

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI Abdellah »**

DEPARTEMENT SPECIALITES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE.**

Spécialité : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**Condition d'utilisation des eaux usées traitées
dans le domaine d'irrigation
-cas du lac de Réghaia-**

**Présenté par :
SAADAOUI Ahmed**

**Promoteur :
M^r RAISSI Omar**

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} L.S BAHBOUH

**Examineurs : M^r D. KOLIAI
M^r A. AMMARI
M^{elle} R. CHEGGOU
M^r B. BOUTAHRAOUI**

Juillet 2008

REMERCIEMENT

Il m'est agréable avant tout d'exprimer mes vifs remerciements à tous ceux qui par leur aide et leur encouragement ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens d'abord à remercier mes parents pour leur patience et leurs motivations qui m'ont été très intéressantes tout le long de mes études

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon promoteur Mr RAISSI OMAR de m'avoir orienté et pour ses directives judicieux, son soutien et son assistance dans le but de mener à bien ce projet de fin d'étude.

Mes remerciements s'adressent également à tout les enseignants sans exception, qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude et qui ont contribué à notre formation, sans oublier tout le personnel de l'ENSH.

Mon respect aux membres de jury qui me feront l'honneur de juger mon travail

SAADAOUI AHMED

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard.

A mes frères

A mes sœurs.

A mon ami RAMADHAN MANSOURI.

*A mes amis : MEHDI, ALILO, HASSEN, RIDHA, AHMED, ISSAM,
HACEN, KHALED, BENISSA, BELKACEM, ET NASSIM*

A mes tout mes amis de l'ENSH

SAADAOUI AHMED

Sommaire

Introduction Générale

CHAPITRE I : domaine de la réutilisation des eaux usées

I-1-Introduction.....	1
I-2- Objectifs de la réutilisation des eaux usées.....	1
I-3- Historique de la réutilisation des eaux usées.....	2
I-4-Espaces géographique de la réutilisation des eaux usées.....	2
I-4-1-quelques exemples de réutilisation des eaux usées dans le monde.....	3
I-4-1-1-L'Europe du nord.....	3
I-4-1-2-Le continent américain.....	3
I-4-1-3-le bassin méditerranéen.....	4
I-4-1-3-1-la Grèce.....	4
I-4-1-3-2-la Tunisie.....	5
I-4-1-3-3-possibilité d'approche en Algérie.....	5
I-4-1-4-aperçu général sur le problème d'eau.....	6
I-4-1-4-1-accroissement des problèmes d'eau.....	7
I-5-conclusion.....	7

CHAPITRE II : efficacité de la réutilisation des eaux usées dans l'irrigation

II-1- introduction.....	8
II-2- Réutilisation agricole des eaux usées.....	8
II-2-1- Motifs.....	8
II-2-2- Intérêts et contraintes de la réutilisation agricole des eaux usées.....	9
II-2-3- avantages et limites de la réutilisation de l'eau usée.....	9
II-2-4- les usages possibles	10
II-2-4-1 usage industriel.....	10
II-2-4-2 usage domestique et municipal.....	10
II-2-4-3 usage agricole.....	11
II-2-4-3-1-Les risques pour les sols et les cultures.....	12
II-2-4-3-2 Les bonnes pratiques agricoles.....	13
II-2-4-3-3-Choix du système d'irrigation.....	13
II-2-4-3-4Pratiques pour minimiser le taux des nitrates.....	16

II-3-conclusion.17

CHAPITRE III : différents types d'eaux usées et paramètres de pollution

II.1.Les eaux usées brute.....	18
II.1.1.Les eaux usées domestiques.....	18
II.1.2 Les eaux usées d'origine industrielle.....	18
II.1.3 Les eaux usées d'origine agricole.....	18
II.2. Composition et qualité des eaux usées domestiques.....	19
II.2.1. Composition.....	19
II.2.1.1. Les matières en suspension et la matière organique	19
II.2.1-2. Les micro-organismes.....	19
II.2.1.3. Les substances nutritives.....	19
II.2.1.4. Les éléments traces	20
II.3.Définitions des paramètres de pollution caractérisant une eau usée.....	21
II.3.1.Introduction.....	21
II.3.2.Demande chimique en oxygène (DCO).....	22
II.3.3.Demande biochimique en oxygène (DBO).....	22

II.3.4.Matières en suspension.....	22
II.3.5.Azote.....	23
II.3.6.Phosphore.....	24
II.4.Mesure de la pollution.....	25
CHAPIV : présentation du lac de Réghaia	
IV-1-2-Localisation géographique :27	
IV-1-3-Rôle socio-économique actuel dans la région :	28
IV-2-Characteristiques du bassin versant :	28
IV-2-1-Paramètres Physiques et morpho métriques générales :	28
IV-2-1-1- Superficie, altitudes et formes :	28
IV-2-1-2-Characteristiques topographiques :	29
IV-2-1-3- Indice de pente et relief :	30
IV-2-2-Le réseau hydrographique.....	32
IV-3-facteurs climatiques et leur variabilité (ANRH DEB) :	34
IV- 3-1-Précipitations journalières :	34
IV-3-2-Précipitations mensuelles et régimes saisonniers.	35
IV-3-3-Précipitations annuelles.	38
IV-3-4-Température :	40
IV-3-5-Evaporation :	41
IV-3-6-Les apports liquides :	43
IV-3-6-1-la Station Hydrométrique de Réghaïa :	43
IV-3-6-2-Hydrogramme de crue :	44
IV-3-6-3-le Calcul des apports liquides.....	45
IV-4-contexte hydro-geologique et géomorphologique :	45
IV-4-1-la Morphologie :	46
IV-4-2-la Géologie :	46
IV-4-2-1-Les dépôts continentaux :	46
IV-4-2-2-Les dépôts marins :	46
IV-4-3-Histoire géomorphologique de la Mitidja.....	46
IV-4-4-Les systèmes aquifères :	47
IV-4-4-1- Le réservoir Astien :	47
IV-4-4-2-Le réservoir Quaternaire :	48
IV-4-4-3-Les formations dunaires du Sahel :	48
IV-4-5-cadre géologique du site du lac de Réghaia :	49
IV-4-6-Synthèse lithologique des formations du lac :	50
IV-4-7- Relations hydrodynamiques lac-aquifères :	52
IV-4-8-Bathymétrie du Lac.....	53
IV-5-Conclusion.....	53
Chapitre V: analyse de la qualité d'eau du lac :	
V-1- Introduction :	54
V-2- Sources de pollution au niveau du lac :	54
V-2-1- pollution agricole.....	54
V-2-2-Pollution urbaine :	55
V-2-3- Pollution industrielle :	55
V-3-Qualité des eaux rejetées au niveau du lac :	57
V-3-1-Analyses de données des rejets de l'oued de Réghaia :	58
V-4-Impact des rejets dans le milieu récepteur :	59
V-5-Restauration du lac de Réghaia :	60
V-6-Description de la station de Réghaia :	60
V-6-1-Capacité de traitement :	60

V-6-2-Principe d'épuration:	61
V-6-2-1-Le traitement primaire.....	61
V-6-2-2-Le traitement secondaire (biologique)	62
V-6-2-3-Le traitement tertiaire.....	62
V-6-3-Etat actuel de la station:	63
V-7-Paramètres physico-chimique analysés :	63
V-7-1-les paramètres physiques :	63
V-7-2-Les paramètres chimiques.....	64
V-7-2-1-Indicateurs de pollution en mg/l.....	64
V-7-2-2-Teneurs en élément majeurs en mg/l.....	64
V-7-2-2-1Les cations.....	64
V-7-2-2-2 Les anions.....	64
V-7-2-3- Teneur en élément trace en mg/l.....	64
V-8-Les procédures d'analyses :	64
V-8-1-la température de l'eau :	64
Interprétation :	65
V-8-2-le pH :	65
Interprétation :	66
V-8-3-la conductivité électrique :	66
Interprétation :	66
V-8-4-Les matières en suspension :	67
Interprétation :	67
V-8-5-L'oxygène dissous :	68
V-8-6-La demande biochimique en oxygène :	68
Interprétation :	68
V-8-7-La demande chimique en oxygène.....	69
Interprétation :	70
V-8-8-Le coefficient de biodégradabilité :	70
V-8-9-Les substances nutritives :	70
V-8-9-1-L'azote :	70
V-8-9-1-1-Les teneurs de l'azote sous ses diverses formes :	71
Interprétation :	72
V-8-9-2-l'orthophosphate :	72
V-8-10-Teneur en éléments majeurs :	72
V-8-10-1-Les cations (Calcium, Magnésium et Sodium)	73
Interprétation :	73
V-8-10-2-Les anions (les Chlorures et les bicarbonates)	73
Interprétation :	73
V-8-11- les métaux lourds :	73
Interprétation.....	74
Remarque :	74
Conclusion :	74

Chap VI : étude pédologique des perimètres irrigués

V-1-Introduction :	75
V-2-Etude cartographique :	75
VI-2-1-Analyses des sols :	75
VI-2-2-Réalisation de la carte pédologique :	76
VI-2-2-1- Principe de classification des sols :	76
VI-2-2-2-Critères de classification des sols :	76
VI-3-Etude des sols :	77
VI-3-1-Répartition des sols dans la zone d'étude :	77
VI-3-2 : caractéristique de chaque unité de sol	77
VI-3-2-1 sol peu évolué.....	77
VI-4-Aptitude des sols à l'irrigation par les eaux du lac :	80
VI-5-L'irrigation par les eaux du lac :	81
VI-5-1-choix des parcelles et systèmes d'irrigation :	81
VI-5-2-Mode d'utilisation des eaux du lac :	81
VI-5-3- Utilisation au niveau de la parcelle :	81
VI-6-Conclusion :	82

Chap VII : Normes optimales pour la réutilisation des eaux traitées dans le domaine d'irrigation

VII-1-Introduction.....	83
VII-2- Classification des eaux pour l'irrigation :	83
VII-2-1-Classification mondiale (F.A.O) :	83
VII-2-2-Classification Russe :	83
VII-2-3-Classification Américaine :	83
VII-3-Interprétation des résultats d'analyses faites sur les eaux du lac:	85
VII-4- analyse comparative des eaux du lac, et les normes admissible pour l'irrigation :	85
VII-5-Conclusion :	86

LISTE DES FIGURES

Figure II-01: Répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaine.....	11
Figure IV-01: image Google du site de lac de Réghaia.....	26
Figure IV -2: photo aérienne du lac de Réghaia.....	39
Figure IV -3: courbe hypsométrique.....	39
Figure IV -4 : tracé du profil en long d'oued Réghaia.....	39
Figure IV -5 : réseau hydrographique.....	39
Figure IV -6 : repartition des pluie.....	40
Figure IV -7 : variation des précipitations mensuelles	40
Figure IV -8 : variation interannuelle des pluies.....	41
Figure IV -9 : diagramme embothermique	41
Figure IV -10 variation de l'ETP	42
Figure IV -11 : hydrographe de crue.....	42
Figure IV -12 : esquisse géologique	43
Figure IV -13 capacités du lac en fonction des altitude.....	53
Figure V-1: photo d'oued de Réghaia.....	80
Figure V.-2 station d'épuration des eaux usées de la ville de Réghaia.....	60
Figure V-3: station d'épuration à l'amont du lac.....	61
Figure V-4: ouvrage combiné : dehuilleur, dégrilleur.....	61
Figure V-5 : ouvrage d'épaississement.....	63

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau I-statistique de la disponibilité en eaux de quelques pays.....	7
Tableau II--1 Les valeurs guides des caracteristiques principales de l'eau d'irrigation.....	13
Tableau III--3: systeme d'irrigation et risques d'impact sur l'environnement.....	15
Tableau III-1-valeurs guides d'elements traces dans l'eau d'irrigation.....	21
Tableau III-2-paramètres caracterisant la pollution.....	25
Tableau IV-1-repartition des superficies selon les classes d'altitudes.....	29
Tableau IV-2-longueur d'oued de Réghaia.....	31
Tableau IV -3- : estimation des pluies maximales pour 24 heures selon la loi de Gumbel.....	35
Tableau IV-4-variation des precipitations mensuelles dans la région de Réghaia.....	36
Tableau IV -5-Characteristiques des précipitations annuelles dans la région de Réghaia.....	39
Tableau IV-6-estimation des pluies annuelles fréquentielles selon la loi de distribution normale.....	40
Tableau IV-7-distribution des apports liquides moyennes mensuelles.....	43
Tableau IV 8-estimation des apports annuels.....	45
Tableau IV 9-estimation des debits des apports des sources.....	52
Tableau V-1-ration des flux polluants annuel des eaux ruisselant sur divers types des zones agricole	55
Tableau V-2-variation des concentration des metaux lourds au cours du temps de l'oued de Réghaia....	58
Tableau V -3-l'ensemble des phénomènes d'impacts selon les trois niveaux.....	59
Tableau V-4-mesure de températures.....	65
Tableau V-5-mesure de PH.....	65
Tableau V-6- mesure de conductivite électrique.....	66
Tableau V-7- mesure matiere en suspension.....	67
Tableau V-8- mesure oxygène dissous.....	68
Tableau V-9- mesure demande biochimique en oxygène.....	69
Tableau V -10- mesure demande chimique en oxygène.....	69
Tableau V -11-mesure de l'azote.....	71
Tableau V -12- mesure des cations.....	72
Tableau V -13- mesure des anions.....	73
Tableau V 14- mesure teneurs en metaux lourds	73
Tableau VII -1: comparaison de la qualité des eaux du lac de Réghaia vis-à-vis les normes des eaux d'irrigation.....	85

Les annexes

Annexe : 01 Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Annexe n° 01: Caractéristiques des eaux de rejet de quelques entreprises polluantes

Annexe n° 02 Les normes des rejets des eaux usées à la sortie de la la station d'épuration

Annexe n° 03 : valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles

Annexe n° 04 : les teneurs de certains éléments traces métalliques vis-à-vis le sol et les eaux d'irrigation

Annexe n° 05 : principe d'analyses et modes de conservation d'échantillons

Annexe n° 06 : Concentration maximale admissible dans chaque classe de qualité

Annexe n° 07 : comparaison de la qualité des eaux du lac de Réghaia vis-à-vis les normes des eaux d'irrigation (tableau recapitulatif des paramètres mesurés au laboratoire)

Les cartes :

-Situation géographique du lac de Réghaia

-Carte carte d'aptitude des sols à l'irrigation par les eaux du lac de Réghaia

-Carte des sols de la zone d'étude

-Carte d'occupation des sols

ملخص :

تعرف الجزائر تدهورا معتبرا على مستوى مصادرها الطبيعية، وهذا رغم المجهودات المبذولة لحماية بيئتها.

لقد اثبتت نتائج قياس العوامل الفيزيائية و الكيميائية لمياه بحيرة الرغاية (pH ,T25°,MES,DBO5 ,DCO ,NH4+)

في معظمها صلاحيتها للسقي. حيث أن هذه العوامل احترمت المقاييس المحددة من طرف المنظمة العالمية للصحة الخاصة بالمياه السطحية و كذا معايير اعادة استعمال المياه الرثة بعد معالجتها في القطاع الفلاحي.

هذه المياه في الوقت الراهن. تستعمل في سقي قطع اراضي مخصصة للخضر و الاشجار المثمرة.

RESUME:

L'Algérie, malgré les efforts consentis en matière de protection de l'environnement connaît une dégradation importante de ses ressources naturelles.

Les résultats des paramètres physico-chimique des eaux du lac de Reghaia (pH , températures de l'eau,MES ,DBO5 ,DCO.NH4+,ETC...) montrent que la majorité sont acceptable et sont inférieures aux normes fixées par l'organisation mondiale de la santé relatives aux eaux de surface et respecte aussi les normes de réutilisation des eaux usées dans le secteur agricole.

Actuellement, ces eaux sont utilisées pour l'irrigation des parcelles destinées à la production des cultures maraîchères et en arboricultures (agrumes principalement).

ABSTRAT :

Algeria, in spite of efforts agrée in protective matters of the environment knows a deterioration import her naturel resources.

The results of the physico-chemical parametres of the waters of Reghaia lake (pH ,T25°,MES,DBO5 ,DCO ,NH4+...) show that the majority are acceptable and are inferior to norms fixed by the World organisation of health relative to the waters of surface, and respect also the norms of reuse of the wastewater in the agricultural sector.

Currently, these waters are used for the irrigation of parcels destined to the market culture production and for arboricultures (citrus fruits mainly).

INTRODUCTION GENERALE

A cette époque, l'eau est devenue un sujet de préoccupation à l'échelle planétaire.

La demande à cette ressource indispensable et irremplaçable s'accroît jour après l'autre.

En revanche, sous le triple choc de la sécheresse, la pollution et la croissance énorme des besoins consécutifs à l'augmentation de la population et la croissance urbaine, la ressource naturelle que l'on croyait disponible ne devient jamais une solution économique, et même si elle est disponible reste rare et insuffisante.

Afin de combler le déficit hydrique dans le domaine d'agriculture, la pensée s'oriente vers la réutilisation des eaux usées traitées en évitant, le plus possible, le danger sur le sol et la santé humaine

Pour une utilisation contrôlée et planifiée, il s'agit d'abord, de connaître la qualité des eaux.

Une eau convient au non à l'irrigation selon la qualité physico-chimique et les germes pathogènes qu'elles contiennent ; avec une eau de qualité médiocre, on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques.

Le lac de Réghaia actuellement, joue un rôle récepteur des eaux usées, de toutes les activités industrielles et des rejets domestiques sans oublier l'apport des polluants agricoles des terres adjacentes qui font de lui un véritable égout à ciel ouvert.

Heureusement, il y a une station d'épuration installée à l'amont du lac, qui fait le rôle de protéger et de dépolluer les effluents déversés, Ces derniers, sont réutilisés pour l'irrigation des parcelles destinées à la production des cultures maraîchères et l'arboriculture

Pour évaluer le degré de pollution et déterminer l'aptitude de ces eaux à l'irrigation, on a fait des prises d'échantillons à l'amont et à l'aval du lac, autrement dit, un prélèvement :

- à l'entrée de la station d'épuration
- au bassin de stockage destiné à distribuer l'eau afin d'irriguer les périmètres concomitants

Ces prélèvements sont effectués dans le but d'analyser les eaux du lac et portent sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

En parallèle, la cartographie des sols permettra d'évaluer, en fonction des caractéristiques des sols, des zones aptes à l'irrigation à partir des eaux du lac de Réghaia et leur compatibilité avec la nature des périmètres retenus et les cultures envisagées. Il s'agira ici de voir dans quelle mesure ces eaux peuvent être utilisées sans contraintes, à court, à moyen et à long terme, afin d'éviter toute altération et contamination des sols, des eaux des nappes et des cultures irriguées.

CONCLUSION GENERALE

L'objectif primordial de cette étude est le diagnostic de la qualité de l'eau du lac de Reghaia vis à vis l'irrigation, ainsi que sa importance dans l'équilibre de l'écosystème de milieu, en préservant la nappe et l'environnement

Les résultats analytiques ont montré que les eaux du lac ont des caractéristiques favorables en respectant les normes de la réutilisation des eaux usées dans le domaine d'irrigation, après les avoir stockées ou préalable dans des bassins, et présentent aussi, des avantages d'amélioration sur le plan chimique et biologique du milieu

En signale aussi, les efforts déployés au niveau de la station d'épuration implantée à l'amant, qui présente un bon rendement pour atténuer le taux de pollution rejetant dans le lac, en attendant bientôt, une meilleure efficacité avec la réalisation des ouvrages de traitement biologique qui aura lieu l'année prochaine

Enfin, On préconisera de suivre régulièrement la qualité de l'eau, dans ce cadre, il serait préférable de mettre en œuvre tout un programme de recherche sur la gestion, l'utilisation des eaux, et la préservation du milieu en terme de développement durable

CHAPITRE I

**Domaine de la réutilisation des eaux usées
Dans le monde**

I-1-Introduction :

On appelle réutilisation des eaux l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires.

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel,
- La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage. Il s'agit, dans ce cas d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisation initiale.

La réutilisation des eaux sert à des usagers nouveaux par rapport aux usagers initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé.

I-2- Objectifs de la réutilisation des eaux usées :

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

En effet, les volumes d'eau issus des traitements sont, en grande partie destinés dans le domaine agricole, vu sa demande en eau élevée. Les besoins industriels (centrales nucléaires, centrale hydroélectrique les usines de fabrication d'acier, ...) pour le refroidissement de moteurs des machines, peuvent être couverts.

I-3-Historique de la réutilisation des eaux usées :

Les effluents urbains, ont été depuis longtemps, utilisés pour la production agricole (champ d'épandage du 19^e siècle, en Angleterre, Allemagne, les régions parisiennes).

A partir de 1910 sous l'influence de l'extension urbaine, les nuisances générées par l'épandage d'eaux brutes, la pratique est entrée en régression sans que ce déclin soit dû à des considérations sanitaires objectives et précises.

Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico-chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière organique,

a favorisé, dans les pays industrialisés, de techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs.

Ces techniques ont été ensuite, peu à peu, utilisées pour le recyclage direct ou indirect, dans les pays semi arides, à déficit hydrique chronique.

C'est ainsi que les états comme la Californie, l'Arizona ont développé à partir des années soixante et, plus radicalement, ces deux dernières décennies, l'irrigation avec les eaux résiduaires, après traitement physico-chimique et biologique.

Aux états unis, un milliard de mètre cube était recyclé annuellement en 1975, dont 60% pour l'agriculture (7 milliards pour l'année 2000). En Californie environ 180 millions de mètre cube par an était réutilisés dans l'agriculture en 1975.

Des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne, Chypre, Grèce, Palestine, Tunisie (2000ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis) (PUIL C, 1998).

II-4 - Espaces géographique de la réutilisation des eaux usées :

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans le monde et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est liée aux développements de l'ingénierie des eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau. De nos jours près de la moitié de la population mondiale vit en zone urbaine et leurs besoins en eau ne cessent d'augmenter alors que les ressources en eau continuent à se dégrader (PUIL C, 1998).

Ainsi pour établir un équilibre entre les différents utilisateurs de l'eau, les rejets urbains sont recyclés pour couvrir une partie des volumes d'eau d'irrigation. En effet la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît des applications variables suivant les pays. Elle est appelée à se développer dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion des ressources en

eau, supposant la prise en compte de facteurs techniques, socio-économiques, réglementaires et environnementaux.

II-4-1- Quelques exemples de réutilisation dans le monde :

Comme il a été noté dans la partie introductive de ce chapitre, la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît une large expansion de part le monde. Pour bien fixer les idées nous donnerons à titre illustratif le cas de certaines régions.

II-4-1-1-L'Europe du Nord :

En Europe du nord, l'épandage des eaux usées était une tradition. Cette pratique qui datait de très longtemps est sur le point de disparaître avec l'avènement des nouvelles technologies de traitement.

Ainsi, en Grande Bretagne, la recharge des nappes par des eaux usées traitées constitue une forme de recyclage des eaux. L'Allemagne est également concernée par l'irrigation avec des eaux usées urbaines. Dans ce pays on utilise les eaux usées urbaines pour l'irrigation de céréales, de betteraves, de pommes de terres ou des prairies.

On peut aussi citer l'exemple de la Hongrie où 200 millions de mètres cubes d'eaux usées ont été utilisées en 1991 pour l'irrigation de diverses cultures, de prairies, de rizières et de peupleraies. (M. Trad Raïs et al, Septembre 2003)

II-4-1-2- Le continent américain :

La réutilisation aux fins d'agrément est pratiquée depuis 1955 aux Etats-Unis. Outre l'arrosage de parcs, de parcours de golf et de jardins publics, on peut souligner comme exemple singulier la création de lacs artificiels alimentés en tout ou partie par des eaux usées épurées. Des études publiées en 1994 ont montré que les traitements poussés des eaux usées par des procédés à membranes étaient appropriés pour respecter les réglementations. (M. Trad Raïs et al, Sept 2003)

En effet les réglementations concernant la réutilisation aux états unis sont très sévères, par exemple, 2.2 coliformes fécaux par 100 millilitres en 1993 (état de Californie).

Ce qui est très loin de la réglementation imposée par l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui est de 1000 coliformes fécaux par 100 millilitres. Dans ce pays 34 états disposent des réglementations ou des recommandations relatives à l'utilisation des eaux usées à des fins agricoles. (M. Koliai)

Sur le continent américain, cette pratique est également réalisée dans plusieurs pays d'Amérique du Sud ainsi qu'au Mexique. Par exemple, la ville de Mexico utilise les effluents traités par ses 16 stations d'épuration pour l'irrigation des parcs, des jardins publics et des équipements de loisirs. Il faut souligner que seulement 6% des eaux usées brutes sont épurés. En 1996, les eaux usées brutes de Mexico étaient encore utilisées en irrigation agricole et notamment dans le cadre du plus grand plan d'irrigation du monde (irrigation de 85000 hectares de maïs, d'orge et de tomates).

Mais les critères sanitaires de la législation mexicaine concernant l'utilisation des eaux usées en agriculture ont été modifiés et reprennent désormais les recommandations de l'OMS (FAO, septembre 2003).

II-4-1-3-Le bassin méditerranéen :

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. Par conséquent c'est l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée (PUIL.C 1998)

II-4-1-3-1-La Grèce :

La Grèce a développé dès 1996, une stratégie de réutilisation des eaux usées. Dans la ville d'Athènes l'usage des eaux usées traitées dans l'irrigation des cultures est prédominant, près de 71% des volumes. Ces eaux sont également utilisées dans le domaine de l'industrie et pour l'alimentation des chasses d'eau. Dans ce pays les eaux usées subissent un traitement un peu poussé, après la filière biologique, les eaux passent à travers un filtre à sable, elles sont ensuite conduites dans des bassins de désinfection par chloration. Ces faits permettent d'obtenir une qualité de l'eau sans préjudice sur le milieu récepteur.

