-5	5-12	2,8-1,1	20-43	337-725
Supertrophique	Très élevé	5-6	12-31	1,1-0,4	43-96	725-1558
Hypertrophique	saturé	>6	>31	< 0,4	>96	<1558

IV.1.Caractéristiques générales des eaux du lac de Réghaia

IV.1.1.Les paramètres physiques

Les résultats obtenus des paramètres physiques s’affichent sur la figure n°12

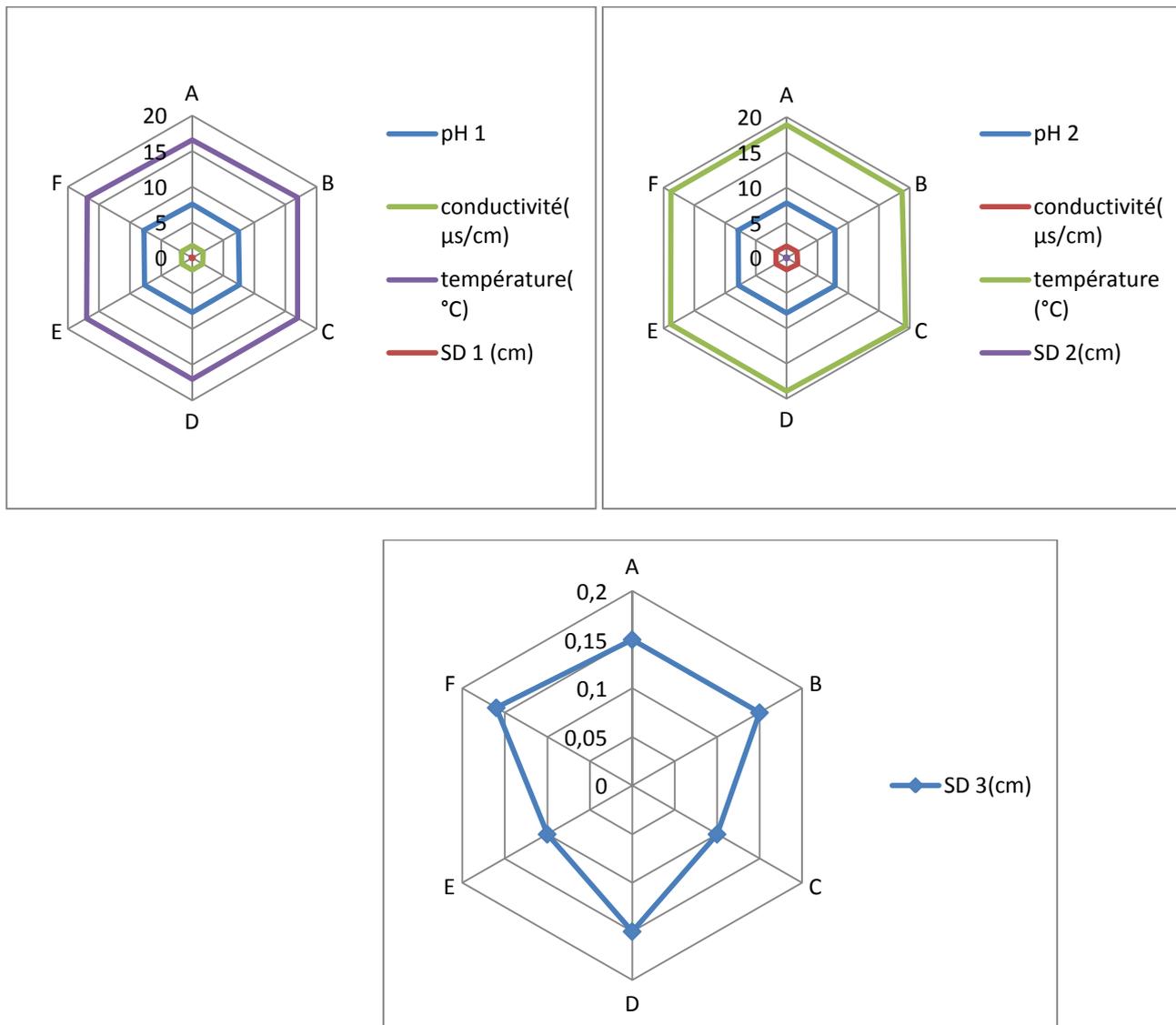


Figure 12 : Evolution spatiotemporelle de la température, du pH, de la conductivité électrique et de la transparence de l’eau du lac de Réghaia des stations (A), (B), (C), (D), (E) et (F) durant la période de Mars à Mai2017.

La lecture de la figure12 nous montrent que :

La température de l’eau du lac de Réghaia présente des valeurs similaires dans l’ensemble des stations d’échantillonnage, elle est de l’ordre de 16 à 20°C. Concernant, la conductivité électrique est pratiquement de même ordre de grandeur 1,8 ms/cm pour l’ensemble des points de prélèvement. Pour ce qui est de potentiel d’hydrogène, les valeurs du pH sont stables vu les valeurs de pH obtenus.

A noter également que ces eaux sont marquées par une transparence très faible exprimée par la profondeur de disque de Secchi qui est de l'ordre de 11 à 19 cm.

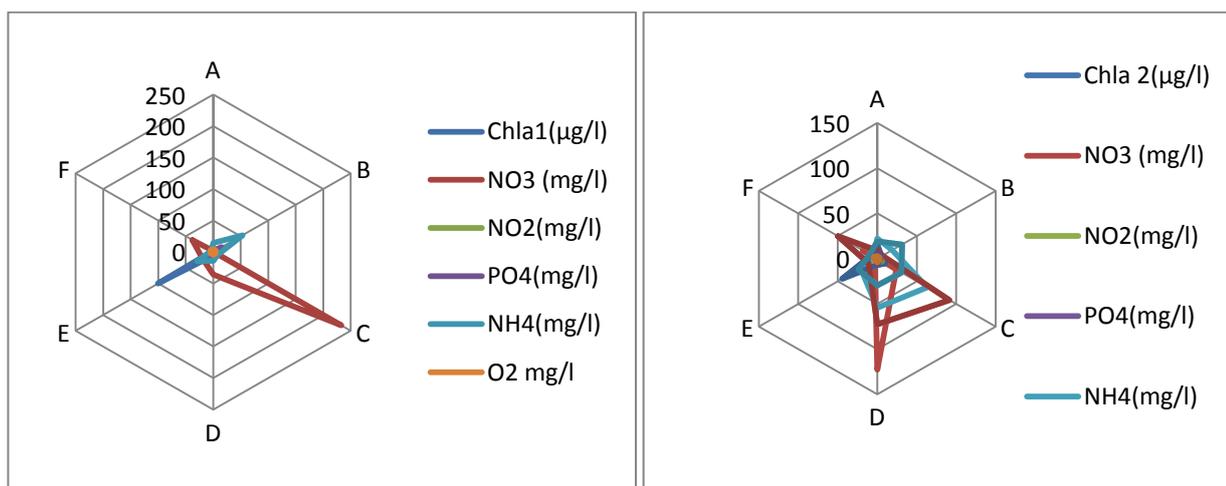
La lecture de la figure 1 nous montre qu'il n'y a pas une évolution mensuelle significative de la qualité de ces eaux.

