

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



Ecole Nationale Supérieure Agronomique

Thèse

Présentée pour l'obtention du titre de

Magister en sciences agronomiques, El Harrach- Alger

Spécialité : Génie rural

Option : Hydraulique Agricole

**Evaluation du fonctionnement de trois stations d'épuration à boues
activées de la wilaya de Boumerdes dans le cadre d'une gestion
intégrée des ressources en eau**

Présentée par :

AMIRI Khaled

Membres du jury

M. MOUHOUCHE Brahim :

Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique

Président

M. HARTANI Tarik :

Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique

Directeur de thèse

M. CHABACA Med Naçer:

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique

Examineur

M. MERABET Bachir:

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique

Examineur

Année 2011 /2012

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

A mes chers parents, en témoignage de ma fidèle affection et de ma reconnaissance pour leur amour, leurs sacrifices et leurs encouragements

A mes frères et sœurs, à ma grand-mère et à toute la famille en reconnaissance de leur encouragement, de leur aide et de leur patience au cours de mes longues années d'étude.

A mes collègues de l'ENSA: Ismail, Mokrane, Tarik, Amina, Linda, Nour ElHouda, et Sabrina.

A mes amis: Nabil, Abbas, Mustapha, Mohamed et tous les gens qui me connaissent.

Plus particulièrement à ma fiancée Amel et sa petite famille pour leur amour, leur encouragement.

Sans oublier les enseignants et les étudiants du département de génie rural pour leur aide, disponibilité et précieux conseils.

En un mot, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.

Je vous dédie ce travail

AMIRI Khaled



Remerciements

Je remercie en premier lieu **Mr HARTANI Tarik**, professeur à l'école nationale supérieure agronomique (ENSA, Ex-INA d'Alger), qui m'a encadré tout au long de ma thèse. Je suis entièrement reconnaissant des compétences, des bons conseils, des encouragements qu'il m'a transmis pendant mon travail. Plus particulièrement je le remercie pour son omniprésence durant ma thèse, sa patience, sa gentillesse, son aide précieuse et son écoute permanente.

J'assure ma profonde gratitude à Monsieur **MOUHOUCHE Brahim**, professeur à L'ENSA d'Alger, pour l'honneur qu'il m'a fait de présider le jury.

Mes remerciements vont également à Monsieur **CHABACA Med Naçer** maître de conférences à l'école nationale supérieure agronomique (ENSA d'Alger), pour l'intérêt porté à ce travail en acceptant de participer au jury en tant que examinateur.

Je suis sensible à l'honneur que m'a fait Monsieur **MERABET Bachir**, maître de conférences à l'école nationale supérieure agronomique (ENSA d'Alger), d'avoir accepté de juger ce travail.

Merci à l'ensemble des personnes présentes à la station d'épuration des eaux usées de Boumerdes pour m'avoir offert les données nécessaires à ce travail.

Je tiens également à remercier l'ensemble des personnes présentes à la direction des services agricoles (DSA) ainsi à la direction de l'hydraulique de la wilaya de Boumerdes (DHW) pour leur aide précieuse.

Mes remerciements les plus sincères à tous le corps enseignant et travailleurs du département de Génie Rural de l'ENSA d'Alger, trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour les efforts qu'ils ont déployés constamment afin de donner à cette formation.

Je remercie mes amis et collègues de l'école nationale supérieure agronomique pour l'ambiance conviviale qu'ils ont contribué à entretenir, les bons moments passés en leur compagnie ainsi que leur sympathie

Et enfin, je tiens à remercier tous les amis qui m'ont aidé et encouragé pour réaliser cette thèse, je cite spécialement M. KADIR Mokrane.

MERCI A TOUS, TRES SINCEREMENT

KHALED



Liste des figures

Fig 01 : Schéma d'un bassin versant.....	14
Fig 02 : Cycle de gestion intégrée de l'eau par bassin versant.....	16
Fig 03 : Un bassin versant et les multiples usages de l'eau.....	18
Fig 04 : Intégration intersectorielle : la place de la GIRE.....	20
Fig 05 : Composition d'une eau usée domestique.....	23
Fig 06 : Représentation schématique de la station de relevage.....	32
Fig 07 : Schéma de principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constitué de trois bassins	40
Fig 08 : Principe de fonctionnement du lagunage à macrophytes.....	41
Fig 09 : Situation géographique de la wilaya de Boumerdes.....	44
Fig 10 : Pluviométrie interannuelle des dix dernières années de la wilaya de Boumerdes....	45
Fig 11 : Situation géographique de la commune de Boumerdes.....	47
Fig 12 : Réseau hydrographique de la commune de Boumerdes.....	48
Fig 13 : Situation géographique de la commune de Zemmouri.....	53
Fig 14 : Réseau hydrographique de la commune de Zemmouri	54
Fig 15 : Situation géographique de la commune de Thénia.....	59
Fig 16 : Réseau hydrographique de la commune de Thénia	60
Fig 17 : Représentation de la STEP de Boumerdes, Juillet 2009.....	66
Fig 18 : Schéma représentant le système d'assainissement de la commune de Boumerdes...	69
Fig 19 : Représentation de la STEP de Zemmouri.....	70
Fig 20 : Schéma représentant le système d'assainissement de la commune de Zemmouri....	73
Fig 21 : Représentation de la STEP de Thénia.....	74
Fig 22 : Schéma représentant le système d'assainissement de la commune de Thénia.....	77
Fig 23 : Représentation de l'ouvrage de l'arrivée de l'eau de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.....	78
Fig 24 : Représentation du Dégrilleur de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010...	78
Fig 25 : Représentation du Dessableur de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010...	79
Fig 26 : Représentation du Dégraisseur de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010..	79
Fig 27 : Représentation du Bassin d'aération de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.....	80
Fig 28 : Représentation de l'Aération dans un bassin biologique de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.....	80
Fig 29 : Représentation du Décanteur secondaire-clarificateur de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.....	80
Fig 30 : Représentation des ouvrages de désinfection de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.....	81

Fig 31 : Schéma représente les différents ouvrages de la STEP de Boumerdes.....	82
Fig 32: Localisation des trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes.....	85
Fig 33: Evolution du pH dans le temps des trois stations en 2008.....	86
Fig 34: Evolution du pH dans le temps des trois stations en 2009.....	86
Fig 35: Evolution du pH dans le temps des trois stations en 2010.....	87
Fig 36: Evolution de la température dans le temps des trois stations en 2008.....	88
Fig 37: Evolution de la température dans le temps des trois stations en 2009.....	88
Fig 38: Evolution de la température dans le temps des trois stations en 2010.....	88
Fig 39: Evolution de la MES dans le temps des trois stations en 2008.....	90
Fig 40: Evolution de la MES dans le temps des trois stations en 2009.....	90
Fig 41: Evolution de la MES dans le temps des trois stations en 2010.....	90
Fig 42: Evolution de la conductivité électrique dans le temps des trois stations en 2010.....	91
Fig 43: Evolution de la DBO ₅ dans le temps des trois stations en 2008.....	92
Fig 44: Evolution de la DBO ₅ dans le temps des trois stations en 2009.....	93
Fig 45: Evolution de la DBO ₅ dans le temps des trois stations en 2010.....	93
Fig 46: Evolution de la DCO dans le temps des trois stations en 2008.....	94
Fig 47: Evolution de la DCO dans le temps des trois stations en 2009.....	94
Fig 48: Evolution de la DCO dans le temps des trois stations en 2010.....	94
Fig 49: Evolution de la NO ₃ ⁻ dans le temps des trois stations en 2008.....	95
Fig 50: Evolution de la NO ₃ ⁻ dans le temps des trois stations en 2009.....	96
Fig 51: Evolution de la NO ₃ ⁻ dans le temps des trois stations en 2010.....	96
Fig 52: Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2008.....	101
Fig 53: Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2009.....	101
Fig 54 : Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2010.....	102
Fig 55: Projection des variables sur les trois plans factoriels de 2008-2009-2010.....	102
Fig 56: Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2008.....	106
Fig 57: Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2009.....	106
Fig 58: Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2010.....	107
Fig 59: Projection des variables sur les trois plans factoriels de 2008-2009-2010.....	107
Fig 60: Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2008.....	111
Fig 61: Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2009.....	112
Fig 62: Projection des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2010.....	112
Fig 63: Projection des variables sur les trois plans factoriels de 2008-2009-2010.....	112
Fig 64: Projection des individus dans l'espace des axes (F1, F2).....	114

Liste des tableaux

Tableau 01: Les treize points de changement de la GIRE.....	11
Tableau 02: Quelques caractéristiques de la Population	46
Tableau 03: Potentiel hydrique de la wilaya de Boumerdes.....	46
Tableau 04: Potentiel hydrique global dans la commune de Boumerdes.....	49
Tableau 05: Potentiel en sol de la commune de Boumerdes.....	49
Tableau 06: Répartition de la population par dispersion en 2008.....	50
Tableau 07: Evolution de la population 1977-2008.....	50
Tableau 08: La répartition de la population occupée par branches d'activités (2003).....	51
Tableau 09: Superficie irriguée par types de cultures et systèmes d'irrigation.....	52
Tableau 10: Superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage...	52
Tableau 11: Potentiel hydrique global dans la commune de Zemmouri.....	55
Tableau 12: Potentiel en sol de la commune de Zemmouri.....	56
Tableau 13: Répartition de la population par dispersion en 2008.....	56
Tableau 14: Evolution de la population 1987-2008.....	56
Tableau 15: Superficie irriguée par types de cultures et systèmes d'irrigation.....	58
Tableau 16: Superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage...	58
Tableau 17: Potentiel hydrique global dans la commune de Thénia.....	61
Tableau 18: Potentiel en sol de la commune de Thénia.....	61
Tableau 19: Répartition de la population par dispersion en 2008.....	62
Tableau 20: Evolution de la population 1977-2008.....	62
Tableau 21: Superficie irriguée par types de cultures et systèmes d'irrigation.....	64
Tableau 22: Superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage...	64
Tableau 23: Données techniques de base ayant servi au dimensionnement de la STEP de Boumerdes.....	66
Tableau 24: Caractéristiques techniques des ouvrages de la STEP de Boumerdes.....	67
Tableau 25: Paramètres de pollution de conception de la STEP de Boumerdes.....	67
Tableau 26: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en entrée de station d'épuration de Boumerdes.....	68
Tableau 27: Relations entre les paramètres de pollution en entrée de station de Boumerdes	68
Tableau 28: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en sortie de station d'épuration de Boumerdes.....	68
Tableau 29: Caractéristiques techniques des stations de relevage de la STEP de Boumerdes.....	69
Tableau 30: Données techniques de base ayant servi au dimensionnement de la STEP de Zemmouri.....	70
Tableau 31: Caractéristiques techniques des ouvrages de la STEP de Zemmouri.....	71

Tableau 32: Paramètres de pollution de conception de la Station d'épuration de Zemmouri	71
Tableau 33: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en entrée de station d'épuration de Zemmouri.....	72
Tableau 34: Relations entre les paramètres de pollution en entrée de station de Zemmouri..	72
Tableau 35: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en sortie de station d'épuration de Zemmouri.....	72
Tableau 36: Caractéristiques techniques des stations de relevage de la STEP de Zemmouri	73
Tableau 37: Données techniques de base ayant servi au dimensionnement de la STEP de Thénia.....	74
Tableau 38: Caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Thénia...	75
Tableau 39: Paramètres de pollution de conception de la Station d'épuration de Thénia.....	75
Tableau 40: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en entrée de station d'épuration de Thénia.....	76
Tableau 41: Relations entre les paramètres de pollution en entrée de station de Thénia.....	76
Tableau 42: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en sortie de station d'épuration de Thénia.....	76
Tableau 43: Caractéristiques techniques des stations de relevage de la STEP de Thénia.....	77
Tableau 44: Variation du <i>ph</i> sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes...	86
Tableau 45 : Variation de la <i>température</i> sur les trois STEP de la wilaya de Boumerdes....	87
Tableau 46: Variation de la <i>MES</i> sur les trois STEP de la wilaya de Boumerdes.....	89
Tableau 47 : Variation de la <i>conductivité électrique</i> sur les trois STEP de la wilaya de Boumerdes.....	91
Tableau 48 : Variation de la <i>DBO₅</i> sur les trois STEP de la wilaya de Boumerdes.....	92
Tableau 49 : Variation de la <i>DCO</i> sur les trois STEP de la wilaya de Boumerdes.....	93
Tableau 50 : Variation de la <i>NO₃⁻</i> sur les trois STEP de la wilaya de Boumerdes.....	95
Tableau 51: Moyenne et écart-type des données.....	98
Tableau 52 : Matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques.....	99
Tableau 53: les valeurs propres et pourcentage de variance des axes principaux.....	100
Tableau 54 : Moyenne et écart-type des données.....	103
Tableau 55: Matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques.....	104
Tableau 56: les valeurs propres et pourcentage de variance des axes principaux	105
Tableau 57: Moyenne et écart-type des données.....	109
Tableau 58: Matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques.....	109
Tableau 59: les valeurs propres et pourcentage de variance des axes principaux	110

Liste des abréviations

ABH : Agence du bassin hydrographique
ACL : Agglomération chef lieu
ACP : Analyse en Composantes Principales
AS : Agglomération secondaire
CO₂: dioxyde de carbone
ClO₂: Bioxyde de chlore
DBO₅ : Demande biochimique en oxygène
DCO : Demande chimique en oxygène
DHW : Direction de l'hydraulique de la wilaya.
DSA : Direction des services agricoles
GIRE : Gestion intégrée des ressources en eau
GWP: Global water partnership
MBR: Système membranaire
MES : Matières en suspension
MO : Matières organiques
MOC : Ménages ordinaires et collectifs
MVS : Matières volatiles sèches
N₂: Diazote
NH₄⁺: Azote ammoniacal
NO₃⁻ : Azote nitrique
NO₂⁻: Azote nitreux
O₂ : Oxygène
OMS : Organisation mondiale de la santé
ONA : Office nationale d'assainissement
pH : Potentiel d'hydrogène
PO₄⁻ : Phosphates
RGPH : Recensement général de la population et de l'habitat
SAU : Superficie agricole utile
SAT : Superficie agricole totale
SR : Station de relevage
STEP : Station d'épuration
ZE : Zone éparses

Sommaire

Introduction générale	01
Partie 1 : Bibliographie	
Chapitre I : Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)	
I.1. Introduction.....	04
I.2. Généralité sur la gestion intégrée des ressources en eau.....	04
I.2.1. Notion d'intégration.....	04
I.2.2. Objectif de la gestion intégrée des ressources en eau.....	05
I.2.3. Principe de la gestion intégrée des ressources en eau.....	05
I.2.4. La mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau.....	07
I.2.4.1. Cadre social et institutionnel : Participation et décentralisation.....	08
I.2.4.2. Cadre politique et juridique.....	09
I.2.5. Principales caractéristiques de la gestion intégrée des ressources en eau.....	09
I.2.6. Domaine principaux de changement de la gestion intégrée des ressources en eau...	11
I.2.7. Les principaux enjeux de la gestion intégrée des ressources en eau.....	12
I.2.8. Le cycle de l'eau de consommation domestique et la GIRE	12
I.3. Gestion intégrée des ressources en eau par bassin versant.....	14
I.3.1. Bassins versants et réseau hydrographique.....	14
I.3.2. Gestion intégrée de l'eau par bassin versant.....	14
I.3.3. Objectifs de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant.....	16
I.3.4. Les acteurs de l'eau et facteurs de succès de la GIRE par bassin versant.....	17
I.3.5. Caractéristiques de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant.....	19
I.3.6. La place de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant dans le secteur de l'approvisionnement de l'eau et l'assainissement.....	19
I.4. Conclusion.....	20
Chapitre II : Généralités sur les eaux usées	
II.1. Introduction.....	21
II.2. Eaux usées et leurs origines	21
II.2.1. Les rejets domestiques	22
II.2.2. Les eaux industrielles.....	23
II.2.3. Les eaux agricoles.....	23
II.2.4. Les eaux de ruissellement	23
II.3. La pollution des eaux	24
II.3.1. Les paramètres physiques	24
II.3.1.1. Le potentiel d'hydrogène	24
II.3.1.2. La température.....	24
II.3.1.3. Les particules en suspension présentes	25
II.3.1.4. Les matières sédimentables	25

II.3.1.5. La conductivité.....	26
II.3.1.6. La couleur et l'odeur.....	26
II.3.1.7. La turbidité.....	26
II.3.2. Les paramètres chimiques.....	26
II.3.2.1. Demande en oxygène	26
1. Demande biologique en oxygène	26
2. Demande chimique en oxygène	27
II.3.2.2. Nutriments	27
1. L'azote.....	27
2. Le phosphore.....	28
II.3.2.3. Les produits toxiques ou dangereux.....	28
1. Les métaux lourds.....	28
II.3.3. Les paramètres biologiques.....	29
II.3.3.1. Les virus.....	29
II.3.3.2. Les bactéries.....	29
II.3.3.3. Les protozoaires.....	29
II.3.3.4. Les helminthes.....	30
II.4. L'équivalent habitant.....	30
II.5. Conclusion.....	30

Chapitre III : Traitements des eaux usées

III.1. Introduction.....	31
III.2. Traitement des eaux usées dans la station d'épuration.....	31
III.3. Implantation de la station d'épuration.....	31
III.4. Alimentation de la station d'épuration en eau usée (poste de relevage).....	32
III.5. Technique de traitement des eaux usées.....	33
III.5.1. Technique intensive classique.....	33
III.5.1.1. Boues activées.....	33
1. Procédés de traitement des eaux usées dans une station d'épurations	33
1.1. Prétraitement.....	33
1.1.1. Dégrillage.....	34
1.1.2. Dessablage.....	34
1.1.3. Déshuilage-dégraissage.....	34
1.2. Traitement primaire.....	34
1.3. Traitement secondaire (Traitement biologique)	35
1.4. Traitement tertiaire.....	36
1.4.1. Réduction des matières en suspension et de la pollution organique biodégradable.....	36
1.4.2. Réduction de la pollution organique non biodégradable.....	36
1.4.3. Réduction de la pollution phosphorée : la déphosphatation.....	36

1.4.4. Elimination des germes pathogènes : la désinfection.....	37
1.5. Traitement des boues.....	37
III.5.1.2. Lit bactérien.....	37
III.5.1.3. Disque biologique.....	38
III.5.2. Technique extensive.....	38
III.5.2.1. Infiltration-percolation.....	38
III.5.2.2. Milieu humide artificiel.....	39
III.5.2.3. Technique lagunaire.....	39
1. Lagunage naturel.....	40
2. Lagunage à macrophytes.....	40
3. Lagunage aéré.....	41
III.6. Réutilisation des eaux usées épurées.....	42
III.7. Conclusion.....	43

Partie 2 : Matériel et méthodes

Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude

IV.1. Introduction.....	44
IV.2. Présentation de la wilaya de Boumerdes.....	44
IV.2.1. Situation géographique.....	44
IV.2.2. Climat.....	45
IV.2.3. Relief.....	45
IV.2.4. Population.....	45
IV.2.5. Ressources en eau de la wilaya de Boumerdes.....	46
IV.2.6. Potentiel en sol de la wilaya de Boumerdes.....	46
IV.3. Présentation de la commune de Boumerdes	47
IV.3.1. Cadre naturel.....	47
IV.3.1.1. Situation et limites géographiques.....	47
IV.3.1.2. Hydrographie.....	47
IV.3.1.3. Hydrogéologie.....	48
IV.3.1.4. Ressources en eau de la commune de Boumerdes.....	48
IV.3.1.5. Ressources en sol de la commune de Boumerdes.....	49
IV.3.2. Cadre socio-économique.....	50
IV.3.2.1. La situation démographique.....	50
IV.3.2.2. Les activités économiques.....	51
IV.4. Présentation de la commune de Zemmouri.....	53
IV.4.1. Cadre naturel.....	53
IV.4.1.1. Situation et limites géographiques.....	53
IV.4.1.2. Hydrographie.....	54
IV.4.1.3. Hydrogéologie.....	54
IV.4.1.4. Ressources en eau de la commune de Zemmouri.....	55

IV.4.1.5. Ressources en sol de la commune de Zemmouri.....	55
IV.4.2. Cadre socio-économique.....	56
IV.4.2.1. La situation démographique.....	56
IV.4.2.2. Les activités économiques.....	57
1. Agriculture.....	57
IV.5. Présentation de la commune de Thénia.....	59
IV.5.1. Cadre naturel.....	59
IV.5.1.1. Situation et limites géographiques.....	59
IV.5.1.2. Hydrographie.....	60
IV.5.1.3. Ressources en eau de la commune de Thénia.....	61
IV.5.1.4. Ressources en sol de la commune de Thénia.....	61
IV.5.2. Cadre socio-économique.....	62
IV.5.2.1. La situation démographique.....	62
IV.5.2.2. Les activités économiques.....	63
1. Activité industrielle.....	63
2. Activité agricole.....	63
IV.6. Conclusion.....	64

Chapitre V : Présentation des stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

V.1. Introduction.....	65
V.2. Présentation des trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes.....	65
V.2.1. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Boumerdes.....	65
V.2.1.1. Caractéristiques techniques	66
V.2.2. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Zemmouri.....	70
V.2.2.1. Caractéristiques techniques	71
V.2.3. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Thénia.....	73
V.2.3.1. Caractéristiques techniques	74
V.3. Les différentes étapes de traitement des eaux usées.....	78
V.3.1. Prétraitement et traitement primaire.....	78
V.3.1.1. Dégrillage.....	78
V.3.1.2. Dessablage- dégraissage.....	79
V.3.2. Traitement secondaire.....	79
V.3.2.1. Ouvrage de répartition.....	79
V.3.2.2. Aération biologique, bassins d'aération.....	79
V.3.2.3. Décantation, clarification.....	80
V.3.2.4. Fosses de recirculation	81
V.3.3. Traitement complémentaire.....	81
V.3.3.1. Canal de comptage et désinfection.....	81
V.4. Traitement des boues.....	81
V.5. Conclusion.....	83

Partie 3 : Résultats et interprétation

Chapitre VI : Qualité des eaux usées épurées dans la wilaya de Boumerdes

VI.1. Introduction.....	84
VI.2. Cadre d'analyse.....	84
VI.3. Evolution de la teneur des éléments physico-chimiques.....	85
VI.3.1. Paramètres physiques.....	85
VI.3.1. 1. Le potentiel d'hydrogène.....	85
VI.3.1. 2. La température.....	87
VI.3.1. 3. La matière en suspension.....	89
VI.3.1. 4. La conductivité électrique.....	90
VI.3.2. Paramètres chimiques.....	91
VI.3.2.1. La demande biochimique en oxygène au bout de 5 jours.....	91
VI.3.2.2. La demande chimique en oxygène.....	93
VI.3.2.3. Le nitrate.....	95
VI.4. Analyse en composante principale	97
VI.4.1. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Boumerdes.....	98
VI.4.1.1. Analyse statistique linéaire.....	98
VI.4.1.2. Matrice de corrélation.....	98
VI.4.1.3. Valeurs propres et pourcentages des axes principaux	100
VI.4.1.4. Cercle de corrélation.....	101
VI.4.2. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Zemmouri.....	103
VI.4.2.1. Analyse statistique linéaire.....	103
VI.4.2.2. Matrice de corrélation.....	104
VI.4.2.3. Valeurs propres et pourcentages des axes principaux	105
VI.4.2.4. Cercle de corrélation.....	106
VI.4.3. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Thénia.....	108
VI.4.3.1. Analyse statistique linéaire.....	108
VI.4.3.2. Matrice de corrélation.....	109
VI.4.3.3. Valeurs propres et pourcentages des axes principaux	110
VI.4.3.4. Cercle de corrélation.....	111
VI.4.4. Traitement de l'espace des individus.....	114
VI.4.5. Interprétation de l'ACP.....	115
VI.5. Conclusion.....	117
Conclusion générale.....	118

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction Générale

Actuellement, l'enjeu hydraulique auquel est confronté l'Algérie est le suivant : comment mieux répondre aux besoins des utilisateurs (AEP, Industrie, agriculture) avec des ressources en eau limitées. A long terme, face à la croissance des besoins en eau, les volumes mobilisables ne sont pas garantis compte tenu des aléas climatiques et de la dégradation de la qualité des eaux tant superficielles que souterraines. Dans ce contexte, le concept de gestion intégrée des ressources dans un cadre multisectoriel permet d'actionner au même temps sur divers facteurs.

La gestion de l'eau pratiquée jusqu'à présent en Algérie a montré ses limites tant du point de vue des politiques d'offre (dans la mobilisation et la production de l'eau) que du point de vue des mesures portant sur la demande. De plus, la résolution des conflits d'usage nés de l'aridité du climat se heurte, notamment dans la zone littorale, à des mécanismes de reproduction de la pénurie de l'eau. Face à ces problèmes et aux conflits qui en découlent, on peut s'interroger sur l'opportunité de mettre en place une gestion intégrée de l'eau [BURTON, 2001]. Celle-ci pourrait sans doute permettre aux pouvoirs publics d'effectuer de meilleurs arbitrages entre les utilisateurs et de donner à ces derniers une implication accrue à la gestion de la ressource en eau à travers la mise en place de modalités de concertation [PME, 2000]. Dans ce contexte, la gestion intégrée est une approche très prometteuse pour affronter les défis de la gestion des ressources en eau. Son intérêt est de créer un consensus sur les modalités de gestion de la ressource en eau.

Le développement de la réutilisation des eaux épurées et la préservation des milieux naturels contre la pollution résiduelle des rejets exigent la production d'une eau épurée de meilleure qualité et l'introduction de traitements complémentaires efficaces. L'amélioration de la qualité de l'eau épurée exige une meilleure maîtrise des procédés, ceux-ci se caractérisant par leur complexité et la variabilité des conditions de leur fonctionnement, l'introduction d'outils et de méthodes plus évolués pour leur gestion est la démarche adoptée actuellement par tous les gestionnaires des stations d'épuration.

En outre, la wilaya de Boumerdes comprend trois stations d'épuration des eaux usées (Boumerdes, Thénia, Zemmouri). Ces stations sont conçues pour produire une eau secondaire de qualité conforme aux normes de rejet dans les milieux récepteurs naturels. La concentration des rejets dans certaines zones, caractérisées par une urbanisation dense et une forte activité économique, peut cependant conduire à l'apparition d'impacts négatifs ponctuels sur les milieux récepteurs, et vu cette situation, on applique les concepts d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau, en se basant sur un diagnostic quantitatif et qualitatif des potentialités hydriques dans le site étudié, pour arriver à concrétiser les grands axes de cette nouvelle vision

afin d'améliorer la gestion actuelle de l'eau et favoriser une meilleure harmonisation entre les diverses utilisations des communautés humaines sans compromettre les écosystèmes aquatiques qui demeurent propres et durables pour les nouvelles générations.

L'objectif de ce travail est de renforcer les capacités de mise en œuvre et de gestion du système d'épuration des eaux usées à boues activées dans la wilaya de Boumerdes à travers l'acquisition d'informations et connaissances sur les nouveaux concepts de gestion intégrée des eaux usées et les options de valorisation et de traitement, afin de réduire les risques sanitaires et environnementaux, protéger les ressources naturelles contre la pollution résiduelle, et de concevoir et de mettre en œuvre un plan global pour l'évacuation et le traitement de la totalité des eaux usées et leur réutilisation

La question scientifique est:

Quel est l'apport d'une prise en charge simultanée de ces trois stations d'épuration ?

On formule pour cela l'hypothèse que les effets des trois stations à boues activée d'un même bassin versant sont interdépendants, un dysfonctionnement de l'une affectera l'environnement et éventuellement le fonctionnement d'une autre station

La méthodologie adoptée décompose ce mémoire en trois parties :

Partie 1 : Bibliographie, organisé de la façon suivante :

Dans le premier chapitre, nous avons donné un aperçu général sur la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et aussi son application par bassin versant

Dans le deuxième chapitre, nous avons fait une généralité sur les eaux usées, leurs origines, leurs paramètres physicochimiques ainsi biologiques qui contribuent à la pollution des eaux.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté les différentes techniques de traitement des eaux usées et plus particulièrement le traitement des eaux usées dans les stations d'épuration à boues activées

Partie 2 : Matériel et méthodes

Dans le quatrième chapitre, nous avons fait une présentation de la zone d'étude, qui englobe trois communes dans lesquelles sont implantées les trois stations d'épuration des eaux usées

Dans le cinquième chapitre, nous avons présenté les trois STEP de la wilaya de Boumerdes ainsi les différentes étapes de leur fonctionnement.

Partie 3 : Résultats et interprétation

Dans le dernier chapitre, nous avons fait un traitement des données physicochimiques de l'eau épurée par les trois STEP sur une période de trois années successives afin de voir la conformité de ces eaux aux normes des rejets, et pour détecter la relation entre les différentes

paramètres physicochimiques de l'eau épurée nous avons utilisé une méthode statistique utilisant le principe de l'analyse en composante principale (ACP) et montrer comment en déterminant les relations entre les variables, l'ACP permet d'obtenir le modèle dynamique du système. Et enfin nous donnons une conclusion.

Chapitre I : Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)

I.1. Introduction

La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), telle que la définit le Partenariat mondial pour l'eau, est «un processus qui favorise la gestion coordonnée et la mise en valeur de l'eau, des sols et de ressources connexes pour offrir un maximum de bien-être économique et social de façon équitable sans compromettre la viabilité des écosystèmes vitaux» [OMM, 2009].

Les ressources en eau devraient être gérées de façon holistique, en coordonnant et en intégrant tous les aspects et les fonctions du prélèvement de l'eau, de la surveillance de l'eau et de la fourniture des services liés à l'eau, afin que ceux qui dépendent des ressources en profitent durablement et équitablement [MORIARTY et al 2007]. La gestion intégrée des ressources en eau est un concept très large, par conséquent chaque pays l'applique en l'adaptant selon la nature et l'intensité des problèmes liés à l'eau, les ressources humaines, les capacités institutionnelles, les forces et les caractéristiques relatives des acteurs de l'eau, le paysage culturel et les conditions naturelles qui lui sont propres [MERZOUGUI et al, 2007].

La gestion intégrée des ressources en eau est donc une approche globale de l'eau, en termes d'usages et d'impacts, à l'échelle du bassin versant (échelle minimal). Elle s'appuie sur une approche transversale multisectorielle et verticale du local (rivière, ressource...) au global (bassin versant, région) [KARAMBIRI, 2007].

Une telle approche intégrée entraîne un processus de prise de décisions en pleine connaissance de cause qui considère les impacts des actions sur d'autres usagers de l'eau et écosystèmes et, inversement, comment les autres usagers de l'eau et les fonctions des écosystèmes affectent l'usage local de l'eau [PHILIP et al, 2008].

I.2.Généralité sur la gestion intégrée des ressources en eau

I.2.1. Notion d'intégration

La notion d'intégration en matière de gestion intégrée de l'eau par bassin versant souligne la nécessité de prendre en compte toutes les composantes du cycle de l'eau, ainsi que les interactions entre les systèmes naturels et les systèmes humains. Ce principe reconnaît également que l'eau est nécessaire à de nombreuses fins et qu'elle est liée à divers services et fonctions. Le principal défi de l'intégration consiste à atteindre un équilibre entre l'utilisation de l'eau en tant que fondement pour la subsistance de la population et sa protection, puis sa conservation en vue de garantir la pérennité de ses fonctions et de ses caractéristiques. La gestion intégrée doit, par conséquent, prendre en compte les exigences et les menaces liées à l'eau [GANGBAZO, 2004].

I.2.2. Objectif de la gestion intégrée des ressources en eau

La gestion intégrée a pour objectif d'atteindre et de pérenniser un bon état de l'eau et des milieux aquatiques, tout en garantissant un équilibre entre les différentes fonctions du milieu et les usages de l'eau, la gestion intégrée doit favoriser la mise en œuvre d'action pour atteindre cet équilibre [QUERAUD, 2010].

- un accès plus équitable aux ressources en eau et aux bénéfices connexes dans le but de combattre la pauvreté,
- dans les régions où l'eau est peu abondante, son utilisation efficace au profit du plus grand nombre.
- l'utilisation plus durable de l'eau, entre autre pour préserver l'environnement [MORIARTY et al 2007].

I.2.3. Principe de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)

Concernant la gestion des ressources en eau, la Conférence Internationale sur l'eau et l'environnement a permis de dégager quatre principes appelés « les principes de Dublin ». Ce sont :

1. L'eau douce est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement.
2. Le développement et la gestion de l'eau devraient être fondés sur une approche participative impliquant usagers, planificateurs et décideurs à tous les niveaux.
3. Les femmes sont au cœur des processus d'approvisionnement, de gestion et de conservation de l'eau.
4. Pour tous ses différents usages, souvent concurrents, l'eau a une dimension économique. C'est pourquoi elle doit être considérée comme un bien économique [FORSYTHE, 2007].

Certains principes fondamentaux sur lesquels repose la gestion intégrée des ressources en eau peuvent être mis en application à grande échelle, indépendamment de la conjoncture et du développement économique et social de la zone concernée. En revanche, les méthodes d'application de ces principes sont loin d'être universelles, car les facteurs varient considérablement selon les pays ou les régions : la nature et l'intensité des problèmes liés à l'eau, les ressources humaines, les capacités institutionnelles, les forces et caractéristiques relatives des secteurs publics et privés [PME, 2000].

Principe I : L'eau douce est une ressource finie et vulnérable, essentielle au maintien de la vie, au développement et à l'environnement.

La notion que les eaux douces sont une ressource finie survient alors que le cycle hydrologique produit en moyenne une quantité d'eau fixe par intervalle de temps. Cette quantité globale ne peut pas encore être altérée sensiblement par les actions humaines, bien qu'elle puisse l'être, et soit fréquemment, épuisée par la pollution humaine. La ressource en eau douce est un capital qui doit être maintenu pour s'assurer que les services désirés qu'elle fournit soient durables. Ce principe reconnaît que l'eau est nécessaire à des fins, des fonctions et des services variés; la gestion, doit donc être holistique (intégrée) et implique une prise en compte des demandes de cette ressource et les menaces qui pèsent sur elle [TAYLOR et al, 2005].

Principe II: L'approche participative

En ce qui concerne l'eau, nous sommes tous partie prenante. Or il ne peut y avoir de participation réelle que si tous les intervenants ont leur mot à dire lors du processus décisionnel. Cela est directement possible lorsque les collectivités locales se consultent lors des choix portant sur l'approvisionnement, la gestion et l'utilisation de l'eau. En outre, il y a participation réelle lorsque des organismes ou porte-parole élus ou désignés démocratiquement peuvent représenter les parties concernées. Une participation efficace revient à permettre aux parties concernées, à tous les échelons d'une structure sociale, d'avoir un impact sur les décisions à différents niveaux de gestion.

L'approche participative est la seule façon d'établir un consensus et des ententes durables. Cependant, pour ce faire, parties prenantes et responsables des organismes de gestion de l'eau doivent admettre qu'ils sont tous concernés par le problème de la durabilité de l'eau et que chacun doit faire des sacrifices pour le bien commun.

La création de mécanismes et de moyens que ce soit au niveau national, régional ou local, les gouvernements sont chargés de rendre possible la participation de tous les intervenants.

Pour ce faire, il faut créer des mécanismes de consultation des parties concernées à tous les niveaux géographiques (pays, bassin fluvial, nappe, bassin versant, communauté, etc.). Certes, la création de ce type de mécanismes s'impose, mais ceux-ci ne suffiront pas à garantir une participation effective [AGAR WAL, 2000].

Principe III : Les femmes jouent un rôle central dans l'approvisionnement, la gestion et la sauvegarde de l'eau.

Le rôle central des femmes comme fournisseurs et utilisatrices de l'eau et comme gardiennes du cadre de vie a été rarement reflété dans les dispositions institutionnelles pour la mise en valeur et la gestion des ressources en eau. On reconnaît largement que les femmes jouent un rôle majeur dans la collecte et la sauvegarde de l'eau pour les utilisations domestiques et dans

de nombreux cas, l'utilisation agricole, mais qu'elles ont un rôle beaucoup moins influent que les hommes dans la gestion, l'analyse de problème et les processus de prise de décisions relatifs aux ressources en eau.

La GIRE exige une conscience genre. En développant la participation entière et efficace des femmes à tous les niveaux de la prise de décision, il faudra prendre en compte la manière dont les différentes sociétés affectent des rôles sociaux, économiques et culturels particuliers aux hommes et aux femmes [TAYLOR et al, 2005].

Principe IV: Dimension économique de l'eau

Trop souvent, les erreurs commises dans le passé en matière de gestion des ressources en eau découlaient du fait que l'eau était considérée comme une ressource gratuite ou, du moins, que la valeur totale de l'eau n'était pas prise en compte,

La valeur de l'eau dans ses différents usages est importante pour une répartition rationnelle de cette ressource rare, que ce soit grâce à des moyens réglementaires ou économiques. Fixer un prix à l'eau revient à appliquer un instrument économique en vue d'orienter les comportements vers la préservation et une utilisation rationnelle de l'eau, de favoriser une gestion axée sur la demande, de garantir le recouvrement des coûts et d'indiquer si les consommateurs sont prêts à payer pour des investissements supplémentaires dans des services d'approvisionnement.

En matière de valeur de l'eau, les concepts suivants sont jugés utiles pour la gestion intégrée des ressources en eau. La valeur totale de l'eau est sa valeur d'utilisation (ou valeur économique) ajoutée à sa valeur intrinsèque. La valeur économique, qui dépend de l'usager et de la façon dont l'eau est utilisée, englobe: la valeur pour les usagers (directs) de l'eau, les bénéfices nets tirés de l'eau perdue par évapotranspiration ou autres puits (tels que les écoulements restitués) et le rôle de l'eau vis-à-vis de la réalisation d'objectifs de société. La valeur intrinsèque comprend des valeurs non liées à l'usage, telles que le legs ou les valeurs d'existence [AGAR WAL, 2000].

I.2.4. La mise en œuvre de la GIRE

Les stratégies à mettre en œuvre pour une gestion intégrée des ressources en eau sont multiples et se situent à divers niveaux. Il s'agit, notamment :

- du renforcement du cadre institutionnel par la création de structures et d'organes opérationnels (Agence nationale de l'eau, Police de l'eau, Comité national de l'eau, Agence de bassin et comités de bassin, ets...).

- du renforcement du cadre juridique en complétant le Code de l'eau par des décrets et autres textes d'application ;
- de la mobilisation des ressources financières nationales propres au domaine de l'eau par la création du Fonds de gestion des ressources en eau ;
- de l'amélioration de la connaissance (quantitative et qualitative) des ressources en eau et du développement d'un système d'information géographique sur l'eau ;
- de la promotion de la coopération sous-régionale et internationale en matière de gestion de l'eau, notamment les eaux des bassins en partage ;
- du renforcement des capacités, de la formation et de la recherche/développement [MEF, 2003].

I.2.4.1. Cadre social et institutionnel : Participation et décentralisation

Afin de garantir une utilisation durable des ressources en eau, la GIRE souligne l'importance d'impliquer tous les acteurs concernés au sein d'un même bassin hydrographique : autorités, institutions, secteur privé et public et société civile, avec une attention particulière accordée aux femmes et aux groupes minoritaires. Dans ce processus, la décentralisation et le principe de subsidiarité jouent un rôle-clé : la plus petite unité possible de gestion est à promouvoir. Il est pour cela important de mettre en place un cadre permettant aux populations locales de s'exprimer sur leurs problèmes et besoins, de se responsabiliser face à l'utilisation des ressources qui les entourent et d'acquérir des connaissances et des compétences, afin de prendre des décisions et de susciter des initiatives. La structure du cadre institutionnel doit répondre aux conditions socioculturelles, écologiques et économiques locales [BRÜSCHWEILER, 2003].

Afin de mettre la GIRE en œuvre, des arrangements institutionnels sont nécessaires pour permettre :

- Le fonctionnement d'un consortium de parties prenantes impliquées dans la prise de décision, avec la représentation de toutes les sections de la société, et un bon équilibre genre.
- La gestion des ressources en eau basée sur les frontières hydrologiques.
- Aux structures organisationnelles aux niveaux de bassin et de sous bassin de permettre la prise de décision au niveau approprié le plus bas [TAYLOR et al, 2005].

Pour garantir une utilisation durable des ressources en eau est soulignée. Dès lors, trois échelles de planification sont promues, chacune ayant des fonctions bien définies :

- *à l'échelle de l'Etat*, il est préconisé que les instances gouvernementales mettent en place les conditions politiques, administratives et légales soutenant une GIRE ; l'Etat doit définir les normes à satisfaire, les procédures à suivre.

- *à l'échelle du bassin*, la planification doit être assurée par un organisme de bassin créé pour coordonner les diverses actions entreprises sur le bassin, concevoir des projets réalisables et décider des moyens financiers nécessaires. Les membres du comité de bassin doivent être désignés de manière à s'assurer que toutes les parties intéressées participent aux négociations afin que les décisions soient comprises et considérées comme légitimes

- *à l'échelle locale*, échelle du projet, les acteurs de l'eau ont la responsabilité de réaliser les projets conçus par l'organisme de bassin versant. Une collaboration étroite entre ces différents niveaux institutionnels s'avère nécessaire et il est préconisé de mettre en place un cadre de coordination favorisant les prises de décisions intersectorielles d'une part et entre échelles d'autre part [HOFMANN, 2007].

I.2.4.2. Cadre politique et juridique

Les attitudes changent pendant que les responsables se rendent compte de la nécessité de gérer les ressources efficacement. Ils voient aussi que la construction de nouvelles infrastructures doit tenir compte des impacts environnementaux et sociaux et la nécessité fondamentale de viabiliser les systèmes économiquement à des fins d'entretien. Cependant, ils peuvent encore être gênés par les implications politiques d'un tel changement. Le processus d'actualisation de la politique de l'eau est donc une étape majeure, qui exige une consultation élargie et nécessite un engagement politique.

La législation de l'eau convertit la politique en loi et devrait :

- Clarifier le droit et les responsabilités des utilisateurs et des fournisseurs de l'eau.
- Clarifier les rôles de l'état par rapport aux autres parties prenantes.
- Formaliser le transfert des allocations de l'eau.
- Offrir un statut juridique aux institutions de gestion de l'eau du gouvernement et des groupes d'utilisateurs de l'eau.
- Assurer l'utilisation durable de la ressource [TAYLOR et al, 2005].

I.2.5. Principales caractéristiques de la gestion intégrée

La gestion intégrée est la pensée d'avoir les caractéristiques suivantes :

a- Peut être appliqué à n'importe quel type ou taille de l'organisation (commerciaux, gouvernementaux, réglementaire etc.).

b- La gestion intégrée ne fait aucune distinction dans son approche générale à la gestion perte potentielle et le potentiel de gain.

c- L'avantage d'une gestion intégrée est qu'elle conduit à une efficacité optimale (utilisation économique des ressources) et une efficacité optimale (répond aux objectifs de satisfaire la totalité des besoins des intervenants d'une manière équitable)

d- Adresses de la totalité des besoins des intervenants et des aspirations d'une manière équitable. parce que la gestion intégrée reconnaît pas le temps, géographiques ou autres types de frontières, il aborde le monde à venir ainsi que les besoins des intervenants actuels. Cela conduit naturellement à la durabilité. Ainsi, les cycles de vie complets sont abordées telles que des installations, d'actifs ou de durée de vie du produit, l'induction des employés, le développement et la retraite, la vie d'une industrie, etc.

e- Doit inclure tous les aspects de gestion qui peuvent avoir un impact intervenants tels que la santé, sécurité, environnement, éthique, etc.

f- La valeur est toujours celle perçue par un consensus des parties prenantes.

g- Gestion intégrée exige que toutes les composantes d'une organisation ajouter de la valeur optimale à la fois individuellement et collectivement

h- Gestion intégrée reconnaît que l'uniformité et la diversité doivent coexister harmonieusement au sein d'une organisation, des approches génériques ne sont utilisées que si elles ajoutent de la valeur.

i- Adopter une approche compréhensive:

- ✓ La simplicité
- ✓ Action au moins
- ✓ Utiliser au moins de l'énergie
- ✓ L'utilisation efficace et efficiente des ressources totales.

j- Gestion intégrée aborde tous les aspects qui contribuent à la performance d'une organisation comme le processus, système de gestion, de la culture, base de connaissance, le leadership direction, les intervenants et la conscience humaine

k- Fait un usage intelligent intégré d'exister et de toute nouvelle approche fragmentée de la gestion tels que les concepts, modèles et outils.

l- La gestion intégrée exige des gestionnaires de reconnaître et de prendre en compte toutes les influences importantes sur leur organisme (tels que l'orientation stratégique de l'entreprise, la législation pertinente et des normes, des politiques internes et de la culture, les besoins en ressources et les besoins de ceux qui peuvent être touchés par un aspect de fonctionnement de l'organisme ou de l'existence [DALLING, 2007].

I.2.6. Domaines principaux de changement de la GIRE

L'adoption d'une approche intégrée et plus durable du développement et de la gestion de l'eau requiert des changements dans de nombreux domaines et à de nombreux niveaux. Et bien qu'il puisse s'agir d'une proposition décourageante, il est important de se rappeler que des changements progressifs produiront plus de résultats durables qu'une tentative de restructuration complète du système d'un seul coup

Treize points repartis dans trois parties distinctes constituent les domaines principaux de changement de la GIRE sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Les treize points de changement de la GIRE [Tec, 2005]

Axes d'intervention	Domaines cibles	Actions à mener
Environnement favorable	Cadre politique	Fixer des objectifs pour l'utilisation, la protection et la conservation de l'eau
	Cadre législatif	Voter des lois à suivre pour appliquer les politiques et atteindre les objectifs
	Structures de financement	Affecter des ressources financières pour satisfaire les besoins en eau
Rôles institutionnels	Cadre organisationnel	Créer un organe pour coordonner les aspects formels et fonctionnels
	Edification des capacités institutionnelles	Développer les ressources humaines
Instruments de gestion	Evaluation des ressources en eau	Comprendre les disponibilités et les besoins
	Développement des plans pour la GIRE	Combiner les options de développement, l'utilisation des ressources et l'interaction humaine
	Gestion de la demande	Utiliser l'eau plus efficacement
	Instruments de changement social	Favoriser une société civile tournée vers l'eau
	Résolution des conflits	Gérer les litiges en garantissant le partage de l'eau
	Instruments réglementaires	Limiter la distribution et l'usage de l'eau
	Instruments économiques	Utiliser la valeur et les prix pour l'efficacité et l'équité
Echange et gestion des informations	Améliorer les connaissances pour une meilleure gestion de l'eau	

La GIRE cherche à éviter de perdre des vies, de gaspiller de l'argent et d'épuiser le cadre naturel à cause des décisions inappropriées. Elle est itérative et dynamique dans la mesure où elle s'adapte aux nouvelles conditions économiques, sociales, environnementales et humaines en mutation. Fondamentalement, en tant que processus de changement, la GIRE vise à garantir que l'eau est utilisée pour faire avancer les objectifs de développement économique et social d'un pays par des moyens qui ne compromettent pas la pérennité d'écosystèmes vitaux ni la possibilité pour les générations futures de satisfaire leurs besoins en eau. L'application de la GIRE ne signifie pas qu'il faut tout détruire et recommencer à nouveau. Généralement, elle consiste en une adaptation, une édification sur des institutions existantes et des procédures de planification pour atteindre une approche plus intégrée [KENMOGNE Guy et al, 2006].