II.4.1.3.2- La Tunisie :

Au niveau industriel, le secteur n'est pas encore attiré par la réutilisation des eaux usées traitées (EUT). Il faut dire que la fin de la dernière décennie, « les sites industriels offrant une opportunité pour cette réutilisation ne sont pas encore identifiés ». Dans ce cadre, il s'agit d'évaluer la possibilité de substituer les ressources en eau conventionnelle par les eaux usées traitées (EUT), outre l'étude de faisabilité économique et technique de tels projets. Cela peut se faire par la coopération entre l'Agence de réutilisation des eaux usées traitées (EUT), l'ONAS et les bénéficiaires du côté industriel.

Par contre, dans le secteur agricole, l'expérience est déjà en constante progression. « Le potentiel mobilisable des ressources en eau identifiées (1999) est de quatre milliards de mètres cubes dont 80 % ou plus sont déjà mobilisées ».

Ce volume « est potentiellement disponible sous forme d'eau usée traité (EUT) à partir du parc des 55 stations d'épuration existantes. Ils subissent un traitement secondaire et sont fournis gratuitement par l'ONAS ».

« La principale filière de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) est l'irrigation. Les périmètres irrigués par ces eaux couvrent actuellement une superficie totale d'environ 6400 ha. Les volumes réutilisés demeurent très variables d'une année à l'autre allant de 12,5 M m³ en 1994 à 35 M m³ en 1996.

Les principales cultures irriguées sont les cultures fourragères et les céréales – cultures à faible plus-value - qui couvrent plus de 2/3 de ces terres. Il y a aussi l'arboriculture et les cultures industrielles. Enfin, cette irrigation avec les eaux usées traitées (EUT) s'étend aux terrains de golf qui couvrent une superficie d'environ 6000 ha. Le volume total réutilisé sur l'ensemble de terrain de golf a été de 4 Mm³ en 1996. Ainsi, les principaux exploitants des eaux usées traitées (EUT) sont le Ministère de l'Agriculture et l'Agence Foncière du Tourisme (AFT). Cette dernière se charge de l'adduction des eaux usées traitées (EUT) pour l'arrosage des terrains de golf et de quelques jardins d'hôtels dans les grandes zones touristiques ».

(Zargouni, 1999).

II.4.1.3-3 Possibilité d'approche en Algérie :

En Algérie, un certain nombre d'actions sont entreprises pour promouvoir la réutilisation des eaux usées. Pour le cas de la ville d'Alger, grande agglomération, une station est conçue pour le traitement des effluents de la ville par la méthode conventionnelle des boues activées suivie

des traitements de désinfection et de clarification par le chlore. Des traitements complémentaires sont envisagés pour permettre la pratique des cultures sans restriction.

Les autres pays du pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie, réutilisent le plus souvent leurs eaux usées urbaines sans traitement. L'arrosage de cultures maraîchères n'y est pas exceptionnel. L'Espagne se dote néanmoins progressivement, région par région, d'une réglementation et améliore la qualité des eaux réutilisées. Les réutilisations sont alors l'occasion d'un effort pour répondre à des standards sanitaires existants ou en cours d'élaboration. C'est le cas pour l'arrosage des parcours de golf ou d'espaces verts aux Canaries, à Majorque, en Catalogne espagnole (FAO, 2003).

II-4-1-4-Aperçu général sur le problème d'eau :

II-4-1-4-1-Accroissement des problèmes de l'eau: Le concept de vulnérabilité :

La concurrence entre l'agriculture, l'industrie et les villes pour les disponibilités limitées en eau est déjà un frein aux efforts de développement dans de nombreux pays. A mesure que les populations et les économies s'accroissent, la concurrence pour les disponibilités limitées ira en s'intensifiant de même que les conflits entre usagers.

Le degré de vulnérabilité d'un pays pour l'eau dépend de la quantité d'eau, de sa répartition dans le temps, de sa qualité, et du niveau de la consommation et de la demande. Alors que le climat est le facteur principal déterminant la quantité d'eau et sa répartition dans le temps, la population et le développement économique sont les influences prépondérantes pour la qualité et la demande.

Bien que la qualité de l'eau et sa répartition dans le temps soient des facteurs difficiles à mesurer pour procéder à des comparaisons entre pays, les disponibilités et la demande en eau peuvent être étalonnées à la fois entre les pays et dans le temps et on peut en tirer des conclusions sur la vulnérabilité d'une région donnée. Il faut cependant être prudent dans l'interprétation des données lorsqu'on procède à des comparaisons entre des pays de zones climatiques et de pratiques agricoles différentes - par exemple, un pays tempéré reposant sur une culture pluviale comparé à un autre utilisant l'irrigation.

Quand les ressources internes renouvelables en eau sont inférieures à 1000 m³ par habitant, le manque d'eau est alors considéré comme un grave frein au développement socio-économique et à la protection de l'environnement. (FAO, 1993)

Le tableau I-1 : illustre la statistique des pays où les disponibilités internes renouvelables en eau étaient sous la barre des 1000 m³ par an et par habitant avant la fin du 21^e siècle.

Tableau I.1 : Statistiques de disponibilité en eau de quelques Pays (Année 2000).

PAYS	DISPONIBILITES EN EAU m ³ /habitant		POPULATION millions
	Ressources internes renouvelables	Débits issus des pays voisins inclus	
Egypte	29	934	62.4
Arabie Saoudite	103	103	21.3
Libye	108	108	6.5
Emirats Arabes Unis	152	152	2.0
Jordanie	153	240	4.6
Mauritanie	154	2 843	2.6
Yémen	155	155	16.2
Tunisie	384	445	9.8
Syrie	430	2 008	17.7
Kenya	436	436	34.0
Burundi	487	487	7.4
Algérie	570	576	33.1
Hongrie	591	11 326	10.1
Rwanda	604	604	10.4
Botswana	622	11 187	1.6
Malawi	760	760	11.8
Oman	880	880	2.3
Soudan	905	3 923	33.1
Maroc	943	943	31.8
Somalie	1 086	1 086	10.6

Source: Calculs de la FAO sur la base de données de la Banque Mondiale et d'autres organismes

I-5-Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à déficit hydrique. Des recommandations internationales et locales sont adoptées à cette pratique en vue de minimiser les risques sanitaires et environnementaux.

CHAPITRE II

**Efficacité de la réutilisation des eaux
usées dans le domaine l'irrigation**

II-1-Introduction :

Dans notre époque l'agriculture est le secteur le plus important utilisateur d'eau à l'échelle mondiale. Dans de nombreux pays, et en particulier ceux situés dans les régions Arides et semi arides, cette dépendance devrait même s'intensifier. C'est à partir de la révolution verte que l'agriculture a commencé à s'approprier des quantités d'eau de plus en plus importantes. L'agriculture irriguée et non irriguée peut encore augmenter sa productivité, en particulier en améliorant la productivité de l'eau.

II-2- Réutilisation agricole des eaux usées :

L'évolution de la réutilisation des eaux usées connu et connaît encore différentes phases de développement en fonction des intérêts mis en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau.

Actuellement, les possibilités de réutilisation agricole des eaux usées sont très larges, quand la qualité est en adéquation avec l'usage.

Toutefois, les projets de réutilisation agricole des eaux usées sont des opérations à long terme qu'il importe de mener avec prudence. En effet, si la réutilisation des eaux usées peut constituer une ressource additionnelle et contribue à la protection de l'environnement, elle peut également, si elle est pratiquée de façon inappropriée, avoir des effets négatifs sur la santé humaine et animale.

Les problèmes relatifs à la réutilisation étant de nature interdisciplinaire, la prise en compte d'un grand nombre d'aspects et nécessaire (procédés de traitement, systèmes d'irrigation, rendement et qualité des récoltes, protection de l'environnement, contrôle, aspects socio-économiques et sanitaires). Ceci suppose la mise au point d'approches et des solutions spécifiques qui doivent être adaptées aux situations locales. L'utilisation des eaux usées suppose, d'autre part, la mise en place d'un cadre institutionnel et législatif.

II-2-1-Motifs :

Les motifs pour le développement des systèmes de réutilisation

Peuvent être très varies, suivant le contexte local :

- ✚ Absence d'exutoire pour les effluents collectés.

- ✚ Absence ou déficit de ressource en eau et conséquence, besoin de mobiliser des ressources supplémentaires.
- ✚ Protection de l'environnement des milieux récepteurs.
- ✚ Utilisation des eaux usées comme source d'éléments fertilisants et leurs applications pour améliorer les propriétés des sols et la production agricole.

II-2-2-Intérêt et contraintes de la réutilisation agricole des eaux usées :

Dans un souci de protection de l'environnement et de la santé publique, le pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées à travers la création et l'amélioration des stations d'épuration indépendamment de la réutilisation de cette ressource. Il serait dommage que cette eau ne soit pas valorisée chaque fois qu'il est possible.

Parmi les domaines de la réutilisation, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant. En effet, elle procure à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elle constitue en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption comme l'azote, le potassium et le phosphore, permet de diminuer les frais de fertilisation des sols.

L'utilisation des eaux usées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les étendues d'eau fermées, telles que lacs et étangs.

Si cette ressource constitue une valeur hydrique et un potentiel de matières fertilisantes, elle peut être également une source de pollution. Son contenu en éléments traces et en germe pathogènes et sa teneur élevée en azote peuvent présenter un risque pour la santé humaine.

II-2-3-Avantages et limites de la réutilisation de l'eau usée :

Les eaux usées importantes dans la gestion globale des ressources en eau. En libérant des ressources d'eau douce pour l'approvisionnement domestique et d'autres usages prioritaires, la réutilisation apporte une contribution à la conservation de l'eau et de l'énergie et améliore la qualité de la vie. L'eau usée peut avoir des résultats agronomiques positifs. D'ailleurs, les systèmes d'utilisation d'eau usée, lorsqu'ils sont correctement planifiés et contrôlés, peuvent avoir un impact environnemental et sanitaire positif, à côté de rendements agricoles accrus. Cependant, la réutilisation de l'eau usée peut également avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé publique

II-2-4-Les usages possibles :

Théoriquement on peut utiliser les effluents des villes pour de nombreux usages :

- ✓ Industrie
- ✓ Usages municipaux (lavage de chaussées, arrosage)
- ✓ Irrigation/ agriculture

II-2-4-1-Usage industriel :

L'eau résiduaire après traitement peut être une source d'eau tout à fait adaptée aux besoins industriels en particulier pour le refroidissement et les lavages. Les réalisations sont maintenant assez nombreuses. Très souvent une élimination poussée de la pollution organique est nécessaire et le traitement biologique est alors suivi d'un traitement de finition.

L'eau, après un traitement tertiaire très complet, comprenant entre autres une étape de déminéralisation, peut être utilisée pour l'alimentation de chaudières basse pression. Des essais de longue durée ont démontré la faisabilité de cette solution pour des chaudières moyenne pression.

II-2-4-2- Usage domestique et municipal :

La réutilisation des eaux usées traitées au domicile de l'habitant ou à l'échelle de la ville est possible à différents niveaux de qualité et suivant plusieurs schémas

- recyclage partiel à l'intérieur d'immeubles. Cette solution qui a fait l'objet d'applications en Extrême-Orient consiste le plus souvent à alimenter les chasses de toilette au moyen des autres eaux usées qui sont réutilisées après traitement,
- alimentation de réseaux municipaux de lavage (rues, camions, etc.) et de réseaux d'incendie. Cette utilisation ne doit pas apporter de gêne d'exploitation dans le réseau (dépôts, développements bactériens, corrosion, etc.) ni entraîner de risques sanitaires inacceptables.
- réalimentation partielle de nappes d'eaux souterraines, (lits filtrants...).

La **Figure II-01** résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine. Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le Sud des Etats-Unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud

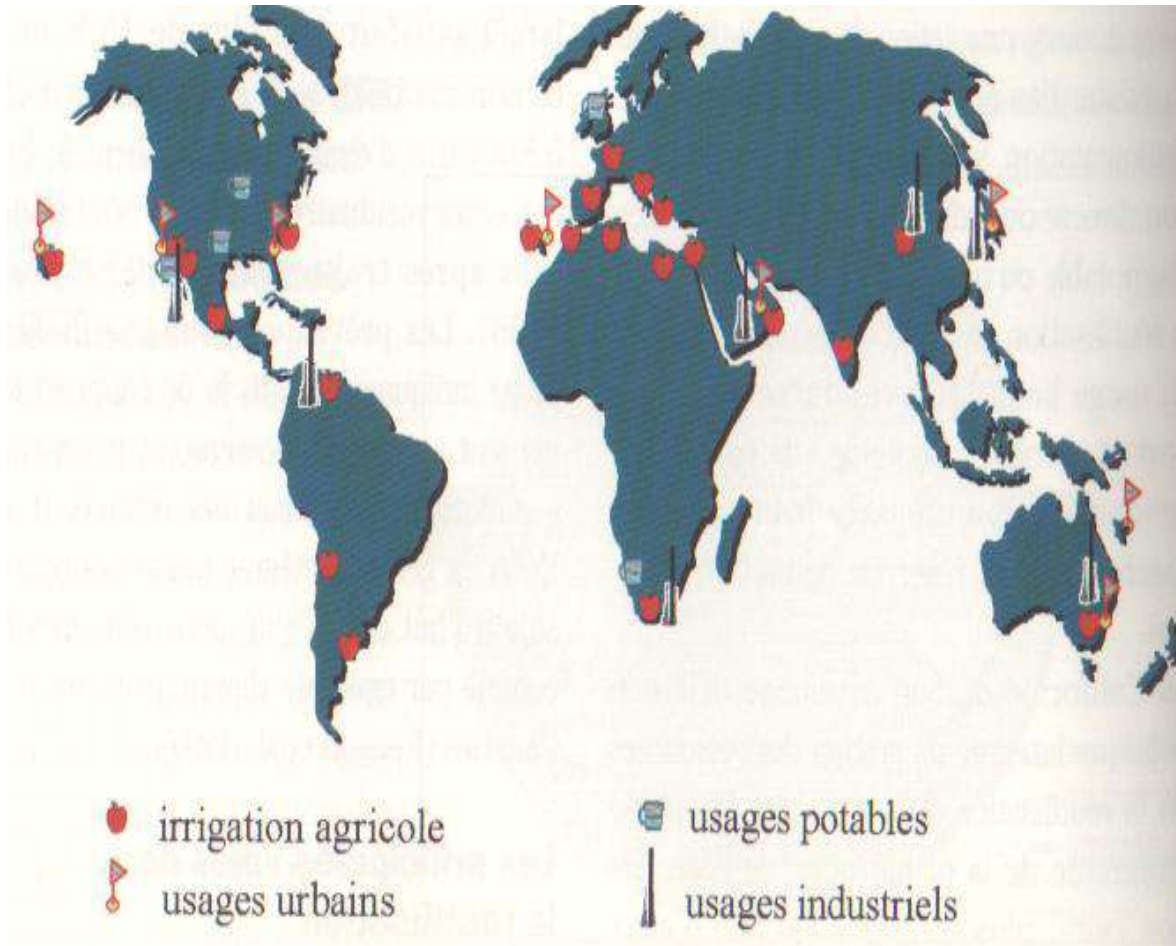


Figure II-01: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines

II-2-4-3-Usage agricole :

L'emploi des eaux usées en agriculture est très ancien et les champs d'épandage ont constitué les premiers systèmes d'épuration. Le sol est un filtre efficace et un hectare contient jusqu'à une ou deux tonnes de microorganismes. Aujourd'hui l'intérêt principal de la réutilisation des eaux usées en culture est plus souvent l'apport d'eau indispensable aux plantations (zones arides) que l'épuration par le sol ou l'apport d'éléments nutritifs. Des dispositions doivent être prises pour éviter les dépôts et la corrosion dans le système de distribution et un traitement préliminaire de décantation des

effluents bruts est dans tous les cas à conseiller. Un prétraitement biologique est aussi souvent recommandé. Il permet, en particulier, de réduire sensiblement les risques d'odeurs. Deux catégories de risques sont liées à cet usage des eaux usées

. Les risques sanitaires pour les populations avoisinantes et les consommateurs de produits agricoles. Suivant l'état sanitaire endémique local, les méthodes culturales, les habitudes de vie et les conditions climatiques, les risques sont très différents. Cependant, on peut considérer que de façon générale l'utilisation d'eaux résiduaires sur ou à proximité de végétaux à consommer crus est à écarter. La gestion correcte de périodes d'arrêt de l'épandage ainsi que de séchage de la récolte réduit ces risques. L'utilisation d'eaux résiduaires sur les prairies de fauche ne semble pas poser de grands problèmes; il n'en est pas de même sur les prairies pâturées.

Les cultures les plus adaptées sont l'arboriculture, les céréales, les betteraves et les oléagineux.

L'épandage par irrigation est préférable à celui par aspersion.

II-2-4-3-1-Les risques pour les sols et les cultures:

Colmatage du sol, accroissement de salinité, apport de toxiques.

Les propriétés physiques du sol peuvent être modifiées par les pratiques d'épandage.

La structure peut, en particulier, être détruite par un apport excessif de sodium et une absence de lessivage (en particulier dans les zones à trop faible pluviométrie).

La connaissance du SAR de l'effluent (rapport d'absorption de sodium) est alors importante

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^+}{2}}}$$

Il y a danger si le SAR approche 10 ; cela n'arrive en général que sur certains

Effluents concentrés (distilleries, sucreries, fromageries).

Une trop forte salinité de l'effluent (> 2 mg.l-1) entraîne aussi des difficultés et conduit à un contrôle plus attentif des quantités d'eaux épandues et de l'évolution de la salinité du terrain de culture. Le rapport C/N reste essentiel pour les besoins culturaux.

La relation N/P/K présente généralement un fort excès d'azote dans les effluents domestiques. Un des inconvénients de la réutilisation agricole peut être l'enrichissement de la nappe en nitrates.

Tableau II-01 : les valeurs guides des caractéristiques principales de l'eau d'irrigation

Caractéristique	Limitation d'usage		
	Pas	Modérée	Forte
Salinité en mg.l ⁻¹	<450	450 - 2000	> 2000
Conductivité spécifique en ms/.cm (CE)	<700	700 - 3000	> 3000
SAR = 0-3	>700	700-200	< 300
= 3-6	>1200	1200-300	< 300
= 6 -12	>1900	1900 - 500	< 500
=12 - 20	>2900	2 900 -1300	< 1300
=20 - 40	>5000	5 000 - 2 900	< 2 900
Na			
Irrigation en surface – RAS	<3	3-9	>9
Irrigation par aspersion mg.l ⁻¹	<70	>70	
Cl			
Irrigation en surface mg.l ⁻¹	<140	140-350	>350
Irrigation par aspersion mg.l ⁻¹	<100	>100	-
PH	De 6.5 a 8.4		

II-4-3-2-Les bonnes pratiques agricoles :

Il s'agit en fait de répondre à la question : quelles sont les bonnes pratiques agricoles de la réutilisation des eaux usées à mettre en œuvre pour protéger la nappe de la pollution nitrique?

La protection des ressources en eau consiste à appliquer des techniques d'irrigation efficaces, évitant tout apport excessif d'azote, ou en maximisant leur utilisation et donc en limitant les possibilités de fuite.

II-4-3-3-Choix du système d'irrigation :

Etant une pratique particulière, l'irrigation avec les eaux usées traitées exige, en plus des paramètres communs d'une irrigation avec des eaux de nappe, la maîtrise d'autres paramètres liés à la qualité physico-chimique et microbiologique des effluents (micro-organismes pathogènes,

éléments toxiques, salinité, matières en suspension, etc...). ainsi le choix de la méthode d'irrigation adéquate et adaptée permet de réduire les effets indésirables de l'utilisation des eaux usées pour l'irrigation.

Les techniques d'irrigation représentent à des degrés divers un risque de propagation des agents pathogènes et des polluants vers les ressources en eaux (nappe ou eaux de surface). Ce risque est directement lié aux quantités d'eau nécessaires aux irrigations qui sont elle mêmes dépendantes des systèmes d'irrigation. En ce qui concerne la pollution de la nappe, on peut globalement hiérarchiser les systèmes d'irrigation selon le degré de risque de contamination croissant comme suit :

Irrigation gravitaire>>> irrigation par aspersion> irrigation localisée ou micro-irrigation

La micro-irrigation, et en particulier la méthode au goutte à goutte, présente toute une série d'avantages

- Efficacités d'irrigation élevée par atténuation des pertes d'eau par infiltration et par colature.
- Risque moindre de pollution des eaux souterraines et de surface par les nitrates.
- Améliorations des rendements des cultures par optimisation des régimes hydriques, par rapports simultanés des éléments nutritifs et par des conditions d'aération optimales.
- Très faible contact entre le personnel opérateur et les effluents.
- Faible consommation d'énergie.
- Faible besoin en main d'œuvre.

Deux éléments importants et interactifs méritent d'être pris en considération pour minimiser les risques de toute contamination du sol, de la nappe et des eaux de surface : le degré d'épuration et l'efficacité d'application de l'eau au niveau de la parcelle. Pour cela, le bon choix de la méthode d'irrigation et la bonne stratégie de pilotage des apports d'eau s'imposent pour une réutilisation rationnelle. Le tableau N°01 relate les inter-relations entre les systèmes et l'efficacité de système

Système d'irrigation	efficacité du système
----------------------	-----------------------

Gravitaire	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficience du système - bassin 60-80% -raie 50-70% - planche 40-70%
Aspersion	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficience du système : 60-70 %
Souterraine « Sub-irrigation »	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficience du système : 40-50%
Localisé -Goutteurs -Rampes perforés	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficience du système : 80-90%

Tableau II-02 : système d'irrigation et efficacités:

Lorsqu'on parle de gestion rationnelle de l'irrigation on sous entend aussi des notions de valorisation de l'eau ou d'efficience de l'eau. Quel que soit le type de conception du système 'irrigation, l'efficience de l'eau et l'uniformité d'arrosage ne sont jamais égale à 100%

Toutefois un certain nombre de directives permettent de valoriser au maximum le mètre cube d'eau. Parmi ces directives, on propose la liste suivante :

-développer une technique adéquate de mesures de l'humidité du sol, actuellement la méthode TDR se prête bien au contrôle instantané et à différents endroits des teneurs en eau du sol.

-installer de régulateurs de pression et des systèmes de filtration performants.

-dimensionner correctement les canalisations d'irrigation de manière à assurer la qualité demandée par le système.

-assure une bonne maintenance du système d'irrigation.

II-2-4-3-4-Pratiques pour minimiser Le taux des nitrates :

Les teneurs en azote et ses formes dans les eaux usées varient en fonction de l'origine des eaux usées brutes et du système d'épuration. Ainsi par exemple, dans les effluents de lagunage, l'azote se trouve essentiellement sous formes organique et ammoniacale. Par contre, dans les effluents du système infiltration-Percolation, l'azote est essentiellement sous forme nitrique. Notons toutefois que l'ammonium se nitrifie rapidement une fois que les eaux, issues du lagunage, sont appliquées au sol. Ainsi, dans certaines situations. Le risque de pollution des eaux souterraines peut être élevé. Pour minimiser ce risque, il est important d'adopter certaines recommandations pratiques.

-il faut établir avec précision le bilan de l'eau dans le système sol-plante en quantifiant les entrées (pluies et hauteur d'eau d'irrigation) et les sorties (utilisation par la culture et l'évaporation).

-analyse les teneurs en nutriments et particulièrement en azote dans les eaux épurées utilisées pour l'irrigation. Ceci permettra de quantifier les quantités d'azote apportées par les doses 'irrigation appliquées.

-tenir compte du niveau de rendement escompté afin d'évaluer les exploitations.

-a partir de l'analyse du sol, tenir compte de reliquat d'azote minéral disponible dans le sol.

-la dose d'irrigation est un facteur important qui conditionne la lixiviation des nitrates.

Ainsi, dans les sols de texture sableuse, il convient de minimiser les doses et d'augmenter la fréquence. A ce niveau, il convient de considérer l'importance d'optimiser la dose d'azote et la hauteur d'eau d'irrigation sur la base de besoins en eau et en azote de la culture pour les différents stades phénologiques.

-dans le cas où les eaux sont chargées, il faut choisir les cultures les plus consommatrices d'azote et/ou assurer une couverture maximale des sols par les cultures

- mélanger des eaux riches en azote et des eaux moins concentrées ou alterner les irrigations avec ces deux catégories d'eau.

- En cas d'utilisation d'amendements organique, éviter l'utilisation du fumier frais. Il est plutôt recommandé d'utiliser un compost stabilisé et de comptabiliser la fourniture d'éléments nutritifs par le compost.

La connaissance et la détermination de la forme de l'azote minéral véhiculé par les eaux usées épurées sont d'importance capitale. En effet selon la filière de traitement adoptée, les eaux peuvent contenir l'ammonium (cas de lagunage) ou les nitrates (cas de l'infiltration-percolation). Dans le premier cas, il est recommandé d'utiliser des inhibiteurs de la nitrification mais ce n'est envisageable que pour des cultures à haute valeur ajoutée étant donné le prix de ces produits. Dans le seconde cas, deux possibilités sont offertes : mettre en place un système de dénitrification au niveau de station d'épuration ou mélanger les eaux usées épurées avec une proportion d'eau de nappe ou de surface pour diminuer la teneur en nitrates.

Ainsi, il est fortement recommandé d'établir un bilan de masse d'azote dans le but de protéger la nappe contre la contamination par les nitrates.

L'objectif consiste à garder la concentration nitrique des eaux à un niveau inférieur à 50 mg/l ou de garantir un taux d'accroissement annuel nul dans le cas où la concentration nitrique actuelle dépasse 50 mg/l.

II-3-Conclusion :

La réutilisation des eaux usées est appelée à se développer, à se diversifier et à être socialement plus acceptée. Des efforts restent à faire dans de nombreux domaines afin de mieux maîtriser l'utilisation de ces eaux. Des systèmes de traitement fiables et économiques demandent à être développés. Les effets à long terme de la réutilisation des eaux usées et des opérations de recharge sont également à prendre en compte.

Les futurs projets de réutilisation des eaux usées dépendront d'une meilleure planification et d'un meilleur aménagement des opérations de réutilisation. Ceci signifie l'amélioration de l'évaluation et de la prise en compte des facteurs techniques, sociaux, économique, réglementaires et environnementaux et la recherche d'une Meilleure organisation sur le plan institutionnel.

