

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
جامعة مولود معمري
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES GÉOLOGIQUES



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Option : Hydrogéologie

Par : AIT ALI BRAHAM Zouhir.

Et

BENTAFAT Zakaria.

Thème :

**Eaux non-conventionnelles : état des lieux et potentiel
hydrique de la wilaya de Boumerdès**

Soutenu publiquement le 02 /10/ 2022. Devant le Jury composé de:

M. HAMIS A.

M. DROUCHE A.

Mme DJEMA M.

M. KARDACHE R.

M.C.B à l'UMMTO

M.C.B à l'UMMTO

Ingénieur à la DRE de Boumerdès

M.C.A à l'UMMTO

Président

Promoteur

Co-Promotrice

Examineur

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir donné puissance, patience, courage et volonté pour achever ce modeste travail.

Nos vifs remerciements sont adressés à M. HAMIS A. qui a bien voulu présider le jury.

Nous remercions particulièrement notre promoteur M. DROUCHE A. et Mme DJEMA M. de nous avoir orienté par leurs conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Nous tenons à remercier M. KARDACHE R. qui a accepté de faire partie de ce jury et examiner notre modeste travail.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à Mme TIGHILT FERHAT A, direction des services agricoles de la wilaya de Boumerdès et à tout le personnel des stations d'épuration de Boumerdès, Thenia et Zemmouri pour tous les conseils et orientations ainsi que Mme BENDAHMANE N et tout le personnel de la station de dessalement de Cap Djinet.

Nous n'oublierons pas de remercier également nos enseignants du département des Sciences Géologiques qui nous ont transmis leurs connaissances et leur savoir-faire le long de notre formation et les années d'études à l'UMMTO.

Ainsi, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Zakaria & Zouhir

Dédicace

C'est avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail :

À l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

À celui qui a fait de moi un homme, mon cher père.

À mon frère et mes chères sœurs et à l'âme de mon oncle

(Que Dieux l'accueille dans son vaste paradis).

À mes chers amis (ASKLOU FOUAD et BEDAD

ABDRAHMAN en particulier, ABD EL MOUMEN

BENTAFAT, ABERKAN YAHIA, BAKIR NAIM, ABDARAHIM

SMALAH, TAYEB HAMRIOUI).

A la personne qui a passé ces trois dernières années avec moi

et toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

A toutes les personnes que j'ai oublié involontairement.

ZAKARIA BENTAFAT.



Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail

A mes très chers parents, qui ont beaucoup sacrifié pour m'élever.

*A mes sœurs, frère et mon grand-père et à toute la famille en reconnaissance de leur
exhortation récurrente.*

A la mémoire de mon grand-père paternel et ma tante maternelle

Que la terre leur soit légère.

*A mes amis : Alilou, Ouelhadj, Yanis, Abdelghani, Ahmed, Lounis, Amazigh, Lyes et
tous les gens qui me connaissent de près ou de loin.*

*Sans oublier les enseignants et les étudiants du département Sciences Géologiques
pour leurs précieux conseils, leur aide et disponibilité.*

A toutes les personnes qui ont contribué dans la réalisation de ce travail.

AIT ALI BRAHAM Zouhir.

Résumé :

La demande en eau évolue de façon proportionnelle avec le développement socio-économique du pays. En Algérie, les besoins en eaux pour les différents secteurs ne cessent d'augmenter depuis plusieurs années. De plus, les conditions climatiques deviennent de plus en plus sévères et créent un déficit hydrique non négligeable. Le recours aux ressources en eau non conventionnelles constitue une alternative envisagée par les décideurs du domaine de l'eau pour combler ce manque et essayer de satisfaire les besoins de la population.

Dans le présent travail, la lumière est jetée sur les eaux non conventionnelles exploitées dans la wilaya de Boumerdès. Il s'agit des eaux usées épurées et des eaux de dessalement. En effet, cette wilaya dispose de trois stations d'épuration des eaux usées (STEP) qui dépolluent un volume journalier total de 26 000 m³. Après traitement, près de 80 % du volume d'eau passant par ces STEP constituent un potentiel hydrique exploitable. Par ailleurs, le dessalement de l'eau de mer effectué par la technique d'osmose inverse à la station de Cap Djinet produit un volume d'eau de 100 000 m³/jour pour renforcer les capacités hydriques de Boumerdès. A corso, commune de la wilaya de Boumerdès, une nouvelle station de dessalement est attendue en 2023 pour produire l'équivalent de 300 000 m³/j.

Mots clé : Boumerdès, eau non-conventionnelle, STEP, eaux usées, dessalement de l'eau de mer.

Abstract:

The demand for water evolves proportionally with the socio-economic development of the country. In Algeria, the water needs of various sectors have been increasing for several years. In addition, climatic conditions are becoming more severe and causing a large water deficit. The use of non-conventional water resources is an alternative considered by decision-makers in the water sector to fill this gap and try to meet the needs of the population.

In this study, the light is thrown on the unconventional waters exploited in the province of Boumerdes, The wastewater is treated and desalinated. Indeed, this province has three WasteWater Treatment Plants (WWTP) which clean up a total daily volume of 26 000 m³. After treatment, nearly 80 % of the volume of water passing through these WWTPs constitutes an exploitable water potential.

In addition, the desalination of seawater carried out by the reverse osmosis technology at the Cap Djinet plant produces a volume of water of 100 000 m³/day in the reserve water of Boumerdes. In corso, a municipality in the province of Boumerdes, a new desalination plant is expected in 2023 to produce the equivalent of 300 000 m³ /d.

Keywords: Boumerdes, non-conventional water, WWTP, wastewater, seawater desalination.

Liste des abréviations

°C :	Degré Celsius.
ANRH:	Agence national des ressources hydrauliques.
BA :	Boue activée.
BD :	Boue déshydrate.
B_{eps} :	Boue épaisse.
BR :	Boue de retour.
CE :	Conductivité électrique.
cm :	Centimètre.
cm³:	Centimètre cube.
DBO₅ :	Demande biologique en oxygène pendant cinq jours en mg O ₂ /l.
DCO :	Demande chimiques en oxygène mg O ₂ /l.
EB :	Eau brute.
EE :	Eau épurée.
Eq/ha:	Equivalent habitant.
ETM :	Eléments en traces métalliques.
g :	Gramme.
h :	Heure.
H₂O:	Eau.
H₂S:	Sulfure d'hydrogène.
Ha:	Hectare.
IB :	Indice de boue.
IM :	Indice de Mohlman.
J:	Jour
K :	Coefficient de biodégradabilité.
kg :	Kilogramme.
KN/m² :	kilo Newton par mètre carré
KOH :	Hydroxyde de Potassium.
l :	Litre.
m :	Mètre.
m²:	Mètre carré.
m³:	Mètre cube.
MBR :	Système de bioréacteur à membrane.
MES :	Matières en suspension.
mg :	Milligramme.
Min:	Minute.
ml :	Millilitre.
mm:	Millimètre.
M-Min :	Matières minérales.
MO :	La matière organique.
MS :	Matières sèches.
MVS :	Matières volatiles en suspension.

MVS : Matières volatiles sèches.
NH₂: Amines.
NH₃ : Ammoniac.
NH₄ : Ammonium.
NO₂: Dioxyde d'Azote.
NO₃: Nitrates.
NPK : Les éléments fertilisants : Azote, Phosphore, Potassium.
NTK: Azotes total Kjeldahl.
O₂: Oxygène.
OH: Hydroxyde.
OMS : Organisation mondiale de la santé.
ONA : Office National d'Assainissement.
P_C : Poids calcinée.
pH : Potentiel d'Hydrogène.
PO₄: Ortho-phosphates.
P_R : Poids rempli.
P_S : Poids sec.
PT: Phosphore total.
P_V : Poids vide.
s : Seconde.
STEP : Station de traitement des eaux usées.
T : Température.
V : Volume.
V₃₀: Volume de boue décantée en 30 minutes.

Sommaire

Introduction générale :	1
Chapitre 1: Présentation de la zone d'étude.....	2
1 Introduction	2
2 Situation géographique et administrative.....	2
3 Cadre socio-économique :	3
3.1 La situation démographique :	3
3.2 Les activités économiques :	3
3.3 Ressources en eau de la wilaya de Boumerdès :	4
3.4 Réseau hydrographique :	4
4 Cadre climatologique :	4
4.1 Précipitations mensuelles :	5
4.2 Précipitations annuelles :	9
4.3 Températures :	10
4.4 Humidité :	11
5 Conclusion :	12
Chapitre 2 : Géologie et Hydrogéologie	13
1 Introduction	13
2 Géologie de la Mitidja-est (ou Mitidja orientale).....	13
2.1 Cadre géologique général	13
2.2 Géologie locale de la Mitidja-est.....	14
2.3 Aperçu paléogéographique et tectonique :	15
3 Géologie du bas Isser :	16
3.1 Cadre géologique local	16
3.2 Tectonique :	18
4 Géologie du bas Sébaou.	19
4.1 Cadre géologique local	19
5 Contexte Hydrogéologique	21
5.1 Caractéristiques hydrogéologiques des différents ensembles géologiques du Bas Isser	21
5.2 Caractéristiques hydrogéologiques des différents ensembles géologiques du Bas Sébaou.....	22

5.3	Caractéristiques hydrogéologiques des différents ensembles géologiques de la Mitidja orientale :.....	23
6	Conclusion :.....	25
Chapitre 3 : Notions sur les eaux usées		26
1	Introduction :.....	26
2	Eaux usées et leurs origines :	26
2.1	Les rejets domestiques:.....	26
2.2	Les eaux industrielles :	27
2.3	Les eaux agricoles :	28
2.4	Les eaux de ruissellement :.....	28
3	Paramètres caractéristiques de La pollution des eaux :.....	28
3.1	Les paramètres physiques :.....	28
3.2	Les paramètres chimiques :	30
3.3	Les paramètres biologiques :	32
4	Traitement des eaux usées dans les stations d'épuration :	33
4.1	Implantation de la station d'épuration :.....	33
4.2	Poste de relevage :	34
5	Technique de traitement des eaux usées :	35
5.1	Technique intensive classique :	35
A.	Réduction des matières en suspension et de la pollution organique biodégradable : 38	
B.	Réduction de la pollution organique non biodégradable :	38
C.	Réduction de la pollution phosphorée : La déphosphatation :.....	38
D.	Élimination des germes pathogènes : La désinfection :.....	38
5.2	Technique extensive :	39
6	Conclusion :.....	43
Chapitre 4: présentation des STEPs de la wilaya de Boumerdès.....		44
1	Introduction :.....	44
2	La station d'épuration des eaux usées de la commune de Boumerdès :	44
2.1	Caractéristiques de la STEP :	45
2.2	Description de la procédure du traitement de la STEP de Boumerdès :.....	48
3	Station d'épuration des eaux usées de la commune de Thenia :	56
3.1	Caractéristique technique :	56
4	Station d'épuration des eaux usées de la commune de Zemmouri	59

4.1	Caractéristique technique :	60
5	Méthode et moyenne d'analyse.....	63
5.1	Filière eau	63
5.2	Filière boue :	73
6	La réutilisation des eaux usées épurées et la boue:	75
6.1	La réutilisation des eaux usées épurées et la boue:	75
6.2	La réutilisation de boues.....	76
7	Conclusion :.....	77
Chapitre 5: Dessalement de l'eau de mer.....		79
1	Introduction :.....	79
2	Généralité sur le dessalement :.....	79
2.1	Situation du dessalement dans le monde :	79
2.2	Situation du dessalement en Algérie :	80
2.3	Définition du dessalement de l'eau de mer	82
2.4	Etapes de dessalement de l'eau de mer :.....	82
3	L'impact de dessalement de l'eau de mer sur l'environnement.....	91
3.1	Rejets atmosphériques	91
3.2	Rejets chimiques.....	91
3.3	Rejets de saumures	91
4	Station de dessalement de Cap-Djinet :.....	90
4.1	Présentation de la station :.....	90
4.2	L'usine de dessalement « Cap Djinet » :	90
4.3	Les activités de la station.....	91
4.4	Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Cap Djinet	91
5	Conclusion :.....	97
Conclusion générale :.....		98

Liste des Figures

Figure 1 : La carte géographique de la wilaya de Boumerdès (Google).	2
Figure 2 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Lakhdaria [ANRH, 1988 - 2008].	6
Figure 3 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Bordj Menail [ANRH, 1975 - 2005].	6
Figure 4 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Boumerdès [ANRH, 1997 - 2007].	7
Figure 5 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Keddara [ANRH, 1997 - 2007].	7
Figure 6 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Chaabet El Aneur [ANRH, 1988 - 2008].	8
Figure 7 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Ouled Bouhaddada [ANRH, 1997 - 2007].	8
Figure 8 : Graphique des précipitations moyennes annuelles des stations C.E.A et Lakhdaria (1988-2008) [ANRH, 2008].	9
Figure 9 : Graphique des températures moyennes mensuelles(1952-1960).	10
Figure 10 : Graphique de l'humidité moyenne mensuelle (1991 - 2021) [CLIMATE-DATA. ORG].	11
Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Boumerdès [CLIMATE-DATA. ORG, 2021].	12
Figure 12 : Carte géologique de la Mitidja (BENNIE ET PARTNERS 1983).	13
Figure 13: Série de coupes montrant l'évolution de sahel et de la Mitidja pendant le pliocène et le quaternaire (Glangeaud et Aymé 1952).	16
Figure 14: Carte lithologique du bassin Isser(ANRH 2004).	18
Figure 15:Coupes synthétique et interprétative transversale de la partie centrale de l'érogène nord-maghrébin à hauteur de Sébaou (M.DURAND DELGA ET AL.1969).	19
Figure 16 : Délimitation du bassin versant Isser et ses sous bassin versant (ANRH 2004).	22
Figure 17 : Délimitation du sous bassin versant du bas Sébaou.	23
Figure 18 : Délimitation du bassin de la Mitidja orientale(ANRH 2004).	25
Figure 19 : Schéma de la Composition d'une eau usée domestique [SALGHI, 2004]. .	27
Figure 20 : Schéma représente la station de relevage [CATHERINE, 2004].	34
Figure 21 : Le Principe de fonctionnement du lagunage à macrophytes[BROUILLET et al, 2008].	41
Figure 22 : Schéma explicatif du principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constitué des trois bassins [<i>Cemagref, 2004</i>].	42
Figure 23 : Image satellite de la STEP de Boumerdès (Google Map).	44
Figure 24 : Le système de conduit d'assainissement vers la STEP de Boumerdès.	45
Figure 25 :Schéma du circuit de traitement des eaux usées dans la station de Boumerdès.	47
Figure 26 :Bassin d'orage.	48

Figure 27 :Dégrilleur automatique.....	49
Figure 28 : Convoyeur à déchets.	49
Figure 29 : Déshuileur – Déssableur.....	50
Figure 30 : Bassin d'aération.....	51
Figure 31 : Bassin Clarificateur.	52
Figure 32: Bassin de chloration.	52
Figure 33 : Bassin Epaisseur.	53
Figure 34 : Station de préparation des Polymère.....	54
Figure 35 : La Super-presse.	54
Figure 36 : L'évacuateur de boue déshydratée.....	54
Figure 37 : Schéma de l'épuration des eaux usées.....	55
Figure 38 : Image satellite de la STEP de Thenia (Google Map).....	56
Figure 39: La STEP de Thénia	57
Figure 40 : Tracé schématique du système de conduite d'assainissement de la commune de Thénia (Source : ONA).	59
Figure 41 : Image satellite de la STEP de Zammouri (Google Map).	59
Figure 42 : Photos de la visse d'Archimède.	62
Figure 43 : Photo d'échantillon eau brute.....	63
Figure 44 : Photo d'échantillon eau épurée.	64
Figure 45: Laboratoire à la STEP de Thénia	64
Figure 46 : Photo représente le PH mètre.	66
Figure 47 : Conductimètre.	66
Figure 48 : Les outils utilisés pour l'analyse de MES.	67
Figure 49 : Les outils utilisés pour la détermination du DCO avant et après l'analyse..	68
Figure 50 : Les outils utilisés pour l'analyse de la DBO5.....	70
Figure 51 : La décantation après 30 min.....	71
Figure 52 : L'oxymètre.	72
Figure 53 : La bactérie observée par le microscope optique (Gx10 et x40).....	72
Figure 54 : Outils utilisés pour les analyses de MS et MVS	74
Figure 55 : Irrigation par méthode de goutte à goutte	75
Figure 56 : Un champ d'oranger irrigué avec des eaux usées traitées	75
Figure 57: Terrain choisi.....	76
Figure 58: La boue utilisée.	76
Figure 59: Terrain épandu par la boue (B).	77
Figure 60: Terre de la boue.....	77
Figure 61 : Capacités de dessalement dans le monde(Blanchon D., 2010).....	80
Figure 62 : Schéma général d'une installation de dessalement (MAUREL, 2006).	82
Figure 63 : Différents procédés de dessalement.	84
Figure 64 : Le principe du procédé de distillation à simple effet(V. RENAUDIN, CNRS, Nancy 2003).....	84
Figure 65 : Procédé de distillation multi flash d'eau de mer(PAM. Athènes, 11-14 septembre 200	85
Figure 66 : Procédé de distillation à effets multiples d'eau de mer(www.ecotoxicologie.fr/Dessalement).....	86

Figure 67 : La distillation avec compression de vapeur (D. BECHKI ,2011).....	87
Figure 68 : Le procédé d'électrodialyse (www.lenntech.fr/index.htm.).....	88
Figure 69 : Le principe de l'osmose et l'osmose inverse (Maurel, A. (2001))......	88
Figure 70 : Le principe de l'osmose et l'osmose inverse (Maurel, A. (2001))......	89
Figure 71 : Le principe d'une unité d'osmose inverse(Maurel A., 2).....	89
Figure 72 : Image satellitaire de la station de cap Djinet (trait en rouge : limite de la station).....	90
Figure 73:Captage d'eau de mer (Entreprise de réalisation).	91
Figure 74: Station de pompage de l'eau de mer.	92
Figure 75 : Réservoirs des produits chimiques.....	93
Figure 76: Filtres à sable et anthracite.	94
Figure 77:Filtres à cartouches.....	95
Figure 78: Châssis d'osmose inverse.....	95
Figure 79: Echangeur de pression ERI.	96

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Quelques caractéristiques de la Population [RGPH, 2008].	3
Tableau 2 : Potentiel hydrique de la wilaya de Boumerdès[DHW Boumerdes, 2010].	4
Tableau 3 : Caractéristiques des stations adoptées [ANRH].	5
Tableau 4 : Récapitulatif des précipitations moyennes mensuelles (mm)[ANRH].	5
Tableau 5 : précipitations moyennes annuelles (1988-2008)[ANRH, 2008].	9
Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles (°C).	10
Tableau 7 : Tableau représente l'humidité relative moyenne de la wilaya de Boumerdès en % (1991 - 2021) [CLIMATE-DATA. ORG].	11
Tableau 8 : Données techniques de base de la STEP de Thenia(ONA).	56
Tableau 9: Caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Thenia(Source: ONA).	57
Tableau 10 : Paramètres Physico-chimiques de la Station d'épuration de Thenia[OMS (Organisation Mondiale de la Santé)].	58
Tableau 11 : Tableau des caractéristiques techniques des stations de relevage de la STEP de Thenia (Source : ONA).	58
Tableau 12 : Tableau de données techniques de base de la STEP de Zemmouri (Source ONA).	60
Tableau 13 : Tableau des caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Zemmouri(Source ONA).	60
Tableau 14 : Tableau représentant les paramètres physico-chimique selon les normes de l'OMS(Source ONA)	61
Tableau 15 : Les fréquences d'analyses des paramètres physico-chimique (Source ONA).	65
Tableau 16: Tableau des facteurs et les plages de DBO5(Source ONA).	69
Tableau 17 : Les principales unités de dessalement en Algérie (rapport Algérie des eaux 2008).	81

Introduction générale.

Introduction générale :

L'eau couvre près de $\frac{3}{4}$ (72 %) de la surface du globe représentant ainsi un volume de 1,5 milliards de km³ environ. Cependant, l'eau douce mobilisable n'atteint pas 1 % de ce volume. Malgré ce faible pourcentage, l'homme a gaspillé l'eau propre comme si elle est inépuisable et n'a pris conscience de sa rareté que tardivement.

Toutes les activités humaines sont liées à un usage d'eau qu'elles soient agricoles, industrielles, énergétiques ou domestiques. Le développement économiques et démographiques entraînent de fait une croissance continue des besoins en eaux. De plus, quel que soit l'endroit où l'on se trouve, les ressources conventionnelles (lacs, rivières, nappes souterraines) sont limitées, d'un point de vue quantitatif. Il est important donc de pouvoir mettre en place des stratégies de gestion optimisées des ressources en eau. L'utilisation de ressources non conventionnelles (dessalement, Réuse, ...) permettrait de limiter ou réduire la pression sur les ressources conventionnelles. Sont appelées ressources non conventionnelles les eaux pluviales collectées dans des canalisations, les eaux provenant du dessalement d'eau de mer ou saumâtres et la réutilisation d'eaux usées traitées. Elles présentent chacune des avantages et des inconvénients quant à leur gestion et leurs usages.

En Algérie, l'eau constitue un enjeu de première priorité sur le plan national, régional et local. Le recours aux eaux non-conventionnelles, a été considéré par les pouvoirs publics comme une des réponses possibles pour satisfaire l'alimentation en eau de la région côtière surpeuplée.

L'objectif de notre mémoire est de mettre en évidence le volet des ressources en eau non-conventionnelles dans la wilaya de Boumerdès. En effet, cette wilaya dispose de 3 stations d'épuration des eaux usées (STEP) de production journalière totale de 26 000 mètres cubes et d'une station de dessalement d'eau de mer d'une capacité journalière de 100 000 mètres cubes.

Le présent travail est structuré en cinq chapitres. Le chapitre 1, réservé à la présentation de la zone d'étude, s'articule essentiellement sur le cadre géographique et administratif, situation socio-économique et les caractéristiques hydrographiques et climatologiques. Le chapitre 2 est consacré au cadre géologique et hydrogéologique afin de mettre en évidence les formations aquifères potentielles rencontrées dans la zone d'étude. Dans le chapitre 3, une synthèse des notions générales sur les eaux usées, leurs origines et techniques de traitement sont présentées. Le chapitre 4 correspond à la présentation des STEP de Boumerdès visitées dans le cadre du présent travail, les méthodes et moyens employés dans l'analyse des eaux dans les différentes étapes de dépollution ainsi que les expériences de réutilisation des eaux épurées de la station de Boumerdès et de la boue de la station de Thenia. En effet, plusieurs visites ont été organisées afin de suivre le procédé de traitement des eaux usées dans les trois STEP (Boumerdès, Zemmouri et Thenia). Le dernier chapitre est consacré à des notions théoriques sur le dessalement de l'eau de mer et la présentation de la station de dessalement de Cap Djinet (SDEM).

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude.

Chapitre 1: Présentation de la zone d'étude.

1 Introduction

La wilaya de Boumerdès est une wilaya qui connaît un développement démographique et socioéconomique remarquable depuis plusieurs années. Cette situation a fait augmenter la demande en eau. Dans le présent chapitre, on présente les principales caractéristiques géographiques et de situation administrative de ce territoire. Par ailleurs, quelques paramètres décrivant les conditions climatiques de la zone d'étude sont analysés.

2 Situation géographique et administrative

La wilaya de Boumerdès se situe au Nord-centre du pays avec une superficie de 1456,16 km², elle a une bonde littorale d'environ 100 km, allant du Cap de Boudouaou El Bahri à l'Ouest, jusqu' à la limite Est de la commune d'Afir.

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 capitale Alger.

La wilaya de Boumerdès englobe 9 daïras et 32 communes. Elle constitue un carrefour de passage de la capitale vers l'Est du pays par des voies de communications diverses (chemins de fer et autoroute). (Figure 1)



Figure 1 : La carte géographique de la wilaya de Boumerdès (Google).

3 Cadre socio-économique :

3.1 La situation démographique :

La population résidente totale des Ménages Ordinaires et Collectifs (MOC) de la wilaya de Boumerdès a atteint 801 068 habitants (RGPH, 2008). La densité démographique est en moyenne de 550 habitants/km² et le taux de croissance 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 éparses.

La répartition de cette population sur son territoire est homogène avec toutefois une nette concentration au niveau des agglomérations chefs-lieux des communes.

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

Tableau 1 : Quelques caractéristiques de la Population [RGPH, 2008].

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 %

ACL : Agglomération chef-lieu ;

AS : Agglomération secondaire ;

ZE : Zone éparses.

La population de la wilaya de Boumerdès 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 stations d'épuration pour traiter ce volume d'eau usée.

3.2 Les activités économiques :

La wilaya de Boumerdès est connue par plusieurs activités économiques comme l'agriculture ;

3.2.1 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.
- ✓ 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 (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

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

limitation, la disponibilité en eau abondante est assurée (Pluviométrie et / ou irrigations), de ce fait ils présentent une très bonne aptitude pour l'agriculture.

3.3 Ressources en eau de la wilaya de Boumerdès :

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 1200mm par an. [DHW Boumerdès, 2010].

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 [DHW Boumerdès, 2010].

Tableau 2 : Potentiel hydrique annuel de la wilaya de Boumerdès [DHW Boumerdès, 2010].

Wilaya par an	Ressource mobilisée en m ³	Eau superficielle en m ³	Eau souterraine en m ³	Eau non conventionnelle en m ³	Affectation m ³	
					AEP & Industrie	Agriculture
Boumerdès	23 949 952	3 660 000	8 653 530	5 400 000	74 130 000	2 850 952

3.4 Réseau hydrographique :

La wilaya de Boumerdès est drainée par plusieurs oueds, seuls leur partie aval suivent une direction subméridienne pour atteindre la mer Méditerranée. Citons les oueds Corso, Tatareg, Boudaouaou, Hamiz, Boumerdes, Sébaou et oued Isser, ..., parmi ces cours d'eau, les Oueds les plus importants et les plus connus sont oued Sébaou et oued Isser.

Oued Sébaou : Les distances d'amont en aval du cours d'eau principal, en l'occurrence l'Oued Sébaou (bas Sébaou), sont mesurées en tenant compte des méandres, par curvimétrage et MapInfo, permet d'estimer la longueur du cours d'eau qui est de 21 km [AIGOUNE C, 2014]. Le réseau hydrographique est organisé selon le modèle dendritique. Généralement, les écoulements du Sébaou sont saisonniers à l'exception du Bas Sébaou, ce dernier se jette dans la Méditerranée près de la ville de Dellys où l'exutoire du BV est confondu avec l'embouchure.

Oued Isser : L'écoulement de ce cours d'eau se fait du Sud vers le Nord, il atteint jusqu'à 35 km de longueur en allant du barrage de Beni Amrane jusqu'à son embouchure sur la mer Méditerranée, près de la ville de Djinet. Oued Isser est considéré comme le cours d'eau le plus dense et le plus long de la wilaya. Les affluents de cet oued de la basse vallée se limitent à oued Djemaa. Le reste des affluents ce n'est que des petites rivières pérennes ou saisonnières.

4 Cadre climatologique :

Afin d'évaluer les caractéristiques climatiques de la zone d'étude, certains paramètres ont été analysés.

Le climat de la wilaya est méditerranéen, chaud et tempéré. En hiver, les pluies sont bien plus importantes qu'elles ne le sont en été. La précipitation moyenne est de 672 mm [DHW Boumerdès, 2010].

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Les régions littorales sont connues par leur climat doux et tempéré dont la température annuelle moyenne est de 18 °C, également dans les régions internes de la wilaya (ANRH).