I.2.7. Les principaux enjeux de la GIRE

- Garantir de l'eau aux populations
- Garantir de l'eau pour la production alimentaire
- Promotion d'autres activités créatrices d'emploi
- Protection d'écosystèmes vitaux
- Variabilité spatio-temporelle de l'eau
- Gestion des risques
- Sensibilisation de l'opinion publique
- Stimuler la volonté politique d'agir
- Garantir la collaboration entre tous les secteurs et par-delà toutes les frontières

L'objectif est d'atteindre un équilibre entre l'utilisation de l'eau en tant que fondement pour la subsistance d'une population mondiale en plein essor, et sa protection et sa conservation en vue de garantir la pérennité de ses fonctions et caractéristiques [AGAR WAL, 2000].

I.2.8. Le cycle de l'eau de consommation domestique et la GIRE

Le cycle de l'eau domestique (et de l'assainissement) interagit avec la GIRE principalement au niveau du prélèvement et du rejet. Si les principes de la GIRE sont très utiles pour assurer de bonnes pratiques au sein d'un système d'approvisionnement en eau domestique, ils s'avèrent le plus profitables à l'endroit où l'eau de consommation domestique (et le rejet des eaux usées) interagit avec d'autres usages et avec l'environnement. Le cycle de l'eau domestique comprend les étapes suivantes : le prélèvement, le traitement, la distribution vers les habitations, s'il y a un système d'égout, la collecte des eaux usées par les égouts, la dépollution et le rejet dans une masse d'eau. Du point de vue de la GIRE, les étapes les plus critiques sont le

prélèvement à la source (problèmes de quantité, de qualité et de fiabilité) et le rejet dans un plan d'eau (problèmes de quantité et de qualité).

- **Quantité** : en général, la quantité d'eau nécessaire pour l'usage domestique représente une faible part de la totalité de l'eau disponible annuellement dans un bassin versant. Cependant, pour des raisons de fiabilité et de sécurité, elle peut parfois compter pour une grande part de l'eau disponible. Il faut par ailleurs faire la distinction entre les pertes d'eau « réelles » et « virtuelles » : une grande partie de l'eau de consommation domestique est restituée au milieu (même si elle est polluée) sous forme d'eaux usées, et ne représente donc qu'une perte « virtuelle » (une ligne comptable), tandis que l'eau prélevée pour l'irrigation est en grande partie perdue par évaporation et n'est donc plus disponible (perte « réelle »).

- **Qualité** : la qualité de l'eau de consommation est essentielle au regard de l'objectif principal du secteur de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement pour protéger la vie et la santé. La qualité de l'eau dépend du traitement, mais aussi de la qualité de la source. Plus la qualité de la source est mauvaise, plus les coûts de traitement sont élevés. A l'étape du rejet, un traitement insuffisant se ressent dans la qualité de l'eau à usage domestique et pour d'autres usages.

- **Fiabilité** : l'approvisionnement en eau domestique doit être fiable. Une pénurie d'eau de consommation, même de courte durée, peut avoir des conséquences graves. Il faut donc éviter au maximum les pannes d'approvisionnement, et assurer aussi la fiabilité des sources et les protéger des autres usages. Par ailleurs il faut maintenir la pression dans les conduites d'eau 24 heures sur 24 pour éviter que des eaux polluées s'infiltrent par les fuites dans les tuyaux.

- **Traitement et rejet des eaux usées** : une des principales causes de pollution de l'eau de consommation domestique est le rejet de déchets humains non traités par les systèmes d'égouts. Comme la collecte et la dépollution des eaux usées coûtent cher, ces étapes sont souvent omises. [MORIARTY et al, 2007].

I.3. Gestion intégrée des ressources en eau par bassin versant

I.3.1. Bassins versants et réseau hydrologique

Le bassin hydrographique, ou bassin versant est l'élément essentiel dans toute étude hydrologique associée à la topographie d'une région donnée. Il se définit comme une portion de la surface terrestre à l'intérieur de laquelle les pentes topographiques amènent tout le ruissellement qui s'y produit vers un seul et même exutoire. L'exutoire d'un bassin est le point le plus en aval du réseau hydrographique par lequel passent toutes les eaux drainées par le bassin. Dans un bassin versant, la topographie, ou l'ensemble de pentes définit la trajectoire des écoulements et l'organisation du drainage ou réseau hydrographique, celui-ci dépend de l'alimentation en eau. A cet effet, l'ensemble des cours d'eau, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement linéaire de la surface topographique représente le réseau hydrologique qui est une des caractéristiques les plus importantes du bassin versant et peut prendre une multitude de formes. La diversité du réseau hydrographique d'un bassin versant est due à quatre facteurs principaux : la pente du terrain, la géologie, le climat et la présence humaine [HOCINE et al, 2007].

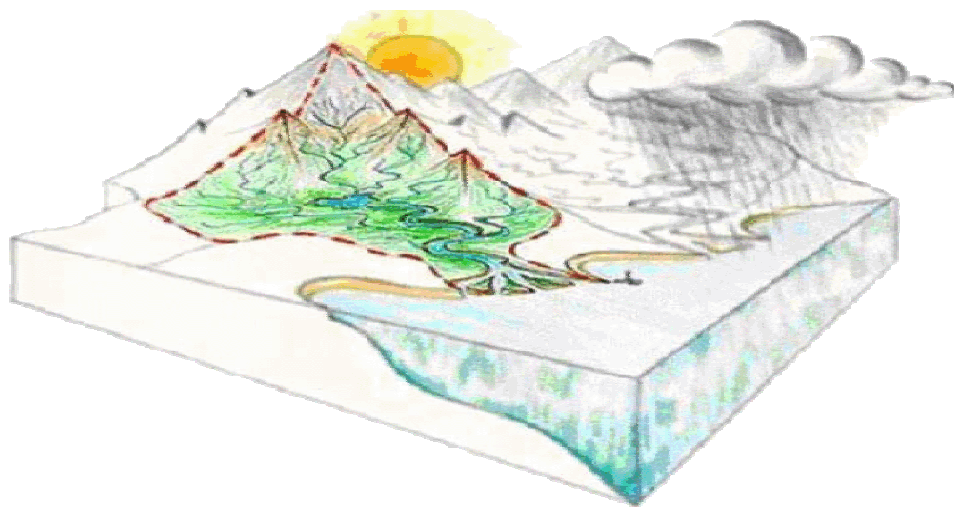


Figure 1 : Schéma d'un bassin versant [AUGER et al, 2004].

I.3.2. Gestion intégrée de l'eau par bassin versant

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est un processus qui favorise la gestion coordonnée de l'eau et des ressources connexes à l'intérieur des limites d'un bassin versant en vue d'optimiser, de manière équitable, le bien-être socio-économique qui en résulte, sans pour autant compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux.

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est donc un concept très large. Par conséquent, chaque pays l'applique en l'adaptant selon la nature et l'intensité des problèmes liés à l'eau, les ressources humaines, les capacités institutionnelles, les forces et les caractéristiques

relatives des acteurs de l'eau, le paysage culturel et les conditions naturelles qui lui sont propres [GANGBAZO, 2004].

Il n'existe pas de contradiction entre l'application de l'approche GIRE au niveau national d'une part, et au niveau du bassin d'autre part. Ces deux niveaux sont en réalité complémentaires. Un cadre national global de GIRE est en effet essentiel à la gestion des bassins aussi bien nationaux que transfrontaliers.

L'intégration de l'utilisation du sol et de la gestion de l'eau à l'échelle d'un bassin n'est pas une chose facile. Ceci est dû au fait que la gestion du territoire, planification, sylviculture, industrie, agriculture et environnement est souvent gouvernée par des politiques qui ne sont pas liées aux politiques de l'eau et qu'elle est assurée par les services d'une administration différente [GWP RIOB, 2009].

Il y a plusieurs points communs entre la gestion intégrée de l'eau par bassin versant et le développement durable : « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs; un développement qui s'appuie sur une vision à long terme et qui prend en compte le caractère indissociable des dimensions environnementale, sociale et économique des activités de développement ». Mais il y a aussi des similitudes entre certaines caractéristiques de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant et certains principes de développement durable retenus par le Gouvernement.

L'unité de base de la gestion de l'eau est le bassin versant. La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) par bassin versant permet une approche coordonnée :

- entre l'amont et l'aval ;
- entre la quantité et la qualité ;
- entre les eaux de surface et les eaux souterraines ;
- entre les besoins liés aux activités humaines et les besoins des écosystèmes ;
- entre les politiques de prévention des risques d'érosion, d'inondation et de sécheresse

[NOEL, 2009].



Figure 2: Cycle de gestion intégrée de l'eau par bassin versant [AUGER et al, 2004].

I.3.3. Objectifs de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant peut concerner toutes les problématiques que l'on peut trouver dans un bassin versant. Ces problématiques sont souvent interreliées, le processus de prise de décision sera alors complexe et à arbitrage délicat. Et parmi ces problématiques, on peut citer :

- L'approvisionnement en eau :

Les bassins versants, en recueillant l'eau des précipitations, en emmagasinant une partie dans les nappes d'eau souterraine et en évacuaient l'autre partie par leur réseau hydrographique, jouent un rôle primordial dans l'approvisionnement en eau des populations, des agriculteurs et des autres usagés de l'eau.

- Contrôle de la qualité de l'eau :

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant constitue une approche adéquate pour relever le défi de l'assainissement des eaux, le contrôle peut se faire en amont pour réduire la quantité de contaminants (chimique, physique ou biologique) qui peuvent atteindre les eaux superficielles (cours d'eau) ou souterraines (nappes), ou en aval par le traitement des eaux usées à l'aide d'équipements conçus à cet effet.

- Contrôle des sédiments :

Une des problématiques majeures sur laquelle se penche la gestion intégrée de l'eau par bassin versant, est le problème d'érosion des sols, par le fait même la sédimentation sera contrôlée.

- Préservation de la biodiversité :

Les zones humides jouent un rôle important dans le maintien de la biodiversité, le fonctionnement hydraulique du bassin versant, et la transition entre les écosystèmes aquatiques et terrestres. La préservation de l'équilibre de leurs écosystèmes comptera aussi parmi les objectifs d'une gestion intégrée de l'eau par bassin versant [RAACHI, 2007].

- Gestion des risques associés aux aspects quantitatifs de l'eau :

D'une part, la pollution de l'eau comporte des risques en portant atteinte à la santé humaine, aux activités socio-économiques et aux fonctions des différents écosystèmes.

D'autre part, les variations des débits des cours d'eau et de la réalimentation des nappes dues à des phénomènes météorologiques ou à une mauvaise gestion des terres peuvent amplifier les sécheresses et les inondations. Ces événements sont susceptibles d'avoir des répercussions catastrophiques entraînant des pertes humaines importantes et des dommages économiques, sociaux et écologiques [GANGBAZO, 2004].

I.3.4. Les acteurs de l'eau et facteurs de succès de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant

On appelle acteurs de l'eau ou usagers, les utilisateurs de l'eau et, plus généralement, tous ceux qui ont à cœur la santé de l'eau et des écosystèmes associés, en l'occurrence :

- La population;
- Les producteurs agricoles;
- Les industriels;
- Les producteurs d'électricité;
- Les pêcheurs;
- Les municipalités et les MRC;
- Les comités de protection de l'environnement ou de la faune;
- Les ministères et les organismes gouvernementaux;
- Les associations (OSBL-tourisme);

Les acteurs locaux contribuent de façon très importante à cerner les problèmes environnementaux. Ils apportent leurs connaissances et exposent leurs préoccupations afin de

faire connaître les problèmes que vivent les populations locales. Ils agissent comme organisateurs dans la région et ils aident à maintenir l'intérêt pour le projet. Ils contribuent aussi à sensibiliser et à informer leurs voisins et d'autres personnes et à les convaincre de mettre en œuvre des actions concrètes à court et à moyen terme. Ils aident aussi à déterminer l'ordre de priorité qui devrait leur être accordé.

L'expérience a montré que le degré de sensibilisation et de participation des acteurs locaux est déterminant dans le succès de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant. Sans leur soutien, les projets pourraient ne jamais dépasser le stade de la planification.

La gestion intégrée des ressources en eau exige une bonne coordination des activités des sous-secteurs de l'eau qui permet de faire efficacement face aux questions multisectorielles et interdépendantes, notamment les problèmes d'environnement et de santé d'origine hydrique [OCOD, 2000].

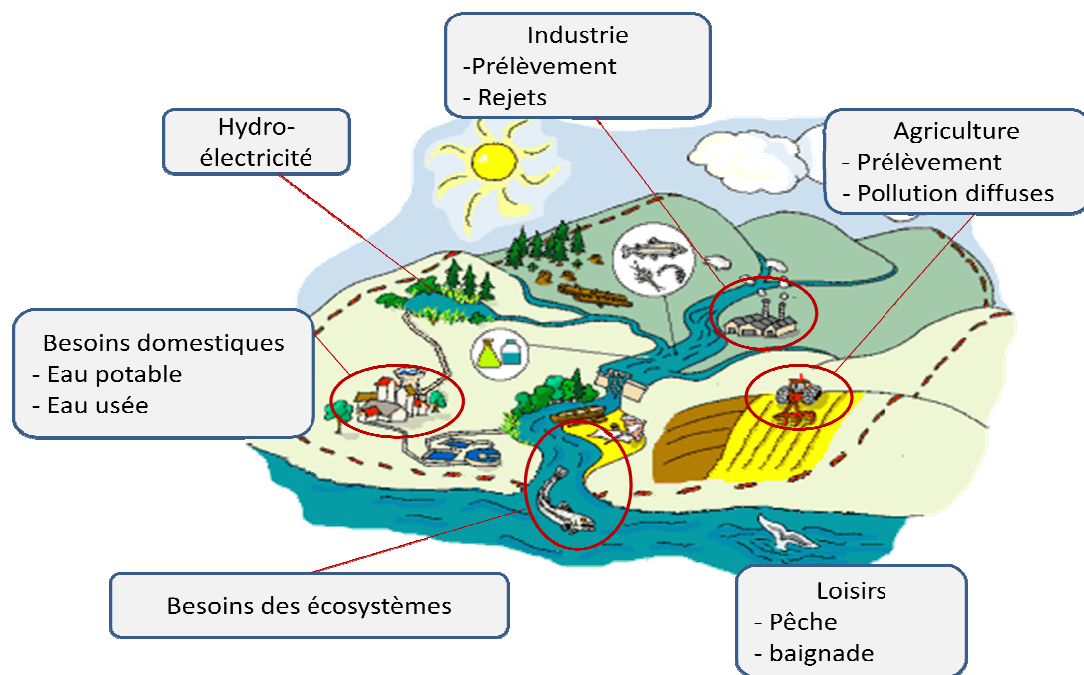


Figure 3 : Un bassin versant et les multiples usages de l'eau [NOEL, 2009].

Le succès d'un projet de gestion intégrée de l'eau par bassin versant dépend de plusieurs facteurs. En voici quelques-uns :

1. Faire du bassin versant l'élément central des efforts de gestion;
2. Adopter une approche participative;
3. Faire une grande place aux connaissances scientifiques et utiliser des données fiables;
4. Élaborer un bon plan de communication;
5. Élaborer un bon programme de formation et de sensibilisation [GANGBAZO, 2004].

I.3.5. Caractéristiques de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant suppose :

- Une approche de gestion ciblée sur l'unité hydrologique (bassin versant, sous-bassin versant), avec des échelles variables selon les problèmes à résoudre, ce qui implique une imbrication cohérente des actions d'une échelle à l'autre et avec les bassins versants voisins.
- Un cadre de travail coordonné et partagé pour favoriser la collaboration et le partenariat.
- Une démarche à long terme qui favorise le développement durable.
- Une vision intégrée qui tient compte de plusieurs dimensions de la gestion de l'eau et des écosystèmes associés (environnementale, économique, sociale).
- Un processus de résolution des problèmes basé sur de solides connaissances scientifiques et historiques et sur des données fiables.
- Une approche qui privilégie la concertation des acteurs de l'eau, la conciliation des objectifs et la coordination des moyens et des actions.
- Des organisations possédant une structure, des rôles et des pouvoirs taillés sur mesure (c'est-à-dire adaptés à l'échelle du bassin versant).
- Une approche ascendante basée sur la responsabilisation et la participation des acteurs locaux et régionaux.
- Un processus d'apprentissage continu incluant la formation des acteurs de l'eau et l'éducation du public [GANGBAZO, 2004].

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est un concept très large. Chaque pays l'applique en l'adaptant selon la nature et l'intensité des problèmes liés à l'eau, les ressources humaines et financières, les capacités institutionnelles, les forces et les caractéristiques relatives des acteurs de l'eau, le paysage culturel et politique ainsi que les conditions naturelles qui lui sont propres [GANGBAZO, 2006].

I.3.6. La place de la GIRE dans le secteur de l'approvisionnement de l'eau et l'assainissement

La figure 04 montre que la GIRE se situe à l'intersection des différents sous-secteurs de l'eau, là où ils interagissent les uns avec les autres. Certains estiment que cette interaction peut être évaluée et gérée le plus efficacement au niveau du bassin versant, et en effet, le bassin est une unité de gestion capitale pour l'intégration à grande échelle. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que, comme nous le verrons plus loin, la GIRE a également un rôle important à jouer à d'autres niveaux.

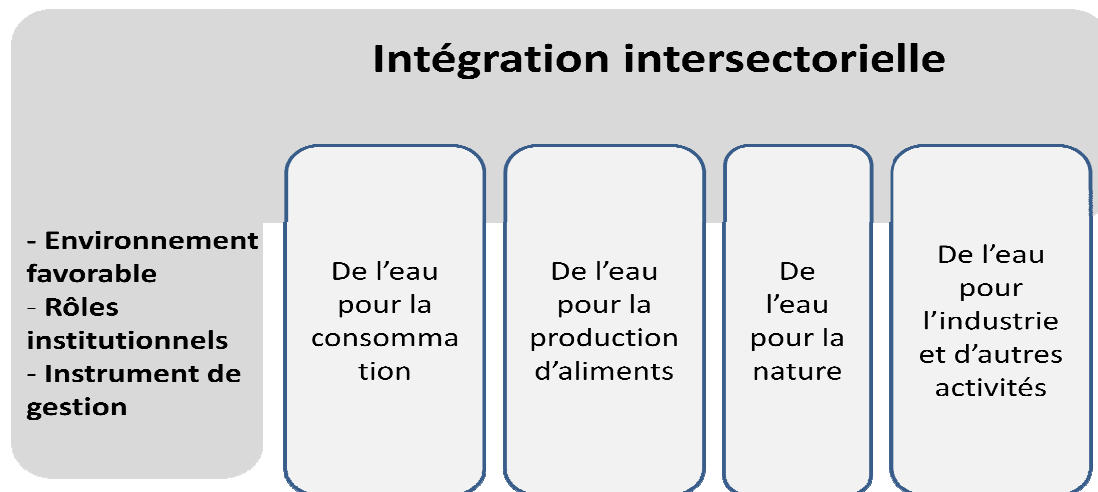


Figure 4: Intégration intersectorielle : la place de la GIRE [GWP, 2000].

I.4. Conclusion

Moteur du développement économique et social, l'eau est également un élément essentiel à la préservation de l'environnement naturel. L'eau n'étant cependant qu'une ressource naturelle vitale parmi bien d'autres, il importe de ne pas envisager isolément les questions relatives aux ressources en eau. Les dirigeants, publics ou privés, ont des décisions cruciales à prendre en matière de répartition de l'eau. Ils sont confrontés à la nécessité de répartir des réserves en diminution, afin de répondre des demandes toujours plus grandes. Des facteurs tels que les changements climatiques et démographiques accentuent encore les enjeux liés aux ressources en eau. À l'heure où l'approche fragmentée traditionnelle n'est plus viable, il convient d'adopter une approche holistique de la gestion des ressources en eau. Tel est l'objectif auquel entend répondre la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), désormais internationalement reconnue comme la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace, équitable et durable des ressources limitées en eau, face à des demandes conflictuelles.

Chapitre II : Généralités sur les eaux usées

II.1. Introduction

Les eaux usées domestiques et industrielles déversées sans prétraitement dans les cours d'eau ou infiltrées dans la nappe posent des problèmes sérieux pour l'homme et les écosystèmes.

Les cours d'eau ont une capacité naturelle d'autoépuration, celle-ci a pour effet de consommer de l'oxygène ; ce qui n'est donc pas sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques. Lorsque l'importance d'un rejet excède cette capacité, la détérioration de l'environnement peut être durable. Il est donc indispensable d'épurer les eaux usées avant de les rejeter en milieu naturel.

En effet, les zones privées d'oxygène par la pollution entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables, empêchant notamment la migration des poissons. La présence excessive de phosphates, en particulier, favorise le phénomène d'eutrophisation ; c'est-à-dire, la prolifération d'algues qui nuit à la faune aquatique, peut rendre la baignade dangereuse et perturbe la production d'eau potable.

II.2. Eaux usées et leurs origines

Les eaux usées, aussi appelées eaux polluées sont toutes les eaux qui sont de nature à contaminer les milieux dans lesquelles elles sont déversées.

Ces eaux sont en général le sous-produit d'une utilisation humaine soit domestique soit industrielle.

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être traitées.

Elles sont parfois qualifiées d'eaux grises quand il s'agit d'eaux peu chargées en matières polluantes par exemple des eaux d'origine domestique, résultant du lavage des assiettes, des mains, des bains ou des douches, et d'eaux noires lorsque elles contiennent diverses substances plus polluantes ou plus difficiles à éliminer tels que matières fécales, produits cosmétiques, ou tous types de sous-produit industriel mélangés à l'eau.

Il peut également s'agir d'eau d'écoulement de surfaces imperméables, ainsi les eaux de ruissellement des places de stationnement sont considérées comme des eaux usées du fait de la présence de divers polluants comme les hydrocarbures ou les poussières d'usure des pneumatiques [BAUMONT et al, 2004].

Les problèmes liés aux eaux usées sont aussi anciens que ces eaux elles même et ils s'aggravent suivant la croissance démographique, l'amélioration de la qualité de vie des populations et le développement des activités industrielles.

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue quatre catégories d'eaux usées :

- Les eaux domestiques
- Les eaux industrielles
- Les eaux agricoles
- Les eaux de ruissellement.

II.2.1. Les rejets domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. On distingue généralement deux « types » d'eaux usées domestiques qui arrivent toutes deux dans le réseau d'assainissement :

- les eaux vannes, qui correspondent aux eaux de toilettes ;
- les eaux grises qui correspondent à tous les autres usages : lave-linge, lave-vaisselle, douche/bain, etc.

La composition des eaux usées d'origine domestique peut être extrêmement variable, et dépend de trois facteurs :

- la composition originelle de l'eau potable, qui elle-même dépend de la composition de l'eau utilisée pour produire l'eau potable, de la qualité du traitement de cette eau, des normes sanitaires du pays concerné, de la nature des canalisations, etc. ;

- les diverses utilisations par les particuliers qui peuvent apporter un nombre quasi infini de polluants : tous les produits d'entretien, lessives mais aussi, solvants, peintures, mercure de thermomètre, colle, etc.

- les utilisateurs eux-mêmes qui vont rejeter de la matière organique dans les égouts (urines et fèces) ; la matière organique est le polluant majoritaire des eaux domestiques. Ce type de rejets apporte également des micro-organismes et des contaminants divers (médicaments), etc. [BAUMONT et al, 2004].

La composition et les caractéristiques d'une eau domestique sont peu variables par rapport aux eaux usées industrielles (voir figure 5).

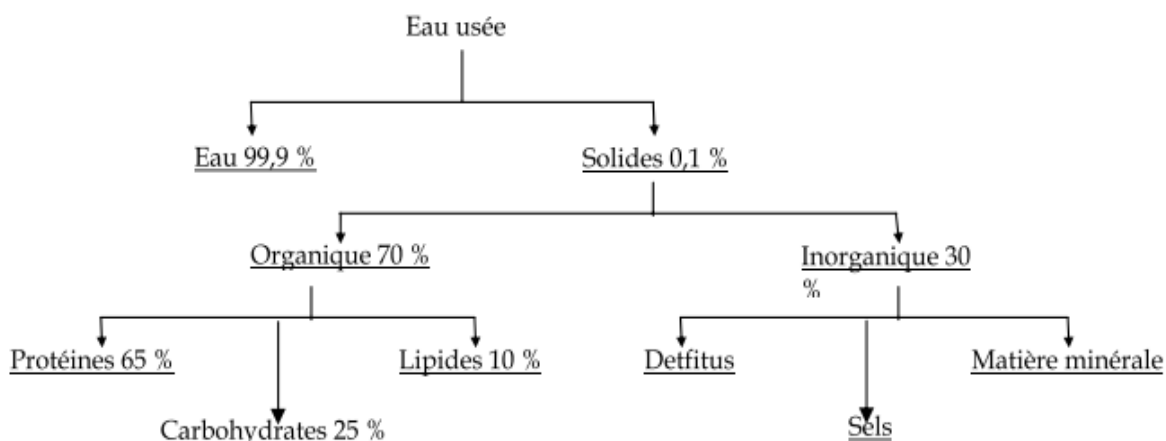


Figure 5 : Composition d'une eau usée domestique [SALGHI, 2004].

II.2.2. Les eaux industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques ou des hydrocarbures [EL RHAZI et al, 2007].

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- soit, ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- soit, ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel

II.2.3. Les eaux agricoles

Il s'agit de rejets liquides agricoles issus du ruissellement d'eau d'irrigation qui entraîne des engrais, des pesticides, des herbicides ou des rejets organiques dus à un élevage important. [BELOKDA, 2009].

II.2.4. Les eaux de ruissellement

Les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine, sont collectées par un réseau qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées, ou non. On distingue :

- les réseaux unitaires : un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables. Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont répartis sur le réseau ;

- les réseaux séparatifs : deux réseaux sont mis en place, l'un pour collecter les eaux usées, l'autre pour les eaux de ruissellement. En principe seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées et rejetées directement. La station ne doit donc théoriquement recevoir qu'un effluent brut de qualité relativement régulière et de débit relativement bien déterminé [BAUMONT et al, 2004].

II.3. La pollution des eaux

Toute pollution est une altération d'une ou plusieurs caractéristiques physico-chimique ou biologique d'une eau.

La pollution des eaux se rapport à : jeter, déverser ou laisser écouler dans les cours des eaux directement ou indirectement, des substances quelconques, dont l'action ou les réactions ont détruit l'environnement [NOUR, 2007].

La pollution hydrique regroupe trois catégories :

II.3.1. Les paramètres physiques

II.3.1.1. Le potentiel d'hydrogène

Le pH mesure la concentration des ions H^+ dans l'eau. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique. La valeur du pH altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existants dans une eau, la plupart des bactéries peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 5 et 9, l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5, des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent la croissance et survie des micro-organismes aquatiques selon l'organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial :

- dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;
- dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroites se situent entre 6,5 et 8,5 [ACHOURI, 2003].

II.3.1.2. La température

La température est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sur:

- La solubilité des sels et des gaz. Il est établi que la solubilité d'un gaz diminue pour une augmentation de la température. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous.

- Aussi, plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition des micro-organismes intervenants dans les processus d'autoépuration.
- Sur la multiplication des micro-organismes, affectant ainsi l'épuration biologique [BEADRY, 1992].

II.3.1.3 Les particules en suspension présentes

Parmi les particules en suspension, certaines, relativement grossières, vont pouvoir décanter ou flotter et se retrouver sous forme de dépôts au fond d'un flacon ou à la surface. On dit alors qu'elles sont sédimentables ou flottantes. Si les particules sont intimement liées à l'eau et ne se retrouvent pas au fond après une durée importante, elles se trouvent en suspension colloïdale .

Pour caractériser l'eau usée, on s'intéresse donc également aux matières en suspension. La mesure est réalisée en faisant passer un échantillon de volume connu à travers une membrane dont la taille des pores est plus petite que la majorité des micro-organismes habituellement présents dans les eaux usées. Le poids sec de la matière recueillie est appelé Matières En Suspension ou MES et est exprimé en milligramme par litre.

Cette mesure est complétée par ce que l'on appelle les Matières Sédimentables (en deux heures), qui est la mesure du volume occupé par le dépôt après une décantation de deux heures et que l'on exprime en millilitre par litre, ml/l .

Ces deux mesures indiqueront la quantité de particules en suspensions présentes dans l'eau, et leur aptitude à former des volumes de sédiments plus ou moins importants [KHATTABI et al, 2001]

Les matières en suspensions (MES) : Elles représentent la partie solide de la pollution, les MES créent généralement une pollution et causent de sérieuses nuisances.

Les matières volatiles sèches (MVS) : Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 70-80% des MES [TARDAT-HENRY, 1995].

II.3.1.4. Les matières sédimentables

Substances qui se déposent sous l'effet de la force de pesanteur. Le test consiste à mesurer la quantité de matières qui s'est déposée spontanément après 2 heures et exprimée en ml/l [BRUNO, 2008].

II.3.1.5. La conductivité

Elle donne une idée sur la salinité de l'eau. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation.

II.3.1.6. La couleur et l'odeur

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques.

- **Couleur** : Elle est normalement grisâtre. La couleur noire indique une décomposition partielle des matières contenues dans les eaux usées, tandis que les autres teintes sont d'origine industrielle. Elle est déterminée à l'aide d'un comparateur optique.

- **Odeur** : L'eau d'égout fraîche à une odeur fade qui n'est pas désagréable. Une odeur nauséabonde indique une eau qui commence à fermenter par stagnation soit dans le réseau d'égout soit avant le rejet [AOULMI, 2007].

II.3.1.7. La turbidité

Elle indique la présence plus ou moins importante des MES d'origine organique ou minérale [BECHAC et al, 1984].

II.3.2. Les paramètres chimiques

II.3.2.1. Demande en oxygène

1. Demande biologique en oxygène

On entend par la demande biochimique en oxygène (DBO_5), la quantité d'oxygène (O_2) consommée dans les conditions de l'essai d'incubation durant cinq (05) jours à une température de $20^\circ C$ et à l'obscurité, pour assurer la dégradation par voie biologique de certaines matières organiques présentes dans l'eau.

Cet important paramètre nous fournit par ailleurs des indications sur le temps, qu'il sera nécessaire de prévoir pour l'épuration biologique et sur les quantités d'air à employer.

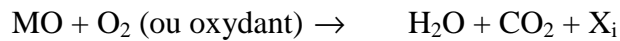
Pratiquement, nous mesurons la consommation d'oxygène dissous (O_2) des microorganismes pendant cinq (05) jours.

La DBO d'une eau résiduaire est généralement inférieure à sa demande chimique en oxygène (DCO) [RODIER et al, 1996].

2. Demande chimique en oxygène

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par oxydation chimique de la totalité des matières organiques et minérales dissoutes dans l'eau.

La détermination de la DCO repose sur la mesure de la quantité d'oxygène ou d'oxydant consommée par les matières dissoutes en suspension lors de la réaction suivante:



Les matières organiques, notées MO, vont s'oxyder pour former du dioxyde de carbone et de l'eau en réduisant l'oxygène ou l'oxydant chimique.

La DCO traduit donc, en quantité d'oxygène, le potentiel d'oxydation d'un oxydant chimique décomposé par les substances réductrices contenues dans l'échantillon de l'eau. Cette méthode permet de doser des composés susceptibles d'épuiser l'oxygène dissous d'un milieu récepteur, s'exprime aussi en milligrammes d'oxygène par litre (mg O₂/l) [LOUDADJI, 2007].

II.3.2.2. Nutriments

Parmi les éléments présents dans l'eau, deux sont très importants parce qu'ils sont 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 NO₃⁻ et de phosphates PO₄⁻.

1. L'azote

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes:

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.
- L'azote ammoniacal (NH₄) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes.
- L'azote nitreux (NO₂⁻) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.
- L'azote nitrique (NO₃⁻) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation.

Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale.

Les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles [SALGHI, 2004].

L'azote est donc principalement trivalent comme dans la molécule d'ammoniac NH₃. Aussi

la molécule de diazote N_2 comporte une triple liaison $N\equiv N$, très stable. Sous cette forme gazeuse et diatomique (N_2).

L'azote organique contenu dans les eaux usées peut provenir d'une foule de produits organiques azotés synthétiques en particulier du fait des rejets industriels, Cet azote peut aussi être d'origine naturelle, résultant de la décomposition des végétaux, des animaux ou de leur métabolisme (acides aminés, protéines, urée, ..., etc.).

Ces dérivés organiques azotés naturels sont biodégradés par les micro-organismes et transformés en azote ammoniacal avant d'être oxydés. Certains dérivés organiques, surtout les produits synthétiques résistent à la biodégradation c'est le cas de la pyridine [RACHULE et al, 1998].

2. Le phosphore

Le phosphore se trouve dans l'eau usée sous deux formes.

- De sels minéraux (Ortho phosphates, poly phosphates)
- De composés organiques.

La présence des ortho phosphates dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique, aux engrais phosphatés industriels entraînés par lessivage ou par infiltration.

Les poly phosphates sont utilisés dans des nombreuses unités industrielles, industries pharmaceutiques.

Les poly phosphates peuvent être toxiques pour l'homme et sont considérés responsables des accidents cardiaques et vasculaires [BENHACINE et al, 1983].

II.3.2.3. Les produits toxiques ou dangereux

1. Les métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques $\mu\text{g/l}$) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple : ils proviennent des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels [CAUCHI et al, 1996].

Les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni) [VILAGINES, 2003].

II.3.3. Les paramètres biologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé par ordre croissant de taille en quatre grands groupes : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

II.3.3.1. Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation.

II.3.3.2. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g [ASANO, 1998]. La majorité de ces bactéries ne sont pas pathogènes. Cependant, chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important. Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire une grande quantité de matière carbonée et de nutriments, et une température relativement élevée (37°C). Leur temps de survie dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différentes, est donc limité. Par ailleurs, les bactéries pathogènes vont se trouver en compétition avec les bactéries indigènes, ce qui limitera leur développement.

Les eaux usées contiennent en moyenne 10⁷ à 10⁸ bactéries/l. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10⁴/l [FABY, 1997]. Le nombre de germes peut être multiplié par 1000 dans les eaux de rivières après un rejet urbain [MIQUEL, 2003].

II.3.3.3. Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister

généralement aux procédés de traitements des eaux usées. On peut citer parmi ceux-ci *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne ou encore *Giardia lamblia*.

II.3.3.4. Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs/l [FABY, 1997].

II.4. L'équivalent habitant

Un équivalent habitant (**EH**) correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 180 à 300 l d'eau par jour.

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml [BADIA- GONDARD, 2003].

II.5. Conclusion

Collectées par le réseau d'assainissement, les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles et des phénomènes naturels.

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante.

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement.

Chapitre III : Traitement des eaux usées

III.1. Introduction

Les eaux usées de nos maisons sont évacuées dans l'égout par un réseau de canalisations complexe. Ce réseau d'eaux usées collecte aussi parfois les eaux pluviales et se compose de plusieurs collecteurs et de plusieurs branchements avant de rejoindre la station d'épuration.

L'eau est salie après usage, si elle n'est pas traitée avant de rejoindre le milieu naturel, elle peut lui causer de graves dommages comme la destruction partielle ou totale de la faune et de la flore.

Il ne faut pas confondre le traitement des eaux, qui a pour fonction de les transformer en eau potable, et l'assainissement des eaux usées rejetées par le consommateur après utilisation. L'assainissement des eaux usées a pour objectif de collecter puis d'épurer les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel, afin de les débarrasser de la pollution dont elles sont chargées.

III.2. Traitement des eaux usées dans la station d'épuration

Une station d'épuration peut s'apparenter à une usine de dépollution des eaux usées avant leur rejet en milieu naturel, généralement en rivière. Par sa fonction, elle est installée à l'extrémité d'un réseau de collecte des égouts et en amont du milieu naturel. Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées, chacun de ces dispositifs étant conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux [VANDERMEERSCH, 2006].

L'épuration des eaux usées consiste à décanter les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station il en résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduaires [AMIR, 2005].

III.3. Implantation de la station d'épuration

La station d'épuration reste un outil fondamental pour la protection des milieux naturels. La valorisation de l'image de la station passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dès l'élaboration du projet en commençant par le choix de l'emplacement du site [PRONOST et al, 2002].

A cet égard, quelques règles doivent être rappelées :

✓ éviter les zones inondables entraînant parfois des dysfonctionnements pendant de longues périodes ; sinon veiller à mettre les équipements électriques hors d'eau,

- ✓ éviter de construire à proximité d'habitations, de zones d'activités diverses (sportives, touristiques, industrielles, ...). Dans la pratique, et pour éviter tout contentieux avec le voisinage, on réserve une distance minimale de 200 m en tenant compte de la dominance des vents (si possible) ;
- ✓ s'éloigner le plus possible des zones de captage même si le périmètre de protection est respecté ;
- ✓ réaliser des études géotechniques (vérification de l'imperméabilité par exemple pour un lagunage). La portance du sol (tenue des ouvrages et des canalisations de liaison) et les qualités de sol conditionnent beaucoup le coût du génie civil ;
- ✓ prendre des précautions particulières lorsqu'un aquifère se situe à faible profondeur (clapets en fond de bassins, ...) ;
- ✓ ne pas implanter les ouvrages dans les zones plantées d'arbres à feuilles caduques (lit bactérien, lagunage, bassin d'aération...) ;
- ✓ penser aux extensions ou aux aménagements futurs (disponibilité et réservations de terrains) [PRONOST et al, 2002].

III.4. Alimentation de la station d'épuration en eau usée (poste de relevage)

Une station de pompage est nécessaire en tête de station lorsque les eaux usées arrivent de trop grande profondeur par rapport au niveau des installations.

La chambre de relevage peut dans certaines stations d'épuration servir de bassin d'orage. Elle permet de stocker les eaux de premières pluies pendant quelques minutes.

Les eaux sont relevées soit par des pompes submersibles (centrifuges), des pompes placées en "cale sèche" ou par des vis d'Archimède.

Par temps secs, les eaux usées relevées par les pompes sont envoyées vers les dégrilleurs fins pour la suite du traitement. Par temps de pluie par contre, le débit dépasse le débit de projet utilisé pour le dimensionnement des ouvrages aval. Les eaux sont dirigées vers un bassin d'orage et renvoyées en tête de station une fois que l'orage sera passé. Si le volume du bassin est insuffisant, les eaux seront envoyées directement dans le cours d'eau récepteur [CATHERINE, 2004]

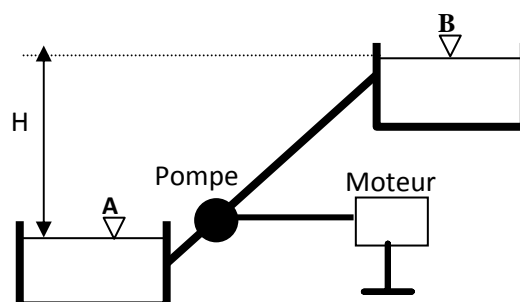


Figure 6 : Représentation schématique de la station de relevage.

III.5. Technique de traitement des eaux usées

Nombreux sont les procédés physiques, chimiques et biologiques qui sont utilisés pour épurer l'eau usée ; devant cette diversité, le choix d'une technique ou l'autre reste tributaire d'une multitude de considérations socio-économiques, techniques et climatiques.

III.5.1. Technique intensive classique

III.5.1.1. Boues activées

Le procédé de traitement par boues activées est un procédé de traitement biologique à culture en suspension. Il est constitué d'un réacteur biologique, où les micro-organismes flottent librement dans un liquide aéré sous forme de petits agglomérats de 3-5 mm.

Ces flocons de boues comprennent des microorganismes hétérotrophes et autotrophes nitrifiants lorsque le temps de séjour de la boue est suffisant pour que leur multiplication produise une biomasse active dans le traitement.

Le substrat contenu dans les eaux usées sert de nourriture pour la multiplication et le développement des microorganismes contenus dans la biomasse. Ils y trouvent leur source de carbone, d'azote, de phosphore et d'oligoéléments.

Dans le bassin d'aération, la fourniture en oxygène est assurée par des organes électromécaniques: aérateurs de surface (turbine ou brosse), ou par insufflation d'air (suffuseur + diffuseurs immergés) [CATHERINE, 2004].

1. Procédés de traitement des eaux usées dans une station d'épurations

De l'entrée de l'usine jusqu'au rejet dans le milieu naturel, les différentes étapes du traitement des eaux usées et les principales tâches effectuées sont schématiquement les suivantes :

1.1. Prétraitement

Avant l'arrivée dans la station d'épuration, les collecteurs des eaux usées charrient des matières très hétérogènes, et souvent grossières. Les eaux qui arrivent à la station d'épuration vont subir en premier lieu des traitements de dégrossissage nommés prétraitements, ceux-ci vont permettre d'extraire la plus grande quantité des éléments dont la taille (détritus grossier), le pouvoir abrasif (sable, argiles) et la masse spécifique (graisses flottantes) risquent de perturber le fonctionnement des étapes ultérieures.

Ces prétraitements constituent une première étape très importante pour assurer un traitement des eaux usées [JARDÉ, 2002].

Trois types principaux peuvent être distingués

1.1.1. Dégrillage

En entrée de station d'épuration, l'eau brute passe à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement, courbés ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontale : les dégrilleurs dont grilles assurent la séparation des éléments grossiers contenus dans les effluents à traiter, afin de prévenir des risques de colmatages des installations en aval, ce sont les déchets issus de cette étape que nous appelons les « refus de dégrillage » [LE HYARIC, 2009].

1.1.2. Dessablage

Les sables et graviers susceptibles d'endommager les installations en aval (ensablement de conduites, des bassins, usure des pompes et autres organes métalliques...) se déposent au fond de bassins conçus à cet effet. Ils sont récupérés de différentes façons : raclage vers une fosse de collecte, pompe suceuse... [INRS, 2004].

1.1.3. Déshuilage-dégraissage

Le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau, ces matières sont de natures très diverses et leurs quantités s'estime par la mesure des « matières extractibles par solvants ». La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/L. Néanmoins, certains rejets industriels (abattoirs, laiteries...) peuvent élever ces valeurs à 300-350 mg/l.

Les huiles et graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées, sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération.

Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³ par mètre cube d'eau et par heure.

Le plus souvent, les fonctions de dessablage et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment [GAÏD, 1993].

1.2. Traitement primaire

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique avec pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables.

Trois voies de traitement sont possibles :

– la décantation (processus physique): le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation;

– la flottation (processus physique): par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient.

– la décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant (voie physico-chimique) : le principe est ici de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la sédimentation grâce à l'obtention de floccs plus gros [BOULKROUNE, 2008].

1.3. Traitement secondaire (Traitement biologique)

L'épuration biologique a pour but d'éliminer la matière polluante biodégradable contenue dans l'eau domestique (décantée ou non) en la transformant en matières en suspension : micro-organismes et leurs déchets, plus facilement récupérables [GAÏD, 1993].

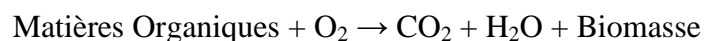
Les traitements biologiques s'apparentent aux procédés de dégradation naturelle, mais de façon plus intensive.

Deux voies sont possibles pour dépolluer les effluents organiques biodégradables :

- **la voie anaérobie** : elle est réalisée en milieu réducteur, où le carbone organique est transformé en CH₄ et en de la biomasse. Ce processus est réalisé par les bactéries anaérobies.

Vu que les eaux domestiques usées sont faiblement polluées, l'anaérobie n'est pas souvent utilisé en station d'épuration urbaine. Un traitement aérobie convient amplement. Le traitement anaérobie sera quant à lui utilisé dans certains effluents industriels très chargés en pollution organique par la suite.

- **la voie aérobie** : cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées, le carbone organique y est dégradé par la respiration bactérienne, la réaction de respiration bactérienne peut être résumée ci-après :



La voie aérobie peut se réaliser par des traitements « conventionnels » ou par des traitements « extensifs ».

Les traitements conventionnels

En pratique, les traitements conventionnels aérobies sont constitués de deux phases successives:

- Le bassin d'aération : Le bassin contient des micro-organismes qui, grâce à l'injection d'O₂, consomment la pollution dissoute et se développent, ce mélange forme les boues activées (ou boues biologiques).

- Le décanteur secondaire (ou clarificateur secondaire) : après le bassin d'aération, l'eau traitée passe par débordement dans le décanteur où elle sera séparée des boues par décantation de celles-ci au fond du décanteur.

Il existe différents types de procédés dans le bassin d'aération : d'une part, les procédés biologiques à cultures libres tels que les boues activées et les systèmes MBR, et d'autre part, les procédés biologiques à cultures fixées tels que les biofiltres [VANDERMEERSCH, 2006].

1.4. Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire, qui n'est pas systématique, est une opération d'affinage de l'effluent avant réintroduction de l'eau épurée dans le milieu naturel.

1.4.1. Réduction des matières en suspension et de la pollution organique biodégradable

Le traitement le plus utilisé afin de réduire les matières en suspension et la pollution organique biodégradable, est la filtration tertiaire qui, selon la nature du matériau utilisé, permet de réaliser une épuration essentiellement physique ou biologique.