CHAPITRE III

**Différents types des eaux usées et
paramètres de pollution**

III-1-Les eaux usées brutes :

III-1-1-Les eaux usées domestiques :

Dans les eaux usées domestiques, on distingue les eaux ménagères et les eaux-vannes.

III-1-1-1-Les eaux ménagères : Les eaux de la cuisine contiennent des matières insolubles (terre, débris divers), des matières extraites des aliments (organiques ou minérales) ainsi que des graisses provenant de la cuisson par exemple. Les eaux de salle de bain ainsi que les eaux des machines à lessiver renferment, quant à elles, des savons et des détergents. Enfin, les eaux de lavages des locaux sont riches en particules solides (terre, sable,...) mais surtout en détergents et désinfectants (eau de javel, produits à base de chlore ou d'ammoniaque,...).

III-1-1-2-Les eaux vannes : Ces eaux sont chargées en urine, matières fécales qui vont non seulement fermenter mais qui peuvent également contenir des germes pathogènes.

III-1-2-Les eaux usées d'origine industrielle :

Il peut s'agir des eaux qui ont été utilisées dans les processus de fabrication industrielle comme matière première, des eaux de refroidissement, des eaux de lavage,... Elles peuvent contenir différents types de polluants:

-Des gaz dissous: NO_2 , SO_4 , HCl , HF , H_2S ,....

-Des matières minérales: dissoutes (acides, métaux lourds, sels: nitrates, sulfates, chlorures,...) ou non (cendres, sable, terre, ...).

-Des matières organiques: dissoutes (produits de dégradation thermique, cyanures, produits organiques contenant du soufre, matières fermentescibles,...) ou non (huiles, graisses,...).

De nombreuses industries possèdent leur propre station d'épuration permettant de rabattre la pollution des effluents et de respecter les normes de rejet dans les réseaux d'égout.

III-1-3-Les eaux usées d'origine agricole :

Ces eaux sont particulièrement chargées en nitrates et phosphates qui provoquent l'eutrophisation des cours d'eau. En effet, les nitrates et phosphates entraînent la prolifération des algues qui, lors de leur putréfaction, consomment l'oxygène dissous dans l'eau. Suite à l'appauvrissement en oxygène, le milieu devient réducteur, des oxydes se remettent en solution ce qui conduit à un relargage du phosphore complexé et une accélération de l'eutrophisation.

Les conséquences néfastes de ce processus sont nombreuses :

-fortes concentrations en métaux remis en solution dans l'eau (fer, manganèse)

-fortes concentrations en NH_3 dans l'eau (dégradation des algues)

- présence de toxines (algues bleues)
- élimination de certaines espèces aquatiques

III-2- Composition et qualité des eaux usées domestiques :

III-2-1- Composition :

La composition de l'eau usée dépend essentiellement :

- De l'activité humaine,
- De la qualité des eaux d' AEP.

III-2-1-1- Les matières en suspension et la matière organique :

Elles se composent de matières flottantes qui ne sont ni à l'état soluble, ni à l'état colloïdale. Cet ensemble de substances organiques et minérales est un paramètre important dans la réutilisation (sa présence excessive dans l'eau d'irrigation peut perturber les systèmes d'irrigation)

La matière organique contenue dans les effluents est dégradée par l'activité bactérienne. Cette dégradation libère des éléments minéraux pouvant être directement assimilés par les plantes. C'est la minéralisation. Ainsi la présence des matières organiques dans les eaux usées ne constitue pas un danger, bien au contraire, elle contribue à la fertilisation.

III-2-1-2- Les micro-organismes :

Les eaux usées véhiculent d'importants micro-organismes dont la plupart sont pathogènes. Ils sont contenus en majeure partie dans les matières en suspension.

L'ensemble de ces organismes peut être subdivisé en quatre groupes

- **Les bactéries :** elles sont présentes dans les eaux usées à de très forte concentration et peuvent être à l'origine des troubles intestinaux, de typhoïde ou des paratyphoïdes. On estime leur concentration dans les effluents à 10^7 - 10^8 pour 100 ml dont 10^3 à 10^4 pour un litre sont pathogènes.
- **Les virus :** ce sont des parasites intracellulaires contenus dans les eaux usées urbaines.
- **Les protozoaires :** les eaux usées contiennent également des protozoaires, capables de transmettre certaines maladies comme la dysenterie.
- **Les helminthes :** fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires, les helminthes sont des vers pathogènes susceptibles de causer des maladies (ténia, ascaris...). Dans les eaux usées urbaines, le nombre d'œufs d'helminthe est de l'ordre de 10^3 par litre

III-2-1-3- Les substances nutritives :

Les solides en suspension, les éléments colloïdaux et dissouts présents dans les eaux usées contiennent des macronutriments et des micronutriments qui sont essentiels à la nutrition des

plantes. Cependant, la teneur nutritive de l'eau peut excéder les besoins des cultures et constitue ainsi une source potentielle de pollution des eaux de nappe. Elle peut également poser des problèmes liés au développement végétatif, en retardant la maturité ou en réduisant la qualité des produits agricoles. A cet égard l'analyse de l'eau usée est requise surtout au début de la saison culturale.

Les substances nutritives les plus importantes en agriculture sont l'azote, le phosphore, le potassium et parfois le zinc, le bore et le soufre. Il existe aussi certains oligoéléments qui participent à la fertilisation du sol.

1-2-1-3-1-L'azote :

L'azote est une substance indispensable pour les plantes qui intervient dans toutes les phases du cycle végétatif d'une culture. Il est contenu dans les eaux usées à des proportions importantes. Ainsi l'usage de ces eaux en irrigation peut constituer une nouvelle source de fertilisation.

Cependant, les concentrations excessives de cet élément dans les eaux d'irrigation, peuvent toutefois avoir des effets négatifs sur le rendement des cultures et aussi sur la qualité des eaux des nappes sous-jacentes. La connaissance de la teneur en azote de l'eau usée est donc nécessaire afin de prémunir les risques éventuels.

2-1-3-2-Le phosphore :

Les eaux usées contiennent également du phosphore qui est un élément important dans la fertilisation des sols. Il intervient de façon déterminante dans la synthèse des protéines. Contrairement à l'azote, la teneur en phosphore des eaux usées est moins élevée pour avoir des incidences majeures sur les cultures.

3-1-3-3- Le potassium :

Le potassium est aussi un élément très important pour le développement des cultures. Il intervient dans le processus de la photosynthèse et aussi dans la synthèse des protéines.

III-2-1-4- Les éléments traces :

Ils sont peu nombreux et se trouvent dans les eaux usées à des très faibles quantités. Certains de ces éléments comme le Fer, le Zinc, le Cuivre, le Bore, le Manganèse et le Molybdène sont indispensables pour le développement des végétaux. Leur carence peut toute fois entraîner une chute de rendement. En revanche il existe d'autres oligo-éléments (le Plomb, Mercure, le Cadmium, le Brome, le Fluor....) dans les eaux usées qui sont toxiques pour les plantes.

Tableau III-1 : les valeurs guides d'éléments traces dans l'eau d'irrigation

caractéristique	Valeur limite mg.l
Al	5.0
As	0.1
B	0.75
Bc	0.10
Cd	0.01
Cz	0.10
Co	0.05
Cu	0.2
F	1.0
Fe	5.0
Li	2.5
Mn	0.2
Mo	0.01
Ni	0.2
Pb	5
Se	0.02
Va	0.1
Zn	2.0

Les valeurs sont données pour une exploitation agricole continue et une quantité d'eau annuelle d'environ 1,20 m. Pour les exploitations de plus courte durée, ces valeurs peuvent être augmentées.

III-3-Définitions des paramètres de pollution caractérisant une eau usée :

III-3-1-Introduction :

Dans l'eau usée, on retrouvera des matières minérales et organiques en solution et en suspension. Une partie de ces substances seront biodégradables et d'autres inertes mais elles contribueront toutes à des niveaux divers à une certaine écotoxicité de l'eau.

La première manifestation de la pollution des eaux usées domestiques est due aux matières organiques, qui provoquent une consommation importante de l'oxygène dissous par les micro-organismes qui prolifèrent dans les milieux pollués.

On va déterminer la pollution en mesurant la quantité d'oxygène respirée par les micro-organismes ou la Demande Biochimique en Oxygène après 5 jours (DBO₅). Cette mesure étant souvent longue, on peut oxyder la matière organique par un réactif chimique. On déterminera alors la Demande Chimique en Oxygène (DCO).

Il est également intéressant de déterminer la quantité de particules en suspension et donc susceptibles de décantier ou de flotter. On mesure, pour ce faire, les Matières En Suspension (MES).

Parmi les éléments présents dans l'eau, deux sont très importants car indispensables à la synthèse des micro-organismes et des végétaux dans le milieu aquatique. Il s'agit de l'azote N et du phosphore P assimilés généralement par les plantes sous forme de nitrates NO_3^- et de phosphates PO_4^{3-} .

III-3-2-Demande chimique en oxygène (DCO) :

La DCO appelée aussi "oxydabilité" est la demande chimique en oxygène; elle permet de mesurer le degré réducteur de l'eau (par mesure d'échange d'électrons). Ce paramètre donne une indication sur la pollution par les matières organiques.

L'unité de la DCO est le mg d'oxygène par litre.

III-3-2-3-Demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

La demande biochimique en oxygène après n jours (DBO₅) représente la quantité d'oxygène dissous qu'il faut fournir à un échantillon d'eau pour minéraliser par voie biochimique (oxydation bactérienne) les matières organiques et/ou inorganiques.

Il s'agit de la demande en O₂ pour oxyder la matière organique à l'aide d'une biomasse épuratrice.

Elle concerne donc les composés biodégradables, ou biotransformables (N-NH₄, N-NO₂) en conditions aérobies.

La DBO₅ correspond à la demande biochimique en oxygène après 5 jours d'incubation de l'échantillon à une température standard de 20°C.

III-3-2-4-Matières en suspension :

Les matières en suspension représentent la quantité de particules non dissoutes présentes dans l'effluent qu'elles soient décantables ou non (organique et minérale: poussière, sable, argile, graisse,...).

Les MES se subdivisent en deux catégories : les matières fixes et les matières volatiles. En effet, une partie des MES se volatilise lorsqu'elles sont chauffées à haute température (600°C); cette partie constitue la fraction organique, principalement biodégradable et est appelée Matières Volatiles Sèches (MVS).

III-3-5-Azote :**➤ Formes azotées :**

Nous allons commencer par rappeler les différentes formes azotées que l'on peut rencontrer:

- l'azote ammoniacal: NH_4^+
- l'azote organique : N-org
- l'azote gazeux: N_2
- le nitrite: NO_2^-
- le nitrate : NO_3^-

Dans l'eau usée, la présence de l'azote provient principalement des eaux agricoles et des eaux fécales, dans une moindre mesure des eaux industrielles. Il est présent dans les matières organiques complexes, tels que les micro-organismes, les protéines des déchets alimentaires,... Les nitrites et nitrates peuvent également provenir des phénomènes de nitrification.

Parmi les mesures de l'azote, on distingue:

- l'azote réduit qui comprend l'azote ammoniacal ainsi que l'azote organique
- l'azote nitrique ou azote oxydé qui comprend les formes oxydées, nitrites et nitrates

L'azote total est donc la somme de l'azote réduit et de l'azote oxydé.

Les formes minérales de l'azote, telles que l'ammoniac, les nitrites et nitrates sont en totalité en solution alors que les formes organiques peuvent se retrouver en suspension dans l'effluent.

Les bactéries nitrifiantes du type nitrosomonas oxydent l'azote ammoniacal pour donner naissance aux nitrites (NO_2^-), forme intermédiaire de l'azote. Par la suite, le relais est assuré par les bactéries nitrifiantes du type nitrobacter, qui forment les nitrates (NO_3^-). La nitrification s'opère en milieu aérobie et ne commence qu'après une dizaine de jours; la demande d'oxygène qu'elle exerce vient s'ajouter à la DBO.

Le manque d'oxygène peut provoquer le phénomène inverse, appelé dénitrification; les nitrates (NO_3^-) sont alors transformés en nitrites (NO_2^-) ou en azote moléculaire (N_2).

Les nitrates et les nitrites ont des conséquences néfastes dans les milieux aquatiques. En quantité importante, les nitrites provoquent la mort des organismes vivants. Les nitrates contribuent à l'eutrophisation, qui engendre l'asphyxie des milieux.

L'ammoniaque provoque, par son oxydation, une consommation de l'oxygène dissous présent dans le milieu aquatique.

III-3-6-Phosphore :

➤ **Formes de phosphore**

Le phosphore peut se trouver sous différentes formes dans la nature, on rencontre:

- le phosphore organique en solution ou en MES (P-org)
- les orthophosphates P-PO₄ (PO₄³⁻)
- les polyphosphates P-pPO₄ (HPO₃⁻)_n

Le phosphore total comprend donc des substances minérales (les orthophosphates et les polyphosphates) et du phosphore organique qui entraîne une pollution biologique.

Les détergents et engrais concourent à enrichir les eaux de surface en phosphates. Le phosphore inorganique est jugé un élément essentiel dans les écosystèmes aquatiques. Les orthophosphates et les polyphosphates hydrolysables sont en effet des facteurs limitants dont le contrôle est indispensable dans la lutte contre l'eutrophisation des lacs. Il apparaît alors important de les éliminer dans les stations d'épuration et de procéder à leur mesure.

III-4-Mesure de la pollution :

Un certain nombre de paramètres sont utilisé pour caractériser la pollution des eaux qui sont :

Tableau III.02 : paramètres qui caractérisent la pollution :

Paramètres	Unités	Signification
MES	mg/l	Matières en suspension : c'est la pollution non dissoute, la plus facile à éliminer
DBO	mg _{o2} /l	Demande biochimique en oxygène en 5 jours : C'est la quantité consommée en 5 jours par les micro-organismes la valeur obtenue représente environ 80 % de la pollution biodégradable totale.
DCO	mg _{o2} /l	Demande chimique en oxygène : elle représente la quantité d'oxygène qui fournir par des réactif chimique puissant pour oxyder les matières contenue dans de l'effluent.
M.A	mg/l	Matières azotés : elles quantifient la teneur en azote présent dans les eaux usées sous diverse formes (organique, ammoniacal, nitrate, nitrite)
M.P	mg/l	Matières phosphatées : elles représentent la quantité de phosphores totale contenue dans les effluents.
M.I	Equitox	Matières inhibitrices : elles servent à définir le degré de toxicité d'un effluent industriel (test Daphnies).
EqH	90 g/jde MES 57g/j de M.O 15g/j de M.A 4 g/j de M.P	Equivalent habitant : unité conventionnelle de mesure de la pollution moyenne rejetée par habitant et par jour. La même notion et la même définition sont utilisées pour caractériser la pollution industrielle.
Débit	m ³ /heure. m ³ /jour	L'utilisation de l'eau par les abonnés n'est pas régulière au cours de la journée .les équipements devront être prévu pour raire face aux pointes de débit résultant de ce fait .la débit de pointe peut dépasser 3 fois le débit horaire moyen journalier.

CHAPITRE IV

Presentation du lac de Réghaia

IV-1- Introduction :

IV-1-1-Aperçu général :

Le marais de Réghaia correspond à l'estuaire de l'oued Réghaia, dont l'embouchure est barrée par un cordon dunaire. Le lac a été artificiellement créé durant la période entre 1971 et 1974 au moyen d'une retenue située à quelques 600m du littoral.

Le site s'étend sur plus de 3 Km de longueur dans le sens Nord-Sud et entre 200et300m de largeur , . Il est situé à 30 Km à l'est d'Alger et est distant de 14 Km de Boumerdès. La superficie total est de 230hec ,sa profondeur de 4 à7m .le niveau de l'eau varie sensiblement au fil des saisons avec une amplitude de quelques mètres

Vu à son importance faunistique (200 espèces d'oiseaux sédentaires et migrateurs) et floristique (233 espèces) ce site est classé comme zone humide d'importance internationale depuis juin 2003.[16]



Figure IV-1 : Image à Google du site du lac de Réghaia



Figure IV-2 : photo aérienne du lac de Réghaia

IV-1-2-Localisation géographique :

La réserve couvre une surface approximative de 842 hectares. Le lac d'une superficie d'environ 230ha, est compris entre les coordonnées $3^{\circ} 19'$ et $3^{\circ} 21'$ Est et $36^{\circ} 45'$ et $36^{\circ} 48'$ Nord (voir la carte IV-1)

Ce plan d'eau se situe sur le territoire de la Wilaya d'Alger et s'étale sur une aire à cheval sur deux communes : Réghaïa dans sa partie sud, et Heuraoua dans ses parties ouest et sud.

Les altitudes de cet estuaire sont comprises entre 4 à 35 mètres. Les pentes du lac sont relativement douces et son allongement est Nord Sud.

IV-1-3-Rôle socio-économique actuel dans la région :

Le lac de Réghaïa est considéré comme la seule zone humide de la région biogéographie de l'Algérois. Il fait face à la mer Méditerranée, ce qui lui permet de jouer un rôle de site relais pour les oiseaux migrateurs. Par ailleurs, son isolement géographique en fait un site relativement facile à protéger. Le site abrite des espèces animales et végétales importantes pour le maintien de la biodiversité de l'Afrique du Nord et de la Méditerranée. Il joue aussi un rôle récréatif certain dans la région algéroise.

Parmi les nombreux impacts économiques qu'il permet, les plus importants sont :

- La réserve non négligeable d'eau pour l'agriculture qu'il constitue ;
- Les possibilités de développement de l'aquaculture qu'il offre avant la dégradation de la qualité de ses eaux ;
- La promotion des activités touristiques qu'il favorise ;
- L'emploi qu'il génère ;
- Le laboratoire pour les chercheurs qu'il constitue ;
- L'éducation environnementale en direction des jeunes qu'il permet.

IV-2-Characteristiques du bassin versant :

IV-2-1-Paramètres Physiques et morpho métriques générales :

Le sous bassin de l'oued Réghaïa fait partie du bassin 02/06 du Hamiz. Il est limité à l'ouest et à l'est par les sous bassins des oueds Hamiz et Boudouaou, respectivement.

Les cartes topographiques suivantes ont été utilisées pour la détermination des paramètres morphométriques :

Alger (21) et Arba (42) au 1/50.000^e

Alger (7-8) et Arba (3-4) au 1/25.000^e

IV-2-1-1- Superficie, altitudes et formes :

Le s/bassin de l'oued Réghaïa est caractérisé comme suit :

- Surface (A) : 81,5 Km²
- Périmètre (P) : 38,5 Km
- Longueur du cours d'eau principal (à partir de la digue) : 17,13 Km
- Différence d'altitude le long du cours d'eau principal : 180 m
- Indice de compacité de Gravelius, K_c : 1,2
- Rectangle équivalent : Longueur (L) : 12,83 Km; Largeur (l) : 6,42 Km

Situé dans la partie centrale de la Mitidja, le bassin versant de l'oued Réghaïa est de forme allongée. Sa surface de 81.5 Km² est drainée par un réseau hydrographique lâche et peu ramifié qui traduit la faiblesse des dénivelés.

IV-2-1-2-Caractéristiques topographiques :

Le relief est caractérisé par sa répartition hypsométrique. Les relevés des altitudes, des superficies pour différentes tranches d'altitudes et leurs pourcentages sont reportés dans le tableau IV-01 ci après et illustrés par une courbe hypsométrique, figure IV-03.

La courbe hypsométrique fait apparaître :

Une altitude moyenne de 45 m et une altitude médiane de l'ordre de 55 m,

Les altitudes comprises entre 100 et 250 m occupent 25% de la superficie du bassin, alors que les altitudes inférieures à 25 m occupent près de 40% des 81.50 Km².

Tableau IV- 01 : Répartition des superficies selon les classes d'altitude

Classes d'altitudes (m)	Superficies Entre les courbes (10 ⁴ .m ²)	Superficies en % du total	% au-dessus de la limite inférieur
0 - 20	1425	17,48	100
20 – 40	2350	28,83	82,5
40 – 60	1475	18,1	53,69
60 – 80	975	11,96	41,73
80 – 100	700	8,59	33,14
100 – 120	500	6,14	24,55
120 – 140	275	3,37	18,41
140 – 160	200	2,45	15,04
160 – 180	150	1,84	12,59
180 – 250	100	1,23	10,75

Source (ANRH DarEl Beidha)

Note: Les altitudes et les superficies ont été déterminées sur les cartes topographiques

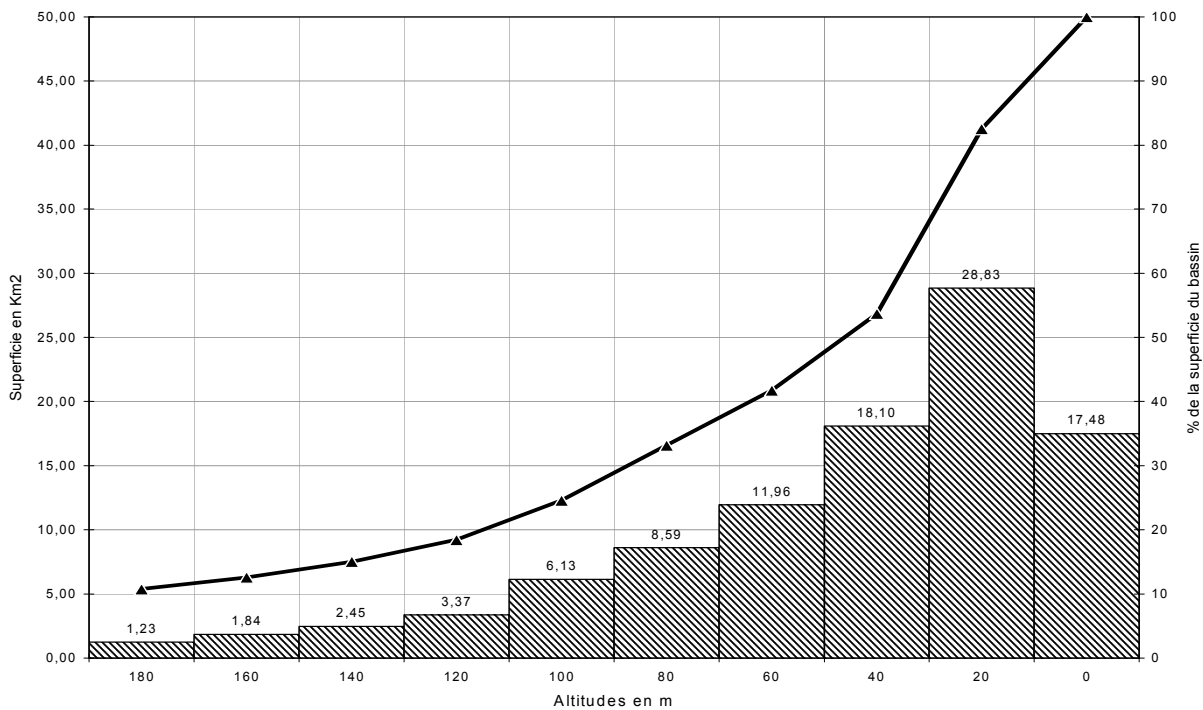


Figure IV-3 : Courbe hypsométrique et diagramme des fréquences altimétriques

IV-2-1-3- Indice de pente et relief :

Le relief joue un rôle capital dans la plus ou moins grande aptitude au ruissellement. Son appréhension peut être faite à l'aide de l'indice de pente global (Ig) et du tracé du profil en long du cours d'eau principal. Les longueurs de l'oued principal de Réghaia sont reportés dans le tableau ci dessous et le profil est illustré par la figure IV-04.

Tableau IV-02 : longueurs de l'oued Réghaïa en fonction des classes d'altitudes

Altitudes (m)	Distances (Km)	Distances cumulées (Km)
0	0	-
20	8,2	8,2
30	1,8	10
40	0,8	10,8
50	1,2	12
60	0,9	12,9
70	1	13,9
80	0,9	14,8
90	0,4	15,2
100	0,8	16
110	0,6	16,6
120	0,2	16,8
130	0,1	16,9
140	0,1	17
150	0,05	17,05
160	0,05	17,1
170	0,02	17,13

Source :(ANRH DEB)

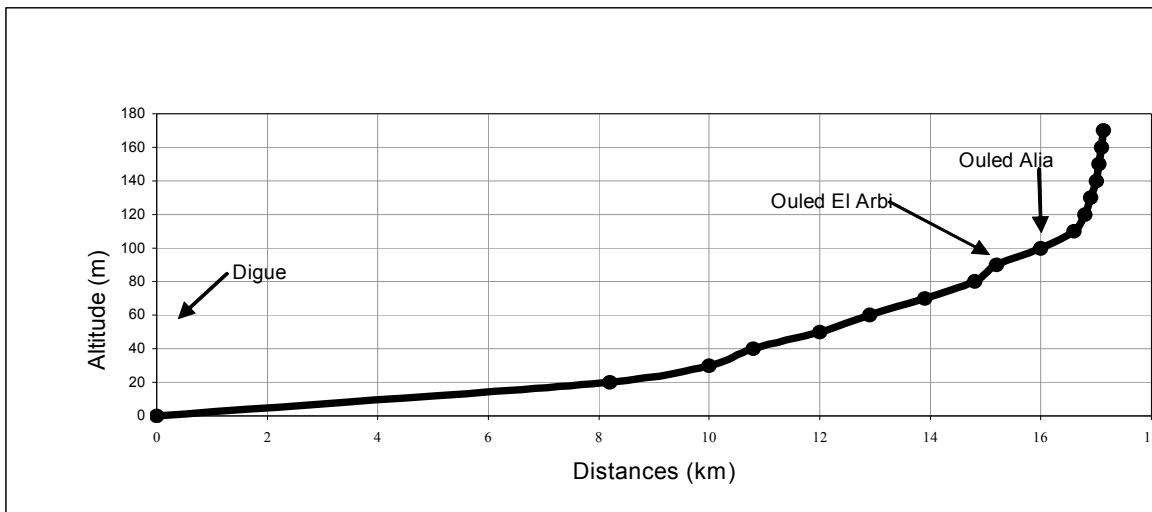


Figure IV-4 : Tracé du profil en long de l'oued de Réghaia

Le profil en long de l'oued Réghaïa fait apparaître trois zones distinctes :

- La partie aval, jusqu'à 8 Km à partir de la digue, où la pente est faible, 2,4m/Km, caractéristique des cours d'eau de plaines,
- La partie centrale, qui s'étale sur environ 8 Km (entre 8 Km et 16 Km de la digue), où la pente est modérée, environ 10 m/Km caractérisant les cours d'eau de piémont,
- La partie amont, très restreinte, puisqu'elle ne s'étale que sur 0,5 Km et où la pente est extrêmement élevée, $2 \cdot 10^2$ m/Km, qui correspond aux cours d'eau type torrents.