Le régime thermique des eaux superficielles des 6 stations du lac au cours des trois mois (mars, avril, mai) sont assez similaires et caractérisent bien la période printanière. De même pour les autres paramètres physiques (pH, conductivité et la transparence).

Ces résultats montrent qu'il n'existe pas de différences significatives entre les stations durant les trois mois.

IV.1.2. Les paramètres chimiques

Les résultats de dosage des paramètres chimiques (Chl a, NO₃, NO₂, PO₄, NH₄ et O₂) des échantillons prélevés sont présentés dans la figure 12.



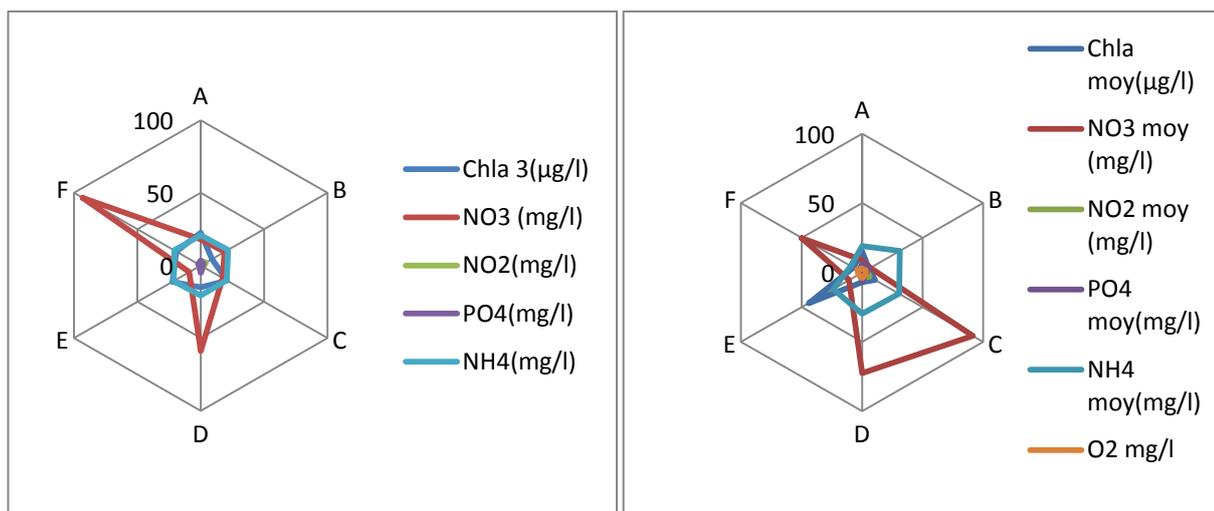


Figure 13: Evolution spatiotemporelle des paramètres chimiques des eaux du lac de Réghaia.

La lecture de la figure 13 montrent que la pollution majeure est dû à l'élément azoté sous forme de nitrate et d'ammoniac (la station D: au centre du lac et la station C: quai 1), ceci correspond à la prolifération des algues, comparativement à la pollution par les sels phosphatés ou nous constatant qu'elle est presque négligeable.

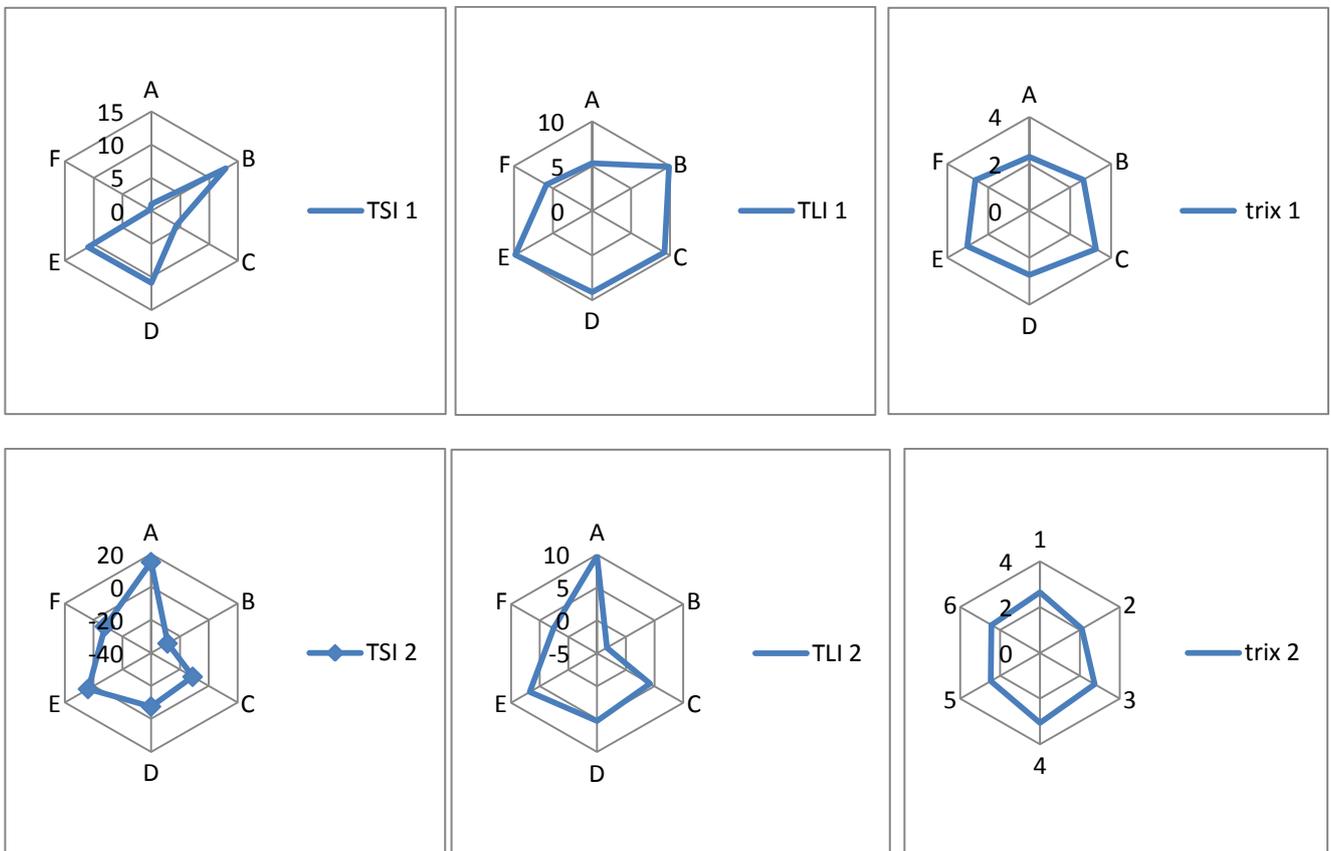
On voit clairement qu'il y a un problème de pollution due à l'élément azoté (ammoniac, nitrate) et une certaine concentration de chlorophylle a et nous remarquons qu'il y a un déplacement spatiotemporel de la pollution du point C vers les points F (au niveau de la digue).