1.4.2. Réduction de la pollution organique non biodégradable

Pour fixer les matières carbonées dissoutes non biodégradables (par exemple les détergents), le moyen le plus utilisé est l'adsorption sur charbon actif.

1.4.3. Réduction de la pollution phosphorée : La déphosphatation

Le principal inconvénient de la forte teneur en phosphore dans les eaux est de favoriser l'eutrophisation des cours d'eau, des lacs et des milieux marins.

Ainsi, la réduction des apports phosphorés des eaux usées est en général considérée comme le facteur clé de la lutte contre l'eutrophisation des rivières et des lacs.

Les techniques de déphosphatation qui sont généralement appliquées font appel à des réactions de précipitation (procédés physico-chimiques) ou à des micro-organismes épurateurs qui assurent une sur-élimination du phosphore (procédés biologiques).

1) La déphosphatation chimique se fait grâce à l'utilisation de réactifs (tels que les sels de fer et d'aluminium ou la chaux) qui donnent naissance à des précipités ou complexes insolubles séparés de l'eau par des techniques de séparation solide-liquide.

2) *La déphosphatation biologique* repose sur un transfert de phosphore de la phase liquide (eaux usées à épurer) vers la phase solide (boues) par stockage intracellulaire. Cette accumulation conduit à la formation de granules de polyphosphates (poly-P) et entraîne un enrichissement progressif de la boue en phosphore jusqu'à des teneurs très importantes. Il est alors aisé d'assurer l'élimination du phosphore de l'eau par simple soutirage des boues en excès après une étape de décantation [JARDÉ, 2002].

1.4.4. Élimination des germes pathogènes : La désinfection

La désinfection a pour but de détruire les micro-organismes pathogènes. Les différents procédés de désinfection susceptibles d'être mis en œuvre utilisent :

- Le chlore (à l'état gazeux ou sous forme d'hypochlorite de sodium : eau de Javel). Ce moyen de désinfection et de stérilisation est le plus utilisé et le mieux maîtrisé,
- le bioxyde de chlore (ClO_2) qui est un réactif très performant mais dont la mise en œuvre est délicate et nécessite une surveillance importante,
- l'ozone : il est très performant et très efficace pour l'élimination des virus mais il est encore actuellement peu utilisé en raison du coût élevé de sa mise en œuvre,
- les rayons ultraviolets.

Parmi les différentes techniques de traitements tertiaires, la déphosphatation est celle qui est principalement utilisée dans la majorité des stations d'épuration [JARDÉ, 2002].

1.5. Traitement des boues

Les techniques actuelles d'épuration des eaux usées domestiques ou industrielles, ainsi que les seuils de rejet de plus en plus exigeants et les quantités à traiter de plus en plus grandes, entraînent, au cours des différentes phases de traitement, une importante production de boue. Les boues contiennent en général 95% à 98% d'eau. Les traitements imposés aux boues s'effectuent classiquement en différentes étapes: épaissement, digestion anaérobie, déshydratation, séchage et valorisation. La valorisation est soit agricole (épandage direct ou compostage), soit énergétique (incinération, digestion anaérobie) [BOULKROUNE, 2008].

III.5.1.2. Lit bactérien

L'eau est préalablement décantée, passe dans un dégrillage puis est introduite dans un ouvrage contenant une masse de matériaux (pouzzolane ou plastique) servant de support aux micro-organismes épurateurs qui y forment un film biologique qui assimile la pollution.

La dispersion de l'eau à traiter en surface du lit est réalisée par un dispositif tournant en contre-réaction des jets d'eau. Une aération naturelle est réalisée grâce à des ouïes d'aération. Le

film biologique se décroche au fur et à mesure que l'eau percole. En sortie du lit bactérien se trouve un mélange d'eau traitée et de biofilm. Ce dernier sera piégé dans le décanteur sous forme de boues et l'eau traitée rejoint le milieu naturel. La recirculation des boues vers le décanteur digesteur est essentielle.

III.5.1.3. Disque biologique

Une biomasse est fixée sur des disques tournant autour d'un axe horizontal et baigne en partie dans l'eau à traiter, de manière à se trouver alternativement en contact avec l'eau et l'oxygène de l'air. Un film bactérien se forme sur les disques. Lorsque ce film devient trop épais il se détache et est entraîné vers un décanteur où il forme des boues qui sont en partie recirculées vers l'amont du traitement.

Le dimensionnement (nombre de disques, capacité des cuves...) est effectué par le constructeur. Les données à fournir sont : la charge hydraulique, la charge biologique, la température extérieure, la température de l'effluent, la nature du prétraitement s'il existe, la qualité de l'effluent désirée à la sortie [MICHEL et al, 2003].

III.5.2. Technique extensive

III.5.2.1. Infiltration-percolation

Après décantation primaire, la matière organique des eaux usées est dégradée par une biomasse épuratoire fixée sur les grains de sable et localisée principalement dans les trente premiers centimètres du massif filtrant.

Afin de préserver un équilibre fragile entre l'efficacité de traitement, le maintien d'une conductivité hydraulique suffisante au regard de la finesse du matériau et les risques d'engorgement biologique, des périodes de non alimentation doivent être ménagées.

Pour ce faire, une station est normalement constituée de trois massifs filtrants en parallèle dont un seul est alimenté pendant trois ou quatre jours alors que les deux autres sont au repos pour une semaine.

L'oxydation des composés azotés se déroule sous deux formes :

➤ Nitrification directe de l'azote ammoniacal au cours de la migration dans le massif tant que l'aération le permet localement.

➤ Nitrification décalée de l'azote réduit préalablement absorbé sur le biofilm qui s'opère progressivement pendant la phase de repos.

Elle se traduit par un important lessivage de nitrates avec l'eau des premières bâchées dont la concentration peut largement excéder la teneur moyenne des eaux usées en azote réduit.

En fin de phase d'alimentation, une dénitrification conjointe peut se produire simultanément dans des zones du massif filtrant devenues anoxiques, sans qu'il soit cependant aisé de la quantifier [DERONZIER, 2001].

III.5.2.2. Milieu humide artificiel

Les milieux humides artificiels, sont de plus en plus populaires et leur utilisation pour le traitement secondaire des effluents liquides est grandement avantageuse pour l'environnement, un milieu humide est un milieu construit spécifiquement pour le traitement des eaux usées et limitant le plus possible le fonctionnement des milieux humides naturels.

Les plantes caractéristiques des milieux humides sont capables de tolérer une grande gamme de régimes hydriques allant d'une brève sécheresse à une inondation permanente.

Plusieurs études comportant une comparaison entre un milieu humide avec macrophytes et un autre possédant les mêmes caractéristiques physiques mais sans macrophyte ont démontré que la présence de ces dernières améliore significativement l'efficacité du traitement des eaux usées.

- **Enlèvement des matières organiques :** la matière organique présente dans un milieu humide lors du traitement des eaux usées provient en bonne partie des eaux usées elles mêmes, mais une partie vient aussi de la sénescence des algues et des macrophytes. La décomposition de cette matière organique dans les sédiments est principalement contrôlée par la disponibilité d'accepteurs d'électrons. Pour une décomposition efficace, il est important d'avoir une alternance de zones réductrices et oxydantes.

- **Enlèvement de l'azote :** les principaux mécanismes d'enlèvement d'azote dans les milieux humides sont la nitrification et la dénitrification. La sédimentation, l'assimilation par les plantes et les microorganismes et la volatilisation. Les macrophytes absorbent principalement de l'azote inorganique sous forme de nitrate et d'ammonium, cependant, même si les macrophytes sont en général des plantes très productives, la quantité de nutriments qui peuvent être assimilés par celles-ci est insignifiante par rapport à la charge présente dans les eaux usées [EL AAZZOUZI, 2008].

III.5.2.3. Technique lagunaire

Le lagunage est une technique extensive de traitement des eaux usées constituée de plusieurs bassins étanches en série où se développent bactéries, algues et zooplancton. L'épuration de la matière organique repose sur l'activité de bactéries libres, essentiellement aérobies qui utilisent l'oxygène provenant de la photosynthèse algale, et sur de longs temps de

séjour de l'eau dans les bassins. Le lagunage s'appuyant sur des processus naturels d'autoépuration très dépendants des conditions climatiques locales (ensoleillement, température) s'est développé de façon très diverses selon les pays [BROUILLET et al, 2008].

1. Lagunage naturel

Le lagunage naturel est souvent défini par plusieurs termes: "oxidation pond", "sewage oxydation pond", "sewage lagoon", "waste stabilization-ponds", "étang de mâturation", "étang de stabilisation". C'est un procédé biologique de traitement des eaux usées. Il consiste à laisser l'eau se reposer dans des bassins ouverts peu profonds de 1 à 5 m de profondeur pendant une durée variant de 30 à 60 jours. Il aboutit d'une part à l'abattement de la charge polluante et d'autre part à la stabilisation des boues produites, sous l'action des organismes se développant dans le milieu.

Le lagunage naturel repose sur une décantation directe au fond des bassins des matières en suspension, et indirecte des substances solubles introduites ou remises en solution par les sédiments après leur absorption par les microphytes. Ce procédé est proche de l'autoépuration. Il est basé sur un cycle biologique, où les bactéries assurent l'élimination des matières organiques en présence d'O₂ fourni par les algues [KHATTABI, 2002].

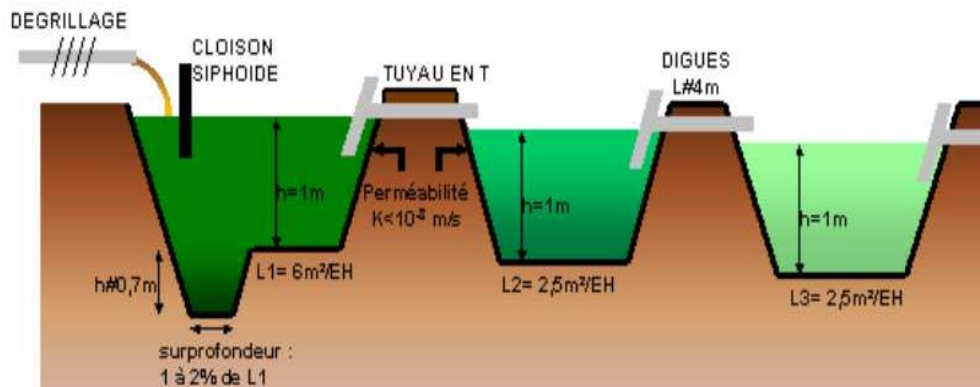


Figure 7: Schéma de principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constitué de trois bassins [BROUILLET et al, 2008].

2. Lagunage à macrophytes

Le lagunage à macrophytes est effectuée dans des bassins étanches en séries dans lesquelles on cultive la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*). Les bassins sont en général totalement couverts de plantes qui maintiennent ainsi des conditions anaérobies de dégradation de la matière organique initiée dans le décanteur-digester. Les boues qui remontent sont piégées par les racines des plantes où se développe une intense activité bactérienne. La fourniture d'oxygène au milieu se fait par l'intermédiaire des racines des plantes.

Le retour progressif aux conditions aérobies se fait dans le dernier tiers des bassins où on maintient seulement 20 % de surface couverte par la laitue d'eau. Les deux premiers tiers sont totalement couverts et destinés à la dégradation de la matière carbonée.

La profondeur optimale est de 0,7 m, et la largeur conseillée est de 3-4 m pour faciliter l'accès et l'exploitation des bassins. Pour atteindre les performances des traitements classiques, l'auteur estime qu'une superficie minimale de 1,3 m² par équivalent habitant est nécessaire, la durée de traitement des eaux usées est fixée à 8 jours pour atteindre une qualité minimale de l'effluent de 70 mg/l de DCO, 20 mg/l de DBO₅, 10 mg/l de MES et une concentration de 8 mg O₂/l en oxygène dissous [KONE, 2002].

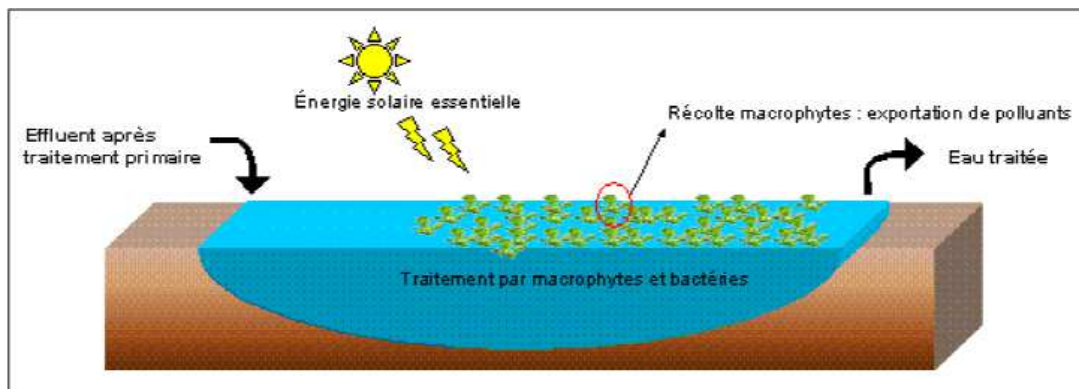


Figure 8: Principe de fonctionnement du lagunage à macrophytes [BROUILLET et al, 2008]

3. Lagunage aéré

L'oxygénation est dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO₅ éliminée).

Dans l'étage d'aération, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons (comparables à ceux présents dans les stations à boues activées).

Dans l'étage de décantation, les matières en suspension que sont les amas de micro-organismes et de particules piégées, décantent pour former les boues. Ces boues sont pompées régulièrement ou enlevées du bassin lorsqu'elles constituent un volume trop important. Cet étage de décantation est constitué d'une simple lagune de décantation, voire, ce qui est préférable, de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément pour procéder à leur curage [BERLAND et al, 2001].

En lagunage aéré, la population bactérienne sans recirculation conduit :

- à une densité de bactéries faible et à un temps de traitement important pour obtenir le niveau de qualité requis ;
- à une floculation peu importante des bactéries, ce qui contraint à la mise en place d'une lagune de décantation largement dimensionnée.

III.6. Réutilisation des eaux usées épurées

Après utilisation, les eaux potables, devenues eaux usées, sont éliminées par une des filières suivantes :

- rejet direct dans le milieu naturel quand le pouvoir auto épurateur de celui-ci est suffisant,
- traitement en station d'épuration et rejet dans le milieu naturel,
- traitement en station d'épuration et réutilisation pour divers usages :
 - soit directement, après traitement, généralement tertiaire,
 - soit indirectement, après passage par les milieux naturels qui apporte souvent un complément d'épuration (recharge de nappes, stockage dans des réservoirs artificiels ou des lacs, rejets en rivière avec transport jusqu'au point d'utilisation),
- épandage, éventuellement après traitement ou prétraitement, pour l'évacuation et l'épuration par le sol.

Les principales utilisations sont les suivantes :

- utilisations urbaines : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, fontaines, auxquelles
- utilisations agricoles : irrigation,
- utilisations industrielles : cette réutilisation est importante en raison du recyclage fréquent des eaux de process qui est souvent justifié par la réduction des consommations mais aussi par la récupération des sous-produits. Mais elle peut aussi concerner les eaux de refroidissement. La réutilisation est plus difficile à envisager pour des eaux de chaudière qui doivent être fortement déminéralisées et pour les eaux des industries agroalimentaires qui doivent avoir la qualité des eaux potables,
- amélioration des ressources et de la qualité des eaux : recharge des nappes, protection contre l'intrusion du biseau salé en bord de mer par recharge de nappes [AVIRON et al, 2000].

III.7. Conclusion

Un citoyen responsable de la qualité de l'environnement sera un consommateur d'eau soucieux avant tout de prévenir la pollution de l'eau en évitant l'apparition même de polluants dans l'eau. L'épuration même très efficace n'est jamais qu'un remède et n'est capable d'éliminer qu'une partie des substances rejetées dans l'eau. De plus, l'épuration de l'eau génère toujours un déchet qu'il faut ensuite éliminer ou recycler.

Le mieux est d'utiliser dans les limites d'une bonne hygiène une quantité minimum d'eau, quelle que soit son origine, eau de pluie ou de distribution. Compte tenu des procédés d'épuration les plus économiques, il est préférable de n'utiliser et de ne rejeter dans l'eau que des matières organiques rapidement biodégradables. Tout mélange de produits de nature très variée complique les méthodes de dépollution qu'il faudra ensuite mettre en œuvre.

Avec le temps et l'évolution des modes de vie, les rejets d'eaux usées ont évolué et sont devenus plus difficiles à traiter. Les rejets domestiques se sont enrichis en produits complexes et polluants. Les réseaux d'assainissement recueillent maintenant les rejets industriels, commerciaux et artisanaux eux aussi chargés en produits polluants. Les eaux de pluies se chargent en produits minéraux et organiques divers et augmentent donc la quantité d'eaux usées à traiter. Si aucun traitement n'est proposé, les cours d'eau se retrouvent pollués, l'épuration des eaux usées a donc pour but de réduire la charge polluante que les eaux usées contiennent pour rendre à la nature une eau suffisamment propre pour son utilisation future.

Chapitre IV: Présentation de la zone d'étude

IV.1. Introduction

Toutefois, Il est essentiel de bien connaître la zone d'étude afin de déterminer et cerner les principaux facteurs influençant le traitement des eaux usées, et de ce fait, la qualité des eaux usées épurées. Ainsi, on s'intéressera à l'environnement du site : situation géographique, conditions climatiques, ressources en eau et en sol, structures sociales locales ainsi qu'aux caractéristiques des eaux usées à traiter. D'autant plus que, c'est en fonction de ces derniers, que se fait le choix même de l'implantation de station d'épuration.

Le présent chapitre donne un aperçu sur la commune de Boumerdes, Zemmouri et Thénia afin d'identifier les caractéristiques de leur environnement, leur potentialités et leur besoins

IV.2. Présentation de la wilaya de Boumerdes

IV.2.1. Situation géographique

La wilaya de Boumerdes est située au nord centre de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 1 456,16 Km², et possède une bande littorale dépassant les 80Kms ; allant du cap de Boudouaou el Bahri à l'Ouest à la limite Est de la commune de Afir, avec une population de 801 068 habitants.

Englobant 09 daïras et 32 communes, elle est limitée au nord par la mer méditerranée, à l'est par la wilaya de Tizi-Ouzou, au Sud par la wilaya de Bouira, au sud-ouest par la wilaya de Blida et à l'ouest par la wilaya d'Alger.

La wilaya constitue un carrefour de passage de la capitale vers l'Est de pays par des voies de communication diverses (chemins de fer et autoroute). Son chef lieu de wilaya est distant de 35 Km de l'aéroport international d'Alger et de 45 Km du chef lieu de la wilaya d'Alger (la Capitale).

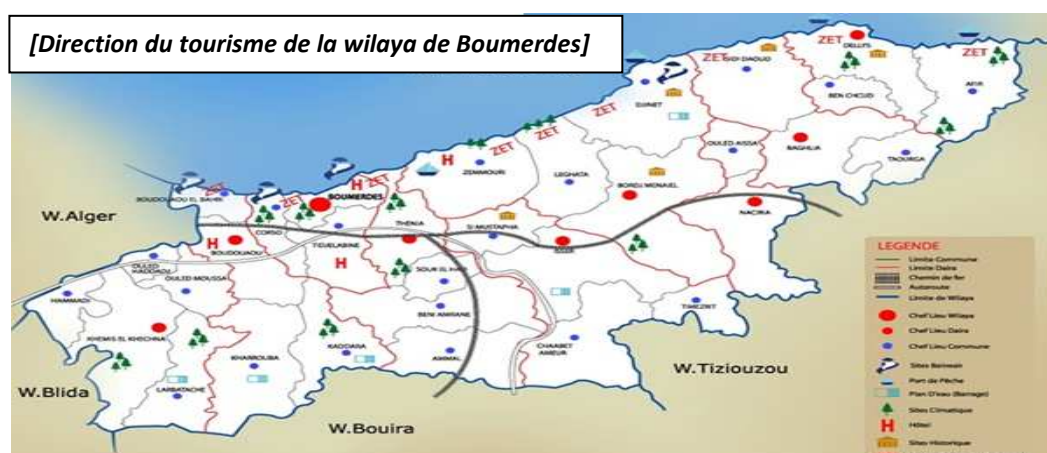


Figure 9 : la situation géographique de la wilaya de Boumerdes

IV.2.2. Climat

Le climat à Boumerdes est méditerranéen, froid et humide en hiver, chaud et sec en été. La pluviométrie varie entre 500 et 1.300 mm par an du mois d'octobre jusqu'au mois de mars.

Les régions littorales sont connues pour leur climat doux et tempéré, la température annuelle moyenne est à l'ordre de 18 degrés Celsius sur le littoral, et de 25 degrés Celsius dans les régions internes de la wilaya

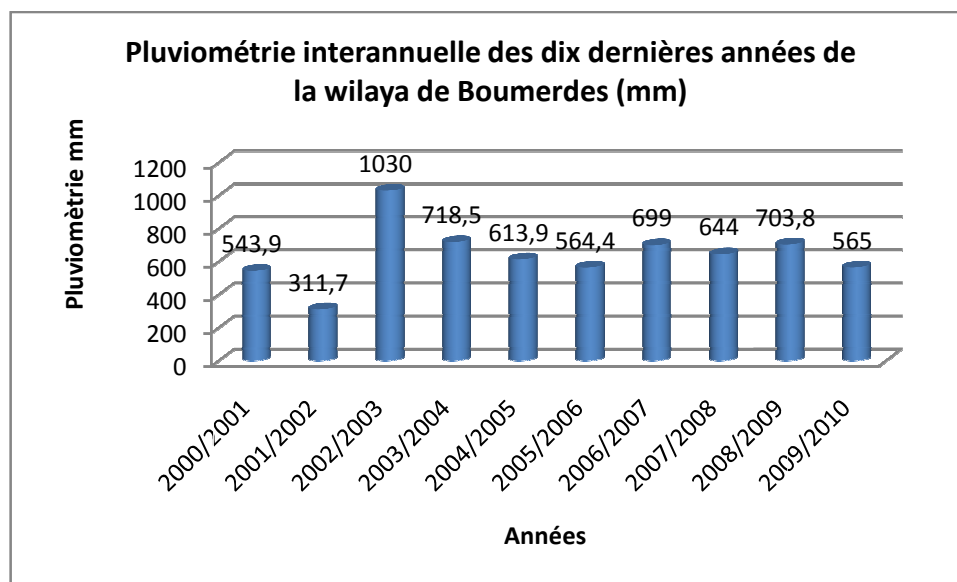


Figure 10 : Pluviométrie interannuelle des dix dernières années de la wilaya de Boumerdes [DHW Boumerdes, 2010]

IV.2.3. Relief

Le relief de la Wilaya de Boumerdes se caractérise par la juxtaposition d'ensembles physiques bien différenciés : La plus grande partie de la wilaya (36,5 %) est un ensemble des terres basses (plaines et vallées) localisées dans le nord de la région, les collines et plateaux (26,5 %) dans la partie intermédiaire et les hautes terres et les massifs montagneux (26 %) sont situés dans le sud

IV.2.4. Population

La population résidente totale des ménages ordinaires et collectifs (MOC) de la wilaya de Boumerdes a atteint 801 068 habitants à la date du 16 Avril 2008. La densité démographique est, en moyenne de 550 habitants/km² et le taux d'accroissement annuel intercensitaire moyen (1998-2008) est estimé à 2.2 %.

En matière de répartition spatiale 57.3 % de la population réside dans les agglomérations chefs-lieux, 30.1 % en agglomérations secondaires et 12.6 % en zone éparsée.

La répartition de cette population sur son territoire est homogène avec toute fois une nette concentration au niveau des agglomérations chefs lieu des communes.

La population de la wilaya de Boumerdes présente des caractéristiques fondamentales résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 02: Quelques caractéristiques de la Population

Population Totale 2008	Taux de Croissance 1998-2008	Densité moyenne (hab./km ²)	Femmes	Hommes	ACL	AS	ZE
801 068	2,2 %	550	48.67%	51 .32%	57.3 %	30.1 %	12.6 %

[RGPH, 2008]

ACL : Agglomération chef lieu

AS : Agglomération secondaire

ZE : Zone éparsé

La population de la wilaya de Boumerdes représente environ 87% de la zone urbaine ce qui fait que le taux de raccordement aux réseaux d'assainissement est important ce qui nécessite un grand nombre de station d'épuration pour traiter ce volume d'eau usée.

IV.2.5. Ressources en eau de la wilaya de Boumerdes

La wilaya est considérée parmi les régions les plus arrosées au niveau national du fait qu'elle reçoit annuellement un volume pluviométrique compris entre 500mm et 1300mm par an. Les eaux souterraines sont constituées par des nappes profondes et superficielles dont le volume est de 93hm³. Bien entendu, les eaux superficielles constituent une ressource non négligeable.

Tableau 03: Potentiel hydrique de la wilaya de Boumerdes

Wilaya	Ressource mobilisée m ³	Eau superficielle m ³	Eau souterraine m ³	Eau non conventionnelle m ³	Affectation m ³	
					AEP & Industrie	Agriculture
Boumerdes	23949952	3660000	8653530	5400000	74130000	2850952

[DHW Boumerdes, 2010]

IV.2.6. Potentiel en sol de la wilaya de Boumerdes

La wilaya dispose d'un potentiel agricole d'une grande valeur dont l'essentiel est situé dans la vallée du bas Isser, la plaine du Sébaou et le périmètre du Hamiz (plaine de la Mitidja Est). La wilaya est classée en zone une (1) à fortes potentialités agricoles. L'agriculture dispose d'une superficie utile (SAU) de 65 738 ha sur une superficie agricole totale (SAT) de 99 592 ha. La superficie agricole irriguée est de l'ordre de 12 200 ha.

IV.3. Présentation de la commune de Boumerdes

IV.3.1. Cadre naturel

IV.3.1.1. Situation et limites géographiques

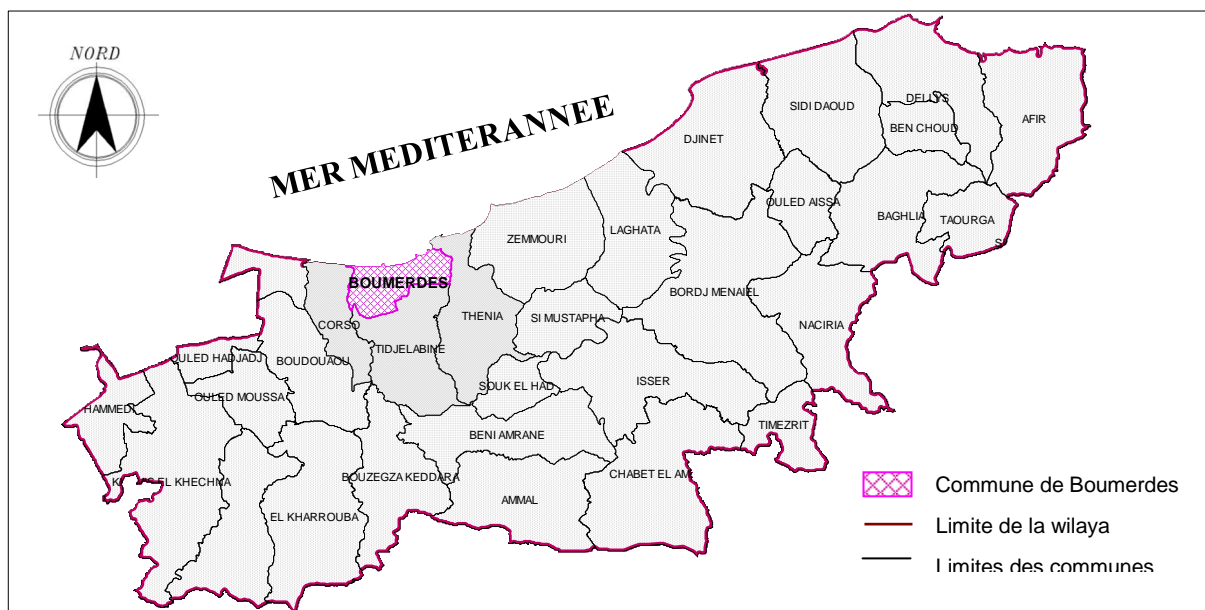


Figure 11: Situation géographique de la commune de Boumerdes

[ABH, 2010]

La commune de Boumerdes occupe 2040 ha, elle est limitée comme suit :

- La mer méditerranée au nord.
- La commune de Tidjelabine au sud.
- La commune de Thénia à l'est.
- La commune de Corso à l'ouest.

Dans son organisation spatiale la commune de Boumerdes regroupe trois (03) agglomérations principales :

- L'agglomération chef lieu à l'ouest.
- L'agglomération secondaire du Figuier (El Kerma) localisée à l'est du chef lieu.
- Les zones éparées, englobant Boukheroucha et le Sahel de Boumerdes.

IV.3.1.2. Hydrographie

Le réseau hydrographique de la commune de Boumerdes est très dense, nous relevons deux oued principaux : Oued Boumerdes et Oued Corso qui déversent directement dans la mer.

Ces deux oueds présentent de nombreuses ramifications dont les plus importantes sont : oued Tatareg, oued Safsaf, oued Bourhédia

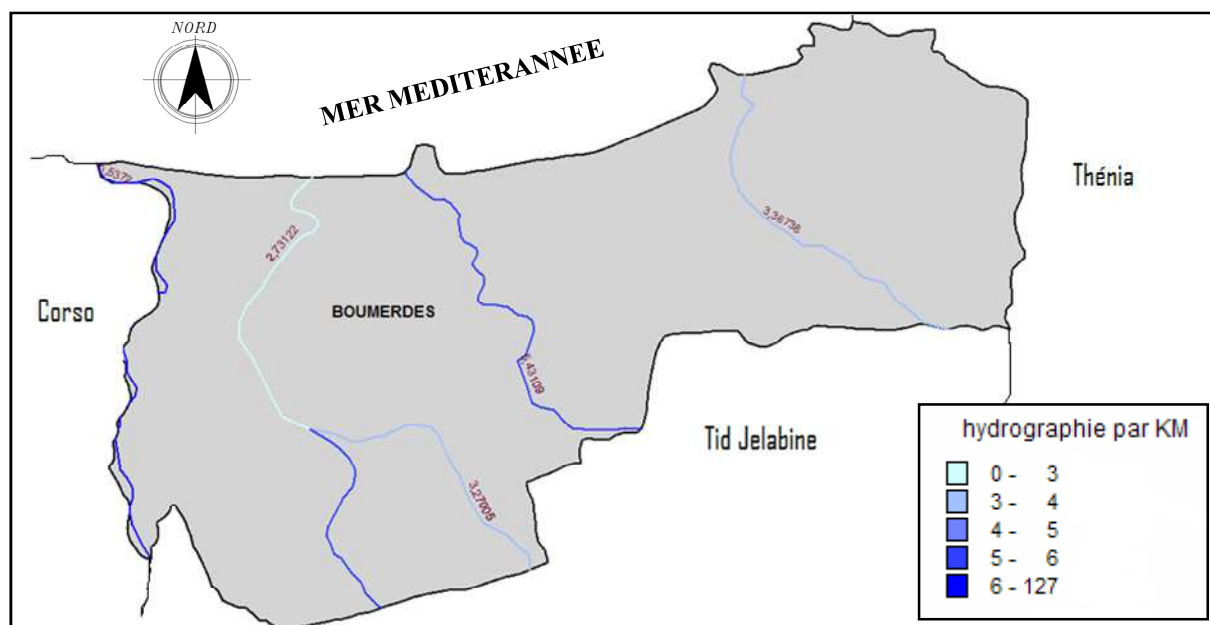


Figure 12 : Réseau hydrographique de la commune de Boumerdes

[ABH, 2010]

IV.3.1.3. Hydrogéologie

Les valeurs des courbes hydro-isohypses de Boumerdes diminuent du sud vers le nord et des bordures vers les vallées, mettent en évidence un écoulement souterrain général des bordures (zone élevée) vers les vallées et du sud vers le nord. L'écoulement ainsi schématisé fait apparaître une ligne de partage des eaux (crête piézométrique) justifiant un substratum qui remonte.

Ceci concorde bien avec les données géologiques, mettant en évidence la profondeur de ce substratum marneux imperméable sous les sables rouges : à moins de 12 m de profondeur dans le plateau quaternaire est et avoisinant les 3-5 m plus au sud de la ville, constituant une sorte de bombement.

IV.3.1.4. Ressources en eau de la commune de Boumerdes

Bien gérer la problématique de l'eau, implique une connaissance aussi parfaite que possible de la disponibilité de la ressource et de sa variabilité dans le temps et dans l'espace, et autant que faire se peut proposer des scénarios prospectifs pour l'analyse du risque et la gestion des crises, dans un avenir où les effets anthropiques sont mal maîtrisés. La wilaya de Boumerdes ne fait pas exception, les ressources hydriques dont on dispose sont plus ou moins limitées, cette limitation est d'abord naturelle, mais elle est accentuée par les besoins toujours croissants du développement démographique et socio-économique, par le gaspillage, ainsi par les différents types de pollutions menaçant la région.

Les ressources en eau mobilisées dans la commune de Boumerdes sont évaluées à près de 884 563,86 m³, soit 3,69 % des ressources en eau mobilisées de la wilaya, dont le volume mobilisé pour les eaux de surface est nul tandis que le volume mobilisé pour les eaux souterraines est de l'ordre de 149606,26 m³.

En plus de ça, il ya un volume très important à mobiliser dans la commune de Boumerdes qui représente un taux de 59,25 % des eaux non conventionnelles de la wilaya et le tableau ci-dessous résume ce potentiel hydrique

Tableau 04: Potentiel hydrique global dans la commune de Boumerdes (Unité : m³).

	Totale ressources mobilisées	Eau superficielle		Eau souterraine			Eau non conventionnelle
		Barrage	Retenue collinaire	Forages	Puits	Sources	Volume d'eau à mobiliser
Commune Boumerdes	884 563 .86	0	0	31496.06	118110.2	0	3200000
Wilaya Boumerdes	23949952	2700000	960000	1606299	7047231	0	5400000

[DHW Boumerdes, 2010]

IV.3.1.5. Ressources en sol de la commune de Boumerdes

L'agriculture dans la commune de Boumerdes dispose d'une superficie utile (SAU) de 785 ha sur une superficie agricole totale (SAT) de 65738 ha. La superficie agricole irriguée est de l'ordre de 180 ha soit un taux de 1,78 % de la superficie totale irriguée dans la wilaya, le tableau suivant présente le potentiel du sol de la commune.

Tableau 05 : Potentiel en sol de la commune de Boumerdes

Commune	Potentiel sol (ha)	Irrigable (ha)	Irrigué (ha)
Boumerdes	785	180	180
Total wilaya	65738	15030	10077

[DSA Boumerdes, 2010]

Les résultats du tableau 5 montre clairement que la superficie irriguée est relativement faible, soit un taux de 1,78 %, cela est justifie par le fait que la commune de Boumerdes est à vocation urbaine, et qu'il ne reste pas grande chose à irriguer (progression du béton)

IV.3.2. Cadre socio-économique

IV.3.2.1. La situation démographique

Tableau 06: Répartition de la population par dispersion en 2008

Dispersion	Population 2008 (Hab)	%
Agglomération chef lieu	30449	73,04
Agglomération secondaire	11075	26,56
Zone éparse	161	0,40
Total	41685	100

[RGPH, 2008]

Ce volet se traduit par une étude démographique de la commune de Boumerdes de 1987 à 2008.

La répartition de la population par agglomération fait ressortir une nette concentration des habitants au niveau du chef lieu de commune avec 30449 habitants, soit 73,04 % de la population totale, cette situation est due à l'existence de différents infrastructures et d'équipements qui mènent une vie facile et meilleure dans l'ACL.

L'agglomération secondaire avec une population de 11075 habitants, soit un taux de 26,56 % et enfin la zone éparse de 161 habitants, soit un taux trop faible de 0,40 % dû à l'exode rural vers le chef lieu de commune, et à la recherche des commodités de vie.

Tableau 07: Evolution de la population 1977-2008

Boumerdes	Population 1977	Population 1987	Taux de croissance %	Population 1998	Taux de croissance %	Population 2008	Taux de croissance %
	10735	22402	7.63	33646	3.77	41685	2,2

[RGPH, 2008]

La lecture du tableau fait ressortir l'accroissement de la population et les différents taux d'accroissement annuels à travers les recensements.

Durant la période 1977-1987 la commune de Boumerdes a enregistré un accroissement de population de l'ordre de 11 667 habitants, soit un taux d'accroissement de 7.63%, ce phénomène est dû à :

- L'accroissement et le mouvement naturel de la population résidente.
- Les flux migratoires de population vers la commune après sa désignation comme chef lieu de wilaya.

Durant la période 1987-1998, le taux d'accroissement a connu une diminution très importante par rapport à la période précédente, du fait qu'il a atteint 3.77%, ce phénomène est dû à une diminution du flux migratoire.

Après cette période et jusqu'au 2008, il a été enregistré un taux d'accroissement de 2,2%, ce léger recule est dû à la stabilité de cette dernière d'une part et aux événements causés par le séisme du 21 mai 2003.

IV.3.2.2. Les activités économiques

Tableau 08: La répartition de la population occupée par branches d'activités (2003) :

Secteur	Agriculture	B.T.H.P	Industrie	Service	Administration et autres	Total
Nombre de personnes	325	842	2261	5155	6895	15478
%	2	5	15	33	45	100

Le tableau ci-dessus montre que la majorité des occupés, soit 45%, de la commune de Boumerdes exercent dans le secteur de l'administration, tendance observée généralement au chef lieu de wilaya, vu la concentration des équipements administratifs.

Les services quant à eux, occupent la seconde place en employant 33% de la population occupée.

Concernant l'industrie, elle occupe 15% de la population, ces derniers travaillent pour la plupart dans les zones industrielles à l'ouest de la wilaya.

L'agriculture occupe un taux de 2% de population occupée qui est très faible.

Concernant l'agriculture, le type d'occupation de sol la commune de Boumerdes se subdivise en patrimoine forestier, localisé principalement sur la chaîne montagneuse de Sidi Boumerdes au sud-est de la commune, occupe une surface de 22 Ha à essence principale de pins d'Alep.

L'occupation des sols par les différentes spéculations agricoles fait ressortir une nette dominance du côté est, avec les cultures maraîchères et les arboricultures avec 394,5 Ha en 2009, soit 50,25 % des terres agricoles utiles de la commune.

La superficie agricole utile de la commune de Boumerdes est de 785 Ha en 2008 dont 180 Ha est irriguée, le volume total des eaux épurées produit de la STEP de Boumerdes est 2 899 599 m³/an, dont le volume réutilisé dans l'agriculture est : 448 094,40 m³/ans, soit 15,45 % du volume total, ce volume est réparti entre deux agriculteurs (El Flici et Rahmmoun) comme suit :

- El Flici : volume exploité est 234 260 ,80 m³ pour irriguer une superficie de 38 ha réparti de la façon suivante : (les orangers : 14 ha, les vignes : 8 ha, pomme de terre : 2ha, courgette : 2 ha, carotte de semence : 12 ha).
- Rahmmoun : volume exploité est 213 833 ,60 m³ pour irriguer une superficie de 33 ha réparti de la façon suivante : (les orangers : 9 ha, les vignes : 22 ha, les poiriers : 2ha)

Le tableau n° 09 ci-dessous représente la superficie irriguée par types de cultures et système d'irrigation pendant deux années et le tableau n°10 illustre la superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage

Tableau 09: Superficie irriguée par types de cultures et systèmes d'irrigation.

Type de culture	Gravitaire		Aspersion		Localisée		Total	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Cultures Maraîchères (Ha)	150,42	31	05	0	11,08	01	166,50	32
Arboricultures (Ha)	70	07	28	0	130	0	228	07
Cultures Fourragères (Ha)	15	0	07	0	13	0	35	0
Cultures Industrielles (Ha)	0	0	0	0	0	0	0	0
Céréales (Ha)	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres Cultures (Ha)	10	06	03	0	0	02	13	08
Superficie totale irriguée(Ha)	245,42	44	43	0	154,08	03	442,50	47

[DSA Boumerdes, 2010]

Tableau 10: Superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage

Année	Nombre	Forage		Nombre	Puits		Surface totale irriguée (Ha)
		Surface (Ha)	Volume (Hm ³ /an)		Surface (Ha)	Volume (Hm ³ /an)	
2009	02	20	0,15	30	25	0,3	45
2010	02	16	0.108	30	31	0.45	47

[DSA Boumerdes, 2010]

Dans la commune de Boumerdes, les agriculteurs irriguent près de 180 ha de leurs exploitations par l'eau souterraine exclusivement

IV.4. Présentation de la commune de Zemmouri

IV.4.1. Cadre naturel

IV.4.1.1. Situation et limites géographiques

La commune de Zemmouri se situe au Nord de Wilaya, son chef lieu de commune est l'agglomération Zemmouri qui se positionne au centre de la commune, et qui constitue le point de convergence de la plupart des localités à travers le territoire communal, ce dernier couvre une superficie de 5050 Ha avec une population de 26409 Hab selon le RGPH 2008

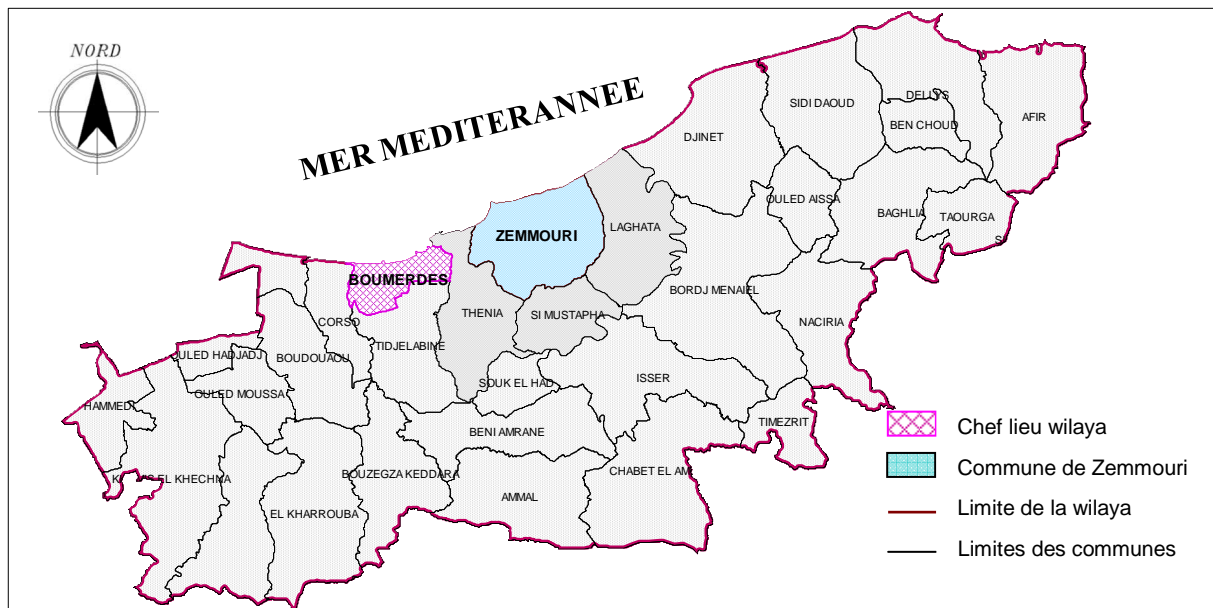


Figure 13: Situation géographique de la commune de Zemmouri

[ABH, 2010]

La commune se trouve limitée comme suit :

Au Nord : Par la Mer Méditerranée

A l'Est : Par la commune de LEGHATA

Au Sud : Par la commune de SI MUSTAPHA

A l'Ouest : Par la commune de THENIA

IV.4.1.2. Hydrographie

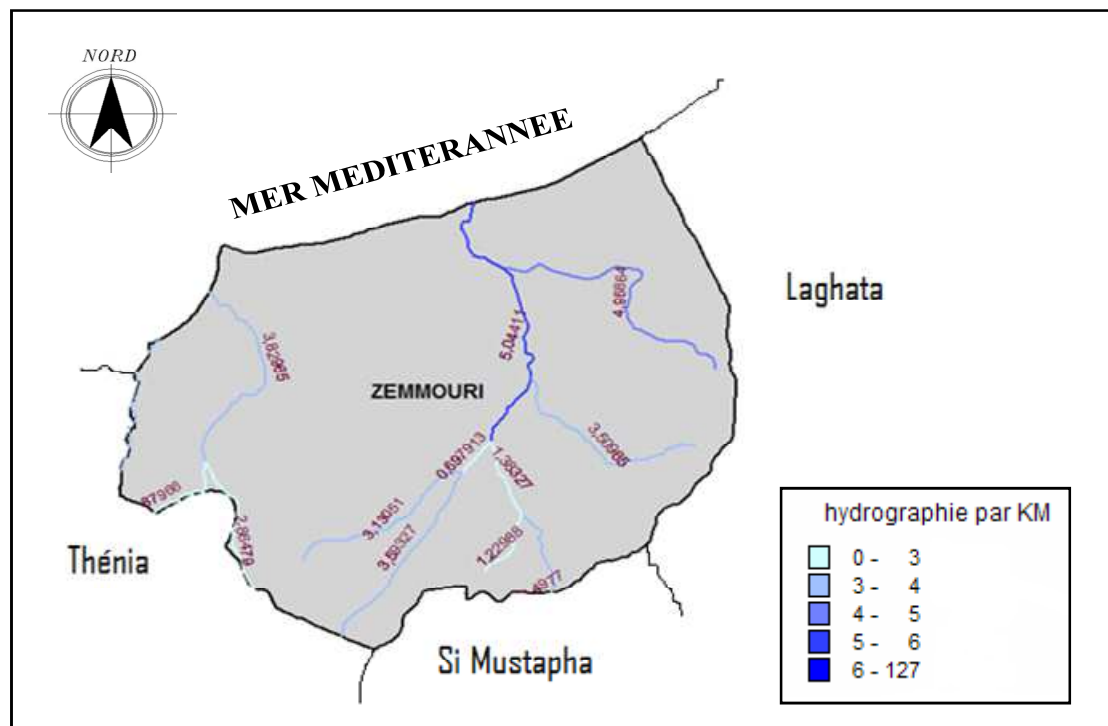


Figure 14 : Réseau hydrographique de la commune de Zemmouri [ABH, 2010]

Le réseau hydrographique de la commune est assez riche à travers la commune et se compose essentiellement de :

- Oued EL MERDJA au centre de la commune.
- Oued BOUDISSA à l'Est de la commune.
- Oued ZAATRA au Sud de la commune.