L'indice de pente globale (I_g) calculé à partir de la dénivelée de la courbe hypsométrique et de la longueur du rectangle équivalent est de l'ordre 17,15 m/Km. Cette valeur correspond à un relief de type modéré.

IV-2-2-Le réseau hydrographique :

Le chevelu hydrographique est illustré sur la figure IV-05.

La valeur de l'indice de compacité ($K_c = 1.2$) indique que le bassin de l'oued Réghaïa est de forme allongé, son réseau est de type "chêne" avec des ramifications bien développés et ainsi que les espacements des confluences. Cependant ceci n'est observé presque exclusivement qu'au niveau de la rive droite.

La somme des longueurs de tous les cours d'eau est de 65 Km ce qui donne une densité de drainage de l'ordre 0,8. En conclusion, le bassin versant de l'oued Réghaïa présente un endoréisme total avec des vitesses d'écoulement élevées sur la majeure partie du réseau hydrographique.

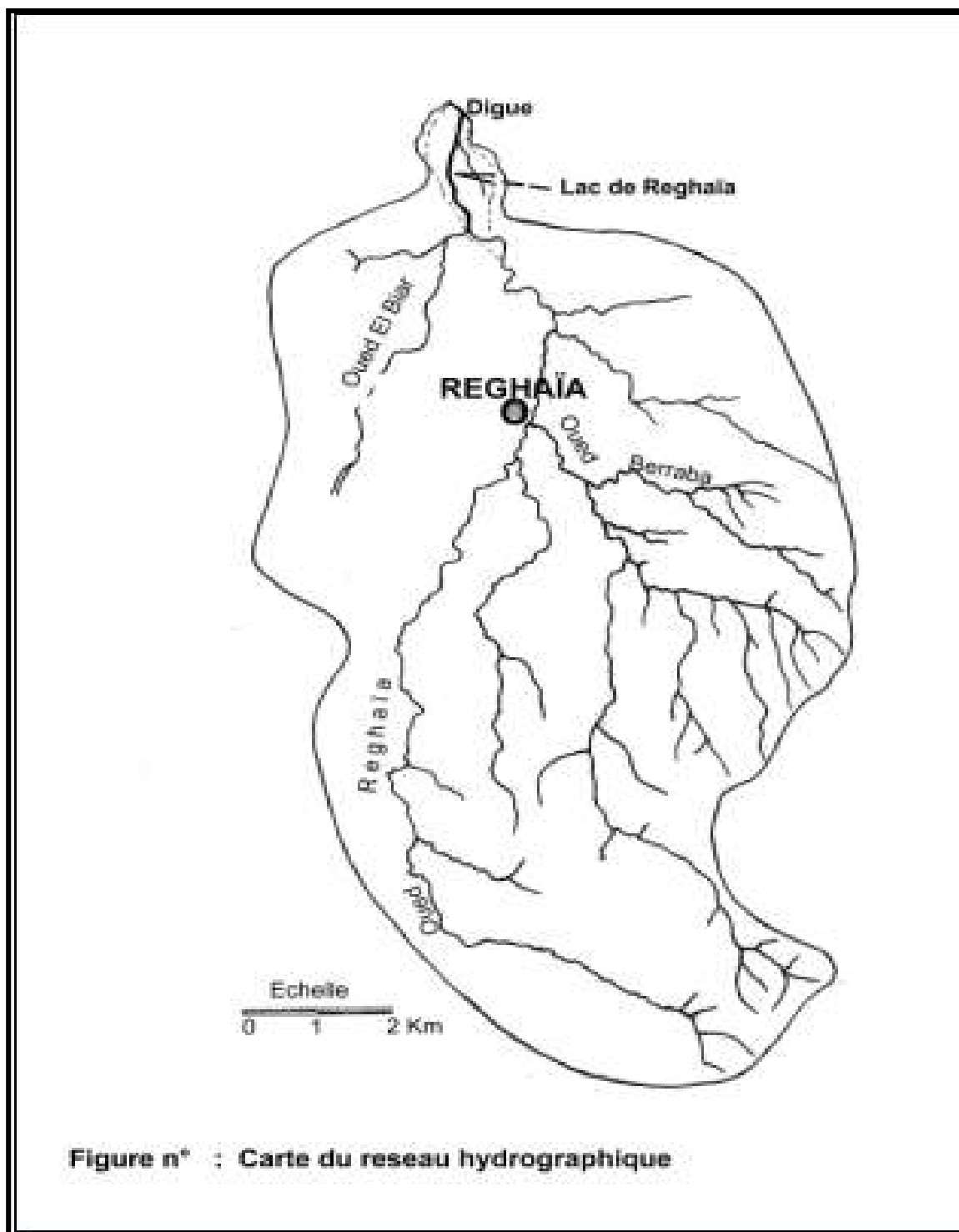


Figure-IV-5: Réseau hydrographique de la région de Régaia

IV-3-facteurs climatiques et leur variabilité :

IV- 3-1-Précipitations journalières :

La distribution des pluies maximales journalières observées dans les différentes stations montre l'importance de l'intensité des averses. Les valeurs atteintes durant la chronique considérée de **152 mm/24H** en octobre 1973 dans la région de Réghaïa et de **110 mm/24H** en décembre 1986 à la station du Hamiz barrage traduisent la rapidité et le caractère torrentiel des pluies. Cette caractéristique étant en soi un indice de leur capacité érosive. Le nombre de jours de pluie par an varie entre 100 jours pour les années humides à 47 jours pour les années sèches. Le nombre moyen de jours pluvieux est de l'ordre de 71 jours dont 45 jours répartis durant la période octobre à février.

La figureIV-06 illustre les précipitations moyennes mensuelles et le nombre moyen de jours pluvieux correspondant. En tenant compte de la répartition saisonnière des jours pluvieux et sachant la concentration des pluies en automne et en hiver, il est certain que l'agressivité mécanique des précipitations est importante.

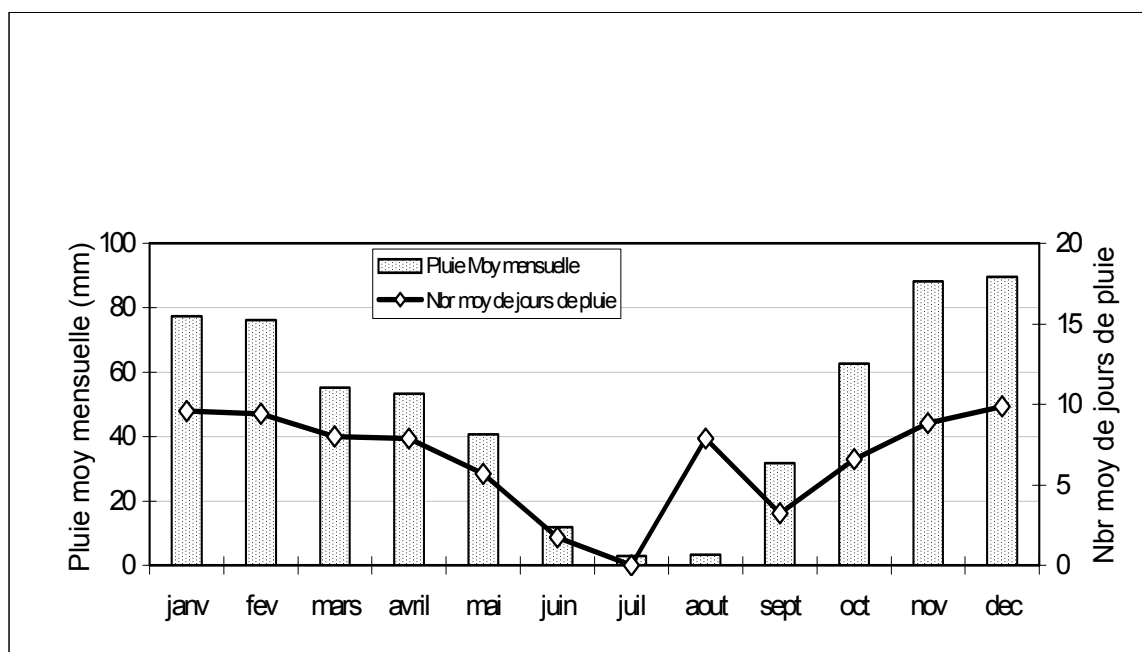


Figure IV-6 : Répartition des pluies moyennes mensuelles et du nombre moy des jours de Pluie à Réghaia pour la période 1972 à 2004

Elle se traduit par un transport solide important qui alimente le lac. Outre leur agressivité pour les terrains dénudés les pluies maximales journalières contribuent pour une grande part à l'alimentation du lac. Elles sont estimées pour différentes périodes de retour selon la loi de Gumbel (loi d'ajustement statistique pour extrêmes valeurs). Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau IV-03.

**Tableau IV- 03 : Estimation des pluies maximales
Par 24 Heures selon la Loi de Gumbel**

Période de retour	2 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Fréquence en %	50	10	5	2	1
Station de Réghaia Pont RN5					
Pluie Max (mm)	50	88	103	123	136
Station du Hamiz Barrage					
Pluie Max (mm)	57	94	108	126	139

Source :(ANRH)

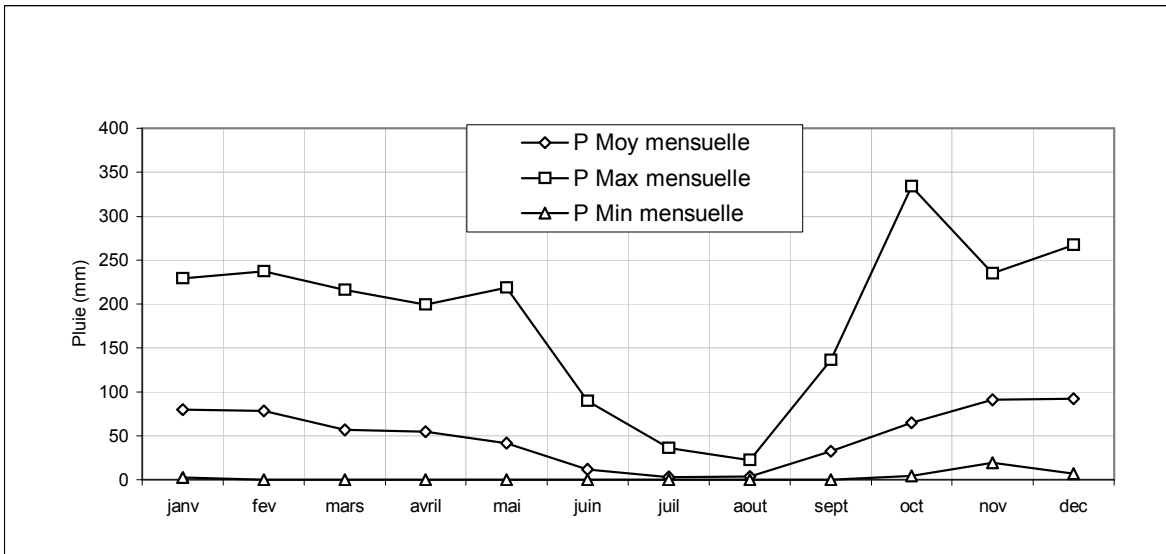
IV-3-2-Précipitations mensuelles et régimes saisonniers.

L'analyse de la variation des précipitations mensuelles montre que plus de 80% des pluies sont concentrées dans la période d'octobre en avril. Les mois de novembre, décembre, janvier et février en concentrent plus de 55%. Cette distribution montre que seuls les mois d'été ne génèrent pas de ruissellement de surface. La période de mai à septembre contribue par seulement 15% de la précipitation moyenne annuelle, ce qui n'est pas assez suffisant pour provoquer des ruissellements. Par conséquent, il est à noter que le Lac de Réghaïa n'est pas alimenté par les eaux de ruissellements durant la période de mai à septembre excepté les eaux de pluie recueillies à la surface de celui ci. La variation et distribution des pluies mensuelles sont résumées dans le tableau n° 04 et illustrées par les Figures IV-07a et IV-07b.

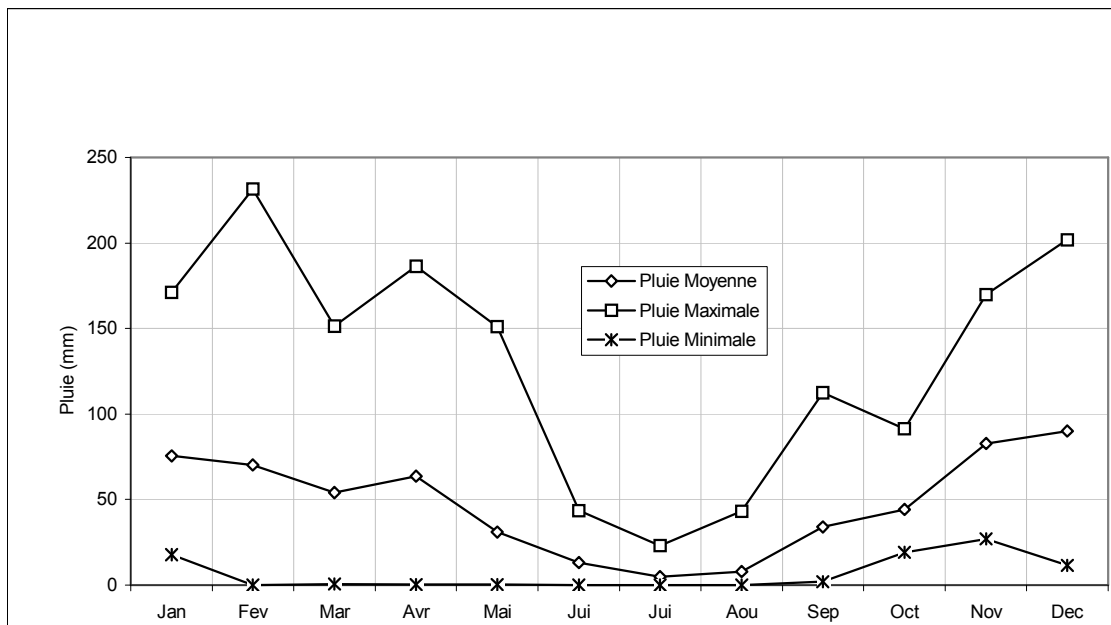
Tableau IV-04 : Variation des précipitations mensuelles dans la région de Réghaia :

Station de Réghaia Pont RN5 (1972 à 2004)													
Mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec	Année
P Moy	80	78	57	55	42	12	3	3	33	65	91	92	611
% /Pmoy. annuelle	13	13	9	9	7	2	1	1	5	11	15	15	100%
P Max	229	237	216	199	219	90	36	23	137	334	235	267	1335
Pmin	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	19	7	204
Station du Barrage du Hamiz (1986 à 2004)													
P Moy	120	90	77	76	54	16	2	5	34	72	101	128	777
% Pmoy. annuelle	15	12	10	10	7	2	0	1	4	9	13	17	100%
P Max	358	359	228	420	212	104	28	52	146	395	362	343	1390
Pmin	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	341
Station de Dar El Beidha Aéroport (1986 à 1999)													
P Moy	76	70	54	64	31	13	5	8	34	44	83	90	572
%/Pmoy annuelle	13	12	9	11	5	2	1	1	6	8	14	16	100%
P Max	171	232	151	186	151	43	23	43	113	91	170	202	832
Pmin	18	0	1	0	0	0	0	0	2	19	27	12	320

Source :(ANRH)



**Figure IV-07 a : variation des précipitations mensuelles (1972 à 2004)
Station de Réghaia pont RN°5**



FigureIV-07b : variation des précipitations mensuelles (1986 à 1999)

Station de Dar El Beidha

IV-3-3-Précipitations annuelles.

La pluviométrie moyenne annuelle est analysée et estimée avec les données des stations de :

- Réghaia Pont RN5 sur une chronique de 32 ans (de 1972 à 2004),
- Hamiz barrage sur une chronique de 92 ans (de 1906 à 2004),
- Dar El Beidha aéroport sur une période de 14 années allant de 1986 à 2004.

La précipitation moyenne annuelle sur le bassin versant de Réghaïa est estimée à 650 mm avec des maximales allant de 830 mm (Dar El Beidha en 1996) jusqu'à 1390 mm (Barrage du Hamiz en 1958). La précipitation moyenne annuelle de 650 mm oscille entre 570 et 800 pour un intervalle de confiance de 95%.

Les variations illustrées par la figure IV-08 des précipitations inter-annuelles enregistrées à la station de Réghaia pour la période entre 1972 et 2004 montrent:

- Deux grandes périodes bien distinctes, la première allant de 1972 à 1984 où les précipitations enregistrées atteignent ou dépassent la moyenne de 650 mm. Tandis que pour la deuxième période, allant de 1985 à 2003, les précipitations observées sont nettement au-dessous de la moyenne exceptés pour les années 1997, 2002 et 2003.
- La période de 1987 à 1990 était une période de sécheresse, les pluies annuelles enregistrées n'excédaient pas les 2/3 de la moyenne. En 1989 seulement 200 mm ont été enregistrés, soit le 1/3 de la moyenne annuelle. Qui est de 650 mm.
- Une pluie centenaire de 1330 mm a été observée durant l'année 1972. Des pluies de période de retour de plus de 20 années ont aussi été enregistrées durant les années 1984 et 2002.

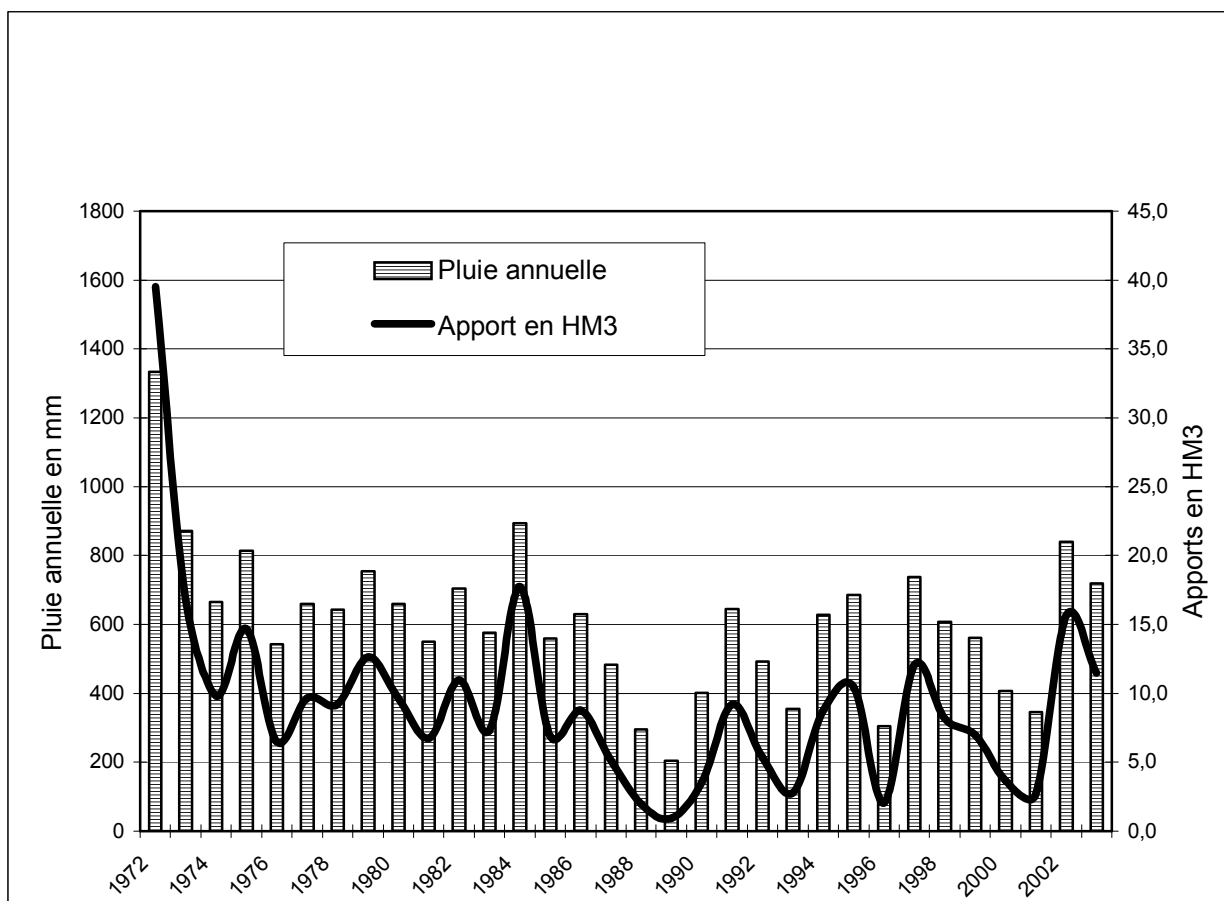


Figure IV-08: variation interannuelle de la pluviométrie et du volume d'eau ruisselé correspondant pour la période entre 1972 et 2003
Station de Réghaia

Les caractéristiques des précipitations annuelles observées dans trois stations différentes sont résumées et reportées dans le tableau IV-05 :

Tableau IV-05 : Caractéristiques des précipitations annuelles dans la région de Réghaia.

Paramètres	Réghaia Pont Rn5	Hamiz Barrage	Dar El Beida
Nombre d'années	32	92	14
Pluie Moyenne	611	777	572
Ecart Type	217	210	155
Pluie Maximale	1335	1390	832
Pluie Minimale	204	341	320

Source :(ANRH DEB)

Les précipitations moyennes inter-annuelles s'ajustent parfaitement à la loi Normale. Les résultats de l'ajustement des pluies annuelles à la loi Normale sont reportés dans le tableau IV-06.

Tableau IV-06 : Estimation des pluies annuelles fréquentielles selon la Loi de distribution Normale :

Période de retour	Fréquence	Réghaia Pont RN5			Hamiz Barrage			Dar El Beida Aéroport		
		Pluie (mm)	Intervalle de confiance 95%		Pluie (mm)	Intervalle de confiance 95%		Pluie (mm)	Intervalle de confiance 95%	
2 ans	0.50	611	573	649	777	755	799	572	534	610
10 ans	0.10	890	788	991	1046	987	1104	770	661	880
20 ans	0.05	968	852	1083	1121	1055	1187	826	702	951

Source :(ANRH DEB)

IV-3-4-Température :

La chronique utilisée couvre une période de 14 années (1986 à 1999) et constitue l'enregistrement de la station de Dar El Beidha, son analyse montre :

- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 18°C ;
- Une température moyenne minimale variant de 6 à 10°C durant la période hivernale et de 13 à 21 °C pour la période estivale ;
- Une température moyenne maximale comprise entre 24 et 33°C durant les étés ;
- Des hivers aux températures moyennes relativement basses, comprises entre 12 et 15°C.

Ce constat de température oriente les disponibilités naturelles de la région aux travaux agricoles en permettant de déterminer approximativement les périodes de déficit hydrique durant lesquelles l'irrigation devient nécessaire. La courbe ombrothermique de la figure IV-09a tout en traduisant la variation mensuelle des températures situe la période de sécheresse dans la région du Lac entre les mois de juin et septembre. La région est caractérisée par un étage bioclimatique subhumide à hiver

doux et relativement pluvieux. Le climat du lac de Réghaïa est de type méditerranéen caractérisé par une saison humide de 8 mois et une période sèche de 4 mois correspondant à la saison estivale.

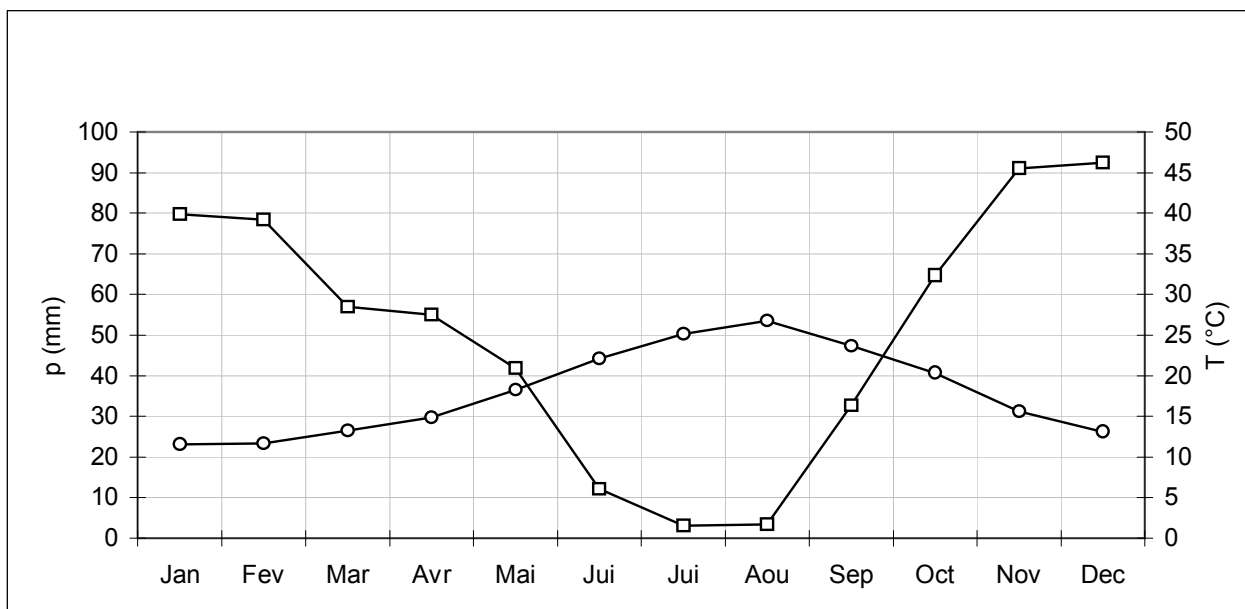


Figure IV-09a : Diagramme ombrothermique station de Réghaia, pont RN5

IV-3-5-Evaporation :

L'évapotranspiration potentielle (ETP) mensuelle estimée en utilisant la formule de Penman [15] montre de fortes valeurs d'ETP pendant la saison estivale (mai à septembre) allant de 100 à 160 mm. Les valeurs annuelles d'ETP calculées correspondent à la valeur de 1000mm [14]

Les variations d'ETP mensuelles sont illustrées par la figure IV-09b.