L'ensemble des résultats des paramètres chimiques montre que les eaux du lac de Réghaia présentent une qualité mauvaise à très mauvaise.

L'importance de ce groupe est liée à la richesse du milieu en nutriments azotés (**Berdalet et al., 1996 ; Carlsson et Graneli, 1999**), et aux conditions climatiques, la température et la lumière, (**Daly, 1998**).

IV.2. L'évolution d'état trophique

L'estimation de l'évolution de l'état trophique du lac de Réghaia est basée sur l'utilisation des indices d'état trophique à savoir le TRIX, TSI et TLI. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure n°14 .



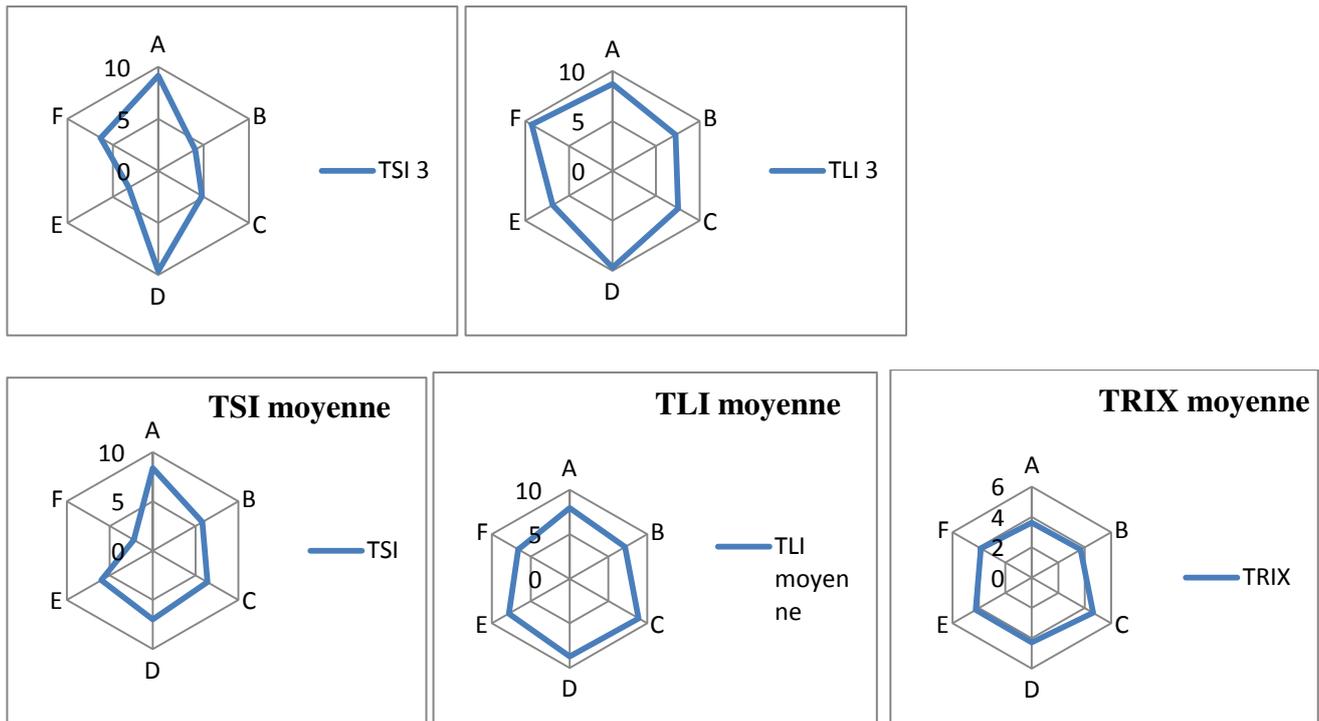


Figure 14 : Evolution spatiotemporelle des trois indices (TSI, TLI, TRIX) et la moyenne de chacun de ces indices.

L'utilisation de l'indice de TSI nous a permis de classer les stations : B (la rêntré des oueds),D (centre du lac) et E(à la périehérie du lac)à l'état trophique « Oligotrophe » au cours de moi de mars. Passant au mois d'avril en assistant à l'apparition d'une nouvelle station qui se classe au même état trophique, Il s'agit de la station A (situé à la entré du lac).

L'état trophique du lac de Réghaia au cours de la saison de printemps se classe dans un état trophique « Oligotrophe ».

Par conséquent, l'indice TLI, nous permette de classer le lac de Réghaia à l'état trophique « Hypertrophique ». Ce résultat concerne les stations B, D, C et E. Les prélèvements du mois d'avril nous révèlent que la station A est à nouveau arrangée au même niveau trophique« Hypertrophique », nous suggérant ainsi qu'il y a une propagation spatial de la pollution qui est exprimé par l'apparition d'une nouvelle station F qui se trouve proche de la digue.