Les données de précipitations sont observées dans les stations de Boumerdès, Lakhdaria, Keddara, Ouled Bouhaddada, Chabet El Aneur et Bordj Menaiel, cependant, les températures sont enregistrées à la station d'Isser et la station de Thenia. Les caractéristiques des stations de mesures sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques des stations adoptées [ANRH].

Stations	Codes	Coordonnées Lambert		Altitude	Paramètres	Périodes
		X (km)	Y (km)	Z (m)		
Boumerdès	020647	569,1	384,4	50	Pluviométrie	1997 - 2007
Lakhdaria	090502	579,3	370	50	Pluviométrie	1988-2008
Keddara	020646	564,3	372,2	151	Pluviométrie	1997 - 2007
Ouled Bouhaddada	090503	574,5	372,3	400	Pluviométrie	1997 - 2007
Chabet El Aneur	090512	588,8	371,4	201	Pluviométrie	1988-2008
Bordj Menaiel	090510	591	391,2	27	Pluviométrie	1975-2005
Isser	090508	587,1	382,2	25	Température	1952-1960
Thenia	090504	/	/	150	Température	1952- S1960

4.1 Précipitations mensuelles :

Le tableau ci-après accumule les valeurs des précipitations mensuelles et les totaux annuels observés au niveau des stations adoptées.

Tableau 4 : Récapitulatif des précipitations moyennes mensuelles (mm)[ANRH].

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Total annuel (mm)	Période
Boumerdès	27,5	52,1	107,1	124,4	89,2	64,2	54,2	43,3	68,8	1,8	3,1	2,5	638,1	1997-2007
Lakhdaria	30,6	61,9	89,8	119,9	104,7	71,3	64,6	78,4	47	7,4	4,5	5,3	685,4	1988-2008
Keddara	31,6	65,2	120,1	137,8	103,9	78,4	61,7	67,2	76,8	3,3	1,3	5,3	752,6	1997 - 2007
Ouled Bouhaddada	30,1	65,8	120,4	156,9	128,7	70,3	64,1	86,9	79,2	2,6	2,4	5,1	812,6	1997 - 2007
Chaabet El Aneur	33,9	53,7	87,7	124	105	67	64,8	72	54,7	5,6	5,11	5,1	678,6	1988-2008
Bordj-Menaiel	27,3	68,6	101	98,2	94,7	83	65	61,3	36,4	10	4,7	7,3	657,5	1975-2005

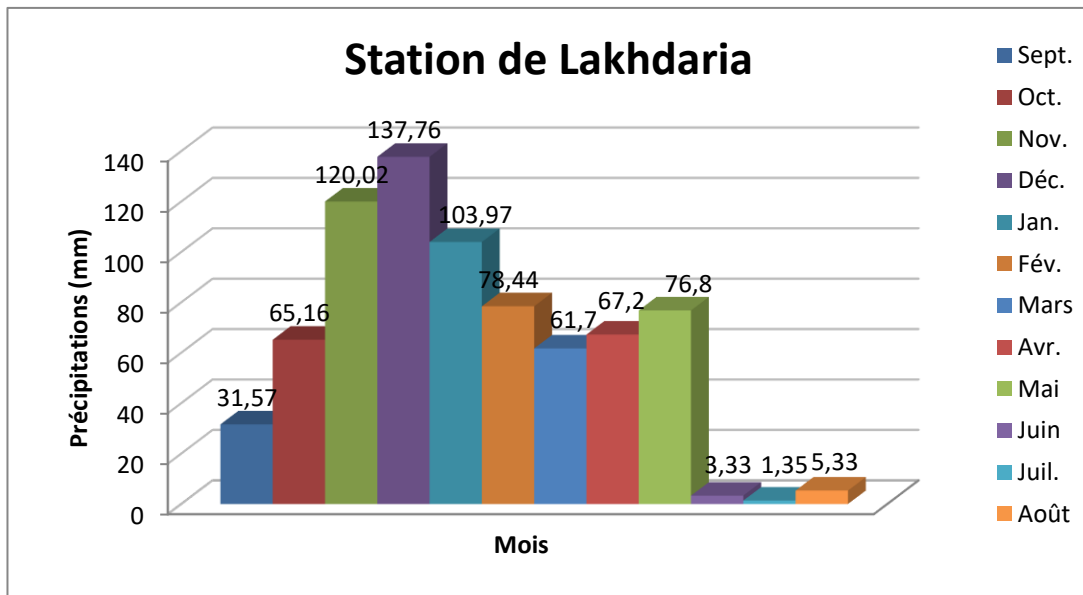


Figure 2 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Lakhdaria [ANRH, 1988 - 2008].

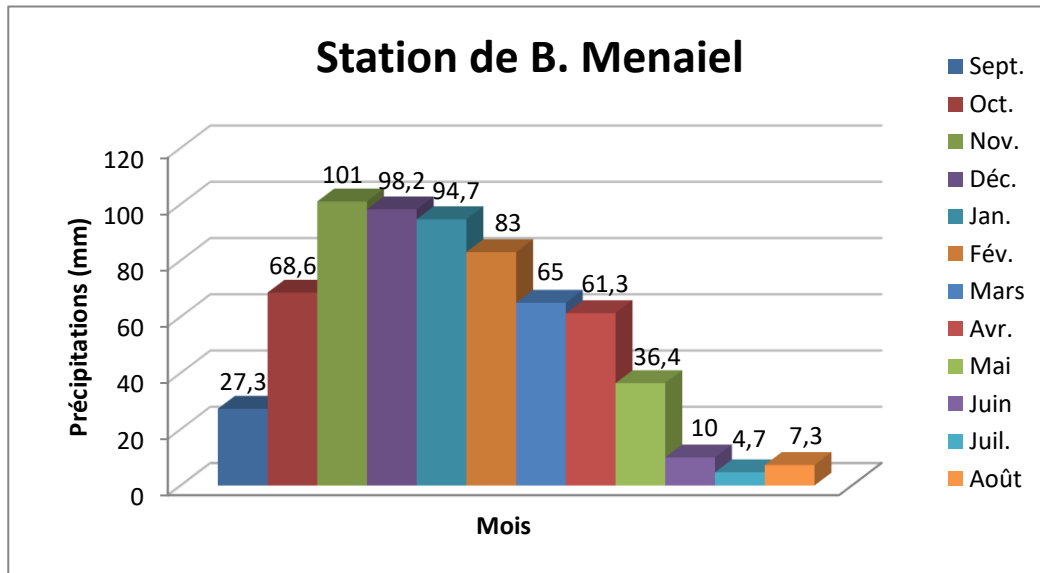


Figure 3 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Bordj Menail [ANRH, 1975 - 2005].

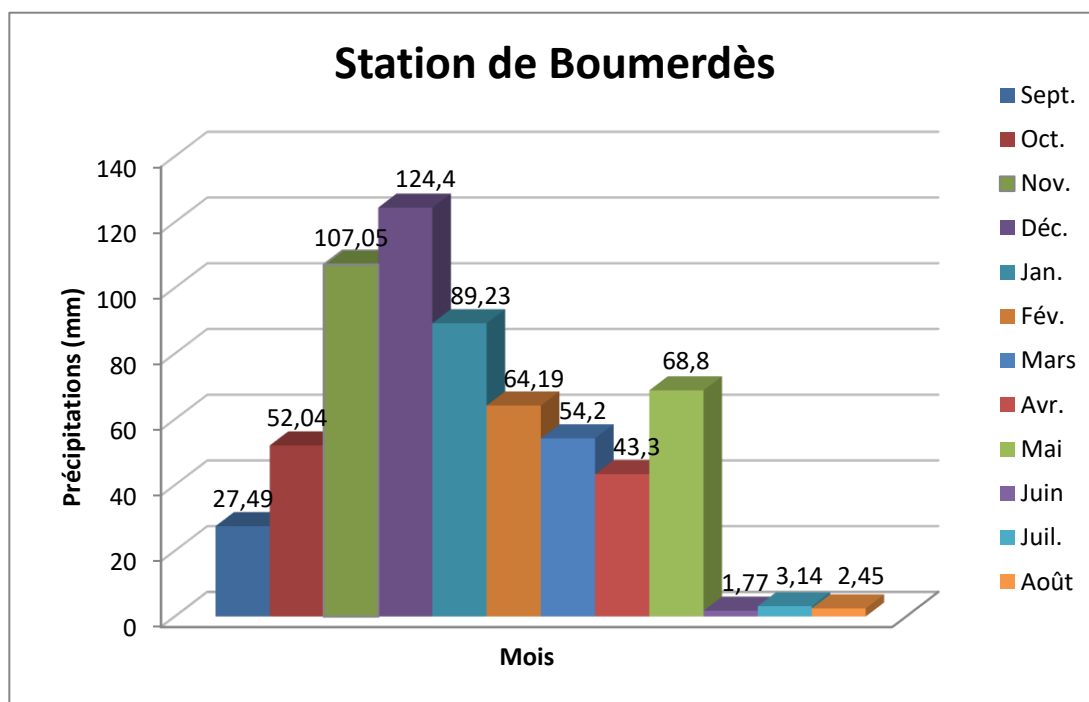


Figure 4 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Boumerdès [ANRH, 1997 - 2007].

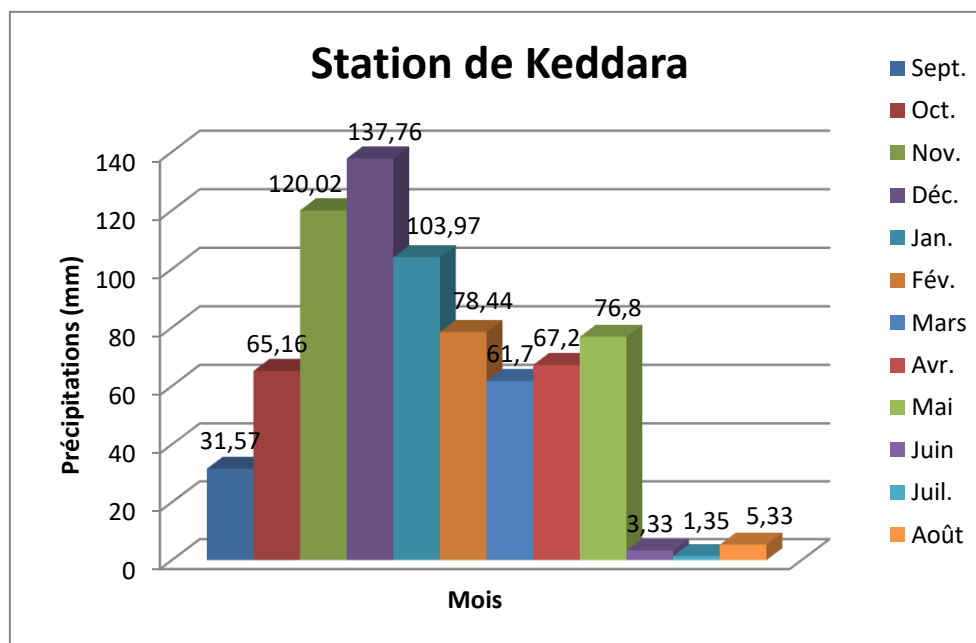


Figure 5 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Keddara [ANRH, 1997 - 2007].

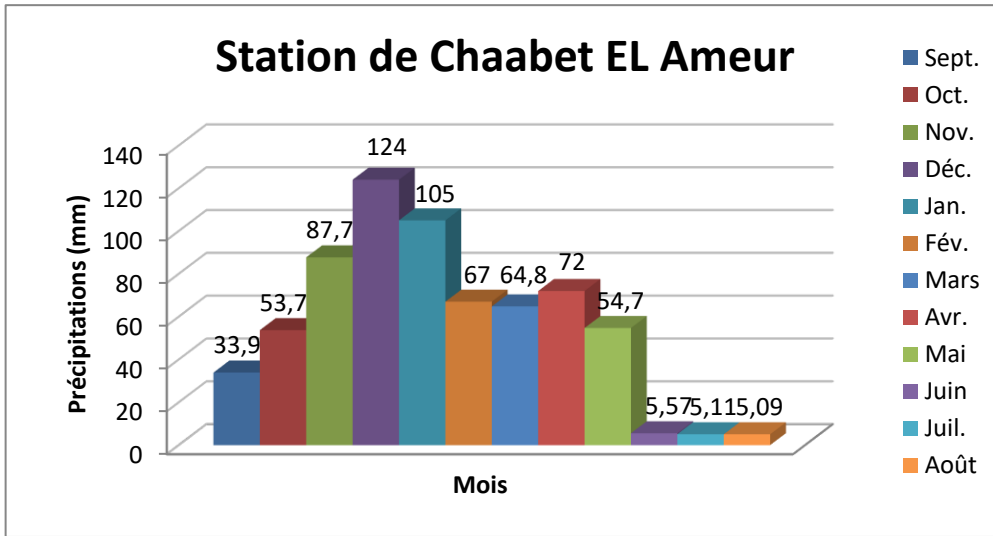


Figure 6 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Chaabet El Ameer [ANRH, 1988 - 2008].

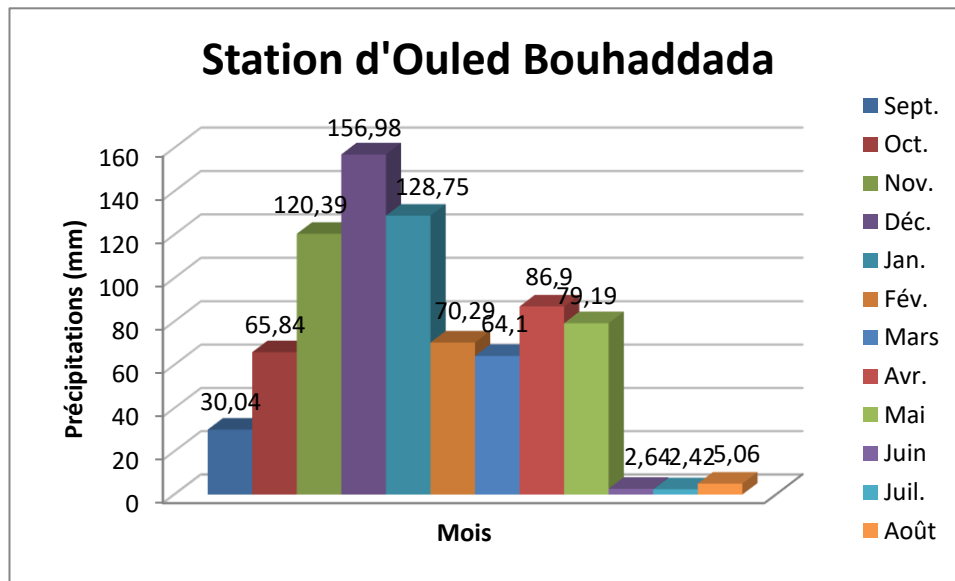


Figure 7 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Ouled Bouhaddada [ANRH, 1997 - 2007].

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

On distingue deux périodes selon les données du tableau 4 et les histogrammes des figures (2, 3, 4, 5, 6 et 7), une sèche allant de Mai jusqu'à Septembre, tandis qu'une autre est pluvieuse allant d'Octobre jusqu'à Avril.

Selon les résultats obtenus, on remarque que les mois de Novembre, Décembre et Janvier sont les plus pluvieux (156,9 mm à la station d'Ouled Bouhaddada); contrairement à Juin, Juillet et Août sont les plus secs (1,3 mm à la station de Keddara).

4.2 Précipitations annuelles :

Les données de précipitation annuelles observées dans les stations de Lakhdaria et de Chaabet El Amer (CEA) sont résumées dans le tableau 5.

Tableau 5 : précipitations moyennes annuelles (1988-2008)[ANRH, 2008].

	1988-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998
Lakhdaria	388,2	570	826,5	628,1	512,7	720,6	741,7	346,9	939,6	605,8
C.E.A	404	620,9	757,6	614	428,7	645,3	664	387,3	919,9	640,3

	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
Lakhdaria	473,7	549,9	342,5	1189,2	654,3	690,7	549,9	787,5	990,6	807,6
C.E.A	474,9	570,8	345,7	1045,5	710,6	700,1	711,2	753,3	758,2	874,4

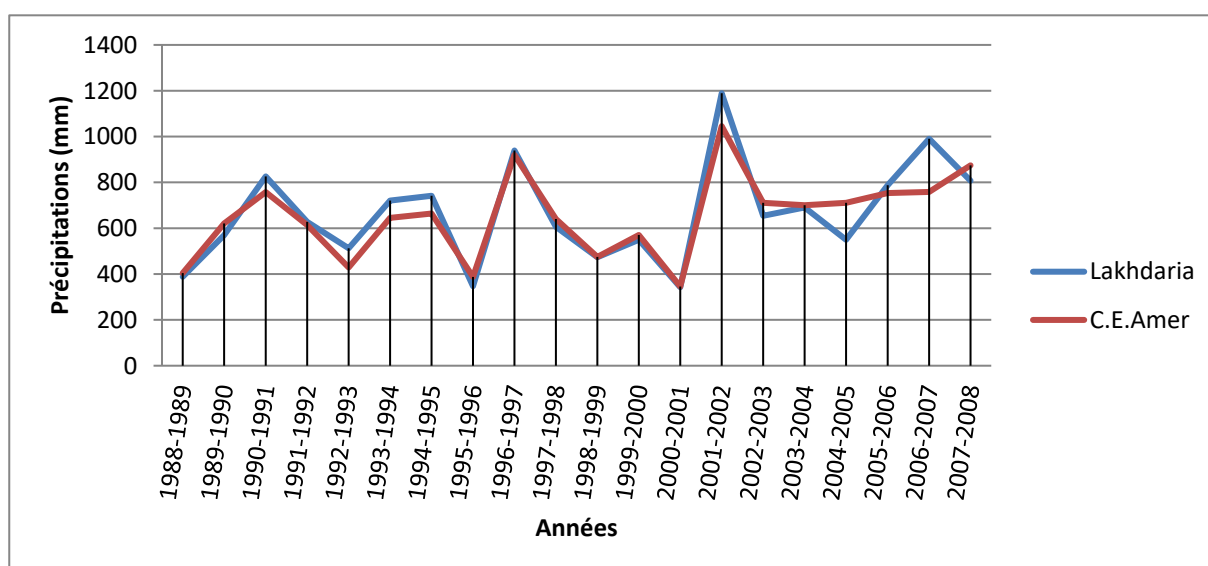


Figure 8 : Graphique des précipitations moyennes annuelles des stations C.E.A et Lakhdaria (1988-2008) [ANRH, 2008].

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Selon les données du Tableau 5 et la figure 8, on distingue une tendance positive dans les deux stations entre 1988 et 2008. On constate que l'année 2001-2002 est la plus pluvieuse durant cette période, avec une précipitation de 1189,2 mm à la station de Lakhdaria et 1045,5 mm à la station de C.E. Amer tandis que l'année 2000-2001 est la moins pluvieuse, avec des précipitations annuelles de 342,5 mm à la station de Lakhdaria et 345,7 mm à la station de C. E. Amer.

Les moyennes interannuelles, sur la période considérée, est de 665,7 mm et de 651,3 mm respectivement à la station de Lakhdaria et à la station de C.E. Amer.

4.3 Températures :

La température de l'air est l'un des facteurs qui régit les conditions climatiques d'une région. Le tableau suivant résume les données obtenues dans la station d'Isser (1952-1960) et la station de Thenia (1952-1960).

Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles (°C).

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
Isser	22,8	18,6	14,3	12,2	10,5	11,1	13,6	15,1	18,5	22,3	24,9	25,3	17,4
Thenia	24,4	19	15,1	12,7	11	12	14,7	15,9	19,6	23,4	26,5	27,3	18,5

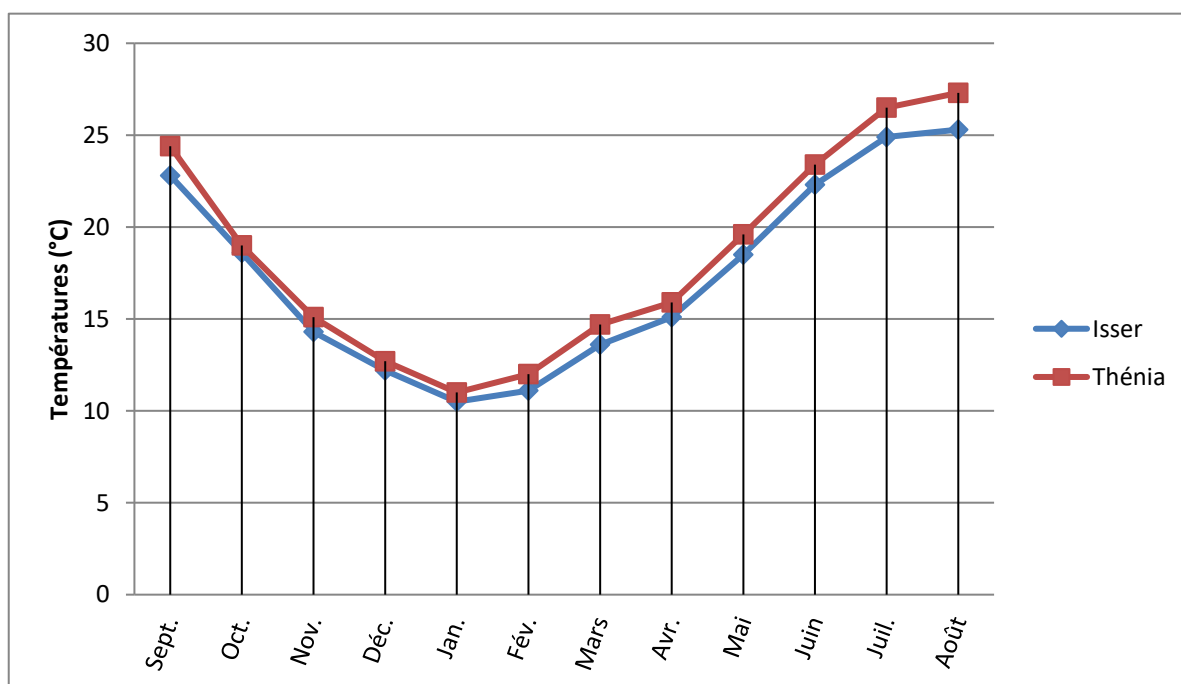


Figure 9 : Graphique des températures moyennes mensuelles(1952-1960).

On constate selon la figure 9 que du mois de septembre jusqu'à janvier, les températures sont en décroissance, avec des valeurs minimales de 10,5 °C à la station d'Isser et de 11 °C à la station de Thenia enregistrées en mois de janvier. A partir du mois de février, les températures prennent une tendance de croissance, atteignant les valeurs maximales de 25,3 °C au niveau d'Isser et 27,3 °C au niveau de Thenia en mois d'Août.

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Les moyennes annuelles sont de 17,4 °C et 18,5 °C respectivement à la station d'Isser et à la station de Thenia.

4.4 Humidité :

Le tableau ci-après représente l'humidité relative moyenne de la wilaya de Boumerdès en % (1991 - 2021).

Tableau 7 : Tableau représente l'humidité relative moyenne de la wilaya de Boumerdès en % (1991 - 2021) [CLIMATE-DATA. ORG].

	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Annuel
Humidité (%)	63	64	71	74	75	73	72	71	69	59	54	56	66,7

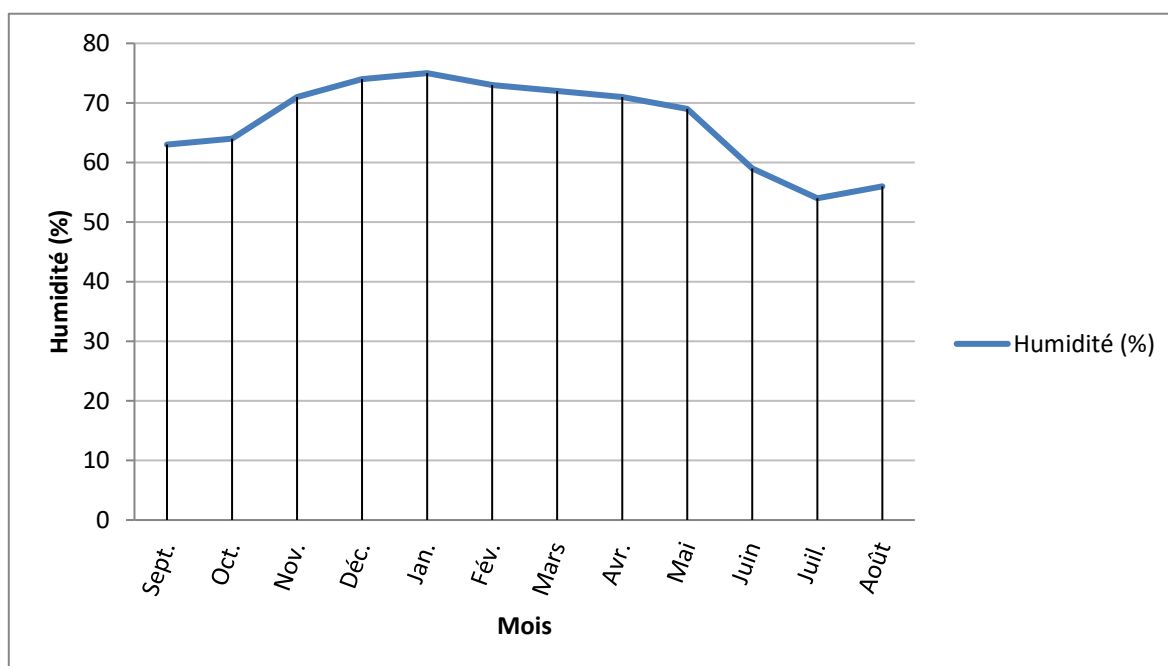


Figure 10 : Graphique de l'humidité moyenne mensuelle (1991 - 2021) [CLIMATE-DATA. ORG].

On constate, d'après le tableau 7 et la figure 10, que l'humidité relative la plus basse de l'année est en Juillet (54 %). Le mois où le taux d'humidité est le plus élevé est Janvier (75 %) suivi d'une baisse progressive pendant les mois qui suivent.

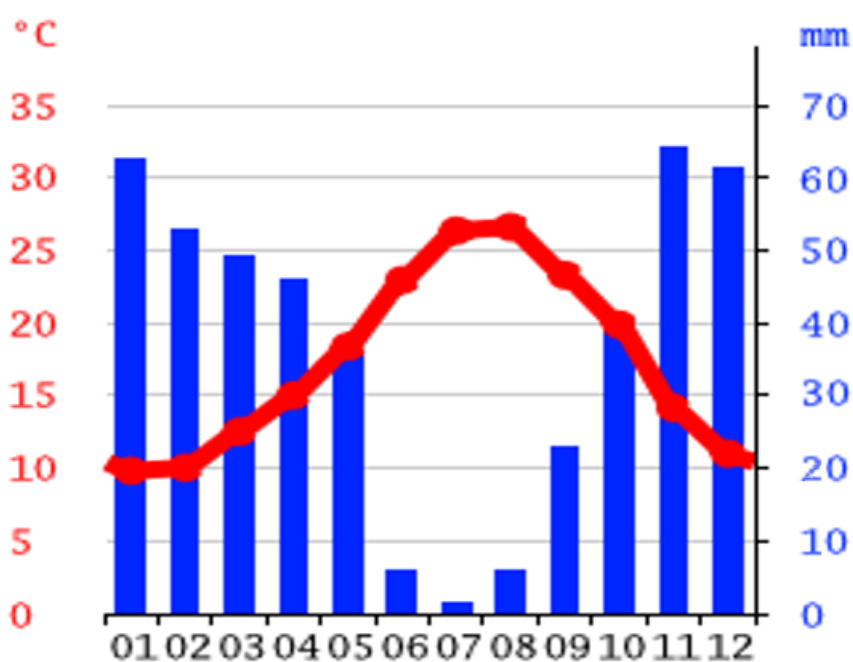


Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la wilaya de Boumerdès [CLIMATE-DATA. ORG, 2021].