La région de Zemmouri est traversée du nord au sud par un important édifice hydrologique. Les plus importants sont oued Boudissa, oued Zaatra, Oued Merdja...etc. ils sont sec dans leurs presque totalités en été et connaissent de fortes crues en période hivernale

IV.4.1.3. Hydrogéologie

➤ Les eaux souterraines

▪ Nappe des plateaux quaternaires :

Ces plateaux forment une bande, Est- Ouest, entaillée par des vallées des oueds : Zaatra, Boudissa...etc.

▪ Inféro-flux des oueds côtiers :

Ces aquifères sont d'importance moindre du faite des petites épaisseurs d'alluvions qui les renferment ainsi que leur faible étendu. La nappe des inféro- flux des oueds est peu profonde, elle se situe entre 0.5m et 6m

▪ **Conditions des eaux souterraines :**

Les eaux souterraines de la région de Zemmouri se répartissent en deux niveaux :

Un **niveau supérieur**, représenté par l'eau des sables qui reposent sur substratum marneux imperméable.

Un **niveau inférieur** formé par l'effet de la pression de l'eau qui est exploitée à travers les puits et les sources. Ainsi les eaux trouvées lors d'excavation des fondations appartiennent au niveau supérieur (les plateaux). En général les eaux souterraines coulent vers les vallées et du sud vers le nord.

IV.4.1.4. Ressources en eau de la commune de Zemmouri

Les ressources en eau mobilisées dans la commune de Zemmouri sont évaluées à près de 1124456.28 m³, soit 4,70 % des ressources en eau mobilisées de la wilaya, dont le volume mobilisé pour les eaux de surface est 80000 m³, tandis que le volume mobilisé pour les eaux souterraines est de l'ordre de 345856,68 m³.

En plus de ça, il ya un volume à mobiliser dans la commune de Zemmouri qui représente un taux de 18,51 % des eaux non conventionnelles de la wilaya et le tableau n°11 ci-dessous résume ce potentiel hydrique

Tableau 11: Potentiel hydrique global dans la commune de Zemmouri (Unité : m³).

	Totale ressources mobilisées	Eau superficielle		Eau souterraine			Eau non convention nelle
		Barrage	Retenue collinaire	Forages	Puits	Sources	Volume d'eau à mobiliser
Commune Zemmouri	1124456.28	0	80000	31496.06	314360.62	0	1000000
Wilaya Boumerdes	23949952	2700000	960000	1606299	7047231	0	5400000

[DHW Boumerdes, 2010]

IV.4.1.5. Ressources en sol de la commune de Zemmouri

L'agriculture dans la commune de Zemmouri dispose d'une superficie utile (SAU) de 3197 ha sur une superficie agricole totale (SAT) de 65738 ha. La superficie agricole irriguée est de l'ordre de 273,50 ha soit un taux de 2,71 % de la superficie totale irriguée dans la wilaya, le tableau suivant présente le potentiel du sol de la commune.

Tableau 12: Potentiel en sol de la commune de Zemmouri

Commune	Potentiel sol (ha)	Irrigable (ha)	Irrigué (ha)
Zemmouri	3197	600	273.50
Total wilaya	65738	15030	10077

[DSA Boumerdes, 2010]

IV.4.2. Cadre socio-économique

IV.4.2.1. La situation démographique

Tableau 13: Répartition de la population par dispersion en 2008

Dispersion	Population 2008 (Hab)	%
Agglomération chef lieu	12651	47,90
Agglomération secondaire	10298	39,00
Zone éparsé	3460	13,10
Total	26409	100

[RGPH, 2008]

D'après ce tableau on remarque que la majorité de la population de la commune de Zemmouri est concentrée au niveau de l'agglomération chef lieu avec une population de 12651 habitants, soit un taux de 47,90%, et même cas pour l'agglomération secondaire avec une population de 10298 habitants, soit un taux de 39,00% cette situation est dûe à l'existence de différents infrastructures et d'équipements qui mènent une vie facile et meilleur dans l'ACL, et enfin la zone éparsé avec 3460 habitants, soit un taux faible de 13,10%. Cela s'explique par l'absence des conditions de vie.

Tableau 14: Evolution de la population 1987-2008

Zemmouri	Population	Taux de	Population	Taux de	Population	Taux de
	1987	croissance	1998	croissance	2008	croissance
		%		%		%
	15606	2,74	21006	2,10	26409	2,4

[RGPH, 2008]

La commune de Zemmouri compte 26409 avec un taux d'accroissement de 2,4 % soit un taux supérieur a celui enregistré en RGPH 2008 et au taux d'accroissement national (qui est de 2.16%), ce qui reflète l'attractivité de cette commune.

En constatant sur terrain qu'il y a eu un apport important de population et qui est nettement visible à travers le nombre de nouvelles constructions édifiées dans la période (1998 / 2008).

L'augmentation du taux d'accroissement s'explique aussi par sa position stratégique et la présence des équipements publics importants sur le territoire de la commune.

IV.4.2.2. Les activités économiques

1. Agriculture

Les types d'occupation des sols se subdivisent en trois catégories présentées en ordre décroissant selon leurs aptitudes agricoles.

- ***Terrains à faible rendement***

Ce sont l'ensemble des terres incultes de montagnes ayant une faible valeur agricoles (Broussailles, érosion forêts, maquis ...) ces terrains sont plus ou moins adaptés à l'urbanisation et cela suivant la morphologie du site, ces terrains occupent la partie Sud Ouest de la commune.

- ***Zones de maraîchage***

Ces terrains sont spécialisés dans les cultures maraîchères, même non dotés d'un système d'irrigations, ces parcelles doivent faire l'objet de terrains à protéger

Cette catégorie occupe la partie Nord Est, ainsi que l'Est de la commune (Arboriculture, vignes et maraîchage)

- ***Zones de céréaliculture***

Ils concernent surtout les grandes cultures (Zone de céréaliculture), Leurs sol permettent une mécanisation du travail presque sans limitation, la disponibilité en eau abondante est assurée (Pluviométrie et / ou irrigations), de ce fait ils présentent une très bonne aptitude pour l'agriculture. Ces terrains se trouvent surtout au Sud et à l'Est de la commune.

L'occupation des sols par les différentes spéculations agricoles fait ressortir une nette dominance des cultures maraîchères et les arboricultures dans les trois dernières années.

La superficie agricole utile de la commune de Zemmouri est de 3197 Ha en 2008 dont 273,50 Ha est irriguée, le tableau n°15 ci-dessous représente la superficie irriguée par types de cultures et système d'irrigation pendant les trois dernières années et le tableau n°16 illustre la superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage .

Tableau 15: Superficie irriguée par types de cultures et systèmes d'irrigation.

Type de culture	Gravitaire			Aspersion			Localisée			Total		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Cultures Maraichères (Ha)	150	150	150	15,13	15,13	15	10	10	40	175,13	175,13	205
Arboricultures (Ha)	67,47	67,47	47,5	0	0	0	0	0	0	67,47	67,47	47,5
Cultures Fourragères (Ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cultures Industrielles (Ha)	03	03	0	0	0	0	0	0	0	03	03	0
Céréales (Ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres Cultures (Ha)	18	18	21	0	0	0	10	10	0	28	28	21
Superficie totale irriguée(Ha)	238,47	238,47	218,5	15,13	15,13	15	20	20	40	273,6	273,6	273,5

[DSA Boumerdes, 2010]

Tableau 16: Superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage

Année	Forage			Puits			R. collinaire Petits barrage			Sources			Surface totale irriguée (Ha)
	Nombre	Surface (Ha)	Volume (Hm ³ /an)	Nombre	Surface (Ha)	Volume (Hm ³ /an)	Nombre	Surface (Ha)	Volume (Hm ³ /an)	Nombre	Surface (Ha)	Volume (Hm ³ /an)	
2008	02	08	0,004	140	233,6	0,3	01	30	0,2	01	02	0,002	273,6
2009	02	08	0,004	140	233,6	0,3	01	30	0,2	01	02	0,002	273,60
2010	02	23,5	0,074	100	200	0,8	01	50	0,2	0	0	0	273,50

[DSA Boumerdes, 2010]

IV.5. Présentation de la commune de Thénia

IV.5.1. Cadre naturel

IV.5.1.1. Situation et limites géographiques

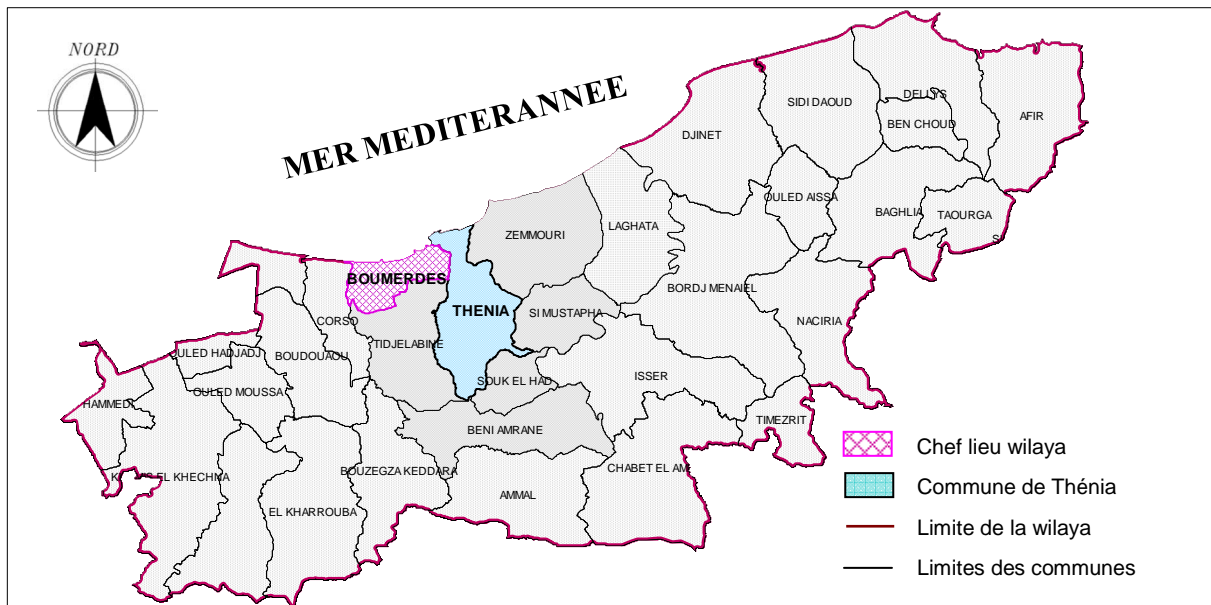


Figure 15: Situation géographique de la commune de Thénia [ABH, 2010]

La commune de Thénia est issue du dernier découpage administratif de 1984, en 1991 elle passe au chef lieu de Daïra et dépendra de la wilaya de Boumerdes.

La commune couvre une superficie de 42.3 Km² pour une population 21439 habitants au recensement de 2008. Elle est située à 50 Km d'Alger et de Tizi-Ouzou et de 10 Km de Boumerdes. Elle constitue de ce fait le passage obligé de la Mitidja à la Kabylie et au Constantine grâce à sa position de carrefour. Elle est limitée :

- Au Nord par la mer méditerranéenne
- A l'Est par Zemmouri et Si Mustapha
- Au Sud par Souk El Had et Beni Amrane
- A l'Ouest par Tidjelabine et Boumerdes.

Par contre ces limites communales correspondent aux limites naturelles se présente ainsi :

- Au Nord par la mer méditerranéenne
- A l'Est par Zaatra
- Au Sud par Oued Azoun
- A l'Ouest par Oued Merchich

IV.5.1.2. Hydrographie

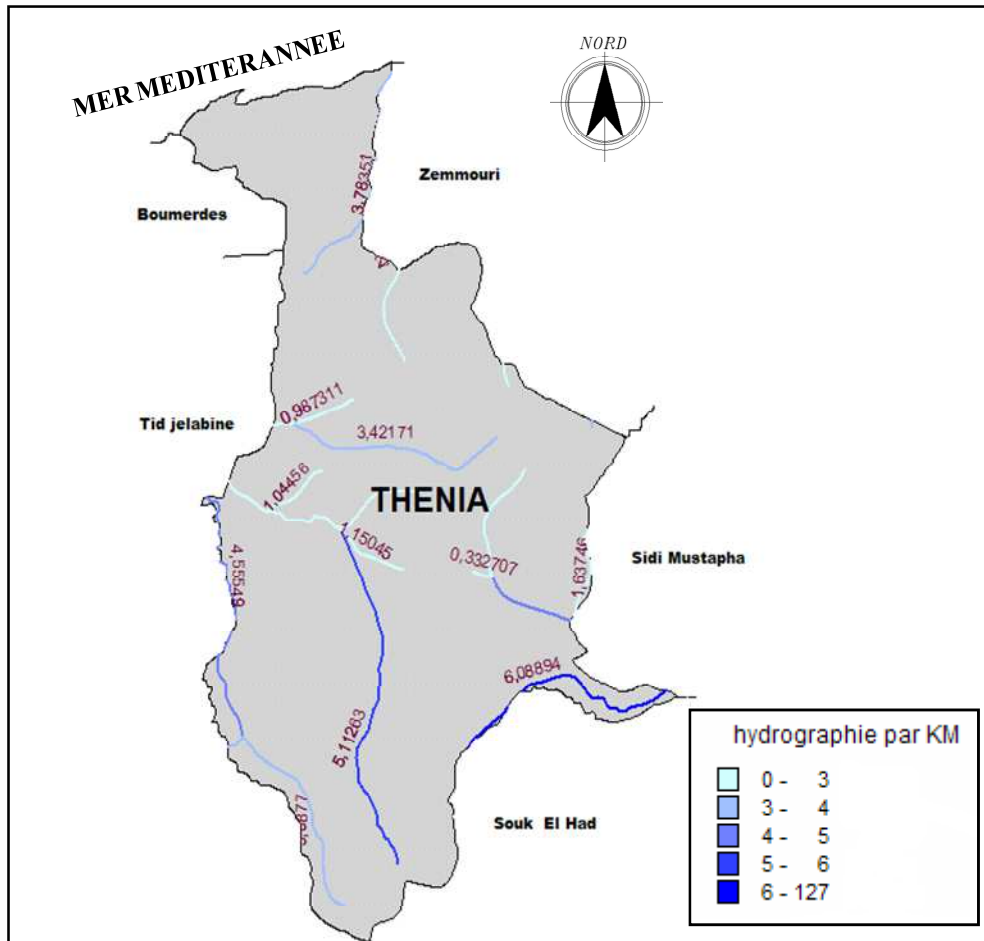


Figure 16 : Réseau hydrographique de la commune de Thénia [ABH, 2010]

La commune de Thénia est traversée par plusieurs Oueds dont les plus importants sont :

- Oued ARABIA du côté sud du village Tamsaout, il traverse la voie ferrée allant vers Constantine et autoroute RN 5, d'une hauteur de 2 m, il achemine la sortie du côté Est de la commune et descend vers Oued ISSER.
- Oued TRIBOU, il débute du côté sud du chef lieu, il traverse la cité « TRIBOU » et se prolonge sous les habitations par un ovoïde de diamètre 600 qui traverse toute la ville jusqu'à la voie ferrée pour déverser dans Oued ARABIA à l'Est de la ville.
- Oued LAHDJEL (MERCHICHA), il débute du côté de la commune et il traverse l'autoroute au niveau de HAI LOUZ, il achemine vers Oued BOUFROUNE ensuite vers la mer.
- Oued GUEDARA qui commence du côté sud de la commune de THENIA en traversant la voie ferrée, RN 5 et ex RN 5, il achemine vers Oued BOUFROUNE.

IV.5.1.3. Ressources en eau de la commune de Thénia

Les ressources en eau mobilisées dans la commune de Thénia sont évaluées à près de 39370 m³, soit taux trop faible (0,16 %) par apport des ressources en eau mobilisées de la wilaya, dont le volume mobilisé pour les eaux de surface est pratiquement nul, tandis que le volume mobilisé pour les eaux souterraines est de l'ordre de 39370 m³.

Ajoutant un volume à mobiliser dans la commune de Thénia qui représente un taux de 22,22 % des eaux non conventionnelles de la wilaya et le tableau n°17 ci-dessous résume ce potentiel hydrique.

Tableau 17: Potentiel hydrique global dans la commune de Thénia (Unité : m³)

	Totale ressources mobilisées	Eau superficielle m ³		Eau souterraine m ³			Eau non conventionnelle
		Barrage	Retenue collinaire	Forages	Puits	Sources	Volume d'eau à mobiliser
Commune Thénia	39370	0	0	0	39370	0	1200000
Wilaya Boumerdes	23949952	2700000	960000	1606299	7047231	0	5400000

[DHW Boumerdes, 2010]

IV.5.1.4. Ressources en sol de la commune de Thénia

L'agriculture dans la commune de Thénia dispose d'une superficie utile (SAU) de 835 ha sur une superficie agricole totale (SAT) de 65738 ha. La superficie agricole irriguée est de l'ordre de 20 ha soit un taux de 0,02 % de la superficie totale irriguée dans la wilaya, le tableau suivant présente le potentiel du sol de la commune.

Tableau 18: Potentiel en sol de la commune de Thénia

Commune	Potentiel sol (ha)	Irrigable (ha)	Irrigué (ha)
Thénia	835	20	20
Total wilaya	65738	15030	10077

[DSA Boumerdes, 2010]

IV.5.2. Cadre socio-économique

IV.5.2.1. La situation démographique

Cette analyse sera établit en se référant au recensement général de la population et de l'habitat de l'année 2008.

Tableau 19: Répartition de la population par dispersion en 2008

Dispersion	Population 2008 (hab.)	%
Agglomération chef lieu	15558	72 ,56
Agglomération secondaire	4660	21 ,74
Zone éparse	1221	5,70
Total	21439	100

[RGPH, 2008]

D'après ce tableau on remarque que la majorité de la population de la commune de Thénia est concentrée au niveau de l'agglomération chef lieu avec une population de 15558 habitants, soit un taux de 72 ,56%, cette situation est due à l'existence de différents infrastructures et d'équipements qui mènent une vie facile et meilleur dans l'ACL. Le reste de la population est répartis en deux :

L'agglomération secondaire avec une population de 4660 habitants, soit un taux de 21 ,74% et enfin la zone éparse de 1221 habitants, soit un taux faible de 5,70%. Cela s'explique par l'absence des conditions de vie.

Tableau 20: Evolution de la population 1977-2008

Thénia	Population 1977	Population 1987	Taux de croissance %	Population 1998	Taux de croissance %	Population 2008	Taux de croissance %
	13228	18781	3,56	18712	-0,03	21439	1,2

[RGPH, 2008]

D'après l'analyse de ce tableau, on remarque un taux d'accroissement de 3,56% entre 1977 et 1987 qui ne diffère pas énormément à celui retenu au niveau national qui est de 3,80%. Cette situation s'explique par le découpage administratif de 1984 qui a donné à Thénia le statut d'une commune.

Par contre en 1998 la population de Thénia à marquer une baisse, soit un taux de (-0,03%), cela est due à l'insécurité pendant cette période et l'exode vers les autres villes afin de trouver plus de sécurité et de mener une vie normale.

En 2008 la population de la commune à atteint 21439 habitants, soit un taux 1,2 %, ce taux faible s'explique par le manque de conditions de vie et l'insécurité au niveau de Thénia.

Concernant l'analyse de l'évolution de la population, les chiffres les plus remarquables est le taux d'accroissement négative de la zone éparsé entre 1987 et 1998 qui s'explique par :

- Une partie de la zone éparsé est devenu agglomération secondaire en 98
- Exode interne au profit de l'agglomération chef lieu en vue de trouver une vie meilleur.

On remarque aussi qu'en 2008 l'ACL à enregistré un taux d'accroissement de 1,2 % malgré ce taux est très faible mais elle reste la plus peupler par rapport à l'agglomération secondaire et la zone éparsé. Cela est dû à la concentration des infrastructures et équipements au niveau de l'ACL.

IV.5.2.2. Les activités économiques

1. Activité industrielle

La commune de Thénia n'a pas de tradition industrielle, mais il existe deux usines, la première SOMIVER, production de verre et la deuxième située à la sortie Ouest de Thénia pour la production de conserveries.

2. Activité agricole

Thénia n'est pas à vocation agricole, car le secteur est le moins dynamisé du fait de l'irrégularité du relief et l'exode rural. D'après la subdivision agricole, on a 835 ha terres utilisés par l'agriculture et 1182 ha terre improductif dont fait partie l'exploitation forestière.

L'occupation des sols par les différentes spéculations agricoles fait ressortir une faible existence de toutes les cultures dans la commune de Thénia.

La superficie agricole utile de la commune de Thénia est de 835 Ha en 2008 dont 20 ha est irriguée, le tableau n°21 ci-dessous représente la superficie irriguée par types de cultures et système d'irrigation pendant les trois dernières années et le tableau n°22 illustre la superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage .

Tableau 21: Superficie irriguée par types de cultures et systèmes d'irrigation.

Type de culture	Gravitaire			Aspersion			Localisée			Total		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Cultures Maraîchères (Ha)	4,90	13	07	0	0	0	0	0	0	4,90	13	07
Arboricultures (Ha)	1,10	1,50	1,50	0	0	0	0	0	0	1,10	1,50	1,50
Cultures Fourragères (Ha)	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0
Cultures Industrielles (Ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Céréales (Ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autres Cultures (Ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Superficie totale irriguée(Ha)	6,50	14,50	8,50	0	0	0	0	0	0	6,50	14,50	8,50

[DSA Boumerdes, 2010]

Tableau 22: Superficie irriguée et volume d'eau utilisé à partir de chaque type d'ouvrage

Année	Forage			Puits			Surface totale irriguée (Ha)
	Nombre	Surface (Ha)	Volume (Hm ³ /an)	Nombre	Surface (Ha)	Volume (Hm ³ /an)	
2008	0	0	0	10	6,5	0,013	6,50
2009	0	0	0	10	14,5	0	14,5
2010	0	0	0	10	8.50	0.035	8.50

[DSA Boumerdes, 2010]

IV.6. Conclusion

La wilaya de Boumerdes avec ces trois communes qui sont respectivement Boumerdes, Zemmouri et Thénia est située sur le littoral, caractérisé par un climat typiquement méditerranéen avec influence maritime, renferme d'importantes potentialités agricoles, La wilaya est considérée parmi les régions les plus arrosées au niveau national du fait qu'elle reçoit annuellement un volume pluviométrique compris entre 500 mm et 1300 mm par an. Les eaux souterraines sont constituées par des nappes profondes et superficielles dont le volume est de 93hm³. Bien entendu, les eaux superficielles constituent une ressource non négligeable.

La population est en pleine évolution, et ce concentre beaucoup plus au niveau des sites fortement urbanisés, de par sa situation géographique, la région sera par conséquent sensible à l'activité humaine qui peut générer éventuellement des pollutions résiduelles qui vont affecter l'écosystème et l'environnement.

Chapitre V : Présentation des stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

V.1. Introduction

Les eaux usées ménagères, industrielles et agricoles sont acheminées jusqu'à la station d'épuration, qui se situe le plus souvent à l'extrémité d'un réseau de collecte. L'eau est alors en partie traitée avant d'être rejetées dans le milieu naturel.

L'objectif de la station d'épuration n'est pas de rendre l'eau potable mais acceptable par la nature. Les eaux sales provenant des égouts sont tout d'abord filtrées pour éliminer les débris. En les laissant ensuite reposer, on peut facilement récupérer les graisses qui flottent et les particules solides qui coulent. Il ne reste qu'à introduire des bactéries dans les bassins. Elles vont se nourrir des derniers déchets avant de couler. L'eau, enfin propre, peut retourner à la nature.

Le traitement des eaux usées dans les stations d'épuration à boues activées est l'une des techniques les plus appropriées de traitement des eaux usées pour notre pays, réunissant toutes les conditions favorables à son exploitation.

On a choisi, pour évaluer l'efficacité de cette technique, de baser le présent chapitre sur l'étude des stations d'épuration à boues activées de la wilaya Boumerdes.

V.2. Présentation des trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

La wilaya compte actuellement trois stations d'épuration des eaux usées (STEP) localisées à Boumerdes, Thénia et Zemmouri.

Des produits dérivés de l'exploitation des stations d'épuration par l'office d'assainissement de Boumerdes, consistant en des eaux traitées et des boues pouvant être utilisées respectivement pour l'irrigation des terres agricoles et l'amendement des sols.

V.2.1. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Boumerdes

La station d'épuration de Boumerdes est construite pendant la période 1997-2001 par les entreprises HYDOTRAITEMENT (génie civil) et DEGREMONT (Equipement) ; Elle a été mise en service en 2001 et traite les eaux usées, par le procédé des boues activées à faible charge avec prétraitement, traitement biologique, clarification pour la filière eau, et épaissement, déshydratation mécanique pour la filière boue, aujourd'hui, la station a une capacité maximale de traitement de 75 000 Equivalent Habitant et elle traite des eaux usées d'origines urbaines ; elle est située à proximité de Oued TATAREG qui recueille les eaux épurées, la station est gérée par l'ONA (Office national d'assainissement), cet organisme de traitement des eaux usées regroupe 3 municipalités (Boumerdes, Corso et Tidjelabine) raccordé

avec la STEP par un réseau d'assainissement de type unitaire. Elle s'étend sur une superficie de 34 966,15 m².



Figure 17 : Représentation de la STEP de Boumerdes, Juillet 2009

Les données techniques de base ayant servi au dimensionnement des ouvrages sont les suivantes :

Tableau 23 : Données techniques de base ayant servi au dimensionnement de la STEP de Boumerdes [ONA ,2010].

Paramètre	Unité	Valeur
Capacité de traitement	(Eq/hab)	75 000
Volume journalier moyen	m ³ /j	15000
Débit moyen horaire	m ³ /h	625
Débit de pointe de temps sec	m ³ /h	1063
Débit de pointe de temps de pluie	m ³ /h	1944
Charge polluante DBO ₅	kg/j	4050
Charge polluante MES	kg/j	5250
Poids de boues en excès	kg/j	4374
Siccité des boues	%	15±1

V.2.1.1. Caractéristiques techniques

La station de traitement des eaux usées de Boumerdes comporte 2 filières de traitement (eau, boues). La filière eau comporte un poste de relevage, des ouvrages de prétraitement, un bassin d'aération, et un clarificateur sucé. Les boues sont déshydratées avec un filtre à bandes puis sont transportés à la décharge publique et le tableau suivant représente les différentes caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Boumerdes.

Tableau 24 : Caractéristiques techniques des ouvrages de la station d’épuration de Boumerdes

Etapes de traitement	Caractéristique techniques
Arrivées des eaux	Panier de dégrillage
	3 groupes électropompes 150 m3/h
	Bassin d'orage
Prétraitement	un dégrilleur automatique fin du type champ courbe, espacement entre barreaux 20 mm
	un dégrilleur de secours à nettoyage manuel, espacement entre barreaux 20 mm
	Deux Dessableur déshuileurs cylindriques
Traitement biologique	3 bassins d'aérations : volume utile 3600 m3
	Sonde à oxygène
	3 clarificateurs équipés chacun d'un pont racleur radial: diamètre 24m, hauteur d'eau cylindrique 2,6m
	Canal de compage et désinfection
Traitement des boues	un épaisseur de diamètre intérieur 13 m
	Déshydratation mécanique des boues : type superpress ST3, largeur de bande 2m
Epaississement	Poste de préparation de polymère
	Bande transporteuse sortie superpress
	Sauterelle de transfert des boues déshydratées

[ONA ,2010]

La station d’épuration de Boumerdes traite les eaux usées qui proviennent essentiellement des activités domestiques dont les paramètres de pollution de conception sont limités et fixés à la sortie de la STEP selon les normes de l’OMS (Organisation Mondiale de la Santé) comme les représente le tableau ci-après

Tableau 25: Paramètres de pollution de conception de la Station d’épuration de Boumerdes

Paramètre	STEP Boumerdes		
	Concentration maximal autorisés en entrée	Concentration maximal admissible en sortie	Abattement (%)
DBO ₅ (mg/l)	270	30	88,89
DCO (mg/l)	750	90	88,00
MES (mg/l)	350	30	91,43

[ONA ,2010]

Pour disposer de données fiables concernant le suivi des principaux paramètres physico-chimiques de pollution, nous avons cherché à obtenir le maximum de données disponibles. Nous avons récapitulé dans les tableaux suivants les concentrations moyennes mesurées en entrée et en sortie de station d’épuration pour la période 2008-2010

Tableau 26 : Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en entrée de station d'épuration de Boumerdes

Concentrations	MES	DBO ₅	DCO	NTK	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P0 ₄ ⁻³
Concentration moyenne (mg/l)	238,13	262,41	597,60	54,63	31,94	2,55	7,19
Concentration minimum (mg/l)	48,14	20	115,2	8,12	2,52	0,04	1,04
Concentration maximum (mg/l)	2400	2500	3264	218,96	126,54	43,92	64,44
Nombre de valeurs	706	139	147	139	142	138	140

[ONA ,2010]

Tableau 27: Relations entre les paramètres de pollution en entrée de station de Boumerdes

Ratio	Valeurs calculées	Valeurs usuellement rencontrées
DCO /DBO ₅	2,27	2 - 3

[ONA ,2010]

Tableau 28: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en sortie de station d'épuration de Boumerdes

Concentrations	MES	DBO ₅	DCO	NTK	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P0 ₄ ⁻³
Concentration moyenne (mg/l)	13,56	10,90	42,40	16,78	5,19	9,23	2,77
Concentration minimum (mg/l)	1,00	1,00	1,00	0,28	0,00	0,00	0,20
Concentration maximum (mg/l)	80	58	124,8	57,4	26,9	36,6	22,4
Nombre de valeurs	712	135	147	137	135	140	139

[ONA ,2010]

Le réseau d'assainissement est de type unitaire, les collecteurs principaux s'orientent vers la station d'épuration en régime gravitaire et forcé dans le cas morphologique défavorable où des stations de relevage sont réalisées.

Le réseau principal développe une distance d'environ 12 km et se compose de collecteurs principaux :

- Conduite gravitaire : commune de Tidjelabine station de relevage =4360 ml en DN 600.
- Conduite gravitaire : commune de Tidjelabine STEP l= 2354 ml en DN500.
- Conduite de refoulement: station de relevage 1 regard de dissipation l=180 ml en DN 300
- Conduite gravitaire : regard de dissipation station de relevage 3 l= 744ml en DN600
- Conduite de refoulement : station de relevage 2 regard de dissipation l= 963ml en DN400
- Conduite gravitaire : regard de dissipation station de relevage 3 l= 350ml en DN600
- Conduite de refoulement : station de relevage 3 STEP l= 2180ml en DN600

La STEP de Boumerdes a huit stations de relevage (SR) dont les caractéristiques techniques sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 29 : Caractéristiques techniques des stations de relevage de la STEP de Boumerdes

Désignation	Caractéristiques	Désignation	Caractéristiques
SR 1	Débit unitaire : 37 l/s, HMT : 10m	SR 5	Débit unitaire : 26 l/s, HMT : 47 m
	Nombre de pompes : 04		Nombre de pompes : 02
SR 2	Débit unitaire : 45 l/s, HMT : 31m	SR 6	Débit unitaire : 15,2 l/s HMT : 39 m
	Nombre de pompes : 04		Nombre de pompes : 02
SR 3	Débit unitaire : 151 l/s HMT : 41m	SR 7	Débit unitaire : 15,2l/s HMT : 39 m
	Nombre de pompes : 04		Nombre de pompes : 02
SR 4	Débit unitaire : 86 l/s, HMT: 22 m	SR 8	Débit unitaire : 15 ,2l/s HMT : 39 m
	Nombre de pompes : 02		Nombre de pompes : 02

[ONA ,2010]

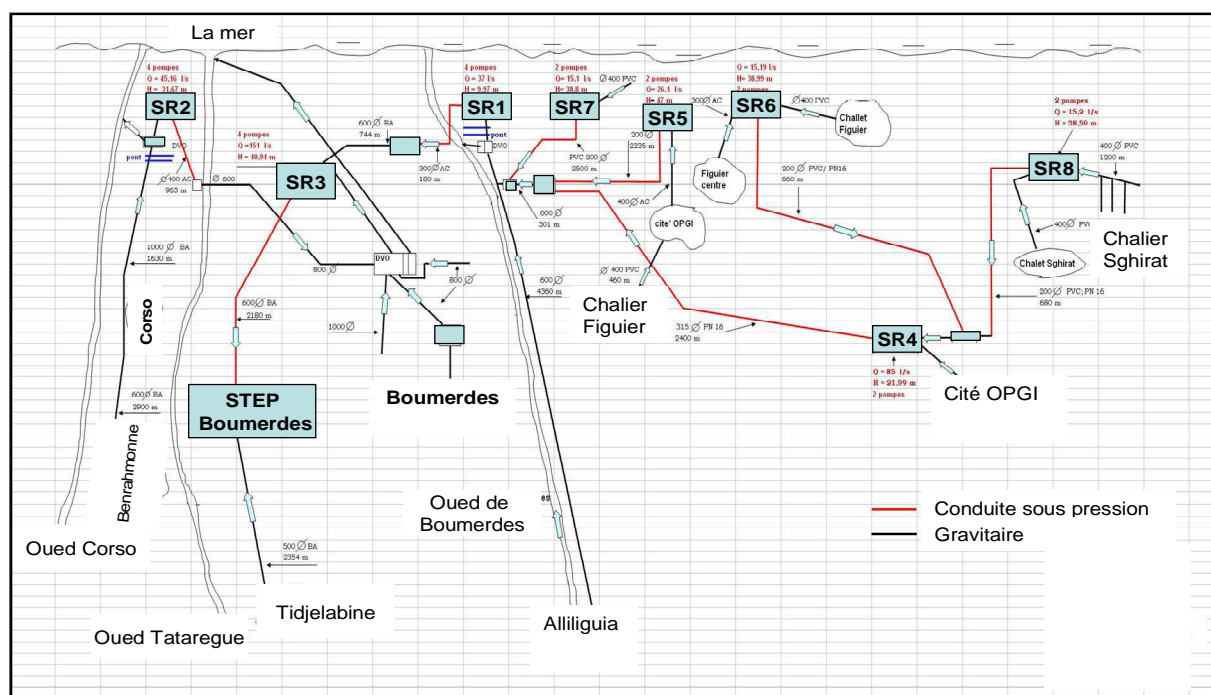


Figure 18 : Schéma représentant le système d’assainissement de la commune de Boumerdes

[ONA, 2010]

V.2.2. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Zemmouri

La station de traitement des eaux usées de Zemmouri a été construite pendant la période 1997-2001 par les entreprises HYDOTRAITEMENT (génie civile) et DEGREMONT (Equipement) et a été mise en service en 2001 avec une capacité de 25 000 équivalent habitants, la station est exploitée en régie par l'Office Nationale d'Assainissement de Boumerdes (ONA). Elle s'étend sur une superficie de 56 039,30 m². Le procédé biologique adopté pour traiter l'effluent est de type Boue activée à faible charge avec Prétraitement, Traitement biologique, Clarification pour la filière eau, et épaissement, Déshydratation mécanique pour la filière Boue. Cet organisme de traitement des eaux usées regroupe 2 municipalités (Zemmouri, Zaatra) raccordé avec la STEP par un réseau d'assainissement de type unitaire.



Figure 19 : Représentation de la STEP de Zemmouri, Juillet 2009

Les données techniques de base ayant servi au dimensionnement des ouvrages sont représentés dans le tableau ci-après.

Tableau 30: Données techniques de base ayant servi au dimensionnement de la STEP de Zemmouri

Paramètre	Unité	Valeur
Capacité de traitement	(Eq/hab)	25 000
Volume journalier moyen	m ³ /j	5664
Débit moyen horaire	m ³ /h	236
Débit de pointe de temps sec	m ³ /h	440
Débit de pointe de temps de pluie	m ³ /h	795
Charge polluante DBO ₅	kg/j	1985
Charge polluante MES	kg/j	2140
Poids de boues en excès	kg/j	1567,5
Siccité des boues	%	15±1

[ONA ,2010]

V.2.2.1. Caractéristiques techniques

La station de traitement des eaux usées de Zemmouri comporte 2 filières de traitement (eau, boues). La filière eau comporte un poste de relevage, des ouvrages de prétraitement, un bassin d'aération, et un clarificateur sucé. Les boues sont déshydratées avec un filtre à bandes puis sont transportés à la décharge publique et le tableau ci-dessous représente les différentes caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Zemmouri.

Tableau 31: Caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Zemmouri

Etapes de traitement	Caractéristique techniques
Prétraitement	un dégrilleur automatique fin du type champ courbe, espacement entre barreaux 20 mm
	un dégrilleur de secours à champ droit à nettoyage manuel, espacement entre barreaux 20 mm
	Deux Dessableur déshuileurs cylindriques
Traitement biologique	2 bassins d'aérations : volume utile 3000 m ³
	Sonde à oxygène
	2 clarificateurs équipés chacun d'un pont racleur radial: diamètre 19m, hauteur d'eau cylindrique 2,6m
	Canal de compage et désinfection
Traitement des boues	un épaisseur de diamètre intérieur 9 m
	Déshydratation mécanique des boues : type superpress, largeur de bande 2m
	Capacité unitaire 150 kg MS/m/h
Epaississement	Poste de préparation de polymère
	Bande transporteuse sortie superpress
	Sauterelle de transfert des boues déshydratées

[ONA ,2010]

La station d'épuration de Zemmouri traite les eaux usées qui proviennent essentiellement des activités domestiques dont les paramètres de pollution de conception sont limités et fixés à la sortie de la STEP selon les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) comme les représente le tableau ci-après

Tableau 32: Paramètres de pollution de conception de la Station d'épuration de Zemmouri

Paramètre	STEP Zemmouri		
	Concentration maximal autorisés en entrée	Concentration maximal admissible en sortie	Abattement (%)
DBO ₅ (mg/l)	315	30	90,48
DCO (mg/l)	750	90	88,00
MES (mg/l)	340	30	91,18

[ONA ,2010]

Pour disposer de données fiables concernant le suivi des principaux paramètres physico-chimiques de pollution, nous avons cherché à obtenir le maximum de données disponibles.

Nous avons récapitulé dans les tableaux suivants les concentrations moyennes mesurées en entrée et en sortie de station d'épuration pour la période 2008-2010.

Tableau 33: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en entrée de station d'épuration de Zemmouri

Concentrations	MES	DBO ₅	DCO	NTK	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P0 ₄ ⁻³
Concentration moyenne (mg/l)	395,99	332,08	742,02	81,30	46,56	3,84	8,57
Concentration minimum (mg/l)	52	60	124,8	22,41	9,39	0,003	1,11
Concentration maximum (mg/l)	3040	1100	2166,48	356	104,5	55,47	30,85
Nombre de valeurs	136	130	134	128	131	130	134

[ONA ,2010]

Tableau 34: Relations entre les paramètres de pollution en entrée de station de Zemmouri

Ratio	Valeurs calculées	Valeurs usuellement rencontrées
DCO /DBO ₅	2,23	2 - 3

[ONA ,2010]

Tableau 35: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en sortie de station d'épuration de Zemmouri

Concentrations	MES	DBO ₅	DCO	NTK	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P0 ₄ ⁻³
Concentration moyenne (mg/l)	16,86	17,79	59,09	27,60	10,78	8,56	3,59
Concentration minimum (mg/l)	1	1	14	0,84	0,01	0,03	0,13
Concentration maximum (mg/l)	100	280	289	73,92	53,6	38,35	13,62
Nombre de valeurs	139	122	135	122	125	134	133

[ONA ,2010]

Le réseau d'assainissement est de type unitaire, les collecteurs principaux s'orientent vers la station d'épuration en régime gravitaire et forcé dans le cas morphologique défavorable ou des stations de relevage sont réalisées.

Le réseau principal développe une distance d'environ 2600 *ml* et se compose de :

- Conduite gravitaire : commune de Zaatra - STEP
- Conduite gravitaire : ville de Zemmouri - STEP

La STEP de Zemmouri dispose deux stations de relevage (SR) dont les caractéristiques techniques sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 36: Caractéristiques techniques des stations de relevage de la STEP de Zemmouri

Désignation	Caractéristiques
SR 1	Débit unitaire : 59 ,58 l/s <i>HMT : 21,39 m</i>
	Nombre de pompes : 02
SR 2	Débit unitaire : 108 l/s <i>HMT : 58 m</i>
	Nombre de pompes : 03

[ONA ,2010]

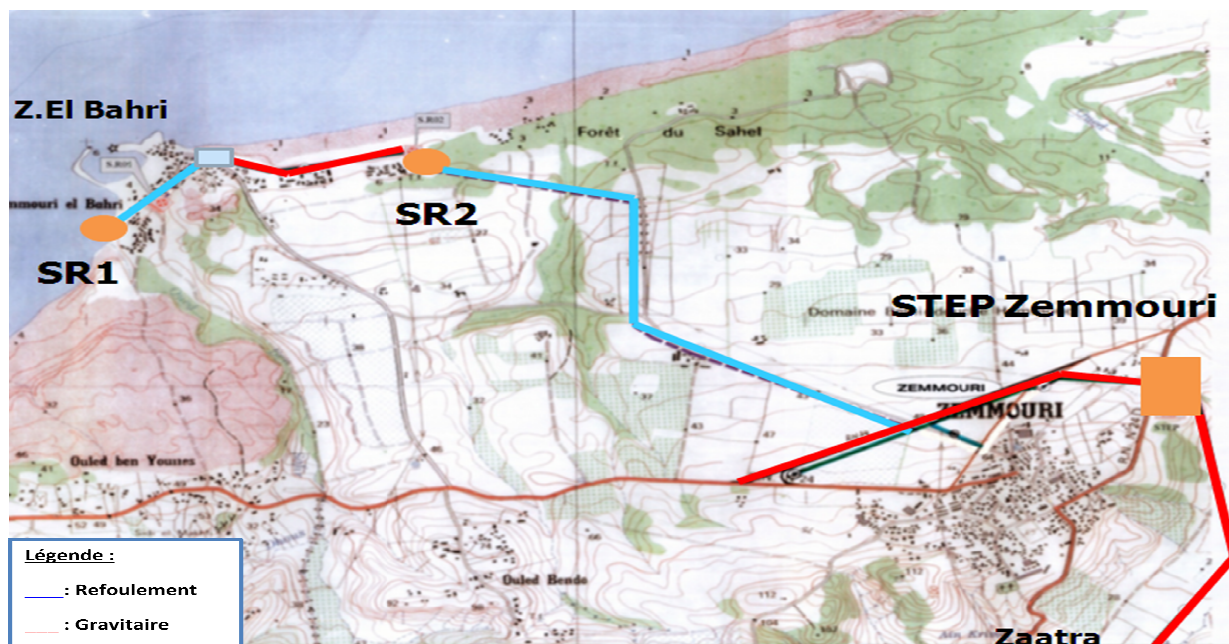


Figure 20: Schéma représentant le système d’assainissement de la commune de Zemmouri

[ONA ,2010]

V.2.3. Station d’épuration des eaux usées de la commune de Thénia

La station d’épuration de Thénia est construite pendant la période 1997-2001 par les entreprises HYDOTRAITEMENT (génie civile) et DEGREMONT (Equipement) ; Elle a été mise en service en 2001 et traite les eaux usées, par le procédé des boues activées à faible charge avec Prétraitement, Traitement biologique, Clarification pour la filière eau, et épaissement, Déshydratation mécanique pour la filière Boue, aujourd’hui, la station a une capacité maximale de traitement de 30 000 Equivalent Habitant et elle traite des eaux usées d’origines urbaines ; la station est gérée par l’ONA (Office national d’assainissement), le réseau d’assainissement est de type unitaire. Elle s’étend sur une superficie de 25784,33 m².



Figure 21: Représentation de la STEP de Thénia, Juillet 2009

Le tableau n° 37 présente les données techniques de base ayant servi au dimensionnement de la station d'épuration de Thénia

Tableau 37: Données techniques de base ayant servi au dimensionnement de la STEP de Thénia

Paramètre	Unité	Valeur
Capacité de traitement	(Eq/hab)	35 000
Volume journalier moyen	m ³ /j	6000
Débit moyen horaire	m ³ /h	250
Débit de pointe de temps sec	m ³ /h	551
Débit de pointe de temps de pluie	m ³ /h	976
Charge polluante DBO ₅	kg/j	2451
Charge polluante MES	kg/j	2801
Poids de boues en excès	kg/j	2328
Siccité des boues	%	15±1

[ONA ,2010]

V.2.3.1. Caractéristiques techniques

La station de traitement des eaux usées de Thénia comporte 2 filières de traitement (eau, boues). La filière eau comporte un poste de relevage, des ouvrages de prétraitement, un bassin d'aération, et un clarificateur sucé. Les boues sont déshydratées avec un filtre à bandes puis sont transportés à la décharge publique et le tableau ci-dessous représente les différentes caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Thénia.