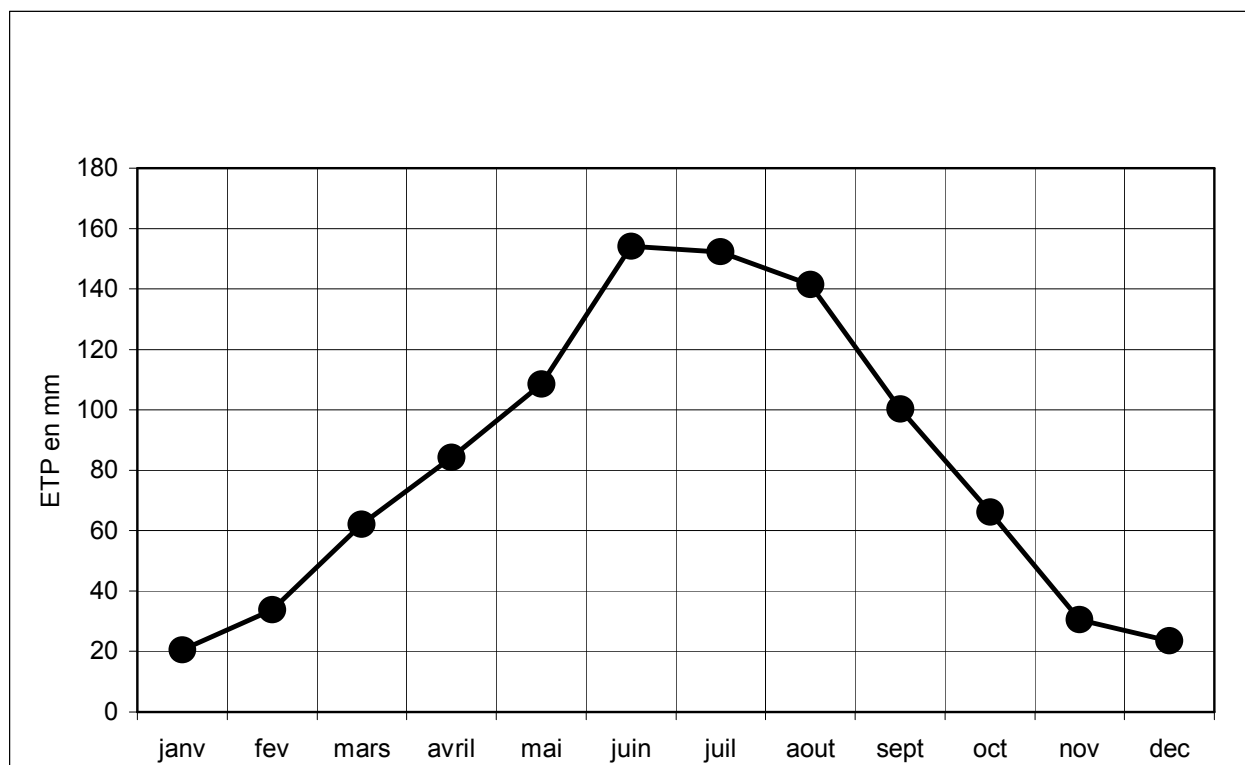


Figure IV-09b :variation de l'ETP selon Penman station de Dar El Baida Pour periode 2001 à 2004

IV-3-6-Les apports liquides :**IV-3-6-1-la Station Hydrométrique de Réghaïa :**

L'apport liquide moyen annuel mesuré à la station hydrométrique de Reghaïa sur une période de 1986 à 1992 est de l'ordre de 9.202 Millions de mètres cubes (HM³) avec un minimum de 4.630 HM³ et un maximum de 17.420 HM³. Cet apport inclut les eaux de ruissellement et les rejets domestiques et industriels. Les variations des apports liquides moyens mensuels et des débits caractéristiques sont reportées dans le tableau IV-07.

Tableau IV- 07 : Distribution des apports liquides moyens mensuels :

	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Q max m³/s	0,797	1,036	1,042	3,038	2,335	2,717	1,205	2,104	1,423	0,676	0,523	0,338
Q min m³/s	0,206	0,094	0,143	0,094	0,058	0,152	0,174	0,179	0,112	0,121	0,124	0,171
Apport HM³	0,887	0,764	0,646	0,770	0,586	0,866	0,949	1,002	0,735	0,621	0,748	0,628

IV-3-6-2-Hydrogramme de crue :

Deux campagnes de mesure ont été réalisées pour deux crues majeures observées dans le bassin versant de Réghaia. Les variations de débits sont illustrées par les figures IV-10a et IV-10b

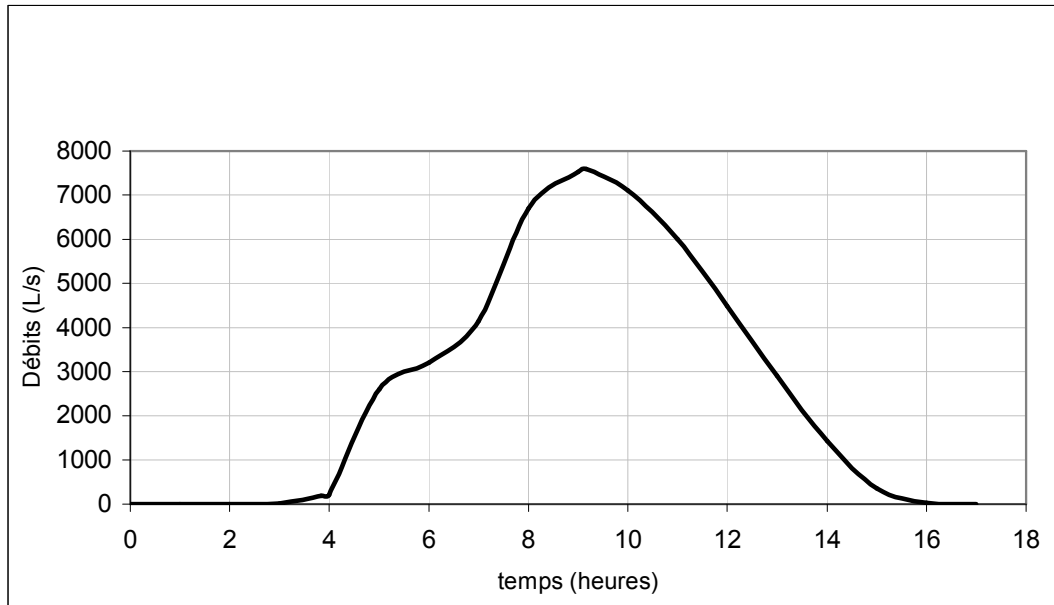


Figure IV-10a : Hydrogramme de crue de 2 au 3 mars 1979 mesuré dans l'oued Réghaia (apport total 0,17HM3)

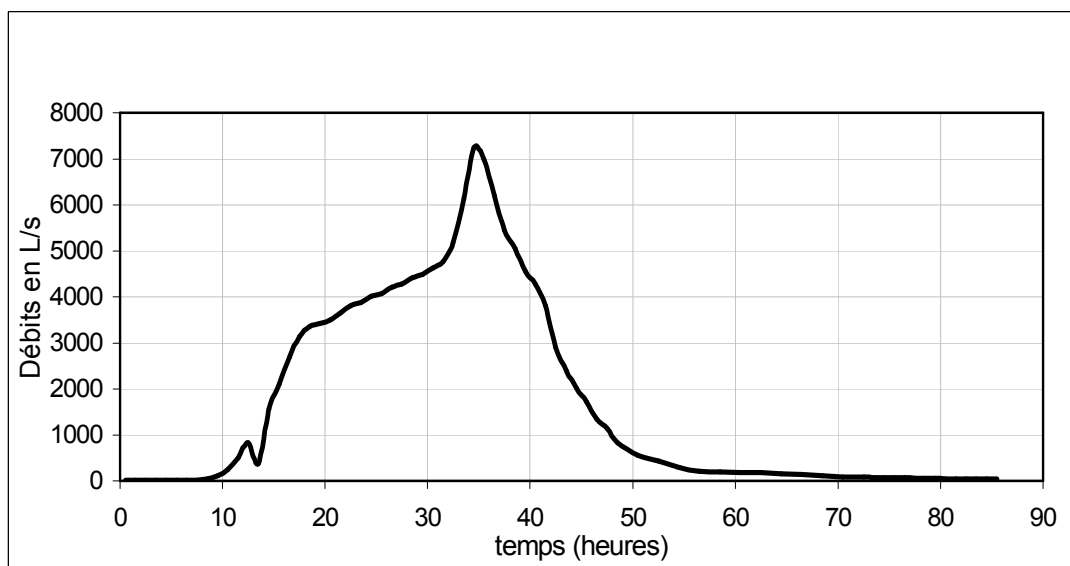


Figure IV- 10b : Hydrogramme de crue de 2 au 4 novembre 1992 mesuré dans l'oued de Réghaia (Apport total de 0,51 HM3)

L'analyse des hydrographes de crues montre que :

- Les décrues sont rapides ;
- Elles durent presque autant que l'atteinte du pic de crue.

Cette configuration traduit la rapidité des averses et la relative faible longueur de l'oued Réghaia. Elle suppose des vitesses d'écoulement importantes qu'il est nécessaire de considérer lors des aménagements du cours d'eau et de la réhabilitation de la digue du lac. Ce type de configuration est aussi valable pour les autres oueds malgré la non-disponibilité des mesures de débits.

IV-3-6-3-le Calcul des apports liquides :

Les caractéristiques des différents sous bassin et leur contexte hydro-climatique étant relativement homogène, l'estimation des apports annuels est calculée avec la formule de Sammie :

$$A = p^2 (293 - 2.2\sqrt{S}) 10^{-3} S$$

Avec

A = apports annuels en HM³

P = précipitation moyenne annuelle en mètre

S = superficie du bassin versant en Km².

Les résultats sont résumés dans le tableau IV-08.

Tableau IV-08 : Estimation des apports (HM³) annuels :

Sous bassins versants	Apports moy annuels (HM ³)	Apports annuels fréquents en HM ³				
		2 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Réghaïa	8,649	8,280	17,568	20,783	24,267	27,722

Source :(ANRH DEB)

IV-4-contexte hydro-geologique et géomorphologique :

Le sous bassin versant de l'oued Réghaïa constitue une unité hydrologique du sous bassin versant d'El Harrach-Hamiz. Ce dernier, occupe la partie occidentale de la plaine de la Mitidja, principale plaine côtière de l'Algérois [16]

IV-4-1-la Morphologie :

L'Atlas Blidéen et le Sahel algérois constituent deux entités géomorphologiques positives et ascendantes dans la structure de l'Algérois. Elles délimitent vers le sud et vers le Nord la plaine de la Mitidja. Cette aire de pénéplaine forme une dépression en affaissement permanent depuis le Miocène.

La Mitidja dont l'altitude varie de 20 à 50 m est ainsi située sur un axe subsident en constant affaissement.

IV-4-2-la Géologie :

Les facteurs morphotectoniques et des agents climatiques du quaternaire ont dirigés la nature et la répartition des formations géologiques de la plaine. Ils se sont traduits par des dépôts aussi bien continentaux que marins. L'analyse des faciès montre, de haut vers le bas :

IV-4-2-1-Les dépôts continentaux :

Ce sont des sédiments quaternaires de nature terrigène.

Quaternaire actuel : colluvions hétérogènes et hétérométriques tapissant les lits mineurs et majeurs des oueds actuels et dont la répartition est aléatoire et traduit les épisodes hydrologiques de crues et décrues ;

- Quaternaire récent : Alternances d'argiles et de graviers hétérogène ;
- Quaternaire ancien : Formations dunaires consolidées localisées essentiellement près du littoral et constituant un véritable cordon.

IV-4-2-2-Les dépôts marins :

D'âge Pliocène, ils constituent la sédimentation durant le Plaisancien et l'Astien. Ces dépôts fins constituent l'essentiel du bourrelet du Sahel algérois et une partie du remplissage de la dépression mitidjienne à cette époque. Le Plaisancien est formé par une forte épaisseur de marnes grises ou bleuâtres parfois sableuses.

L'Astien débute par un niveau à glauconie et se poursuit par une molasse, des marnes jaunes, un faciès gréseux jaunâtre et enfin par faciès calcaire ou calcaréo-gréseux.

IV-4-3-Histoire géomorphologique de la Mitidja :

Avant le Plaisancien, la Mitidja actuelle correspondait à une aire de sédimentation topographiquement régulière et noyée par une mer peu profonde où concourraient la sédimentation terrigène et les dépôts marins. Après le dépôt des sédiments marins et lagunaires du Plaisancien et

de l'Astien, le Sahel s'individualise en une ride anticlinale. Un affaissement médian dessine la gouttière mitidjienne. La régression marine commencée au Plaisancien, très nette à l'Astien, s'accroît avec l'élévation du Sahel. Cette figure géomorphologique prend la forme d'un véritable bourrelet côtier qui coupe toute incursion marine à l'intérieur des terres.

Dans le sillon subsident dans l'avant pays s'accumulent alors les formations fluvio-lacustres de marnes jaunes qui ennoient toute la dépression de la Mitidja et qui proviennent de l'Atlas au Sud.

Au début du Quaternaire ancien, la régression post-sicilienne (Mindel) provoque un affouillement considérable des marnes jaunes. L'érosion, très importante au niveau des grands oueds a creusé de véritables canyons dans les marnes. C'est ainsi que le toit de cette formation a acquis sa morphologie actuelle. Cette dernière est très irrégulière d'une région à une autre.

Au Quaternaire moyen (Tensifien) la Mitidja est à nouveau ennoyée sous une épaisse couche d'alluvions comblant les chenaux de dépôts grossiers, mais les hauts fonds marneux, épargnés par l'érosion cloisonnent les masses alluviales.

Au Quaternaire récent, la régression post-tyrrhénienne (Würm) provoque l'ablation d'une trentaine de mètres de sédiments.

La Mitidja prend alors sa configuration actuelle.

IV-4-4-Les systèmes aquifères :

La nature des dépôts du point de vue de leur faciès et de leur position structurale les uns par rapport aux autres conduit à l'existence de deux systèmes aquifères superposés.

IV-4-4-1- Le réservoir Astien :

Le faciès terrigène de l'Astien représenté par la molasse, les grès fins jaunes et les calcaires et calcaires gréseux de grande porosité et de sables lui confèrent un caractère d'aquifère aux bonnes caractéristiques hydrogéologiques.

Ces dépôts continus sur toute l'étendue de la plaine reposent sur le Plaisancien marneux qui constitue son mur et les marnes jaunes semi-perméables qui le séparent des dépôts supérieurs formant ainsi son toit. Cependant, dans la zone de Rouïba l'Astien est en contact direct avec les alluvions quaternaires sus djacentes. Dans cette région, Astien et Quaternaire constituent alors un aquifère unique. Les directions générales d'écoulements sont voisines de celles observées pour la nappe des alluvions.

IV-4-4-2-Le réservoir Quaternaire :

Il est constitué par les alluvions du Quaternaire moyen (Soltano-Tensifien) et la base des alluvions récentes (Rharbien inférieur). Son épaisseur variable traduit la morphologie de son substratum caractérisée par une succession de canions et de hauts fonds. Les masses alluviales qui le représentent sont inégalement réparties et sont parfois isolées les unes des autres par des marnes non érodées sub-affleurantes. Ces secteurs constituent alors des zones de médiocres capacités aquifères. Du point de vue de son extension, le réservoir aquifère quaternaire est limité au nord par les formations du Sahel et la mer, au sud par l'Atlas, à l'est par la remontée des marnes plaisanciennes du substratum mitidjien et à l'ouest par une limite piézométrique.

La nappe aquifère quaternaire s'écoule vers la mer qui constitue son seul exutoire souterrain. Par ailleurs un écoulement très accentué vers les marais de Réghaia s'observe le long de la limite sud du lac.

IV-4-4-3-Les formations dunaires du Sahel :

Le Sahel est constitué de terrains d'âge quaternaire représenté par des formations de dunes consolidées. Cette formation montre des sables légèrement argileux ainsi que des calcaires coquilliers et des poudingues. L'ensemble de la colonne lithostratigraphique est imperméable. Elle repose sur un substratum marneux d'âge plaisancien.

L'épaisseur de cet ensemble n'excède pas 30 m. Il renferme de petites nappes libres, alimentées exclusivement par les eaux météoriques. Ces petites unités aquifères s'écoulent naturellement par des sources soit vers la mer soit vers le lac de Réghaia dans ses limites sud est .

IV-4-5-cadre géologique du site du lac de Réghaia :

Les terrains rencontrés sont illustrés sur la figure n°10, esquisse géologique de la région. Les terrains constituant les alentours immédiats du cours de l'oued Réghaia composent la colonne lithostratigraphique suivante (des plus anciens au plus récents) :

- Les terrains d'âge Miocène inférieur (Burdigalien). Ils affleurent essentiellement à l'embouchure du Hamiz
- Les faciès d'âge Miocène moyen (Vindobonien); Ils présentent un faciès calcareo-gréseux dans les îles Agueli, et un faciès argileux à l'extrémité de l'embouchure de la rive droite de l'oued Réghaia.
- Le Pliocène inférieur. Il est constitué de marnes grises qui occupent les rives de la cluse du lac de Réghaia, et s'étale largement du côté ouest (Heuraouas à la cote 50m). Elles disparaissent au sud de la dépression du lac et ne semblent pas dépasser le petit affluent d'El Biar. Ce faciès est vraisemblablement celui retrouvé au fond des sondages effectués sur le marais à la côte – 35 m environ.
- Le pliocène supérieur (Astien). Il est représenté par un faciès argilo-sableux le long de l'oued Réghaïa ainsi qu'au niveau des petits affluents (oued Berraba en particulier).
- Le Quaternaire inférieur (Pleistocène inférieur : Calabrien d'âge Villafranchien). Ces terrains n'ont pas été reconnus sur le site. Par ailleurs, les alluvions anciennes de la Mitidja représentées par des argiles rouges avec des sables, des galets et des graviers hétérogamétiques sont notées le long d'un axe séparant la ville de Reghaïa de celle de Rouiba. Ils sont attribués au Quaternaire inférieur.
- Le Quaternaire inférieur pléistocène (tyrrhénien). Il affleure sur les rebords est et ouest de la cluse du Réghaïa et correspond à des lumachelles, Poudingues, Grés, marins et à d'anciennes dunes consolidées.
- Le Quaternaire supérieur Holocène (Flandrien). Il correspond au comblement de la cluse de l'Oued Réghaia sur lequel repose la retenue du lac. Les sondages montrent que ce remplissage se présente sous différents faciès : des galets, des sables coquilliers et des vases.

IV-4-6-Synthèse lithologique des formations du lac :

La figure IV-11, représentant une coupe géologique du lac, montre de la base au sommet la succession suivante (Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment, 1971) :

- Les marnes plaisanciennes qui constituent le substratum, à 30 ou 35 m de profondeur sur lesquelles repose un lit de galets dont l'épaisseur varie de 1 à 4 m.
- Les argiles grises et les sables coquilliers avec une épaisseur moyenne de 15 m. Les sables à la base sont fins avec des coquilles entières, il est parfois noté des passages plus limono-argileux .
- Des argiles grises, molles dans lesquelles s'intercalent des lits de sables fins ;
Ces deux formations correspondent en réalité à une alternance de faciès littoraux, pré-littoraux ou continentaux comme en témoigne la présence de coquilles, de débris de végétaux et de matières charbonneuses.

Des sables intermédiaires plus grossiers que les sables de base.

Des vases noires très molles dont l'épaisseur varie entre 8 et 12 mètres et qui correspondent à la formation la plus récente. Cette dernière formation est recouverte dans la partie aval par un tapis végétal. La base de la formation présente un aspect de tourbe une fois séchée. Elle concentre une teneur en matière organique plus élevée que la moyenne de la formation qui varie entre 2 et 6%. Ce faciès supporte le lit actuel de l'oued Réghaïa dont le cours butte contre le cordon littoral au niveau de sa rive gauche.

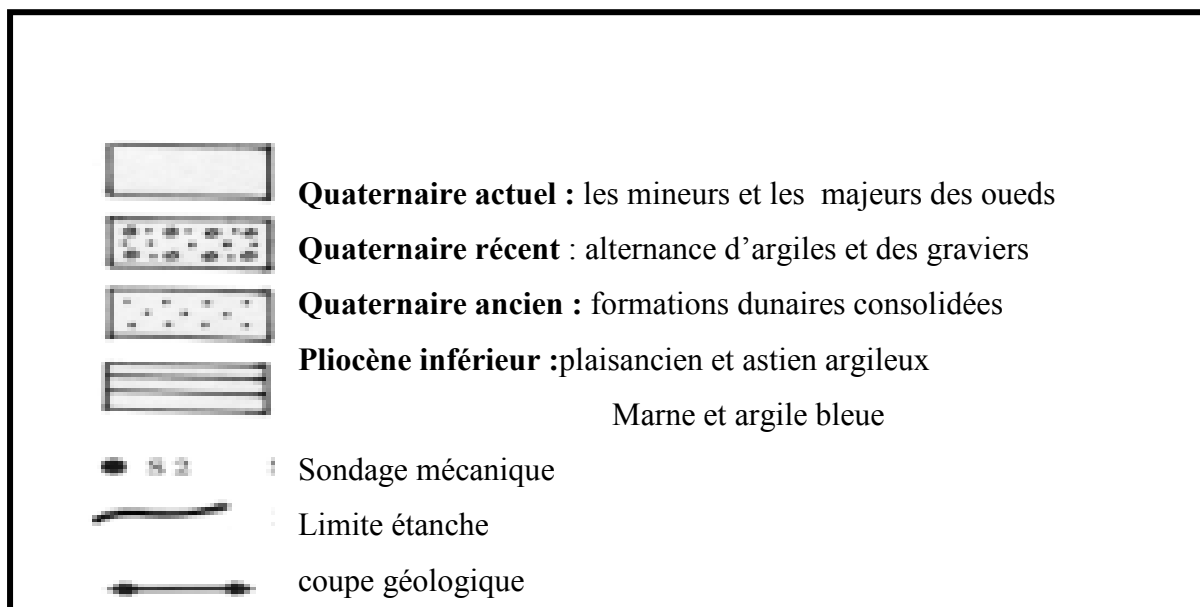
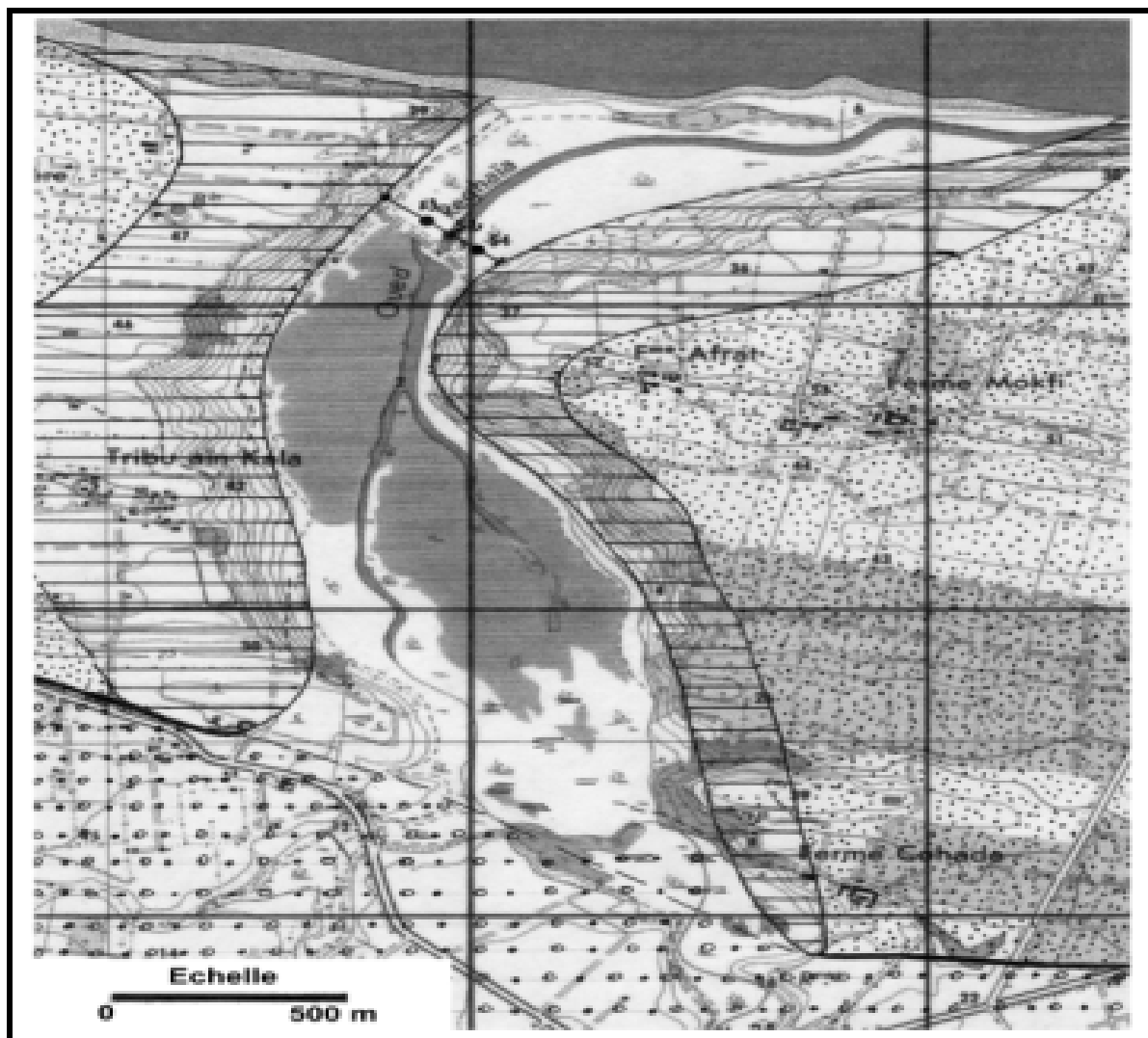


Figure IV-11 : Esquisse géologique de la région (ANRH DEB)

IV-4-7- Relations hydrodynamiques lac-aquifères :

Ces relations sont importantes à préciser car elles déterminent la nature des flux hydrauliques en direction du lac et par conséquent son alimentation et ses échanges avec son environnement encaissant. Les données lithologiques basées sur les coupes géologiques et les sondages permettent d'affirmer :

- L'inexistence d'une alimentation verticale du lac en raison de la présence d'une épaisse couche de marne (voir coupe géologique transversale) qui constitue son substratum ;
- L'alimentation du lac par la nappe aquifère du quaternaire à travers les sables grossiers. Le lac constitue le seul exutoire naturel de la nappe quaternaire de la Mitidja dans la région.
- Une deuxième alimentation du lac par les nombreuses sources qui bordent des formations dunaires du Sahel aux alentours internes du lac.