D'après la figure 11, on constate que la période humide va d'octobre au mois de mai. Durant cette période, la pluviométrie augmente jusqu'à atteindre 100 mm en novembre. Les mois restant de l'année sont caractérisés par des températures relativement élevées et des précipitations basses.

La Diagramme ombrothermique permet de voir la période sèche avec des courbes pas avec des bâtonnets (pour voir l'intersection entre les deux courbes...)

5 Conclusion :

La wilaya de Boumerdès est caractérisée par un climat typiquement méditerranéen avec influence maritime, renfermant d'importantes potentialités agricoles, La wilaya est parmi les régions les plus arrosées au niveau national du fait qu'elle reçoit une pluviométrie moyenne de 672mm.

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

Chapitre 2: Géologie et Hydrogéologie

1 Introduction

Dans ce chapitre, on présente la géologie, la lithologie et la tectonique qui ont caractérisé la zone d'étude. En effet, on s'intéresse aux caractéristiques hydrogéologiques générales de la wilaya de Boumerdès. En effet, cette dernière s'étale sur trois bassins versants : la Mitidja orientale, le bas Isser et le bas Sébaou. La présentation est faite par unité hydrogéologique (bassin versant).

2 Géologie de la Mitidja-est (ou Mitidja orientale)

2.1 Cadre géologique général

La plaine de la Mitidja est un bassin Néogène. D'après Glangeaud (1932) et Aymé (1952), le bassin de la Mitidja est :

- Un bassin sédimentaire à remplissage plio-quaternaire.
- Un synclinal orienté NE-SO à fond dissymétrique reposant sur un substratum marneux plaisancien.
- Dans sa partie orientale, constituée de terrains tertiaire et quaternaire.
- Cette plaine est le siège d'une subsidence continue et se situe au Nord du domaine tellien. Elle est circonscrite entre 2 blocs positifs :
- Au Nord, l'anticlinal du Sahel avec 270 m d'altitude, constitué de roches anciennes surmontées par des terrains plissés.
- Au Sud, l'Atlas Blideen, massif montagneux, tranchant brusquement la plaine, constituée d'épaisses séries d'âge Crétacé-Paléocène.

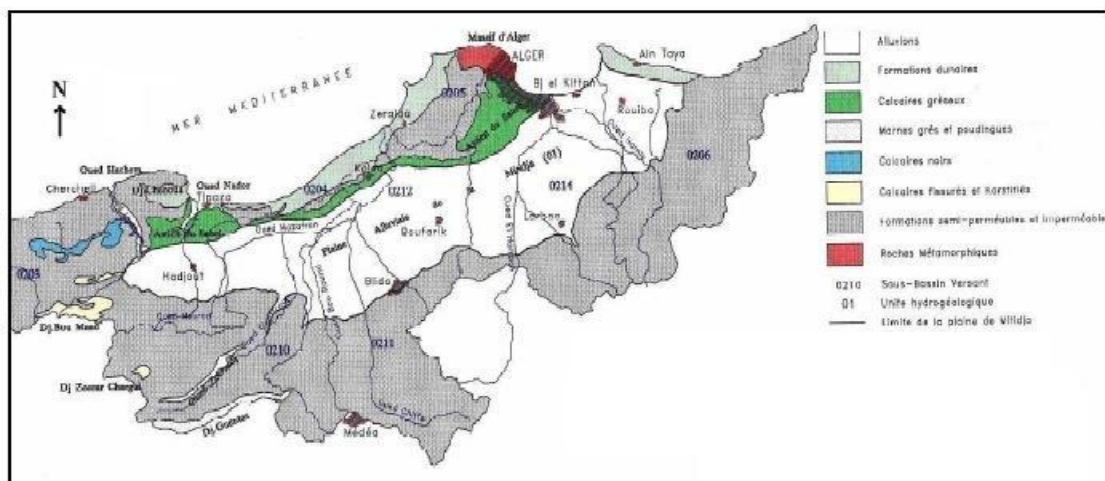


Figure 12 : Carte géologique de la Mitidja (BENNIE ET PARTNERS 1983).

2.2 Géologie locale de la Mitidja-est

La Mitidja orientale fait partie du bassin de la Mitidja, considéré comme bassin de post-nappes avec un remplissage Plio-quaternaire. Les formations rencontrées sont présentées ci-après dans l'ordre chronologique.

2.2.1 Miocène et roches plus anciennes :

- ⇒ Le miocène est constitué de marnes épaisses à intercalation de lentilles de calcaire centimétrique (40 à 50 cm). Il affleure essentiellement le long de l'Atlas, entre Meftah et Khemis El Khechna, et au Nord de la ville de Rouiba.
- ⇒ Le socle cristallophyllien représenté par des schistes, micaschistes et gneiss, affleure dans le massif d'Alger, en particulier à Cap Matifou et à l'Est de Khemis El Khechna.

2.2.2 Dépôts pliocènes :

De bas en haut, deux étages peuvent être individualisés dans le pliocène inférieur:

- ⇒ Le Plaisancien : formé principalement de marnes bleues et localement de bancs de grès faiblement glauconieux. Son épaisseur, importante sous le Sahel et le Nord de la Mitidja (environ 1000m), diminue progressivement vers le Sud où il ne subsisterait qu'un linéament entre Fondouk et Oued El Alleug (Glangeaud et Aymé, 1952).
- ⇒ L'Astien : cette formation se compose de sédiments marins de haut fond, qui débute par une couche de glauconie et se poursuit par de la molasse récifale ou sub-récifale. Il se présente sous différents types de faciès :
 - Le faciès marno-sableux : du point de vue puissance et étendue, c'est le faciès dominant. Les terrains de ce faciès sont en profondeur gris cendré, en surface, ils sont jaunes.
 - Le faciès gréso-calcaire : il est constitué le plus souvent de calcaires gréseux et granuleux parfois glauconieux. On peut rencontrer des faciès de calcaires à lumachelles (huitres, échinodermes et gastéropodes). Également, vers la base, on a des intercalations de marnes brunes ou d'argiles jaunes.
 - Le faciès molassique : c'est un faciès récifal ou sub-récifal. Il est constitué par un calcaire spongieux, grumeleux, tendre ou encore par des dalles de calcaires pouvant avoir un mètre d'épaisseur. Le faciès gréseux et sableux : c'est le sommet de l'Astien, très faciès est très localisé dans la banlieue d'Alger. La molasse repose sur un niveau de glauconie dont l'épaisseur peut atteindre 4 m et se réduire ailleurs à quelques centimètres.
 - Le faciès gréseux et sableux : c'est le sommet de l'Astien, très détritique, continental, en bordure de la Mitidja, de 30 m d'épaisseur.

2.2.3 Villafranchien (Calabrien) : formation d'El Harrach

Cette formation est constituée d'une séquence relativement uniforme d'argiles plastiques jaunes ou grises localement, légèrement caillouteuses, contenant un petit nombre de lentilles de graviers. La formation d'El Harrach a été confondue avec les formations alluviales sus-jacentes qui sont essentiellement caillouteuses.

La rareté des forages ayant atteint cette formation fait qu'on a un manque de détails descriptifs. Les argiles sont totalement absentes autour de Rouiba. L'épaisseur moyenne de la formation au centre du bassin est estimée à 100 m et diminue vers le Sud.

2.2.4 Soltanien-Tensiftien (Tyrrhénien) : formation de la Mitidja

Cette formation est composée principalement d'alluvions grossières (gravier, galets, limons et argiles en quantité variables). Les alluvions de la formation de la Mitidja sont épaisses et sont présentes dans le centre du bassin. Elle est puissante au centre (100 à 200 m) et devient de plus en plus faible en allant vers les bordures et la baie d'Alger.

2.2.5 Rhabien (Flandrien) : dépôts récents

Ils sont représentés par des sables meubles éoliens ou des sables dunaires épais de 20 à 40 m de graviers et de couches fossilifères consolidées ou cimentées.

Le piémont de l'Atlas est recouvert de débris anguleux cimentés par une matrice argileuse provenant d'un cône de déjection et d'une solifluxion de matériaux du massif blidéen. Ces débris ne représentent qu'une faible Aperçu paléogéographique et tectonique : partie de remplissage du bassin de la Mitidja. Ils regroupent les dépôts de sables dunaires, les dépôts du piémont de l'Atlas blidéen ainsi que les sables et les graviers provenant des lits des oueds. La baie d'Alger et la région de Réghaïa sont bordées par des dépôts marins et des dunes.

2.3 Aperçu paléogéographique et tectonique :

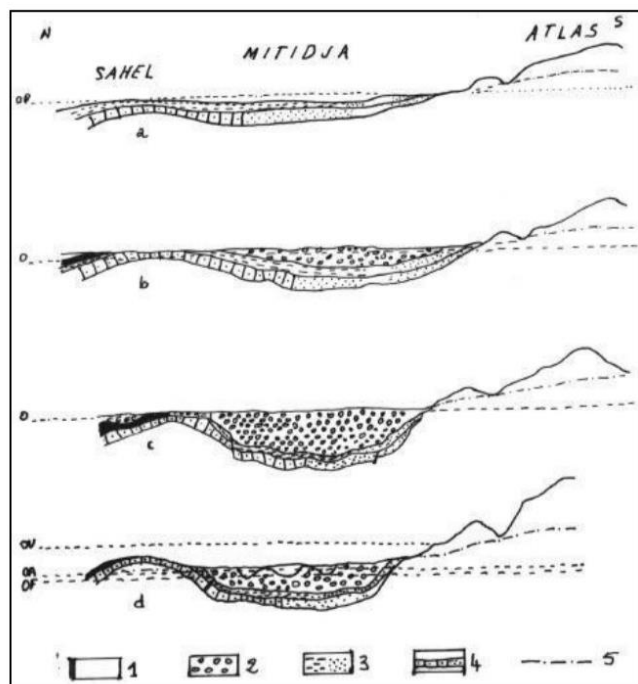
L'histoire géologique du bassin de la Mitidja remonte à l'Eocène. Il s'est formé par affaissement d'un socle rigide, entre les failles d'orientation E-W et NE-SW. Après la sédimentation de dépôts marins du Plaisancien et de l'Asien, le Sahel s'individualise en une ride anticlinale, l'Atlas continue à se soulever, les dépôts du Miocène, du Pliocène et du Quaternaire réagissent comme une couverture flexible entre deux unités ascendantes (Glangeaud, 1932) :

- Le pliocène marque la fin d'une longue période de sédimentations durant laquelle des argiles et argilites s'étaient accumulées en mer profonde ou ouverte. Un léger plissement et un soulèvement de l'anticlinal du Sahel apparaissent à la fin du Pliocène isolant complètement la Mitidja de la mer.
- Au début du quaternaire s'accumulent des formations fluvio-lacustres (marnes jaunes d'El Harrach) originaires de l'Atlas dans le sillon subsidient. Des matériaux essentiellement argileux contenant quelques lentilles de graviers se déposaient dans le bassin qui se creuse davantage au Villafranchien (Calabrien).

Chapitre 2 : Géologie et Hydrogéologie

La sédimentation villafranchienne se termine par une baisse continue du niveau marin. A ce moment, les phénomènes d'érosion s'amorcent et la subsidence s'accroît (érosion de la formation d'El Harrach).

A la fin du Pléistocène, les dépôts du Villafranchien sont en grande partie érodés, mettant à nu l'Astien dans la Mitidja orientale. Dès lors les oueds creusent profondément leurs lits, et les cônes de déjection s'avancent vers la plaine.



1 : Alluvions récentes (épaisseur exagérée).

2 : Marnes d'El-Harrach et alluvions villafranchiennes.

3 : Grès et Boudingues de la fin d'Astien.

4 : Mollasses et grès de l'Astien.

5 : Profil supposé des oueds atlasiques aux différents stades de leur évolution

Les tirets correspondent au niveau de la mer (côtes zéro) aux différents stades de l'évolution de la Mitidja.

OP : Mer du Pliocène inférieur.

OV : Fin du remblaiement Villafranchien.

OF : Fin du creusement préflandrien.

OA : Niveau actuel.

Le figuré noir correspond aux dépôts marins du Quaternaire (calabrien principalement)

Figure 13: Série de coupes montrant l'évolution de sahel et de la Mitidja pendant le pliocène et le quaternaire (Glangeaud et Aymé 1952).

3 Géologie du bas Isser :

3.1 Cadre géologique local

Le sous bassin versant de l'oued Isser appartient au vaste ensemble géologique, le Tell septentrional kabyle. Les études géologiques antérieures ont montré que la basse vallée de l'oued Isser se caractérise par sa complexité tant structurale que stratigraphique. Elles montrent aussi l'existence de formation métamorphique d'âge précambrien recoupée localement par une discordance des roches intrusives et par des formations sédimentaires.

Du point de vue géologique, le territoire étudié est constitué de plusieurs structures tectoniques qui se répartissent comme suit :

- Au Nord, dans le massif kabyle, on observe les pointements de roches du socle métamorphiques, recouvertes tectoniquement par une nappe allochtone de flysch crétaé et paléogènes. D'autres part, elles sont recouvertes en discordance stratigraphique par des formations autochtones tertiaires et quaternaires, tandis que le flysch allochtone est surmonté par des terrains néogène et quaternaire.
- Au sud, dans les limites des sous zones de la chaîne calcaire et des nappes de flysch, les formations les plus répandues sont les terrains méso-cénozoïques qui constituent une structure complexe en nappes imbriquées, formées par des unités allochtones.
 - La sous zone de la chaîne calcaire représente la partie septentrionale de cette structure outre les écaillés formées par les roches de la dorsale (permo-triasique), roches carbonatées du Jurassique, du Crétacé et du Paléogène (M. Durand Delga, 1967) ainsi que celles de l'unité des Tamerkenites (Tifiani, 1967), renferme aussi les écaillés et les nappes de flysch paléogène supérieur de cette chaîne (facies néo-nummulitique).
 - La sous zone de nappes de flysch, situées au Sud est bordée dans sa partie méridionale par la nappe des formations crétaées du facies tellien, compris les nappes du flysch mauritanien (Tifiani, 1967 ; j.Bouillin, 1970).

La lithologie

Bas Isser est répartie comme suit :

- 43% par des formations marneuses, des grés et des conglomérats, appartenant à l'Oligocène marins ;
- 15% par des formations gréseuses et des marneuse d'âge miocène inférieur marin ;
- 20 % de la superficie totale sont des schistes cristallins et micacés, respectivement, des schistes à chlorite, à séricine, à quartzite et à biotite ;
- 2% par des schistes argileux, des marnes grises et des grés d'âge crétaé inférieur.
- 18% par des alluvions de quaternaires ;
- 2% de la superficie totale par des granites (ANRH, 2004).

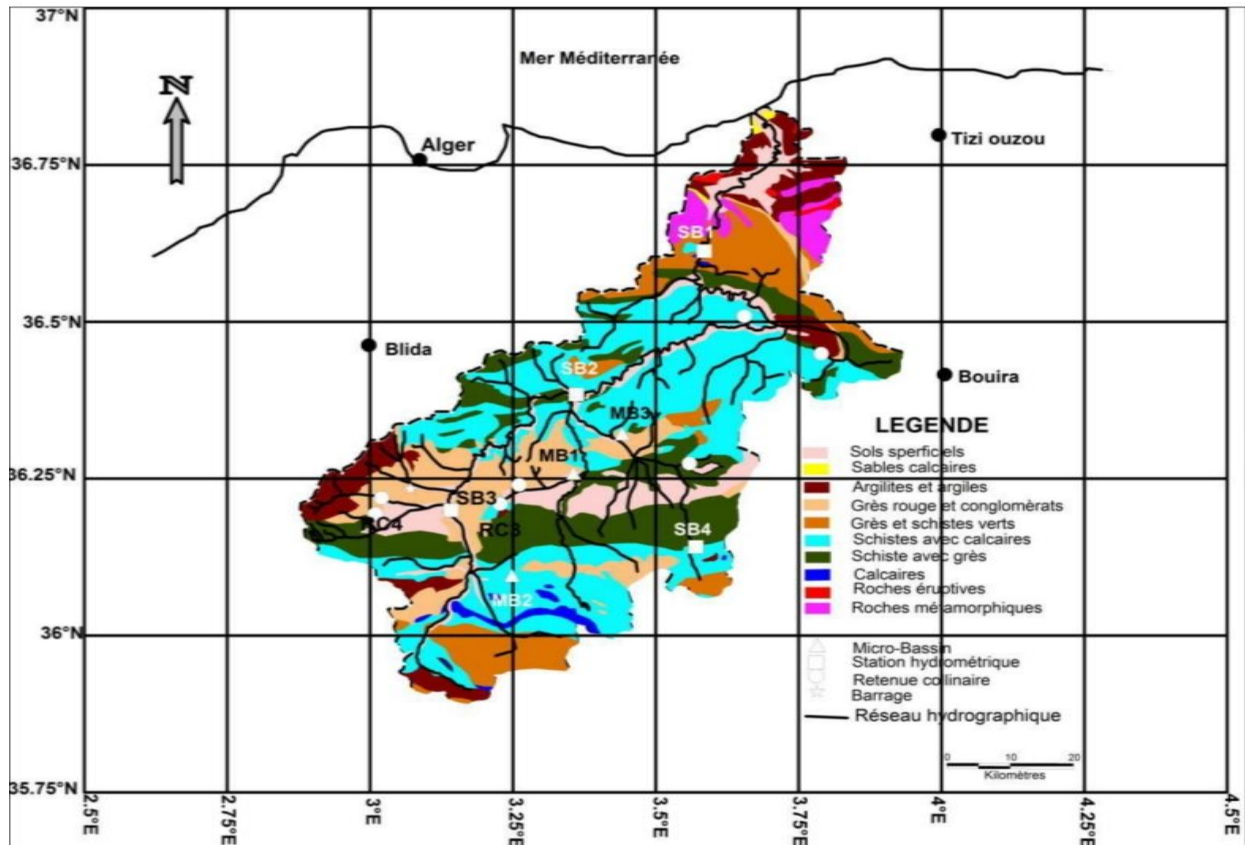


Figure 14: Carte lithologique du bassin Isser (ANRH 2004).

3.2 Tectonique :

La région d'étude est située au sein de l'anticlinal kabyle, qui est saillie du socle cristallophyllien ancien, de la zone plissée alpine du Nord de l'Algérie (M. Glangeaud, 1952 ; M. Durand Delga, 1968).

La vallée du Bas Isser a une tectonique complexe due à sa disposition structurale. Elle est constituée d'un empilement de nappes imbriquées, mise en place à la suite d'une intense fracturation et de glissement du Sud vers le Nord, suivie par une compression.

Le socle cristallophyllien de Bou-Arous, montre un anticlinal de direction axiale Est-Ouest, les flancs à fort pendage sont affectés par des failles longitudinales et de micro plissements. Les terrains autochtones ont subi une déformation caractérisée essentiellement par des synclinaux sub-latitudinaux et des failles normales. Le paléogène est constitué d'une ride d'anticlinaux en genoux. La chaîne calcaire écaillée, préserve en général des plis étroits renversés par fois même couchés. Souvent dans la partie nord. Les formations néogènes de la dépression de Thenia, sont affectées par des plis larges et droits.

Des réseaux principaux d'accidents tectoniques ont été observés dans le bas Isser :

- Un réseau de direction Nord-ouest /Sud-est, représenté essentiellement par des cassures d'âge post Plaisancien.
- Un réseau de direction générale Nord-est/Sud-ouest, qui est lié à la phase intensive du Miocène (IDER, 2006).

4 Géologie du bas Sébaou.

4.1 Cadre géologique local

Localement, la description de la structure générale, au niveau de la grande Kabylie, est de bas en haut

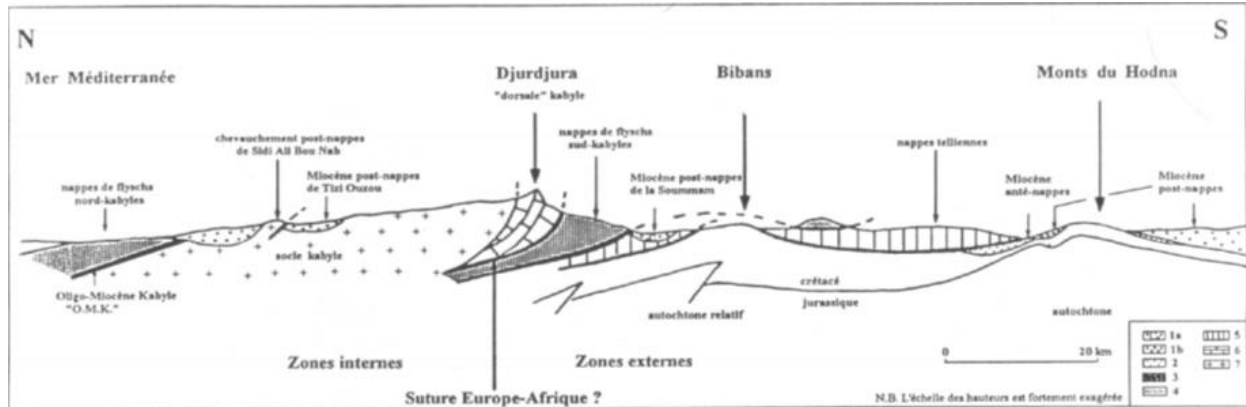


Figure 15: Coupes synthétique et interprétative transversale de la partie centrale de l'érogène nord-maghrébin à hauteur de Sébaou (M.DURAND DELGA ET AL.1969).

4.1.1 Le socle kabyle :

C'est un terrain cristallophylliens d'âge paléozoïques (D.Delga, 1956 et J.-J. Peujat, 1986 et 1991). Nous pouvons faire une différenciation pétrographique qui permet de distinguer une série :

- Une série de gneiss fins fortement métamorphiques superposés de gneiss œilletts.
- Une série de schistes satinés (séricitoschistes, et chloritoschistes) faiblement métamorphisés dont la base contient des marbres et des quartzites.
- Des schistes argileux et siliceux peu ou pas métamorphisés et localement fossilifères djebel Aïssa Mimoun (M.-O. Aît, 1994).

4.1.2 La chaîne calcaire ou la dorsale kabyle :

Zone étroite, orientée ENE-WSW. Elle correspond à un empilement d'écaillés de calcaires massifs à Nummulites, de dolomies (Lias) et des marno-calcaires surmontés de grès.

Elle se subdivise, elle-même, en trois dorsales : interne, médiane et externe.

4.1.3 La chaîne littorale :

Formation directement liée aux nappes de flysch, c'est une unité morpho structurale très complexe orienté SW-NE. Stratigraphiquement, on y observe de bas en haut plusieurs séries (M.Benhassaine, 1980).

4.1.4 L'Oligo-Miocène Kabyle (OMK) :

L'OMK regroupe les formations d'âges oligocènes à burdigalien inférieur discordantes sur le socle. Elle comprend de bas en haut :

- Des conglomérats à galets de socle : quartz, quartzites, séricitoschistes.
- Une série molassique qui contient selon les lieux, des calcaires biodétritiques ou des calcaires salifiés.

- La série se termine généralement par un niveau de silixites.

4.1.5 Les flyschs de l'unité d'Afir :

Deux unités sont à distinguer d'un point de vue stratigraphique et structural. Ces deux ensembles distincts possèdent une couverture de grès micacés d'âge oligocène :

- A. L'unité inférieure d'Afir, qui est mieux représentée comprend de bas en haut :
- Un flysch pelito-quartzitique d'âge berriasien à albien ;
 - Un niveau de phtanites (Cénomaniens) ;
 - Un complexe de faible épaisseur comportant des argiles, des conglomérats et des calcaires (Crétacé supérieur).
- B. L'unité supérieure d'Afir, à affleurement parcellaires, est constituée de bas en haut par :
- Des phtanites (Cénomaniens) ;
 - Un complexe comprenant des argiles et des microconglomérats à ciment argileux.

4.1.5.1 L'unité tellienne de Dellys :

C'est une puissante série à sédimentation rythmique de calcaires et de marnes. On y trouve de bas en haut :

- Des marnes avec intercalations de calcaires marneux sur 600m (Turonien-Sénonien) ;
- Des marnes peu épaisses, 4 m environ (Danien) ;
- Des calcaires marneux et des calcaires solidifiés sur 30 à 40 m (Yprésien-Lutécien inférieur) ;
- Des marnes noires à boules jaunes, sur 150 à 200m (Lutétien).

Cette série affleure au Sud de Tizirt et au SW de Dellys.

4.1.5.2 La formation numidienne :

Elle comprend de bas en haut :

- Des argiles avec quelques passées calcareuses, sur 40m environ (Stampien-Chattien).
- Des bancs métriques de grès homogène qui débutent par des grès quartzitiques et finissent par des dragées de quartz (Aquitaniens).
- Une formation terminale, rarement conservée, faite de marnes, marno-calcaires et argiles grises (Aquitaniens-Burdigaliens inférieurs).

4.1.5.3 Les olis-trostromes :

C'est une accumulation sédimentaire chaotique comprenant des matériaux pétrographiquement homogènes. Elle comporte :

- Des plaquettes de microconglomérats calcaires n'excédant pas 10 cm d'épaisseur (Crétacé supérieur).
- Des bancs de calcaires fins à moins de 2m d'épaisseur (Crétacé supérieur).
- Des bancs de grès pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

- Des éléments empruntés à l'unité tellienne de Dellys.
- Un ciment essentiellement pelitique.

4.1.6 Les dépôts plio-quadernaire :

Représentés dans les terrasses alluviales par des alluvions anciennes, récentes et actuelles, dont l'âge reste indéterminé.

Ces formations constituent l'aquifère alluviale du Bas Sébaou.

5 Contexte Hydrogéologique

5.1 Caractéristiques hydrogéologiques des différents ensembles géologiques du Bas Isser

La configuration géologique de la région du bas Isser englobe des ensembles hydrogéologiques à l'intérieur de chaque domaine structural qui sont les suivants :

5.1.1 Roches cristallophylliennes

Elles sont représentées essentiellement des schistes très peu perméables.

5.1.2 Roches éruptives

Elles sont représentées principalement par des granites, d'andésites et de labradorite, qui sont aquifères du fait de l'existence de source à faible débit, émergeant à la faveur de fracture et de fissures (Thenia, Sud de Bordj Menaiel...).

5.1.3 Les flyschs

Les différents types de flyschs sont constitués d'une alternance des grés, calcaires, avec des argiles et marnes imperméable, ce qui rend ces formations imperméables.

5.1.4 Miocène

Il est constitué essentiellement d'argiles et de marnes avec quelques intercalations du niveau conglomératiques, de calcaires et de grés friables, qui peuvent être le siège d'une circulation d'eau souterraine, mais qui ne présente aucun intérêt quant à leur exploitation.

5.1.5 Dorsale

Les terrains de cette unité sont constitués de grés surtout de formations carbonatées massives, fracturées et karstifiées. L'existence d'une karstification et d'une fissuration assez intense visible dans les gorges d'Ammal a conduit à l'émergence des sources à fort débit.

5.1.6 Quadernaire

Il est constitué essentiellement de graviers, galets, sables et argiles, avec une épaisseur assez importante. Ces formations constituent le milieu d'investissement des eaux souterraines le plus favorable.