Tableau 38: Caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Thénia

Etapes de traitement	Caractéristique techniques
Prétraitement	un dégrilleur automatique fin du type champ courbe, espacement entre barreaux 20 mm
	un dégrilleur de secours à champ droit à nettoyage manuel, espacement entre barreaux 20 mm
	Deux Dessableur déshuileurs cylindriques
Traitement biologique	2 bassins d'aérations : volume utile 3500 m ³
	Sonde à oxygène
	2 clarificateurs équipés chacun d'un pont racleur radial: diamètre 21m, hauteur d'eau cylindrique 2,6m
	Canal de compage et désinfection, ouvrage de désinfection d'un volume total de 220m ³
Traitement des boues	un épaisseur de diamètre intérieur 11 m
	Déshydratation mécanique des boues : type superpress ST3, largeur de bande 2m
Epaissement	Poste de préparation de polymère
	Bande transporteuse sortie superpress
	Sauterelle de transfert des boues déshydratées

[ONA ,2010]

La station d'épuration de Thénia traite les eaux usées qui proviennent essentiellement des activités domestiques dont les paramètres de pollution de conception sont limités et fixés à la sortie de la STEP selon les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) comme les représente le tableau ci-après

Tableau 39: Paramètres de pollution de conception de la Station d'épuration de Thénia

Paramètre	STEP Thénia		
	Concentration maximal autorisés en entrée	Concentration maximal admissible en sortie	Abattement (%)
DBO ₅ (mg/l)	409	30	92,67
DCO (mg/l)	750	90	88,00
MES (mg/l)	467	30	93,58

[ONA ,2010]

Pour disposer de données fiables concernant le suivi des principaux paramètres physico-chimiques de pollution, nous avons cherché à obtenir le maximum de données disponibles. Nous avons récapitulé dans les tableaux suivants les concentrations moyennes mesurées en entrée et en sortie de station d'épuration pour la période 2008-2010.

Tableau 40: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en entrée de station d'épuration de Thénia

Concentrations	MES	DBO ₅	DCO	NTK	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P0 ₄ ⁻³
Concentration moyenne (mg/l)	250,43	279,51	507,88	61,72	37,49	2,72	5,29
Concentration minimum (mg/l)	80	80	194	26,04	9,24	0,002	0,88
Concentration maximum (mg/l)	900	960	1152	166,04	80	50,66	13,09
Nombre de valeurs	142	132	142	132	134	132	135

[ONA ,2010]

Tableau 41: Relations entre les paramètres de pollution en entrée de station de Thénia

Ratio	Valeurs calculées	Valeurs usuellement rencontrées
DCO /DBO ₅	2,02	2 - 3

[ONA ,2010]

Tableau 42: Concentration des principaux paramètres physico-chimiques de pollution en sortie de station d'épuration de Thénia

Concentrations	MES	DBO ₅	DCO	NTK	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P0 ₄ ⁻³
Concentration moyenne (mg/l)	13,21	5,10	40,78	16,99	2,48	14,43	3,56
Concentration minimum (mg/l)	1,6	1	4,7	0,28	0,03	0,05	0,51
Concentration maximum (mg/l)	64	50	172,8	46,2	41,27	39,02	10,98
Nombre de valeurs	121	123	141	129	132	139	136

[ONA ,2010]

Le réseau d'assainissement est de type unitaire, les collecteurs principaux s'orientent vers la station d'épuration en régime gravitaire et forcé dans le cas morphologique défavorable ou des stations de relevage sont réalisées.

Le réseau principal développe une distance d'environ 04 km et se compose de collecteurs principaux :

- Conduite de refoulement : station de relevage1- regard de dissipation $l=1550\text{ ml}$, DN 400.
- Conduite gravitaire : regard de dissipation –SR2 $l=1460\text{ ml}$ en DN 1000.
- Conduite de refoulement : station de relevage 2-STEP $l= 1100\text{ ml}$ en DN 500.

La STEP de Thénia a deux stations de relevage (SR) dont les caractéristiques techniques sont représentées dans le tableau ci-après.

Tableau 43: Caractéristiques techniques des stations de relevage de la STEP de Thénia [ONA ,2010]

Désignation	Caractéristiques
SR 1	Débit unitaire : 75 l/s <i>HMT : 75m</i>
	Nombre de pompes : 03
SR 2	Débit unitaire : 75 l/s <i>HMT : 16 m</i>
	Nombre de pompes : 04



Figure 22: Schéma représentant le système d’assainissement de la commune de Thénia [ONA ,2010]

V.3. Les différentes étapes de traitement des eaux usées

Les eaux usées arrivent à la station par gravité ou par pompage, et subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain. Les étapes par lesquelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes :

V.3.1. Prétraitement et traitement primaire

L'eau brute arrive d'une part par pompage, d'autre part par gravité. Un déversoir alimente un bassin d'orage de tout débit supérieur au débit accepté par l'installation suivant le nombre de bassins d'aération en service. Un by pass contrôle l'entrée générale de la station.



Figure 23 : Représentation de l'ouvrage de l'arrivée de l'eau de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.

Le prétraitement a été mis au point pour éliminer les grosses particules véhiculées par les eaux afin de protéger les ouvrages de la station du colmatage et des dépôts de boues. Le prétraitement comporte :

V.3.1.1. Dégrillage

L'ensemble de dégrillage comporte : un dégrilleur automatique à champ courbé, avec espacement entre barreaux de 20 mm et un dégrilleur manuel.

Les refus sont évacués par convoyeur vers tous les dispositifs de stockage.

Tous les canaux de dégrillage sont isolables par le même dispositif batardeaux manuel en Aluminium.



Figure 24 : Représentation du dégrilleur de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.

V.3.1.2. Dessablage- dégraissage

Les ouvrages circulaires ont pour but de :

- Eliminer par décantation une grande partie du sable.
- Eliminer une grande partie de matières flottantes (graisses, écumes) en partie supérieure des ouvrages

La rétention des particules sableuses permet d'éviter :

- Les surcharges dans les étapes suivantes de traitement
- L'accumulation de sable dans les étapes ultérieures du traitement
- L'abrasion des engins mécaniques

- Quantité de sable piégé : 15 - 40 (mg/l)

L'élimination des graisses permet :

- D'améliorer la qualité visuelle de la surface des ouvrages ultérieurs
- Limiter la quantité de flottants et de graisses susceptibles de se coller, de s'agglutiner et

de flotter dans les ouvrages situés en aval, pouvant causer des problèmes de fermentation.

- Quantité de graisses piégée : 5 - 15 (mg/l)



Figure 25 : Représentation du Dessableur de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.



Figure 26 : Représentation du Dégraisseur de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.

V.3.2. Traitement secondaire

V.3.2.1. Ouvrage de répartition

Cet ouvrage permet d'aguiller l'eau à traiter vers les files de traitement par l'intermédiaire de batardeaux, une lame de surverse sert de by-pass en cas de surdébit.

V.3.2.2. Aération biologique, bassins d'aération

Trois bassins munis de trois turbines chacun (acti-rotor) permettent l'aération de la quantité des bactéries à l'origine du traitement.

Les bassins reçoivent la liqueur mixte constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux.

- Volume unitaire : 3600 m³
- Profondeur : 4.5 m



Figure 27: Représentation du Bassin d'aération de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.



Figure 28: Représentation de l'Aération dans un bassin biologique de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.

V.3.2.3. Décantation, clarification

Les eaux sortant des ouvrages d'aération sont dirigées vers 3 clarificateurs. Les boues décantées au fond de chaque ouvrage sont dirigées vers un puits central pour être reprise vers la bêche de circulation.

Une petite partie est recirculée en tête d'aération (liqueur mixte), l'autre est reconduite vers l'épaisseur



Figure 29: Représentation du Décanteur secondaire – clarificateur de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.

V.3.2.4. Fosses de recirculation

Une bêche de recirculation attenante aux réactions contient deux pompes de recirculation des boues appelées liqueurs mixtes, ainsi que la pompe d'extraction des boues vers l'épaississeur.

V.3.3. Traitement complémentaire

V.3.3.1. Canal de comptage et désinfection

L'eau clarifiée est dirigée vers une bêche de contact dimensionnée pour 20 minutes de temps de rétention à plein débit, soit un volume 385m³.

La première partie de l'ouvrage sert de canal de comptage pour asservissement de l'injection du chlore.



Figure 30 : Représentation des ouvrages de désinfection de la station d'épuration de Boumerdes, Mai 2010.

V.4. Traitement des boues

L'eau, mélangée à la boue formée dans le bassin d'aération est évacuée vers le clarificateur, ce mélange est séparé par décantation et les boues sont récupérées par une pompe qui les envoie vers l'épaississeur, où elles décantent encore une fois pour être plus épaisses et plus denses. L'eau qui reste à la surface est renvoyée vers le début de la station pour subir les mêmes traitements que l'eau brute.

La boue épaissie est dirigée vers une machine, où elle est séparée de la petite quantité d'eau qui reste, puis elle est essorée sous un rouleau, pour enfin passer entre deux tapis où elle sera aplatée (forme pâteuse) puis évacuée à l'extérieur vers un camion qui la rejette dans une décharge publique pour être traitée avec le reste des ordures ménagères.

Le schéma ci-dessous représente les différents ouvrages de la STEP de Boumerdes par lesquels passent les eaux usées pour le traitement.

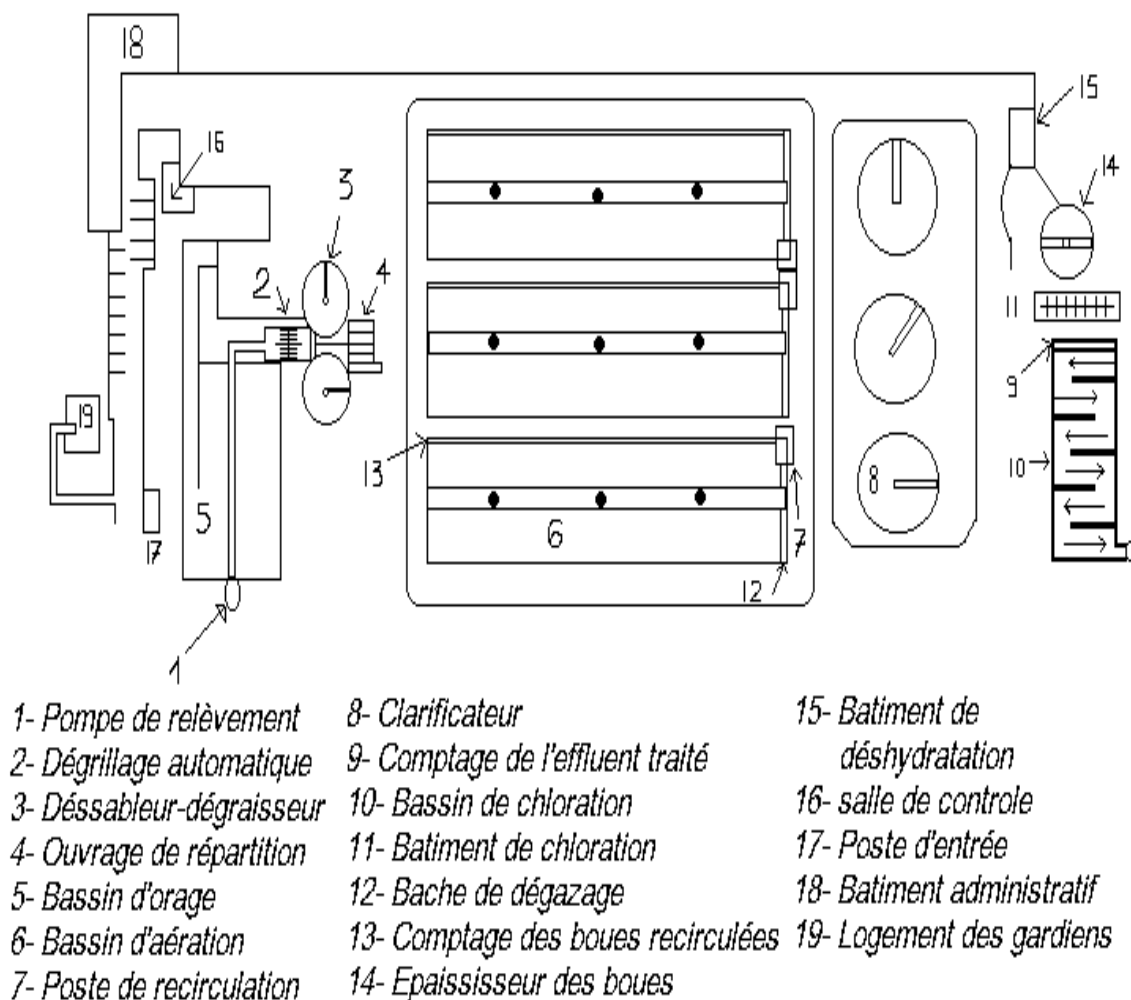


Figure 31 : Schéma représente les différents ouvrages de la STEP de Boumerdes

Remarque :

La STEP de Zemmouri et celle de Thénia ont le même principe du fonctionnement avec la STEP de Boumerdes.

V.5. Conclusion

Dans ce chapitre, on a fait un aperçu sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes, ces stations sont conçues pour produire une eau de qualité conforme aux normes de rejet fixées par l'OMS, le procédé adopté est le traitement à boues activées dans les trois stations d'épuration qui consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries par brassage pour dégrader la matière organique en suspension ou dissoute. Il y a une aération importante pour permettre l'activité des bactéries et la dégradation de ces matières,

Les trois stations d'épuration reçoivent à leurs entrées une charge importante de la pollution organique issue des eaux usées d'origine domestique et le rapport DCO/DBO₅ indique que ces eaux sont biodégradables admissible par le milieu naturel

Ce procédé de traitement à boues activées dans les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes est écologique dans la mesure où ils n'utilisent aucun produit chimique pour traiter les eaux usées et les évacuer sans risque dans le milieu naturel récepteur.

Chapitre VI : Qualité des eaux usées épurées dans la wilaya de Boumerdes

VI .1. Introduction

Une station d'épuration dépollue les eaux sales pour contribuer à restituer l'eau propre à son milieu naturel, dont l'objectif principal du suivi d'une station d'épuration est de vérifier si les exigences de rejet établies pour cette station sont respectées.

Les stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes dont le traitement se fait par boue activée, à fait l'objet d'une étude, au cours de laquelle, les paramètres physicochimiques ont été étudiés.

Dans ce chapitre, nous allons interpréter les résultats de mesure de la qualité des eaux usées épurées dans les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes (STEP Boumerdes, Thénia et Zemmouri). L'appréciation de la qualité des eaux épurées se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques

L'objectif étant de caractériser le fonctionnement des stations d'épuration à boues activées d'une même région dans un contexte climatique donnée en se basant sur les questions suivantes :

- Est-ce que le mode de fonctionnement de la filière eau ressortir des valeurs plus élevées d'azote et mois de matière organique ?
- Est-ce que des valeurs singulières anormalement élevées de l'eau des paramètres de mesure peut-être accepté ?

VI .2. Cadre d'analyse

Pour préserver la qualité de nos cours d'eau en Algérie, les oueds doivent être réhabilités et notamment la qualité des eaux qui y transite. Cela passe par un fonctionnement optimal des STEP ou ouvrage d'épuration suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques,

Cependant, les conditions socio-économiques sont très variables d'où l'intérêt de ne traiter qu'à un niveau nécessaire. par exemple, si les propriétés requises pour le rejet de l'eau à l'exutoire sont connues (DCO, DBO₅, PH, MES), alors on peut se permettre un traitement minimal (physique) en station 1 et station 2 puis un traitement plus poussé en station 3.

Dans la figure ci-dessous, les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes se localisent sur des sites dont les eaux épurées de chacune d'elles se coulent dans un oued différent de l'autre, donc les trois stations ne sont pas interconnectées entre elles,

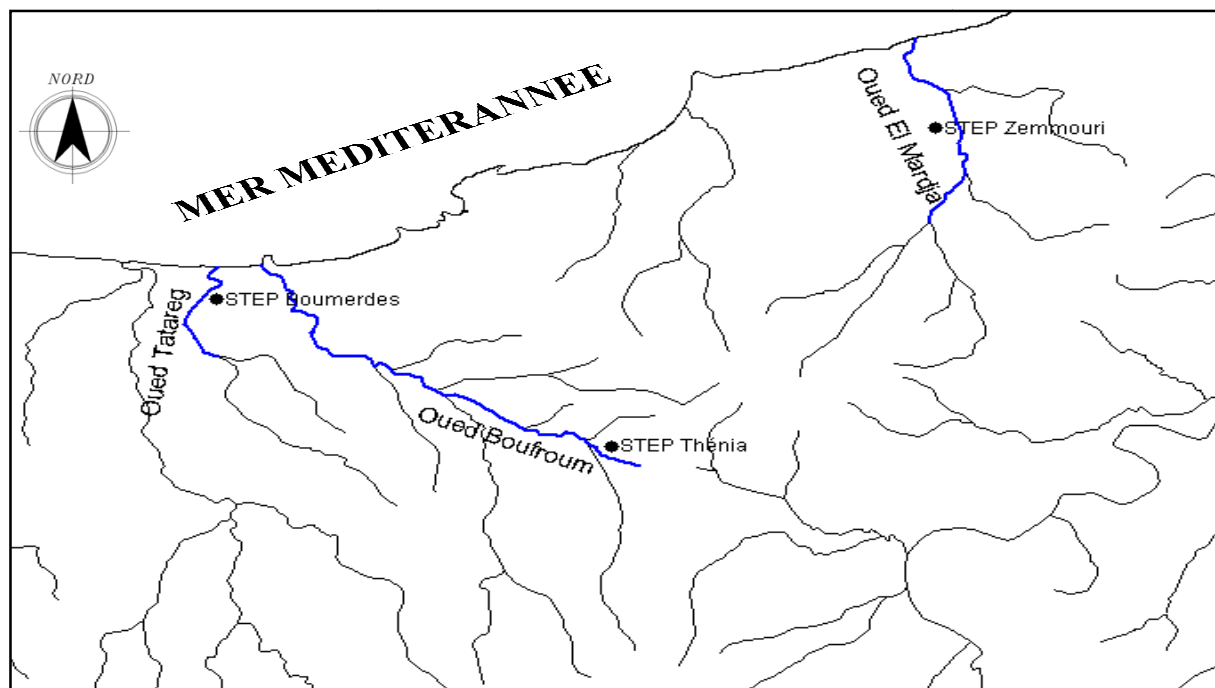


Figure 32: Localisation des trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

VI .3. Evolution de la teneur des éléments physico-chimiques

Dans notre étude, l'analyse des éléments physicochimiques comprend les mesures du pH, T c°, DBO₅, DCO, MES ainsi que le nitrate (NO₃⁻) et la conductivité électrique

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent qu'une grande variation des concentrations et dépassent les normes dans certains cas, et afin de bien montrer et comprendre ces variations, deux représentations des données ont été réalisées :

- L'une statistique : montrant les valeurs maximales, moyennes, minimales
- L'autre graphique qui précise l'évolution des teneurs de chaque élément sur les différentes stations dans le temps.

VI .3.1. Paramètres physiques

VI .3.1.1. Le potentiel d'hydrogène

Le pH mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, et 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

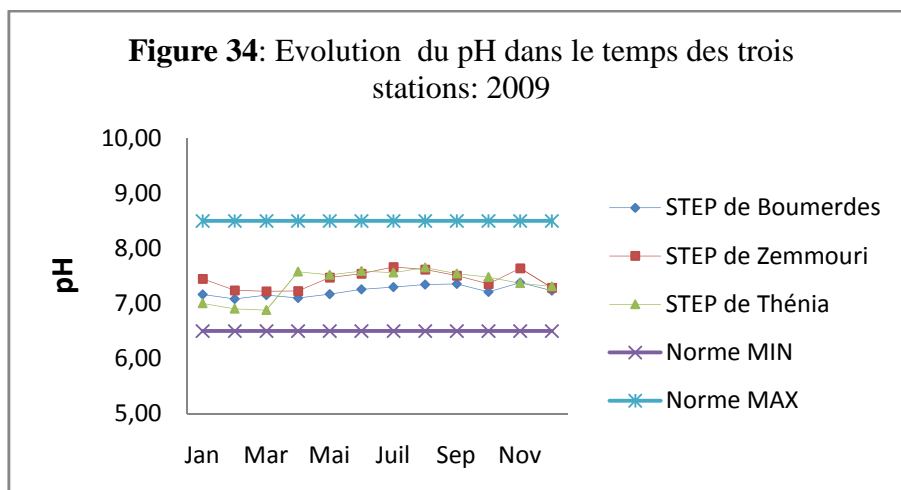
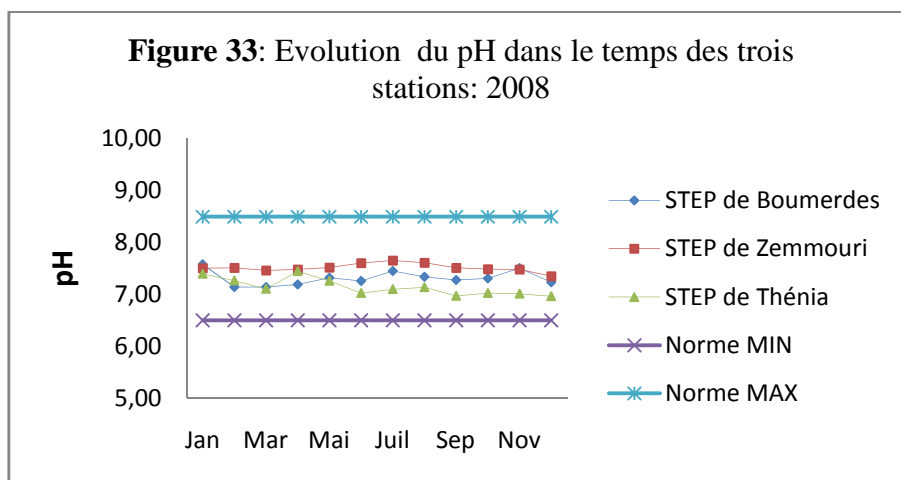
Les valeurs mesurées du pH aux différentes stations d'épuration et pendant les trois années montrent que toutes les valeurs se trouvent dans l'intervalle de la norme mais avec des valeurs variables comprises entre 6,96 et 7,66

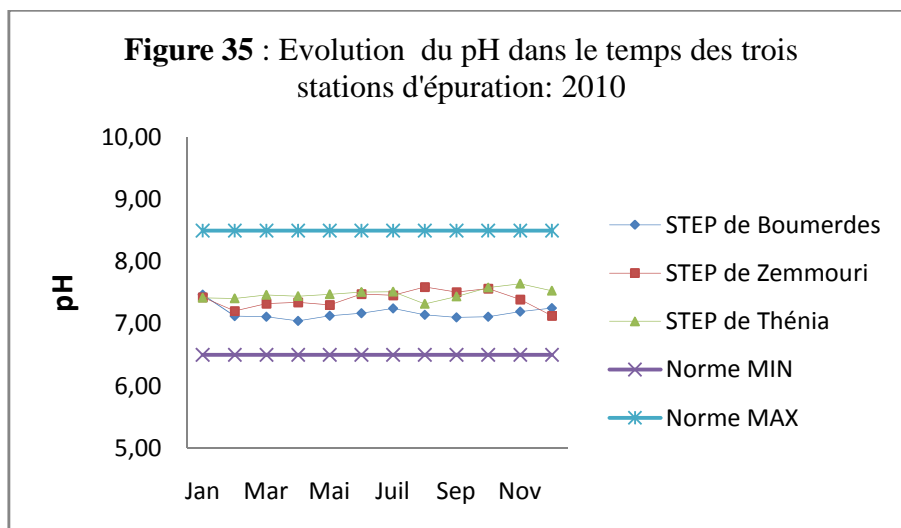
Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau n°44 suivant, qui montre l'évolution du pH dans le temps et dans l'espace sur les trois stations d'épuration où les mesures ont été effectuées durant la période Janvier 2008 – Décembre 2010.

Tableau 44: Variation du *ph* sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

Paramètres statistiques STEP	2008			2009			2010		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Station de Boumerdes	7,15	7,31	7,52	7,08	7,23	7,38	7,05	7,18	7,47
Station de Zemmouri	7,35	7,52	7,65	7,22	7,43	7,66	7,13	7,40	7,59
Station de Thénia	6,96	7,14	7,45	6,88	7,36	7,65	7,32	7,48	7,65
Norme de rejet	Norme pour les eaux : 6,5 - 8,50								

On remarque qu'au niveau de trois stations, le pH varie de la même façon au cours des trois années, les graphes 33, 34 et 35 de l'évolution du pH dans le temps des STEP Boumerdes, Zemmouri et Thénia montrent cette variation mais dans l'intervalle des valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de diversement domestique.





VI .3.1.2. La température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

La température est l'un des facteurs qui influe sur la vitesse des réactions chimiques et joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique et surtout bactérienne,

Le tableau n°45 montre la variation des températures des trois stations d'épuration en trois années successives de l'eau après traitement

Tableau 45: Variation de la *température* sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

Paramètres statistiques STEP	2008			2009			2010		
	Min C°	Moy C°	Max C°	Min C°	Moy C°	Max C°	Min C°	Moy C°	Max C°
Station de Boumerdes	15,33	20,69	26,55	14,61	20,31	26,47	15,15	20,03	25,66
Station de Zemmouri	13,66	19,86	25,87	13,47	20,59	27,52	12,93	19,49	25,57
Station de Thénia	13,93	20,30	26,79	13,72	20,58	28,24	11,19	19,91	27,41
Norme de rejet	Norme < 30 C°								

On remarque que l'évolution de la température pendant les trois années est caractérisée dans l'ensemble par deux phases :

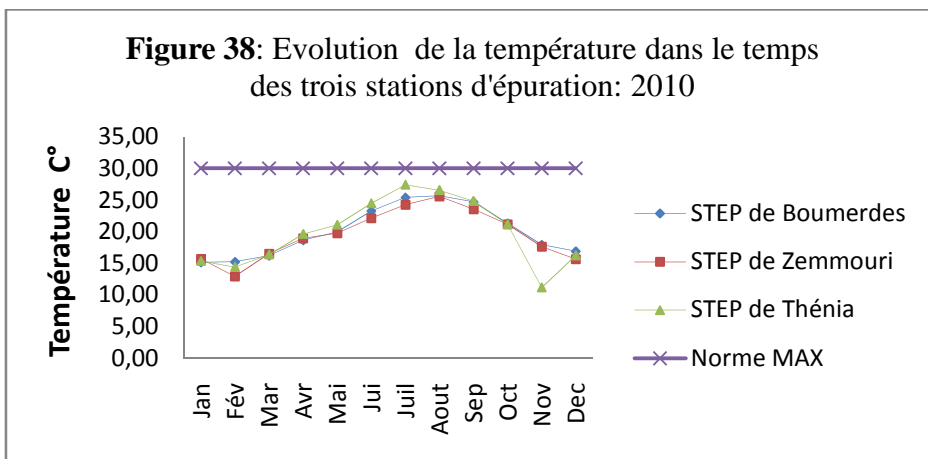
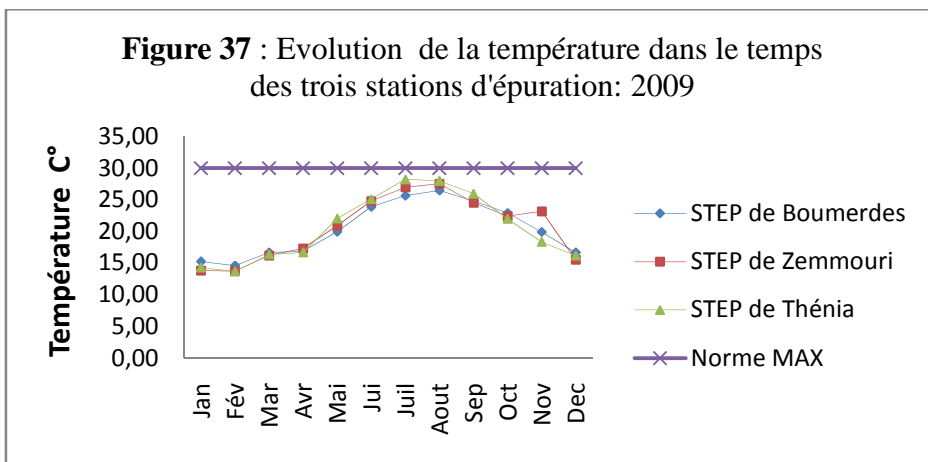
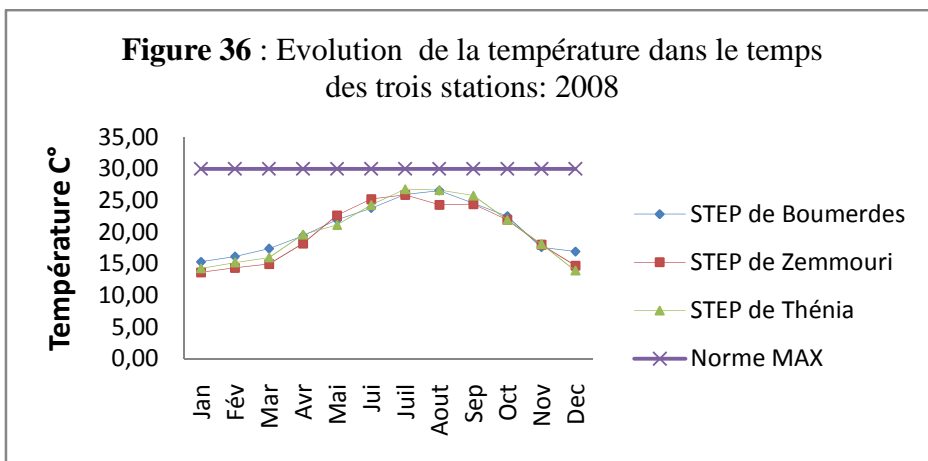
- Une phase croissante allant du mois janvier jusqu'au mois Juillet et Aout pour atteindre la valeur maximale de 28,24 c°

- Une phase décroissante allant du mois Juillet et Aout au mois de Décembre pendant laquelle la valeur de température chute jusqu'aux environs 11,19 c°

On remarque ainsi que toutes les valeurs de la température ont la même tendance de variation dans le temps et dans l'espace.

Selon l'OMS, la température d'une eau épurée ne doit pas dépasser 30°C. Les eaux épurées des stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes sont donc dans les normes.

Les graphes n° 36,37 et 38 suivants indiquent l'évolution de la température de l'eau à la sortie des trois stations d'épuration sur trois années de mesure (2008, 2009 et 2010).



VI.3.1.3. La matière en suspension

La pollution d'une eau peut être associée à la présence d'objets flottants, de matières grossières et de particules en suspension.

En fonction de la taille de ces particules, on distingue généralement :

- les matières grossières (décantables ou flottables)
- les matières en suspension (de nature organique ou minérale) qui sont des matières insolubles, fines.

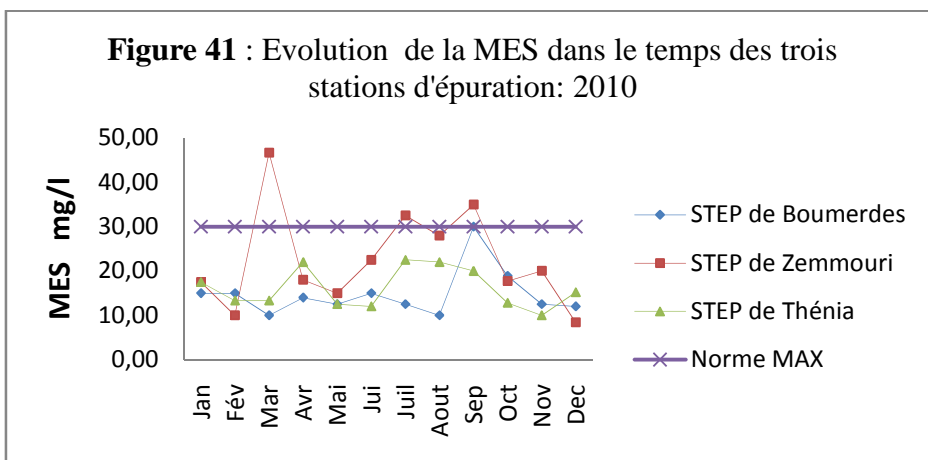
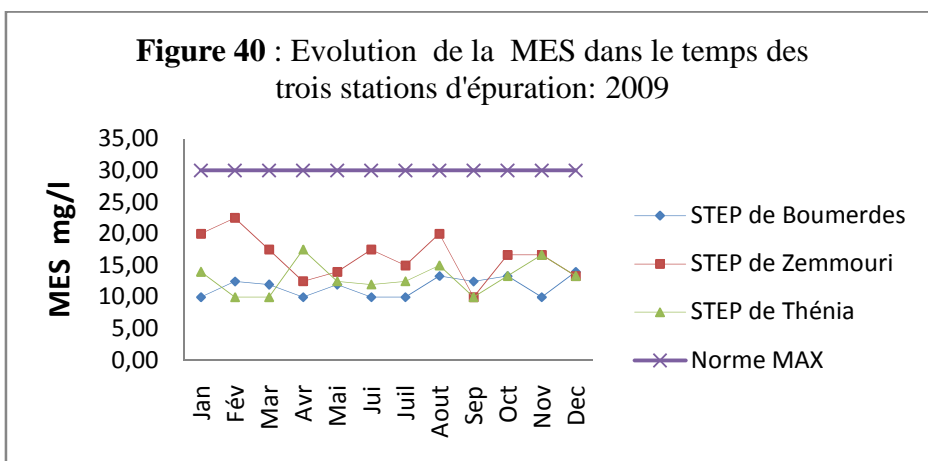
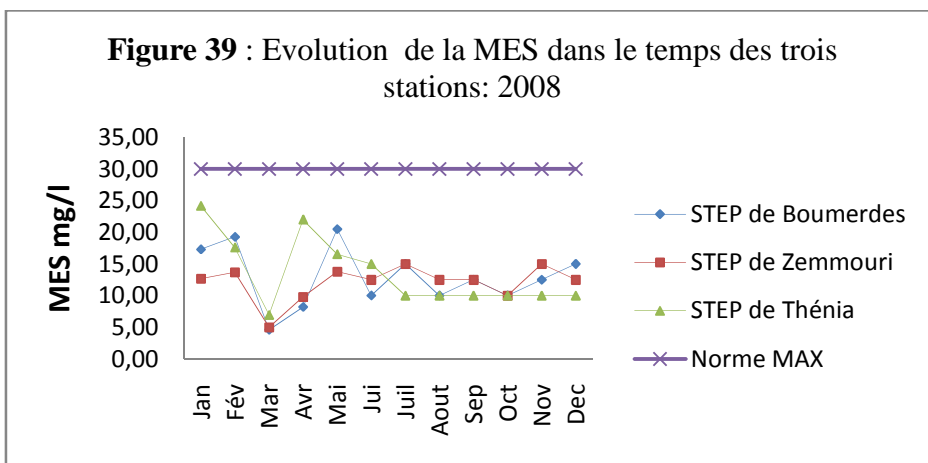
Cette pollution particulière est à l'origine de nombreux problèmes comme ceux liés au dépôt de matières, à leur capacité d'adsorption physico-chimique.

Les résultats d'analyses sur les trois stations sont résumés au tableau n°46

Tableau 46: Variation de la *MES* sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

Paramètres statistiques STEP	2008			2009			2010		
	Min mg /l	Moy mg /l	Max mg /l	Min mg /l	Moy mg /l	Max mg /l	Min mg /l	Moy mg /l	Max mg /l
Station de Boumerdes	4,60	12,91	20,50	10,00	11,64	14,00	10,00	14,78	30 ,00
Station de Zemmouri	5,00	12,08	15,00	10,00	16,31	22,50	8,40	22,61	46,67
Station de Thénia	6,96	13,52	24,16	10,00	13,07	17,50	10,00	16,10	22,50
Norme de rejet	Norme OMS < 30 mg/l								

Ces résultats d'analyses montrent que la plupart des valeurs mesurées dans les trois stations sont inférieures à la norme de l'OMS (< 30mg/l) et seule les mesures obtenues au niveau de la station de Zemmouri pendant le mois de Mars, Juillet et Septembre correspondant à l'année 2010 dépassent la norme a cause des bouteilles qui n'étaient pas propres au cours de leur utilisation, donc les valeurs de MES mentionnées dans les graphes n°39, 40 et 41 ci dessous témoignent que le rendement d'élimination des matières en suspension est très important et la teneur de ces dernières est conforme à la norme de rejet recommandée par l'organisation mondiale de la santé (OMS).



VI .3.1.4. La conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente

Les mesures de la conductivité électrique ont été faite à partir de mois juillet pour seulement l'année 2010 et dans les trois stations d'épuration des eaux usées.

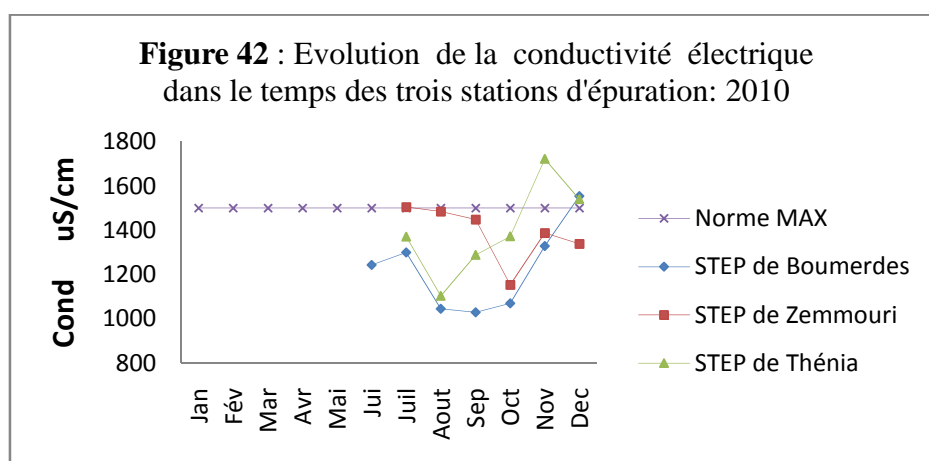
Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau n°47

Tableau 47 : Variation de la *conductivité électrique* sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

Paramètres statistiques STEP	Année 2010		
	Minimum µs/cm	Moyenne µs/cm	Maximum µs/cm
Station de Boumerdes	1029,00	1224,37	1553,20
Station de Zemmouri	1153,50	1385,99	1504,25
Station de Thénia	1103,60	1398,99	1722,00
Norme de rejet	1500 µs/cm		

Les valeurs mesurées sont comprises entre 1029 et 1722 µs/cm, donc supérieurs à la norme. On remarque, grosso modo, que les plus fortes valeurs sont enregistrées pendant le mois de novembre et décembre respectivement dans les stations de Thénia et Boumerdes, tandis que les autres mesures sont généralement inférieures de 1500 µs/cm donc elles sont conformes à la norme fixées par l'OMS,

Le graphe n°42 montre la variation de la conductivité électrique dans le temps sur les 3 stations par rapport à la norme :



VI .3.2. Paramètres chimiques

VI .3.2.1. La demande biochimique en oxygène au bout de 5 jours

La DBO₅ représente plus particulièrement une mesure de la charge polluante d'origine carbonée (Pollution organique biodégradable). Elle fournit donc une des indications importantes

permettant de juger de la qualité d'une eau et de son degré de pollution. Par contre, c'est un test reconnu trop peu précis pour qualifier les eaux naturelles mais très utilisé pour surveiller l'efficacité des stations d'épuration.

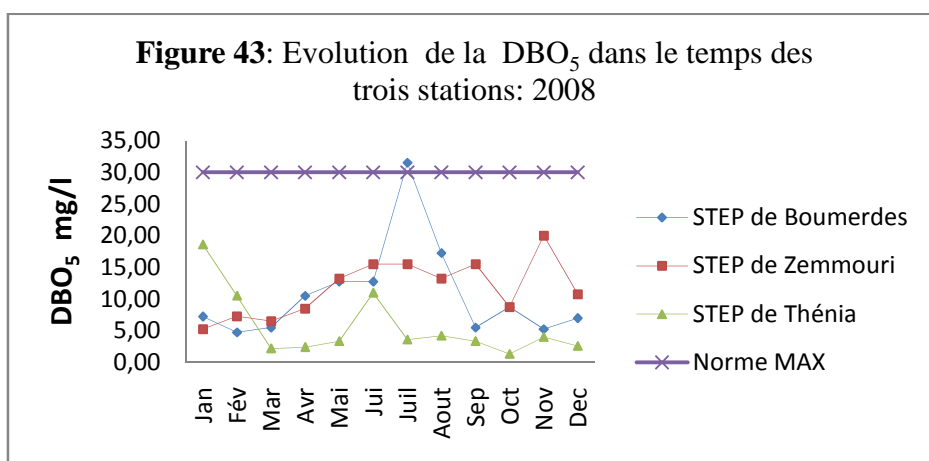
Les résultats d'analyse sur les stations sont résumés au tableau n°48 suivant.

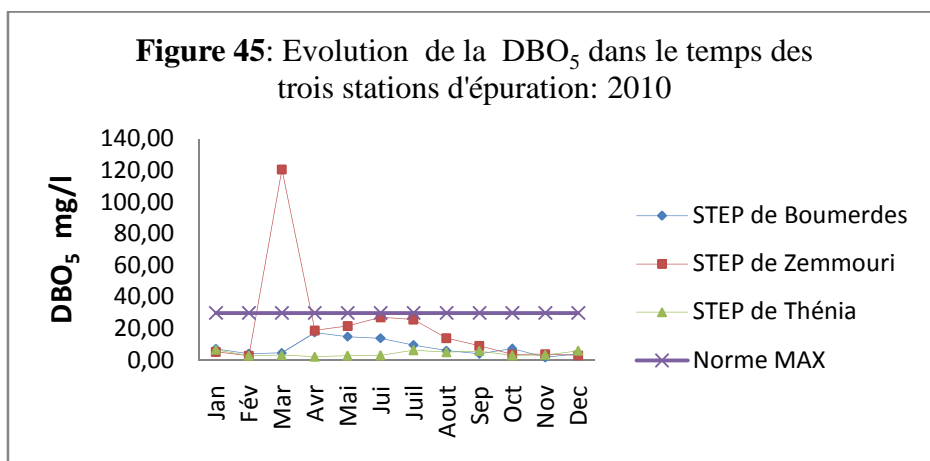
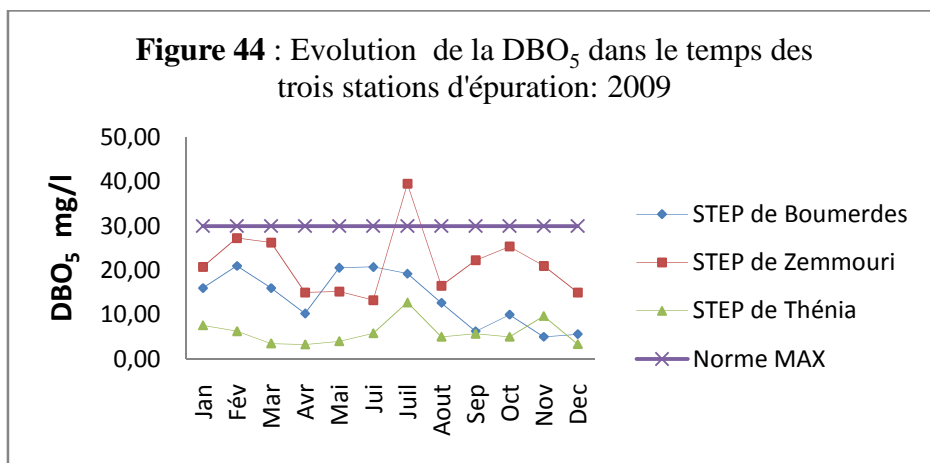
Tableau 48 : Variation de la *DBO₅* sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

Paramètres statistiques STEP	2008			2009			2010		
	Min mg / l	Moy mg / l	Max mg / l	Min mg / l	Moy mg / l	Max mg / l	Min mg / l	Moy mg / l	Max mg / l
Station de Boumerdes	4,75	10,73	31,50	5,00	13,61	21,00	2,00	8,06	17,60
Station de Zemmouri	5,25	11,67	20,00	13,25	21,44	39,50	3,00	21,44	120,67
Station de Thénia	1,33	5,59	18,60	3,25	5,98	12,75	2,40	4,36	6,75
Norme de rejet	Norme OMS < 30 mg/l								

Les valeurs d'analyse de la *DBO₅* montrent que la plupart des valeurs dans les trois stations sont variables et inférieures à la norme fixée par l'OMS sur les trois années, sauf un cas particulier remarquable dans la station d'épuration de Zemmouri au mois de Juillet pour l'année 2009 et au mois de Mars pour l'année 2010 où les valeur mesurées dépassent la norme d'OMS à cause des bouteilles de prélèvement qui n'étaient pas propres.

Donc l'examen des données des graphes n°43, 44 et 45 montrent que la plupart des valeurs en terme de *DBO₅* sur un période de trois années sont conformes aux normes des rejets (30mg O₂/l) à la sortie de la station recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les graphes Ci-dessous montrent ces variations.