Ces sources permettent la mobilisation d'un volume appréciable d'une eau naturelle de bonne qualité chimique car se déversant directement dans la retenue. Les **482 000 m³** annuels estimés en juin 2005 constituent un apport annuel garanti qu'il est possible d'augmenter substantiellement moyennant l'amélioration des captages.

Tableau IV-09 : Estimation des débits et des apports des sources :

Sources	Débits Approximatifs (L/s)	Apports annuels (m ³)
S1	3	94 608
S2	4	126 144
S3	2	63 072
S4	2,5	78 840
S5	0,5	15 768
S6	0,5	15 768
S7	3	94 608
Total	15.5 L/s	482 000 m ³

Source :(ANRH DEB)

Note: Les débits ont été mesurés en juin 2005(ANRH Dar El Beidha)

IV-4-8-Bathymétrie du Lac

L'étude de la bathymétrie du lac de Réghaïa a été réalisée par l'ANRH en 2001. Cette étude a permis d'établir la relation entre hauteur et capacité du lac. La hauteur de 198 m a été prise comme point de référence et considéré comme seuil de l'évacuateur au niveau de la digue. La relation capacité du lac et altitude est recalculé entre prenant le seuil de l'évacuateur à 3 mètres d'altitudes [17].

Cette relation est illustrée par la figure IV-12. Par contre, la relation capacité du lac, altitude et surface inondée n'a pas pu être établie.

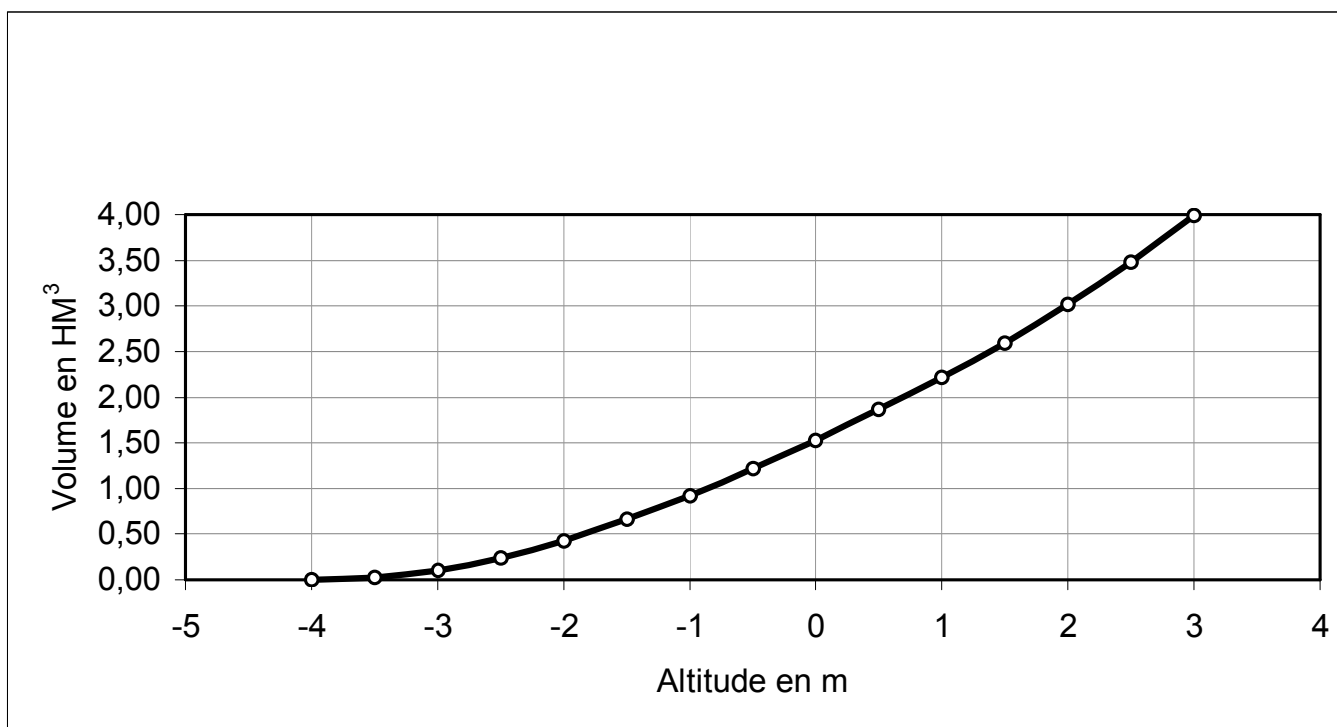


Figure IV-12 : Capacité du lac en fonction de l'altitude (ANRH 2001)

IV-5 Conclusion :

Le lac de Réghaïa constitue une dépression creusée à la faveur des mouvements géologiques constitutifs de la Mitidja. Il est encaissé dans des formations imperméables empêchant tout flux hydrodynamique vertical. Il reste cependant en rapport direct avec l'aquifère quaternaire de surface pour lequel il constitue un exutoire naturel.

CHAPITRE V

Analyse de la qualité d'eau du lac

V-1- Introduction :

L'évolution de la pollution dans la région de Réghaia à un effet néfaste sur la qualité des eaux du lac, sachant que ce dernier est utilisé comme un réservoir d'eaux d'irrigation. De ce fait, on a opté des prélèvements d'échantillon au sein du lac pour apprécier les paramètres physico-chimiques et bactériologiques, afin d'évaluer le degré de pollution et déterminer son aptitude à l'irrigation.

V-2- Sources de pollution au niveau du lac :

En Algérie, les eaux usées domestiques et industrielles chargées d'importantes quantités de polluants et de substances dangereuses, sont déversées directement dans les oueds, lacs, mer, sans traitement préalable, perturbant l'écosystème. Dans le port d'Alger, par exemple, près de 24 égouts se déversent dans la mer sans aucun traitement [18].

De plus l'absence d'inventaires précis sur la nature et la qualité des rejets urbains ou industriels, limite la lutte contre cette pollution.

A l'instar des autres régions du pays, la commune de Réghaia subit ces dernières années, les effets d'un développement socio-économique très anarchique.

Le lac de Réghaia, devenu un égout à ciel ouvert, reçoit des divers rejets (industriels, urbains et agricoles), par le biais de l'oued Réghaia et l'oued d'El-Biar. L'oued Réghaia a un débit et un apport en pollution plus important que l'oued El-Biar. Dans le bassin versant de ces deux oueds, une agglomération, de 130.000 habitants [19] et une zone industrielle, rejettent leurs eaux usées, sans traitement. Durant la période sèche ces oueds véhiculent uniquement des eaux usées.

Les principales sources de pollution du lac sont dues essentiellement au :

V-2-1- pollution agricole :

les apports de polluants provenant directement du bassin versant peuvent eux aussi être très importants, l'érosion des sols amène des matières en suspension en forte concentration, ainsi que des composés azotés, pesticides et tout autre produit épandu sur les terres irriguées.

C'est le résultat du développement des activités dans la zone d'étude. Sachant que les terres agricoles adjacentes représentent 46% qui utilisent des produits chimiques et des engrais parfois à des taux excessifs non contrôlés. Sous l'effet de ruissellement une quantité non négligeable d'éléments chimiques comme le phosphore, l'azote, les matières en suspension, les matières organiques sont entraînées en profondeur (tableau I.7).

Ces éléments chimiques induisent une accélération du processus de dégradation de la qualité du lac, en favorisant le phénomène d'eutrophisation dans le milieu récepteur fermé comme le lac de Réghaia.

Tableau V-1 :ration de flux polluants annuel (en Kg/hect) des eaux ruisselant sur divers types des zones agricole

Eléments Zones agricole	MES	Phosphore total	Azote total	Pb	Cr	Zn
Agriculture générale	3 à 5600	0.1 à 9.1	0.6 à 42	0.002 à 0.08	0.02 à 0.9	0.005 à 0.3
Céréale	2 à 5100	0.2 à 4.6	0.05 à 0.4	0.005 à 0.006	0.014 à 0.064	0.026 à 0.083
Pâturage	30 à 80	0.1 à 0.5	3.2 à 14	0.004 à 0.015	0.012 à 0.038	0.01 à 0.013
forêt	1 à 820	0.02 à 937	1 à 6.3	0.01 à 0.03	0.02 à 0.03	0.01 à 0.08
naturelle	7 à 820	0.02 à 0.67	0.5 à 6	0.01 à 0.03	0.02 à 0.03	0.03 à 0.3

Source (Bachoc et Al,1994)

De ce fait, les activités agricoles constituent une source de pollution non contrôlable et non négligeable, par l'utilisation irrationnelle des pesticides, engrais artificiels et produits Chimiques périmes.

V-2-2-Pollution urbaine :

Les eaux rejetées de l'agglomération de Réghaia, soient au moins 3000m³/j et une charge de 1300kg DBO₅/J, ainsi que les effluents provenant de la ville voisine Ruiba

Les villes de Réghaia et de Rouïba actuellement ont 130.000 habitants, raccordés au réseau D'assainissement de type unitaire, elles rejettent une quantité importante d'eaux usées estimée à 7 000 ml par jour, une contribution moyenne de 3 240 kg de DBO₅ [19].

En plus de l'existence de plusieurs usines et atelier à caractère artisanal ou industriel, il faut noter l'implantation sur le bassin versant, d'ouvrages communautaires ou cités qui déversent leurs eaux résiduaires directement dans l'oued de Réghaia. Le volume de la charge n'est pas encore identifiés.

V-2-3- Pollution industrielle :

la croissance rapide de la population de la région et le développement de grands complexes industriels,a entraîné une utilisation croissante et variée de produits chimiques toxiques
La zone industrielle de Réghaia crée en 1960, s'étale sur une superficie totale de

855 hectares et compte pas moins de 150 établissements industriels. [20]

D'après la direction d'hydraulique de Boumerdés (DHW) et entreprise de la gestion de la zone industrielle (EGZB), les activités industrielles dans la zone Rouiba-Réghaia peuvent être classées en trois catégories en fonction de leur importance vis-à-vis la capacité de production et de la charge polluante :

-Catégorie 1: Entreprises polluantes.

-Catégorie 2: Entreprises moyennement polluantes.

-Catégorie 3: Entreprises peu ou non polluantes

La présentation de l'état récapitulatif des trois catégories d'entreprises classées ci-dessus sont mentionnées dans l'annexe 01

Parmi ces établissements, une vingtaine d'entreprises présentent des activités Potentiellement polluantes. Il s'agit, entre autres, des unités de transformation et de galvanisation, des tanneries, des unités de textiles, d'art graphique, ... etc.

L'enquête effectuée au niveau de la zone industrielle Rouiba-Réghaia sur l'état actuel du Fonctionnement des stations de prétraitement et les caractéristiques de chaque entreprise révèle:

Les effluents de l'ENIPC présentent des concentrations très importantes en NO_3 apport à la DBO_5 et le rapport ($\text{DCO}/\text{DBO}_5 = 16.7$), donc un effluent peu biodégradable .

Ainsi des fortes concentrations sont décelées en azote, nitrates, ammoniacque et le chrome Cr.

-Les effluents de l'EMAL présentent des concentrations en nitrates assez importantes.

-Les effluents de la société SNVI-CVI, présentent des teneurs en DCO importantes 500 à 600 mg et le rapport DCO/DBO_5 de l'ordre de 6,9 à 8,8; de plus, ils présentent des teneurs en zinc (Zn) importantes, de l'ordre de 3 à 4 mg/l.

-Les effluents de l'ENATB se caractérisent par une importante teneur en matière grasse de 10880 mg/l et des concentrations non négligeables en Zn de l'ordre 32 mg/l.

Ainsi, il faut noter que pour chaque établissement industriel, le rejet peut être régulier ou irrégulier, intermittent.

le volume d'eau résiduaire de l'ensemble de la zone industrielle est estimé à 20.000 m³ par jour, véhiculant une charge de pollution évaluée à 10.000 kg de DBO_5 , et différentes substances chimiques de toxicité variable (métaux lourds, détergents, etc.)

Le décret exécutif n, 93-160 du 10 juillet 1993 paru dans le journal officiel N° 46 le 14 juillet 1993, vise à réglementer les rejets d'effluents liquides industriels dans le milieu .

L'article 4 stipule que ces rejets ne peuvent être autorisés que:

-S'il ne dépassent pas à la source les valeurs limites maximales.

-S'ils remplissent les conditions techniques qui tiennent compte notamment:

*Du débit et du degré de pollution des eaux réceptrices et de leurs capacités de régénération naturelle.

*Des conditions d'utilisation des eaux réceptrices.

*De la protection de la faune et la flore et des exigences sanitaires économiques et touristiques.

*De l'importance et de la nature du rejet.

Ces flux représentent approximativement 20.000m³/j d'eaux résiduelles véhiculant une charge évaluée à 3500kg de DBO5 par jour et de nombreuses substances chimiques de toxicité variable,(métaux lourds,détergent)

V-3-Qualité des eaux rejetées au niveau du lac :

Les deux oueds déversant dans le lac sont:

-L'oued de Réghaia.

-L'oued d'El-Biar

L'oued de Réghaia véhicule la plus grande partie des eaux alimentant le lac. Il représente, en Effet, des apports annuels moyens 205,5 l/s alors que le débit de l'oued El-Biar est de 85 l/s. Ces oueds pendant la période sèche, véhiculent uniquement des eaux usées dont 80 % des flux polluants contaminant le lac. [D'après l'ANRH Dar El Beidha]

L'oued Réghaia a fait l'objet de nombreuses études, concernant notamment, la pollution par les métaux lourds .[21] ; De l'ensemble des résultats collectés, il apparaît que l'oued Reghaia joue un rôle de décanteur pour les éléments qui sont rejetés par ces effluents(voir la figure 1)



FigV-1 : photo d'oued Réghaia

V-3-1-Analyses de données des rejets de l'oued de Réghaia :

D'après les résultats d'une étude faite en 1988 [21] on révèle qu'il y'a une baisse de concentration de l'amont vers l'aval de la rivière. Cette décroissance n'est pas uniquement le fait d'une dilution due aux eaux de ruissellement; une partie des matériaux sédimentent au fond de l'oued, plus particulièrement, les métaux lourds (tableau 1.8 ci-dessous).

Tableau V-2-Variation des concentrations des métaux lourds en mg/l à différents sites de prélèvements mesurés au cours du temps dans l'oued de Reghaia

date	12 décembre 1987		19 décembre 1987	
	Ville de Réghaia	Point L1	Ville de Réghaia	point L1
Fer	16	7	20.6	5.1
Zinc	1.67	0.3	2.5	0.83
Plomb	0.58	0.11	0.91	0.16
Cuivre	0.91	0.18	0.81	0.39
Cadmium	0.19	-	0.22	-
chrome	0.76	-	1.5	0.2

Source :l'ANRH

- De plus deux autres phénomènes peuvent intervenir au sein de l'oued ayant également pour effet la remise à disposition de toute;parties de pollution stockées dans les sédiments de la rivière:
- La décomposition de la matière organique s'accompagne d'une importante biomasse bactérienne. Cette décomposition va surtout avoir lieu au sein des sédiments superficiels qui recouvrent le fond de l'oued. Ainsi que les métaux lourds contenus dans les sédiments sont essentiellement adsorbé, sur la matière organique. La décomposition bactérienne aura donc pour effet d'introduire les métaux lourds dans la chaîne alimentaire et de leur permettre de migrer jusqu'au lac.
- La décomposition bactérienne s'accompagne d'une forte consommation d'oxygène au sein de l'oued de Réghaia . le degré de dégradation de ce dernier, Hormis le pH et la température qui restent corrects selon la norme
- Une très faible oxygénation de l'eau.
- Une DCO très élevée (moyenne de 396mgll) pouvant atteindre 1400mgll et restant constamment élevée. Cette valeur caractérise une eau usée et traduit une forte influence des rejets urbains et industriels. Des charges en MES très variables (de 12 à 5342 mg/l) qui fluctuent au gré des rejets d'eaux usées et des lessivages de bassin versant lors de période pluvieux. -Des concentrations excessives en azote organique et ammoniacal.

- Une DBO₅ très variable et parfois très élevée jusqu'à 360 mg/l
- Des concentrations élevées en métaux lourds.

V-4-Impact des rejets dans le milieu récepteur :

Le terme d'impact est utilisé dans notre cas pour désigner l'ensemble des conséquences directes ou indirectes des rejets sur le milieu naturel. Lors d'un rejet, il se produit une multitude d'événements qui vont perturber l'écosystème, (Tableau V-3).

la contribution de la végétation du lac de Réghaia, a révélé que sous l'effet des différentes formes d'influences humaines, la dégradation de la végétation est très visible au niveau du lac de Réghaia..

Les résultats de cette dégradation risquent d'entraîner l'extinction ou la disparition de cette zone humide, biologiquement importante pour le littoral Algérois. [23]

tableau V-3-L'ensemble des phénomènes d'impact , selon trois niveaux :

Niveau d'impact	Impact immédiat	Impact ou diffère
<u>Niveau 1</u> Impact physicochimique	Augmentation de la concentration dans l'eau et dans les sédiments Turbidité Bactérie pathogène Micro polluant dissous	Envasement et colmatage. Accumulation dans les sédiments, matières organiques et nutriment, métaux lourds. Relargage, remise en suspension et transport des polluants
<u>Niveau 2</u> Impact biochimique	Diminution de taux d'oxygène Films d'hydrocarbure à interface air eau Dégradation de la matière organique Développement de bactéries pathogène en certains points favorables du milieu	Consommation d'oxygène dissous due à la dégradation de la matière organique progressivement relarguée et rendue disponible
<u>Niveau 3</u> Impact biologique	Chute de l'activité photosynthétique, mortalité de la faune aquatique	Phénomène de l'eutrophisation. Introduction des toxiques des sédiments dans la chaîne alimentaire par les vers

Source (Brelot, Chocat, 1996)

V-5-Restauration du lac de Réghaia :

Dans le cadre de la mise en application de décret relatif aux études d'impact, l'agence Nationale pour la protection de l'environnement (ANPE) en collaboration avec GTZ ainsi que la société Degremont ont été chargés de l'étude de réalisation de la station de l'épuration de Réghaia dont l'objectif est de traiter les effluents urbains de neuf ville ; est de la wilaya D'Alger, ainsi que les effluents industriels de la zone industrielle de Reghaia-Ruiba.

La mise en œuvre de cette station d'épuration permettra de résoudre les problèmes de Pollution (voir la figure 2)



FigV-2: station d'épuration des eaux usées de la ville de Réghaia

V-6-Description de la station de Réghaia :

V-6-1-Capacité de traitement :

La réalisation de la station d'épuration pour l'assainissement des rejets de la Region Ruiba-Réghaia, de la zone industrielle et des agglomération voisines, est basée sur l'utilisation des procédés de traitement traditionnels

Elle est conçue pour traiter un débit de 8000 m³/j d'eaux usées domestiques dans une Première phase s'étalant de 1990 à 2020 et une extension à 120.000 m³/j à l'horizon 2030.

- **Première étape:** 1996-2000 (phase de traitement physique).
- **Deuxième étape:** 2001-2020 (phase de réalisation des Installations de traitement biologique)
- **Troisième étape:** 2020 (phase d'extension de la station d'épuration) .



FigV- 3 :Station d'épuration à l'amant du lac de Réghaia

V-6-2-Principe d'épuration:

Le processus d'épuration est basé sur les étapes suivantes.

V-6-2-1-Le traitement primaire : qui consiste à éliminer les matières solides flottantes (déchets solides, huiles et graisses) et les matières décantables (sable et boues); puis à les traiter séparément pour les éliminer.



FigV-4: Ouvrage combiné degrilleur, dessableur et déshuileur

V-6-2-2-Le traitement secondaire (biologique) : ayant pour objectif l'élimination des matières en suspension non décantables et les substances dissoutes sous formes de boues.



Fig V-5: Bassin de décantation de la station de Réghaia

V-6-2-3-Le traitement tertiaire (complémentaire) permet d'améliorer la qualité des eaux dans le but de respecter les normes de rejets recommandée pour la protection de la nature

Les boues issues de la décantation primaire et secondaire, seront traitées par stabilisation chimique à la chaux et ultérieurement par épaissement et déshydratation mécanique.



FigV-6 : Ouvrage d'épaississement de la station d'épuration de Réghaia

D'autre part la situation de la station de Réghaia en zone agricole, l'épandage agricole des boues Résiduairees parait être la solution la plus judicieuse

V-6-3-Etat actuel de la station:

Actuellement, la station de Réghaia, ne fonctionne que pour le traitement primaire

V-7-Paramètres physico-chimique analysés :

La qualité des eaux évolue dans le temps, elle dépend des paramètres climatologiques , géologiques et humains. Nous allons analyser, les paramètres physiques et chimiques que nous avons à notre disposition.

V-7-1-les paramètres physiques :

Les paramètres physiques sont des mesures rapides, exécutables sur le terrain et apportant un grand nombre d'informations, ils sont essentiellement :

La température de l'échantillon $T(^{\circ}C)$

Le pH

La conductivité électrique CE (mmhos/cm) à $25(^{\circ}C)$

V-7-2-Les paramètres chimiques**V-7-2-1-Indicateurs de pollution en mg/l**

La Matière en suspension MES (mg/l)

L'oxygène dissous O_2 (mg/l)

La demande biologique en oxygène DBO_5

La demande chimique en oxygène DCO

Les nitrates NO_3^- , l'azote ammoniacal NH_4^+

Le phosphore total PO_2 , l'orthophosphate PO_4^{3-}

V-7-2-2-Teneurs en élément majeurs en mg/l**V-7-2-2-1 Les cations**

Calcium (Ca^{++}), Magnésium (Mg^{++}), Sodium (Na^+)

V-7-2-2-2 Les anions

Les Chlorures (Cl^-), les Bicarbonates (HCO_3^-)

V-7-2-3- Teneur en élément trace en mg/l

Le Chrome (Cr), Zinc (Zn), Cadmium (Cd)

V-8-Les procédures d'analyses :

La température de l'eau, le pH, l'oxygène et la conductivité électrique ont déterminés in situ. L'analyse des autres paramètres a été effectuée au niveau du laboratoire des eaux de l'agence nationale des ressources hydriques de Blida (ANRH). pour la détermination de l'ensemble des paramètres analysée, les méthodes utilisées sont récapitulées en annexe02

V-8-1-la température de l'eau :

la température est une caractéristique physique importante, elle dépend essentiellement des conditions météorologiques, des rejets d'eaux usées et du volume d'eau dans le lac.

Elle a une influence sur l'activité biologique, sur les réactions sur les différents traitement des eaux, elle favorise la fermentation. une augmentation de température entraîne une diminution du taux d'oxygène dissous par l'accélération des phénomènes d'oxydation qui engendre la diminution de la solubilité de l'oxygène et aussi peut conduire à une situation critique se traduisant par l'accumulation de composées gazeuses tels que H_2S , SO_2 , CH_4

La mesure de température au niveau de l'eau brute (à l'entrée de la station d'épuration) et au niveau de l'eau épurée (au sein du bassin de stockage du lac) nous donne les valeurs suivantes illustrées dans le tableau V-4 :

Tableau V-4 : Mesure de la température

Type de l'eau Paramètre à mesurer	Eau brute	Eau épurée
La température en C°	21 ,2	24,6

Interprétation :

D'après ces valeurs là, on voit bien que la température est admise, elle est un peu élevée dans les mois de l'été, ce qui favorise les réactions de putrefaction et le développement de certains organismes responsable de l'apparition d'odeurs désagréables, cette élévation provient de la température de l'air et l'apport direct de chaleur venant des industries utilisant l'eau comme fluide réfrigérant

On remarque aussi l'augmentation de la température au niveau du bassin de stockage ce qui est expliquée par la stagnation de l'eau au niveau du bassin exposé directement à la chaleur du soleil

V-8-2-le pH :

le pH de l'eau représente son acidité ou son alcalinité, dont le facteur le plus important est habituellement la concentration en anhydride carbonique liée à la minéralisation totale. Notons aussi que la variation de pH est un facteur de détermination de la limite d'une autoépuration biologique d'où s'influence sur l'activité des micro-organismes qui interviennent dans le processus de la biodégradabilité. Il définit également le caractère agressif ou corrosif d'une eau

Les valeurs de pH observées sont mentionnées dans le tableau V-5

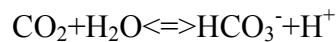
Tableau V-5 : mesure de pH

Type de l'eau Paramètre à mesurer	Eau brute	Eau épurée
Le pH	7 ,22	8,16

Interprétation :

D'après ces observations, on constate que les eaux du lac sont légèrement alcalines tendant vers la neutralité, ceci répond à la norme requise pour les eaux de surface

La variation de pH est occasionnée par certains rejets industriels ,urbains,ainsi que par l'activité photosynthétique des algues,la fixation de CO₂ présent dans l'eau par les algues durant le jour,conduit à une diminution des ions H⁺ et donc une augmentation de pH selon la réaction suivante :

**V-8-3-la conductivité électrique :**

Elle mesure la capacité du milieu aqueux à transmettre un courant électrique ;celui-ci étant lié à la qualité des particules chargées(anions ou cation).elle permet donc d'évaluer la minéralisation globale de l'eau,elle augmente avec la température et avec la salinité.