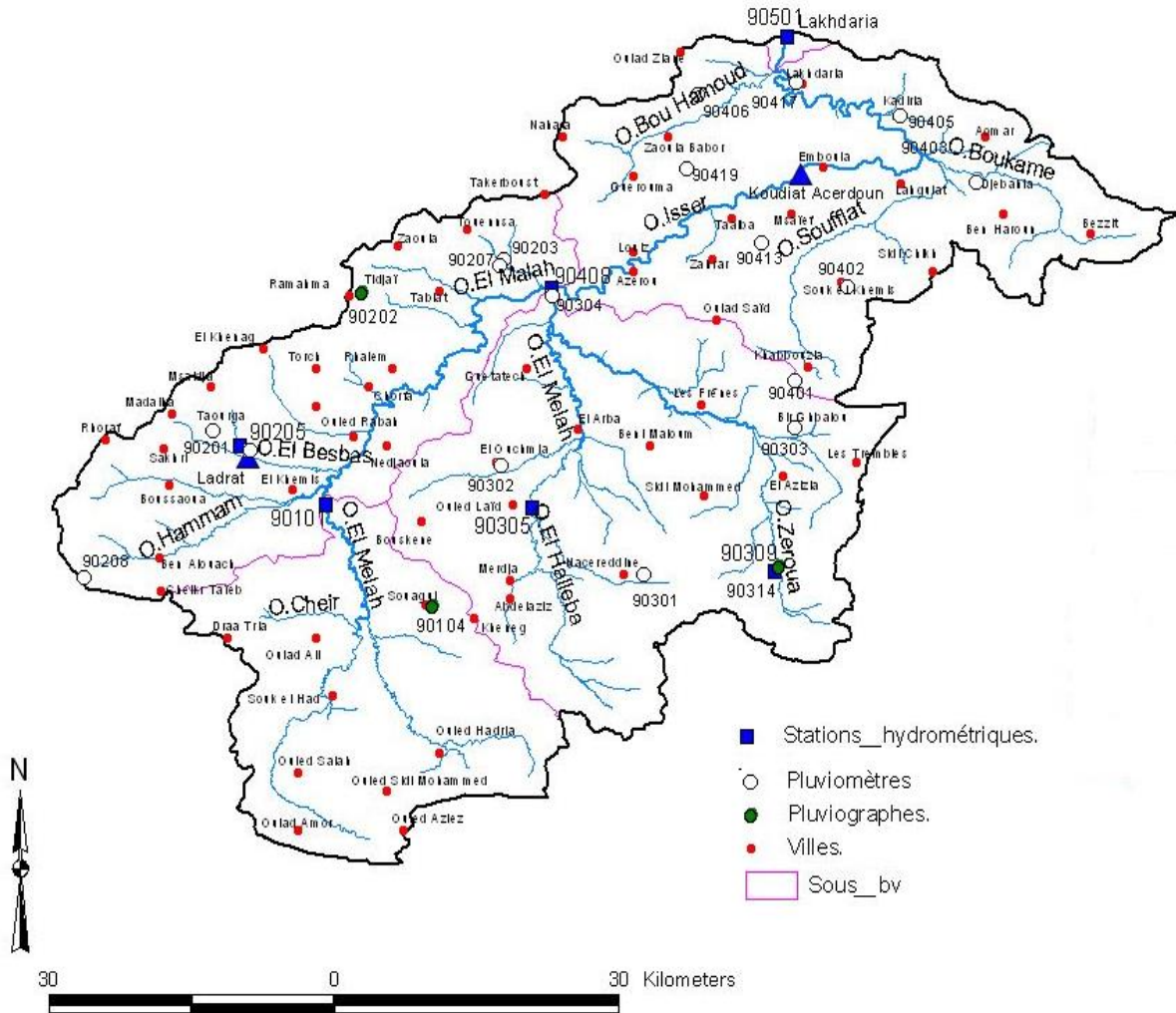


Figure 16 : Délimitation du bassin versant Isser et ses sous bassin versant (ANRH 2004).

5.2 Caractéristiques hydrogéologiques des différents ensembles géologiques du Bas Sébaou

Le bas Sébaou est un sous bassin versant qui est caractérisé par un grand fleuve l’oued Sébaou, ce dernier prend sa source dans la chaîne des montagnes du Djurdjura et se jette en mer Méditerranée après un parcours de 97 km. Il draine un bassin versant (Sébaou) d'une superficie de 2500 km². La pluviométrie annuelle moyenne est comprise, en fonction de l'altitude, entre 700 et 1100 mm (Y. CHADRIN, 1975 ; ANRH, 2004). Avant la réalisation du barrage de Taksebt et le développement de l'extraction des sables dans la vallée, ses réserves en eau souterraine, localisées principalement dans les basses terrasses, couvraient 80 % des besoins des agglomérations de la région. À cet égard, il est considéré comme l'un des bassins les plus importants d'Algérie. De par ses conditions climatiques favorables, la nature de ses sols et son potentiel hydrique, la vocation principale de la vallée est l'agriculture. Les cultures pratiquées sont essentiellement l'arboriculture (agrumiculture), les cultures maraîchères et les cultures fourragères (N. SAADI, 1970 ; A. BOUAÏTTA, 1992).

Chapitre 2 : Géologie et Hydrogéologie

La haute vallée de l'oued Sébaou possède une nappe d'eau libre d'une profondeur moyenne de l'ordre de 3 m. En même temps qu'elle assure la recharge de la nappe, l'infiltration des eaux superficielles favorise la progression en profondeur des contaminants et donc la dégradation de la qualité des eaux. Ces dernières années, suite à l'extraction excessive des sables le long de l'oued Sébaou, la nappe a été mise à nu à certains endroits, devenant ainsi plus exposée à la pollution. En période de basses eaux, certains forages proches de parcelles soumises à un usage massif d'engrais azotés, montrent des teneurs en nitrate très élevées, de l'ordre de 110 mg/l (ANRH, 2004). À cette pollution d'origine agricole, s'ajoute celle des agglomérations, dont les eaux usées se déversent par endroit directement dans le cours d'eau principal, sans aucun traitement préalable. Ces rejets sont bien visibles en saison sèche, de mai à octobre, lorsque l'écoulement de l'oued Sébaou est très faible (ANRH, 2004).

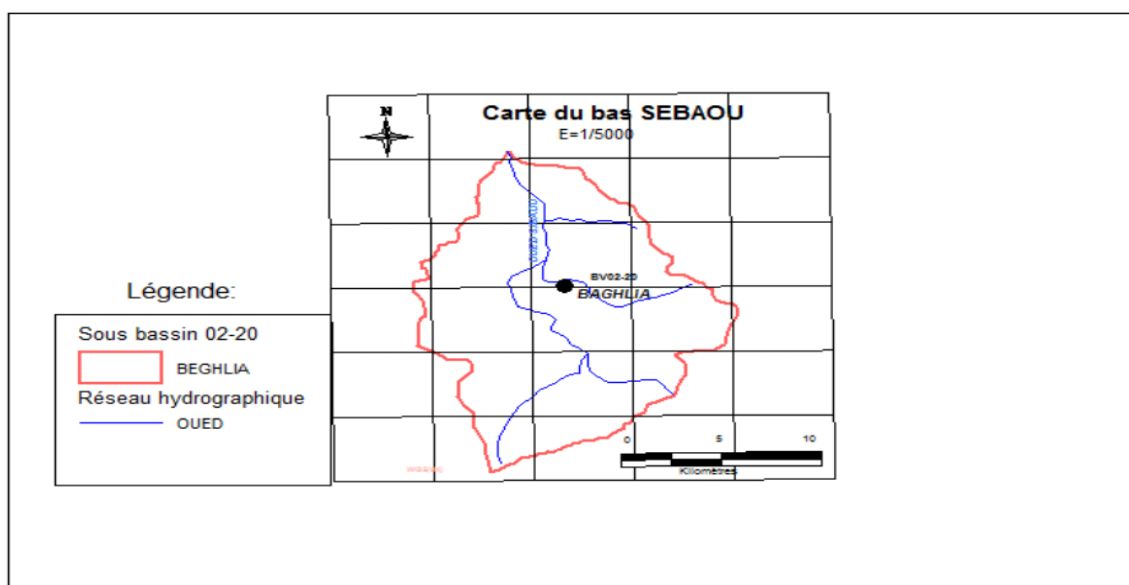


Figure 17 : Délimitation du sous bassin versant du bas Sébaou.

5.3 Caractéristiques hydrogéologiques des différents ensembles géologiques de la Mitidja orientale :

La plaine alluviale de la Mitidja est caractérisée par deux principaux aquifères ; séparé par les marnes semi perméables d'El Harrach.

A- L'aquifère alluvial quaternaire :

Ce réservoir est caractérisé par les alluvions du quaternaire moyen (Soltano-Tensiftien) au sommet, et les alluvions récentes (Rharbien inférieur) à la base.

Ces derniers renferment des graviers et des galets, alternant avec des limons et des argiles. A titre d'exemple, Rouïba-est étant une région particulière, par le fait que les deux aquifères communiquent entre eux et forment ainsi un ensemble homogène (GLANGEAUD-AYME, 1952).

Chapitre 2 : Géologie et Hydrogéologie

D'après une analyse effectuée sur les logs de sondages ; la profondeur de la nappe alluviale se situerait entre 10 et 12 mètres et que celui-ci est représenté en partie, par des sables argileux, caillouteux, des niveaux graveleux souvent saturés, et des sables fins à moyens humides.

B- L'aquifère Astien:

Par contre, pour ce qui est du réservoir Astien ; son substratum n'a été recoupé que par les quelques forages hydrauliques. Par ailleurs ; la région de Boumerdès est caractérisée aussi par deux principaux aquifères.

B -1: Nappe des plateaux quaternaires :

Ces plateaux forment une bande, Est-ouest, entaillée par des vallées des oueds : Boudouaou, Corso et Boumerdès. Ces cours d'eaux morcellent la nappe en une succession de petits aquifères. La nappe est contenue dans des sables rouges à intercalation de graviers quartzueux présentant un pendage léger vers le Nord. La puissance de cette formation, maximale près du rivage, est de l'ordre de 30 m. Les réserves de ces aquifères sont faibles et intensivement exploitées.

B -2 : Inféro-flux des oueds côtiers :

Ces aquifères sont d'importance moindre du fait 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 0,5 m et 6 m.

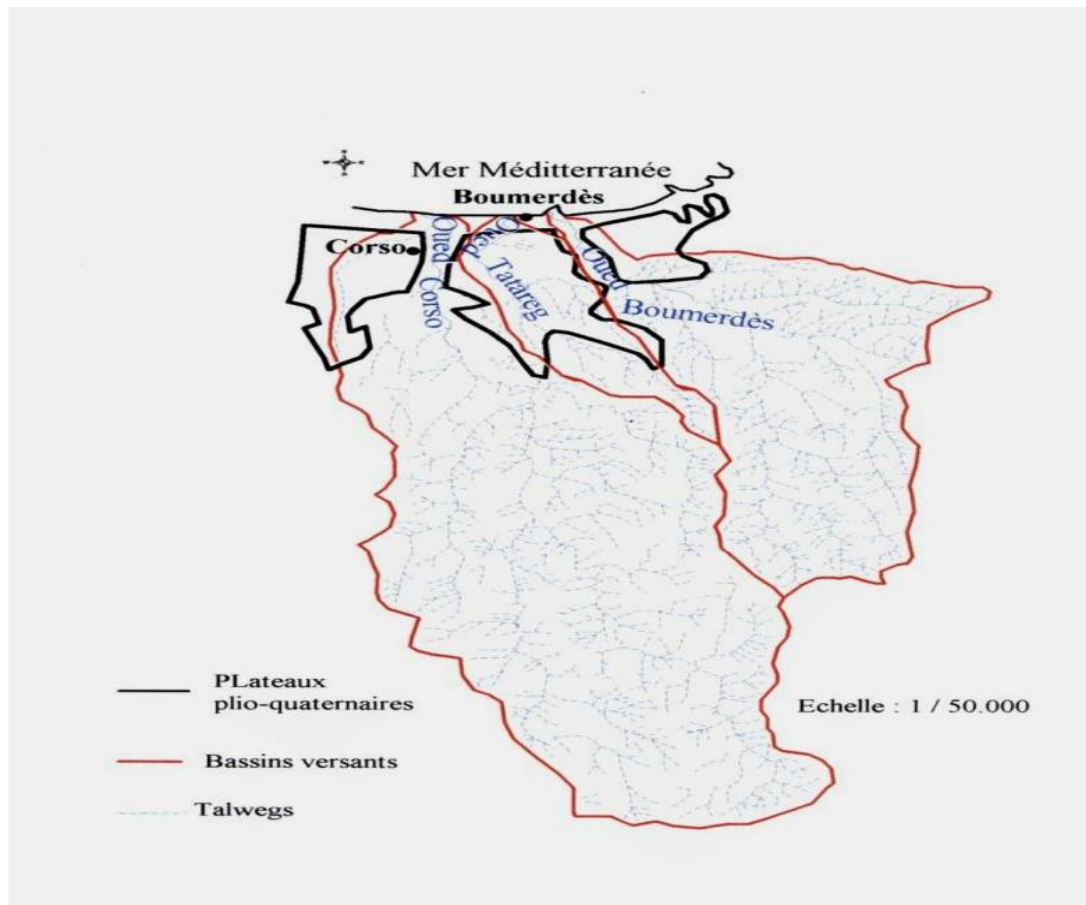


Figure 18 : Délimitation du bassin de la Mitidja orientale(ANRH 2004).

6 Conclusion :

Les bassins qui occupent la région de Boumerdès sont à remplissage sédimentaire varié d'âges plio-quaternaire et une tectonique globale assez poussée due à la paléogéographie de cette région, des faille EW et NE SW, le remplissage sédimentaire se concentre sur les sédiments, ces représentent notamment un cadre hydrologique assez appuyer par les bassins versants qui lui offre un avantage hydrologique et hydrogéologique.

Chapitre 3 : Notions sur les eaux usées

Chapitre 3 : Notions sur les eaux usées

1 Introduction :

Malgré que l'eau couvre environ 72 % de la surface du Globe, l'eau potable n'atteint 1%. En effet, les activités humaines sont liées à un usage d'eau qu'elles soient agricoles, industrielles, énergétiques ou domestiques. Les développements économiques et démographiques entraînent de fait une croissance continue des besoins en eau. Il est fondamental, de pouvoir mettre en place des stratégies de gestion optimisées des ressources en eau telles que l'utilisation de ressources non conventionnelles.

Dans ce présent chapitre, on donne un aperçu général sur les eaux usées, leurs origines, leurs paramètres et caractéristiques ressortir les techniques utilisées et leurs impacts sur l'environnement.

2 Eaux usées et leurs origines :

Les eaux usées, appelées aussi 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. Elles 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 lorsqu'elles contiennent diverses substances plus polluantes ou plus difficiles à éliminer tels que les 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 que les eaux de ruissellement des places de stationnement 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.

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

Chapitre 3 : Notions sur les eaux usées

les égouts. On distingue généralement deux « types » d'eaux usées domestiques qui arrivent toutes les 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.

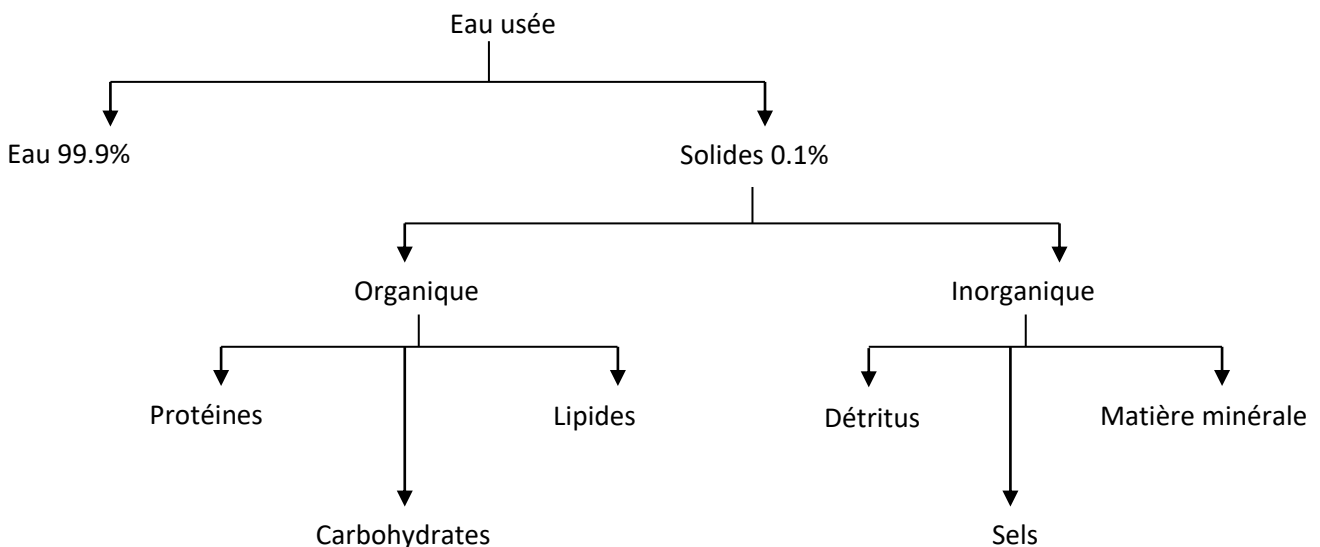


Figure 19 : Schéma de la Composition d'une eau usée domestique [SALGHI, 2004].

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

Chapitre 3 : Notions sur les eaux usées

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

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].

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].

3 Paramètres caractéristiques de 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 :

- Les paramètres physiques ;
- Les paramètres chimiques ;
- Les paramètres biologiques.

3.1 Les paramètres physiques :

3.1.1 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 :

Chapitre 3 : Notions sur les eaux usées

- 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].

3.1.2 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.

3.1.3 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].

3.1.4 La turbidité :

Elle indique la présence plus ou moins importante des matières en suspension (MES) d'origine organique ou minérale.

3.1.5 Les matières sédimentables :

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

3.1.6 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 ».

Le PH 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 situant entre 6,5 et 8,5 [ACHOURI, 2003].

3.1.7 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 à 80% des matières en suspension (MES) [TARDAT-HENRY, 1995].

3.2 Les paramètres chimiques :

3.2.1 Demande en oxygène :

3.2.1.1 Demande chimique en oxygène (DCO) :

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].

3.2.1.2 Demande biologique en oxygène (DBO) :

On entend par la demande biochimique en oxygène « DBO5 », la quantité d'oxygène « O₂ » consommée dans les conditions de l'essai d'incubation durant cinq (05) jours à une température de 20°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 « O₂ » 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].

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⁻ ».

3.2.2.1 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 N₂ comporte une triple liaison N≡N, très stable.

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, ...).

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].

3.2.2.2 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 de nombreuses unités industrielles et industries pharmaceutiques.

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

3.2.3 Les produits toxiques ou dangereux :

3.2.3.1 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 du 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].

3.3 Les paramètres biologiques :

3.3.1 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].

3.3.2 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 est produite par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation.

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.

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].

4 Traitement des eaux usées dans les stations 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].

4.1 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 (prévoir un clapet 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].

4.2 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 (Figure5)[CATHERINE,2004].

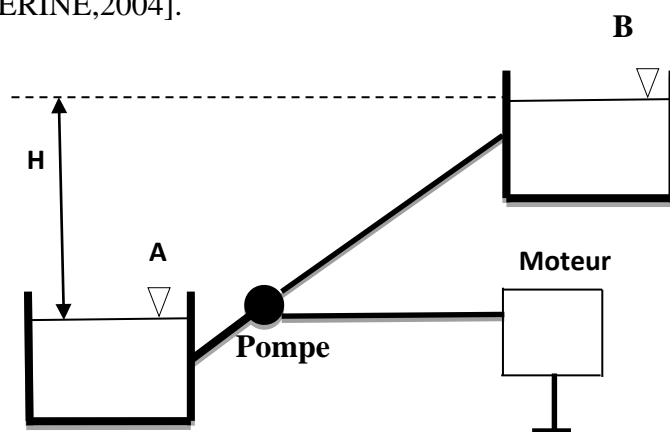


Figure 20 : Schéma représente la station de relevage [CATHERINE, 2004].

A : Poste de relevage ; **B** : Rejet ; **H** : Hauteur.

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.

5.1 Technique intensive classique :

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 à 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 (suppresseur + diffuseurs immergés) [CATHERINE, 2004].

Procédés de traitement des eaux usées dans une station d'épurations de l'entrée de l'usine jusqu'au rejet dans le milieu naturel, ainsi que les différentes étapes du traitement et les principales tâches effectuées sont présentés ci-dessus.

5.1.1.1 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 étapes principales peuvent être distinguées :

A. 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 sont des grilles qui 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].

B. 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 du bassin conçus à cet effet. Ils sont récupérés de différentes façons : raclage vers une fosse de collecte, pompe suceuse...etc [INRS, 2004].

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].

5.1.1.2 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].

5.1.1.3 Traitement secondaire ou 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 : microorganismes 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 CH_4 et en biomasse. Ce processus est réalisé par les bactéries anaérobies.

Vu que les eaux usées domestiques 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 :

- Le bassin d'aération : Le bassin contient des micro-organismes qui, grâce à l'injection d' O_2 , 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 des bioréacteurs à membrane MBR, et d'autre part, les procédés biologiques à cultures fixées tels que les bio-filtres [VANDERMEERSCH, 2006].

5.1.1.4 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.

A. 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.

B. 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.

C. 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].

D. 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].

5.1.1.5 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].

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.

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].

5.2 Technique extensive :

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].

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 macrophytes 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].

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 diverse selon les pays [BROUILLET et al, 2008].

5.2.3.1 Lagunage à macrophytes :

Le lagunage à macrophytes est effectué dans des bassins étanches en séries dans lesquelles on cultive la laitue d'eau. 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-digesteur. 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 à 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/l en oxygène dissous [KONE, 2002].

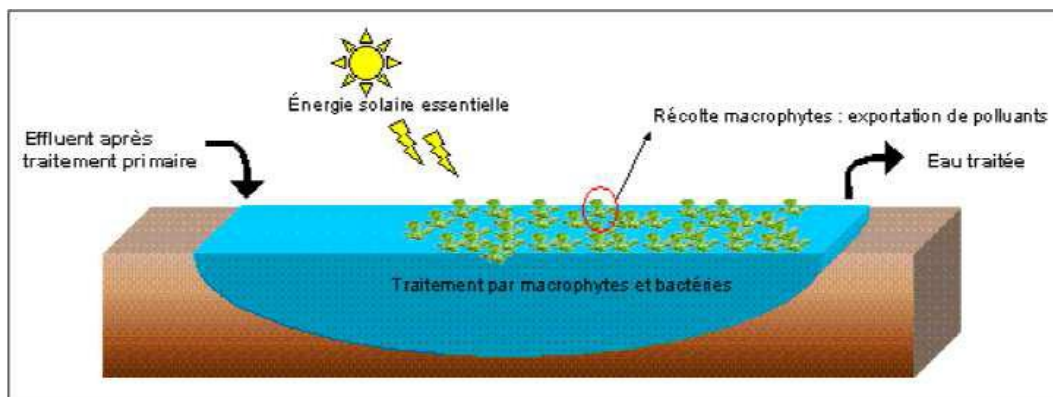


Figure 21 : Le Principe de fonctionnement du lagunage à macrophytes[BROUILLET et al, 2008].

5.2.3.2 Lagunage naturel :

Le lagunage naturel 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].

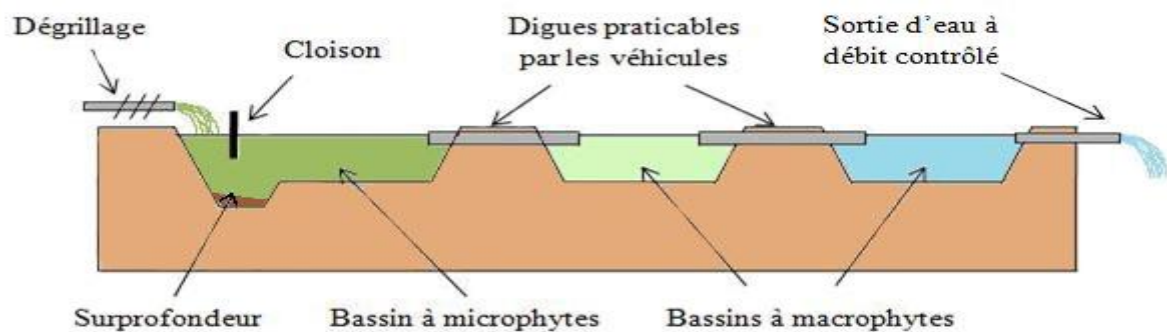


Figure 22 : Schéma explicatif du principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constitué des trois bassins [Cemagref, 2004].

5.2.3.3 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 microorganismes 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 microorganismes 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 :

Chapitre 3 : Notions sur les eaux usées

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

6 Conclusion :

Une eau usée contient de nombreux éléments polluants, provenant de l'homme, des activités commerciales, industrielles et agricoles... Dont les paramètres physico-chimiques et bactériologiques qui se trouvent dans cette eau permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante, Pour cela, elle est acheminée vers une station d'épuration où elle subit plusieurs phases de traitement. Avant qu'elle ne soit rejetée dans le milieu naturel, elle doit impérativement obéir à des normes établies afin de protéger le milieu contre la pollution.

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès.

Chapitre 4: Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

1 Introduction :

Les eaux usées qu'elles que soit urbaines, industrielles ou agricoles sont canalisées vers une station d'épuration (STEP) où cette eau passe par des traitements avant d'être rejetée dans la nature.

L'eau qui sort de la STEP n'est pas potable si le procédé de dépollution ne dépasse pas l'étape de traitement secondaire, mais demeure sans danger pour l'environnement et constitue un volume d'eau mobilisable supplémentaire.

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. Dans ce qui suit, on présentera les STEP à boues activées de la wilaya de Boumerdès visitées dans le cadre du présent mémoire.

Il s'agit des stations de Boumerdès, Thénia et Zemmouri. A corso une nouvelle station est en cours de réalisation.

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

2 La station d'épuration des eaux usées de la commune de Boumerdès :

La station d'épuration de Boumerdès a été construite durant la période 1997-2001 par les entreprises HYDROTRAITEMENT (génie civil) et DEGREMONT (Equipment) ; 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 Equivalents Habitant et elle traite des eaux usées d'origines urbaines. Elle est située à proximité de l'Oued Tatareg qui recueille les eaux épurées. La station est gérée par l'ONA (Office national d'assainissement) qui est un organisme de traitement des eaux usées des 3 municipalités (Boumerdès, Corso et Tidjelabine) raccordées à la STEP par un réseau d'assainissement de type unitaire. Elle s'étend sur une superficie de 34 966,15 m (Figure 23).

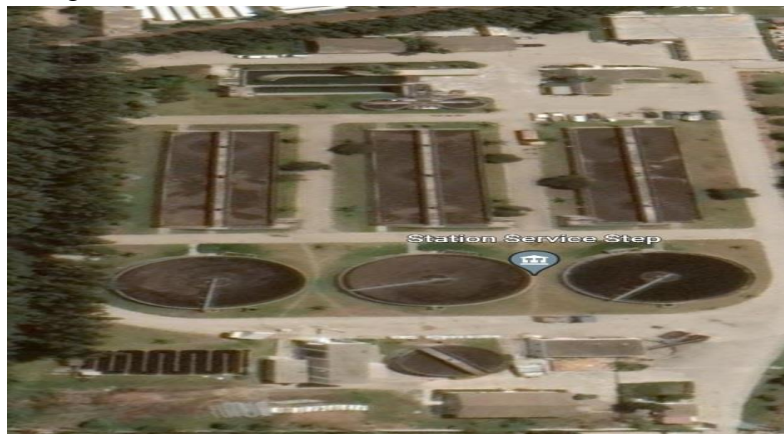


Figure 23 : Image satellite de la STEP de Boumerdès (Google Map)

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

La station de Boumerdès reçoit les eaux usées à partir des stations de relevage par deux méthodes (gravitairement et par pompage) comme suit (figure 24) :

- Conduite gravitaire : de la commune de Tidjelabine vers la station de relevage : l = 4360 ml en DN 600.
- Conduite gravitaire : de la commune de Tidjelabine vers la STEP : l = 2354 ml en DN500
- Conduite de refoulement: de la station de relevage 1 vers le regard de dissipation : l = 180 ml en DN300
- Conduite gravitaire : du regard de dissipation vers la station de relevage 3 : l = 744ml en DN600.
- Conduite de refoulement : de la station de relevage 2 vers le regard de dissipation : l = 963ml en DN400.
- Conduite gravitaire : du regard de dissipation vers la station de relevage 3 : l = 350ml en DN600.
- Conduite de refoulement : de la station de relevage 3 vers la STEP : l = 2180ml en DN600.