Les résultats obtenus par l'application de l'indice d'état trophique (TRIX) permettent de classer les eaux du lac de Réghaia prélevés durant la saison de printemps dans un niveau trophique faible.

IV. 3. Classification des station sur la base de la physicochimie de l'eau du lac au moyen d'une ACP

Dans ce contexte, l'utilisation de différentes techniques statistiques multi-variées (analyse en composantes principales et méthodes de classification) pour l'interprétation des données semble une solution intéressante pour une meilleure compréhension de la qualité des eaux et des états écologiques des milieux étudiés (Simenonet al., 2003).

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode d'analyse multi-variée permettant l'étude simultanée d'un grand nombre de variables. Cette méthode permettrait de préciser les relations entre les variables et les phénomènes à l'origine de ces relations. L'objectif est d'avoir une information concentrée sur un minimum d'axe (Ayadi et al., 2008).

L'ACP est réalisé pour des échantillons prélevés lors de la saison printanière. Les figures 15, 16 et 17 et tableau présentent les résultats obtenus.

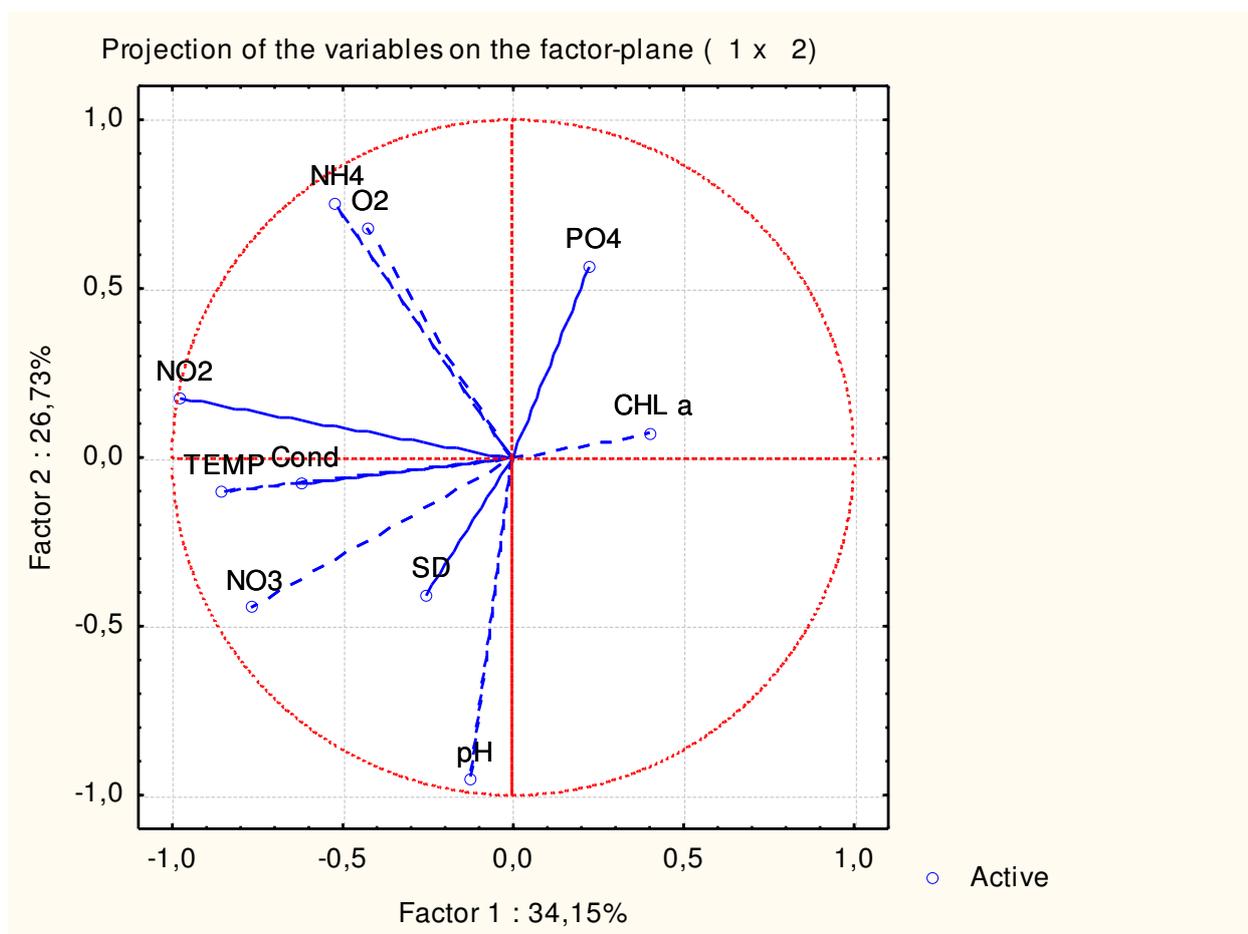


Figure 15: Cercle de corrélation des variables physicochimiques en saison printanière