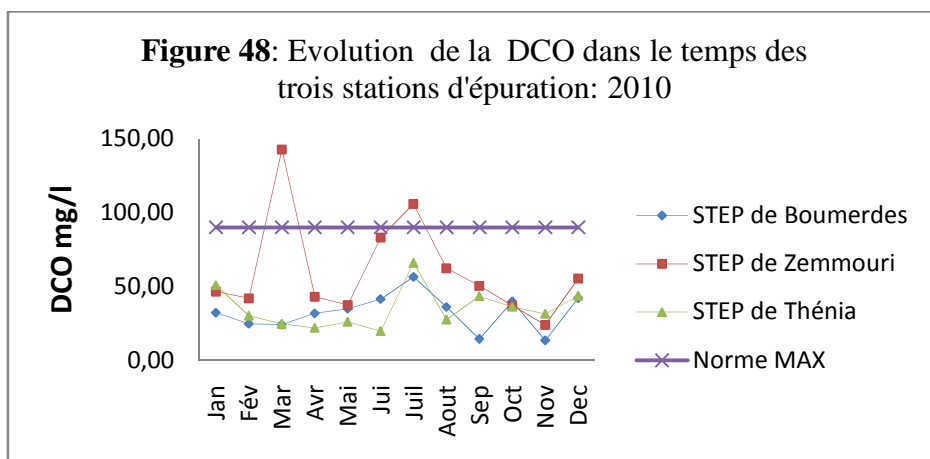
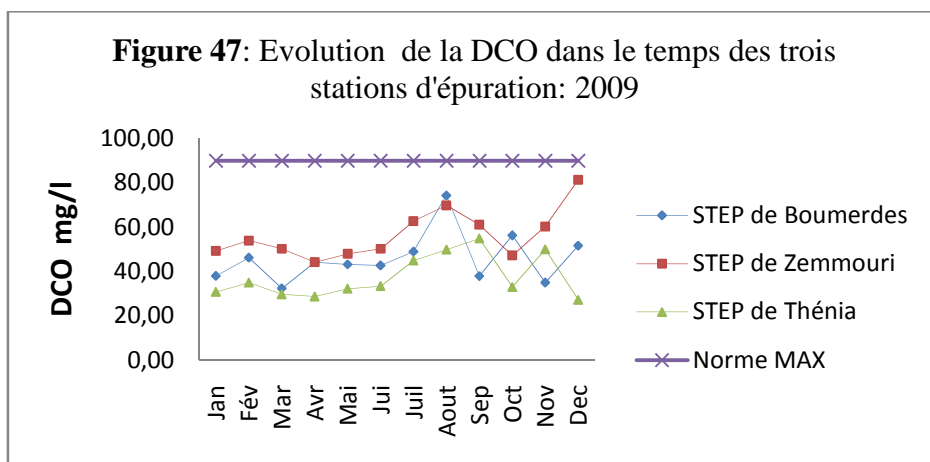
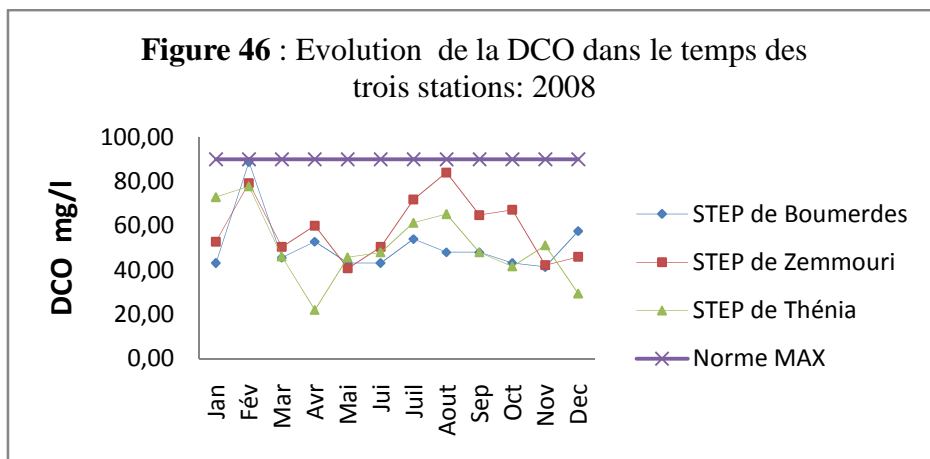
VI .3.2.2. La demande chimique en oxygène

La DCO constitue un paramètre important dans la qualité de l'eau et l'analyse rapide de cet élément sert essentiellement à la surveillance des eaux usées et des rejets domestiques et industriels. Pour l'analyse d'un prélèvement donné, sa valeur est toujours supérieure à celle de la DBO₅, car elle mesure une plus grande quantité d'oxygène, s'exprime également en milligramme d'oxygène par litre (mg O₂/l). Les données statistiques de différentes mesures sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 49 : Variation de la DCO sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

Paramètres statistiques STEP	2008			2009			2010		
	Min mg /l	Moy mg /l	Max mg /l	Min mg /l	Moy mg /l	Max mg /l	Min mg /l	Moy mg /l	Max mg /l
Station de Boumerdes	41,40	50,75	88,80	32,40	45,93	74,33	13,50	32,68	56,50
Station de Zemmouri	40,75	59,13	84,00	44,25	56,57	81,40	24,00	60,81	142,67
Station de Thénia	22,00	50,78	77,83	27,27	37,50	54,93	19,79	35,18	66,04
Norme de rejet	Norme OMS < 90 mg/l								

D'après les graphes n° 46, 47 et 48 ci-dessous, on remarque que toutes les valeurs de mesure de DCO sont variables dans le temps ainsi inférieures de 90 mg/l pour l'année 2008 et 2009, tandis que dans l'année 2010, deux valeurs extrêmes sont bien remarquables supérieures à la norme fixée à 90 mg/l, et qui sont expliquées également par les bouteilles utilisées qui n'étaient pas propres au cours de l'analyse. Donc les eaux issues de trois stations d'épuration sont généralement conformes à la norme de rejet recommandée par l'organisation mondiale de la santé.



VI.3.2.3. Les nitrates

Représentent la forme la plus oxygénée, c'est une forme très soluble et la présence de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (engrais), urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle.

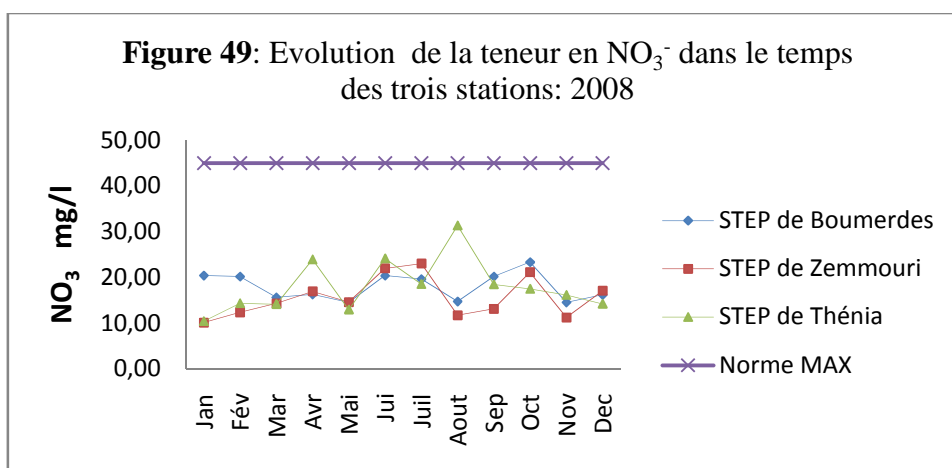
Les concentrations enregistrées au cours des prélèvements sont présentées sur le tableau n°50

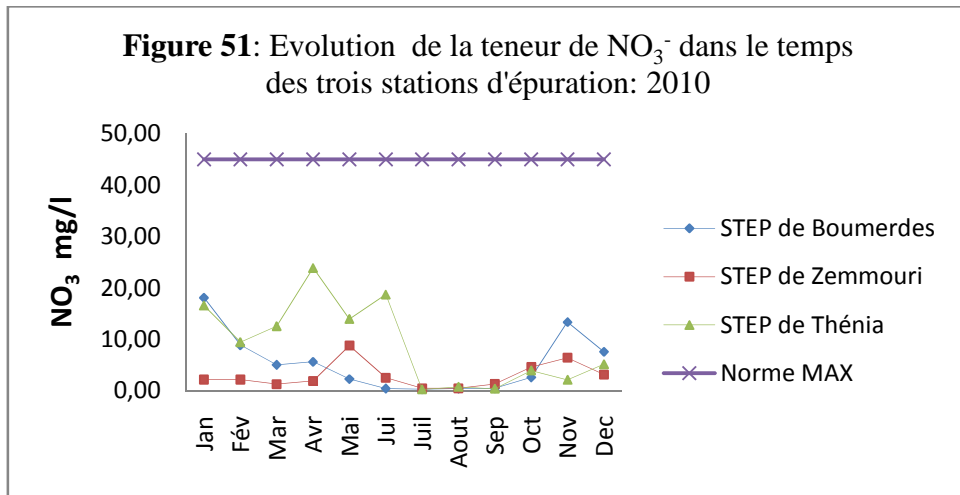
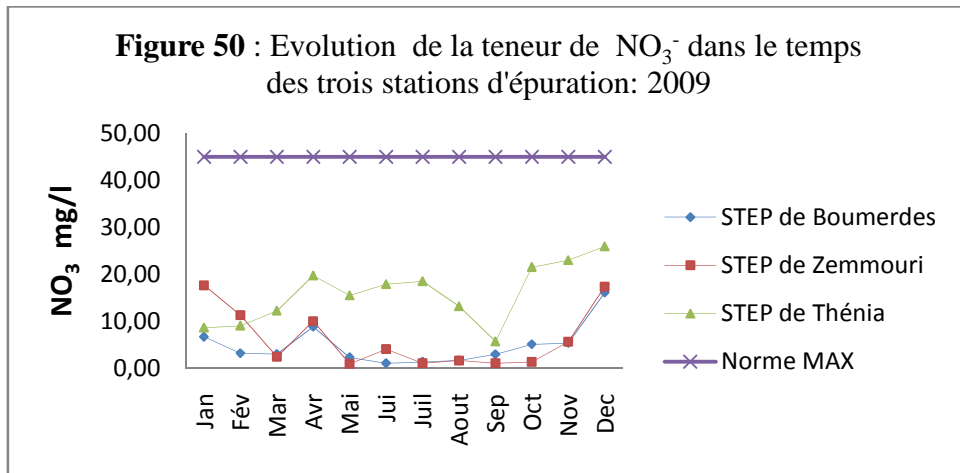
Tableau 50 : Variation des nitrates sur les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

Paramètres statistiques STEP	2008			2009			2010		
	Min mg/l	Moy mg/l	Max mg/l	Min mg/l	Moy mg/l	Max mg/l	Min mg/l	Moy mg/l	Max mg/l
Station de Boumerdes	14,52	18,00	23,33	1,13	4,87	16,18	0,35	5,48	18,13
Station de Zemmouri	10,11	15,62	23,00	1,00	6,27	17,70	0,55	3,01	8,84
Station de Thénia	10,41	18,00	31,35	5,76	15,96	25,97	0,32	9,03	23,91
Norme de rejet	< 45 mg/l								

Ces résultats d'analyses montrent que toutes les teneurs en nitrates sont très inférieures à la norme de l'OMS et que les concentrations maximales sont enregistrées au niveau de la station d'épuration de Thénia dans les trois années ce qui explique que ces concentrations sont influencées par les rejets de la commune de Thénia comme les représente le tableau ci-dessus

Les concentrations de nitrates dans les graphes n°49, 50 et 51 montrent que les valeurs dans les trois stations sont variables dans l'espace et dans le temps et inférieures à la norme fixée par l'OMS sur les trois années.





VI.4. Analyse en composante principale

Initialement, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode statistique qui permet de réduire la dimension d'une matrice de données. En effet, elle transforme un premier jeu de données en un second jeu de plus petite dimension composé de nouvelles variables qui sont des combinaisons linéaires des variables originelles. L'ACP a été utilisée dans un premier temps de manière graphique pour synthétiser l'information des jeux de données de grandes dimensions.

Le but de l'analyse en composantes principales est d'identifier les relations linéaires existantes parmi les différentes variables du système, en utilisant les données d'entrée et de sortie du système. La première étape de cette méthode est la construction d'une matrice contenant l'ensemble des données disponibles sans effectuer une distinction entre les entrées et les sorties du système [THARRAULT Y, 2009].

Les stations d'épuration étudiées sont des stations à boues activées situées à la wilaya de Boumerdes. Ces stations possèdent aussi une partie de traitement des boues, qui ne sera pas présentée dans ce travail car dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons seulement à la partie traitement des eaux usées.

L'ensemble des procédures et techniques utilisées sert à identifier et quantifier la liaison entre les différents échantillons prélevés sur différents stations d'épuration. La technique utilisée est une analyse en composantes principales (ACP) centrée, réduite, qui a été réalisée sur un tableau de données à 07 variables (pH, T°C, MES, DBO₅, DCO, NO₃⁻, et PO₄⁻³) et à 152,140 et 145 individus correspondant respectivement aux stations de Boumerdes, Zemmouri et Thénia sur trois années (2008, 2009, et 2010).

Les données sont traitées par le logiciel XLSTAT et le choix de ce logiciel est justifié par son mode d'utilisation simplifié, son interface enrichie par les logiciels Excel pour l'entrée des données et l'édition des résultats,

Pour mieux interpréter les résultats obtenus relatifs aux paramètres physico-chimiques, aux éléments nutritifs une étude statistique a été faite à travers une méthode d'analyses multivariées

Nous partons d'un fichier constitué des données physicochimiques des eaux usées épurées des trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes obtenues au cours du 1er Janvier 2008 au 31 Décembre 2010. Le choix du module Analyse en Composantes Principales du logiciel XLSTAT, nous a permis de visualiser les résultats des trois STEP suivants :

- une statistique sommaire des variables étudiées (moyenne, écart type);
- la matrice des corrélations des variables.

- le tableau des valeurs propres de la matrice de corrélation ainsi que le pourcentage d'explication de chaque valeur propre, plus un plan de projection des variables.

VI .4.1. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Boumerdes

VI .4.1.1. Analyse statistique linéaire

La technique utilisée est une analyse en composantes principales (ACP) qui a été réalisée sur un tableau de données à 07 variables (PH, T°C, MES, DBO₅, DCO, NO₃⁻, PO₄⁻³) et à 152 individus, ces valeurs ont été mesurées au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la commune de Boumerdes entre le 01 Janvier 2008 et le 31 Décembre 2010, les statistiques élémentaires sur les variables dans trois années sont données dans le tableau suivant:

Tableau 51: Moyenne et écart-type des données

Paramètres	2008		2009		2010		2008-2009-2010	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
PH	7,312	0,157	7,218	0,122	7,175	0,140	7,235	0,152
T °C	20,606	3,887	19,973	4,237	20,034	3,883	20,211	4,010
MES mg/l	12,528	8,411	11,667	3,727	14,531	8,494	12,941	7,396
DBO ₅ mg/l	10,769	9,396	13,917	8,152	7,808	6,016	10,750	8,349
DCO mg/l	49,965	21,043	45,129	19,809	33,221	18,349	42,710	21,006
NO ₃ ⁻ mg/l	17,904	7,794	5,066	5,229	5,373	7,327	9,563	9,163
PO ₄ ⁻³ mg/l	3,716	3,875	2,607	1,210	1,939	0,813	2,758	2,525

VI .4.1.2. Matrice de corrélation

Le premier résultat intéressant à analyser est la matrice des corrélations, elle est par hypothèse symétrique par rapport à la diagonal, elle donne une première idée des associations entre les différentes variables qui sont comprise dans l'intervalle [-1, 1]. Il convient d'affirmer qu'une valeur positive indique une relation fonctionnelle croissante entre deux variables et inversement lorsque cette valeur est négative.

Les matrices de corrélation entre variables dans les trois années de mesure sont indiquées dans le tableau ci-après :

Tableau 52 : Matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques

Année	Paramètre	PH	T°C	MES mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻³ mg/l
2008	PH	1						
	T°C	0,088	1					
	MES mg/l	0,058	-0,056	1				
	DBO ₅ mg/l	0,126	0,449	-0,008	1			
	DCO mg/l	-0,181	-0,163	-0,051	0,137	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	0,018	0,043	0,166	0,133	0,023	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	0,404	-0,385	0,176	-0,183	-0,010	0,061	1
2009	PH	1						
	T°C	0,546	1					
	MES mg/l	-0,093	0,042	1				
	DBO ₅ mg/l	-0,228	0,012	0,190	1			
	DCO mg/l	0,122	0,245	0,185	-0,026	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	-0,206	-0,480	0,055	-0,508	-0,053	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	-0,096	-0,127	0,206	0,071	0,055	00, 310	1
2010	PH	1						
	T°C	-0,235	1					
	MES mg/l	-0,081	0,127	1				
	DBO ₅ mg/l	-0,215	0,102	-0,085	1			
	DCO mg/l	0,051	0,226	-0,057	0,232	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	0,422	-0,551	-0,034	-0,161	-0,213	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	0,229	0,174	0,159	-0,069	0,2922	0,067	1
2008 2009 2010	PH	1						
	T°C	0,130	1					
	MES mg/l	-0,050	0,032	1				
	DBO ₅ mg/l	-0,020	0,194	-0,045	1			
	DCO mg/l	0,095	0,105	-0,058	0,164	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	0,317	-0,178	0,025	-0,081	0,107	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	0,342	-0,179	0,113	-0,071	0,123	0,238	1

Avant d’entamer l’analyse des résultats par l’utilisation de l’ACP, il est intéressant d’avoir une idée sur les liaisons existantes entre les variables prises deux à deux, on remarque les associations suivantes :

- PH avec Température, PO₄⁻³, NO₃⁻
- Température avec PH, DBO₅, PO₄⁻³, NO₃⁻
- MES n’est corrélé à aucune autre variable dans les trois années
- DBO₅ avec Température, DCO, NO₃⁻
- DCO avec seulement DBO₅
- NO₃⁻ avec Température, DBO₅, pH
- PO₄⁻³ avec pH, Température, NO₃⁻

Après l’analyse du tableau des matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques de corrélation, on constate en général que :

- Les paramètres physicochimiques sont peu corrélés avec les autres variables.
- La plus forte corrélation en valeur absolue est entre le pH et la température en 2009 dont ($r = 0,546$), puis la température et NO_3^- en 2010 où ($r = -0,551$).
- MES, DCO, NO_3^- ne sont corrélés à aucune autre variable dans l'année 2008
- MES, DCO, PO_4 ne sont corrélés à aucune autre variable dans l'année 2009
- MES, DCO, DBO_5 , PO_4^{-3} ne sont corrélés à aucune autre variable dans l'année 2010
- Toutes les paramètres sont faiblement corrélés entre eux, tandis que la MES n'est corrélée à aucune autre variable dans la période de trois années.

VI .4.1.3. Valeurs propres et pourcentages des axes principaux

La diagonalisation de la matrice de corrélation donne les résultats présentés dans ce tableau.

Tableau 53: les valeurs propres et pourcentage de variance des axes principaux :

Années	Axes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
2008	Valeur propre	1,734	1,444	1,169	1,016	0,798	0,456	0,384
	% variance	24,766	20,623	16,705	14,510	11,402	6,514	5,480
	% cumulé	24,766	45,388	62,094	76,604	88,006	94,520	100,000
2009	Valeur propre	2,005	1,485	1,341	0,834	0,710	0,388	0,237
	% variance	28,648	21,207	19,154	11,912	10,143	5,548	3,389
	% cumulé	28,648	49,855	69,009	80,921	91,063	96,611	100,000
2010	Valeur propre	2,001	1,445	1,182	0,866	0,577	0,558	0,372
	% variance	28,581	20,638	16,882	12,369	8,239	7,976	5,315
	% cumulé	28,581	49,219	66,101	78,470	86,709	94,685	100,000
2008	Valeur propre	1,682	1,357	1,036	0,936	0,779	0,751	0,460
2009	% variance	24,033	19,379	14,799	13,367	11,129	10,724	6,569
2010	% cumulé	24,033	43,412	58,212	71,579	82,708	93,431	100,000

La deuxième ligne indique les valeurs propres de la matrice de corrélation.

La troisième ligne nous renseigne sur le pourcentage expliqué par chaque valeur propre.

Les valeurs propres issues de la matrice de corrélation représentent la quantité d'information récupérée dans l'axe, en plus des valeurs propres, on calcule les variances pour les sept composantes étudiées et le pourcentage cumulé qui permet d'évaluer le poids relatif de chaque facteur.

Les pourcentages de variation sont assez élevés pour les trois premiers axes avec un cumul de 62, 69, 66 % respectivement aux années 2008, 2009 et 2010. Nous allons donc limiter le nombre des axes à trois pour faire l'interprétation.

Dans notre cas, on voit que les premières valeurs propres sont :

En 2008 vaut 1.734 et représente 25 % de la variabilité.

En 2009 vaut 2.005 et représente 29 % de la variabilité.

En 2010 vaut 2.001 et représente 29 % de la variabilité.

Cela signifie que si l'on représente les données sur le premier axe, alors on aura toujours 25%, 29% et 29% de la variabilité totale dans les trois années qui sera préservée.

A chaque valeur propre correspond un facteur et chaque facteur est en fait une combinaison linéaire des variables de départ. Les valeurs propres et les facteurs sont triés par ordre décroissant de variabilité représentée.

VI .4.1.4. Cercle de corrélation

Sur le graphique du cercle des corrélations, on peut aussi interpréter les positions des anciennes variables les unes par rapport aux autres en termes de corrélations.

A chaque variable, on associe un point dont la coordonnée sur un axe factoriel est une mesure de la corrélation entre cette variable et le facteur (Axe 1, Axe 2 ou Axe 3), nous savons que les variables appartiennent à la sphère de rayon 1.

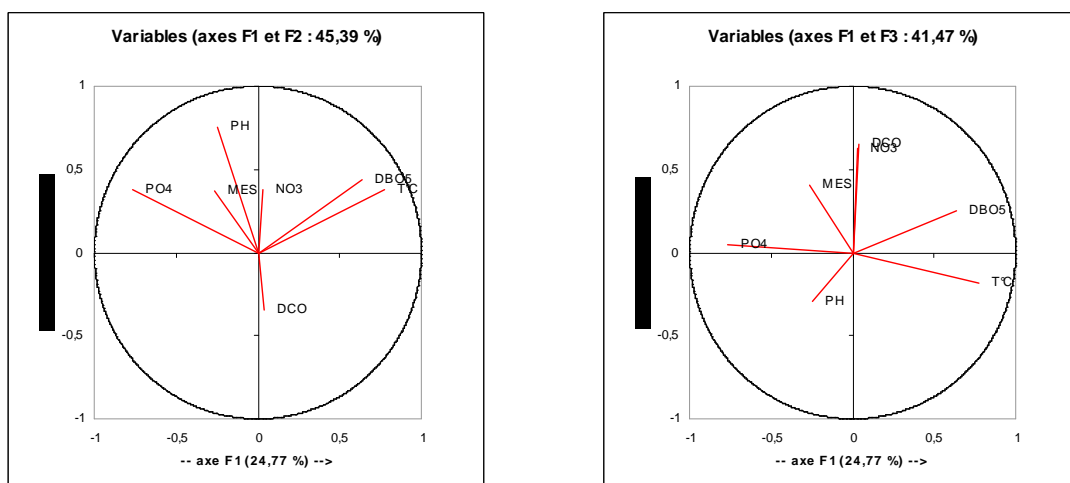


Figure 52: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2008

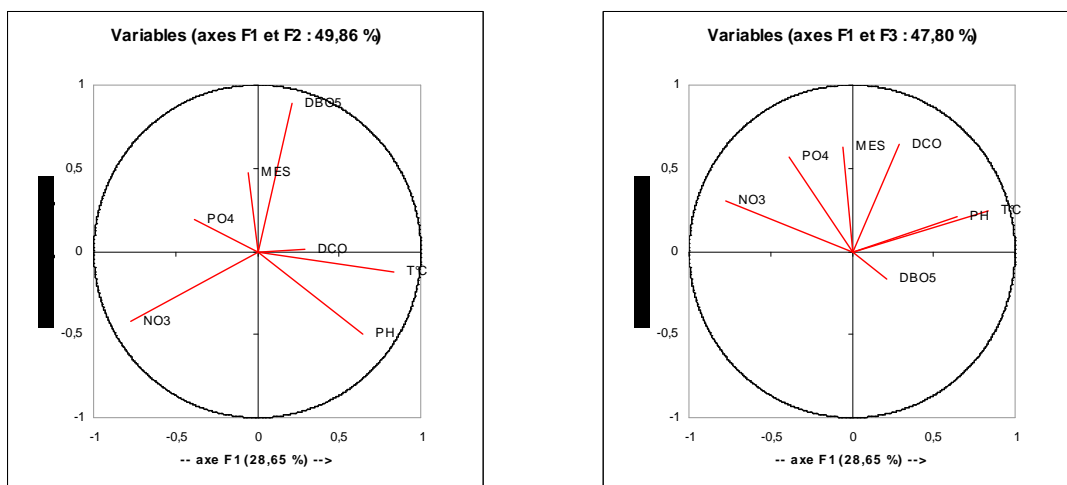


Figure 53: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2009

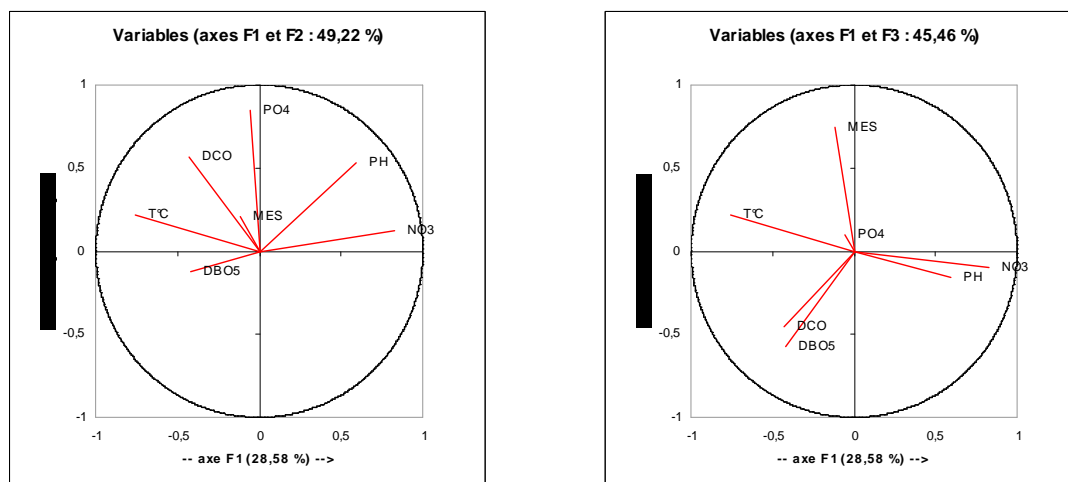


Figure 54 : Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l’année 2010

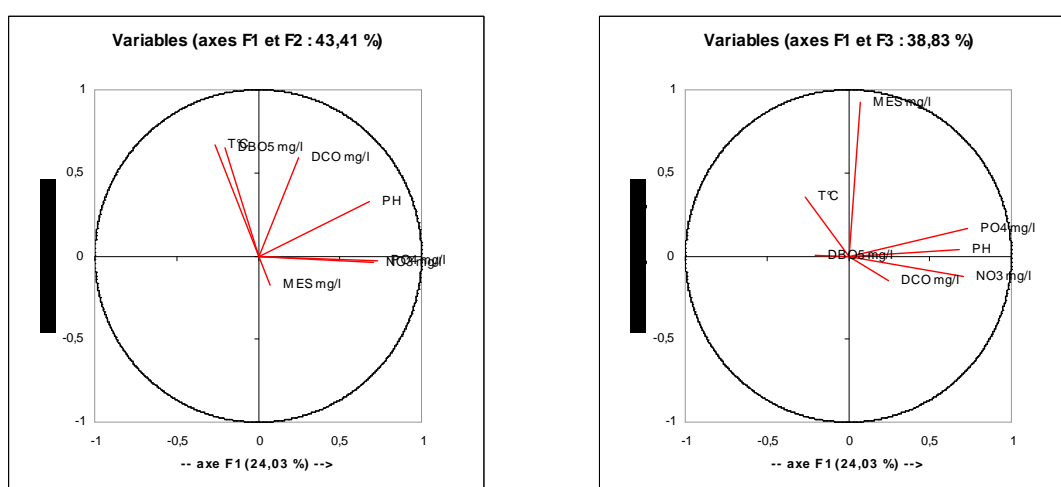


Figure 55: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de la période 2008-2009-2010

Le calcul de coefficient de corrélation et le choix des composantes principales conduisent après projection sur les axes à des cercles de corrélation entre deux composantes principales soit F1 et F2, F1 et F3, F2 et F3

Pour l’année 2008 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : Température et DBO₅ qui sont fortement corrélées positivement à l’axe F1.
- La composante F2 explique la variable suivante : pH qui est fortement corrélée positivement à l’axe F2
- La composante F3 explique les variables suivantes : DCO et NO₃⁻ qui sont fortement corrélées positivement à l’axe F3.

Pour l’année 2009 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : Température et pH qui sont fortement corrélées positivement et NO₃⁻ qui est fortement corrélée négativement à l’axe F1.

- La composante F2 explique la variable suivante : DBO_5 qui est fortement corrélée positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique les variables suivantes : DCO, MES et PO_4^{-3} qui sont corrélées positivement à l'axe F3.

Pour l'année 2010 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : NO_3^- et pH qui sont fortement corrélées positivement et température qui est fortement corrélée négativement à l'axe F1.
- La composante F2 explique les variables suivantes: pH, DCO et PO_4^{-3} qui est fortement corrélée positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique les variables suivantes : MES qui est fortement corrélée positivement et DBO_5 qui est corrélée négativement à l'axe F3.

Pour la période de 2008, 2009 et 2010 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : NO_3^- , PO_4^{-3} et pH qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F1.
- La composante F2 explique les variables suivantes: température, DCO et DBO_5 qui est fortement corrélée positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique la variable suivante : MES qui est fortement corrélée positivement à l'axe F3.

VI .4.2. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Zemmouri

VI .4.2.1. Analyse statistique linéaire

La technique utilisée est une analyse en composantes principales (ACP) qui a été réalisée sur un tableau de données à 07 variables (PH, T°C, MES, DBO_5 , DCO, NO_3^- , PO_4^{-3}) et à 140 individus, ces valeurs ont été mesurées au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la commune de Zemmouri entre le 01 Janvier 2008 et le 31 Décembre 2010, les statistiques élémentaires sur les variables dans trois années sont données dans le tableau suivant:

Tableau 54 : Moyenne et écart-type des données

Paramètres	2008		2009		2010		2008-2009-2010	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
PH	7,519	0,098	7,434	0,196	7,407	0,171	7,455	0,166
T°C	20,009	4,877	20,610	5,023	20,109	3,781	20,239	4,613
MES mg/l	12,245	7,846	16,304	7,027	22,733	16,699	16,950	12,085
DBO_5 mg/l	11,918	7,631	21,370	11,187	20,622	41,302	17,821	25,073
DCO mg/l	59,494	22,344	55,965	19,940	61,397	46,517	58,946	31,715
NO_3^- mg/l	15,542	8,688	6,035	7,472	2,873	5,346	8,346	9,135
PO_4^{-3} mg/l	3,535	2,537	4,595	2,275	2,431	2,270	3,529	2,524

VI .4.2.2. Matrice de corrélation

Les matrices de corrélation entre variables dans les trois années de mesure sont indiquées dans le tableau ci-après :

Tableau 55: Matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques

Année	Paramètre	PH	T°C	MES mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻³ mg/l
2008	PH	1						
	T°C	0,575	1					
	MES mg/l	0,121	0,112	1				
	DBO ₅ mg/l	0,131	0,440	0,050	1			
	DCO mg/l	0,251	0,182	-0,109	0,011	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	0,020	0,174	-0,027	0,012	0,233	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	-0,285	-0,619	-0,089	-0,222	-0,233	-0,030	1
2009	PH	1						
	T°C	0,674	1					
	MES mg/l	0,003	-0,137	1				
	DBO ₅ mg/l	0,019	0,029	0,457	1			
	DCO mg/l	0,226	0,172	0,113	0,199	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	-0,318	-0,620	0,161	-0,048	0,060	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	-0,526	-0,320	0,038	-0,197	-0,392	0,123	1
2010	PH	1						
	T°C	0,644	1					
	MES mg/l	0,295	0,294	1				
	DBO ₅ mg/l	-0,041	-0,012	0,693	1			
	DCO mg/l	0,028	0,108	0,638	0,834	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	-0,064	-0,111	-0,068	-0,083	-0,088	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	0,137	0,036	0,073	-0,022	0,099	0,134	1
2008 2009 2010	PH	1						
	T°C	0,576	1					
	MES mg/l	0,057	0,107	1				
	DBO ₅ mg/l	-0,059	0,056	0,596	1			
	DCO mg/l	0,104	0,125	0,423	0,664	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	0,064	-0,152	-0,193	-0,129	0,038	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	-0,179	-0,310	-0,059	-0,057	-0,113	0,092	1

D'après le Tableau ci-dessus, on a pu dégager les associations suivantes de la matrice de corrélations :

- PH avec Température, PO₄⁻³, NO₃⁻, MES
- Température avec DBO₅, PO₄⁻³, NO₃, MES
- MES avec DBO₅, DCO, NO₃⁻
- DBO₅ avec DCO, Température, MES
- DCO avec MES, DBO₅, PO₄⁻³
- NO₃⁻ avec pH, Température, MES
- PO₄⁻³ avec pH, DCO, Température

Dans ce tableau aussi, qui reflète les corrélations entre les différents paramètres physicochimiques, on constate qu'il existe en général que :

- Les paramètres physicochimiques sont peu corrélés avec les autres variables.
- La plus forte corrélation en valeur absolue est entre DCO et DBO₅ dont ($r = 0,834$) en 2010, puis la MES et DBO₅ en même année
- MES, DCO, NO₃⁻ ne sont corrélés à aucune autre variable dans l'année 2008
- NO₃⁻, PO₄⁻³ ne sont corrélés à aucune autre variable dans l'année 2010
- Une corrélation positive moyenne entre le pH et la température pendant les trois années.

VI .4.2.3. Valeurs propres et pourcentages des axes principaux

La diagonalisation de la matrice de corrélation donne les résultats présentés dans ce tableau.

Tableau 56: les valeurs propres et pourcentage de variance des axes principaux

Années	Axes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
2008	Valeur propre	2,335	1,236	0,958	0,913	0,695	0,653	0,210
	% variance	33,360	17,659	13,679	13,042	9,925	9,332	3,002
	% cumulé	33,360	51,019	64,699	77,741	87,666	96,998	100,000
2009	Valeur propre	2,453	1,637	1,084	0,660	0,602	0,365	0,199
	% variance	35,048	23,379	15,493	9,422	8,606	5,210	2,842
	% cumulé	35,048	58,427	73,920	83,342	91,948	97,158	100,000
2010	Valeur propre	2,556	1,666	1,143	0,831	0,374	0,297	0,133
	% variance	36,508	23,807	16,322	11,875	5,345	4,249	1,894
	% cumulé	36,508	60,315	76,637	88,512	93,857	98,106	100,000
2008	Valeur propre	2,247	1,669	1,076	0,839	0,526	0,378	0,264
2009	% variance	32,097	23,847	15,375	11,985	7,515	5,406	3,775
2010	% cumulé	32,097	55,944	71,319	83,304	90,820	96,225	100,000

La deuxième ligne indique les valeurs propres de la matrice de corrélation.

La troisième ligne nous renseigne sur le pourcentage expliqué par chaque valeur propre.

Les valeurs propres issues de la matrice de corrélation représentent la quantité d'information récupérée dans l'axe, on plus des valeurs propres, on calcule les variances pour les sept composante étudiées et le pourcentage cumulé qui permet d'évaluer le poids relative de chaque facteur

Les pourcentages de variation sont élevés pour les trois premiers axes avec un cumul de 65, 74, 77 % respectivement aux années 2008, 2009 et 2010. Nous allons donc limiter le nombre des axes à trois pour faire l'interprétation.

Dans notre cas, on voit que les premières valeurs propres sont :

En 2008 vaut 2,335 et représente 33 % de la variabilité.

En 2009 vaut 2,453 et représente 35 % de la variabilité.

En 2010 vaut 2,556 et représente 37 % de la variabilité.

Cela signifie que si l'on représente les données sur le premier axe, alors on aura toujours 33 %, 35% et 37% de la variabilité totale dans les trois années qui sera préservée.

Les valeurs propres et les facteurs sont triés par ordre décroissant de variabilité représentée.

VI .4.2.4. Cercle de corrélation

Sur le graphique du cercle des corrélations, on peut aussi interpréter les positions des anciennes variables les unes par rapport aux autres en termes de corrélations.

La contribution de chaque variable dans la formation d'une composante principale est donnée par le coefficient de corrélation entre la variable et l'axe considéré, plus ce coefficient est important, plus la variable contribue à la formation de l'axe.

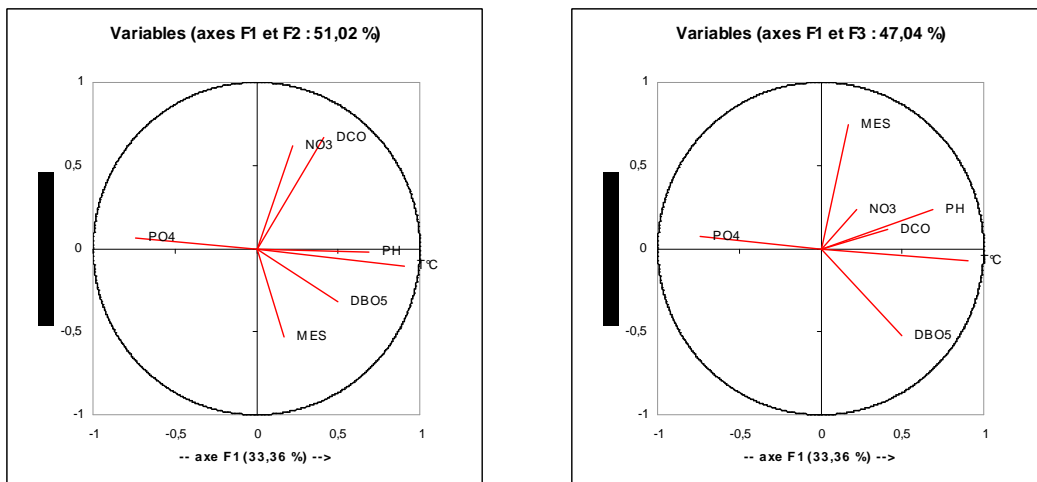


Figure 56: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2008

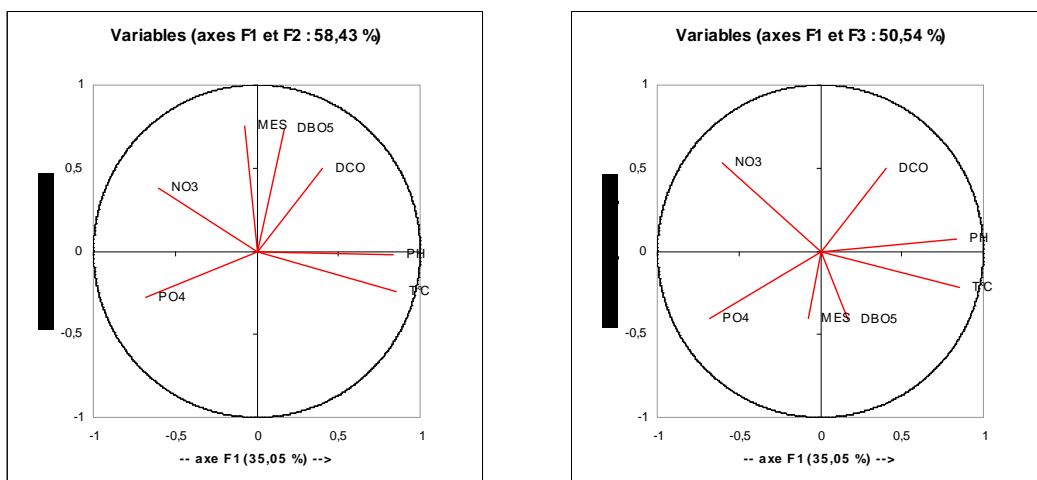


Figure 57: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2009

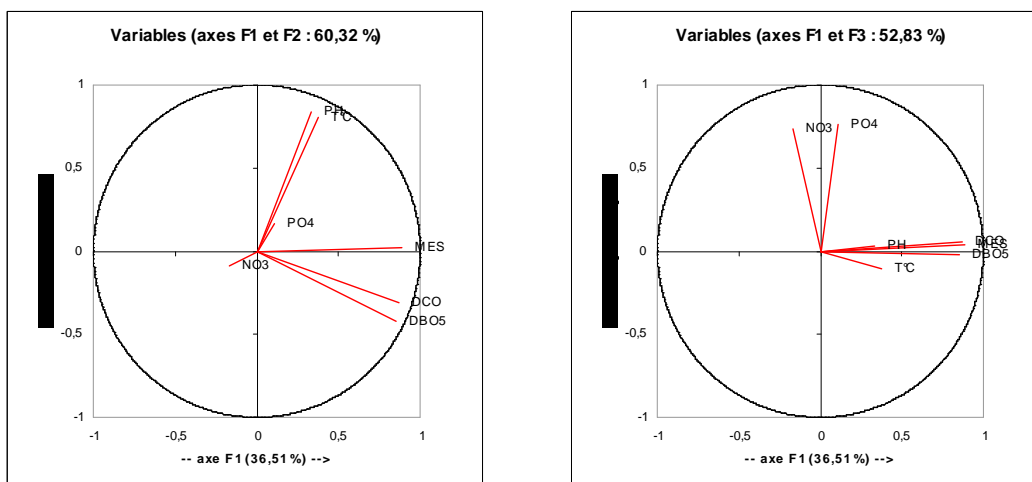


Figure 58: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2010

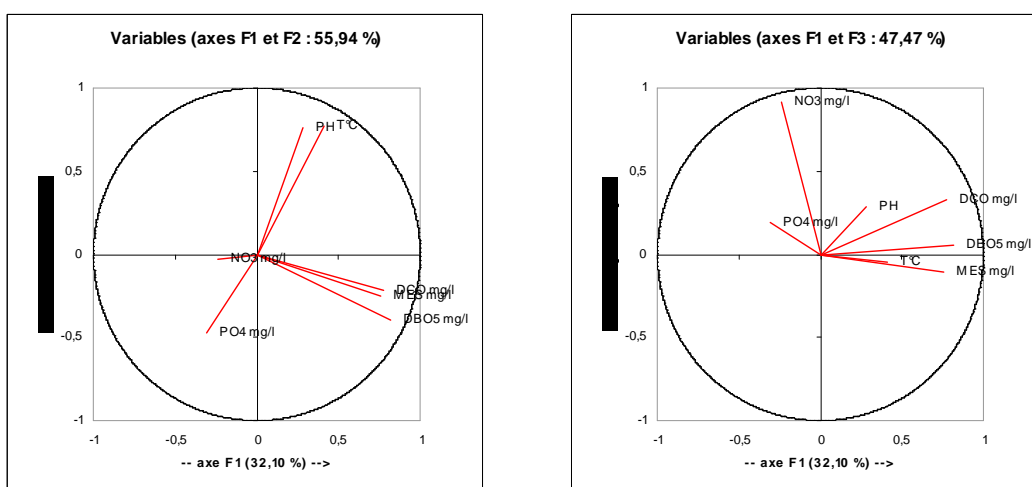


Figure 59: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de la période 2008-2009-2010

Le calcul de coefficient de corrélation et le choix des composantes principales aboutissent après projection sur les axes à des cercles de corrélation entre deux composantes principales soit F1 et F2, F1 et F3, F2 et F3

Pour l'année 2008 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : Température, pH et DBO₅ qui sont fortement corrélées positivement et PO₄⁻³ qui est fortement corrélée négativement à l'axe F1.
- La composante F2 explique la variable suivante : DCO et NO₃⁻ qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique la variable suivante : MES qui est fortement corrélée positivement à l'axe F3.

Pour l'année 2009 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : Température et pH qui sont fortement corrélées positivement et NO_3^- , PO_4^{-3} qui sont corrélées négativement à l'axe F1.
- La composante F2 explique les variables suivantes : MES, DBO_5 qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique les variables suivantes : DCO, NO_3^- qui sont corrélées positivement à l'axe F3.

Pour l'année 2010 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : MES, DBO_5 , DCO qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F1.
- La composante F2 explique les variables suivantes: Température, pH sont fortement corrélées positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique les variables suivantes : NO_3^- , PO_4^{-3} qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F3.

Pour la période de 2008, 2009 et 2010 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : DCO, DBO_5 , MES qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F1.
- La composante F2 explique les variables suivantes: Température, pH qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique la variable suivante : NO_3^- qui est fortement corrélée positivement à l'axe F3

VI .4.3. Station d'épuration des eaux usées de la commune de Thénia**VI .4.3.1. Analyse statistique linéaire**

La technique utilisée est une analyse en composantes principales (ACP) qui a été réalisée sur un tableau de données à 07 variables (PH, T°C, MES, DBO_5 , DCO, NO_3^- , PO_4^{-3}) et à 145 individus, ces valeurs ont été mesurées au niveau de la station d'épuration des eaux usées de la commune de Thénia entre le 01 Janvier 2008 et le 31 Décembre 2010, les statistiques élémentaires sur les variables dans trois années sont données dans le tableau suivant:

Tableau 57: Moyenne et écart-type des données

Paramètres	2008		2009		2010		2008-2009-2010	
	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne
PH	7,162	0,185	7,352	0,293	7,474	0,130	7,324	0,249
T°C	20,192	4,841	20,541	5,336	20,518	5,123	20,408	5,096
MES mg/l	13,946	11,535	13,043	4,601	16,536	7,835	14,499	8,744
DBO ₅ mg/l	5,692	7,958	6,022	5,674	4,404	2,679	5,379	5,977
DCO mg/l	50,656	26,164	36,935	15,683	34,902	27,575	41,197	24,913
NO ₃ ⁻ mg/l	17,971	8,855	15,571	6,962	9,900	11,073	14,593	9,735
PO ₄ ⁻³ mg/l	3,845	1,607	4,366	0,996	2,347	1,285	3,525	1,577

VI .4.3.2. Matrice de corrélation

Plusieurs corrélateurs ont pu être mis en évidence dans les trois années de mesures sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 58: Matrices de corrélation entre les différents éléments physicochimiques

Année	Paramètre	PH	T°C	MES mg/l	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ⁻³ mg/l
2008	PH	1						
	T°C	-0,238	1					
	MES mg/l	0,280	-0,142	1				
	DBO ₅ mg/l	0,282	-0,191	0,383	1			
	DCO mg/l	0,144	0,061	0,108	0,522	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	-0,021	0,461	0,092	-0,282	-0,083	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	-0,132	-0,130	-0,013	-0,031	0,148	-0,125	1
2009	PH	1						
	T°C	0,748	1					
	MES mg/l	0,235	-0,071	1				
	DBO ₅ mg/l	0,017	0,111	0,197	1			
	DCO mg/l	0,297	0,351	0,215	0,641	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	0,292	0,064	0,049	-0,190	-0,388	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	-0,162	0,038	-0,343	-0,034	-0,258	0,095	1
2010	PH	1						
	T°C	-0,318	1					
	MES mg/l	-0,150	0,211	1				
	DBO ₅ mg/l	-0,192	0,173	0,159	1			
	DCO mg/l	0,089	0,074	0,144	0,142	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	-0,044	-0,173	-0,145	-0,116	-0,183	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	0,038	-0,175	-0,239	-0,002	-0,049	0,148	1
2008 2009 2010	PH	1						
	T°C	0,193	1					
	MES mg/l	0,176	-0,013	1				
	DBO ₅ mg/l	0,051	-0,028	0,274	1			
	DCO mg/l	-0,018	0,113	0,104	0,421	1		
	NO ₃ ⁻ mg/l	-0,107	0,086	-0,052	-0,147	-0,078	1	
	PO ₄ ⁻³ mg/l	-0,243	-0,087	-0,188	0,040	0,070	0,176	1

L'analyse de tableau ci-dessus nous a permis de définir les couples des variables corrélées avec les autres paramètres physicochimiques comme suit :

- PH avec MES, DBO₅, Température, NO₃⁻, DCO, PO₄⁻³
- Température avec PH, DCO, NO₃⁻
- MES avec, DBO₅, pH
- DBO₅ avec pH, MES, DCO,
- DCO avec pH, DBO₅, Température, NO₃⁻
- NO₃⁻ avec DBO₅, Température, pH, DCO
- PO₄⁻³ avec pH, MES, NO₃⁻

La lecture directe du tableau des corrélations entre les anciennes et les nouvelles variables montre que

- Les paramètres physicochimiques sont faiblement corrélés avec les autres variables.
- La plus forte corrélation en valeur absolue est entre le pH et la température en 2009 dont ($r = 0,748$), puis DBO et DBO₅ dans l'année 2008 et 2009 qui correspond respectivement aux coefficients de corrélation ($r = 0,522$), ($r = 0,641$).
- PO₄ n'est corrélé à aucune autre variable dans l'année 2008
- Tous les paramètres ne sont corrélés à aucune autre variable dans l'année 2010 que le pH et la température sont faiblement corrélés
- Tous les paramètres sont faiblement corrélés avec d'autre variable dans la période de trois années.