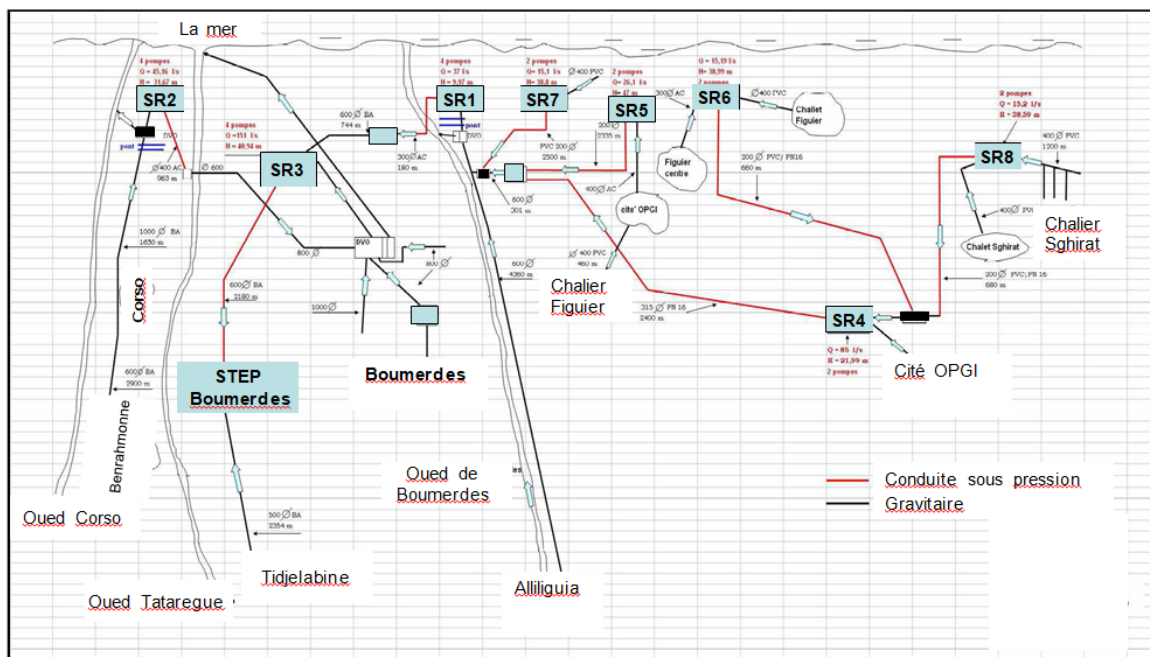


Figure 24 : Le système de conduit d'assainissement vers la STEP de Boumerdès.

2.1 Caractéristiques de la STEP :

2.1.1 Définition de la pollution à traiter :

La station d'épuration de Boumerdès traite les eaux usées qui proviennent essentiellement des activités domestiques. Les données techniques de base ayant servi au dimensionnement des ouvrages sont :

- Volume journalier 15 000 m³/j.
- DCO journalière 5062.5 kg/j.
- Débit moyen 24h 625 m³/h.
- DBO₅ journalière 4050 kg/j.
- Débit de pointe temps sec ... 1063 m³/h.
- MES journalières 5250 kg/j.
- Débit de pointe temps de pluie ... 1944 m³/h.
- Coefficient de rejet 80%

2.1.2 Caractéristiques techniques de la STEP :

La station de traitement des eaux usées de Boumerdès comporte 2 filières de traitements (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 traitées après avoir été mélangées à une solution de polymères sont déversées sur un tapis roulant perméable qui assure la pression de ces boues au fur et à mesure de leur passage sur le tapis, ainsi obtenant à la fin une boue beaucoup plus sèche.

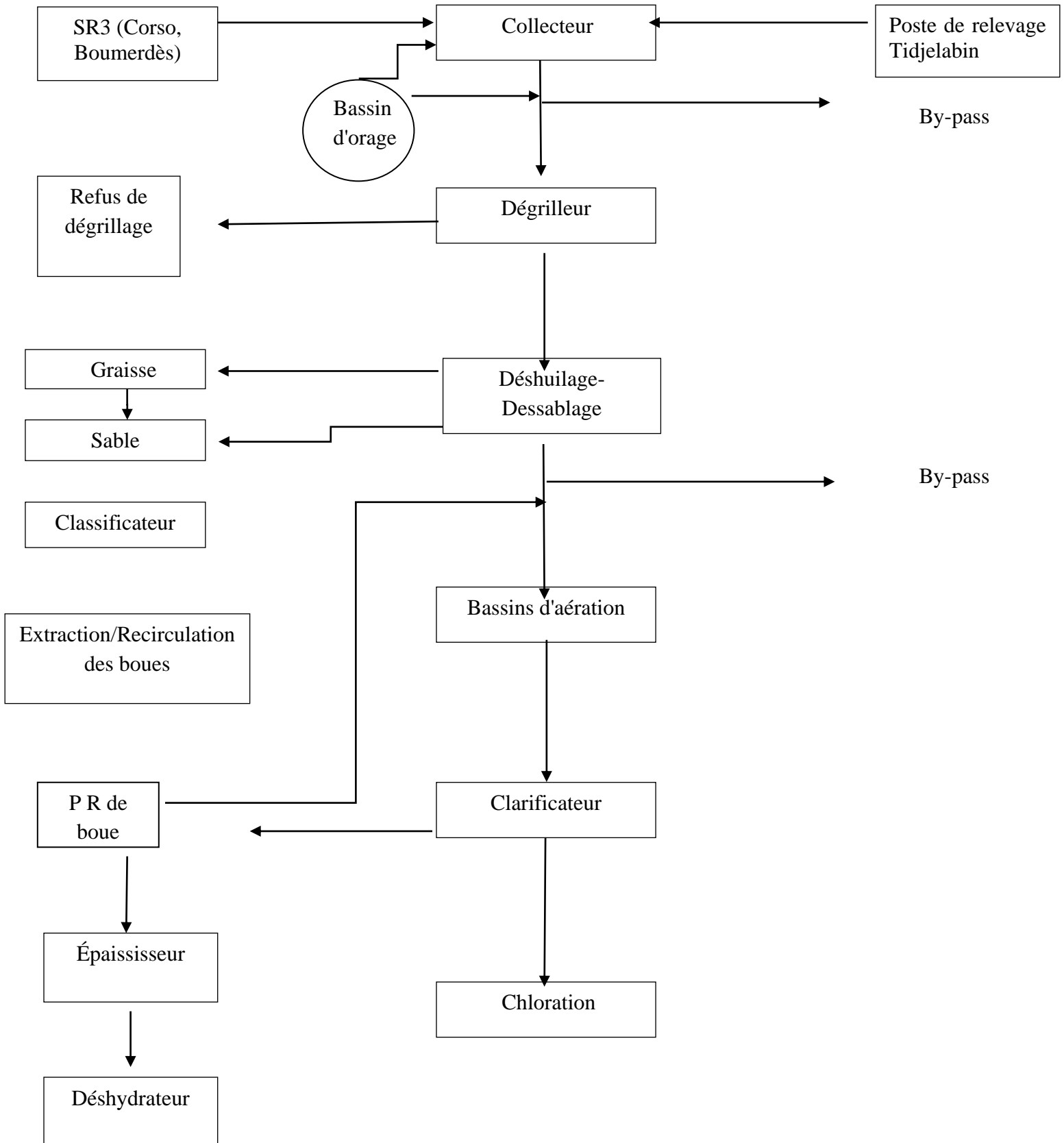


Figure 25 :Schéma du circuit de traitement des eaux usées dans la station de Boumerdès.

2.2 Description de la procédure du traitement de la STEP de Boumerdès :

Le traitement des eaux comporte deux types de filières (Eau et Boue) et se fait selon la procédure suivante :

- Arrivée des eaux au bassin d'orage.
- Dégrillage.
- Dessablage-dégraissage.
- Traitement biologique.
- Clarification.
- Décantation.
- Désinfection de l'eau traitée

2.2.1 L'arrivée des eaux et le bassin d'orage :

Une partie des affluents sont envoyés par pompage directement dans le canal d'alimentation du prétraitement, et une autre partie par gravité dans la bêche de relèvement, ceci par deux conduites de 600 mm de diamètre. Ce poste de relèvement permet l'alimentation du prétraitement en aval.

Un déversoir d'écrtage alimente le bassin d'orage de tous débits supérieurs au débit accepté par l'installation suivant le nombre de bassin en service.

Un agitateur permet une agitation continue de l'affluent stocké.

Le bassin sera vidé par pompage directement dans l'ouvrage de répartition dans les heures creuses ou le débit d'arrivé est nul.



Figure 26 :Bassin d'orage

2.2.2 Prétraitement :

A. Filière Eau :

Le prétraitement se devise en deux parties :

Dégrillage : L'ensemble du dégrillage comporte un dégrilleur automatique fin du type à champ courbe, avec espacement entre barreaux de 20 mm, le dégrillage grossier a été assuré en amont dans les stations de pompage.



Figure 27 : Dégrilleur automatique.

Les refus sont évacués par convoyeur à visse vers une benne ou tout autre dispositif de stockage.



Figure 28 : Convoyeur à déchets.

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

Dessablage/Dégraissage : Les ouvrages circulaires de dessablage-dégraissage ont pour but :

- L'élimination par décantation de la plus grande partie de sable de dimensions supérieures à 150-200 mm ;
- L'élimination d'une grande partie de matières flottantes (les graisses par exemple) dans la partie supérieure des ouvrages.
- La rétention des particules sableuses contenues dans l'eau résiduaire urbaine.

Car les ouvrages permettent :

- D'éviter l'abrasion des engins mécaniques.
- D'éviter les surcharges dans les étapes suivantes du traitement, notamment en cas de pluie, où la quantité journalière de sable arrivant sur la station peut être multipliée par 3 à 7 fois.
- D'éviter l'accumulation de sables dans les étapes ultérieures du traitement.
- La quantité de sable piégé soit de l'ordre de 15 à 40 mg/l

L'élimination des graisses permet :

- ✓ D'améliorer la quantité visuelle de la surface des ouvrages ultérieurs.
- ✓ De limiter la quantité de flottants et graisses susceptibles de se coller, de s'agglutiner ou de flotter dans les ouvrages situés en aval et qui peuvent créer des problèmes de colmatage et de fermentation.
- ✓ La quantité de graisses piégées soit de l'ordre de 5 à 15 mg/l



Figure 29 : Déshuileur – Dessableur.

2.2.3 Traitement biologique :

Le traitement biologique se fait à base de boue activée :

a. Le bassin d'aération : Les eaux prétraitées sont dirigées vers 3 bassins d'aération munis de turbines type " Actiretore" (machine destinée à épurer l'eau en y faisant pénétrer de l'air à travers sa couche superficielle) permettant l'aération prolongée et la culture bactérienne à l'origine du traitement. Les bassins reçoivent d'autre part la "liqueur mixte" constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux

- Nombre de bassins : 3
- Volume unitaire : 5000 m³
- Profondeur : 4,5 m
- Nombre d'aérateurs : 9



Figure 30 : Bassin d'aération.

B. la clarification finale : L'eau sortante des ouvrages d'aération est dirigée vers 3 clarificateurs de diamètre de 24 m. La base de dimensionnement étant de 0,8 m/h par pointe de temps sec, la surface requise est de 1330 m². Les boues décantées au fond de chaque ouvrage sont dirigées à l'aide d'un racleur vers un puits central de collecte. Elles sont reprises par une tuyauterie qui les acheminent vers la bêche de recirculation avoisinante aux bassins d'aération. Une partie des boues est recerclée en tête d'aération sous le nom de liqueur mixte et une partie est extraite pour être envoyée vers l'épaississeur. Les eaux décantées sont recueillies par sur verse dans une rigole périphérique pour être dirigées vers la désinfection et le canal de comptage.



Figure 31 : Bassin Clarificateur.

C. Le bassin de chloration (Bassin chicane) : L'eau clarifiée transite vers un ouvrage en béton comportant un certain nombre de chicanes (passage en zigzag). Un premier canal permet de mesurer le débit d'eau traité. Une série de canaux en chicane permet d'assurer un contact prolongé entre l'eau à désinfecter et l'eau chlorée.

Caractéristique générale de l'ouvrage :

- Largeur des canaux : 1 m
- Volume total : 385 m³
- Temps de séjour au débit de pointe en temps sec : 20 min

La dose de chlore prévue est de 9,5 g/m³ et est assurée par un ensemble de chloration à partir de chlore gazeux.

Remarque :

Actuellement, l'étape de chloration n'est plus réalisée dans la STEP et les eaux usées épurées sont directement rejetées dans la nature car le chlore est nocif pour la faune et la flore.

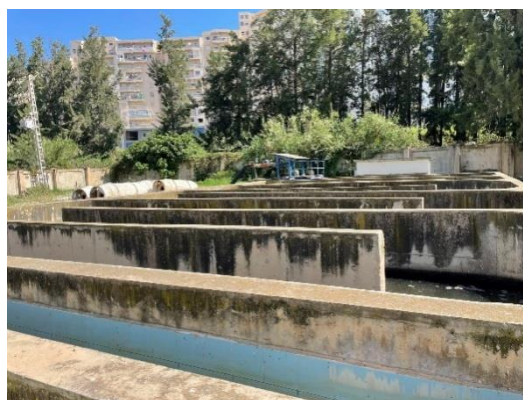


Figure 32: Bassin de chloration.

B. Filière Boue :

Une fois que le mélange « eau épurée + boue » sortant des ouvrages d'Aération arrive au bassin clarificateur, la séparation de ces deux phases est assurée par la décantation. La boue se trouve à la base du bassin et l'eau se trouve à la surface. Cette eau sera dirigée vers le bassin de Chloration et la boue sera traitée différemment dans le bassin clarificateur.

Le bassin comporte trois pompes à boue (deux pompes de recirculations et une pompe d'extraction). La boue va être recirculée vers le bassin d'Aération pour garder la concentration de la boue qui se trouve dans ce bassin. Et si elle est en excès, elle sera récupérée et acheminée vers le bassin épaisseur.

Bassin Epaisseur : La boue en excès est dirigée vers un ouvrage en biton de forme cylindrique à l'extérieur et conique à l'intérieur. Ça profondeur est de 4m.

Dans le bassin la boue se décante et devient plus épaisse et plus dense en diminuant de 80% la quantité d'eau contenue initialement dans cette boue. Il se forme une boue épaisse qui sera dirigée vers la station de préparation des polymères.



Figure 33 : Bassin Epaisseur.

La station de préparation des polymères : C'est un système automatisé conçu pour la préparation de polymères en poudre, préparation d'un flocculant de concentration homogène, c'est-à-dire un mélange de la poudre du polymère et de l'eau pour former un liquide. Quand ce liquide se combine avec la boue épaisse, le résultat sera la boue sous forme de floccs. Ces derniers seront éliminés à la super-presse.



Figure 34 : Station de préparation des Polymère.

Super-presse : C'est une machine qui comporte deux tapis roulant troués superposé l'un sur l'autre. La boue épaissie passera entre ces deux tapis où elle sera aplatie pour former une boue pâteuse ou bien une boue déshydratée et les floccs seront évacués par les trous des tapis.

La boue pâteuse (boue déshydratée) va être évacuée à l'extérieur vers un camion qui la rejette dans une décharge publique pour être traiter avec le reste des ordures ménagères



Figure 35 : La Super-presse.



Figure 36 : L'évacuateur de boue déshydratée.

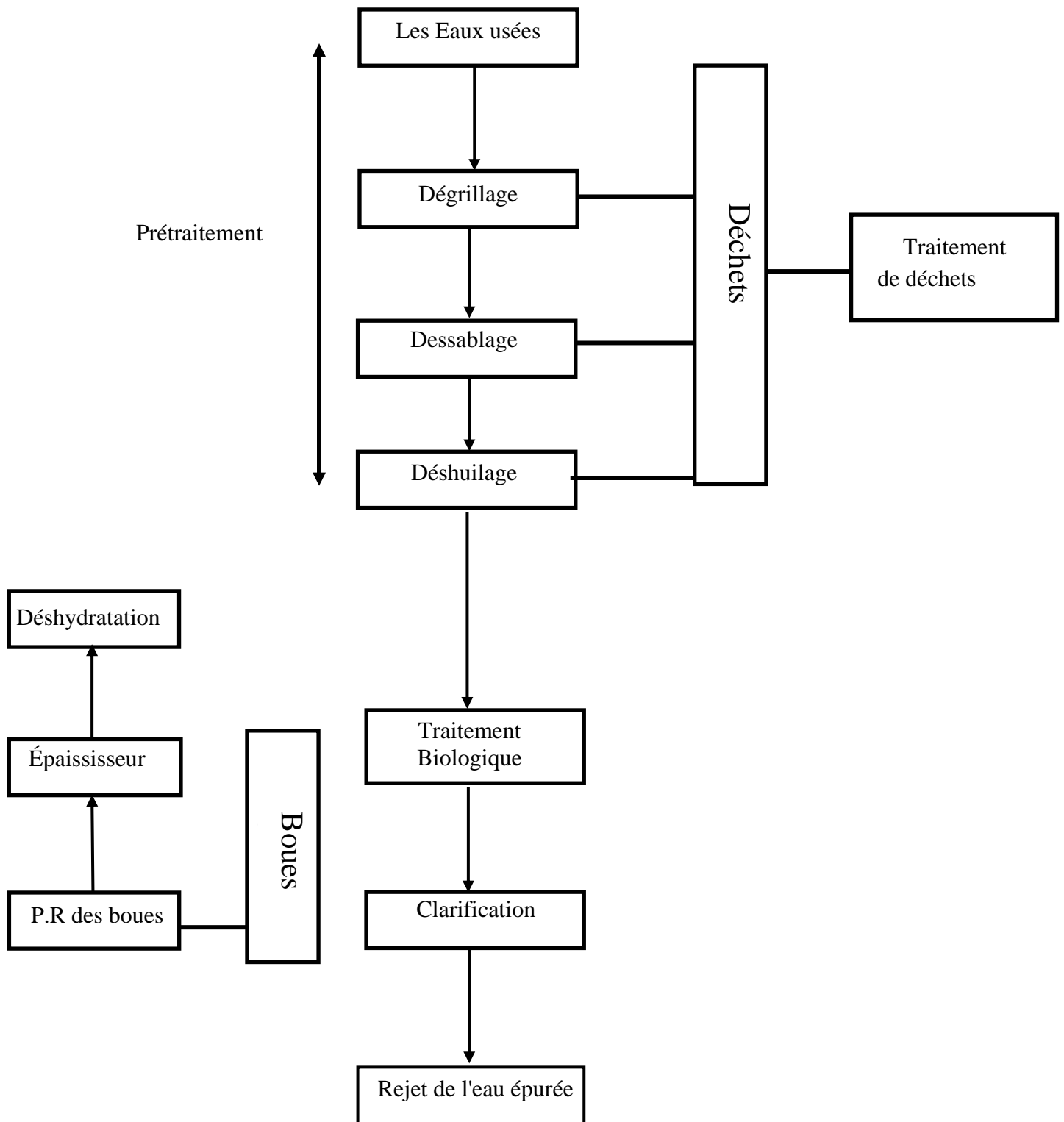


Figure 37 : Schéma de l'épuration des eaux usées.

3 Station d'épuration des eaux usées de la commune de Thenia :

La STEP de la commune de Thenia a été construite pendant la période 1997-2001, elle est mise en service en juin 2002 dirigée par l'ONA (office national d'assainissement), la station traite des eaux usées d'origine urbaines par le procédé des boues activées à faible charge avec plusieurs traitements sont : le prétraitement, le traitement biologique ainsi que la clarification pour la filière eau, l'épaississement et la déshydratation mécanique pour la filière boue.

Aujourd'hui, la station peut traiter jusqu'à 6 000 m³/j avec un débit de 2 000 à 3 000 m³/j, qui est équivalent à 35 000 habitants, le réseau d'assainissement est de type unitaire. (Figure 1)



Figure 38 : Image satellite de la STEP de Thenia (Google Map).

Tableau 8 : Données techniques de base de la STEP de Thenia (ONA).

Paramètre	Valeur	unité
Nombre équivalent/habitant	35 000	(Eq/hab)
Volume journalier	6 000	(m ³ /j)
Débit journalier	2 000 - 3 000	(m ³ /j)
Débit moyen horaire	250	(m ³ /h)
Débit de pointe de temps sec	551	(m ³ /h)
Débit de pointe de temps de pluie	976	(m ³ /h)

Le tableau ci-dessus présente les données techniques de base ayant servi au dimensionnement de la station d'épuration de Thenia.

3.1 Caractéristique technique :

Le traitement des eaux usées dans cette Station est constitué de 2 filières : eau et boue. La filière eau comporte un poste de relevage, des ouvrages de prétraitement, un bassin

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

d'aération, et un clarificateur. Par ailleurs, les boues sont déshydratées à l'aide d'un filtre à bandes puis sont transportés à la décharge publique.

Le tableau ci-dessous représente les différentes caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Thenia.

Tableau 9: Caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Thenia (Source: ONA).

Etapes de traitement	Caractéristique techniques
Prétraitement	Deux dégrilleurs (le premier est automatique et le second est à nettoyage manuel). L'espacement entre les barreaux est de 2 cm
	Deux Dessableurs déshuileurs cylindriques
Traitement biologique	Deux bassins d'aérations avec 3 Actirotores de volume utile égale à 3500 m ³
	Sonde à oxygène
	Deux clarificateurs de 5 m de profondeur
	Bassin de chloration (ouvrage de désinfection)
Traitement des boues	Un Epaisseur qui a une forme externe cylindrique mais sa forme interne est conique, équipé par deux pompes de recirculation et une pompe d'extraction
	Déshydratation mécanique des boues : type Super press
Epaississement	Poste de préparation de polymère
	Bande transporteuse à la sortie de la super-press
	Sauterelle de transfert des boues déshydratées



Figure 39: La STEP de Thénia

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

Tableau 10 : Paramètres Physico-chimiques de la Station d'épuration de Thenia [OMS].

Paramètres physico-chimiques	Données d'entrée	Données de sortie	Rendement moyen en %
DCO (mg/l)	750	90	88
MES (mg/l)	467	30	93,5
DBO5 (mg/l)	409	30	92,66
PH	6,5 - 8.5		

La STEP de Thenia traite les eaux usées qui proviennent uniquement des activités domestiques dont les paramètres physico-chimiques sont fixés à l'entrée et à la sortie de la STEP selon les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) comme les représente le tableau suivant.

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 se compose de plusieurs collecteurs:

- ❖ Conduite gravitaire : les eaux usées qui proviennent du petit village de Beni-Arab sur une petite distance.
- ❖ 2 conduites de refoulement: les eaux reçues par gravité au niveau de la station de relevage 1 (SR1) sont refoulées vers la station de relevage 2 (SR2 ou la station principale) et puis vers la STEP.

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

Tableau 11 : Tableau des caractéristiques techniques des stations de relevage de la STEP de Thenia (Source : ONA).

Désignation	Débit unitaire (l/s)	Nombre de pompes
SR 1	75	3
SR 2	75	4



Figure 40 : Tracé schématique du système de conduite d'assainissement de la commune de Thenia (Source : ONA).

4 Station d'épuration des eaux usées de la commune de Zemmouri

La station d'épuration des eaux usées de la commune de Zemmouri a été réalisée par les entreprises HYDROTRAITEMENT (génie civile) et DEGREMONT (Equipement) pendant la période 1997-2001. L'exploité a été affecté à l'office national d'assainissement depuis 2001. Sa capacité est de 5 000 m³ jusqu'à 7 000 m³ en été qui est équivalent à 25 000 habitants. Dans cette station, le traitement est de type Boue Activée à faible charge avec des ouvrages de Prétraitement, Traitement Biologique, Clarification pour la filière eau, Epaissement et Déshydratation mécanique pour la filière Boue. Les eaux usées traitées dans cette station sont acheminées par un réseau d'assainissement de type unitaire.



Figure 41 : Image satellite de la STEP de Zammouri (Google Map).

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

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

Tableau 12 : Tableau de données techniques de base de la STEP de Zemmouri (Source ONA).

Paramètres	Valeur	Unité
Nombre équivalent/habitant	25 000	(Eq/hab)
Volume journalier	5 000	(m ³ /j)
Débit moyen horaire	236	(m ³ /h)
Débit de pointe de temps sec	440	(m ³ /h)
Débit de pointe de temps de pluie	795	(m ³ /h)

4.1 Caractéristique technique :

La STEP de la commune de Zemmouri a deux types de filières de traitement (Eau et Boue), dont la filière eau comporte des ouvrages de Prétraitement, Traitement Biologique (Bassin d'aération) ainsi que la Clarification et la Chloration. Par contre la filière boue comporte des ouvrages d'Épaississement et Déshydratation mécanique qui précèdent le transport vers la décharge publique.

Le tableau ci-dessous représente les différentes caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Zemmouri.

Tableau 13 : Tableau des caractéristiques techniques des ouvrages de la station d'épuration de Zemmouri (Source ONA).

Etapes de traitement	Caractéristique techniques
Prétraitement	Visse d'Archimède (équivalent de 3 pompe de refoulement)
	Un dégrilleurs, espacement entre barreaux 2 cm
	Un Dessableur / Désuileurs cylindriques à nettoyage manuel
Traitement biologique	Deux bassins d'aérations avec 3 Actirotores : volume utile 2500 m³
	Sonde à oxygène
	Deux clarificateurs de 5 m de profondeur
	Bassin de chloration (ouvrage de désinfection)
Traitement des boues	Un Épaississeur qui a une forme externe Cylindrique mais sa forme interne est Conique équipé par deux pompes de recirculation et une pompe de l'extraction
	Déshydratation mécanique des boues : type Superpress
Épaississement	Poste de préparation de polymère
	Bande transporteuse sortie Superpress
	Sauterelle de transfert des boues déshydratées

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

Tableau 14 : Tableau représentant les paramètres physico-chimique selon les normes de l'OMS (Source ONA).

Paramètres physico-chimiques	Données d'entrée	Données de sortie	Rendement moyen en %
DCO (mg/l)	750	90	88
MES (mg/l)	340	30	91,18
DBO5 (mg/l)	315	30	90,48
PH	6,5 - 8.5		

La STEP de la commune de Zemmouri traite uniquement les eaux usées urbaine qui proviennent des activités domestiques dont les paramètres physico-chimiques et les paramètres de pollution sont fixés à la sortie de la STEP selon les normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Comme les représente la Tableau suivant :

Remarque :

- La STEP de Zemmouri et celle de Thenia ont le même principe du fonctionnement avec la STEP de Boumerdès, sauf que la STEP de Zemmouri utilise la visse d'Archimède (équivalent à 3 pompes);
- Les bassins dessableurs des trois STEP ne fonctionnent pas à cause d'un problème du compresseur dont l'aspirateur n'aspire pas le sable dans ce bassin, donc on fait le nettoyage manuel chaque semaine en vidant le bassin puis le nettoyer complètement;
- Auparavant, on injecte du chlore dans les bassins de chloration des trois STEP, contrairement à aujourd'hui on fait sortir les eaux usées épurées directement car le chlore est nocif pour la faune et la flore.