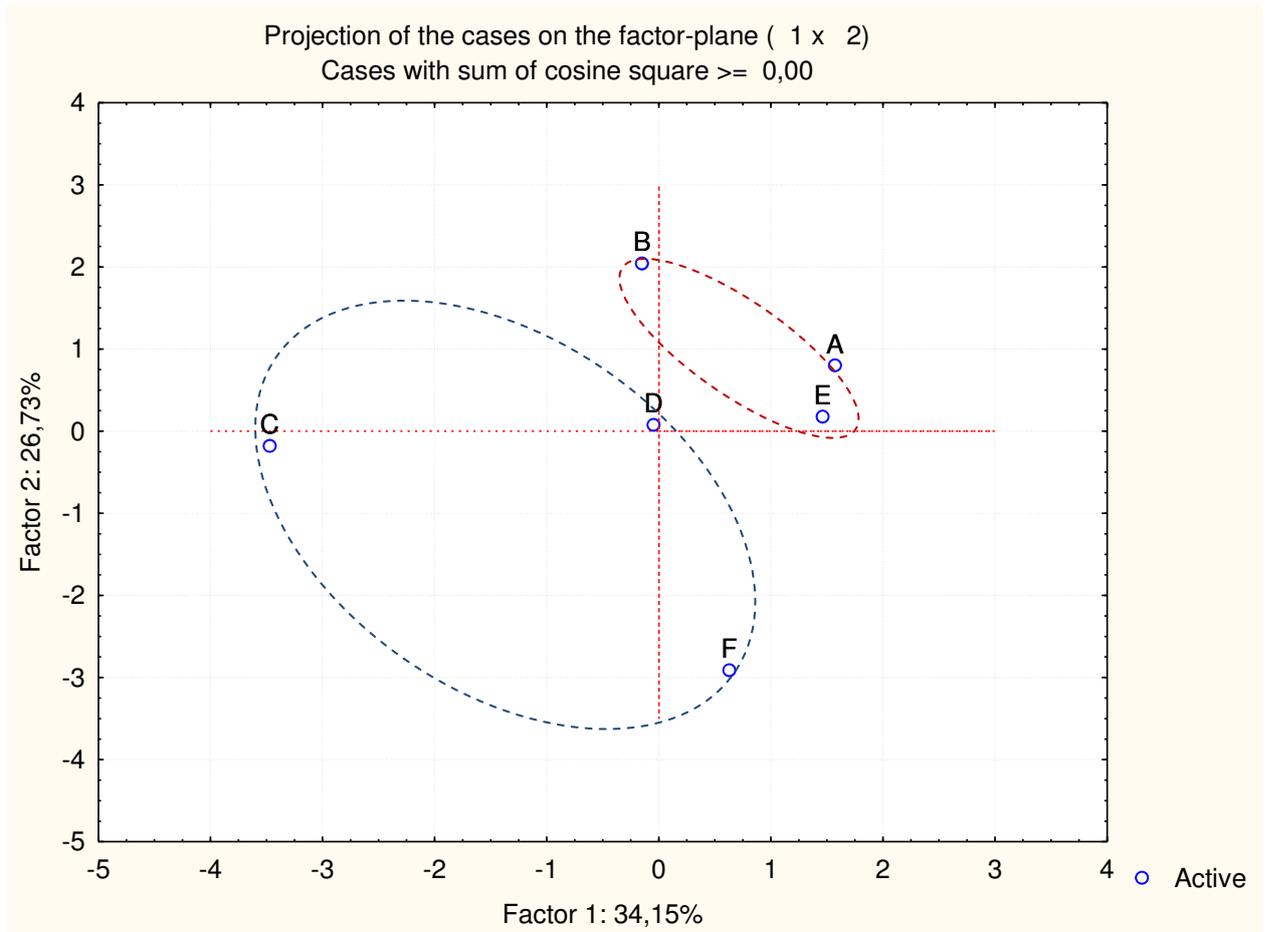


Figure 16: Cartes factorielles des stations pendant la saison printanière.

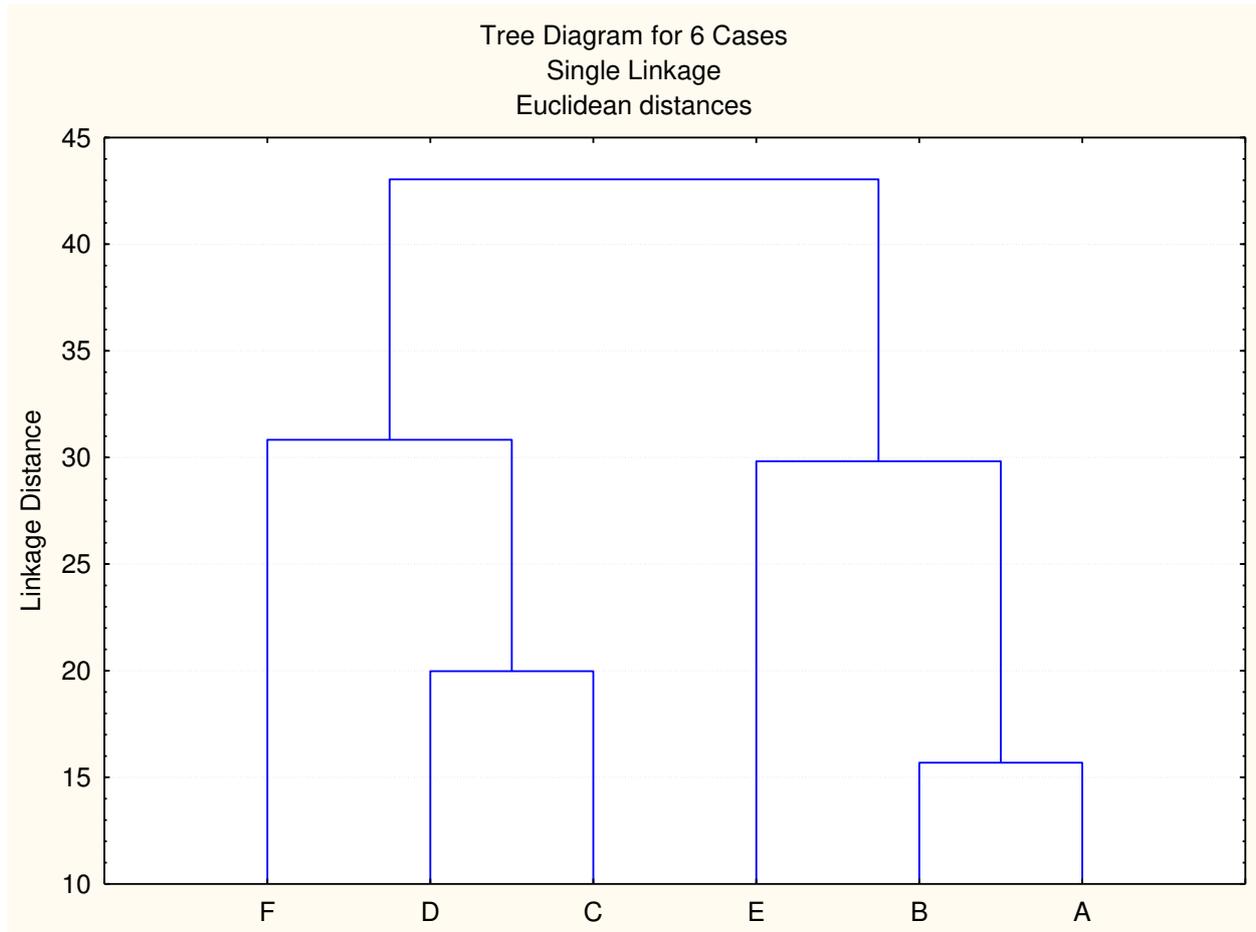


Figure 17: Classification Hiérarchique Ascendante des stations

Tableau 6: Matrice de corrélation entre les variables physico-chimiques sur l'ensemble des stations étudiées.