VI.4.3.3. Valeurs propres et pourcentages des axes principaux

La diagonalisation de la matrice de corrélation donne les résultats présentés dans le tableau.

Tableau 59: les valeurs propres et pourcentage de variance des axes principaux

Années	Axes	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
2008	Valeur propre	2,061	1,398	1,182	0,913	0,710	0,420	0,315
	% variance	29,446	19,978	16,887	13,037	10,146	6,007	4,499
	% cumulé	29,446	49,424	66,311	79,349	89,494	95,501	100,000
2009	Valeur propre	2,263	1,679	1,275	0,857	0,556	0,227	0,144
	% variance	32,325	23,986	18,217	12,241	7,937	3,239	2,053
	% cumulé	32,325	56,311	74,529	86,770	94,707	97,947	100,000
2010	Valeur propre	1,816	1,235	1,046	0,845	0,759	0,703	0,595
	% variance	25,939	17,649	14,946	12,076	10,844	10,046	8,499
	% cumulé	25,939	43,588	58,534	70,611	81,455	91,501	100,000
2008	Valeur propre	1,673	1,393	1,126	0,934	0,738	0,622	0,515
2009	% variance	23,897	19,893	16,087	13,345	10,537	8,881	7,360
2010	% cumulé	23,897	43,790	59,876	73,222	83,759	92,640	100,000

La deuxième ligne indique les valeurs propres de la matrice de corrélation.

La troisième ligne nous renseigne sur le pourcentage expliqué par chaque valeur propre.

Les valeurs propres issues de la matrice de corrélation représentent la quantité d'information récupérée dans l'axe, on plus des valeurs propres, on calcule les variances pour les sept composante étudiées et le pourcentage cumulé qui permet d'évaluer le poids relative de chaque facteur

Les pourcentages de variation sont élevés pour les trois premiers axes avec un cumul de 66, 75, 59 % respectivement aux années 2008, 2009 et 2010. Nous allons donc limiter le nombre des axes à trois pour faire l'interprétation.

Dans notre cas, on voit que les premières valeurs propres sont :

En 2008 vaut 2,061 et représente 29 % de la variabilité.

En 2009 vaut 2,263 et représente 32 % de la variabilité.

En 2010 vaut 1,816 et représente 26 % de la variabilité.

Cela signifie que si l'on représente les données sur le premier axe, alors on aura toujours 29 %, 32% et 26% de la variabilité totale dans les trois années qui sera préservée.

Les valeurs propres et les facteurs sont triés par ordre décroissant de variabilité représentée.

VI .4.3.4. Cercle de corrélation

D'après les graphiques du cercle des corrélations, on peut interpréter les positions des anciennes variables les unes par rapport aux autres en termes de corrélations.

A chaque variable, on associe un point dont la coordonnée sur un axe factoriel est une mesure de la corrélation entre cette variable et le facteur (Axe 1, Axe 2 ou Axe 3), nous savons que les variables appartiennent à l'intervalle de [-1,1]

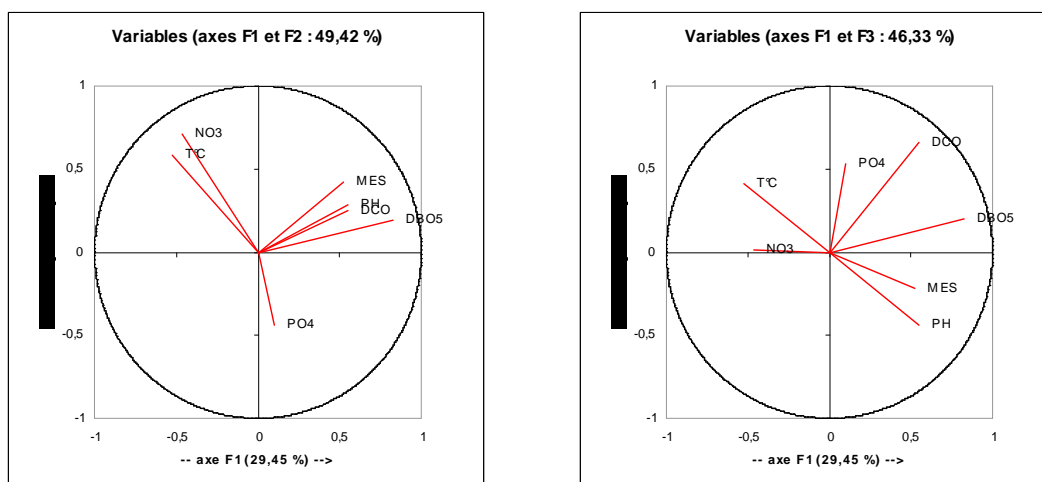


Figure 60: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2008

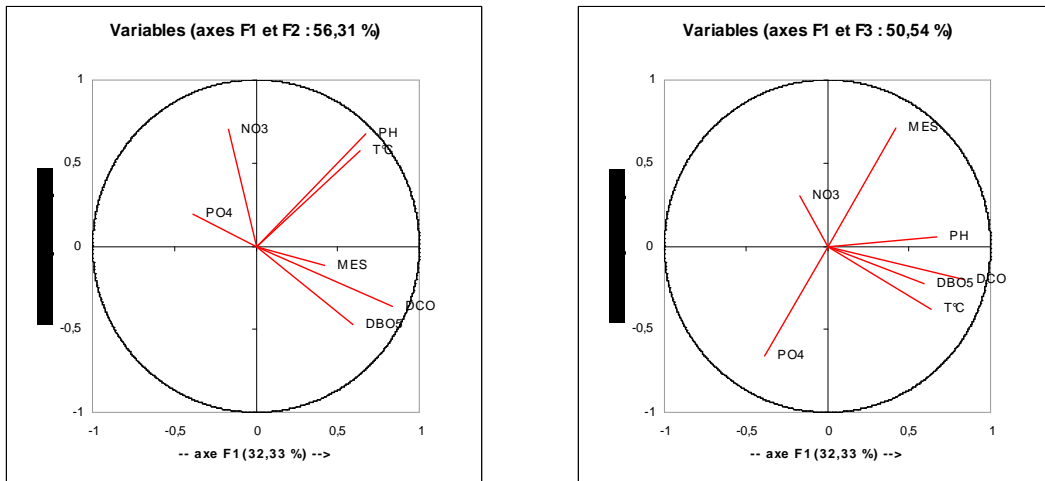


Figure 61: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2009

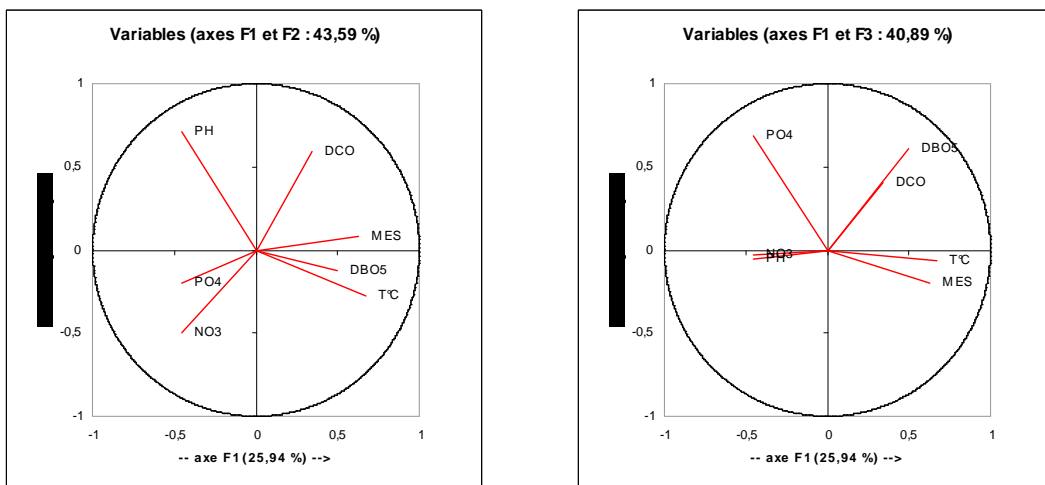


Figure 62: Représentation des variables sur les trois plans factoriels de l'année 2010

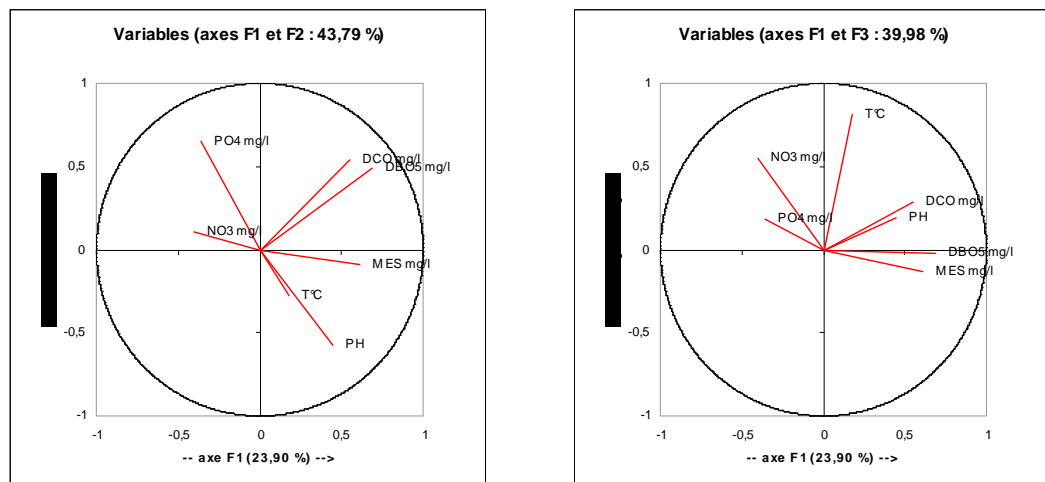


Figure 63 : Représentation des variables sur les trois plans factoriels de la période 2008-2009-2010

Le calcul de coefficient de corrélation et le choix des composantes principales conduisent après projection sur les axes à des cercles de corrélation entre deux composantes principales soit F1 et F2, F1 et F3, F2 et F3

Pour l'année 2008 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : DBO₅, pH et DCO qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F1.
- La composante F2 explique les variables suivantes : Température et NO₃⁻ qui sont corrélées positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique la variable suivante : DCO qui est corrélée positivement à l'axe F3.

Pour l'année 2009 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : DCO, Température, pH, DBO₅ qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F1.
- La composante F2 explique les variables suivantes : NO₃⁻, pH qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique la variable suivante : MES qui est corrélée positivement et PO₄ qui est corrélée négativement à l'axe F3.

Pour l'année 2010 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : Température, MES qui sont fortement corrélées positivement à l'axe F1.
- La composante F2 explique les variables suivantes: pH, DCO sont corrélées positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique les variables suivantes : DBO₅, PO₄⁻³ qui sont corrélées positivement à l'axe F3.

Pour la période de 2008, 2009 et 2010 :

- La composante F1 explique les variables suivantes : DBO₅, MES qui sont corrélées positivement à l'axe F1.
- La composante F2 explique la variable suivante: PO₄⁻³ qui est corrélée positivement à l'axe F2
- La composante F3 explique la variable suivante : température qui est fortement corrélée positivement à l'axe F3

VI.4.4. Traitement de l'espace des individus

Dans notre travail de l'analyse en composantes principales, nous avons représenté ici seulement les données des individus (facteur temps) des trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes sur les axes F1 et F2 pour trois années successives, les autres projections des années 2008, 2009 et 2010 sont dans l'annexe 3.

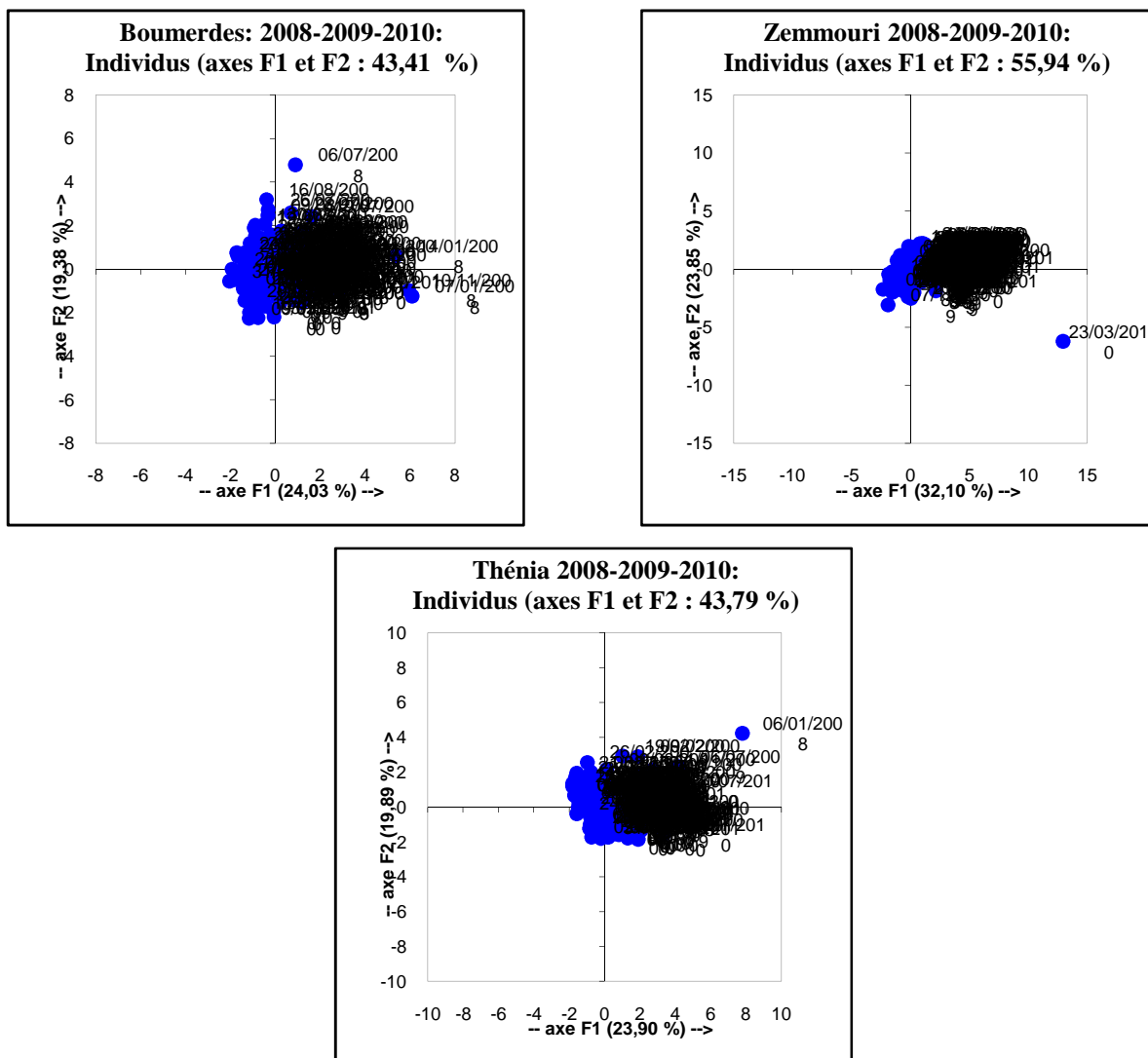


Figure 64 : Projection des individus dans l'espace des axes (F1, F2).

D'après les projections représentées dans la figure 63 ci-dessus, on remarque que l'ACP ne montre pas des groupements distincts pouvant servir à la constitution d'un ensemble d'individus cohérents. La totalité des individus se concentrent au niveau du centre, cette situation explique que les individus (facteur temps) n'ont pas d'influence sur la variabilité des paramètres physicochimiques de l'eau épurée, ce qui nous amène à dire que les paramètres physicochimiques sont généralement indépendants du facteur temps

VI.4.5. Interprétation de l'ACP

Les paramètres physicochimiques de suivi ont été les suivants pour toute la filière eau : la température, le pH, la demande biochimique en oxygène (DBO₅), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières en suspension et la matière azoté (NO₃⁻) et phosphoré (PO₄⁻³).

L'analyse des corrélations laisse voir des corrélations positives s'approchant de 1 (sup à 0,5) comme suit :

Année 2008 :

Nous avons remarqué pendant cette année que :

- Une faible corrélation entre les paramètres physicochimique dans la STEP de Boumerdes
- Corrélation moyenne entre les paramètres dont la plus forte corrélation est observée entre la température et le pH dans la STEP de Zemmouri avec un coefficient de corrélation de 0,575
- Corrélation moyenne également entre les paramètres dont la plus forte est observée entre la DCO et DBO₅ avec un coefficient de corrélation de 0,522 dans la STEP de Thénia.
- Pas de corrélation positive de NO₃⁻ et PO₄⁻³ avec les autres paramètres

Année 2009 :

- STEP de Boumerdes : corrélation moyenne entre les paramètres physicochimiques dont la plus forte corrélation positive est observée entre la température et le pH avec un coefficient de corrélation de 0,546
- STEP de Zemmouri : même remarque a été observée dans la STEP de Zemmouri avec un coefficient de corrélation de 0,575 entre la température et le pH.
- STEP de Thénia : nous avons observé une forte corrélation entre la température et le pH (R²=0,748), et entre la DCO et DBO₅ (R²=0,641)
- Pas de corrélation positive de NO₃⁻ et PO₄⁻³ avec les autres paramètres

Année 2010 :

- Une faible corrélation positive entre les paramètres dans la STEP de Boumerdes
- Dans la STEP de Zemmouri, une forte corrélation entre les paramètres physicochimiques a été observée, dont la plus forte est entre la DCO et DBO₅ (R² = 0,834), DBO₅ et MES (R²=0,693), température et pH (R² = 0,644), et enfin entre la DCO et MES (0,638).
- La STEP de Thénia ne présente pas des corrélations positives entre tous les paramètres.
- Pas de corrélation positive de NO₃⁻ et PO₄⁻³ avec les autres paramètres

Pendant trois années :

- Corrélation faible remarquée au niveau de la STEP de Boumerdes.
- Dans la STEP de Zemmouri, la corrélation entre les paramètres physicochimiques est moyenne dont les plus fortes sont entre la DCO et DBO₅ (R²= 0,644), la DBO₅ et MES (R²= 0,596) puis entre la température et le pH (R²=0,576).

- Dans la STEP de Thénia, la corrélation est faible entre les différents paramètres physicochimiques étudiés
- Pas de corrélation positive de NO_3^- et PO_4^{3-} avec les autres paramètres.

D'après cette analyse, nous avons constaté que les paramètres physicochimiques les plus corrélés entre eux sont : DBO_5 , DCO, la température, le pH, et MES dans tous les stations d'épuration étudiées pendant les trois années, et les associations entre les différentes variables étaient comme suit :

- Température - DBO_5 : STEP Zemmouri en 2008.
- Température - pH : Boumerdes (2009), Zemmouri (toutes les trois années), Thénia (2009,2010)
- DBO_5 - MES : Zemmouri (2009, 2010, et 3 années)
- DBO_5 - DCO : Zemmouri (2010, et 3 années), Thénia (2008, 2009 et 3 années)
- DCO - MES : Zemmouri (2010) .

A partir de ces résultats, nous avons remarqué que :

Une liaison est obtenue dans toutes les stations d'épuration entre la température et le pH signifie que le paramètre du pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau.

Une forte corrélation entre les MES et la DBO_5 est observée et explicable par le fait qu'une grande partie des MES présentes dans l'eau sont essentiellement des bactéries et donc est essentiellement biodégradable, ce qui explique également la corrélation positive entre les MES et la DBO_5 , et leur diminution entraîne de ce fait la diminution de la DBO_5 .

En ce qui concerne la corrélation entre la DCO et DBO_5 , explicable par une augmentation de la DBO_5 entraîne l'augmentation de la DCO

Ainsi, nous remarquons que les variables DBO_5 , DCO sont associées, cela explique que la DCO permet de mesurer la majeure partie de la matière organique biodégradable et peu dégradée alors que la DBO_5 ne mesure que la matière organique naturellement et rapidement biodégradable, le rapport DCO- DBO_5 permet d'évaluer le caractère biodégradable de la matière organique, ceci explique l'association de ces deux variables

VI.5. Conclusion

Une station d'épuration dépollue les eaux sales pour contribuer à restituer l'eau propre à son milieu naturel, dont l'objectif principal du suivi d'une station d'épuration est de vérifier si les exigences de rejet établies pour cette station sont respectées.

Les stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes dont le traitement se fait par boue activée, à fait l'objet d'une étude, au cours de laquelle, les paramètres physicochimiques ont été étudiés.

Les valeurs obtenues à travers l'analyse physicochimique de l'eau épurée issue de chaque station d'épuration de la wilaya de Boumerdes montrent une conformité aux normes de tous les paramètres physicochimiques sauf certains valeurs de la demande chimique en oxygène, demande biochimique en oxygène, les matières en suspension qui sont nettement supérieures à la norme des rejets de la station d'épuration de Zemmouri en 2010. Ainsi une seule valeur de la conductivité électrique a dépassé la norme fixée par l'OMS,

Les résultats des analyses physico-chimiques ont donc montré que les eaux usées épurées répondent pratiquement aux normes de l'OMS, ce qui encourage sa réutilisation dans plusieurs domaines

L'analyse en composante principale appliquée dans un premier temps à 7 variables mesurées sur 3 années dans trois stations d'épuration, nous a permis de trouver des sous espaces représentants mieux le nuage initial, l'information qui nous permet d'apprécier la qualité des eaux épurées des trois stations s'articule sur les paramètres physicochimiques suivant : Température, pH, DBO₅, DCO et MES sur lesquels doit se base l'étude de la qualité de l'eau des stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes.

En ce qui concerne les nitrates NO₃⁻ et le phosphate PO₄⁻³, dans notre étude ne présentent pas des risques d'accumulation de ces substances nutritives (eutrophisation) dans les milieux aquatique où elles se jettent les eaux épurées.

Conclusion et perspectives

Nous avons tenté à travers ce travail de déterminer la pollution résiduelle d'une station d'épuration à boues activées par l'analyse des paramètres globaux d'estimation de la pollution organique des eaux usées. Pour ce faire, nous avons tout d'abord choisi de regrouper les informations pertinentes sur les eaux usées et leurs traitements pour maîtriser les principaux paramètres pouvant les caractériser.

L'étude du cadre d'analyse a montré que les effluents qui recueillent les rejets des stations d'épuration à l'aval sont autonome les uns par rapport aux autres, c'est-à-dire les eaux épurées de chaque station suit dans l'effluent un sens différent jusqu'à l'arrivé à la mer qui est considéré le milieu récepteur final, donc les effets des trois stations à boues activées d'un même bassin versant sont indépendants, et chaque station affectera l'environnement qui l'entoure sans l'impact sur les autres stations

Les résultats de l'analyse des paramètres globaux de la pollution organique montrent que celle-ci rejette une eau épurée de qualité satisfaisante, sachant qu'une eau épurée n'est considérée comme telle que lorsqu'elle respecte les normes de rejets, ce qui est le cas pour tous les paramètres étudiés dans les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes

Nous nous sommes penchés sur l'étude de l'épuration à bous activées en décrivant son principe de fonctionnement mais également les paramètres pouvant influencer son bon fonctionnement.

Et grâce à l'analyse des données issues de l'application de l'ACP des stations d'épuration sur les paramètres physicochimiques, nous avons pu déterminer en première approche les paramètres physico-chimiques critiques en termes d'impacts et de respect des objectifs de qualité. Il s'agit principalement de la température, pH, DBO₅, DCO et MES sur lesquels dois se base l'étude de la qualité de l'eau des stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes.

La wilaya de Boumerdes présente à travers ses stations d'épuration des potentialités importantes des eaux usées épurées pouvant être réutilisées à des fins multiples afin de minimiser l'utilisation des eaux conventionnelles vis-à-vis la croissance démographique et l'augmentation des besoins par habitant.

La réutilisation des eaux usées s'impose de plus en plus comme une des composantes de la stratégie nationale de gestion des ressources en eau. Le développement de la réutilisation des eaux épurées et la préservation des milieux naturels contre la pollution résiduelle des rejets exigent la production d'une eau épurée de meilleure qualité et l'introduction de traitements complémentaires efficaces. L'amélioration de la qualité de l'eau épurée exige une meilleure maîtrise des procédés.

L'utilisation des eaux épurées en agriculture permet une gestion intégrée des ressources en eau disponibles, la valorisation agricole d'une eau marginale afin d'en tirer le meilleur profit économique, et la diminution des rejets des eaux usées dans le milieu récepteur et par conséquent la contribution à la protection de l'environnement.

Le manque de traitement microbiologique et le traitement des produits toxiques (métaux lourds, plus le positionnement des stations d'épuration sont les points faibles du système d'épuration dans la wilaya de Boumerdes, et les perspectives qui se dégagent se posent en termes d'engineering de l'aménagement des bassins versants pour lesquels la mise en œuvre de la GIRE permettra de bénéficier d'un maximum d'eau de qualité satisfaisante et ce grâce à l'interconnexion des effluents.

Références bibliographiques

ABH, 2010: Guide de l'Algérie, agence de bassin hydrographique Algéroï-Hodna-Soummam. 26p

ACHOURI F, 2003 : Etude des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage naturel de l'oued Béni-Messous *W. d'Alger*, 85P

AGAR WAL A, DELOS S, BHATIA R, CHERET I, DAVILA-POBLETE S, FALKENMARK M, GONZALEZ VILLAREAL F, JONCH-CLAUSEN T, 2000 : La gestion intégrée des ressources en eau, TAC BACKGROUND PAPERS N°. 4, Suède

AMIR S, 2005 : Contribution à la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost, Thèse doctorat, Toulouse, France, 312p.

AOULMI S, 2007: Conception de la station d'épuration dans la ville de Zeddine (W. Ain Defla, Algérie, 112P

ASANO T, 1998: Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475P

AUGER P, BAUDRAND J: 2004 : Gestion intégrée de l'eau par bassin versant au québec : cadre de référence pour les organismes de bassins versants prioritaires, québec . 20p

AVIRON V, GERARD M, 2000: Réutilisation des eaux usées après traitement, Paris, France, 38p.

BADIA-GONDARD F, 2003 : L'assainissement des eaux usées. Edition techni.cités, 231p.

BAUMONT S, JEAN P, LEFRANC A, FRANCONI A, 2004 : Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, 169 P.

BEADRY J, 1992 : " Chimie des eaux" le griffon d'argile. 2ème édition, Saint-Laurent, Québec, 537p

BECHAC P, BOUTIN P, MERCIER P, 1984 : Traitement des eaux usées, Ed. EYROLLES, Bd St Germaine-75005 Paris cedex 05.

BELOKDA W, 2009 : Contribution à une gestion des effluents liquides hospitaliers, Université chouaib doukkali el jadida - master genie de l'environnement et santé

BENHACINE Ch, DOUMBLIAOUSKAS A, 1983 : Irrigation agricole, Tipaza. 62P

BERLAND J, BOUTIN C, MOLLE P, COOPER P, 2001 : Guide. Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab), 42p

BOULKROUNE B, 2008 : Estimation de l'état des systèmes non linéaires à temps discret. Application à une station d'épuration, Thèse doctorat, Algérie, 145p.

BROUILLET J.L, Picot B, SAMBUCCO J.P, Gaillard L, SOTERAS G, VALARIE I, 2008 : Ecotechniques d'assainissement des Eaux usées domestiques : Evolution et perspectives, XIIIe Congrès mondial de l'Eau, Montpellier, France, 17p.

BRUNO W, 2008 : Les déversements d'eaux usées. Agence bruxelloise pour l'entreprise asbl, 7p

BRÜSCHWEILER S, CDE, 2003: Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) – La voie du développement durable. inforessources, Focus NO 1/03. 16p.

BURTON J, 2001 : La gestion intégrée des ressources en eau. Manuel de formation. IEPF/AUF. Paris. 261 p.

CATHERINE J, 2004: Ouvrages composant une station d'épuration, dimensionnement des différents ouvrages d'une station d'épuration. Institut Supérieur des Techniques de l'Eau (ISTE).46p.

*CAUCHI, HYVRARD, NAKACHE, SCHWARTZBROD, ZAGURY, BARON, CARRE, COURTOIS, DENIS, DERNAT, LARBAIGT, DERANGERE, MARTIGNE, SEGURET, 1996 :*Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. Techniques, Sciences et Méthodes, 2 : 81-118p.

DALLING I, 2007: Integrated Management Definition Unified Management Solutions; Chartered Quality Institute Integrated Management Special Interest Group

DERONZIER G, SCHETRITE S, RACAULT Y, CANLER J-P, LIENARD A, HEDUIT A, DUCHENE Ph, 2001 : Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités, FNDAE n° 25.Document technique, 79p.

DHW BOUMERDES, 2010 : Direction d'hydraulique de la wilaya, potentiel hydrique global de la wilaya de Boumerdes, Document interne non publié.

DSA BOUMERDES, 2010 : Direction des services agricoles, Guide du programme de l'économie de l'eau 2010-2014, Document interne non publié.

EL AAZZOUZI N, 2008 : Récupération sélective, traitement et réutilisation des eaux grises d'un bain public (Hammam) pour l'arrosage des espaces verts, cas du projet pilote de la ville de El Attaouia, IAV Hassan II, RABAT, MAROC, 97p.

EL RHAZI O, HABIB R, 2007 : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, université cadi ayyad , faculté des sciences – Semlalia, Maroc,23 P.

FABY J.A, Brissaud F. 1997 : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 pages.

FORSYTHE N-D, 2007 : Les processus de gestion concertée des ressources en eau dans les bassins versants urbanisés: quels retours d'expérience à partir d'analyses de cas en Amérique du sud et en Europe? ENGREF Centre de Montpellier.20P.

GAÏD A, 1993 : Traitement des eaux usées urbaines, Doc. C 5 220, 30p.

GANGBAZO G, 2004: gestion intégrée de l'eau par bassin versant, concepts et application, Direction des politiques de l'eau, Ministère de l'Environnement. Québec Canada.46p

GANGBAZO G, 2006 : La gestion intégrée de l'eau par bassin versant : une voie d'expression du développement durable, fiche n° 04, Québec, 9p

GWP, 2000: Integrated water resources management. (TAC background paper; no.4). Stockholm, Sweden, Global Water Partnership)

GWP, RIOB, 2009 : Manuel de gestion intégrée des ressources en eau par bassin, Stockholm, SWEDEN, 112p.

HOCINE F, BELHADJ A-M, HADDOUD A, BELHADJ A-A, 2007 : Extraction du réseau hydrologique à partir d'un MNT et utilisation du SIG pour l'étude du bassin versant, (USTHB) Alger Algérie.6p.

HOFMANN A, 2007 : La gestion traditionnelle de l'eau par qanat en iran est-elle compatible avec le concept de la GIRE? ENGREF Centre de Montpellier. 20p.

INRS, 2004 : Le traitement des eaux usées, Point des connaissances ED 5026. Paris, France .4 P

JARDÉ E, 2002 : Composition organique de boues résiduaires de stations d'épuration lorraines : caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation, Thèse de doctorat, Unité Mixte de Recherche- Géologie et Gestion des Ressources Minérales et Énergétiques, 271P.

KARAMBIRI H, 2007 : Introduction à la GIRE : Définition et principes. Session de formation « expertise hydrologique et gestion intégrée de l'eau aux échelles nationale et régionale. Ouagadougou, Burkina Faso. 20 p

KENMOGNE G-K, ROMAIN A, HERNANIE G , PAKAM M, AYONGHE N DONWY S, SERGES L, DJOMOUDOU B, GEORGES E, EKODECK, 2006: gestion intégrée des ressources en eau et objectifs du millénaire pour le développement en Afrique : cas du Cameroun, VertigO – La revue en sciences de l'environnement, Vol7no2, 9p.

KHATTABI H, ALEYA L, MANIA J, 2001 : "Lagunage naturel de lixiviat de décharge". Rev. Sci. Eau 15 (1) : 411-419p.

KHATTABI H, 2002 : Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France) ; Thèse doctorat, 173p

KONE D, 2002 : Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'ouest et du centre: état des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement, Thèse de doctorat, LAUSANNE, 170 P.

LE HYARIC R, 2009 : Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épuration, Thèse de doctorat, INSA lyon, France, 190p.

LOUDADJI D, 2007 : Etude de la capacité d'utilisation des eaux de la station d'épuration de Koléa à des fins d'irrigation, ENSH , Algerie, 108P

MERZOUGUI T, KABOUR A, BOUANANI A, MEKKAOUI A, CHEBBAH I, 2007: Un modèle de gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyperaride : Cas de l'oasis de Béni Abbès (Vallée de la Saoura, sud ouest algérien). 13e Congrès Mondial de l'Eau, Montpellier, France. 12p

MICHEL E, DEVES A, 2003 : Énergie photovoltaïque, Application au traitement de l'eau potable et des eaux usées en zones rurales, FNDAE n°12, Document technique 53p.

MINISTERE DES EAUX ET FORETS, 2003 : Gestion intégrée des ressources en eau en côte d'ivoire, bilan et perspectives. Projet de rapport pays, Côte d'Ivoire. 59p.

MIQUEL G, 2003 : La qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, tome I, 198 pages.

MORIARTY P, BUTTERWORTH J, BATCHELOR C, 2007: La gestion intégrée des ressources en eau et le sous-secteur de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement domestiques. IRC Centre International de l'Eau et de l'Assainissement. Pays-Bas. 44p

NOEL C, 2009 : Organisation de la gestion de l'eau en France, Office International de l'Eau, Développer les compétences pour mieux gérer l'eau. 64p

NOUR A, 2007 : traitement biologique des eaux usées par les bactéries anaérobies butyriques (*Clostridium butyricum*) qui produisent de l'hydrogène. Laboratoire de polyclinique central d'El Bayadh, Ghardaïa – Algérie, 8 p.

OCOD, 2000 : Politique de gestion intégrée des ressources en eau. Banque africaine de développement. 46p.

ONA, 2010 : Office national d'assainissement, Document interne non publiée.

ORGANISATION METEOROLOGIQUE MONDIALE (OMM), 2009 : Gestion intégrée des crues. Genève 2, Suisse. 25p

PARTENARIAT MONDIAL POUR L'EAU (PME), 2000: Comité Technique Consultatif (TAC), Global Water Partnership, Stockholm, 76 p.

PHILIP R, ANTON B, COX D, SMITS S, SULLIVAN C-A, CHONGUIÇA E, MONGGAE F, NYAGWAMBO L, PULE R, BERRAONDO LOPEZ M, 2008 : Gouvernement local et Gestion intégrée des ressources en eau (GIRE); Partie II : Comprendre le contexte – Le rôle du gouvernement local dans la GIRE, 19p.

PRONOST J, PRONOST R, DEPLAT L, MALRIEU J, BERLAND J-M, 2002 : Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Office International de l'Eau CNFME / SNIDE. Document technique, FNDAE, N° 22 bis. 86P.

QUERAUD A, 2010 : Gestion intégrée du bassin versant du NE (16) .répertoire d'exemples, CPIE de Gartempe.

RAACHI M-L, 2007 : Etude préalable pour une gestion intégrée des ressources du bassin versant du lac tonga à la nord-est algérienne université du QUÉBEC À MONTRÉAL, 174 p

RACHULE Y, SCHETRITE S, 1998 : "influence de la saison sur l'abatement de l'azote en lagunage naturel" Article présenté au colloque pollutec par CEMAGREF

RGPH, 2008 : Recensement Général de la Population et de l'Habitat, Evolution de la population de la wilaya de Boumerdes, Document interne non publié.

RODIER J, BAZIN C, CHAMBON J-P, CHAMPSAUR H, Rodi L, 1996 : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eau résiduaires, eau de mer : 8eme édition (Edition- Dunod, tec, Paris 1996).

SALGHI R, 2004 : Différents filières de traitement des eaux ; université IBN ZOHR, Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir (ENSA Agadir) Maroc, 22P.

TARDAT-HENRY M, BEAUDRY J-P, 1995 : Chimie des eaux (Deuxième édition Montmagny (Québec).

TAYLOR P, JONKER L, DONKOR E, GUIO D, MBODJI I, MLINGI C, HASSING J, 2005 : Plans de gestion intégrée des ressources en eau : Manuel de Formation et Guide Opérationnel Mars 2005,102 P.

TEC, 2005 : Catalyser le changement : manuel de développement de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) et des stratégies d'efficience de l'eau. Global Water Partnership. Stockholm, Suède. 48 P.

THARRAULT Y, 2009 : Diagnostic de fonctionnement par analyse en composantes principales : Application à une station de traitement des eaux usées, Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL), France, 170p.

VANDERMEERSCH S, 2006 : Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, 57p.

VILAGINES R, 2003 : Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie, 2è édition, Editions Tec&Doc, 198 pages.

WORLD BANK GROUP, 1998: Integrated Wastewater Management. Pollution Prevention and Abatement Handbook, p 109

Annexes

Annexe 1

Paramètres physicochimiques des eaux épurées de la STEP de Boumerdes							
Date	PH	T°C	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l
07/01/08	7,72	14,6	40,8	7	28,8	29,15	15,21
14/01/08	7,69	15,92	1,2	10	57,6	16,25	16,75
19/01/08	7,47	15,97	2	8	28,8	17,1	3,72
26/01/08	7,43	14,81	25,2	4	57,6	19,1	3,57
02/02/08	7,28	15,24	5,2	6	86,4	14,3	7,49
09/02/08	7,17	15,81	3,2	5	115,2	23,65	4,67
16/02/08	7,04	16,12	35,06	2	67,2	8,45	3,77
23/02/08	7,09	17,46	33,6	6	86,4	34,32	2,51
01/03/08	7,16	17,4	2	26	57,6	23,97	1,57
09/03/08	7,17	15,3	1,2	9	48	8,82	2,08
15/03/08	7,12	18,9	3,6	8	28,8	18,25	2,7
25/03/08	7,28	17,01	4	2	57,6	14,7	1,26
29/03/08	7,01	18,45	9,6	3	48	12,39	4,01
05/04/08	7,04	18,25	5,2	10	57,6	6,4	3,06
12/04/08	7,28	19,36	1,2	13	48	26,1	1,85
19/04/08	7,25	19,42	12,4	8	67,2	9,42	0,84
26/04/08	7,19	20,71	14	11	38,4	23,27	2,66
03/05/08	7,26	21,63	18,8	14	28,8	15,76	2,94
10/05/08	7,28	21,06	17,6	24	57,6	12,81	2,18
17/05/08	7,31	22	26,8	9	47,76	25,14	1,59
24/05/08	7,44	23,07	18,8	4	38,4	4,36	2,16
02/06/08	7,31	21,45	10	10	48	24,87	1,53
07/06/08	7,25	22,47	10	22	67,2	27,01	3,64
14/06/08	7,18	23,02	10	3	19,2	22,68	2,44
21/06/08	7,29	24,6	10	14	57,6	19,53	3,58
28/06/08	7,31	25,06	10	12	28,8	7,76	3,65
06/07/08	7,36	25,8	20	58	76,8	32,91	2,22
12/07/08	7,43	26,41	20	22	24	7,79	0,27
19/07/08	7,55	26,15	10	20	57,6	23,55	3,09
28/07/08	7,47	25,35	10	26	57,6	14,23	2,99
02/08/08	7,47	24,15	10	6	28,8	19,97	1,58
09/08/08	7,38	26,36	10	24	57,6	4,56	2,41
16/08/08	7,38	26,43	10	8	38,4	27,39	2,48
23/08/08	7,28	27,24	10	17	38,4	19,59	2,63
30/08/08	7,32	26,15	10	20	57,6	2,22	2,93
06/09/08	7,33	24,98	20	12	38,4	22,19	0,75
13/09/08	7,3	25,2	10	2	57,6	12,02	3,29
20/09/08	7,28	25,03	10	6	38,4	36,6	3,28
27/09/08	7,21	23,15	10	2	57,6	10,01	1,58
04/10/08	7,31	21,86	10	3	38,4	26,96	2,61
11/10/08	7,22	23,73	10	6	67,2	23,65	2,58
18/10/08	7,22	23	10	14	38,4	19,67	0,73
25/10/08	7,49	21,51	10	12	28,8	23,03	3,67

02/11/08	7,61	18,32	10	8	57,6	15,49	5,73
10/11/08	7,44	17	20	3	42	17,3	22,4
23/11/08	7,31	17,66	10	4	34	15,8	4,8
30/11/08	7,66	17,51	10	6	32	9,6	3,4
02/12/08	7,23	15,65	10	3	28	18,7	4,65
08/12/08	7,1	16,66	20	5	45	20	5,3
13/12/08	7,19	17,23	20	9	27	14,5	3,25
23/12/08	7,3	16,15	10	6	33,6	15,2	0,84
29/12/08	7,34	17,76	10	8	124,8	12,5	2,33
04/01/09	7,2	15,84	10	2	30	13	2,2
11/01/09	7,02	14,4	10	17	47	9,4	2,3
18/01/09	7,23	15,27	10	23	38	2,2	4,95
25/01/09	7,2	15,47	10	22	37	2,4	4,3
01/02/09	7,09	14,96	10	19	50	5,2	3,05
08/02/09	7,14	13,61	10	25	40	3,5	2,4
16/02/09	7,03	14,99	20	32	41	3,7	4
22/02/09	7,06	14,87	10	8	54	0,6	0,9
01/03/09	7,19	15,36	10	15	32	3	2,2
10/03/09	7,18	16,4	10	19	37	1,7	1,1
15/03/09	7,11	16,9	20	27	28	1,8	1,5
21/03/09	7,11	16,58	10	10	38	2,7	1,75
29/03/09	7,15	18,04	10	9	27	6,2	3,4
05/04/09	7,14	16,95	10	10	53	13,2	5,15
12/04/09	6,98	15	10	7	40	12,8	2,2
19/04/09	7,06	16,54	10	19	40	8,1	3,5
26/04/09	7,2	19,03	10	5	44	1,6	1,05
03/05/09	7,19	15,73	10	17	42	2,9	2,8
10/05/09	7,21	20,17	10	21	31	1,5	1,65
17/05/09	7,01	19,57	10	19	31	4,3	1,4
24/05/09	7,21	21,98	20	30	49	1,6	2,8
31/05/09	7,21	22,34	10	16	63	1,6	1,85
07/06/09	7,23	22,26	10	22	51	1,8	3,25
14/06/09	7,29	24,65	10	28	44	1	2,65
21/06/09	7,31	24,65	10	18	36	0,4	1,05
28/06/09	7,18	23,92	10	15	40	1,3	1,15
06/07/09	7,32	25,48	10	15	39	1,4	3,3
12/07/09	7,27	25,25	10	22	54	1	1,95
19/07/09	7,28	24,87	10	12	44	1,5	2,6
26/07/09	7,31	27	10	28	59	1,8	4,6
02/08/09	7,32	26,41	10	14	31	0,9	3,4
16/08/09	7,37	26,61	20	20	105,6	0,09	0,86
23/08/09	7,34	26,38	10	4	86,4	4,19	2,98
01/09/09	7,29	26,11	10	7	38,4	0,39	2,16
06/09/09	7,35	25,73	10	8	38,4	0,02	1,37
16/09/09	7,48	24,2	20	5	38	3	2,95
22/09/09	7,29	23,23	10	5	37	8,7	2,3
06/10/09	7,05	24,4	20	11	93	1	4,65
12/10/09	7,07	23,21	10	8	33	10	1,2
21/10/09	7,5	21,17	10	11	43	4,5	2,1