Figure 42 : Photos de la visse d'Archimède.

5 Méthode et moyenne d'analyse

5.1 Filière eau

5.1.1 Prélèvement des échantillons d'eaux :

Les jours des analyses physiques et chimiques, on prélève chaque heure un volume constant pendant la période d'échantillonnage de 8h00 à 16h00. les prélèvements se font en deux lieu.

- **A l'entrée de la station (avant le prétraitement) :** pour les eaux brutes.
- **A l'entrée d'eau au bassin de chloration :** pour les eaux épurées.

L'agent désigné à faire le prélèvement doit :

- Rincer les flacons d'échantillonnage par l'eau à prélever.
- Remplir les flacons en assurant l'écoulement d'eau pour bien quantifier la charge polluante.
- Afin de garantir la conservation de l'échantillon, le transport s'effectue dans une glacière.
- Au laboratoire, l'échantillon doit être conservé au réfrigérateur



Figure 43 : Photo d'échantillon eau brute.



Figure 44 : Photo d'échantillon eau épurée.

5.1.2 Présentation de laboratoire

Le laboratoire de la STEP de Thenia est réalisé pour contrôler le fonctionnement de la STEP et le rendement d'épuration et le traitement des eaux par le contrôle des paramètres physico-chimique des eaux brutes et épurées.



Figure 45: Laboratoire à la STEP de Thenia

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

Tableau 15 : Les fréquences d'analyses des paramètres physico-chimique (Source ONA).

Les paramètres d'analyses	Fréquence d'analyse (fois par mois)
pH	Les jours de travail (chaque heure)
T (°C)	Les jours de travail (chaque heure)
Cond (μ/s)	04
MES	04
MVS	-
DCO	04
DBO ₅	04
NH ₄ ⁺	02
NO ₂	02
NO ₃	02

5.1.3 Analyses des paramètres physico-chimiques

Dans l'analyse des paramètres physicochimiques des eaux usées, on s'intéresse essentiellement aux mesures suivantes :

- La mesure électrométrique du pH
- La mesure de la conductivité électrique (CE)
- La détermination des matières en suspension (MES)
- La détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)
- La détermination de la demande biologique en oxygène (DBO₅)
- Le teste de la décantation V₃₀
- La mesure de l'oxygène dissous
- L'observation microscopique de la boue activée

5.1.3.1 Mesure électro-métrique du pH :

Le but de cette mesure est de déterminer l'acidité, la basicité, ou la neutralité de l'eau en utilisant certains outils :

- pH-mètre et accessoires.
- Pissette d'eau distillée.
- Bécher.
- Eau brute et eau épurée

❖ Mode opératoire :

- ✓ On met dans un bécher une quantité d'eau à analyser (eau brute ou eau épuré).
- ✓ On allume le pH-mètre.
- ✓ On rince la sonde avec l'eau distillé.
- ✓ On introduit la sonde du pH-mètre dans l'échantillon à analyser et appuyer sur le bouton (AR).
- ✓ On lit le pH et la température dès la stabilité de celle-ci et on prend note.

- ✓ On rince bien l'électrode après chaque usage.



Figure 46 : Photo représente le PH mètre.

5.1.3.2 Mesure de la conductivité électrique (CE) :

Cette mesure a pour but de mesurer la conductivité électrique d'une eau.

On utilise le matériel suivant :

- Conductimètre et accessoires.
- Pissette d'eau distillée.
- Bécher.
- Eau brute et eau épurée

❖ Mode opératoire :

- ✓ Dans un bécher, on prend une quantité d'eau à analyser (eau brute ou eau épurée).
- ✓ On plonge l'électrode dans la solution à analyser.
- ✓ On allume le conductimètre suivant la procédure constructrice.
- ✓ On rince la sonde avec l'eau distille. Essuyez les traces d'humidité à l'aide d'un linge non pelucheux.
- ✓ Faire une agitation.
- ✓ Une fois l'icône arrête de clignoter, on prend la valeur indiquée de la conductivité ainsi que la température.
- ✓ On rince bien l'électrode après chaque usage.



Figure 47 : Conductimètre.

5.1.3.3 Détermination des matières en suspension (MES) :

Cette analyse a pour but de déterminer la masse des MES par filtration sous vide et séché à 105 °C à l'aide de :

- L'équipement de filtration et la pompe à vide.
- Le filtre en fibre de verre borosilicaté.
- La Balance.
- L'étuve à 105 °C.
- Le dessiccateur
- ✓ **Mode opératoire :**
- ✓ Sécher les filtres (fibre de verre) dans l'étuve à 105°C jusqu'au poids constant, peser les filtres (P_0).
- ✓ Filtrer par l'intermédiaire d'une pompe à vide un volume V (100 ml) de chaque échantillon.
- ✓ Sécher ensuite à l'étuve à 105 °C pendant 02 heures.
- ✓ Peser les filtres (P_1).

$$MES = (P_1 - P_0) 1000/V$$



Figure 48 : Les outils utilisés pour l'analyse de MES.

5.1.3.4 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) :

Cette analyse a pour but de Mesurer la quantité d'oxygène nécessaire pour l'oxydation chimique totale de la matière organique ou minérale en utilisant:

- Un kit de DCO.
- Une pipette volumétrique de 2 ml.
- Un thermo-réacteur 148 °C.
- Un chronomètre.
- Un spectrophotomètre.

❖ Mode opératoire :

- ✓ Homogénéiser 100 ml de l'échantillon pendant 30 secondes (pour les échantillons contenant de grandes quantités de matières solides 2 min).
- ✓ Activer le thermo-réacteur et le préchauffer à 150°C.
- ✓ Retirer les bouchons des deux tubes de réactif (blanc, échantillon).
- ✓ Maintenir les tubes positionnés à 45°C et pipeter 2 ml de l'eau distillée (blanc) et 2 ml de l'échantillon.
- ✓ Fermer hermétiquement les tubes.
- ✓ Mélanger le contenu des tubes en les tenants par bouchon (réaction thermique).
- ✓ Chauffer les tubes pendant 2 heures à 150 °C dans le thermo-réacteur préchauffé.
- ✓ Laisser les tubes refroidir pendant 20 min.
- ✓ Retirer les tubes du thermo-réacteur, agiter les tubes encore chauds ensuite les placer dans un support afin qu'ils refroidissent jusqu'à atteindre la température ambiante.
- ✓ Introduire le blanc dans le spectrophotomètre ensuite l'échantillon pour faire la lecture.



Figure 49 : Les outils utilisés pour la détermination du DCO avant et après l'analyse.

5.1.3.5 Détermination de la demande biologique en oxygène (DBO₅) :

Cette analyse a pour but de déterminer l'oxydation biologique de l'eau brute et nous permet d'estimer la production de boue dans le bassin d'aération et la qualité de l'eau traitée en utilisant les matériels suivant:

- Une bouteille brune avec OXITOP.
- L'incubateur (T = 20°C).

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

- La plaque jaune (Agitateur).
- Les Barreaux magnétiques.
- Les pastilles d'hydroxyde de potassium.
- La Cupule.

❖ Mode opératoire :

- ✓ On détermine la DCO pour connaître les volumes à analyser pour la DBO₅.
- ✓ DBO₅ estimée = DCO*80%.
- ✓ On compare la valeur dans le tableau pour sélectionner le volume adéquat de l'eau à analyser et on note le facteur correspondant X.
- ✓ Rincer la bouteille et le barreau magnétique avec la solution à analyser.
- ✓ On introduit ce volume dans la bouteille.
- ✓ Insérer la cupule dans le goulot du flacon et mettre 02 à 03 pastilles de KOH dans le godet avec une pince.
- ✓ On ferme hermétiquement la bouteille.
- ✓ On appuyé au même temps sur les deux boutons (M et S) de l'Oxitor jusqu'à apparition des deux zéro.
- ✓ On introduit la bouteille dans un incubateur DBO₅ à 20 °C.
- ✓ Commencer la mesure : presser simultanément les touches M et S pendant 02 secondes.
- ✓ On vérifie les résultats chaque jour pendant une période de 5 jours. En appuyant sur le bouton S et la valeur final sera obtenue dans le 5^{eme} jour (la valeur lue).
- ✓ On multiplie la valeur du 5^{eme} jour par le facteur X pour obtenir la valeur finale de la DBO₅

$$\text{DBO}_5 = \text{lecture au bout de 5 jours} * \text{facteur}$$

Tableau 16: Tableau des facteurs et les plages de DBO₅(Source ONA).

Volume de l'échantillon (ml)	Plage de mesure (mg/l)	Facteur
432	4-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50
22.7	0-4000	100



Figure 50 : Les outils utilisés pour l'analyse de la DBO5.

5.1.3.6 Teste de la décantation V_{30} :

L'objectif de cette Mesure est de déterminer l'aptitude de la boue à la décantation et évaluer la concentration de la boue (activée et de retour)

➤ **Prélèvement des échantillons :**

- ✓ **Boues activées :** Le prélèvement s'effectue dans un point défini, lors d'un brassage important du système pour cela l'aération doit être en fonctionnement pendant 10 à 15 au minimum.
- ✓ **Boues recirculées :** Le prélèvement des boues recirculées doit être effectué à la sortie du couloir où coule la boue recirculée (au niveau du bassin d'aération).

❖ **Mode opératoire :**

- ✓ On prélève un échantillon de boue homogène et représentatif.
- ✓ On pose les 2 éprouvettes sur la paillasse stable, on les remplit avec 1 litre de boues activées et boues de retour bien mélangées puis on chronomètre jusqu'à 30 min.
- ✓ On note le niveau du voile de boue (interface boue-eau) dans chaque éprouvette, cette valeur doit-être comprise entre 100 et 400 ml.
- ✓ On vide ou rince l'éprouvette.
- ✓ On introduit 500 ml de boue et 500 ml d'eau clarifiée qui correspond à une dilution $\frac{1}{2}$ et on suit la procédure, on dilue plusieurs fois jusqu'à obtention de la valeur.

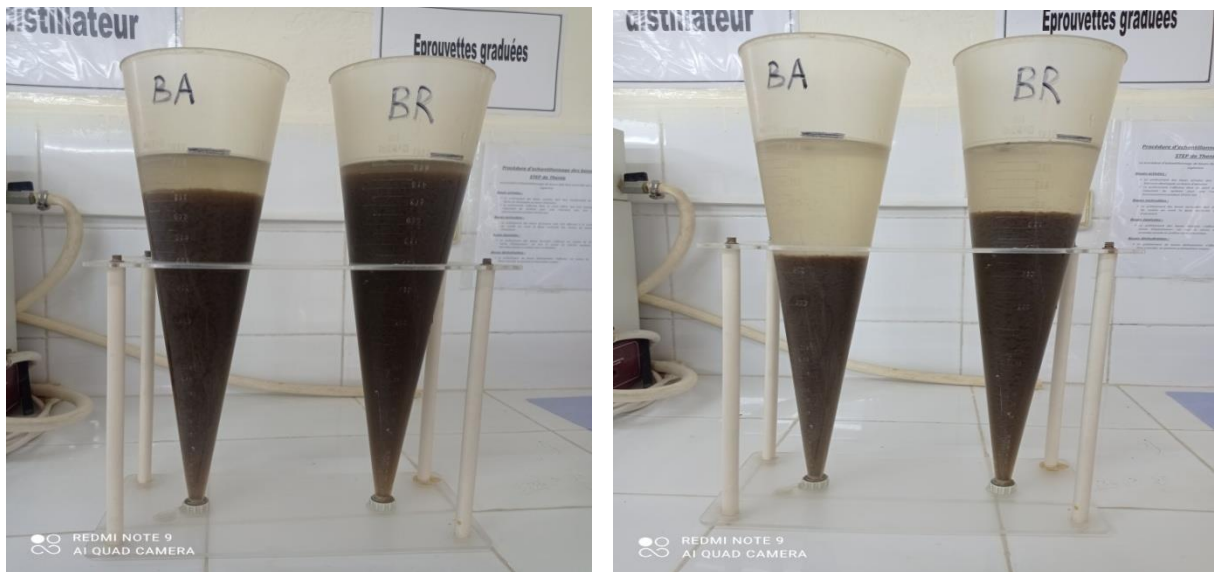


Figure 51 : La décantation après 30 min.

➤ **Calcul de l'indice de boue (IB) :**

L'indice de boue représente le volume occupé par un gramme de boue après 30 min de décantation statique, son objectif est d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation, il subsiste défini par la formule suivante : $IB = \frac{v_{d_{30}} \text{ de BA}}{MES \text{ de BA}}$

Vd₃₀ de BA: volume de boue activée décantée pendant 30 min (ml/l).

➤ **Interprétation des résultats (Dans laboratoire):**

- **IB < 100** : correspondent à des boues qui sédimentent facilement.
- **100 < IB < 200** : décantation difficile (quelques filaments).
- **IB > 200** : mauvaise décantation (boue riche en filament).

5.1.3.7 Mesure de l'oxygène dissous :

Cette Mesure est effectuée pour déterminer les besoins journaliers pour le métabolisme des microorganismes.

❖ **Mode opératoire :**

- ✓ On rince la sonde de l'oxymétrie avec l'eau distillée.
- ✓ On plonge la sonde à l'entrée et à la sortie de bassin d'aération.



Figure 52 : L'oxymètre.

5.1.3.8 Observation Microscopique de la boue activée :

L'observation microscopique permet d'analyser les différents composants de la boue activée. Pour ce faire, on utilise :

- Un microscope.
- Des lames.
- Des lamelles.
- Une pipette.
- Une éprouvette

❖ Mode opératoire :

- ❖ On introduit une goutte de boue sur une lame.
- ❖ On effectue une observation microscopique (x10 et x40).
- ❖ On note le nom des bactéries trouvées en ce bassin sur le livre biologique des bactéries.

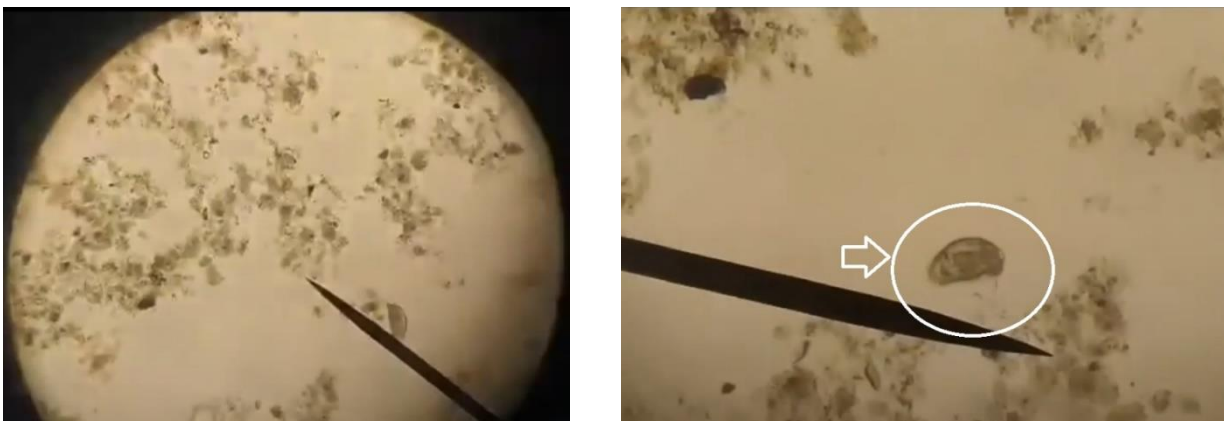


Figure 53 : La bactérie observée par le microscope optique (Gx10 et x40).

5.2 Filière boue :

5.2.1 -Prélèvement des échantillons de boues:

- ✓ **Boues épaissies** : Le prélèvement des boues épaissies s'effectue au niveau de la vanne d'épaississeur. On met la vanne en marche pour quelques secondes, ensuite on prélève un échantillon.
- ✓ **Boues déshydratées** : Le prélèvement de la boue déshydratée s'effectue au niveau du filtre à bandes, en prenant un échantillon moyen.

5.2.2 Mesure de la matière sèche (MS) et la matière volatile (MVS) des boues épaissies et déshydratés :

Le but de cette mesure est la détermination de la quantité de la matière sèche après séchage à 105 °C ou pourcentage de siccité et Mesurer la quantité de la matière volatile sèche MVS (la matière organique des boues) après la calcination à 505°C.

➤ Matériels utilisés :

- Creuser en céramique.
- Balance de précision.
- Etuve à 105 °C.
- Pince à creuset.
- Four à moufle 555 °C + 5 °C.
- Dessiccateur.

❖ Mode opératoire :

- ❖ On pèse le creuset vide et on note **Pv** en g.
- ❖ On introduit une quantité de **BD** et **Beps**.
- ❖ On pèse le creuset + la boue et on note le **Pr** en g.
- ❖ On sèche le creuset à 105 °C pendant 24 heures.
- ❖ On fait sortir le creuset de l'étuve et le mettre dans un dessiccateur.
- ❖ Enfin on pèse le creuset et on note **Ps** en g.
- ❖ On introduit le creuset dans un four à moufle à 550 °C ou 505 °C pendant 2 heures.
- ❖ On fait sortir le creuset à l'aide d'une pince.
- ❖ On introduit le creuset dans un dessiccateur.
- ❖ On pèse le creuset et note **Pc** en g.

➤ Expression des résultats :

❖ La matière sèche (MS) :

$$MS\% = \frac{Ps - Pv}{Pr - Pv} * 100$$

❖ La matière volatile (MVS) :

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

$$\text{MVS}\% = \frac{P_s - P_c}{P_s - P_v} * 100$$

P_V : Poids vide.

P_R : Poids rempli.

P_S : Poids sec.

P_C : Poids calcinée



Figure 54 : Outils utilisés pour les analyses de MS et MVS

6 La réutilisation des eaux usées épurées et la boue:

6.1 La réutilisation des eaux usées épurées et la boue:

Dans le cas de la wilaya de Boumerdès deux Agriculteurs (El Flici et Rahmoune) sont agréés à exploiter 25 % des eaux usées épurées sortantes de la STEP de la commune de Boumerdès en alternance (24h chacun) dont 18 heures par jour.

Ces agriculteurs ont débuté cette exploitation en 2003 dans le but d'irriguer leurs champs agricoles..

M. El Flici est le propriétaire qui nous a reçu dans son exploitation agricole située à corso et qui s'étale sur un périmètre irrigué de 30 hectares (25 hectares de viticulture, 5 hectares d'oranger) et dispose d'une activité d'élevage bovin en cours de créer un périmètre d'irrigation de 240 hectares (D'après M.Flici). L'exploitation agricole se trouve à 7 km au Nord-ouest de la STEP de Boumerdès. L'eau usée épurée est acheminée de la STEP dans une conduite en PVC par refoulement en utilisant 2 pompes de 40 chevaux fournissant un débit de 50 l/s pour alimenter vers un bassin de 8000 m³de volume. Cette eau doit reposer pendant 48 h jusqu'à une semaine dans le bassin et puis utiliser pour l'irrigation ou mélanger avec des eaux du forage pour abreuver le bétail (figure ...).

L'irrigation se fait par système de goutte à goutte afin d'assurer une utilisation rationnelle de la ressource (figure 55).



Figure 55 : Irrigation par méthode de goutte à goutte



Figure 56 : Un champ d'oranger irrigué avec des eaux usées traitées

6.2 La réutilisation de boues

Au niveau de la station de Thenia, une expérience a été réalisée par le personnel technique. L'objectif était d'effectuer une comparaison entre des plants cultivés dans un sol amendé avec la boue résiduaire et irrigués avec l'eau usée épurée et des plants cultivés dans un sol sans amendement et irrigués avec de l'eau potable. La boue utilisée dans cette expérimentation a été produite en 2020 dans la station de Thenia. Après 2 années de séchage à l'air libre, la boue a acquis une couleur très sombre et une odeur désagréable.

Dans la première étape, un mélange de boue et de la terre a été préparé pour l'épandage du sol avec les proportions suivantes :

30 % de boue et 70 % de terre. Pour passer à la deuxième étape, on a choisi deux petites surfaces cultivables et a épandu le mélange préparé sur le terrain B (Figure 57 et 58)



Figure 57: Terrain choisi.



Figure 58: La boue utilisée.



Figure 59: Terrain épandu par la boue (B).

Le 29 juin 2022, quelques plants (d'aubergine, de poivron et d'haricot) ont été cultivés dans les deux terrains. Dans le sol épandu avec le mélange, l'irrigation a été assurée avec de l'eau épurée à la station de Thenia

Les résultats obtenus étaient très satisfaisants. On a remarqué que dans le terrain B amendé avec le mélange de la boue et irrigué avec les eaux usées épurées a donné des récoltes plus grosses et plus mûres que le terrain témoin A non amendé et irrigué avec de l'eau potable (Figure 58).



Figure 60: Terre de la boue

7 Conclusion :

Les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdès sont conçues pour produire une eau de qualité conforme aux normes de rejet fixées par l'OMS et les normes locales en adoptant le procédé de traitement à boues activées 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.

Les trois stations d'épuration reçoivent à leurs entrées une charge importante de la pollution organique issue des eaux usées d'origine domestique. Les nombreuses analyses de la filière eau et boue indiquent que ces eaux sont biodégradables et admissibles par le milieu naturel.

Chapitre 4 : Présentation des STEP de la wilaya de Boumerdès

Ce procédé de traitement à boues activées dans les trois stations d'épuration de la wilaya de Boumerdès est écologique car aucun produit chimique nocif n'est utilisé pour traiter les eaux usées. L'évacuation de ces usées issues du traitement se fait alors sans risque sur le milieu naturel récepteur.

Dans le cadre d'une gestion intégrée et pour augmenter les capacités hydriques de la wilaya, une partie des eaux usées épurées est destinée à la réutilisation dans les activités agricoles en respectant la réglementation en vigueur. Le volume restant assure l'écoulement des cours d'eau et préserve l'écosystème local.

Chapitre 5 : Dessalement de l'eau de mer

Chapitre 5 : Dessalement de l'eau de mer

1 Introduction :

Ces dernières années, le monde a connu un stress hydrique, ce qui a conduit à la nécessité de trouver des solutions à ce problème.

Le dessalement de l'eau de mer est parmi les solutions sur lesquelles plusieurs pays se sont appuyés pour réduire l'impact de la rareté de l'eau propre.

Dans ce chapitre, on évoque des notions générales sur le dessalement de l'eau de mer et son impact sur l'environnement. Par ailleurs, une présentation de la station de Cap Djinet (SDEM) est effectuée pour mettre en évidence le processus de traitement de l'eau salée.

2 Généralité sur le dessalement :

2.1 Situation du dessalement dans le monde :

Le dessalement de l'eau est en très forte croissance dans le monde. L'approvisionnement en eau potable sur le plan quantitatif et qualitatif s'impose de plus en plus, parallèlement aux risques de pollutions (vecteurs de maladies, toxines ou matières en suspension ou agents pathogènes) qui perdurent à chaque étape du parcours de l'eau.

La disponibilité géographique en eau douce est inégalement répartie dans le monde. Face à cette réalité, le dessalement de l'eau de mer est venu s'imposer pour pallier à ce déséquilibre. La capacité installée de dessalement augmente chaque année en moyenne de plus de 10%.

Aujourd'hui, plus de 15 000 unités de dessalement dans 120 pays produisent environ 40 millions de m^3/j , dont les trois quarts issus de l'eau de mer et un quart des eaux saumâtres. Sur ces 40 millions, 75 % sont destinés à la consommation humaine, et 25 % à un usage industriel ou agricole. Rappelons que la capacité mondiale de production en eau potable est de l'ordre de 500 millions de m^3/j .

La Chine a annoncé 1 million de m^3/j d'eau de mer traitée en 2010 et jusqu'à 3 millions de m^3/j en 2020. 60 % des besoins en eau douce des pays du Golfe Persique sont satisfaits par le dessalement d'eau de mer.

En Méditerranée, la production artificielle d'eau douce par dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre souterraine a débuté d'abord dans des situations d'isolement insulaire (Malte, Baléares, Dalmatie, Chypre, Cyclades...), littorales (Libye) et désertiques (Algérie), et essaime aujourd'hui très rapidement tout autour de la Méditerranée. L'Algérie et l'Espagne ont clairement opté pour cette option pour résoudre leur problème de pénurie. A ce jour, la Méditerranée représente environ un quart du dessalement mondial. Vers 2030, la région pourrait approcher le chiffre du dessalement mondial actuel (soit environ de 30 à 40 millions de m^3/j).

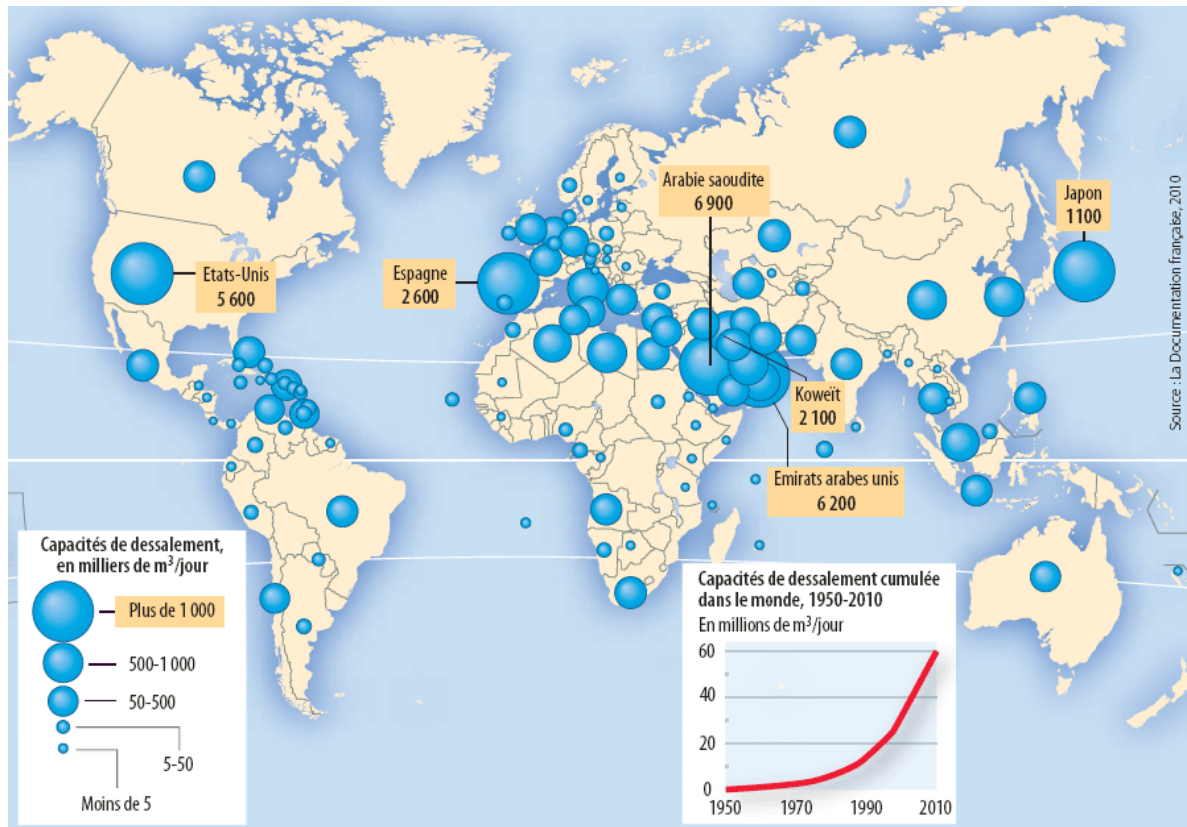


Figure 61 : Capacités de dessalement dans le monde(Blanchon D., 2010).