	CHLa	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	O ₂	SD	pH	COND	TEMP
CHL a	1									
NO ₃	-0.407	1								
NO ₂	-0.325	0.659	1							
NH ₄	-0.051	0.191	0.612	1						
PO ₄	-0.499	-0.203	-0.154	0.310	1					
O ₂	-0.025	-0.229	0.526	0.643	-0.011	1				
SD	-0.866	0.300	0.111	-0.299	0.139	-0.052	1			
pH	0.041	0.496	-0.059	-0.586	-0.718	-0.522	0.322	1		
CONDU	-0.310	0.316	0.678	-0.026	-0.246	0.323	0.247	0.020	1	
TEMP	-0.004	0.779	0.804	0.543	-0.452	0.264	-0.066	0.316	0.263	1

Les résultats obtenus montrent une très bonne corrélation entre les paramètres physicochimiques (figure et tableau) ; il s'agit des nitrates, nitrites, l'ammonium, l'oxygène dissous et la conductivité :

Des corrélations positives entre les nitrates-nitrites, nitrites-ammonium, nitrates-température, nitrites-température, ammonium-température, nitrites-oxygène dissous, ammonium-oxygène dissous et nitrites-conductivités, ce qui montre bien les réactions de nitrification-dénitrification

Des corrélations négatives entre la chlorophylle-transparence, ammonium-pH, orthophosphate-pH et pH-oxygène, ce qui montre que la prolifération des algues conduit à la diminution de la transparence et l'accumulation des ions ammonium conduit à l'augmentation du pH

La carte factorielles et classification hiérarchique ascendante des stations, montrent l'individualisation de deux groupements différents selon leur qualité hydrochimique :

Groupe 1 : formé par les prélèvements des stations A, B et E qui sont de côté droit du amont en aval

Groupe 2 : formé par les prélèvements des stations C, D et F qui sont de côté gauche en allant vers la digue

Les deux groupes sont caractérisés principalement par une charge organique importante présentée par une pollution par les sels nutritifs azotés.

Cette étude a montré également l'importance et l'utilité des techniques d'analyses multi-variées pour obtenir des informations sur la qualité de l'eau et prévenir ainsi toutes sortes de pollutions (**Mouissi et Alayat, 2016**)

IV.4. La présentation cartographique de l'évolution d'état trophique du lac de Réghaia durant la période de printemps

Un essai de présentation de l'état écologique des différentes stations de prélèvement des eaux du lac de Réghaia durant la période de printemps est décrit dans la figure 18

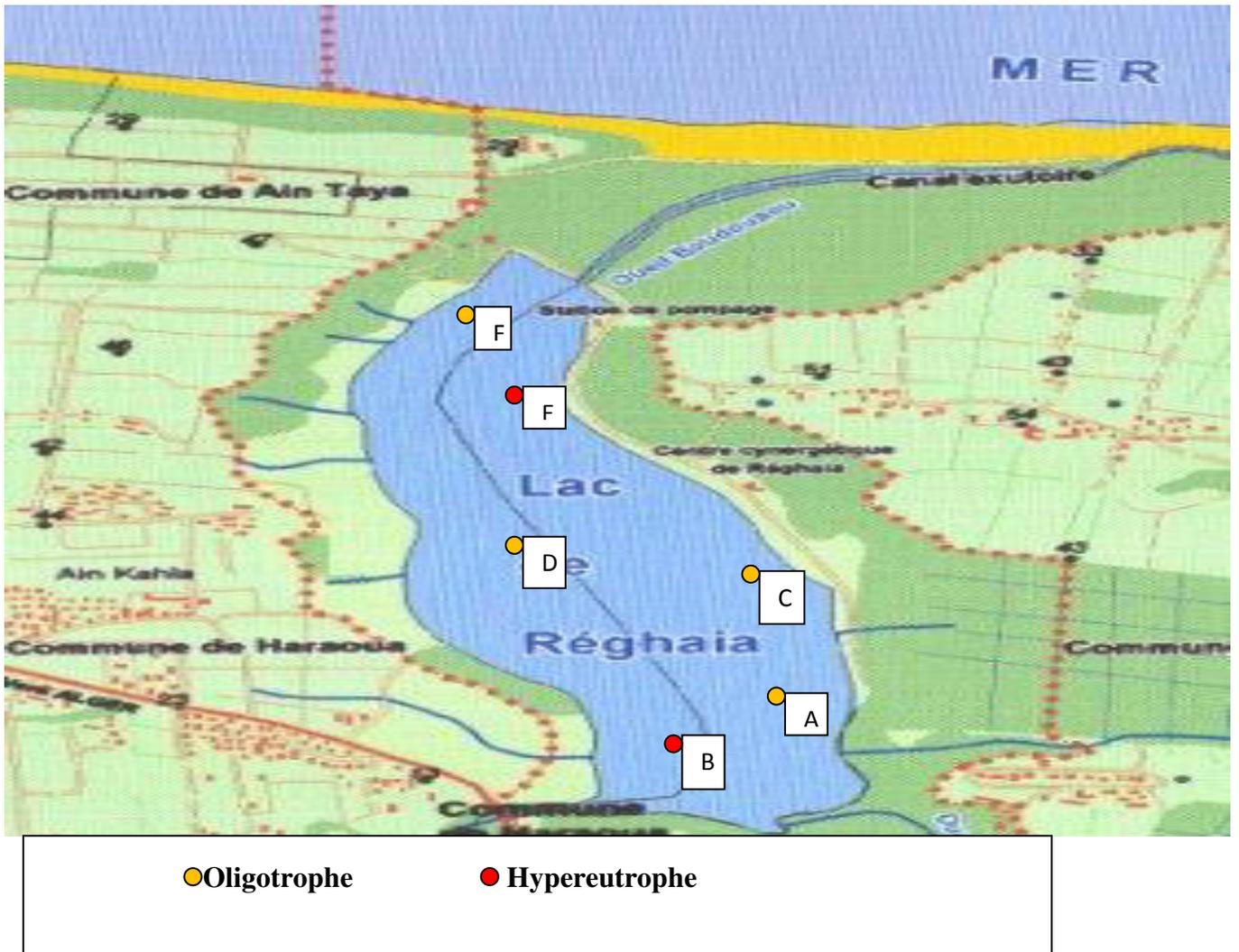


Figure 18 : La représentation de la distribution géographique de l'état trophique du lac de Réghaia selon l'indice de TSI.