Les résultats d'analyse de CE au moi de mai sont présentés dans le tableau V-6:

Tableau V-6 : mesure de la conductivité électrique

Type de l'eau Paramètre à mesurer	Eau brute	Eau épurée
La conductivité électrique en ms/cm	1,91	2,19

Interprétation :

On enregistre une légère évolution de la conductivité électrique de l'eau avant et après la station d'épuration .ce qui indique que l'eau n'est pas trop polluée ,ainsi qu'elle traduit une forte teneur des eaux résiduaires en sels électrolyse dissous,Ou tout rejet polluant arrivant au lac s'accompagne d'un accroissement de conductivité,en revanche ,les valeurs les plus élevées se trouvent généralement lors des étiages,quand le lac n'est plus alimenté que par ses sources ,principales fournisseuses de substances dissoutes.

Ces valeurs de conductivité électrique appartiennent à la fourchette des eaux caractérisées par une minéralisation excessive d'après les normes [25]

V-8-4-Les matières en suspension :

Le taux de matières en suspension (MES) est l'un des paramètres les plus caractéristiques des eaux naturelles, elles sont composées des matières vivantes et de matières inertes, organiques et minérales, les matières en suspension constitue un élément important qui marque bien le degré de pollution .

Dans une eau urbaine, près de 50% de la pollution organique se trouve sous forme de MES, les résultats pour les eaux industrielles sont variable, il est de même pour les eaux naturelles ou la nature de MES est souvent minérales et leurs taux relativement bas sauf en période de crue. Les résultats d'analyse de MES de l'eau du lac au laboratoire dans une température de 105C°, ont mentionnés dans le tableau V-7

Tableau V-7 : Mesure de la matière en suspension

Type de l'eau	Eau brute	Eau épurée
Paramètre à mesurer		
Les matières en suspension (MES) en mg/l	145	19

Interprétation :

On voit clairement que l'eau à l'entrée de la station d'épuration est concentrée en MES qui dépasse la norme (voir le L'annexe 03) elle est due à l'entraînement des matières particulaires par les eaux des effluents lessivant le bassin versant.

En revanche, y a une diminution importante de concentration des MES au sein du lac, ce qui est expliqué par l'efficacité de traitement au niveau du bassin de décantation de la station d'épuration (réduction de MES jusqu'à 60%)

D'ailleurs les MES en concentration faible sont susceptible de réduire la transparence du milieu dans le lac, et de ce fait, empêchent la lumière de pénétrer en diminuant ainsi l'activité de photosynthèse.

Les MES également, peuvent entraîner en quantité importante des micro-organismes (bactéries et virus) non retenus par la station d'épuration.

On note aussi que la pollution, en particulier par les métaux lourds, et pour une grande part véhiculée par les MES.

V-8-5-L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous O_2 est un élément primordial pour la vie d'un cours d'eau, c'est un facteur important dans l'autoépuration des charges polluantes. Des teneurs anormalement faibles en oxygène présentent des effets néfastes qui peuvent se traduire par des mortalités massives des poissons, sa concentration est très faible et le plus souvent proche de zéro dans les eaux résiduaires brutes.

Sa teneur dans les eaux est conditionnée, par les mécanismes d'échanges entre l'atmosphère et la couche superficielle de l'eau et d'autre part, par des processus biologiques chimiques

Les valeurs de O_2 mesurées in situ sont registrées dans le tableau V-8 :

Tableau V-8 : Mesure de l'oxygène dissous

Type de l'eau Paramètre à mesurer	Eau brute	Eau épurée
L'oxygène dissous O_2	0,24	0,19

Interprétation :

Ses valeurs faibles de la teneur en oxygène dissous O_2 qui est expliqué par le manque d'échange entre l'atmosphère et la couche superficielle de l'eau du à l'absence du vent d'une part et d'autres part la sécheresse (absence de précipitation) le jour de prélèvement d'échantillon.

Les deux facteurs (vent et précipitation) provoquent la réoxygénation du milieu, puisque le vent accélère l'échange entre l'atmosphère et la surface d'eau, ainsi que la précipitation induit le renouvellement des masses d'eau, et en effet, une injection naturelle d'air

V-8-6-La demande biochimique en oxygène :

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques de l'eau, avec le concours de micro-organismes. Elle correspond au résultat d'oxygène consommé en 5 jours à $20^\circ C$ et mesuré en mg/l, les rejets de matières organiques dégradables dans un lac provoquent une consommation d'oxygène. Or, l'oxygène est un élément fondamental du maintien et du développement de la faune et de la flore, l'estimation de la demande biochimique en oxygène est faite dans le but d'évaluer le contenu d'une eau en matière organique biodégradable et donc son degré en pollution organique.

L'évaluation de la demande biochimique en oxygène au niveau de laboratoire de l'ANRH pendant 5 jours a donné les résultats suivants :

Tableau V-9 : mesure de la demande biochimique en oxygène

Type de l'eau Paramètre à mesurer	Eau brute	Eau épurée
La demande biochimique en oxygène DBO5	60,8	9,9

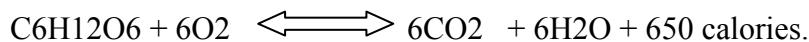
Interprétation :

On observe que l'effluent entrant à la station d'épuration est pollué, ça demande en oxygène est forte, ceci est dû aux différents déversements d'eaux usées urbaines et industrielles sur le tronçon de l'oued de Réghaia qui se jettent dans le lac, tandis que l'eau du bassin de stockage est admissible suite au traitement biologique au niveau de la station (réduction de DBO₅ jusqu'à 30%), et aussi l'autoépuration au sein du lac, la valeur de DBO₅ est inférieure à la norme requise pour les eaux de surface et pour l'irrigation (voir le tableau VII-1)

V-8-7-La demande chimique en oxygène

Elle nous la diversité des corps organiques contenus dans une eau résiduaire, la connaissance de leur nature ne serait d'aucune utilité pour l'épuration biologique.

L'oxydation du glucose répond à la relation :



L'oxydation chimique représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables (sulfures, sulfites, hyposulfites sels) métalliques de valence basse et la majeure partie des composés organiques.

Les valeurs de DCO ont mentionné dans le tableau V-10 :

Tableau V-10 : mesure de la demande chimique on oxygène

Type de l'eau Paramètre à mesurer	Eau brute	Eau épurée
La demande chimique en oxygène DCO	234	84,3

Interprétation :

La demande chimique en oxygène est d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans l'effluent, cette élévation est liée à la pollution d'origine organique et minérale, par contre, on remarque la diminution importante de la DCO au niveau du lac, grâce au rendement de la station d'épuration (réduction de DCO jusqu'à 30%)

V-8-8-Le coefficient de biodégradabilité :

Le coefficient de biodégradabilité est exprimé par le rapport entre la DCO sur la DBO₅ :

$$K_e = \text{DCO} / \text{DBO}_5$$

Le rapport DCO/DBO₅ a une importance déterminante pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent, une valeur faible de ce rapport implique la présence d'une grande proportion de matière bio-dégradable et permet d'envisager un traitement biologique, et inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable.

Ce rapport également nous donne une idée sur la possibilité d'autoépuration de l'eau, d'après Eckenfelder, pour un rapport de 5 et plus, l'autoépuration devient pratiquement impossible.

Alors pour l'effluent entrant dans le lac :

$$K_e = \text{DCO} / \text{DBO}_5 = 234 / 60,8 = 3,85$$

Ce qui traduit l'existence considérable des matières organiques biodégradables, donc l'autoépuration est faisable.

V-8-9-Les substances nutritives :

Les substances nutritives (Azote et Phosphore) présentes dans les eaux de ruissellement et dans les eaux usées domestiques, favorisent la croissance d'algues et de plantes aquatiques, ce qui a pour effet l'accélération de l'eutrophisation du lac. La connaissance des quantités de nutriments contenues dans les eaux résiduaires est donc indispensable pour contrôler leur rejet dans le milieu récepteur.

V-8-9-1-L'azote :

-L'azote peut être présent dans les eaux sous de nombreux états de valence :

Forme réduite : azote organique (N-CO₂), azote ammoniacal (NH₄).

Forme moléculaire : azote dissous

Forme oxydée : azote nitreux (NO_2^-) et nitrate (NO_3^-)

les matières organiques contiennent souvent de l'azote organique, assez rapidement, cette forme azotée transforme en ammoniac NH_3 ou sels d'ammonium NH_4 , selon un processus bactériologique appelé ammonisation. Les deux premières formes d'azote se dégradent progressivement dans une eau résiduaire à mesure qu'elle vieillit. Les bactéries nitrifiantes du type nitrosomonas oxyde l'azote ammoniacal pour donner naissance au nitrites NO_2^- (forme intermédiaire indispensable mais très instable), par la suite, le relais est assuré par les bactéries nitrifiantes de genre Nitrobacter qui engendrent les nitrates NO_3^- , directement assimilable par les plantes, la nitrification s'opère en milieu aérobie, le manque d'oxygène peut provoquer le phénomène inverse, appelé dénitrification

L'azote contenu dans les eaux résiduaire domestique à essentiellement une origine urinaire ; il est apporté près de 3/4 par l'urée qui s'hydrolyse rapidement dans les réseaux.

On peut estimer à 13g/j environ l'azote rejeté par un être humain adulte, les animaux domestiques rejettent des quantités plus importantes.

V-8-9-1-1-Les teneurs de l'azote sous ses diverses formes :

Les résultats d'analyse de l'eau du lac en teneur de nitrites, nitrates et azote ammoniacal sont enregistrés dans le tableau V-11 :

Tableau V-11 : mesure de l'azote

Type de l'eau Teneur en azote	Eau du lac
Les nitrites (NO_2) en mg/l	0,67
Les nitrates (NO_3) en mg/l	24
L'azote ammoniacal (NH_4) en mg/l	7,71

Interprétation :

Des ces teneurs en azote, on voit que les nitrites et les nitrates sont faibles et restent inférieures à la norme requise aux eaux de surface, tandis que la teneur en azote ammoniacal est forte et dépasse la norme qui est de 2 à 4 mg/l

V-8-9-2-1'orthophosphate :

La connaissance d'orthophosphate nous donne une idée sur les apports de phosphore dans le lac, entraînent un développement excessif d'algues, l'analyse de l'eau du lac nous donne une valeur de 10,83 mg/l qui est énorme vu la norme admissible qui est de 0,7 mg/l. Cette teneur peut s'expliquer par deux phénomènes :

Le lessivage des engrais phosphatés et des phosphates provenant de la décomposition des végétaux durant la période des précipitations

Les déversements des eaux usées domestiques et industrielles riches en détergents phosphatés qui apportent environ 3 g de phosphore/personne/jours

Il faut noter que le phosphore provoque la prolifération d'algues, d'après Fresenius et Schneider, 1990, une concentration de 1 mg/l peut entraîner la prolifération de 100 g de masse d'algues, phénomène qualifié d'eutrophisation qui altère le fonctionnement de l'ensemble de l'écosystème lacustre

V-8-10-Teneur en éléments majeurs :**V-8-10-1-Les cations (Calcium, Magnésium et Sodium)**

Le tableau ci-dessous indique les teneurs des trois éléments cationiques (Ca, Mg, Na) analysés au niveau du lac

Tableau V-12 : mesure des cations (Calcium, Magnésium et Sodium)

Eléments analysés	Calcium	Magnésium	Sodium
Valeurs en mg/l	137,9	50,04	62,3

Interprétation :

Les résultats du tableau montrent que la composition cationique est caractérisée par une dominance de l'ion Calcium (Ca) suivi de Sodium (Na) et ensuite le Magnésium (Mg).

Ca > Na > Mg en (mg/l).

On peut expliquer ces variations par les fluctuations du niveau du lac, liées aux modifications saisonnières des apports hydrologiques et de l'évaporation.

La concentration du Sodium est favorable dans la classification des eaux d'irrigation .cet élément réagit avec le sol en déstabilisant la structure,et la croissance des plantes.

D'où la valeur de SAR (sodium absorb ration) enregistrée au mois de mai 2008 est de 6.42meq/l

V-8-10-2-Les anions (les Chlorures et les bicarbonates)

Les teneurs des anions de Chlorures cl et les BicarbonatesHCO₃ sont mentionnées dans le tableau V-13 :

Tableau V-13 : mesure des anions (Chlorures et Bicarbonates) :

Eléments analysés	Chlorures	Bicarbonates
Valeurs en mg/L	342 ,6	427,2

Interprétation :

Concernant les Chlorures, sa teneur est forte dépasse la norme des eaux d'irrigation (140mg/l).au-delà de cette valeur des problèmes de toxicité peuvent être apparaître pour les cultures sensibles.

La teneur élevée en Chlorures au niveau du lac est due surtout au rejet urbain riche en chlorures de sodium utilisé dans les détergents.

N'est pas loin des chlorures, les bicarbonates est tellement fortes qu'elle dépassent les normes requises pour les eaux d'irrigation (66,78mg/l)

V-8-11- les métaux lourds :

Les teneurs moyennes annuelle des métaux lourds au niveau du lac de Réghaia pour les périodes 1987,1994 et 2000 sont présentés dans le tableauV-14:

Tableau V-14 : teneur en Cr, Hg, Cd, Zn, Ni, Pb au sein du lac (1987, 1994 et 2000)

date Elément(μ/l)	1987 *	1994 **	2000	Normes relative au eaux de surface(μ/l)
Chrome (Cr)	-	50	10	50
Mercure (Hg)	1	50	-	-
Cadmium (Cd)	10	30	10	5
Zinc (Zn)	2000	262	120	50
Nickel (Ni)	-	270	-	200

Source : (*ANPE, 1992 ;** dégrément, 1993)

Interprétation

Les concentrations en cadmium, zinc et plomb s'avèrent être supérieures aux normes requises pour les eaux de surface. Ces métaux sont toxiques vis-à-vis de nombreux micro-organismes qui assurent l'épuration des eaux polluées. Ces métaux agissent soit en se fixant sur certains sites enzymatiques qu'ils bloquent, dénaturant certains enzymes, soit en modifiant la perméabilité de la membrane cellulaire.

On note aussi que la présence d'autres substances dans le lac, peut accentuer l'effet de toxicité de ces métaux.

Remarque :

On n'a pas pu obtenir des chiffres récents (en mai 2008) sur les teneurs des métaux lourds dans le lac, vu au manque des moyens et des appareils au niveau de laboratoire de l'ANRH de Blida

Conclusion :

D'après les résultats d'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux du lac de Réghaia, on quantifie les efforts de personnel de la station d'épuration (gérants et ouvriers) qui sont réservés pour le bon fonctionnement de la station, cette dernière a réduit clairement *le taux des éléments polluants organiques et minérales (60% de MES, 30% de DBO₅ et 30% de DCO)*

Les paramètres mesurés montrent l'état acceptable des eaux du lac, et les normes requises des eaux de surface et des eaux d'irrigation sont respectées

On peut conclure que le lac de Réghaia joue un rôle de grand bassin de décantation, ce type lagune d'où le pouvoir d'auto-épuration du lac (réaération et mélange des couches d'eau) a comme conséquences la dilution et l'accélération des réactions chimiques et biochimiques de la dégradation des polluants

CHAPITRE VI

**Etude pédologique des périmètres
irrigués à partir du lac de Réghaia**

V-1-Introduction :

La cartographie des sols permettra d'évaluer, en fonction des caractéristiques des sols des zones d'irrigation, l'aptitude à l'irrigation à partir des eaux du lac de Réghaia et leur compatibilité avec la nature des périmètres retenus et les cultures envisagées.

Ainsi, il s'agira dans ce chapitre de voir dans quelle mesure ces eaux peuvent être utilisées sans contrainte, à court et à moyen terme, afin d'éviter toute altération et contamination des sols, des eaux de la nappe et des cultures irriguées.

V-2-Etude cartographique :

Sur la base d'une étude faite en 2003 [11], une sortie sur terrain a permis de délimiter une zone située à l'amont de la station de pompage, sur une superficie d'environ 400ha, c'est une zone qui est assez représentative sur le plan typologie des sols.

Les documents de base ont servi, pour la délimitation de la zone à étudier, la prospection pédologique et l'établissement des différentes cartes sont :

Les documents de base utilisés sont les suivants :

Fonds topographique 1/25.000 et 1/10.000

Carte géologique au 1/50.000

Des autres sorties sur terrain, aboutissent à la réalisation des 3 profils pédologiques et la description morphologique et le prélèvement d'échantillons à analyser au laboratoire de l'ANRH (Dar El Beidha à Alger)

Chaque profil pédologique comporte les données suivantes :

Date, temps, localisation, coordonnées Lambert, site, topographie, géomorphologie, utilisation du sol, charge de surface, drainage extrême, érosion, microrelief, aptitude culturelle, roche mère et classification du profil.

VI-2-1-Analyses des sols :

Les analyses effectuées au laboratoire de l'ANRH sont : la granulométrie, la matière organique, le pH, la capacité d'échange cationique CEC, le calcaire actif et le calcaire total, la conductivité électrique CE

C'est à partir de ces résultats que des corrélations vont être établies entre les différents paramètres physique, chimique et biologique, pour une appréciation plus juste de niveau de fertilité et des contraintes pour l'aptitude des sols à l'irrigation

VI-2-2-Réalisation de la carte pédologique :

Le traçage des unités pédologiques à été fait sur terrain est confirmé par les résultats analytiques,les critères de classification utilisés sont :

la profondeur,la teneur en calcaire total et actif,l'hydromorphie et l'halomorphie.

VI-2-2-1- Principe de classification des sols :

La classification regroupe les sels ayant les mêmes caractères, en principe, en analysant ces caractères, on peut reconnaître facilement le type de sol.

La classification utilisés est la classification françaises,(CPCS,1967).elle se base sur le degrés de développement des sols,le mode d'altération des matériaux,la composition et la répartition de la matière organique,le pédo-climat pour la classe,la sous classe traduit l'ambiance physico-chimique du sol et les groupes sont définit par les caractères morphologique du profil,différentiation ou non des certains horizons,accumulation de calcaire... etc.

les sous groupes traduisant,en général,les manifestations d'un ou plusieurs processus pédogénétique secondaire comme l'hydromorphie,le vertisme.alors que la famille,série et le type sont définies respectivement par la nature,l'origine des matériaux et par la profondeur du sol.

VI-2-2-2-Critères de classification des sols :

Les critères de classification en vue d'irriguer les sols à partir des eaux de lac de Réghaia et afin d'éviter toute évolution négative des processus pédogenetiques secondaires comme la salure,l'hydromorphie...etc,sur les sols sont les suivants :

a- La texture : elle à une influence directe sur la perméabilité et la teneur en eau utilisable par la plante

b- La profondeur du sol : elle est définit comme l'épaisseur de sol situé au dessus d'une couche limite,qui est imperméable aux racines et à la percolation d'eau.

c- La teneur en carbonates de calcium :la présence du calcaire libre dans le sol n'a pas seulement un effet sur l'arrangement structural mais intervient d'une façon indirecte sur la vitesse d'infiltration de l'eau et sur le processus d'évaporation

d- Drainage du sol : un drainage pauvre ou imparfait est un facteur limitant pour la production normale des plantes , il a un impact direct sur le convenance du sol à l'irrigation à partir des eaux de lac de Réghaia

VI-3-Etude des sols :**VI-3-1-Répartition des sols dans la zone d'étude :**

Les sols rencontrés dans la zone d'étude appartiennent à la classe des sols peu évolués, non climatique, d'apport alluvial, modal et hydromorphe (caractères) et légèrement salé (voir la carte. IV1)

La détermination texturale à partir du triangle caractéristique de chaque unité de sol textural (américain) a révélé la présence de texture grossière, de type sablo limoneuse à sableuse dans les horizons de surface (fig IV.1)

VI-3-2 : caractéristique de chaque unité de sol**VI-3-2-1 sol peu évolué****A/ caractère morphologiques**

Les sols peu évolués ont un profil de type AC, caractérisés par une faible altération du milieu minéral et une faible teneur en matière organique, ils sont développés sur des alluvions anciennes

Il s'agit des sols formés au dépens d'un matériau transporté par l'eau, la matière organique, la plus souvent à évolution rapide s'incorpore profondément. Ils sont affectés de processus d'hydromorphie.

-Groupe : d'apport alluvial

Il est représenté par deux sous groupes

1-Sous groupe : Modal**-sur alluvions anciennes**

Le groupe d'apport alluvial modal développé anciens se rencontre au niveau de la terrasse ancienne de l'oued Réghaia

Description morphologique du profil n°1

-Date.....24-04-2001

-Temps.....ensoleillé

-Localisation.....A 200m d'une maison

-Végétation.....maraîchage (chou-fleur)

-Pente.....1-2° à nord

-Site.....bord de la parcelle.

-Roche mère :.....alluvions anciennes

-Système d'irrigation :.....gravitaire

-Classification :.....sol peu évolué-non climatique modal-sur alluvions anciennes-profond-texture sablo-limoneuse

0-24cm :état sec,couleur :7,5YR 5/7(brun foncé) ,humide :7,5 YR 5/7 (brun foncé) ; texture sablo-limoneuse,pas d'éléments grossiers,structure massive à sous structure polyédrique-prismatique,non collant,non plastique,cohérent,assez compact ;peu poreux (micropores) ;activité biologique faible,(quelques radicelles) ;effervescence à l'HCL nulle ;transition nette.

24-60cm :état sec,couleur :7,5 YR 5/8 (rouge jaunâtre),humide : 7,5 YR 5/8 (rouge jaunâtre), texture limono-sableuse,pas d'éléments grossiers,structure polyédrique moyenne à fine,non collant,cohérent ;peu poreux(micropores) ;activité biologique moyenne (nombreuses radicelles et galeries de ver de terre) ;effervescence à l'HCL nulle ;transition nette.

60-150cm :état sec,couleur 7,5 YR 5/8(rouge jaunâtre), humide 7,5 Y R 5/8 5 (rouge jaunâtre) ; texture limono-sableuse,pas d'éléments grossiers ;structure massive à sous structures prismatico-lamellaire,non collant,non plastique,cohérent,assez compact ;activité biologique nulle,effervescence à l'HCL nulle.

B-caractéristiques physico-chimiques et biologiques

Le sous groupe modal se caractérise par une texture sablo-limoneuse dans l'horizon de surface à limono-sableuse en profondeur.on enregistre la présence de structure massive à sous structure prismatico-lamellaire en profondeur. les résultats analytiques ont donné des valeurs pauvres en azote (<0,97) et un rapport C/N<10 correspondant à un sol minéralisé à faible réserve en matière organique. les horizons de ce sol contiennent un faible pourcentage en calcaire total (1%)

On note par ailleurs,une saturation en ions calcium sur le complexe adsorbant,le pH est faiblement acide à neutre,on relève un taux élevé en phosphore assimilable(d'après les normes INRA ,France) dans l'horizon de surface,supérieure à 600 ppm.la conductivité électrique est inférieure à 5 ms/cm.la capacité d'échange cationique(CEC) est comprise entre 6-10meq/100g de sol,correspondant à un niveau pauvre(d'après les normes INRA,France)

2-sous groupe :hydromorphie

-Sur alluvions anciennes

Le groupe d'apport à caractère hydromorphe se caractérise par des taches d'oxydoréduction, traduisant un milieu réducteur.

Description morphologique du profil n°2/

Date.....24-04-2001

Temps.....ensoleillé

Localisation.....A 20 m d'un brise -vent
Végétation.....maraîchage (carottes)
Pente.....bord de parcelle.
Roche mère.....alluvions anciennes
Système d'irrigation..... gravitaire
Classificationsol peu évolué-non climatique-modal-sur alluvion anciennes-
profond-texture sablo-limoneuse.

0-26 cm :état sec,couleur bariolée :7,5 YR 4/2 et 4/6(brun et très foncé) ;texture sablo limoneuse,pas d'éléments grossiers ;structure polyédrique moyenne à fine,friable,non collant,peu cohérent ;peu poreux (micropores),activité biologique moyenne(radicelles,vers des terre et galeries)effervescence à HCL nulle ;transition nette.

26-48 cm :état sec,couleur :7,5 YR 5/7(brun foncé),humide :idem ;texture sablo-limoneuse,pas d'éléments grossiers ;taches d'oxydoréduction ;structure massive à sous structure polyédrique,peu cohérent,non collant,concrétion ferro-manganiques ;porosité nulle ;activité biologique faible(radicelles) ;transition nette.

48-86 cm :etat frais,couleur :7,5 YR 4/6(brun très foncé) ;texture limono-sableuse nombreuses taches d'oxydo-réduction ;structure massive à sous structure polyédrique,peu cohérent ;effervescence à l'HCL nulle.

B-Caractéristiques physico-chimiques et biologiques

Le sous groupe d'apport alluvial se caractérise par des processus de réduction de fer apparaissent sous forme de taches. Il est profond et possède des textures très grossières en surface à grossière dans les horizons profonds.

L'horizon de surface se caractérise par une activité biologique moyenne,qui diminue en profondeur et une porosité pratiquement nulle.