2.2 Situation du dessalement en Algérie :

L'Algérie souffre de sécheresse depuis plus d'une décennie, et l'approvisionnement en eau conventionnelle a été insuffisant pour répondre à la demande en eau de la population, incitant les autorités algériennes à rechercher d'autres sources d'eau potable. Le dessalement de l'eau de mer était l'alternative la plus acceptable, car elle n'est pas affectée par les risques climatiques. Le dessalement de l'eau de mer est un projet stratégique en Algérie puisqu'il remplacera les ressources naturelles dans la majorité des villes nord du pays.

Aujourd'hui, plusieurs facteurs favorisent la mise en œuvre de cette technologie dans notre pays :

- ✓ Un littoral long de plus de 1200 Kilomètres.
- ✓ Disponibilité de l'eau de mer, ressource inépuisable.
- ✓ Une population et une industrie grandes consommatrices de l'eau se trouvant à proximité de la mer.
- ✓ Disponibilité de la ressource énergétique.

Malgré que le dessalement de l'eau de mer apporte une réponse aux besoins d'eau (domestique et industrielle), quel que soit le procédé utilisé, il n'est pas sans inconvénients :

- ❖ Les installations de dessalement coûtent chères et elles se caractérisent par leur grande consommation énergétique.
- ❖ Ces installations dégagent des gaz à effet de serre, ce qui provoque le réchauffement climatique.
- ❖ Elles détruisent les zones côtières.

Chapitre 5 : Dessalement de l'eau de mer

- ❖ Les rejets associés aux unités de dessalement comme les eaux provenant du nettoyage (filtres à sable, membranes et dépôts) contaminent le milieu.

Les grandes unités de dessalement sont citées dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Les principales unités de dessalement en Algérie (rapport Algérie des eaux 2008)

Nom	Wilaya	Année de mise en service	Capacité (m³ /J)
Kahrama Arzew	Oran	2005	90 000
El-Hamma	Alger	2008	200 000
Skikda	Skikda	2009	100 000
Beni saf	Ain Temouchent	2009	200 000
Mostaganem	Mostaganem	2010	200 000
Honaine	Tlemcen	2010	200 000
Souk tleta	Tlemcen	2010	200 000
Douaouda	Tipaza	2010	120 000
Cap Djinet	Boumerdes	2010	100 000
Mactaa	Oran	2010	500 000
OuedSebt	Tipaza	2010	100 000
Ténès	Chlef	2010	200 000
Echatt	Taraf	2011	50 000

2.3 Définition du dessalement de l'eau de mer

Le dessalement appelé aussi désalinisation ou plus rarement dessalage. Il consiste à séparer l'eau et les sels à partir d'une eau brute, qui peut être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale. L'eau de mer contient en moyenne 35 g/l de sel qui sont essentiellement des chlorures de sodium (76 %) et de magnésium (11 %), des sulfates de magnésium (5 %), de calcium (3,5 %) et de potassium (2,4 %). Dans l'eau, les sels sont sous forme d'anions chlorures et sulfates. Parallèlement aux cations sodium, magnésium, calcium et potassium. La salinité de l'eau de mer n'est pas constante. Dans les zones maritimes chaudes et partiellement fermées elle est plus élevée : en Méditerranée elle varie de 36 à 39 g/l, dans le Golfe Persique elle peut monter au-delà de 60 g/l. C'est l'inverse dans les mers froides recevant de forts apports fluviaux : 7 g/l dans la Baltique.

2.4 Etapes de dessalement de l'eau de mer :

Le processus de dessalement d'eau de mer se fait en quatre étapes

- ✓ La captation de l'eau de mer
- ✓ Le prétraitement
- ✓ Les différents procédés de dessalement
- ✓ Le post-traitement ou minéralisation

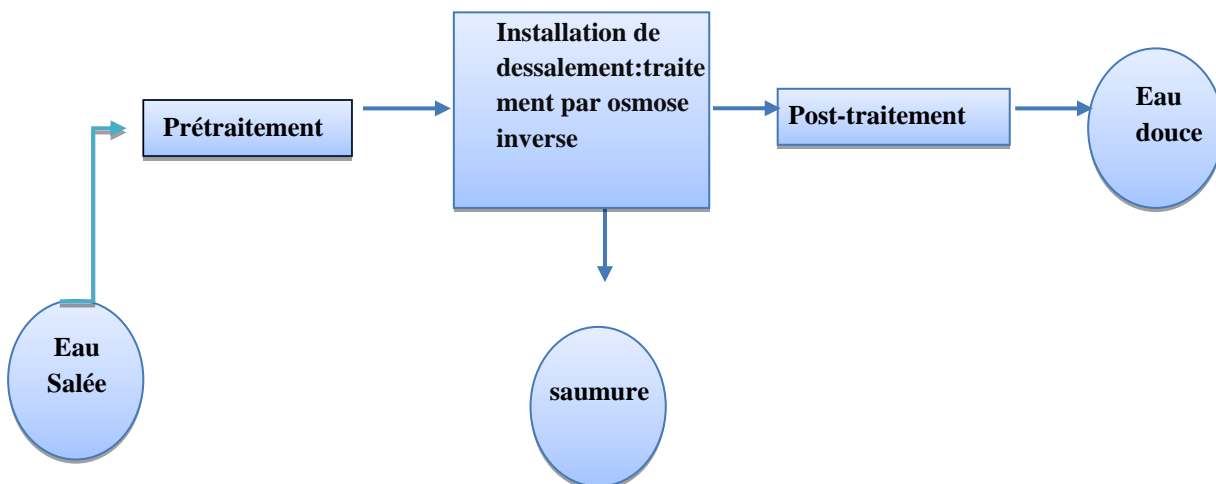


Figure 62 : Schéma général d'une installation de dessalement (MAUREL, 2006).

2.4.1 Captation de l'eau de mer :

Consiste à pomper l'eau de mer vers la station de dessalement, cette eau doit être bonne du point de vue matières en suspension. Deux types de technologies sont utilisées dans cette étape :

- **Les forages côtiers** : soit verticaux soit sous forme de galeries horizontales permettant d'obtenir une eau de très bonne qualité et relativement stables.

- **La prise d'eau de surface** : peut être faite en pleine mer. Dans le cas idéal, le captage doit être effectué en zone profonde, éloigné de la côte, protégé des pollutions et des forts courants.

2.4.2 Le prétraitement :

Le prétraitement de l'eau de mer avant osmose inverse est absolument nécessaire car les membranes d'osmose inverse sont très sensibles au colmatage et une bonne qualité de l'eau en entrée des modules d'osmose inverse est indispensable pour assurer des performances stables de l'osmose inverse sur le long terme. Les procédés de prétraitement peuvent être divisés en deux catégories : les prétraitements physiques et les prétraitements chimiques.

- Les prétraitements physiques incluent les prés filtres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration à sable et la filtration membranaire.
- Le prétraitement chimique consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, écoagulants, de désinfectants et de poly-électrolytes.

a) Coagulation-floculation :

La coagulation permet de favoriser l'agglomération des colloïdes en diminuant les forces de répulsion électrostatique (liées aux charges superficielles). La floculation consiste à agglomérer ces particules en micro-flocs puis en flocs plus volumineux décantables. Les substances les plus couramment utilisées sont :

- Pour la coagulation : la chaux, l'alun, le sulfate ferrique et le chlorure ferrique,
- Pour la floculation : les polymères organiques à longues chaînes de masse molaire élevée.

b) La filtration :

Dans le cas de la filtration sur sable, la séparation s'effectue le long d'un milieu poreux (le sable), plus ou moins tortueux, qui se colmatra en profondeur au fur et à mesure de l'accumulation des particules en suspension lors du passage du fluide. Plusieurs autres types de filtres reposent sur ce principe (filtre à cartouche, filtre à disque, ...). Un milieu poreux représente un ensemble de grains ou d'agrégats autour desquels des espaces vides, appelés pores, sont interconnectés ou non. Le matériau doit être perméable à un écoulement de fluide.

c) Le Traitement chimique :

Après filtration à sable, des équipements de dosage font partie de prétraitement chimique appliqué à l'eau de mer avant l'entrée dans les membranes (acidification, addition de bisulfite de sodium et dosage d'anti-incrustant).

d) La filtration de sécurité ou microfiltration :

La microfiltration est assurée par l'utilisation d'un filtre à cartouche type bobiné. Entre le collecteur d'entrée et de sortie, il y'a un manomètre différentiel muni de contact électrique pour alarme, qui indiquera quand il sera nécessaire de remplacer les cartouches filtrantes.

2.4.3 Les différents procédés de dessalement :

On peut classer les méthodes de dessalement de l'eau de mer en fonction des procédés utilisés :

- Procédés thermiques.

- Procédés à membranes.

La figure suivante montre les différents procédés de dessalement employés dans le monde :

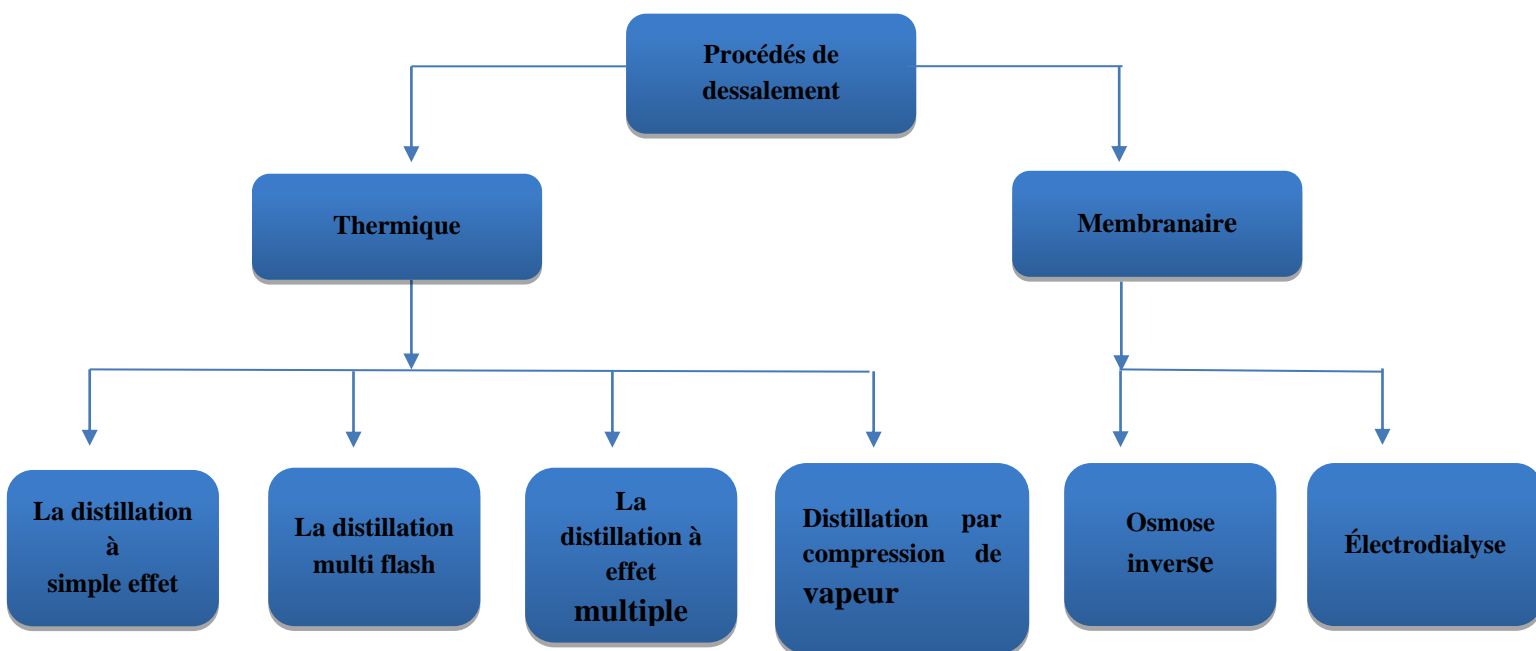


Figure 63 : Différents procédés de dessalement.

2.4.3.1 Procédé de la distillation :

La distillation représente aujourd'hui environ 60 % du marché mondiale de dessalement. C'est la technique de dessalement la plus ancienne et la plus simple

a) Distillation à simple effet :

Ce type de distillation ressemble au processus de dessalement naturel. Il nécessite également de l'eau de mer bouillante pour en pulvériser une partie. Comme la vapeur créée ne contient pas de sels, il suffit de refroidir la vapeur pour la transformer en forme liquide afin d'obtenir de l'eau potable

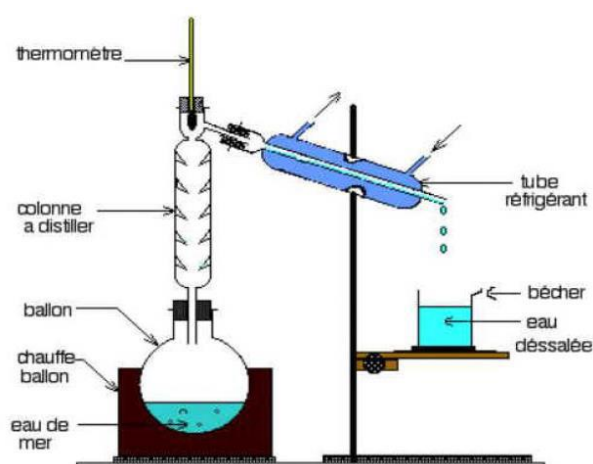


Figure 64 : Le principe du procédé de distillation à simple effet(V. RENAUDIN, CNRS, Nancy 2003..

a) Distillation multi-flash :

Le multi-flash a l'avantage d'avoir un faible coût énergétique. En fait, plus la pression est basse, plus la température à laquelle l'eau devient gazeuse est basse. L'eau de mer est envoyée dans des conduits, où elle est chauffée à 120 °C avant d'être placée dans une chambre à pression réduite (sa température d'ébullition est donc plus basse). L'eau est ensuite convertie en vapeur à la suite d'un processus de détente appelé « Flash ». La vapeur produite augmentera au fur et à mesure qu'elle entrera en contact avec les premières conduites de l'eau de mer. Comme les conduites sont relativement froides, la vapeur se condense et est ensuite récupérée dans un état liquide. Pour l'eau qui ne s'est pas évaporée dans ce compartiment, elle est collectée et transférée vers un deuxième compartiment du même type mais avec une pression atmosphérique encore plus faible. La procédure se fait plusieurs fois (d'où le nom de multi-flash). Les usines de dessalement ont d'environ 40 compartiments dans lesquels le procédé est répété.

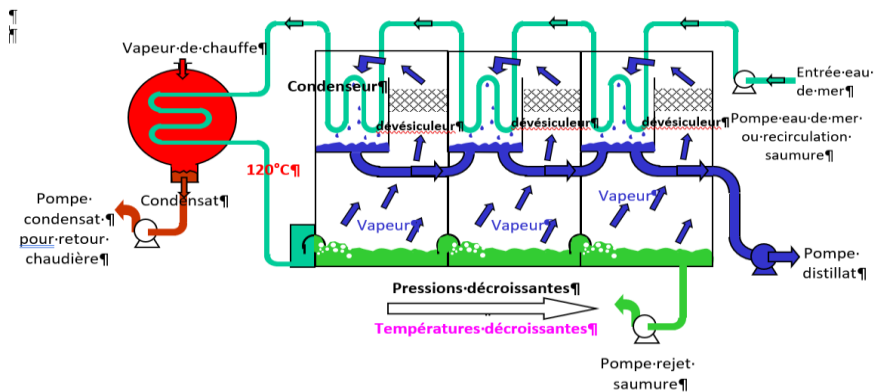


Figure 65 : Procédé de distillation multi flash d'eau de mer(PAM. Athènes, 11-14 septembre 200

a) Distillation à multiples effets :

Comme il ne génère pas d'énormes quantités d'eau douce et nécessite une installation sensible et coûteuse, la distillation multi-effet est moins répandue. Cependant, par rapport à technique multi-flash, cette approche permet des économies de l'ordre de 15 à 20 %. L'idée de base consiste en une séquence de modules évaporateur/condensateur, disposés de manière à minimiser les pertes de chaleur tout en maintenant une haute faisabilité technique. Cette méthode améliore également la récupération de la chaleur latente de la condensation d'eau.

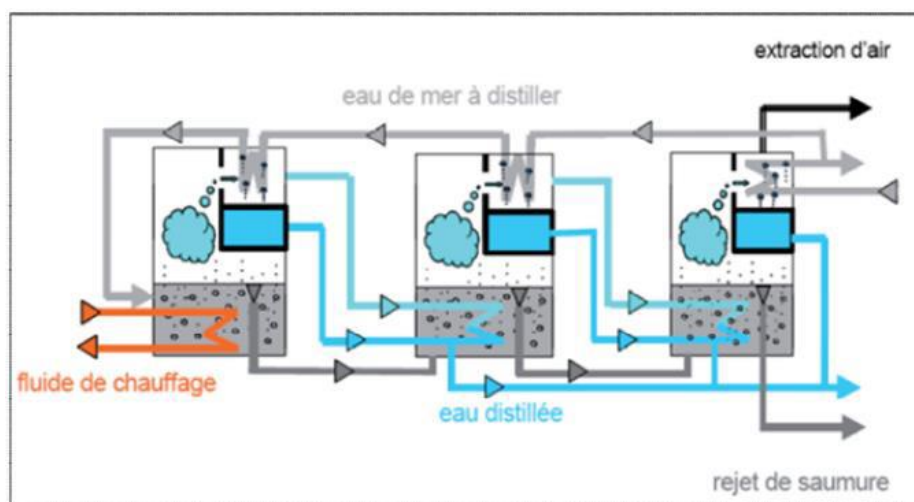


Figure 66 : Procédé de distillation à effets multiples d'eau de mer
(www.ecotoxicologie.fr/Dessalement)

b) Compression mécanique de vapeur :

L'eau salée est vaporisée à environ 100 °C dans un évaporateur ou à l'aide d'un serpentin de vapeur auxiliaire, qui est ensuite éteint. La vapeur d'eau est captée par un compresseur à pression atmosphérique et à environ 100 °C, et transportée à une pression relative de l'ordre de 0,2 bar, avec seulement une surchauffe de 6 °C. La vapeur surchauffée est ensuite forcée de se condenser dans la bobine principale de l'évaporateur. La grande efficacité de la compression thermique est un de ses avantages ; à partir de 1 m³d'eau brute, environ 0,8 m³d'eau douce peuvent être obtenus.

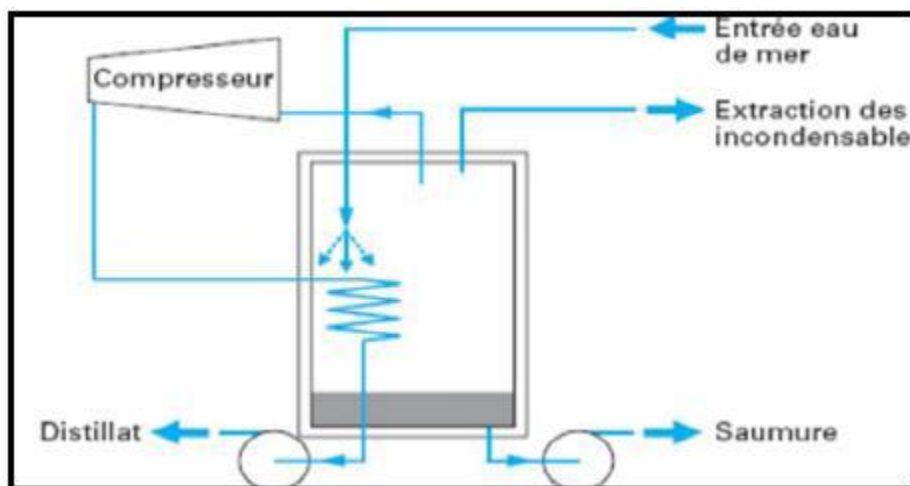


Figure 67 : La distillation avec compression de vapeur (D. BECHKI ,2011).

2.4.3.2 Procédés membranaires :

Les membranes ont la capacité de faire la distinction entre les sels et l'eau et de les séparer de façon sélective. Deux méthodes de dessalement membranaire ont été créées et sont actuellement disponibles sur le marché, utilisant ces capacités mais de manières différentes dans chaque cas : l'électrodialyse et l'osmose inverse.

2.4.3.2.1 L'électrodialyse :

L'électrodialyse fonctionne sur un concept bien connu. Un champ électrique généré par deux électrodes plongeant dans le liquide déplace les ions d'un sel dissous dans l'eau, tels que chlorure de sodium.

L'électrode négative (ou cathode) attire les ions positifs, ou cations (Na^+), tandis que l'électrode positive attire les ions négatifs (Cl^-)

Les membranes filtrantes imperméables aux anions et cations perméables, ou imperméables aux cations et perméables aux anions, sont alternativement insérées dans l'électrodialyse. En conséquence, une série de compartiments avec des concentrations élevées de sel et d'autres avec des concentrations faibles de sel sont créés.

L'électrodialyse est idéale pour les eaux saumâtres dont la salinité est inférieure à celle de l'eau de mer. Les membranes d'électrodialyse permettent aux ions de circuler tout en restant étanches. L'inverse est vrai pour les membranes utilisées en osmose inverse.

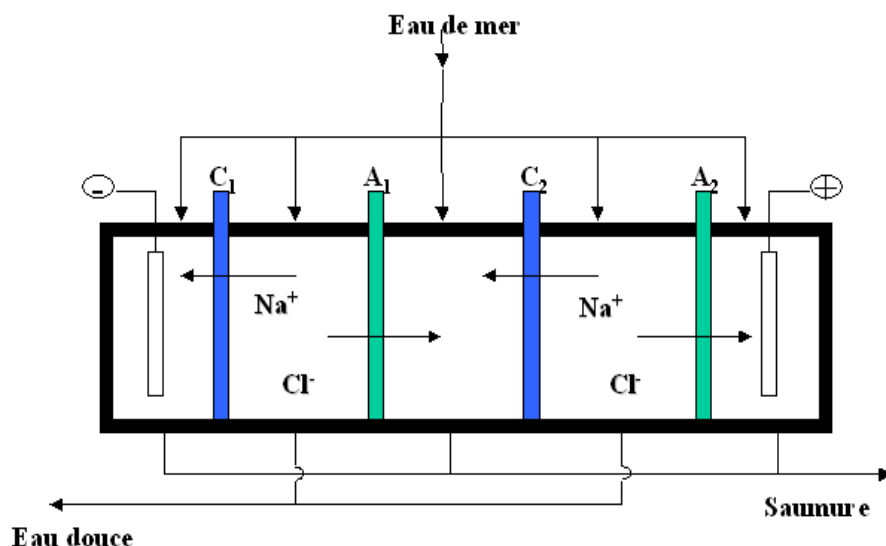


Figure 68 : Le procédé d'électrodialyse (www.lenntech.fr/index.htm).

2.4.3.2.2 L'osmose inverse :

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (de 54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques dont la taille est supérieure à 10^{-7} mm.

2.4.4 Principe de l'osmose inverse :

On appelle « osmose » le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane sous l'action d'un gradient de concentration. Considérons un récipient constitué de deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable. Les deux compartiments sont remplis, au même niveau, l'un d'eau pure, l'autre d'eau salée ; on constate rapidement le passage de l'eau pure vers le compartiment renfermant l'eau salée. Au fur et à mesure que le niveau d'eau s'élève dans le compartiment de la solution concentrée, la membrane semi-perméable est soumise à une pression hydrostatique de plus en plus élevée côté eau salée, et de plus en plus faible côté eau pure. À l'équilibre, aucun flux ne traverse la membrane, le système est alors soumis à une pression d'équilibre appelée « pression osmotique ».

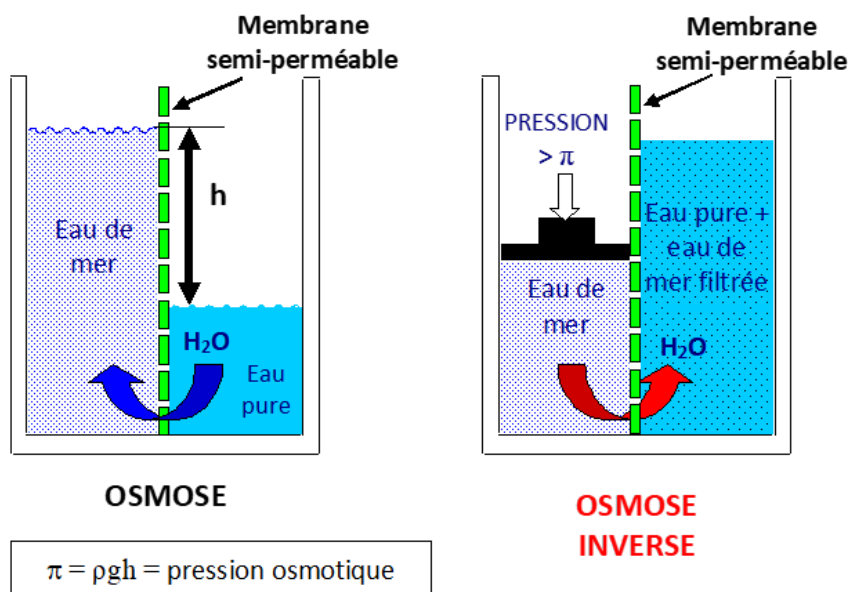


Figure 70 : Le principe de l'osmose et l'osmose inverse (Maurel, A. (2001)).

Ce phénomène d'osmose est réversible, il suffit d'appliquer à la solution la plus concentrée une pression mécanique supérieur à la pression osmotique pour inverser le sens du flux d'eau : c'est le phénomène d'osmose inverse

Le système d'osmose inverse est composé principalement de :

- Membrane.
- Le module contenant la membrane.
- La pompe haute pression (Une pompe de mise à pression du liquide afin de lui donner la pression efficace de production qui doit être supérieure à la pression osmotique des modules).
- Le poste de traitement.

Ci-dessous une représentation d'une filière de traitement par osmose inverse :

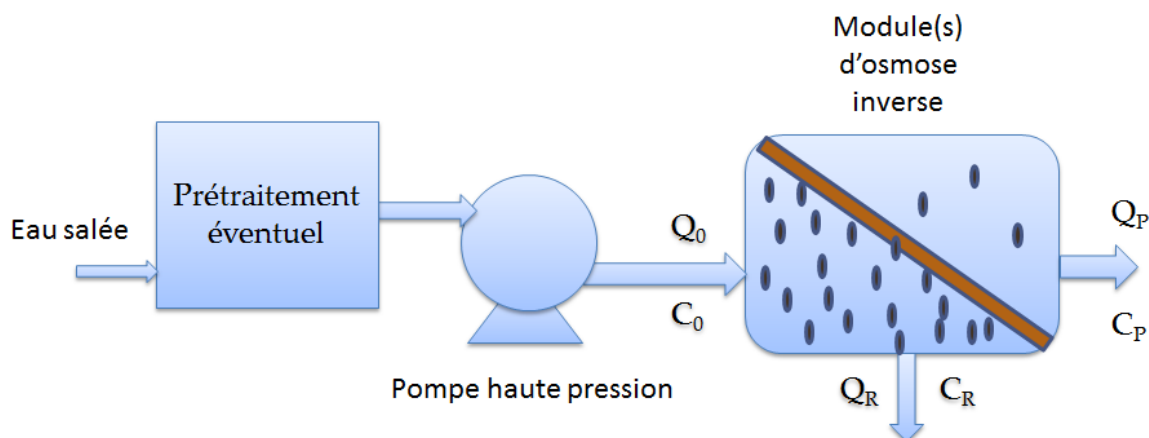


Figure 71 : Le principe d'une unité d'osmose inverse (Maurel A., 2).