Conclusion

L'étude de la qualité des eaux du lac de Réghaia est devenue préoccupante à l'heure actuelle vu le problème de pollution de l'eau qui ne cesse à augmenter. Face à cette situation ,la présente étude a été menée afin d'expliquer les effets des sels nutritifs azotés et phosphatés sur l'évolution de l'état trophique .pour cela trois prélèvements ont été effectués durant la saison printanière .Le choix a été fait sur six stations et pour trois mois (MAR ,AVR,et MAI) .

Les résultats obtenus , montrent que les eaux du lac sont riches en nutriments azotés sous formes de nitrates et pauvre en élément phosphaté.

L'évaluation de l'état trophique par l'indice TSI indique que le lac de Réghaia appartient à l'état trophique Oligotrophe et de niveau trophique faible suivant l'indice TRIX ,mais par contre l'indice TLI nous dicte que le lac de Réghaia se classe au niveau trophique hypertrophique

L'enrichissement des eaux du lac de Réghaia en matières nutritives entraîne des changements tels qu'une production plus élevée d'algues ,de macrophytes et la dégradation de la qualité de l'eau . Ce qui est remarquable par les résultats obtenus des corrélations entre les paramètres physicochimiques

L'analyse par ACP ,nous montre clairement que les stations de prélèvements se répartissent sur deux groupes caractérisés par une charge organique importante

A l'issue de cette étude on propose pour la suite des travaux :

- De penser à la modélisation de la dynamique de ces deux sels nutritifs azote et phosphore pour comprendre son comportement biogéochimique ainsi son effet sur l'évolution d'état trophique du lac de Réghaia .
- Mise en place d'un programme de protection du lac de Réghaia pour limiter les problèmes de pollution

Références bibliographiques

Aminot A., Kérouel R., 2004. Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines : méthodes en flux continu. Ed. Ifremer, Méthodes d'analyse en milieu marin, 188 p.

Baouia et Koul; 2008. Inventaire de la micro- et macrofaune aquatique du lac de témacine. Mémoire. Ing. I.T.A.S.Uni. d'Ouargla.

Bellatreche M, 2005- La faune du lac de Réghaia (Wilaya d'Alger). Rapport d'intégration pour la phase III (Schéma directeur d'aménagement et plan d'action pour la zone littorale Algéroise) du Programme d'Aménagement côtier (P. A. C) de la région Algéroise. CNERU, MATE, PNUD, Alger, 28p.

Bennoton J. (1986). - Eutrophisation des plans d'eau. Inventaire des principales sources de substances nutritives azotées et phosphorées. Tribune du CEBEDEAU, 506, 508, 509, 510

Bergeron M., corbeil C., et Arsenault S, 2002. Diagnose écologique du lac Saint-Augustin. Document préparé pour la municipalité de Saint-Augustin-de-Desmaures par EXXEP Environnement. Québec. 70 p. + 6 annexes.

Bernard B, 2001. Agence de l'Eau réalisatrice de l'étude : Agence Rhône-Méditerranée – Corse, «Aide à la Décision pour le Traitement des Plans d'Eau, Etude sur l'Eau en France» 2001.

Brient L., Legeas M., Leitao M., Peigner P., Goraguer M., mansotte F. 2004- Etude interrégionale grand ouest sur les cyanobactéries en eau douce. Caractérisation des sites à usage d'eau potable et de loisirs vis-à-vis de la prolifération de cyanobactéries. Examen des causes de développement des algues et proposition d'un suivi sanitaire. DDASS et SRASS des régions Basse- Normandie, Bretagne et Pays de Loire. 82p.

Boikova E, Botva, U. & Licite V. 2008. - Implementation of trophic status index in brackish water quality assessment of Baltic coastal waters. Proceedings of the Latvian academy of sciences, 62 (3): 115–119

Boukhalfa D. 1991- Contribution a la connaissance de l'intérêt ornithologique (oiseaux d'eau) et écologique du marais de Réghaia. Thèse. Magister, INA, Alger, 126p.

Bouldjedri M., Belair G., Mayacha B., Muller S., 2011. Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). C.R. Biologies, 557- 772.

Références bibliographiques

- Bouziati M, 2000** ; L'eau de la pénurie aux maladies, édition Ibn Khaldoun.
- Carlson, R.E., 1977.** A trophic state index for lakes. *Limnol. And Oceanog.* 22 (2), 361/369.
- CHEBLI L. 1971.** Quelques aspects agronomiques de la pollution du marais de Réghaïa
Thèse . Ing. INA. El-harrach 64p.
- Dajoz R. 1972-** Précis d'écologie. Ed. Barda, Paris, 434P.
- Damine k & kaced F ., 1993-** Etude de la contamination des sols par les métaux lourds. Cas de la région de Réghaïa. Mémoire. Ing, INA, Alger, 55p.
- DGF 2004-** Atlas des zones humides Algériennes d'importance internationale Ed. DGF, Alger, 105p.
- Dodds W. 2006.** « Eutrophication and trophic state in rivers and streams ». *Limnology and Oceanography*, vol. 51, no. L , p. 671-680
- Emillian K 2004.** Traitement des populations industrielles, p 1-24.
- Enssmal, 2003.** Analyse physico-chimique des eaux marines et celles du lac de Réghaïa. Rapport de prestation. 98p.
- Gangbazo G., Roy A. 2005.** Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore total. MDDEP, Québec, 27 p.
- Gaujous D., 1995-**La pollution des milieux aquatiques. Ed. Aide mémoire, Paris, 217 p.
- Vollenweider R (2004)** Trophic conditions of marine coastal waters: Experience in applying the trophic index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas. *Journal of Limnology*. bij de Vaate A and Pavluk TI (2004) Practicability of the index of trophic completeness for running waters. *Hydrobiologia* 519: 49–60.
- Gouvernement du québec. 2002.** Le Réseau de surveillance volontaire des lacs : Les méthodes. En ligne: <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm>. Consulté le 19 octobre 2012.
- Hamoudi S, 2007.** Problématique environnementale en agroalimentaire. Notes de cours. Université Laval. Département des sols et de génie agroalimentaire. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation.
- Jacob J., 1979.** Résultats d'un recensement hivernal de laridés en Algérie. *Le Gerfaut* 69, p : 425-436.