04/11/09	7,42	21,4	10	10	18	0,7	1,65
10/11/09	7,4	17,18	10	1	49	10,4	2,75
17/11/09	7,31	21,16	10	4	38	5,2	3,4
02/12/09	7,23	15,65	10	3	28	18,7	4,65
08/12/09	7,1	16,66	20	5	45	20	5,3
13/12/09	7,19	17,23	20	9	27	14,5	3,25
23/12/09	7,3	16,15	10	6	33,6	15,2	0,84
29/12/09	7,34	17,76	10	5	124,8	12,5	2,33
05/01/10	7,17	16,93	10	14	38,4	8,6	1,46
12/01/10	7,37	14,35	20	4	57,6	19,8	3,12
19/01/10	7,57	14,77	20	9	17	20,6	2,14
26/01/10	7,77	14,56	10	2	16	23,5	2,58
02/02/10	7	14,72	20	4	28	18,12	2,32
09/02/10	7,2	15,33	10	5	40	0,6	1,91
15/02/10	7,14	14,24	10	4	17	3,38	0,91
23/02/10	7,16	16,63	20	4	14	13,51	2,06
02/03/10	7,14	17,31	10	8	12	5,25	1,73
09/03/10	7,06	14,05	10	4	14	5,45	0,57
16/03/10	7,14	15,17	10	3	15	1,63	0,65
23/03/10	7,11	18,3	10	4	56	8,08	2,63
01/04/10	7,12	17,48	10	8	19	5,55	1,87
06/04/10	7,05	18	20	21	46	14,56	2,14
13/04/10	6,97	18,64	20	17	33	7,21	1,83
20/04/10	7,03	19,1	10	28	38	1,04	2,16
27/04/10	7,08	19,9	10	14	23	0,01	0,87
04/05/10	7,18	18,48	10	20	42	9,22	0,2
11/05/10	7,13	20,44	10	18	37	0,001	1,7
18/05/10	7,16	19,71	20	7	27	0,06	1,5
25/05/10	7,06	21,28	10	15	34	0,12	0,44
01/06/10	7,17	20,07	10	8	52	0,82	1,69
08/06/10	7,1	23,32	10	8	48	2,43	2,87
15/06/10	7,2	22,37	20	3	31,51	0,52	2,4
22/06/10	7,16	22,22	20	22	51,408	0,65	2,37
29/06/10	7,18	24,3	10	6	31,51	0,36	3,34
06/07/10	7,26	24,72	10	13	41	0,23	2,36
13/07/10	7,2	25,12	10	8	41	0,55	3,18
20/07/10	7,26	26,31	10	6	67,2	0,52	2,28
27/07/10	7,27	25,46	20	12	76,8	0,1	3,41
03/08/10	7,21	26,08	10	8	56,3	0,42	2,89
10/08/10	7,12	25	10	6	33,6	0,49	2,94
17/08/10	7,17	25,35	10	2	38,3	0,77	0,82
24/08/10	7,16	26,78	10	10	38,2	0,34	0,41
31/08/10	7,08	25,1	10	5	14,33	0,4	0,37
07/09/10	7,12	25,4	20	3	9,5	0,46	2,18
14/09/10	7,12	25	60	3	14,76	0,48	2,35
21/09/10	7,11	24,97	10	9	19,2	0,39	2,26
28/09/10	7,07	23,35	30	2	14,4	0,79	1,99
05/10/10	7,03	23,88	5,6	6	28,8	3,73	2,52
12/10/10	6,97	22,12	30	4	76,03	2,09	1,18

19/10/10	7,1	20,2	20	8	28,66	0,73	3,05
26/10/10	7,35	19,01	20	12	26	4,1	1,2
03/11/10	7,04	18,48	10	1	1	16,17	1,11
09/11/10	7,35	19,01	20	2	15	7,6	1,82
18/11/10	7,29	17,78	10	4	12	24,69	1,94
23/11/10	7,1	16,46	10	1	26	5,1	1,65
01/12/10	7,12	17,77	20	9	33	1,2	2,89
08/12/10	7,29	18,34	10	4	34	28,1	2,19
14/12/10	7,37	16,5	10	2	86,4	2,8	2,29
21/12/10	7,31	16,42	10	2	38,4	1,8	1,81
28/12/10	7,19	15,48	10	4	19,2	4,3	2,29

Paramètres physicochimiques des eaux épurées de la STEP deThénia							
Date	PH	T°C	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l
06/01/08	7,45	15,22	49,2	50	134,4	8,49	2,85
12/01/08	7,63	12,3	22,6	16	38,4	16,98	1,59
19/01/08	7,41	15,3	2,4	10	38,4	5,2	3,24
26/01/08	7,29	13,75	23,6	11	48	14,17	4,24
29/01/08	7,19	14,8	23	6	105,6	7,24	2,98
02/02/08	7,45	14,67	4	4	96	16,73	5,52
09/02/08	7,28	14,4	10	20	105,6	11,22	4,49
19/02/08	7,17	14,54	16,4	15	80,9	5,92	6,52
26/02/08	7,15	17,21	40	3	28,8	23,46	10,98
01/03/08	7,32	17,27	3,2	2	67,2	19,78	4,5
09/03/08	7,21	13,81	2,8	3	28,8	16,22	3,57
15/03/08	7,02	17,09	2,4	4	38,4	5,95	4,05
25/03/08	7,08	15,47	2,4	1	48	19,05	5
29/03/08	6,91	16,32	24	1	48	9,79	5,26
01/04/08	7,42	17,96	30	3	19	4,25	2,7
06/04/08	7,47	17,9	30	1	18	36,12	1,93
13/04/08	7,43	19,58	20	4	27	24,98	2,59
20/04/08	7,42	20,52	20	2	12	32,31	2,63
27/04/08	7,49	22,13	10	2	34	21,91	2,48
03/05/08	7,11	20,73	3,6	1	38,4	18,67	4,96
10/05/08	7,27	20,7	12	3	52,7	6,87	4,1
12/05/08	7,29	19,65	8	2	38,4	8,34	5,19
17/05/08	7,29	21,32	64	2	57,31	28,48	2,27
24/05/08	7,36	22,75	1,6	5	38,4	5,58	4,27
31/05/08	7,23	21,58	10	7	49,2	9,83	4,01
07/06/08	7,03	22,91	10	4	48	32,66	3,7
14/06/08	6,97	23,38	20	12	28,8	15,5	5,32
21/06/08	7,04	24,91	20	26	48	13,96	3,57
28/06/08	7,07	25,9	10	2	67,2	34,33	4,09
06/07/08	7,17	26,8	10	9	105,6	16,91	2,17
12/07/08	7,09	27,32	10	2	33,6	15,94	0,51
19/07/08	7,07	25,85	10	2	48	16,22	2,34
26/07/08	7,08	26,88	10	3	52,2	27,87	3,86
28/07/08	7,08	27,08	10	2	67,2	15,57	5,56
02/08/08	7,27	26,6	10	6	57,6	20,48	4,13
09/08/08	7,11	27,2	10	6	115,2	34,25	4,72
16/08/08	7,06	26,3	10	2	57,6	26,01	4,36
24/08/08	6,97	27,51	10	2	28,8	39,02	1,98
30/08/08	7,26	25,5	10	5	67,2	37,01	3,89
06/09/08	6,96	26,7	10	4	38,4	23,02	3,79
13/09/08	7,07	25,4	10	2	57,6	19,51	4,06
20/09/08	6,88	25,18	10	4	48	12,89	4,8
04/10/08	7,06	22,17	10	2	48	16,44	3,06
18/10/08	6,97	21,8	10	1	38,4	16,89	1,14
25/10/08	7,04	21,8	10	1	38,4	19,11	3,84
02/11/08	7,01	18,1	10	3	38,4	18,84	3,79
08/11/08	7,01	18,1	10	5	64	13,4	5,95

01/12/08	7,16	12,93	10	2	43	14,3	5,15
06/12/08	7,01	14,93	10	3	34	11,9	3,95
13/12/08	6,8	13,58	10	2	32	15,5	2,7
20/12/08	6,87	13,86	10	3	13	15,3	1,95
27/12/08	6,98	14,34	10	3	25	14,1	3,65
03/01/09	6,94	15,52	10	5	32	2,4	3,9
10/01/09	7,03	13,21	10	5	33	7,7	3,65
17/01/09	7,06	13,7	20	5	25	7	3,4
24/01/09	7,01	14,17	20	7	23	11,7	5,1
31/01/09	6,96	14,9	10	16	41	14,7	3,6
07/02/09	6,92	13,15	10	6	41	10,6	4,25
14/02/09	6,98	13,9	10	6	45	8,6	4,35
21/02/09	6,84	13,71	10	4	38	10,5	6
28/02/09	6,85	14,1	10	9	16	6,8	5,45
10/03/09	6,8	16,3	10	3	21	14,7	3,25
14/03/09	6,85	15,6	10	3	23	11,7	5,5
22/03/09	6,98	15,43	10	5	40	11,3	5,15
28/03/09	6,87	18,23	10	3	35	11,5	6,3
07/04/09	7,41	16,88	20	2	26	18,4	3,9
13/04/09	7,66	15,07	20	5	25	16,4	3,75
20/04/09	7,69	16,94	20	2	35	22,9	4,3
27/04/09	7,53	17,86	10	4	29	21,4	4,8
04/05/09	7,5	19,75	20	5	27	16,5	5,35
11/05/09	7,42	23,21	10	2	29	15,1	5,45
18/05/09	7,53	22,03	10	2	35	17,1	5,25
25/05/09	7,6	23,25	10	7	38	13,5	5,15
01/06/09	7,64	23,58	10	4	33	19,2	5,7
08/06/09	7,66	23,54	20	2	30	19,3	4,15
15/06/09	7,56	27,06	10	6	32	16,2	4,95
22/06/09	7,65	25,7	10	4	38	17,7	5,05
29/06/09	7,42	25,55	10	13	34	17,2	5,25
06/07/09	7,57	27	20	34	89	9,9	4,45
13/07/09	7,38	28,1	10	5	29	20,9	5,4
21/07/09	7,69	28,7	10	5	35	25,4	5,05
27/07/09	7,58	29,15	10	7	27	18,1	4,8
03/08/09	7,63	27,7	10	5	29	22,3	4,5
11/08/09	7,51	27,3	10	7	36	17	4,97
17/08/09	7,78	29,3	20	6	67,2	9,54	2,24
23/08/09	7,67	27,7	20	2	67,2	4,02	3,71
01/09/09	7,58	27,74	10	6	67,2	0,64	3,03
06/09/09	7,6	27,07	10	6	57,6	1,45	3,04
23/09/09	7,43	23,08	10	5	40	15,2	3,2
06/10/09	7,39	24,3	20	7	34	24,7	4,15
14/10/09	7,51	20,6	10	3	23	20	4,25
20/10/09	7,52	21,1	10	5	42	20	4,15
11/11/09	7,42	17,4	20	24	88	15,4	3,7
16/11/09	7,39	19,1	20	2	28	24,9	3,7
24/11/09	7,28	18,58	10	3	34	28,8	4,6
07/12/09	7,22	15,87	10	3	29	30,2	4,9

23/12/09	7,18	14,74	20	5	24	24,6	1,99
29/12/09	7,52	18	10	2	28,8	23,1	2,04
05/01/10	7,24	16,02	20	10	57,6	16,6	1,39
12/01/10	7,42	14,4	10	6	67,2	20	5,22
19/01/10	7,61	16,01	20	7	28	20	3,05
26/01/10	7,4	15,1	20	4	51	20	2,65
02/02/10	7,29	13,36	10	6	50,7	14	4,87
09/02/10	7,62	14,1	10	2	27	0,63	2,64
23/02/10	7,32	15,81	20	1	13	13,87	1,56
02/03/10	7,51	16,71	10	3	10	26,91	0,83
16/03/10	7,56	14,65	10	3	15	5,82	1,39
23/03/10	7,33	17,9	20	4	49	5,08	2,83
01/04/10	7,42	17,96	30	3	19	4,25	2,7
06/04/10	7,47	17,9	30	1	18	36,12	1,93
13/04/10	7,43	19,58	20	4	27	24,98	2,59
20/04/10	7,42	20,52	20	2	12	32,31	2,63
27/04/10	7,49	22,13	10	2	34	21,91	2,48
04/05/10	7,44	18,8	10	2	18	18,35	2,46
11/05/10	7,5	21,3	10	4	49	19,54	1,19
18/05/10	7,52	20,5	20	3	15	1,09	3,97
25/05/10	7,45	23,7	10	3	22	16,98	2,85
01/06/10	7,43	25,1	10	4	31,41	30,92	2,94
08/06/10	7,52	25,16	10	5	14,4	31,08	3,37
15/06/10	7,66	23,03	10	3	16,96	30,96	3,47
22/06/10	7,5	23,72	20	3	19,2	0,46	2,73
29/06/10	7,45	25,4	10	1	16,97	0,35	2,69
06/07/10	7,42	26,25	10	3	16,88	0,35	2,06
13/07/10	7,53	27,8	20	10	16,88	0,51	2,03
20/07/10	7,56	28,6	20	5	172,8	0,37	2,27
27/07/10	7,56	27	40	8	57,6	0,05	0,89
03/08/10	7,42	27,18	20	6	31,82	0,47	1,92
10/08/10	7,46	26,7	30	7	28,8	0,71	3,37
17/08/10	7,26	25,97	30	4	19,95	0,83	1
24/08/10	7,2	26,3	20	6	52,53	0,98	0,97
31/08/10	7,26	26,66	10	3	4,7	1	1,56
14/09/10	7,34	24,86	20	6	24,6	0,49	1,32
21/09/10	7,5	25,8	10	8	67,2	0,34	1,35
28/09/10	7,47	23,91	30	4	38,4	0,59	0,73
05/10/10	7,52	24,3	1,2	5	28,56	3,89	0,94
12/10/10	7,7	21,4	20	2	57,02	4,9	2,49
19/10/10	7,57	20,1	20	1	33,43	0,23	2,17
26/10/10	7,55	18,96	10	5	26	7	3,22
09/11/10	7,35	18,78	10	5	35	4,16	2,98
23/11/10	7,94	3,6	10	2	28	0,2	1,97
01/12/10	7,51	17,33	10	6	30	0,8	7,7
08/12/10	7,47	18,16	20	15	16	13,7	1,5
14/12/10	7,64	15,7	20	2	96	7,2	0,88
21/12/10	7,49	16,05	20	4	57,6	1,2	1,11
28/12/10	7,56	14,08	6	4	19,2	3,1	1,45

Paramètres physicochimiques des eaux épurées de la STEP de Zemmouri							
Date	PH	T°C	MES mg/l	DBO5 mg/l	DCO mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l
07/01/08	7,55	12,01	4	1	48	10,55	13,62
14/01/08	7,4	14,63	4,4	7	48	4,3	4,58
19/01/08	7,59	14,44	17,6	5	48	12,69	3,43
26/01/08	7,49	13,55	24,8	8	67,2	12,9	3,79
02/02/08	7,53	14,37	7,6	15	105,6	26,05	6,29
09/02/08	7,57	14,11	6	5	105,6	7,36	6,31
16/02/08	7,47	13,62	6	2	57,6	7,68	3,42
23/02/08	7,47	15,3	35,2	7	48	8,4	3,47
01/03/08	7,49	14,82	2,8	14	57,6	14,34	3,1
09/03/08	7,46	13,4	11,2	8	57,6	9,85	3,98
15/03/08	7,4	15,35	4,4	2	28,8	13,15	4,61
29/03/08	7,5	16,38	1,6	2	57,6	19,8	5,39
05/04/08	7,54	14,55	3,2	6	67,2	14,8	2,05
12/04/08	7,38	16,55	1,6	10	57,6	13,45	3,87
19/04/08	7,52	20,2	30,8	10	57,6	21,77	2,84
26/04/08	7,49	21,46	3,6	8	57,6	17,71	2,36
03/05/08	7,48	22,24	5,6	27	48	13,2	2,27
10/05/08	7,54	23	15,2	8	28,8	10,47	1,86
17/05/08	7,51	22,02	28,4	4	38,2	10,4	2,17
24/05/08	7,55	23,32	6	14	48	24,2	3,35
07/06/08	7,62	23,82	10	9	38,4	29,38	4,66
14/06/08	7,65	24,04	20	7	48	17,5	3,17
21/06/08	7,59	25,56	10	6	67,2	15,93	2,57
28/06/08	7,57	27,32	10	40	48	24,95	2,38
06/07/08	7,6	27,95	10	20	115,2	30	2,74
12/07/08	7,63	25,73	10	12	43,2	23,91	0,81
19/07/08	7,66	23,23	30	14	67,2	25,17	2,49
26/07/08	7,72	26,55	10	16	61,6	12,92	3,76
02/08/08	7,69	27,38	20	24	76,8	5,44	2,8
09/08/08	7,67	27,41	20	16	86,4	3,22	2,18
16/08/08	7,64	21,86	10	15	48	9,8	0,92
25/08/08	7,58	21,04	10	10	124,8	38,35	0,51
30/08/08	7,56	26,97	10	12	76,8	1,88	0,69
06/09/08	7,59	27,14	10	18	48	17,58	2,68
13/09/08	7,6	21,88	10	14	86,4	3,1	1,1
20/09/08	7,49	25,24	10	10	67,2	20,93	0,91
27/09/08	7,38	23,3	20	20	57,6	10,76	0,45
04/10/08	7,6	21,96	10	4	57,6	3,43	0,9
11/10/08	7,47	23,37	10	5	115,2	31,65	1,44
18/10/08	7,42	22,9	10	12	57,6	32,99	1,28
25/10/08	7,45	19,5	10	14	38,4	16,5	1,8
02/11/08	7,51	20,67	10	23	48	6,11	2,25
08/11/08	7,51	18,97	10	26	46	1,3	5,7
24/11/08	7,51	16,97	20	22	30	19,4	5,22
29/11/08	7,4	15,47	20	9	45	18	6,95
06/12/08	7,38	16,87	10	4	39	20	7,7
13/12/08	7,36	14,08	20	12	37	20	10,15

20/12/08	7,46	13,62	10	9	45	20	7,65
27/12/08	7,21	14,32	10	18	63	8,3	4,6
03/01/09	7,3	14,81	10	9	28	12,6	5,6
10/01/09	7,37	13,52	30	30	59	21,8	4,05
17/01/09	7,62	12,74	20	34	54	28,8	4,45
24/01/09	7,5	14,36	20	10	56	7,6	3,6
10/02/09	7,23	13,94	30	28	68	25,4	5,85
14/02/09	7,28	13,72	20	22	64	13,8	5,55
21/02/09	7,24	13,68	30	32	59	2,5	7,2
28/02/09	7,2	13,6	10	27	25	3,7	5,65
10/03/09	7,16	15,48	30	36	49	2,6	3,2
14/03/09	7,28	16,5	10	20	53	3,4	7,2
22/03/09	7,24	14,97	10	19	52	2,3	6,3
28/03/09	7,2	17,87	20	30	47	1,7	7,55
07/04/09	7,21	16,31	10	10	56	20,3	7,85
11/04/09	7,19	16,33	10	16	51	11,7	5,5
18/04/09	7,2	17,38	20	25	30	6,9	4,7
25/04/09	7,29	19,33	10	9	40	1,5	6
02/05/09	7,3	18,37	10	9	49	2,1	5,65
09/05/09	7,43	21,48	20	32	52	0,4	6,4
16/05/09	7,5	20,84	10	14	49	0,6	5,9
23/05/09	7,6	22,07	20	10	53	1,1	6,4
30/05/09	7,52	21,82	10	11	37	0,8	7,4
06/06/09	7,59	21,88	20	24	68	1	4,25
13/06/09	7,57	25,94	20	9	37	0,9	6,4
20/06/09	7,48	26,48	20	10	37	6,8	8,05
27/06/09	7,51	24,91	10	10	59	7,8	8,7
07/07/09	7,65	26,5	10	28	52	1,2	2,45
11/07/09	7,67	27,05	10	28	53	1	4,34
18/07/09	7,68	26,73	30	68	99	1	2,5
25/07/09	7,65	27,68	10	34	47	1,3	1,9
01/08/09	7,49	27,63	30	21	71	0,7	7,9
08/08/09	7,65	26,67	20	19	55	1,1	0,6
17/08/09	7,65	28,38	10	16	76,8	0,73	0,7
23/08/09	7,67	27,41	20	10	76,8	4,33	0,32
01/09/09	7,62	27,1	10	12	86,4	0,14	2,06
06/09/09	7,66	26,54	10	22	67,2	0,19	2,31
13/09/09	7,4	22,22	10	21	50	0,4	2,9
23/09/09	7,34	22,38	10	34	41	3,8	3,1
05/10/09	7,28	23,22	20	25	37	3	7,05
11/10/09	7,5	24,11	10	21	54	1	2,7
20/10/09	7,28	19,87	20	30	51	0,3	4,1
03/11/09	7,69	23,96	20	22	86	1,1	0,25
11/11/09	7,68	21,62	10	8	56	6	3,25
16/11/09	7,55	23,95	20	33	39	10	3,45
07/12/09	6,85	14,94	10	12	57	21,4	6,2
23/12/09	7,67	14,52	20	10	43,2	17	1,53
29/12/09	7,32	17,26	10	23	144	13,8	2,36
05/01/10	7,58	16,3	10	6	76,8	1,8	1,29

12/01/10	7,31	14,65	20	4	48	4,1	3,8
19/01/10	7,24	15,65	20	7	34	2,5	1,3
26/01/10	7,58	16,2	20	5	27	0,6	2,3
02/02/10	7,21	12,93	10	3	42	2,25	2,17
02/03/10	7,32	16,25	20	12	14	0,19	0,33
16/03/10	7,31	15,07	20	70	125	3,76	1,12
23/03/10	7,35	18,17	100	280	289	0,08	2,13
01/04/10	7,31	18,55	30	19	65	0,56	1,87
06/04/10	7,46	18,74	10	28	57	0,31	2,09
13/04/10	7,36	18,7	10	24	27	0,31	0,13
20/04/10	7,33	17,68	30	2	29	2,74	1,38
27/04/10	7,27	21,13	10	22	37	5,88	3,46
04/05/10	7,22	18,48	10	30	18	0,003	0,27
11/05/10	7,29	20,36	20	25	28	1,53	1,09
18/05/10	7,3	18,96	10	10	39	0,07	3,24
25/05/10	7,41	21,28	20	22	65	33,74	2,08
01/06/10	7,4	22,8	20	45	145	0,7	3,25
08/06/10	7,53	23,55	20	20	62,4	0,86	3,41
15/06/10	7,53	20,77	20	20	60,6	6,11	2,03
22/06/10	7,46	21,37	30	24	64,44	2,76	2,36
06/07/10	7,44	23,17	30	26	108,54	0,47	2,98
13/07/10	7,43	23,82	10	22	84,42	0,54	2,01
20/07/10	7,46	24,44	30	25	124,8	1,02	0,95
27/07/10	7,5	25,53	60	30	105,6	0,23	0,92
03/08/10	7,62	25,05	40	30	100,37	0,58	12,99
10/08/10	7,54	24,4	30	15	96	0,5	3,15
17/08/10	7,53	26,14	10	10	57,46	0,58	0,51
24/08/10	7,65	27,6	30	8	23,88	0,59	0,56
31/08/10	7,63	24,65	30	8	33,43	0,52	1,14
07/09/10	7,62	24,81	30	8	33	0,42	0,59
14/09/10	7,54	24,52	40	6	44	0,45	1,2
21/09/10	7,59	23,63	20	16	76,8	0,56	4,34
28/09/10	7,3	21,26	50	7	48	4,13	0,69
05/10/10	7,3	23,96	1	5	28,58	0,62	2,03
12/10/10	7,74	22,26	30	4	57,02	4,79	3,38
19/10/10	7,82	20,33	20	1	28,66	0,64	1,6
26/10/10	7,41	18,12	20	5	34	12,7	2,54
09/11/10	7,51	18,34	30	2	24	10,7	10,4
23/11/10	7,28	16,95	10	6	24	2,3	2,41
01/12/10	7,21	17,26	10	4	34	4,9	3,28
08/12/10	7,13	17,3	10	3	28,8	2,4	2,71
14/12/10	7,1	15,12	10	4	76,8	3,11	2,04
21/12/10	7,15	15,25	10	2	76,8	3,4	3,11
28/12/10	7,06	13,4	2	3	60,65	2,3	2,78

Annexe 2

Figure : Représentation des variables sur les trois plans factoriels de la STEP de Boumerdes

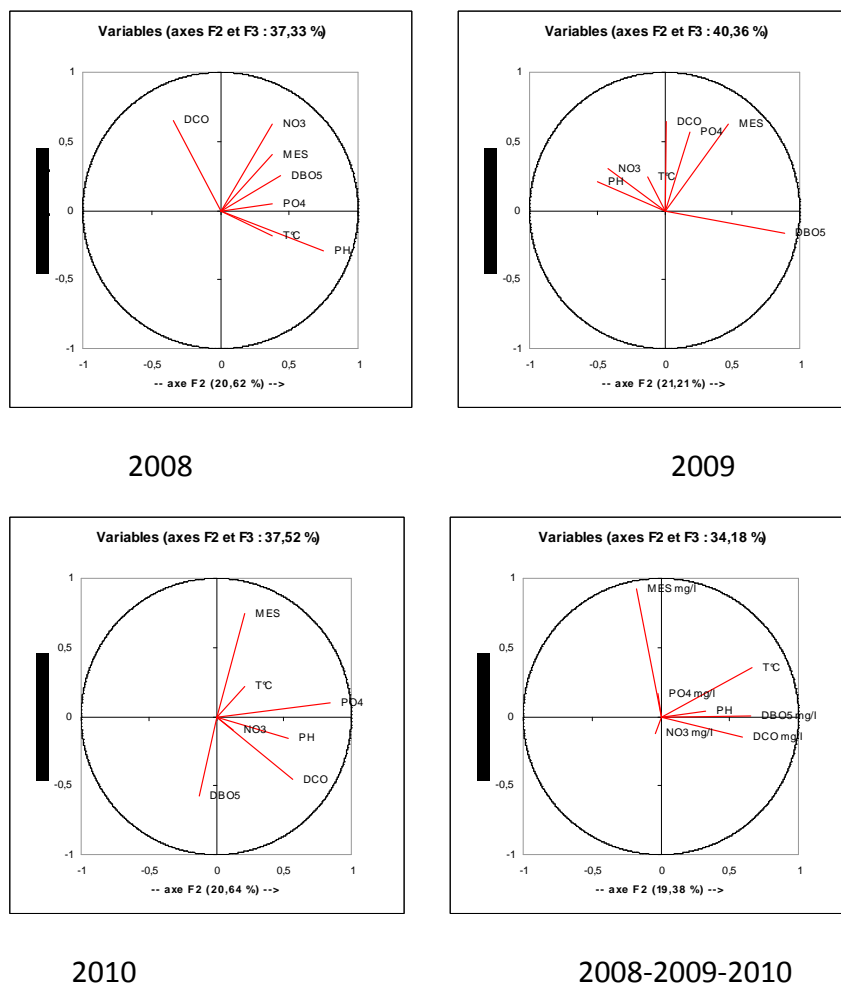
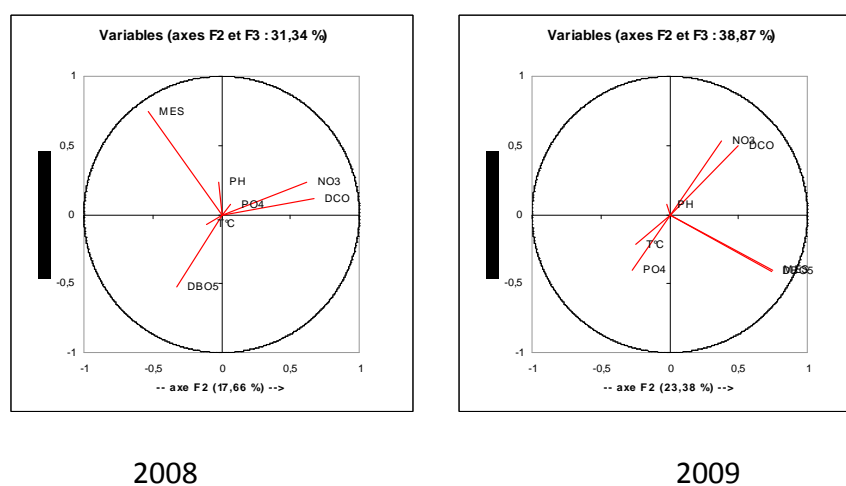
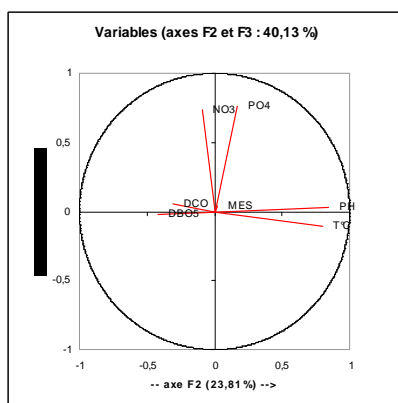
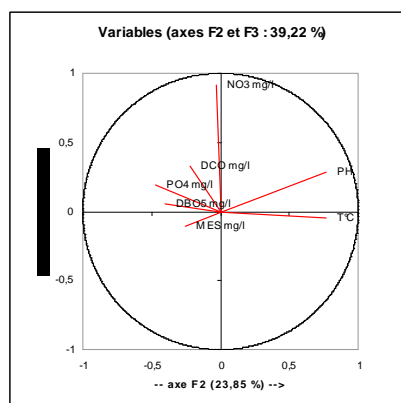


Figure : Représentation des variables sur les trois plans factoriels de la STEP de Zemmouri



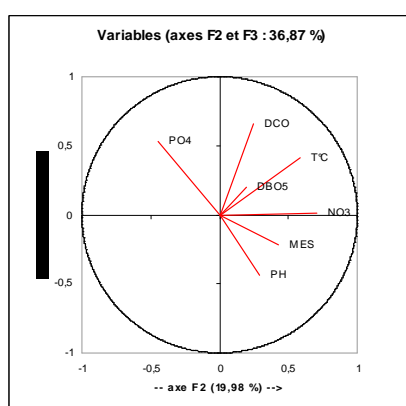


2010

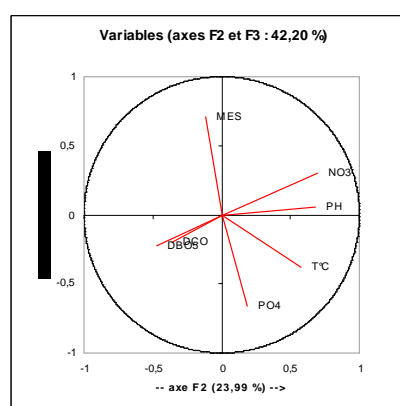


2008-2009-2010

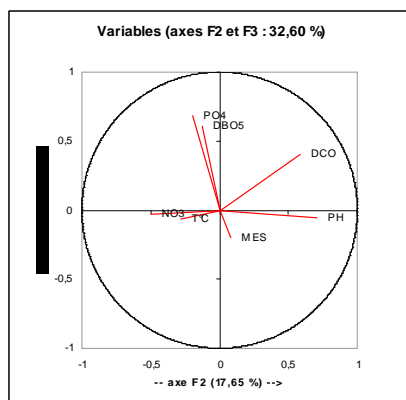
Figure : Représentation des variables sur les trois plans factoriels de la STEP de Thénia



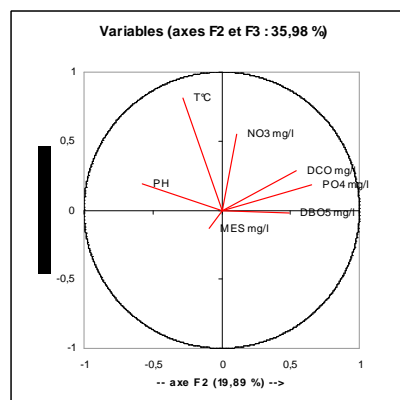
2008



2009



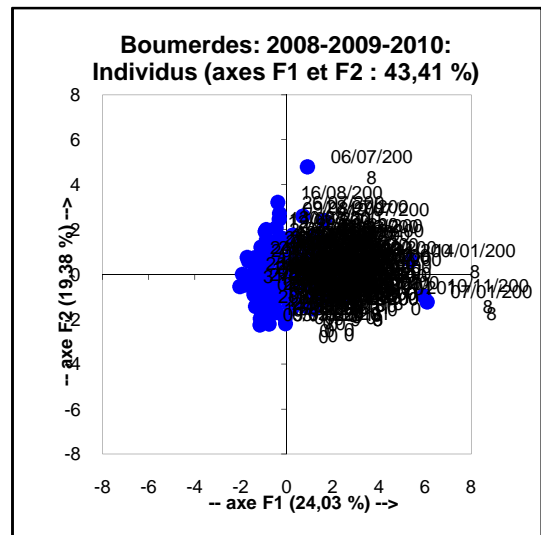
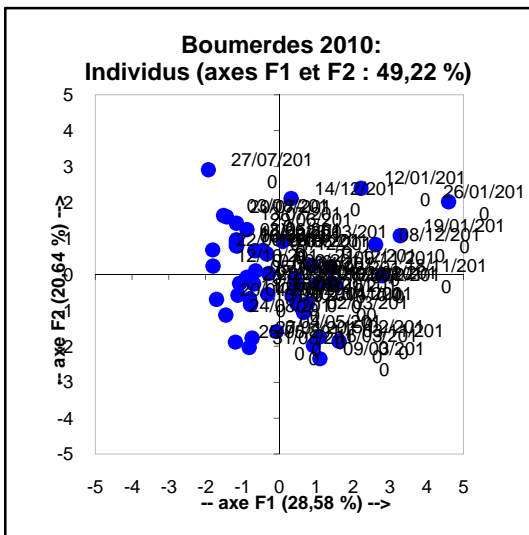
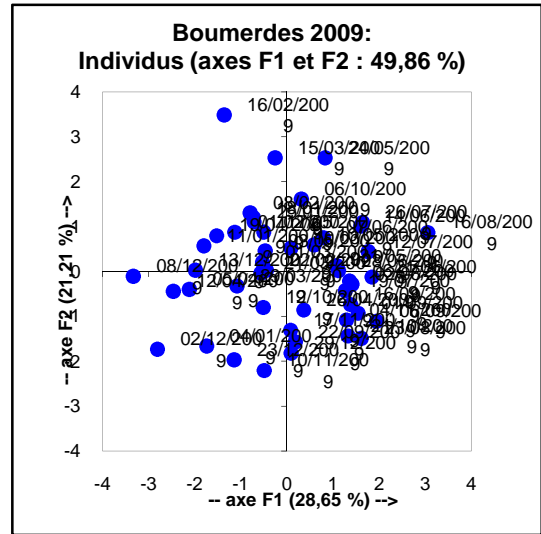
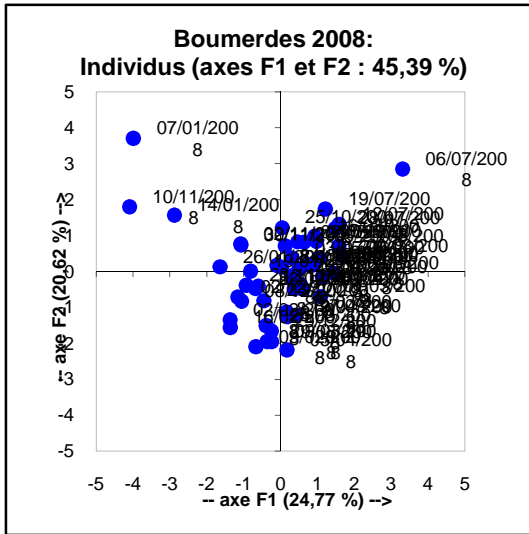
2010

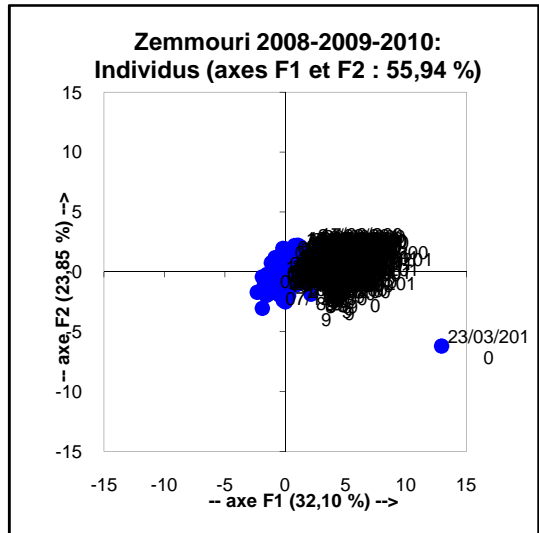
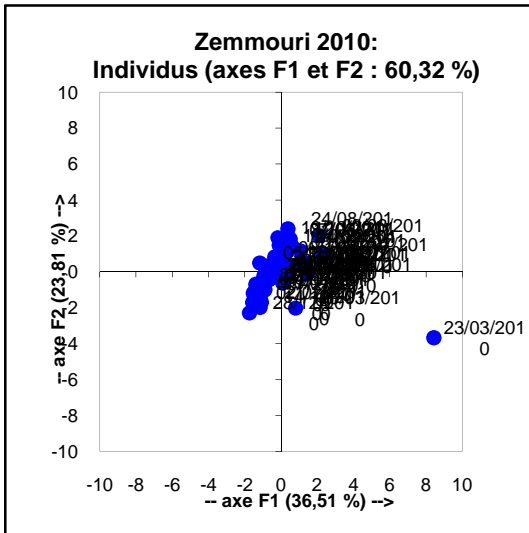
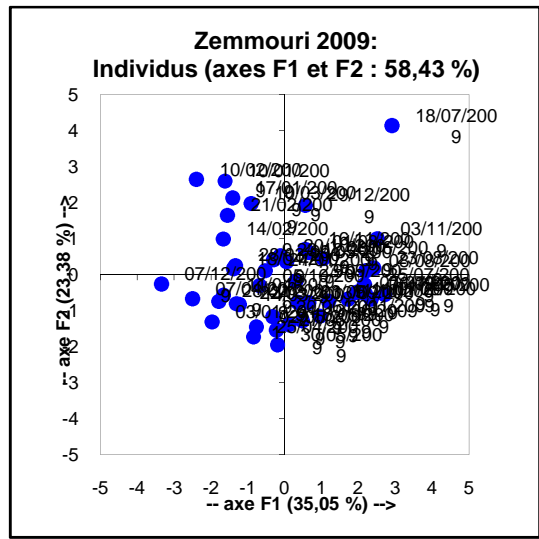
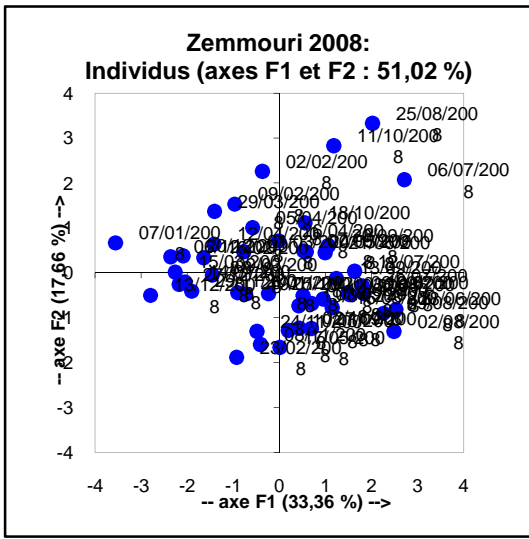


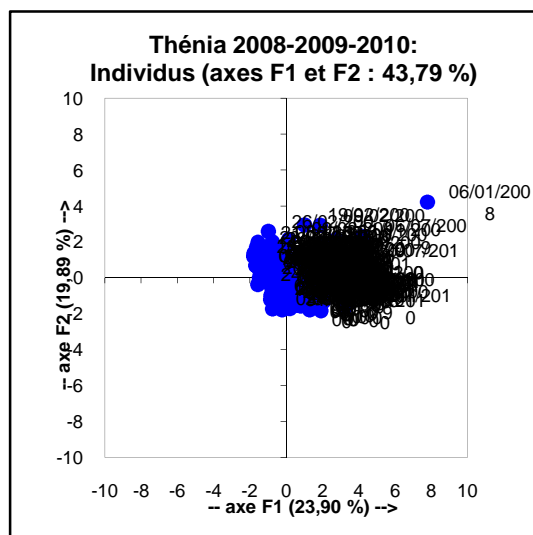
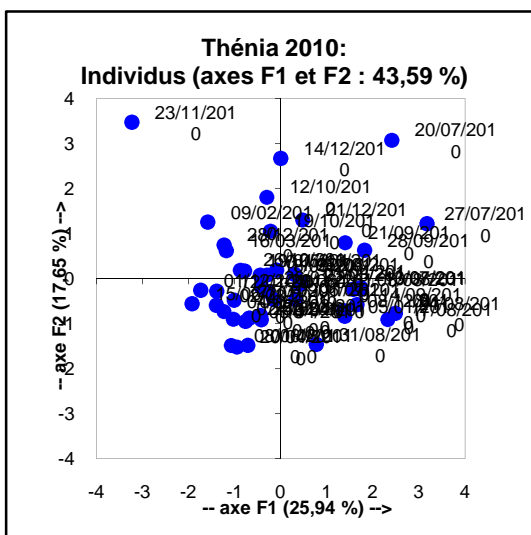
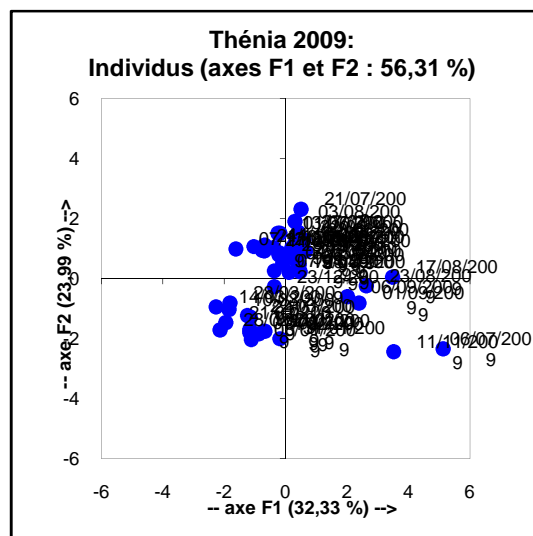
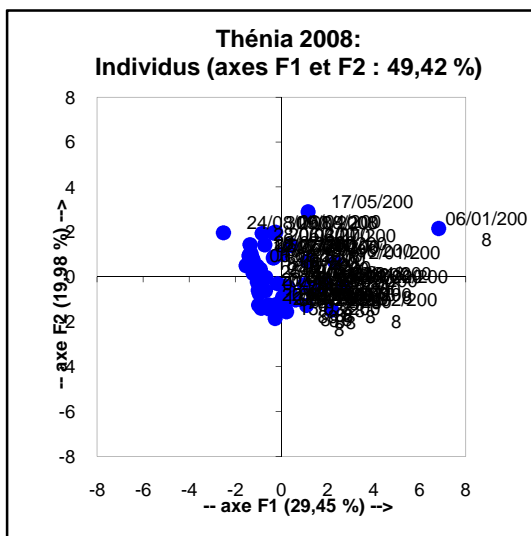
2008-2009-2010

Annexe 3

Figures : Projection des individus dans l'espace des axes (F1, F2).







Résumé

La wilaya de Boumerdes dispose trois stations d'épuration des eaux usées (STEP) localisées à Boumerdes, Thénia et Zemmouri, elles traitent les eaux usées par le procédé des boues activées à faible charge, ces stations produisent un volume d'eau très important de qualité conforme aux normes de rejet dans les milieux récepteurs naturels,

L'objectif de ce travail est de renforcer les capacités de mise en œuvre et de gestion du système d'épuration des eaux usées à boues activées dans la wilaya de Boumerdes à travers l'acquisition d'informations et connaissances sur les nouveaux concepts de gestion intégrée des eaux usées et les options de valorisation et de traitement, afin de réduire les risques sanitaires et environnementaux, protéger les ressources naturelles contre la pollution résiduelle, et de concevoir et de mettre en œuvre un plan global pour l'évacuation et le traitement de la totalité des eaux usées et leur réutilisation

Les résultats des analyses physico-chimiques ont donc montré que les eaux usées épurées répondent pratiquement aux normes de l'OMS, ce qui encourage sa réutilisation dans plusieurs domaines

L'analyse en composantes principales appliquée aux données a montré que les eaux épurées des trois stations s'articule sur les paramètres physicochimiques suivant : Température, pH, DBO₅, DCO et MES sur lesquels dois se base l'étude de la qualité de l'eau des stations d'épuration de la wilaya de Boumerdes.

Mots-clés : Gestion intégrée, eaux usées, pollution, paramètres physico-chimiques, STEP, ACP.

ملخص

تملك ولاية بومرداس ثلاثة محطات لتطهير مياه الصرف الصحي الواقعة في بلدية بومرداس، الثنية وزموري، تعالج هذه المياه من خلال عملية الحمأة المنشطة في حمولة منخفضة، وهذه المحطات تنتج كميات كبيرة جدا من المياه المعالجة ذات نوعية مطابقة للمعايير التدفق في الوسط الطبيعي المستقبل لها. الهدف من هذا العمل هو تقوية إمكانيات استعمال و تسيير نظام التطهير لمياه الصرف الصحي عن طريق الحمأة المنشطة في ولاية بومرداس من خلال اكتساب المعلومات والمعارف حول مفهوم التسيير المتكامل لمياه الصرف الصحي لتحقيق الانتعاش والعلاج، للحد من المخاطر الصحية والبيئية، وحماية الموارد الطبيعية من التلوث المتبقية وتصميم وتنفيذ خطة شاملة لإخلاء ومعالجة جميع مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها. نتائج التحاليل الفيزيائية والكيميائية أظهرت أن مياه الصرف الصحي المعالجة تلبى معايير منظمة الصحة العالمية، وتشجيع إعادة استخدامها في عدة مجالات. وأظهر تحليل المكونات الرئيسية المطبقة على المعلومات أن المياه المعالجة في المحطات الثلاث تستند على المعايير الفيزيائية والكيميائية التالية: درجات الحرارة، ودرجة الحموضة، DBO₅، DCO، MES، و عليها تركز الدراسة على نوعية مياه محطات معالجة المياه في ولاية بومرداس.

الكلمات الرئيسية: التسيير المتكامل، الصرف الصحي، التلوث، المعايير الفيزيائية والكيميائية، محطات التطهير، ACP.

Abstract

The wilaya of Boumerdes has three treatment plant wastewater located in Boumerdes, Thénia and Zemmouri, they treat the wastewater by the activated sludge process at low load, these plants produce a very large volume of water in quality in accordance with effluent standards in receiving natural

The objective of this work is to build capacity for implementation and system management of wastewater treatment activated sludge in the wilaya of Boumerdes through the acquisition of information and knowledge of management concepts integrated wastewater and options for recovery and treatment, to reduce health and environmental risks, protect natural resources against the residual pollution, and to design and implement a comprehensive plan for the evacuation and treatment of all wastewater and reuse

The results of physicochemical analysis therefore showed that the treated wastewater to virtually meet WHO standards, encouraging re-use in several areas

The principal component analysis applied to the data showed that the treated water of the three stations is based on the physicochemical parameters: temperature, pH, BOD5, COD and TSS should be based on which the study of the quality of water treatment plants in the wilaya of Boumerdes.

Keywords: Integrated management, sewage, pollution, physico-chemical parameters, STEP, ACP.