Sur la membrane, le flux fluide est continu et tangentiel. Ce flux tangentiel empêche de nombreuses espèces (particules, molécules et ions) de s'accumuler sur la membrane. Le débit d'admission de la membrane (Q_0) est divisé en deux sections avec des concentrations différentes. La membrane permet à un composant (débit Q_p) de passer à travers, tandis que l'autre partie est maintenue par la membrane.

2.4.5 Autres procédés de dessalement

2.4.5.1 Échangeurs d'ions :

L'échange d'ions est la méthode privilégiée pour éliminer certains polluants de l'eau potable. L'échange d'ions est un processus très sélectif par rapport à d'autres méthodes et il est utilisé dans de nombreuses applications à grande échelle pour l'élimination de la dureté, des nitrates, du bord, de la matière organique naturelle, des perchlorates, des chromates, de l'uranium et d'autres métaux.

L'échange d'ions est la permutation réversible d'ions structuraux dans un matériau, appelé «Echangeur d'ions», et d'ions en solution, qui sont en contact avec l'échangeur d'ions.

❖ Application en dessalement:

La déminéralisation de l'eau par échange d'ions est obtenue en faisant circuler de l'eau dans des réservoirs contenant des résines cationiques et/ou anioniques. La résine cationique est celle qui se charge d'échanger chaque cation (ions chargés positivement) par un cation d'hydrogène. La résine anionique, échange chaque anion (ions chargés négativement) par un anion d'oxygène.

Les atomes d'hydrogènes et d'oxygènes auxquels ils leurs manquent des électrons se reconstituent et s'unissent finalement pour former des molécules de matière en l'occurrence de l'eau.

2.4.5.2 Dessalement par congélation :

Elle est fondée sur le fait que lorsqu'une concentration saline est exposée à une température inférieure à 0 °C, elle se transforme partiellement en glace d'eau douce. L'autre moitié, cependant, n'est pas affectée par ce processus et se concentre dans le sel. La glace doit encore être fondue, ce qui semble facile au début, mais est compliqué par le fait que les cristaux de glace sont encore recouverts d'une fine couche de saumure.

Les opérations unitaires d'un procédé de dessalement par congélation sont :

1. Le prétraitement de l'eau de mer (élimination des solides en suspension, élimination des gaz dissouts pour les procédés sous vide).
2. La formation des cristaux de glace à partir de la solution saline (pour les procédés en suspension, des cristaux de grande taille sont souhaités pour faciliter le lavage).
3. Le lavage et/ou ressuage des cristaux de glace (pour les procédés continus, lavage dans une colonne par environ 5 % de l'eau produite).
4. La fusion des cristaux de glace.

2.4.5.3 Distillation solaire :

En 1872, le distillateur solaire a été employé pour la première fois dans les mines de nitrate du Nord du Chili. Il a donné de l'eau potable aux animaux de trait de l'eau salée de la mer, et il fonctionne principalement sur l'effet de serre. Il s'agit d'une enceinte fermée, composée d'un bac de surface noire et qui contient une lame d'eau et une couverture vitrée servant à obtenir l'effet de serre nécessaire au processus de l'évaporation/condensation.

La surface noire au fond du bassin est chauffée par le rayonnement solaire. Le rayonnement chauffe l'eau pendant qu'elle s'évapore et se condense sur le verre puisqu'elle ne peut pas partir (gouttes d'eau). Sur la surface noire, le sel est resté. Après cela, les gouttes d'eau propre tombent dans les chutes. Son principal inconvénient est son faible rendement. Certains pays du désert du Moyen-Orient et du bassin méditerranéen utilisent maintenant de tels systèmes pour résoudre les problèmes d'approvisionnement en eau douce.

3 L'impact de dessalement de l'eau de mer sur l'environnement

Les impacts de l'usine de dessalement comprennent ceux qui sont limités à la phase de construction et ceux qui sont reliés à la phase d'exploitation. Les impacts commencent par des changements dans l'utilisation des terres, puis passent aux effets visuels et aux nuisances sonores, et enfin aux émissions dans l'atmosphère et aux rejets dans l'eau, ainsi qu'aux dommages possibles à l'écosystème récepteur.

Les activités de construction et d'exploitation peuvent avoir un éventail de répercussions sur les régions côtières, notamment la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune marine et la perturbation des écosystèmes.

Les impacts négatifs peuvent être résumés dans les points suivants :

3.1 Rejets atmosphériques

Les usines de dessalement créent des polluants atmosphériques comme le dioxyde de carbone, le soufre et les oxydes d'azote, ainsi que des particules solides, car elles sont principalement alimentées par des combustibles fossiles.

3.2 Rejets chimiques

Les produits chimiques sont utilisés dans les usines de dessalement pour le prétraitement de l'eau d'alimentation et le post-traitement de l'eau produite. La majorité des produits sont utilisés comme biocides, antialgues et anti mousse, et ils modifient progressivement la composition de la saumure concentrée. La présence de certains métaux, qui sont des produits de la corrosion des circuits, a un impact sur la composition de la saumure de concentration.

3.3 Rejets de saumures

Les installations de dessalement déchargent la même charge de composants d'eau à traiter qu'elles reçoivent, mais dans un volume d'eau plus petit, ce qui rend l'eau plus concentrée, jusqu'à doubler la concentration initiale en osmose inverse.

Ces saumures sont rejetées à des températures plus élevées de 10 à 15 °C lorsqu'elles sont utilisées dans un procédé de distillation, en plus d'avoir une concentration excédentaire pouvant atteindre 70 g/l. Ces saumures sont soit rejetées dans la mer, soit injectées dans le sol.

Chapitre 5 : Dessalement de l'eau de mer

Les usines de dessalement ont donc un impact négatif sur l'environnement, particulièrement lorsque les saumures sont déversées dans des écosystèmes sensibles. Cet effluent peut être extrêmement dangereux pour la vie végétale et animale si certaines précautions ne sont pas prises. L'élimination de ces saumures dans les zones côtières et intérieures n'aura pas la même incidence.

Des étangs de sel intérieurs peuvent être utilisés, mais si l'étang n'est pas étanche, le potentiel de pollution des eaux souterraines existe. Bien que cela semble plus facile, les rejets côtiers directs devraient avoir une influence importante sur l'écologie marine en modifiant la salinité et la température

4 Station de dessalement de Cap-Djinet :

4.1 Présentation de la station :

La station de dessalement de Cap Djinet se situe au bord de la mer, près de la ville de Boumerdès ; à 30 km à l'Est du chef-lieu de wilaya. La mise en service date d'octobre 2010, et sa capacité est de 100 000 m³/J. Ce sont les entreprises Sonatrach et Sonelgaz qui ont investi dans cette station avec un taux de 51 %. Deux entreprises espagnoles se sont jointes à elles, INIMA et Aqualia, qui détiennent chacune 24,5 % de cet investissement. La figure 72 montre une image satellitaire de la station de dessalement de Cap Djinet.



Figure 72 : Image satellitaire de la station de cap Djinet (trait en rouge : limite de la station).

4.2 L'usine de dessalement « Cap Djinet » :

- **Mise en service partielle:** Octobre 2010.
- **Mise en service finale :** Août 2012.
- **Capacité :** 100 000 m³/j par la technique d'osmose inverse.
- **Coût du projet :** 133 millions de dollar.
- **Objectif :** renforcement des ressources en eau et l'amélioration de la qualité des eaux distribuées, production, traitement et transport.
- **Distribution :** gestion et entretien du réseau d'eau potable (Alger, Bordj-Menail, Zemmouri, Boumerdès, Dellys, Afir, Tigzirt, Azeffoun).
- **Les travailleurs de L'usine :** Ils sont formés et sensibilisés à tout ce qui concerne les objectifs de l'usine et leur travail.
- **La station :** concernant le système de qualité, l'activité du laboratoire d'Eco-Progress s'est déroulée selon les normes UNE-EN-ISO-17025. L'entreprise dispose actuellement du Certificat UNE-EN ISO 9001 :2000 en tant que système de gestion de

la qualité pour la réalisation d'analyses environnementales (Certificat N° 113/ER/04/05).

4.3 Les activités de la station

Consistance du projet : Prise de l'eau de mer directe, station de dessalement et rejet de la saumure,

- **Procédé de traitement :** Osmose Inverse avec 8512 Membranes,
- **Débit de captation :** 222 444 m³/ jour,
- **Taux de conversion :** 45 %,
- **Emissaire de captation :** DN 1800 mm, longueur 1 ,8 km, profondeur 20 m,
- **Emissaire de rejet de saumure :** DN 1200 mm, longueur 1,2 Km, profondeur 8 m.

4.4 Processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Cap Djinet

Le processus du dessalement d'eau de mer comporte quatre étapes principales :

- La captation de l'eau de mer,
- Le prétraitement,
- L'osmose inverse,
- Le post-traitement.

4.4.1 La captation de l'eau de mer

Le captage de l'eau de mer est la première opération qui s'effectue au niveau de la station. Cette phase a pour objectif de capter l'eau de mer par gravité dans un réservoir de réception, éliminer les particules grossières et préparer l'eau pour la phase de filtration.

Le captage de l'eau de mer (figure 73). Se réalise à travers d'un émissaire de captage dont le diamètre nominal est de 1800 mm, placé à une profondeur de 20 m sur une longueur de 1,8 Km plongé dans l'eau de mer. Le débit maximal de captage est de 222444 m³/j.

La pression d'entrée de l'eau de mer dans la station est de 2 à 4 bars.

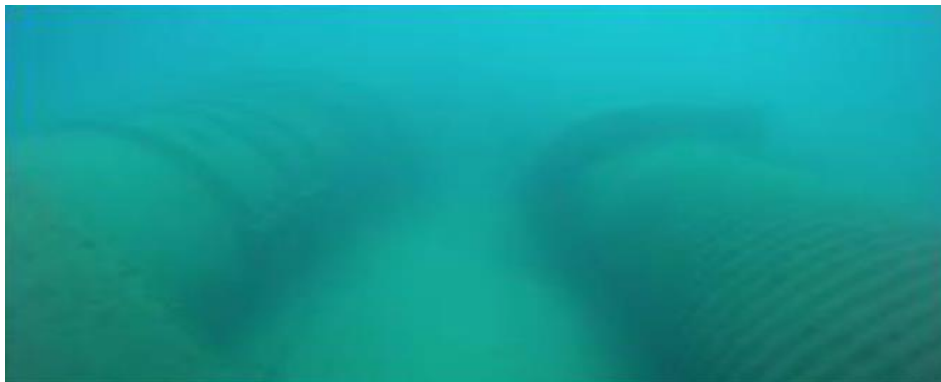


Figure 73: Captage d'eau de mer (Entreprise de réalisation).

Le groupe de pompage de l'eau de mer est composé de 5 pompes (4 pompes en service et 1 de secours). (Figure 74).



Figure 74: Station de pompage de l'eau de mer.

4.4.2 Le prétraitement

Le prétraitement de l'eau de mer est une étape essentielle, c'est la deuxième étape du processus de dessalement dont le but est d'éliminer :

- Les solides en suspension,
- Les matières organiques,
- Les micro-organismes.

Cette phase est aussi nécessaire pour éviter :

- L'incrustation,
- L'encrassement,
- La dégradation des membranes d'osmose inverse par les micro-organismes.

Elle comporte deux types de prétraitement, à savoir :

4.4.2.1 Prétraitement chimique :

A. Chloration

L'utilisation de différents dérivés chlorés, normalement l'hypochlorite de sodium (NaOCl), au niveau de la tour de captage d'eau de mer et après la station de pompage.

L'injection d'hypochlorite de sodium est dans le but de :

- ✓ Désinfecter et stériliser l'eau afin de réduire la croissance biologique à l'usine de traitement.
- ✓ L'inactivation des micro-organismes (bactéries principalement), micro-algues et les champignons

B. Injection de permanganate de potassium (KMnO₄)

Un équipement de dosage de permanganate de potassium (KMnO₄) est installé au niveau de la station dans le but d'oxyder la matière organique.

C. Injection d'acide sulfurique (H₂SO₄)

Un dosage de l'acide sulfurique est effectué au niveau de système de pompage, de même que les autres agents chimiques ; son rôle est un catalyseur dans la coagulation/floculation.

D. Coagulation-Floculation

La coagulation et la floculation est appliquée dans le cas où l'eau de mer a une turbidité élevée.

E. Coagulation

Dans le système de pompage de l'eau de mer on ajoutant le coagulant (Chlorure Ferrique (FeCl_3)), il déstabilise la charge électrique des particules colloïdales pour favoriser leur agglomération.

Le but de la coagulation est d'éliminer ou réduire au maximum la présence des matières colloïdales.

F. Floculation

On injecte le floculant poly-électrolytes dans le système de pompage, il augmente la probabilité des contacts entre les particules.

Le but de la floculation est d'éviter l'entartrage des membranes en empêchant la précipitation du carbonate de calcium.

G. Injection de méta-bisulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

Le chlore ne doit pas être laissé atteindre les membranes d'osmose inverse car il oxydera les membranes. L'enlèvement de ce dernier de l'eau de mer est réalisé par le dosage du méta-bisulfite de sodium qui réagit avec le chlore en évitant qu'ils ne parviennent aux membranes et qu'ils ne les détériorent.

H. Injection d'inhibiteur anti-scalant

Afin de protéger les membranes et d'éviter les précipitations de sel, on dosera un inhibiteur dont l'action est destinée à empêcher la formation des réseaux cristallines.



Figure 75 : Réservoirs des produits chimiques.

4.4.2.2 Prétraitement physique

Ce traitement est destiné à éliminer fondamentalement les éléments solides, les algues et la matière organique

A. Filtration à sable et anthracite

Ce système est constitué de 20 filtres cylindriques horizontaux avec un diamètre de 4 m et une longueur de 24 m répartis en 12 filtres à sable et anthracite pour la première phase et 8 filtres à sable pour la seconde phase.

Chapitre 5 : Dessalement de l'eau de mer

Ce système est destiné à éliminer fondamentalement la plupart des particules en suspension, huile et graisses qui restent dans l'eau de mer et produit une eau filtrée à basse turbidité prête pour l'étape d'osmose inverse.

Les filtres sont soumis à un système de lavage, il y'a un manomètre différentiel muni de contact électrique pour alarme, qui indiquera quand il sera nécessaire de nettoyer les filtres.



Figure 76: Filtres à sable et anthracite.

B. Filtration à cartouche

Afin de filtrer et d'éliminer les particules de dimensions supérieures à 5 μm et protéger le système d'osmose inverse et pour assurer une meilleure qualité de l'eau nous faisons la dernière étape du prétraitement qui est la microfiltration, c'est une étape une fois l'eau a reçu les dosages des réactifs appropriés et qu'elle a été filtré.

C'est une microfiltration assurée par des cartouches en polypropylène à membrane de 25 microns et d'un diamètre de 61 mm, dans des réservoirs métalliques en position verticale qu'on appelle « filtre à cartouche ». Le nombre de ses derniers est de 9 filtres comportant 360 cartouches chacun, et quand il sera nécessaire de remplacer les cartouches filtrantes nous disposons d'un manomètre différentiel muni de contact électrique pour alarme.



Figure 77: Filtres à cartouches.

4.4.3 L'étape d'osmose inverse

Après le prétraitement de l'eau, cette dernière arrive l'étape de l'osmose inverse qui est la partie principale du processus. Avant de l'entrée dans les membranes de l'osmose inverse, l'eau prétraitée arrive au système de pompage de haute pression qui fonctionne généralement par une pression de 55 à 85 bars.

Le nombre des pompes est de 5, dont 4 sont fonctionnelle et une de secours, en fournissant une pression totale de l'ordre de 60 bars.

Dans la station de dessalement de Cap Djinet, le bloc d'osmose inverse est constitué de quatre unités, chaque unité est répartie en deux châssis. Chacun de ses derniers comporte 152 tubes de pressions, et 7 membranes dans chaque tube.

Les tubes de pression sont disposés pour avoir un taux de conversion de 45 % (perméat), donc on déduit que 55 % de l'eau de mer rejetée représente le concentrât.



Figure 78: Châssis d'osmose inverse.

4.4.3.1 Récupération d'énergie

Dans les stations de dessalement principalement, comme mentionné précédemment où elle fonctionne avec des pressions comprises entre 55 et 85 bars, la récupération de l'énergie contenue dans le débit de rejet, est obligatoire pour des raisons énergétiques-économiques.

4.4.3.2 Mode de fonctionnement

Depuis quelques années, un nouveau concept de récupération fait ses preuves sur les installations de dessalement par osmose inverse et permet de récupérer 95 % de l'énergie du rejet de saumure, c'est le système d'échangeur de pression PX (Pressure Exchanger, en Anglais) de la compagnie américaine ERI (ENERGY RECOVERY INC, en Anglais).

Les rejets des membranes sont dirigés vers le PX, qui transfère la pression du rejet à l'eau de mer, et la renvoie vers les membranes. Le PX fournit l'eau prétraitée par l'énergie du concentrât qu'il reçoit.

La station de pompage fournit à l'installation la même quantité de l'eau de mer (9250 m³/h) à 4 bars, mais seulement 4233,3 m³/h sont dirigés vers une pompe HP (Haute Pression).

Le complément de 5016,7 m³/h est envoyé vers l'échangeur de pression PX qui transmet la pression de 58 bars, des 5087,5 m³/h de saumure à cette nouvelle eau de mer.

L'eau de mer montée à 57 bars sort de l'échangeur, récupère sur un booster en ligne les 3 bars qui lui manque pour rejoindre l'eau de mer sortant de la pompe haute pression (pompe HP) et c'est bien un débit de 9250 m³/h à 60 bars qui entre dans le module d'osmose inverse.

La production est donc identique à savoir 4162,5 m³/h d'eau douce. La différence de 5087,5 m³/h reviennent vers l'échangeur pour fournir l'énergie à l'eau de mer. Cette dernière, après avoir perdre sa pression sort de l'échangeur vers le rejet à pression atmosphérique.



Figure 79: Echangeur de pression ERI.

4.4.3.3 Nettoyage chimique

Pour protéger les membranes et les débarrasser de tous les dépôts qui tendent à réduire les performances qualitatives et quantitatives du système, les membranes doivent être nettoyées périodiquement. Cette élimination est obtenue en faisant recirculer des solutions chimiques acides (pour les dépôts de carbonate de calcium, d'hydroxydes métalliques) et basiques (pour les dépôts biologiques et bactériens).

4.4.4 Post traitement

C'est la dernière étape de traitement où se fait la reminéralisation de l'eau produite pour les rendre appropriées à la consommation humaine.

Dans l'usine de Cap Djinet les étapes de post traitement sont basées essentiellement sur :

- Une reminéralisation par calcite (carbonate de calcium) et avec un apport de dioxyde carbone.
- Dans la chambre CO₂, on injecte une dose de CO₂ pour réduire le pH qui permet de rendre plus efficace le processus de reminéralisation. Ensuite, l'eau est dirigée vers la tour de reminéralisation et s'enrichie du carbonate de calcium qui se dissout dans l'eau pour atteindre le fond (réservoir) par un canal à l'intérieur de la tour.
- Une fois passée la réaction de reminéralisations, on obtient l'équilibre calco-carbonique. Après cela pour désinfecter l'eau contre toute contamination microbienne éventuelle et pour le protéger lors de son stockage et de son transport, il y aura un ajout d'hypochlorite de sodium à l'aide d'un doseur automatique et on ajoute des fois aussi l'hydroxyde de sodium « la soude NaOH » pour la correction de pH.
- Après la désinfection et la reminéralisation, l'eau traitée sera stockée dans un réservoir de stockage afin de la distribuer par l'entreprise concernée « l'algérienne des eaux (ADE) ».

5 Conclusion :

La station de dessalement de l'eau de mer de Cap Djinet repose dans son processus de dessalement sur plusieurs étapes. Après avoir reçu l'eau de mer, elle subit un prétraitement chimique et physique avant de passer à l'étape la plus importante du processus de dessalement, qui est l'osmose inverse jusqu'à ce que nous atteignons l'étape de reminéralisation dans laquelle l'eau devient potable.

La station reçoit un débit quotidien de la mer estimé à environ de 222 444 m³/j, elle produit un débit de 100 000 m³/j et les 122 444 m³/j restants, ce sont des rejets qui remontent à la mer.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

La wilaya de Boumerdès est située dans le Nord-centre du pays. C'est une wilaya côtière qui compte une population de 801 068 habitants selon les statistiques du RGPH de 2008. En effet, elle a connu un développement socio-économique remarquable durant les dernières décennies qui engendré une demande en eau croissante. Cette wilaya est l'une des régions les plus arrosées au niveau national du fait qu'elle reçoit annuellement un volume pluviométrique compris entre 500 mm et 1200 mm par an. Par ailleurs, le volume des ressources conventionnelles est d'environ de 93 hm³, cependant, ces ressources ne peuvent pas satisfaire les besoins de la population en eau. Pour combler le déficit hydrique, les décideurs du secteur hydraulique ont fait recours à des ressources non-conventionnelles. En effet, le dessalement de l'eau de mer et l'épuration des eaux usées ont augmenté le potentiel hydrique de façon remarquable.

Les STEP de la wilaya traitent un volume journalier total de 26 000 m³. Sachant que près de 80 % du volume d'eau traité par ces STEP est de qualité satisfaisante et constitue un potentiel hydrique exploitable pour les activités agricoles. Par ailleurs, le dessalement de l'eau de mer est effectué par la technique d'osmose inverse à la station de Cap Djinet qui est considéré comme l'une des solutions alternatives pour remédier au déficit en eau vis-à-vis aux demandes croissantes en eau potable. Cette station produit un volume d'eau de 100 000 m³/j pour renforcer les capacités hydriques de Boumerdès. Tandis qu'à corso, commune de la wilaya de Boumerdès, une nouvelle station de dessalement est en cours de réalisation avec une capacité de production équivalente à 300 000 m³/j.

La situation hydrique de la wilaya de Boumerdès est relativement délicate du fait qu'elle connue par sa vocation agricole et ses besoins en eau croissants pour les différents utilisateurs nous a amené à relever les recommandations suivantes :

- Construire d'autres STEP pour couvrir tout le territoire de la wilaya de Boumerdès dans un cadre de schéma directeur d'assainissement. Ceci permettra de collecter toutes les eaux usées, préserver l'environnement et produire un volume supplémentaire important disponible pour la réutilisation dans les secteurs adéquats ;
- Elargir l'utilisation des eaux usées épurées à un maximum d'agriculture pour réduire la pression sur l'eau potable utilisée dans ce secteur ;
- Inviter les agriculteurs à utiliser la boue produite par les STEP afin d'éviter le problème de stockage de cette boue et participer dans réduction du coût de certains produits agricoles.

Etablir une étude de prévision de l'évolution future des besoins hydriques en fonction des secteurs d'activités afin de prévoir les solution adéquates pour satisfaire la demande et éviter un déficit hydrique.

Références bibliographiques.

Les références bibliographiques

Les 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
- AIGOUN C, 2014 : Mémoire magister (Potentialité hydrique de l'aquifère du Bas Sebaou W. Boumerdès 141p.
- ALAIN BOTTA, LAURENCE BELLON, 2001 : Pollution de l'eau et santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro Méditerranée TEHYS.
- ALGERIENNE DES EAUX (ADE), rapport, 2007.
- ALGERIENNE DES EAUX, 2005, dessalement d'eau de mer, Algérie.
- 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.
- ANRH : Agence nationale des ressources hydriques.
- AOULMI S, 2007: Conception de la station d'épuration dans la ville de Zeddine (W. Ain Defla, Algérie, 112P
- 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
- BECHKI ,2011. « Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes ». Thèse de doctorat en génie mécanique. Université Hadj Lakhdar Batna.
- BELOKDA W, 2009 : Contribution à une gestion des effluents liquides hospitaliers, Université chouaibdoukkali el jadida - master genie de l'environnement et santé.

Les références bibliographiques

- 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.
- BLANCHON D, 2010 : « Les capacités de dessalement dans le monde ». [Enligne]. Disponible sur : <https://www.ladocumentationfrancaise.fr/cartes/eau-ressources-etinfrastructures/c001259-les-capacites-de-dessalement-dans-le-monde>.
- BOIXADERA, « Le dessalement d'eau de mer. BRL Ingénierie »2001.
- BONGIOVANNI J, J-M. Traitement des boues résiduares par l'association en série d'une déshydratation mécanique et d'un séchage thermique, Thèse de doctorat, Université de Pau et des pays de l'Adour (1998).
- BOULKROUNE B, 2008 : Estimation de l'état des systèmes non linéaires à temps discret. Application à une station d'épuration, Thèse doctorat, Algérie, 145p.
- BOUTELLI M., MENASRIA S., (2008). Conception d'une station pour la ville de Ghardaïa, possibilités de réutilisation des eaux épurées. Mém. Ing. Hydraulique urbaine. Univ d'Ouargla 132p.
- BOYE.H 2008. Eau, énergie dessalement et changement climatique en méditerrané. Plan bleu centre d'activité régional, conseil général du l'environnement et du développement durable.
- BOYE.H 2008. Eau, énergie dessalement et changement climatique en méditerrané. Plan bleu centre d'activité régional, conseil général du l'environnement et du développement durable.
- 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.
- 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.

Les références bibliographiques

- CLIMATE-DATA.
- 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.
- DJEDDI H., Mémoire d'Utilisation des eaux d'une station d'épuration par l'irrigation des essences forestières urbaines, diplôme de Magister en Ecologie et Environnement, (2007).
- 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 d'El Attaouia, IAV Hassan II, RABAT, MAROC, 97p.
- EL RHAZI O, HABIB R, 2007 : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, université cad iyyad, 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.
- FRANCIS ALBERD Fr. sci géoscience : d'après Francis Alberd (professeur à l'école normale supérieure de Lyon news groups : Fr. géosciences.
- GAÏD A, 1993 : Traitement des eaux usées urbaines, Doc. C 5 220, 30p.
- HAMITI Omar (2010) : « L'influence des paramètres physico-chimique sur la performance de la station de dessalement de GHAZAOUET ». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, université Aboubakr Belkaid, Tlemcen.
- HENRY et MONIQUE : étude générale sur dessalement de l'eau de mer 2002
- INRS, 2004 : Le traitement des eaux usées, Point des connaissances ED 5026. Paris, France .4 P.
- JAMES D. BIRKET T, « The History of Desalination before Large-Scale Use », 2012, in Desalination and Water Resources - History, Development and Management of Water Resources, Vol.I. Paris: Unesco.

Les références bibliographiques

- JARDÉ E, 2002 : Composition organique de boues résiduaire 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.
- KAMEL F et CHHEIBI. H « Le dessalement des eaux saumâtres et l'expérience Tunisienne ». SONEDE-TUNISIE, Gabès 11-18 juillet 2004.
- 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.
- MAUREL A. (2001) « Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. » Technique et documentation, Paris.
- 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.
- 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.
- Mr SAOUDI Abdenour, 2010 : « l'influence de la filtration sur sable sur la qualité des eaux potable ». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en Hydraulique, université Aboubakar Belkaid, Tlemcen.
- MRE (Ministère des Ressources en Eau), Etude générale sur le dessalement de l'eau de mer.
- NICOS X. TSIOURTIS, « desalination and the environment » ; desalination vol 141, 2005.
- 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.

Les références bibliographiques

- OMS : Organisation mondiale de la santé.
- 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.
- RACHULE Y, SCHETRITTE 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 publiée
- 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).
- SADI A., 2000 : « Le dessalement solaire : considérations techniques ». Centre de développement des Energies Renouvelables, Bouzareah, Alger.
- 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).
- 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.
- Dictionnaire environnement: « Dessalement ». [En ligne]. Disponible sur : https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/dessallement.php4.
- Anonyme : « L'osmose-inverse ». [En ligne]. Disponible sur : <http://hmf.enseiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/1281>.