Références bibliographiques

- Kalff J. 2002.** Limnology. New Jersey, États-Unis: Presses Prentice Hall, 592 p.
- LAPALME R.,** 2006. Protéger et restaurer les lacs. Bertrand Dumont éditeur, coll. «Bouquins verts». Boucherville. 192 p.
- Ledant J., jacob P., & hily C., 1979-** L'intérêt ornithologique du marais de Réghaia (Alger). Sem. Inter. Avif. Alger. INA, EL-HARRACH, 14p.
- Lorenzen C, 1967.** Détermination of chlorophylle and phéopigments spectrophotométrie équations. Limnol. Oceanogr
- Mutin G, 1977-** La Mitidja de colonisation et espace géographique, OPU, Alger, 606p
- Moss B. 1980.** Ecology of Fresh Waters. New-York: Halsted press, 332 p.
- Pavluk T, Vaate A., 2008.** Trophic Index and Efficiency ,Ecological Indicators | Trophic Index and Efficiency Elsevier B.V. All rights reserved P 3602.
- Pitois F., Jigorel A., Bertru G. (2001).** Colonization dynamics of an encrusting cyanobacterial mat in a hardwater river (Eaulne, France), Geomicrobiol. J. 18, 139-155.
- Quzel P et Santa S 1962** - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionles. Ed. CNRS, Paris (T1 et T2), 1170 p.
- Rhazi L., Rhazi M., Grillas P., El Khyari D., 2006. Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. Hydrobiologia, 570 : 197-203.
- Rodier J, 1984.-**L'analyse de l'eau .Vol 2.5ème Ed. Dunod, Paris, 1080p.
- ROUSSEAU, L., BEAUCHAMP, J., CHAIGNEAU, C., ANNARATONE, F., SUEUR, J.M. & CAIRANNE, G. 2004a.** Mise en évidence d'une activité bactérienne dans des karsts fossiles et actuels du Pléistocène moyen à l'actuel. In : “ Microbialithes et communautés microbiennes dans les systèmes sédimentaires ”, Eds G. Camoin et P. Gautret, abstract book, publication ASF, Paris, 46, 123 p.
- Simenov V., Stratis J.A., Samara C., Zahariadis G., Vousta D., Anthemedis A., Sofoniou M., Koumtzis T.,** Water Research, 37 (2003) 4119-4124
- Skulberg, O.M., Codd, G.A. and Carmichael, W.W. 1984.** Toxic blue-green algal blooms in Europe, a growing problem. Ambio, 13: 244-247

Références bibliographiques

Sondergaard M., Jensen P., et Jeppensen E., 2003. « Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes». *Hydrobiologia*, vol. 506-509, p.135-145.

Vollenweider R, Giovanardi F, Montanari G. & Rinaldi A. 1998. - Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic Scale, Turbidity and generalised Water Quality Index. *Environmetrics*, 9: 329-357.

Wetzel R, Likens G. 2000. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3ème édition. London: Academic Press.

Wetzel, R.G. (2001). *Limnology : lake and River ecosystems*. Academic Press, San Diego, 1006 p.

Résumé :

Le lac e de Réghaia, situé dans la zone côtière de l'Est Algérois, se distinguent par leur biodiversité terrestre et marine, que n'épargne pas une pression anthropique dont les nuisances leur font encourir des risques irréversibles. Ce patrimoine naturel est aujourd'hui l'objet d'une attention particulière c'est le problème d'eutrophisation

L'eutrophisation est le processus par lequel des nutriments s'accumulent dans un milieu ou un habitat (terrestre ou aquatique).

L'eutrophisation des milieux aquatiques est un déséquilibre du milieu provoqué par l'augmentation de la concentration d'azote et de phosphore dans le milieu. Elle est caractérisée par une croissance excessive des plantes et des algues due à la forte disponibilité des nutriments

Les algues qui se développent grâce à ces substances nutritives absorbent de grandes quantités d'oxygène, lorsqu'elles meurent et se décomposent.

Mots clés : lac de Réghaia ,biodiversité, anthropique, eutrophisation,

phosphore, azote, algue

ملخص

تتميز بحيرة رغاياه ، الواقعة في المنطقة الساحلية لشرق الجزائر العاصمة ، بتنوعها البيولوجي البحري والبحري ، الذي لا ينجو من ضغوط أنثروبولوجية تجعلها إزعاجها تتحمل مخاطر لا رجعة فيها. هذا التراث الطبيعي هو اليوم موضوع اهتمام خاص هو مشكلة التخثث
التخثث هو العملية التي تتراكم بها المواد المغذية في بيئة أو موائل (أرضية أو مائية).

التخثث في البيئات المائية هو اختلال في البيئة بسبب زيادة تركيز النيتروجين والفوسفور في البيئة. يتميز بالنمو المفرط للنباتات والطحالب بسبب توفر المواد الغذائية بشكل كبير
الطحالب التي تتطور من خلال هذه العناصر الغذائية تمتص كميات كبيرة من الأكسجين عندما تموت وتتحلل.

الكلمات المفتاحية: بحيرة رغاياه ، التنوع البيولوجي ، النشاط البشري ، التخثث ، الفوسفور ، النيتروجين ، الأعشاب البحرية

Lake e de Réghaia, located in the coastal zone of eastern Algiers, is distinguished by its terrestrial and marine biodiversity, which is not spared an anthropic pressure whose nuisance makes them incur irreversible risks. This natural heritage is today the object of a particular attention it is the problem of eutrophication

Eutrophication is the process by which nutrients accumulate in an environment or habitat (terrestrial or aquatic).

Eutrophication of aquatic environments is an imbalance of the environment caused by the increase of the concentration of nitrogen and phosphorus in the environment. It is characterized by excessive growth of plants and algae due to the high availability of nutrients
Algae that develop through these nutrients absorb large amounts of oxygen when they die and decompose.

Key words: Réghaia lake, biodiversity, anthropogenic, eutrophication, phosphorus, nitrogen, seaweed