Les résultats analytiques ont montré que ce sol est pourvu en matière organique fraîche, débris végétaux(C/N>25) dans l'horizon de surface,puis en registre des valeurs de C/N<10 ,correspondant à des horizons minéralisés à faible réserve en matière organique.

Le pH est neutre en surface à fortement acide en profondeur (5,3).la capacité d'échange cationique (CEC) est faible à moyenne, d'où la nécessité d'apport de fumure organique. Alors que la

perméabilité est assez importante, comprise entre 3-6 cm/h. le phosphore assimilable se trouve en quantité appréciable (606 ppm) dans les horizons de surface puis un niveau pauvre en profondeur. Pour l'azote, on enregistre des valeurs inférieures à 0,6% donnant des teneurs pauvres à très pauvres, nécessitant ainsi une fertilisation azotée

Description morphologique du profil n° 3

Date.....24-04-2001

Temps.....ensoleillé

Localisation.....à 300m d'une maison

Végétation.....sol labourée(labour profond,culture précédente choux-fleurs)

Plante.....plate,terrasse ancienne

Site.....centre de parcelle.

Roche mère.....alluvion anciennes

Système d'irrigation :.....gravitaire

Drainage.....mauvais

Eléments grossiers.....nul

Classification :.....brun méditerranéen à caractéristique hydromorphe ou sol peu évolué

0-32cm :état sec,couleur :10YR 5/4 (brun jaunâtre) et état frais 10 YR 4/5 (brun jaunâtre-foncé) ;texture argileux limoneuse ;pas d'éléments grossiers ;structure polyédrique grossier à moyenne,fine à la base de profil poreux ;activité biologique faible ;quelques radicelles ;effervescence à HCL nulle ;transition nette.

32-72 cm :état sec,couleur :7,5 YR 4/6 (brun jaunâtre) ;texture sablo argilo sableuse ;pas d'élément grossiers ;structure massive à sous structure polyédrique à prismatique moyenne à fine ;moyennement collant ;très cohérent ;très compact ;porosité biologique faible (quelques radicelle) ;effervescence nulle ;transition nette.

VI-4-Aptitude des sols à l'irrigation par les eaux du lac :

On peut avancer que les sols,sur la base des observations morphologiques et analytiques,peuvent être irrigués par ces eaux car ils sont profonds,ceci représente une capacité de stockage d'eau élevée,et des textures très grossière à grossière,associés aux apports des matières en suspension permettant une meilleur structuration du sol. On a relevé,des taux faibles en éléments fertilisants N,P,K,d'où la nécessité de l'amendement organique ou les eaux du lac utilisées pouvant apporter une quantité appréciable en ces éléments.

Les analyses des eaux de lac de Réghaia on y montrées que ces derniers contiennent des valeurs assez élevées en ion Sodium mais inférieures à celles des valeurs maximales admises (920 mg/l) F.A.O,1998 ;aussi les bicarbonates sont présents en quantité appréciable 259-534mg/l. pour cela un suivi est nécessaire sur l'évolution des sols,avec un meilleur traitement au niveau de la station(procèdes naturels,complémentaires) pourra atténuer ces concentrations. Ces éléments ont une influence sur le pH du sol.

Aussi des analyses bactériologiques doivent être faites car la pollution bactériologique est un risque sanitaire.

VI-5-L'irrigation par les eaux du lac :

VI-5-1-choix des parcelles et systèmes d'irrigation :

Le choix des parcelles à irriguer par les eaux dépend de la nature des cultures dans la zone d'étude,le système d'irrigation utilisé l'irrigation par rigole,en plus,un entretien sanitaire est indispensable pour les agriculteur,chargés de l'irrigation de ces parcelles(voir la carte.IV.2)

VI-5-2-Mode d'utilisation des eaux du lac :

Une rotation de l'utilisation de ces eaux au niveau des parcelles par les agricultures permettant une meilleure gestion et d'éviter des accumulation trop importants d'éléments chimiques et organiques au niveau du sol qui provoquera,certainement,des processus de dégradation comme le phénomène de colmatage,de blocage d'éléments nutritifs

VI-5-3- Utilisation au niveau de la parcelle :

Le terrain utilisé doit convenir, en principe,pour l'application des eaux résiduaires. des rigoles d'amenée et de distributions doivent être revêtues de tuiles en ciment,recouvert d'un enduit résistant aux acides,ceci a pour but d'éviter des pertes trop importantes par le faible volume d'eau résiduaire et d'empêcher les matières putrescible d'adhérer aux parois rugueuses dans les angles morts de rigoles

VI-6-Conclusion :

L'étude des caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols irrigués à partir des eaux usées du lac de Réghaia a permis d'avancer que peu de problèmes se posent à l'aménagement pour une utilisation sans risque à court et à moyen terme sur le plan des propriétés physiques (infiltration, structure...) et chimiques (voir la carte VI-3)

Cependant, certains éléments comme les bicarbonates et le sodium peuvent s'accumuler dans le sol et changer le pH.

L'irrigation des terres situées à l'amont de la station de pompage, nécessite des précautions car les analyses bactériologiques, n'ont pas été réalisées, pour relever la présence de germes pathogènes, en plus, les cultures pratiquées, essentiellement, le maraîchage favorise la transmission des germes pathogènes

Une rotation de l'utilisation de ces eaux au niveau parcellaire pour éviter le colmatage du sol. le schéma hydraulique prévoit la possibilité d'alimentation de cette zone aussi à partir de Hamiz/Keddara un contrôle rigoureux et permanent de la qualité des eaux épurées de la station par les services concernées en respectant les normes des eaux destinées à l'irrigation

CHAPITRE VII

**Normes optimales pour l'utilisation des
eaux traitées dans le domaine
l'irrigation**

VII-1-Introduction

Pour une utilisation sans risque des eaux du lac de Réghaia , en assurant une durabilité à moyen et à long terme, il est indispensable de connaître la classification et les normes admissibles pour les eaux d'irrigation, en suite ,en projetant nos résultats provenant de l'analyse des eaux du lac vis-à-vis ces normes là, pour sortir en conclusion ,d'une susceptibilité d'utilisation de ces eaux en irrigation ou non !

VII-2- Classification des eaux pour l'irrigation :

VII-2-1-Classification mondiale (F.A.O) :

La classification donnée en fonction de la concentration des sels

- 1 g/l bonne irrigation
- 1 – 3 g/l faiblement salée
- 3 – 5 g/l moyennement salée
- 5 – 10 g/l fortement salée
- > 10 g/l extrêmement salée

VII-2-2-Classification Russe :

Elle distingue trois classes qui sont basées sur la concentration des sels

- 0.2-0.5g/l l'eau est de meilleure qualité
- 1.0-2.0g/ l'eau comportant des risques de salinité
- 3.0-7.0g/l l'eau ne peut être utilisée pour l'irrigation qu'avec
Un lessivage et un drainage

VII-2-3-Classification Américaine :

La classification est basée sur deux paramètres C.E à 25°C et S.A.R

*** Pour la conductivité électrique C.E.**

- C1 : C.E<0,250 mmhos/cm (<0.2g/l): l'eau à faible salinité, elle ne posera aucun problème sur la plus part des sols et des cultures.
- C2 : 0,250<C.E<0,75 mmhos/cm (0.2-0.5g/l): l'eau à salinité moyenne
- C3 : 0,750<C.E<2,250 mmhos/cm (0.5-1.5g/l): l'eau à forte salinité, et dit inutilisable sur un sol faiblement drainé, elle n'est autorisée que sur un sol bien drainée et sur des cultures tolérantes

- C4 : $2,250 < C.E < 5.00$ mmhos/cm (1.5-3g/l): l'eau à très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales ; elle n'est autorisée que si on pratique un lessivage intense et sur des cultures très tolérantes.

- C5 : $C.E > 5.0$ mmhos/cm ($> 3g/l$): l'eau est inutilisable sauf sur sable drainé et pour les palmiers et dattiers.

*** Pour coefficient d'adsorption du sodium S.A.R**

S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad \text{avec}$$

Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en meq / l

Elle distingue quatre classes:

- S1 - $S.A.R < 10$:L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

- S2 - $10 < S.A.R < 18$:Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol .ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau .

- S3 - $18 < S.A.R < 26$:Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques .S'il y a une forte quantité de gypse dans le sol, il peut ne pas surgir de difficultés pendant quelques temps. S'il n'y a pas de gypse, il faut ajouter un amendement chimique exerçant le même effet.

- S4 - $S.A.R > 26$:Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité moyen ou faible, lorsque l'usage de gypse ou amendements analogues permettent l'utilisation.

Détermination du S.A.R

$$S.A.R = \frac{62.3}{\sqrt{\frac{137.9 + 50.04}{2}}} = 6.42 \text{ meq/l}$$

VII-3-Interprétation des résultats d'analyses faites sur les eaux du lac:

D'après les résultats qu'on a, on peut dire que :

a-Notre eau qui a une C.E = 0.22 mmhos / cm fait partie de la classe C1,. L'eau à faible salinité, elle ne pose pas aucun problème au sol et aux cultures

b-Notre eau a un S.A.R = 6.42; c'est-à-dire appartient à la classe S1.ce sont des eaux faiblement alcalines et peuvent être utilisées du point de vue alcalin pour tous les sols avec peu de danger de donner un taux de Na échangeable qui est nocif pour les sols et pour les plantes. Pour la toxicité le problème peut être posé dans le futur par l'accumulation des éléments toxiques.

VII-4- analyse comparative des eaux du lac, et les normes admissible pour l'irrigation :

Tableau VII-1 : comparaison de la qualité des eaux du lac de Réghaia vis-à-vis les normes des eaux d'irrigation

Paramètres	Valeur mesurée	Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation
pH	8.16	*6.5 à 8.5
Con (ms/cm)	2.19	*<3
MES	19	*<70
DCO	84.3	*<40
DBO5	9.9	*<10
NO3	24	*<50
NO2	0.67	*<1
NH4	7.71	*<2
HCO3	427.2	**500
Cl	342.6	**1065
Ca	137.9	**400
Na	62.3	**920
Mg	50.04	**60.75

***O.M.S ;**F.A.O**

VII-5-Conclusion :

D'après les annexes et les classifications qu'on a vu, on constate que l'eau du lac de Réghaia est une eau de qualité supportable, qui ne présente aucun danger ni au sol et ni aux cultures. Et la plupart des paramètres qu'ils y expriment, respectent les normes des eaux d'irrigation

CONCLUSION GENERALE

L'objectif primordial de cette étude est le diagnostic de la qualité de l'eau du lac de Reghaia vis à vis l'irrigation, ainsi que sa importance dans l'équilibre de l'écosystème de milieu, en préservant la nappe et l'environnement

Les résultats analytiques ont montré que les eaux du lac ont des caractéristiques favorables en respectant les normes de la réutilisation des eaux usées dans le domaine d'irrigation, après les avoir stockées ou préalable dans des bassins, et présentent aussi, des avantages d'amélioration sur le plan chimique et biologique du milieu

En signale aussi, les efforts déployés au niveau de la station d'épuration implantée à l'amant, qui présente un bon rendement pour atténuer le taux de pollution rejetant dans le lac, en attendant bientôt, une meilleure efficacité avec la réalisation des ouvrages de traitement biologique qui aura lieu l'année prochaine

Enfin, On préconisera de suivre régulièrement la qualité de l'eau, dans ce cadre, il serait préférable de mettre en œuvre tout un programme de recherche sur la gestion, l'utilisation des eaux, et la préservation du milieu en terme de développement durable

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

- **Ouvrages :**

[1] –V.LAZAROVA (2000)-Rôle de la réutilisation des eaux usées pour la gestion intégrée des ressources, coûts, bénéfices et défis technologiques dans l'eau, industrie, les nuisances, décembre n° 227, pp 47-57

[10] TIERCELIN J.R-traité d'irrigation

[8] MAAIT DJAMEL EDDINE : La réutilisation des eaux usées en irrigation" 1997

- **documents :**

[3]- KOLIAI.D 2007/2008 : Cours de la réutilisation des eaux usées épurées 5^{ème} Année

[4] BULLETIN DE FAO 2003 : qualité des eaux d'irrigation, FAO.Rome.

[5] BULLETIN DE FAO N°36,1993 :l'irrigation localisée, calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement, FAO.Rome ;

[6]-BELBIA GHALI, (1996) : réutilisation des veaux usées épurées à des fins agricoles une dimension importante pour l'économie de l'eau. thèse ingénieur,ENSH Blida, p85.

[7]-ECOSSE D. (2001) - Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens.

[9] Boumédine HADJ KADDOUR (Hydrogéologue) :

Diagnostic physique et hydrologique de la réserve naturelle du Lac de Réghaia, ALGERIE (Rapport Final, Novembre 2005)

[11] MESSAOUD-NACER SAMIRA 2003: suivi de la qualité des eaux et des sols dans le cadre du développement durable de la région de Réghaia. La thèse de Magistère, l'INA EL-Harrach alger

- 12-Mutin,2000** : L'eau dans le monde , enjeu et conflit.
- 13-Branti, 1999** : La mise en valeur des ressources en eaux en Algérie.
- 14- Boukhalfa, 1991** : Contribution à la connaissance de l'intérêt ornithologie des oiseaux.
.d'eau et écologique.
- 15-ONM, 2005** : Office national de la météo.
- 16-Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment, 1971.**
- 17-DGF, 2002** : Plan national d'eau .
- 18- Sellali 1995** : Influence des rejets industriels et urbains.
- 19- DHW de boumerdes** : direction de l'hydraulique de la wilaya.
- 20-EGZB** : Entreprise de gestion des zones industriels.
- 21- mfe1999 dergal** : Contribution a l'étude de végétation du lac.
- 23- Degrement 1993** : Etude des traitabilité des effluents de la wilaya de BOUMERDES.
- 24- Rodier, 1978** : Analyse de l'eau (eau résiduaire, eau de mer).
- 25- Mc. DONALD ,1997** : Etude de l'aménagement hydro agricole de la Métidja.

ANNEXES

Annexe n°1 :Caractéristiques des eaux de rejet de quelques entreprises polluantes :

Société	Station d'épuration	Type d'activité	Caractéristiques des eaux de rejet
ANABIB* (Gros tube)	Non	Fabrication de tube soudé	pH=10.2 ; MES=117.7mg/l ;SO4=175.2mg/l ;Cl=504.4mg/l ;Fe=400.6mg/l
BATIMETAL*	Nom	Fabrication de gaz liquide (oxygène, azote)	Indeterminée.mg/l (eaux de piégeage chargée de soufre,eaux de refroidissement chargées d'organophosphorés et d'organosoufrés
SNVI-CVI*	-	Fabrication des véhicules industriels	DCO=570mg/l à 773mg/l,DBO5=112 à 187mg/l ;MES=98mg/l ;Zn=3.8-4.8mg/l Quantité des déchets solides :7201m/j.
ENAD*	Non	Fabrication des détergents	Eaux de lavage des filtres de détergents,des équipement huiles des vidange,eaux usées domestiques et de refroidissement.
EMAL*	Nom	Fabrication des boissons gazeuses	T=29C° ; pH=11 ;MES=45.5mg/l ;DCO=635.4mg/l ;DBO5=265.8mg/l
IMC**	-	Fabrication d'équipement medico-chirurgical	-
FRUITAL**	-	Fabrication de coca-cola	-
COSIDER***	-	Travaux de génie civil	-
ENPMA***	-	Matériel agricole	-
ENROS***	-	Ouvrages souterrains	-

Sources : DHWB ,1993.EGZB ,2001

Entreprise polluantes,moyennement polluantes,***peu ou pas polluantes**

**Annexe n°2 : Les normes des rejets des eaux usées à la sortie de la la station
d'épuration :**

paramètres	Unités	Valeurs maximales
Température	C°	30
Conductivité	Ms/cm	
pH		5,2 à 8,5
MES	Mg/l	30
DBO5	Mg/l	40
DCO	Mg/l	120
Azote kjeldah	Mg/l	
Phosphore	Mg /l	02
Chrome	Mg/l	2
Zinc	Mg/l	5
Plomb	Mg/l	1
Fer	Mg/l	5
Huiles et graisses	Mg/l	20
Hydrocarbures	Mg/l	20
détergents	Mg/l	2

Source :OMS

**Annexe n°3 : valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de
déversement industriels :**

Paramètres	Valeurs maximales
Temp (C°)	30
pH	5,5 à 8,5
Cond (µs/cm)	-
MES (mg/l)	30
O2 dissous (mg/l)	-
DBO5 (mg/l)	20
DCO (mg/l)	40-80
MES (mg/l)	30
NO2 (mg/l)	1
NO3 (mg/l)	1
NH4 (mg/l)	1
N total (Kjeldah)	15
PO4 (mg/l)	1
Fe (mg/l)	5
Mn (mg/l)	1
Cu (mg/l)	3
Zn (mg/l)	5
Cr3+ (mg/l)	0,1
Cr6+ (mg/l)	5
Pb (mg/l)	1
Ni (mg/l)	5
Huiles et graisses (mg/l)	20
Phénols (mg/l)	0,5
Détergents (mg/l)	10
Hydrocarbures (mg/l)	20

Source :ANRH Blida

Annexe n°4: les teneurs de certains éléments traces métalliques vis-à-vis le sol et les eaux d'irrigation

Paramètres	Normes	
	Sol	Eaux d'irrigation
Nickel (Ni)	10-50 ppm	0.2 mg/l
Chrome (Cr)	100 ppm	0.1 mg/l
Plomb (Pb)	300 ppm	0.05 mg/l
Cadmium (Cd)	0.1-3 ppm	0.01 mg/l
Zinc (Zn)	300 ppm	2 mg/l

Source l'OMS 1993

Annexe n°5 : principe d'analyses et modes de conservation d'échantillons

paramètres	conservation	Temps max conservation	principe
Température	-	Mesure sur place	thermométrie
Conductivité	-	24	conductimètre
pH	-	6 heures	électrochimique
Oxygène dissous	-	Mesure sur place	Wincler
MES	-	24 heures	Centrifugation
DBO5	2 à 5 obscurité	24 heures	Dilution
DCO	2 à 5 obscurité	5 jours	Oxydation (dichromate)
Azote ammoniacal	2 à 5 obscurité	6 à 24 heures	Spectrophotomètre (bleu d'indophénol)
Nitrites	2 à 5 obscurité	24 heures	Spectrophotométrie
nitrate	2 à 5 obscurité	1 mois	Colorimétrie
Phosphore	2 à 5 obscurité	1 mois	Spectrophotométrie
Calcium	2 à 5 obscurité	1 mois	Titrimétrie (par EDTA)
Sodium	2 à 5 obscurité	1 mois	Photométrie de flamme
Magnésium	2 à 5 obscurité	1 mois	Spectrométrie
Chlorure	2 à 5 obscurité	1 mois	Nitrate d'argent
Bicarbonate	2 à 5 obscurité	1 mois	
Zinc	pH < 2	1 mois	Spectrométrie absorption atomique (flamme)
Plomb	pH < 2	1 mois	Spectrométrie absorption atomique (flamme)
cadmium	pH < 2	1 mois	Spectrométrie absorption atomique (flamme)

Paramètres	1-A	1-B	2	3
------------	-----	-----	---	---

Cond (µs/cm à 20°C)	<=400	400-750	750-1500	1500-3000
Temp (°C)	<=20	20-22	22-25	25-30
pH	6.5-8.5	6.5-8.05	6-9	5.5-9.5
MES (mg/l)	<=30	30	30	30-70
O2	>7	5-7	3-5	Mil.aérobie à maintenir permanent
DBO5	<=3	3-5	5-10	10-25
DCO	<=20	20-25	25-40	40-80
NH4	<=0.1	0.1-0.5	0.5-2	2-8
NO3	-		<44	44-100
N total (kjeldah)	<=1	1-2	2-3	-
Fe	<=0.5	0.5-1	1-1.5	-
Mn	<=0.1	0.1-0.25	0.25-0.5	>1.7
Cu	<=0.02	0.02-0.05	0.05-1	>1
Zn	<=0.05	0.5-0.1	1-5	>5
as	<=0.01	<=0.01	0.01-0.05	>0.01-0.05
Cd	<=0.001	<=0.001	<=0.001	>0.01
Cr	<=0.054	<=0.05	<=0.05	>0.05
Cn	<=0.05	<=0.05	<=0.05	>0.05
Pb	<=0.05	<=0.05	<=0.05	>0.05
Se	<=0.01	<=0.01	<=0.01	>0.01
Hg	<=0.0005	<=0.01	<=0.0005	0.0005
Phénol	<=0.2	<=0.001	<=0.001-0.05	>0.05-0.5
Détergents	<=0.2	<=0.2	<=0.5-1	0.1
Coliformes(num.100ml)	≤50	50 à 5000	5000 à 50000	
Esch.coli	≤20	20 à 2000	2000 à 20000	
Strep.fec	<20	20 à 1000	1000 à 10000	

Annexe n°6 : Concentration maximale admissible dans chaque classe de qualité

Source :MFE (1983)

Classe 1A : eaux considérées comme exemptes de pollution, aptes à satisfaire les usages les plus exigeants en qualité

Classe 1B : d'une qualité légèrement moindre, ces eaux peuvent néanmoins satisfaire à tous les usages.

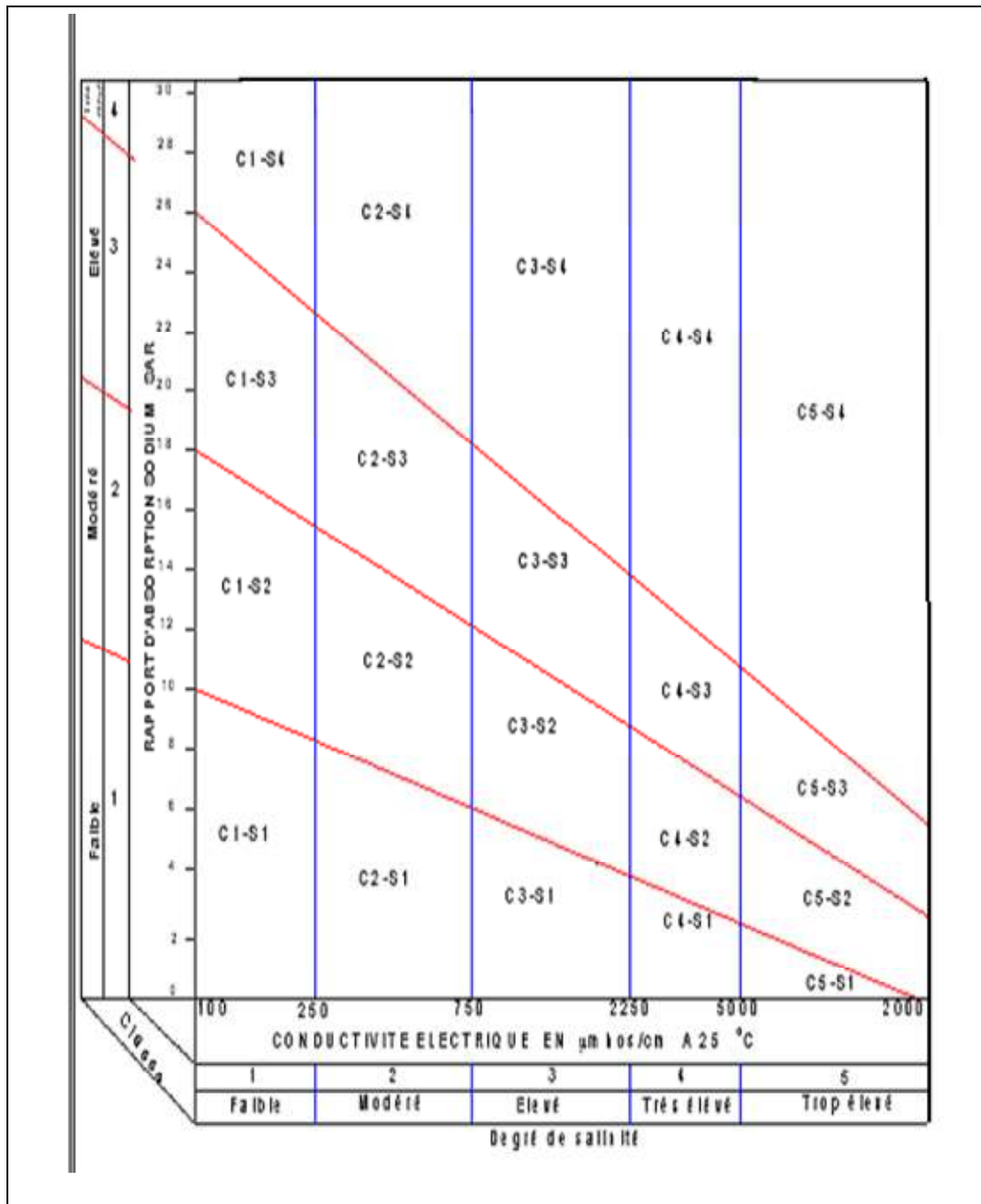
Classe 2 : il s'agit d'eaux dites de qualité passable ; suffisante pour l'irrigation, les usages industriels et la production des eaux potables après traitement poussé. Le poisson y vit normalement mais sa production peut être aléatoire.

Classe 3 : qualité médiocre : juste apte à l'irrigation, piscicole peut subsister dans ces eaux, mais cela est aléatoire en période de faibles débits ou de fortes températures, par exemple

Annexe n°7 : comparaison de la qualité des eaux du lac de Réghaia vis-à-vis les normes des eaux D'irrigation (tableau recapulatif des paramètres mesurés au laboratoire)

Paramètres	Valeur mesurée	Normes extrême limité aux eaux d'irrigation
pH	8.16	*6.5 à 8.5
Con (ms/cm)	2.19	*<3
MES	19	*<70
DCO	84.3	*<40
DBO5	9.9	*<10
NO3	24	*<50
NO2	0.67	*<1
NH4	7.71	*<2
HCO3	427.2	**500
Cl	342.6	**1065
Ca	137.9	**400
Na	62.3	**920
Mg	50.04	**60.75

***O.M.S ;**F.A.O**



ANNEXE 01 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation