

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان-

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID



كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie



قسم الري

Département d'Hydraulique

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme
de Master En Hydraulique :

Option : Technologie de traitement des eaux,

Etude de la pollution au niveau d'oued Hennaya

(Diagnostic et solutions)

Soutenu le : Juin 2015

Présenté par :

Melle BENARIBA Nour El Houda

Devant les membres du Jury :

Mr SEDDINI A.

Mr CHIBOUB FELLAH A.

Mme ADJIM F.

Mr BOUANANI A.

Mme BABA HAMED K.

Président

Examineur

Examinatrice

Encadreur

Encadreur

PROMOTION: 2014 – 2015

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
<u>CHAPITRE (I) : GENERALITE SUR LA POLLUTION DES EAUX DE SURFACES</u>	
I.1.INTRODUCTION	3
I.2.LES EAUX DE SURFACE	3
I.2.1.QUELQUE GENERALITES SUR LES COURS D'EAU	3
I.2.1.1.Les différentes parties d'un cours d'eau	4
I.2.1.2.Les différents types des cours d'eau	5
I.2.1.3.Les différents facteurs influant sur la qualité des cours d'eau	5
I.3.LA POLLUTION DES EAUX DE SURFACE	6
I.3.1.DEFINITION DE LA POLLUTION	6
I.3.2.POLLUTION DE L'EAU	6
I.3.2.1.La pollution des cours d'eau	6
I.3.2.2.La pollution des cours d'eau en Algérie	7
I.3.2.3.Les sources de pollution.....	8
I.3.2.3.1.En fonction de l'origine de la pollution	8
I.3.2.3.2.Selon la nature des polluants.....	8
I.3.2.3.3.Selon la répartition géographique	9
I.3.2.3.4.En fonction de la répartition dans le temps.....	9
I.3.2.4.Les principaux polluants et leurs effets.....	9
I.3.2.5. Les conséquences de la pollution de l'eau.....	11

I.4.CONCLUSION	13
 <u>CHAPITRE (II) : PRESENTATION DE LA COMMUNE D’HENNAYA</u>	
II.1.PRESENTATION DE LA COMMUNE D’HENNAYA	14
II.1.1.LE RELIEF.....	15
II.1.2. LE CLIMAT	15
II.2. LES ASPECTS DEMOGRAPHIQUES	15
II.2.1.ESTIMATION DE LA POPULATION A L’ECHELLE DE LA COMMUNE EN 2008.	15
II.2.2.PERSPECTIVES D’EVOLUTION DE LA POPULATION.....	16
II.6. LES RESSOURCES EN EAUX DE LA COMMUNE D’ENHNAYA	17
II.6.1.PUITS	17
II.6.2.LES RETENUES COLLINAIRES	17
II.3.L’AEP ET L’ASSAINISSEMENT DANS LA COMMUNE D’EHNNAYA	18
II.3.1.L’ALIMENTATION EN EAU POTABLE	18
II.3.1.1.Schéma de principe.....	18
II.3.2.ASSAINISSEMENT DE LA COMMUNE D’ HENNYA.....	18
II.3.2.1.Schéma de principe.....	18
II.3.2.2. Caractéristique du réseau.....	18
II.4.AGRICULTURE	19
II.4.1.CARACTERISTIQUES GENERALES DE L’ESPACE AGRICOLE.....	19
II.4.2. OCCUPATION DU SOL	19
II.5. LES FORMATIONS GEOLOGIQUES	19
II.5.1. ANALYSE LITHO-STRATIGRAPHIQUE.....	20
II.5.1.1.Le secondaire.....	20

II.5.1.2. Le tertiaires	20
-------------------------------	----

CHAPITRE (III): LE BASSIN VERSANT D'OUED HENNAYA

II.1.INTRODUCTION	24
III.1.1.PRESENTATION DU LOGICIEL WMS (WATERSHED MODELING SYSTEM)	24
III.2.CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES DU BASSIN VERSANT	25
III.2.1. DEFINITION DU BASSIN VERSANT	25
III.2.2.MORPHOMETRIE	28
III.2.2.1. La surface	28
III.2.2.2. Le périmètre	29
III.2.2.3. Indice de compacité de Gravelius	29
III.2.2.4. Le rectangle équivalent	29
III.2.3. LE RELIEF	30
III.2.3.1. Répartition des surfaces et courbe hypsométrique	30
III.2.3.2.Les altitudes.....	31
III.2.3.3.Les indices de pente	32
III.2.3.3.1. La pente moyenne I_m du bassin	32
III.2.3.3.2. Indice de pente globale I_g	32
III.2.3.3.3. Dénivelée spécifique D_s	33
III.2.4.CARACTERISTIQUES HYDROGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT.....	33
III.2.4.1.structure du réseau et ordre des cours d'eau.....	33
III.2.4.2.La fréquence des cours d'eau	34
III.2.4.3.Le rapport de confluence.....	34
III.2.4.4.Le rapport de longueur	34

III.2.4.5.La longueur du talweg principal.....	34
III.2.4.6.La densité de drainage.....	34
III.2.4.7.La pente moyenne du cours d'eau principale	35
III.2.4.8.Le temps de concentration.....	35
III.2.4.9.Vitesse moyenne de ruissellement	36
III.3. CONCLUSION	37

CHAPITRE(IV) : ETUDE CLIMATOLOGIQUE

IV.1.INTRODUCTION	38
IV.2.ETUDES DES PARAMETRES CLIMATIQUE	38
IV.2.1. LES PRECIPITATIONS.....	38
IV.2.1.1.Précipitations annuelles.....	38
IV.2.1.2.Précipitations mensuelles	39
IV.2.1.3.Pluviométrie saisonnière	40
IV.2.2. LES TEMPERATURES	41
IV.2.2.1.Températures moyennes annuelles	41
IV.2.2.2.Température moyenne mensuelles	41
IV.3.LES INDICES CLIMATIQUE.....	42
IV.3.1.INDICE D'ARIDITE ANNUEL DE DE-MARTONNE.....	42
IV.3.2.INDICE D'ARIDITE MENSUEL DE DE-MARTONNE	43
IV.3.3.QUOTIENT PLUVIO-THERMIQUE D'EMBERGER.....	44
IV.3.4. Indice de Moral	45
IV.3.5.DEFICIT D'ECOULEMENT	45
IV.3.6.EVAPOTRANSPIRATION REELLE.....	46

IV.3.7. EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE	46
IV.4.CONCLUSION	48

CHAPITRE (V) : ETUDE HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT

V.1. INTRODUCTION.....	49
V.2. DEBITS DES REJETS DES EAUX PLUVIALES DANS L'OUED HENNAYA.....	49
V.2.1. METHODE RATIONNELLE.....	49
V.2.2. METHODE DE CAQUOT	49
V.2.3. PRESENTATION DE LOGICIEL ORAAGE.....	50
V.3. DEBITS DES REJETS DES EAUX USEES DANS L'OUED D'HENNAYA.....	51
V.3.1. ESTIMATION DU DEBITDES EAU USEES	51
V.3.1.1.Evaluation du débit moyen.....	51
V.3.3.2.Evaluation du débit de pointe.....	52
V.4. LE DEBIT TOTAL QUI CIRCUL DANS L'OUED D'HENNYA (LE DEBIT DES EAUX PLUVIALES + LE DEBIT DES EAUX USEES)	54
V.5. CONCLUSION.....	54

CHAPITRE (VI) : ETUDE DE POLLUTION D'OUED HENNAYA

VI.1.INTRODUCTION	55
VI.2.LES DIFFERENTS TYPES DE POLLUTIONS.....	55
VI.2.1.POLLUTION BIOLOGIQUE DES EAUX.....	55
VI.2.1.1.Pollution organique.....	55
VI.2.1.2.Pollution micro biologique.....	55
VI.2.1.3.Pollution chimique	56
VI.2.1.4.Pollution thermique.....	56

VI.3.POLLUTION D’OUED HENNAYA	57
VI.3.1.SOURCE DE POLLUTION DOMESTIQUE	57
VI.3.1.1.Les rejets liquides (eaux usées domestiques).....	57
VI.3.1.1.1.La composition des eaux usées déversées.....	58
VI.3.1.2.Les rejets solides (déchets ménagers)	61
VI.4.LA MESURE DE LA POLLUTION D’OUED HENNAYA	62
VI.4.1.PRELEVEMENT ET ECHANTILLONAGE	62
VI.4.2.MESURE DES DEBITS	62
VI.4.3.LES PARAMETRES DE LA POLLUTION	62
VI.4.3.1.Analyse physico-chimique	62
VI.4.3.2.Les analyses bactériologiques	67
VI.5. MATERIELS ET METHODES	68
VI.5.1. ECHANTILLONNAGE ET MODE DE PRELEVEMENT	68
VI.5.2. LES DIFFERENTS TYPES D’ANALYSES	69
VI.5.2.1Analyse physico-chimique	69
VI.5.2.1.1.But des analyses physico-chimiques.....	69
VI.5.2.2.Analyse bactériologiques	76
VI.5.2.2.1.But des analyses bactériologiques.....	76
VI.6.RESULTATS ET INTERPRETATION	77
VI.6.1.RESULTATS ET INTERPRETATION DES ANALYSES PHISICO-CHIMIQUES.....	77
VI.6.1.1.Couleur et odeur.....	77
VI.6.1.2.Température	77
VI.6.1.3.pH.....	77

VI.6.1.4.Turbidité.....	78
VI.6.1.5. Matière en suspension.....	78
VI.6.1.6.DCO.....	78
VI.6.1.7.L'oxygène dissous.....	78
VI.6.1.8.L'ammonium.....	78
VI.6.1.9.Nitrite.....	78
VI.6.1.10.Conclusion.....	78
VI.6.2.RESULTATS ET INTERPRETATION DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES....	79
VI.6.2.1.Les coliformes totaux.....	79
VI.6.2.2.Eschirichia Coli.....	80
VI.6.2.3.Streptocoques fécaux.....	80
VI.6.2.4.Conclusion.....	80
VI.7.L'UTILISATION DES EAUX USEES D'OUED HENNAYA EN AGRICULTURE	81
VI.8.CONSEQUENCE DE LA POLLUTION D'OEUD HENNAYA.....	82
VI.8.1.CONSEQUENCES SANITAIRES.....	82
VI.8.2.CONSEQUENCES ECOLOGIQUES.....	84
VI.8.2.1.L'eutrophisation.....	84
VI.8.3.CONSEQUENCES AGRICOLES.....	85
VI.8.4.IMPACT SUR LES EAUX SOUTERRAINES.....	85
VI.9.CONCLUSION.....	86
<u>CHAPITRE (VII) : LES SOLUTIONS</u>	
VII.1. INTRODUCTION.....	87
VII.2.EPURATION DES EAUX USEES.....	87

VII.2.1.OBJECTIFS D'EPURATION DES EAUX USEES	87
VII.2.2.ESTIMATIONS DES REJETS ET CHARGES POLLUANTES	87
VII.2.2.1.Équivalent-Habitant (EH)	87
VII.2.2.2.Débits	88
VII.2.2.3.Charges polluantes.....	89
VII.2.3.DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION D'EPURATION	90
VII.2.3.1.Choix du site d'implantation de la station	90
VII.2.3.2.Poste de relevage	91
VII.2.3.3.Prétraitement	91
VII.2.3.3.1.Le dégrillage	92
VII.2.3.3.2.Le dessablage	94
VII.2.3.3.3.Le dégraissage – déshuilage	97
VII.2.3.4. Les traitements secondaires, l'élimination biologique des matières polluantes.....	98
VII.2.3.4.1. Réacteurs à cultures libres	98
VII.2.3.4.2. Clarificateur (Décanteur secondaire)	100
VII.2.3.5.Traitement tertiaire	101
VII.2.3.5.1. Bassin de désinfection	101
VII.2.3.5.1. Bassin de stockage	102
VII.2.3.6.Traitement de la boue	102
VII.2.3.6.1.La production de boue	102
VII.2.3.7.2.Filières de traitement de boues	103
VII.3.Conclusion	105
CONCLUSION GENERALE	106

LISTE DES FIGURES

Figure I.1. Cours d'eau.....	3
Figure I.2. Schéma issu d'une rivière avec le bassin versant 'France Nature Environnement '(janvier 2010)	4
Figure I.3. Relations topographiques entre les différents lits.....	5
Figure I.4. La pollution des cours d'eau	7
Figure I.5. La pollution des cours d'eau en Algérie.....	8
Figure I.6. Les dommages de pollution des eaux.....	12
Figure II.1. Situation de la ville et oued d'Hennaya	14
Figure II.2. Coupe schématique de plateau d'Hennaya	22
Figure III.1. Le bassin d'oued Hennaya (numérisé et traité par WMS)	25
Figure III.2. Le Bassin Versant d'oued Hennaya	26
Figure III.3. Le Bassin Versant d'oued Hennaya (1/50000).....	27
Figure III.4. Photo du logiciel Google Earth pour le Bassin Versant.....	28
Figure III.5. Courbes hypsométriques	31
Figure IV.1. Précipitations moyennes annuelles.....	38
Figure IV.2. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles	39
Figure IV.3. Histogramme des précipitations saisonnières.....	40
Figure IV.4. Variation de températures moyennes annuelles	41
Figure IV.5. Températures mensuelles	42
Figure IV.6. Abaque d'aridité annuel de De Martonne.....	43
Figure IV.7. Climagramme d'Emberger	45
Figure IV.8. Détermination du déficit d'écoulement par la méthode de Wundt.....	46
Figure IV.9. Abaque de Thornthwaite	47
Figure VI.1. La pollution d'oued Hennaya	57

Figure VI.2. Les points de rejets des eaux usées dans oued Hennaya	59
Figure VI.3. Les rejets liquides (eaux usées) déversées dans oued Hennaya	60
Figure VI.4. Les rejets solides déversés dans oued Hennaya.....	61
Figure VI.5. pH mètre (manuel).....	70
Figure VI.6. Turbidimètre	71
Figure VI.7. Dispositif de filtration.....	72
Figure VI.8. Balance électronique	72
Figure VI.9. Réacteur DCO	74
Figure VI.10. Oxymètre	75
Figure VI.11. Conductimètre	75
Figure VI.12. Recherche des coliformes totaux	80
Figure VI.13. Recherche des coliformes fécaux	80
Figure VI.14. Terre agricole irrigué par des eaux polluées d'oued Hennaya	82
Figure VII.1. Le prétraitement	92
Figure VII.2. Grilles manuelles	92
Figure VII.3. Grilles mécaniques.....	93
Figure VII.4. Dessableur.....	95
Figure VII.5. Dégraissage	97
Figure VII.6. Bassin à boue activée	99
Figure VII.8. Décanteur secondaire	100
Figure VII.7. Lit de séchage	104

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1. La teneur en oxygène dissous dans l'eau en fonction de la température de l'eau (Sous une pression de 1 bar)	9
Tableau II.1. Evolution de la population communale (1987-1998-2008)	16
Tableau II.2. Evolution de la population par sexe (2008)	16
Tableau II.3. Perspectives démographiques par dispersion et par échéance	17
Tableau III.1. Répartition altimétrique du bassin versant d'oued Hennaya.....	30
Tableau III.2. Classifications O.R.S.T.O.M (I_g).....	32
Tableau III.3. Classifications O.R.S.T.O.M (D_s)... ..	33
Tableau III.4. Ordre des cours d'eaux	33
Tableau III.5. Les temps de concentration	36
Tableau III.6. Caractéristiques du bassin versant.....	37
Tableau IV.1. Caractéristiques des stations pluviométriques	38
Tableau IV.2. Paramètres de la série pluviométrique annuelle	39
Tableau IV.3. Valeurs des précipitations moyennes mensuelles	39
Tableau IV.4. Paramètres de la série pluviométrique mensuelle.....	40
Tableau IV.5. Valeurs des précipitations saisonnières	40
Tableau IV.6. Valeurs mensuelles des températures en (°C).....	41
Tableau IV.7. Valeurs des indices d'aridité mensuels	44
Tableau IV.8. Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite	47
Tableau V.1. Formules de Caquot utilisées dans certains pays	50

Tableau V.2. Débits des rejets des eaux pluviales dans l'oued d'Hennaya au niveau de la commune de Tlemcen (Pour l'horizon d'étude 2030)	50
Tableau V.3. Débits des rejets des eaux pluviales dans l'oued d'Hennaya du nouveau pôle universitaire au niveau de Mansourah (Pour l'horizon 2030).....	51
Tableau V.4. Débits des rejets des eaux pluviales dans l'oued d'Hennaya au niveau d'Hennaya (Pour l'horizon d'étude 2030)	51
Tableau V.5. Débits moyens des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau de la commune de Tlemcen (Pour l'horizon d'étude 2030).....	52
Tableau V.6. Débits des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau d'Hennaya (Pour l'horizon d'étude 2030)	52
Tableau V.7. Débits de pointe des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau de la commune de Tlemcen (Pour l'horizon d'étude 2030).....	53
Tableau V.8. Débits des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya du nouveau pôle universitaire au niveau de Mansourah (Pour l'horizon d'étude 2030).....	53
Tableau V.9. Débits des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau d'Hennaya (Pour l'horizon d'étude 2030).....	53
Tableau V.10. Débits des rejets des eaux usées et pluviales dans l'oued d'Hennaya au niveau de la commune de Tlemcen (Pour l'horizon d'étude 2030).....	54
Tableau V.11. Débits des rejets des eaux pluviales et usées dans l'oued d'Hennaya du nouveau pôle universitaire au niveau de Mansourah (Pour l'horizon d'étude 2030)	54
Tableau V.12. Débits des rejets des eaux usées et pluviales dans l'oued d'Hennaya au niveau d'Hennaya (Pour l'horizon d'étude 2030)	54
Tableau VI.1. Caractère physico-chimiques d'oued Hennaya.....	79
Tableau VI.2. Caractères bactériologiques d'oued Hennaya.....	81
Tableau VI.3. Principaux germes susceptibles d'être présents dans les eaux usées et les principales maladies dont ils sont responsables	84
Tableau VII.1. Composition générale des boues d'épuration.....	103

Tableau VII.2. Les caractéristiques de la station d'épuration d'Hennaya..... 105

Liste des Abréviations et signes

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

ONM : Office National de Météorologie

P.D.A.U : Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme

D.R.E : Direction des ressources en eaux de la Wilaya de Tlemcen.

O.M.S : Organisation Mondial de la Santé

S : Surface (Km^2)

P : Périmètre (Km)

K_C : Indice de compacité de Gravelius

L : Longueur (Km)

I : Largeur (Km)

H_{max} : Altitude maximal (m)

H_{min} : Altitude minimal (m)

H_{moy} : Altitude moyenne (m)

I_m : La pente moyenne I_m du bassin (%)

I_g : Indice de pente globale I_g (m/Km)

D_S: Dénivelée spécifique D_s (m)

F : La fréquence des cours d'eau (km^{-2})

D_d: La densité de drainage (km/km^2)

P_{moy}: La pente moyenne du cours d'eau principale (m/km)

T_C : Le temps de concentration (h)

V_R : Vitesse moyenne de ruissellement (km/h)

σ : Ecart Type

CV : Coefficient de Variance

T: Température (°C)

P : Précipitation (mm)

T_{max} : Moyenne mensuelle des températures maximales (°C)

T_{min} : Moyenne mensuelle des températures minimales (°C)

T_{moy} : Température moyenne mensuelle (°C)

E.T.P : Evapotranspiration potentielle (mm)

E.T.R : Evapotranspiration Réelle (mm)

Q₂ : Quotient pluvio-thermique d'Emberger

I_a : Indice d'aridité

I_M : Indice de Moral

S.T.E.P : Station d'Épuration

cm: Centimètre

°C: Degrés Celsius

°K: Degrés Kelvin

h: Heure

μS/cm: Micro siemens par centimètre

pH : Potentielle d'Hydrogène

mg : Milligramme

l: Litre

Q_P : Débit de pointe (m³/s)

Q_{moy} : Débit moyen (m³/s)

K_p : Coefficient de pointe

DBO₅ : Demande biologique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

M.E.S : Matière En Suspension

M.O : Matière Organique

C.E : Conductivité électrique (μS.cm-1)

MVS : Les Matières Volatiles en Suspension

MMS : Les Matières Minérales en Suspension

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la Terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants, indispensable à toute forme de vie et essentiellement pour le développement économique et social des pays. Ainsi, à chaque grande civilisation est associée un grand fleuve, par exemple le Nil pour l'Égypte, le Tigre et l'Euphrate pour la Mésopotamie [Rolland, 2000]. C'est notamment un solvant efficace pour beaucoup de corps solides trouvés sur Terre.

La Terre est généreusement pourvue d'eau, celle-ci existe en différents états : solide (glaces et icebergs), liquide et gazeux (vapeur d'eau), et occupe différents endroits de la planète bleue : en atmosphère, aux océans et rivières, dans les pôles Nord et Sud et enfin dans le sol et au sous-sol.

Au cours de l'histoire, la disponibilité globale de l'eau est restée plus ou moins constante. Il ya 2000 ans, 200 à 300 millions d'habitants sur terre utilisaient déjà les ressources disponibles.

Aujourd'hui, plus de 6,5 milliards d'êtres humains doivent se contenter de la même quantité d'eau. C'est pourquoi, cette matière première qu'est l'eau, est aujourd'hui sérieusement menacée. De plus, les systèmes naturels de purification de notre planète sont considérablement surchargés.

La nature et les êtres vivants subissent de plus en plus les conséquences de la pollution avec le développement industriel et la croissance démographique. La pollution de l'eau qui affecte les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs est le résultat du rejet des eaux usées sans traitement ou un niveau de traitement insuffisant provoquant ainsi une dégradation de l'écosystème. Le problème est encore plus grave dans le cas des effluents industriels qui présentent un caractère toxique. Généralement, les effluents nécessitent un traitement plus ou moins léger, en fonction du degré d'altération des eaux, avant leur rejet dans le milieu naturel [Allouche et al, 1999].

La pollution des eaux est l'un des problèmes essentiels de notre civilisation moderne. Elle continue à préoccuper les populations et les gouvernements. La pollution, en s'aggravant se propage et risque de mettre en jeu les efforts du développement ainsi que la santé de l'être humain et de son environnement, essentiellement les ressources en eau. Il est nécessaire de trouver une utilisation optimale des eaux et les meilleures conditions de leur protection. Il est aussi important de délimiter les risques de pollution pour les éliminer ou diminuer leurs effets nocifs ou gênants. L'un des aspects négatifs de l'explosion démographique, des centres

INTRODUCTION GENERALE

urbains et du développement industriel, est l'augmentation considérable du volume des eaux usées (domestiques et industrielles), qui sont systématiquement déversées librement, presque sans contrôle dans la nature.

Les eaux usées domestiques contiennent en général des matières fécales d'être humain, rejets d'hôpitaux, eaux usées d'abattoirs. Les rejets industriels, en plus de leur charge en matières organiques peuvent contenir aussi des substances toxiques comme les sels des métaux lourds, l'arsenic, particules radioactives...

Bien qu'une grande partie des eaux usées de la ville de Tlemcen soit traitée par la station d'épuration d'Aïn El Hout et réutilisée pour l'irrigation de la plaine d'Hennaya, il reste les eaux de la partie ouest de la ville de Tlemcen, d'Aïn El Hadjar et celles de la ville d'Hennaya qui sont déversées sans traitement au niveau de l'oued Hennaya qui passe par la ville du même nom.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la présentation d'un mémoire de master, l'objectif visé étant l'étude de pollution d'oued Hennaya (diagnostic, solutions).

Ce mémoire s'articule autour de sept chapitres :

Après une introduction, dans le premier chapitre nous présentons une étude bibliographique sur la pollution des eaux de surface, dans ce chapitre nous parlons sur les eaux de surface, la pollution de ces derniers et leurs conséquences sur l'environnement.

Dans le deuxième chapitre nous présentons la commune d'Hennaya, (les principales caractéristiques géographiques et géologiques ainsi que l'évolution de la population)...

Le troisième chapitre a été consacré à l'étude du bassin versant d'oued Hennaya (morphométrie, relief, hydrographie).

Le quatrième chapitre est dédié à l'étude climatologique de la région d'Hennaya (les paramètres climatiques tels que les précipitations et les températures, les indices climatiques).

Le cinquième chapitre s'intéresse à l'étude hydrologique du bassin versant d'oued Hennaya (les débits des eaux pluviales et les débits des eaux usées).

Le sixième chapitre traite la pollution d'oued Hennaya. Dans ce chapitre nous citons les différents points de rejets des eaux usées, décrivons les différentes analyses réalisées sur ces eaux et nous présentons les conséquences de cette pollution.

Dans le septième chapitre nous présentons quelques solutions pour limiter la pollution de l'oued Hennaya.

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion.

I.1.INTRODUCTION

L'eau recouvre environ 75% de la Terre dont seulement environ 1% est disponible pour l'homme. Elle est la composante essentielle de tous les êtres vivants. La moitié des réserves d'eau douce du monde sont polluées mais cette pollution concerne indifféremment les pays développés et les pays en voies de développement [1].

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines [2].

Malgré toute l'importance que nous reconnaissons à l'eau pour notre santé et pour celle de l'environnement, de la faune et de la flore, nous contribuons, par toutes les activités de notre société industrielle, à la polluer et à dégradation la qualité. Aucun aspect de notre vie moderne n'y échappe : La fabrication des produits de consommation, l'agriculture, l'enfouissement des déchets et même les sports de loisir ont des impacts négatifs importants sur l'eau, l'environnement et notre santé [3].

I.2.LES EAUX DE SURFACE

L'eau de surface est de l'eau qui s'accumule sur le sol ou dans un cours d'eau, le lit d'une rivière, un lac, une zone humide, une mer ou un océan. Elle est essentiellement alimentée par les précipitations et naturellement perdues par l'évaporation et l'infiltration souterraine dans le sol [4].

I.2.1.QUELQUE GENERALITES SUR LES COURS D'EAU

On désigne par cours d'eau tout chenal superficiel ou souterrain dans lequel s'écoule un flux d'eau continu ou temporaire [5].



Figure I.1.Cours d'eau

I.2.1.1. Les différentes parties d'un cours d'eau

Diverses parties peuvent caractériser un cours d'eau :

- **La source** : qui représente le point d'origine du cours d'eau.
- **L'amont** : (la partie la plus élevée du cours d'eau topographiquement) en opposition à l'aval (la partie la moins élevée).
- **Le lit mineur** : c'est-à-dire l'espace qui est occupé de manière permanente ou temporaire par le cours d'eau.
- **Le lit majeur** : qui est occupé temporairement en période de crue lors des inondations
- **la rive** : qui borde le cours d'eau.
- **Les berges** : qui délimitent le lit mineur maintenues par la végétation.
- **Les annexes hydrauliques** : qui peuvent être définies comme une forme topographique quelconque, remplie plus ou moins d'eau et fréquemment coupée du lit majeur du fleuve durant la période d'étiage.
- **La ripisylve** : qui correspond à la végétation de bords de cours d'eau ; elle est composée de plusieurs strates : herbacée, arbustive, arborée.
- **l'embouchure** : ou estuaire qui est le lieu où le cours d'eau (fleuve) termine sa course (généralement dans un océan, dans la mer ou dans un lac).

D'autres éléments secondaires permettent de caractériser un cours d'eau comme les **méandres** par exemple qui sont des sinuosités très prononcées du cours d'un fleuve ou d'une rivière.

L'ensemble des cours d'eau naturels et artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement forme le réseau hydrographique.

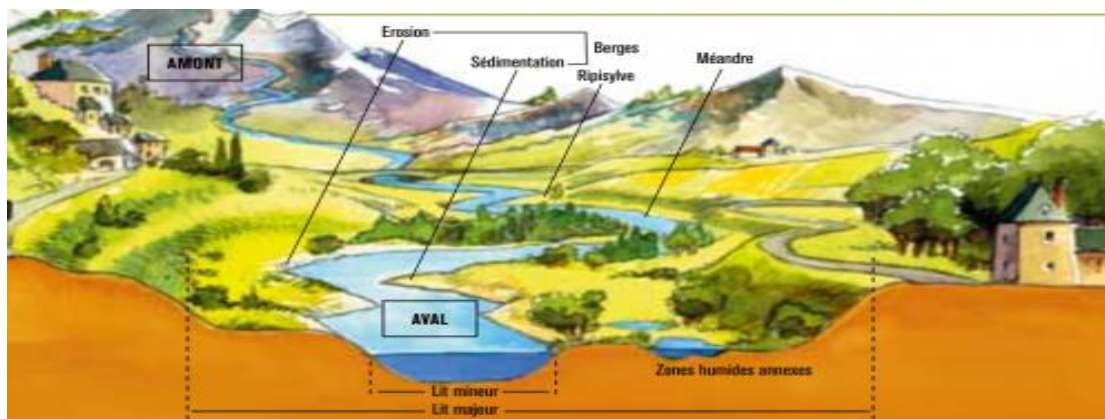


Figure I.2. Schéma issu d'une rivière avec le bassin versant 'France Nature Environnement' (janvier 2010)

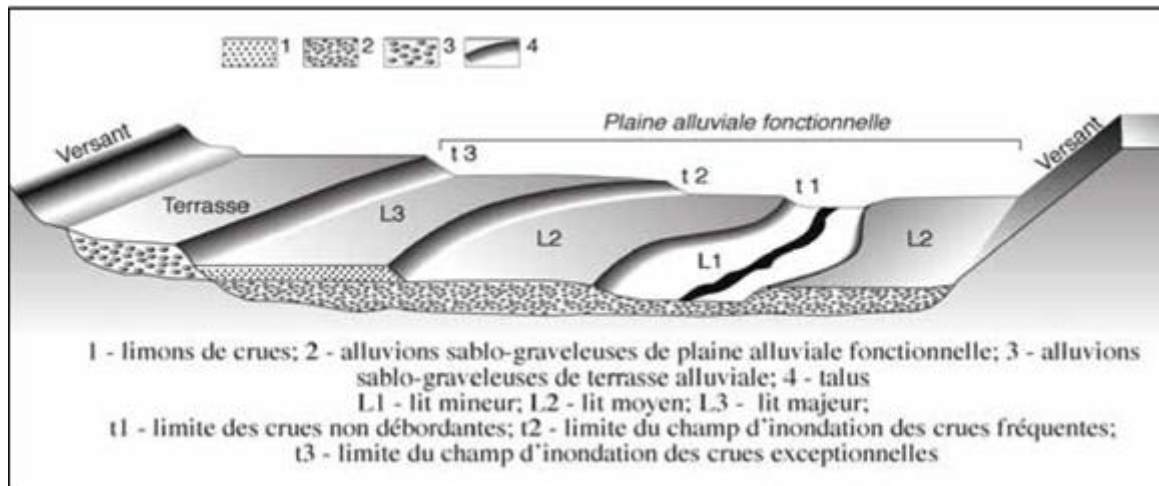


Figure I.3. Relations topographiques entre les différents lits

I.2.1.2. Les différents types de cours d'eau

En fonction de ces caractéristiques mais également de la longueur, de la localisation géographique ou d'autres paramètres, différents types de cours d'eau peuvent être distingués tels que :

- **Le ru** : petit cours d'eau, souvent en tête de bassin, démarrage de l'écoulement.
- **Les ruisseaux (chaabat)** : petits cours d'eau de faible largeur et de faible longueur.
- **Le canal** : conduit naturel ou artificiel permettant le passage d'un fluide.
- **Les torrents** : cours d'eau situés généralement en montagne ou sur des terrains accidentés, au débit rapide et irrégulier.
- **Les rivières (oueds)** : cours d'eau moyennement importants dont l'écoulement est continu ou intermittent, elles se jettent dans d'autres rivières ou dans des fleuves,
- **Les fleuves** : cours d'eau parfois importants se jetant dans l'océan ce qui les différencie des rivières.

I.2.1.3. Les différents facteurs influant sur la qualité des cours d'eau

La qualité des cours d'eau dépend de différents facteurs qui peuvent être modifiés et dégradés. Ils permettent de dresser un diagnostic du cours d'eau pour évaluer le besoin ou non d'aménagement.

Les principaux facteurs physico-chimiques déterminant l'état des cours d'eau sont les suivants :

- La température ;
- Le taux d'oxygène dissous ;
- Le taux d'azote ;
- Le taux de phosphore ;
- Le taux de polluants ;
- Le pH ;
- Le taux de salinité ;
- La présence ou non de prolifération végétale ;
- Le taux de matières en suspension [5].

I.3.LA POLLUTION DES EAUX DE SURFACE

I.3.1.DEFINITION DE LA POLLUTION

La pollution est une dégradation de l'environnement par l'introduction dans l'air, l'eau ou le sol de matières n'étant pas présentes naturellement dans le milieu. Elle entraîne une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement [6].

I.3.2.POLLUTION DE L'EAU

Une eau est dite polluée lorsque sa qualité chimique, physique ou biologique naturelle est modifiée. Les conséquences de cette pollution se répercutent sur la santé des êtres vivants et sur notre environnement.

La pollution de l'eau peut être causée par la nature elle-même, à travers le ruissellement et le drainage des sols. Mais le plus souvent, elle résulte des activités humaines et des activités industrielles, mais également de l'agriculture qui utilise le lisier et les pesticides comme fertilisant. On considère généralement que les facteurs de pollution sont extrêmement nombreux, notamment les substances organiques, les substances chimiques, les détergents synthétiques, les hydrocarbures, les déchets radioactifs et même la température. Ces polluants peuvent être déversés dans un lieu précis grâce aux canalisations ou aux égouts [7].

I.3.2.1.La pollution des cours d'eau

A tel point que 2 milliards de litres d'eaux usées, utilisées par l'humanité, sont rejetées chaque jour dans les rivières et les mers, soit plus de 23 000 litres chaque seconde. A cause de fuites dans les canalisations, de déversements directs d'eaux sales dans la nature, du manque de stations d'épurations, chaque année ce sont 730 milliards de litres d'eaux usées qui sont rejetés. Une quantité bien supérieure à l'évaporation naturelle des océans dans l'atmosphère (1 milliards de litres d'évaporation / jour). Dans les pays en développement ou

émergents, 90 % des eaux usées sont rejetées dans le milieu naturel sans aucun traitement. Autant de pollution en plus dans la nature ! On comprend mieux le risque de pollution que cela entraîne et l'importance des stations d'épuration [8].

L'urbanisation, l'essor de l'industrie et de l'agriculture intensive ont accru, de manière chronique ou accidentelle, la pollution des cours d'eau. La moitié des fleuves et rivières de la planète sont pollués. Cette pollution chimique provient entre autres des engrais de synthèse et des pesticides utilisés par l'agriculture, et des rejets toxiques de l'activité industrielle et minière. Le ruissellement des pluies et les infiltrations dans le sol entraînent la pollution vers les cours d'eau et l'océan [9].



Figure I.4.La pollution des cours d'eau [10]

I.3.2.2. La pollution des cours d'eau en Algérie

Les oueds d'Algérie sont devenus de véritables dépotoirs, en ce sens ils charrient toutes sortes de rejets liquides et solides [Guasmi I. et al, 2006].

Par exemple Les oueds (Seybouse, Medjerda, Kebir Est et Bouhamdene), reçoivent les eaux usées déversées par les localités et par les industries situées le long de ces cours d'eau.

Ces eaux usées contribuent à la dégradation de la qualité des eaux des oueds.

Notons que ces eaux sont utilisées pour l'irrigation, ce qui permet le déplacement des polluants vers les nappes superficielles soutenues par les oueds [Djabri L. et al, 2012].



Figure I.5.La pollution des cours d'eau en Algérie

I.3.2.3. Les sources de pollution

Les sources de pollution peuvent être classées suivants différents critères :

- ❖ En fonction de l'origine de la pollution ;
- ❖ Selon la nature des polluants ;
- ❖ Selon la répartition géographique ;
- ❖ En fonction de la répartition dans le temps.

I.3.2.3.1. En fonction de l'origine de la pollution

- Urbaine : Eaux usées domestiques, eaux pluviales, eaux d'infiltration sous les dépôts d'ordures et autres ;
- Industrielle : Eaux usées, eaux d'infiltration sous dépôts industriels, liquides dangereux tels les hydrocarbures, eaux des bassins de lagunage et autre ;
- ❖ Agricole : Eaux d'infiltration et de ruissellement dans les limites des périmètres irrigués, les sites d'élevages, de lisiers, d'épandages d'engrais et produits phytosanitaires, les pesticides.

I.3.2.3.2. Selon la nature des polluants

- Physiques : Chaleur, matières en suspension, radioactivité et autre ;
- Chimiques : Sels minéraux, métaux lourds, pesticides, détergents, hydrocarbures et autre ;
- Microbiologique : Micro-organismes, virus, bactéries.

I.3.2.3.3.Selon la répartition géographique

- **Pollution diffuse** : est la pollution la plus répandue, de nos jours, la plus néfaste. Ce type de pollution contamine l'air, le sol et l'eau sur de longues périodes. Généralement, il s'agit de petites doses répétées régulièrement et sur grandes surfaces. Ce type de pollution est moins légiféré. Par exemple, la mauvaise gestion des sols en phosphore n'est légiférée que depuis 2002. La pollution diffuse est plus difficile à contrôler que la pollution ponctuelle parce qu'elle est liée à une multitude de sources réparties sur l'ensemble du territoire.
- **Pollution ponctuelle** : est la pollution qui provient d'un point unique et identifiable, par exemple, l'effluent d'une usine. Ce type de pollution est le plus connu et souvent le plus polluant à court terme. Les émissions de ce type de pollution sont généralement beaucoup plus polluantes que celles produites par la pollution diffuse. Ce type de pollution a été fortement réduit au cours des dernières décennies.

I.3.2.3.4.En fonction de la répartition dans le temps

- Pollution permanente (chronique) ;
- Pollution accidentelle ;
- Pollution saisonnière (sels de déneigement, etc....).

I.3.2.4.Les principaux polluants et leurs effets

L'eau en tant que biotope est caractérisée par ses conditions physico-chimiques et hydrodynamiques. La température de l'eau par exemple est considérée comme un important facteur biotique. Elle conditionne la teneur en oxygène dissous dans l'eau (tableau I.1). Aussi le degré de saturation de l'eau en oxygène dissous est inversement proportionnel à sa température [Diadovski I., 1993].

Tableau I.1.Le tableau représente la teneur en oxygène dissous dans l'eau en fonction de la température de l'eau (Sous une pression de 1 bar) [Diadovski I., 1993]

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30
Oxygène dissous (mg/l)	14.26	12.37	10.92	9.76	8.84	8.11	7.53

-Le **pH** : indicateur d'acidité, est un important facteur écologique. L'analyse de la FAO (FAO ,1968), donne l'influence du pH sur les espèces aquatiques :

- PH < 3.5 : Toutes les espèces de poisson sont détruites, seule quelques invertébrés et espèces végétales peuvent y survivre ;

- pH = 3.5 - 4.0 : Limitatif pour la plupart des espèces (sans croissance normal) ;
- PH = 4.0 - 4.5 : Limitatif pour la plus part des espèces, dangereux pour le saumon et les jeunes poissons ;
- pH = 5 - 9 : Toutes les espèces peuvent y survivre et se développer normalement ;
- pH = 9 -10 : Dangereux pour toutes les espèces ;
- pH > 10 : Toutes les espèces sont détruites.

-**Les polluants minéraux** : comme les composés azotés (nitrates et nitrites) sont les plus fréquents dans l'eau de surface (et même souterraine, migration par infiltration). Leur origine est essentiellement due à l'épandage des engrais, d'effluents d'élevage et de rejets d'eaux usées domestiques. Ces polluants peuvent causer des maladies mortelles chez les tous jeunes enfants (méthémoglobinémie, risques de cyanose). La présence du phosphore est un facteur d'eutrophisation des retenues et cours d'eau.

-**Les métaux lourds** : sont très toxiques. Le cuivre, le fer et le zinc ne semblent pas avoir d'effets toxiques notables sur l'homme. Mais le chrome (chromates et bichromates), présent dans les eaux usées industrielles et reconnu cancérigène.

-**Le plomb** : produit par les tuyauteries et les eaux usées industrielles provoque des intoxications Le cadmium issu des industries de céramique, de colorants et de métallurgie admet une toxicité élevée (dose létale humaine : 2g).

-**Le mercure** : est le plus toxique des métaux lourds par ses sels organiques solubles.

-**Les polluants microbiologiques** : (bactérie, virus, et autre agents pathogènes) proviennent des eaux usées domestique, des décharges, de cimetières et autre. Ces polluants peuvent provoquer des maladies à transmission hydrique pouvant être à l'origine d'épidémies [Chapiat D. et Larpent J., 1994].

Les indicateurs de pollution les plus importants sont :

- ✓ La demande biochimique en oxygène (DBO₅) : Représentant la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder des substances organiques contenues dans l'eau pendant cinq jours à 20°C.
- ✓ La demande chimique en oxygène (DCO) : Représentant la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de toutes les matières oxydables contenues dans l'eau.
- ✓ Les produits azotés : Représentant les nitrates, nitrites et ammonium.

✓ Les produits phosphatés : Sous forme de PO_4^{-3} , $\text{P}_2\text{O}_5\text{H}_2\text{PO}_4$, HPO_4^{-2} .

I.3.2.5. Les conséquences de la pollution de l'eau

Dans les pays en développement ou émergents, 90 % des eaux usées sont rejetées dans le milieu naturel sans aucun traitement. Cela entraîne des dommages sanitaires et environnementaux des plus conséquents.

Les maladies infectieuses, notamment celles dues à une contamination des eaux, sont les principales causes de mortalités infantiles mondiales.

10% de la population mondiale est approvisionnée par de la nourriture cultivée grâce à l'utilisation des eaux usées (l'irrigation et la fertilisation) [8].

4 milliards de cas de diarrhées, dû à l'insalubrité des eaux, sont recensés chaque année. Ils causent 2.2 millions de morts par an [8]. Les enfants de moins de cinq ans en sont les principales victimes puisqu'on a constaté environ 6 000 enfants morts par jour à cause des maladies diarrhéiques telles que la dysenterie, la typhoïde et le choléra. L'utilisation d'eau polluée entraîne également des maladies de la peau comme la gale [11].

Par exemple en Inde, la diarrhée est la principale cause de mortalité infantile et tue chaque année un demi-million d'enfants (OMS 2000) [8].

Mais les êtres humains ne sont pas les seuls à subir les conséquences de la pollution de l'eau, la faune et la flore en sont également victimes. Les substances toxiques contenues dans l'eau polluée peuvent être stockées par les plantes cultivées dont la consommation ultérieure peut provoquer des maladies digestives, des atteintes au foie et aux reins.

La pollution chimique est l'une des plus dangereuses, avec la révolution industrielle de nombreuses substances toxiques ont été créés, ou utilisées comme le plomb (canalisation...), le mercure et la plus part des autres métaux lourds, l'arsenic, et les nombreux pesticides. Ces substances toxiques déversées dans un cours d'eau peuvent pénétrer dans les chaînes alimentaires, et se révèlent être de terrible poisons pour la faune et la flore aquatique.

Toutes ces substances dégradent la qualité de l'eau et la rendent impropre à la consommation. Ces produits ont des effets dits cumulants, c'est à dire qu'ils se concentrent dans certains organes et ne sont que faiblement éliminés par excrétion. De ce fait plus on remonte la chaîne alimentaire et plus les concentrations de substances toxiques sont importantes.

La pollution marine est à la source de la dégradation de la faune et la flore aquatiques. Les produits nocifs contenus dans les déchets qu'on déverse directement dans les mers sont plus ou moins absorbés par les organismes marins. De nombreuses espèces animales et végétales ont déjà disparu et beaucoup d'autres sont en voie de disparition [11].

Cette dégradation perturbe l'écosystème. En 2003, 24% des mammifères et 12% des oiseaux, liés aux eaux continentales, étaient considérés comme des espèces menacées.

En 2009, dans certaines régions, plus de 50% des espèces de poissons d'eau douces étaient en voie d'extinction [8].



Figure I.6. Les dommages de pollution des eaux [8]

I.4.CONCLUSION

Nous pouvons retenir que la pollution est un phénomène ayant plusieurs origines mais deux d'entre elles restent majeures à savoir l'origine humaine qui en est la cause principale et l'origine naturelle, par ailleurs ce phénomène présente de nombreux dangers pour l'environnement et l'être humain dont les conséquences pourraient s'avérer plus grave, il est donc nécessaire pour les états d'adopter des mesures drastiques en vue d'endiguer cette menace qu'est la pollution [12].

II.1.PRESENTATION DE LA COMMUNE D'HENNAYA

La commune d'Hennaya est située au Nord du chef-lieu de wilaya et constitue la convergence d'un important réseau routier.

La commune est limitée dans son ensemble :

- ❖ Au nord par la commune de Remchi.
- ❖ Au sud par le chef-lieu Tlemcen.
- ❖ A l'Est par la commune d'Amier et Chetouane.
- ❖ A l'Ouest par la commune de Zenata et Beni mester.

Elle est composée de cinq agglomérations dont Hennaya en tant que chef-lieu de commune. La commune s'étend sur une superficie d'environ 9000ha.

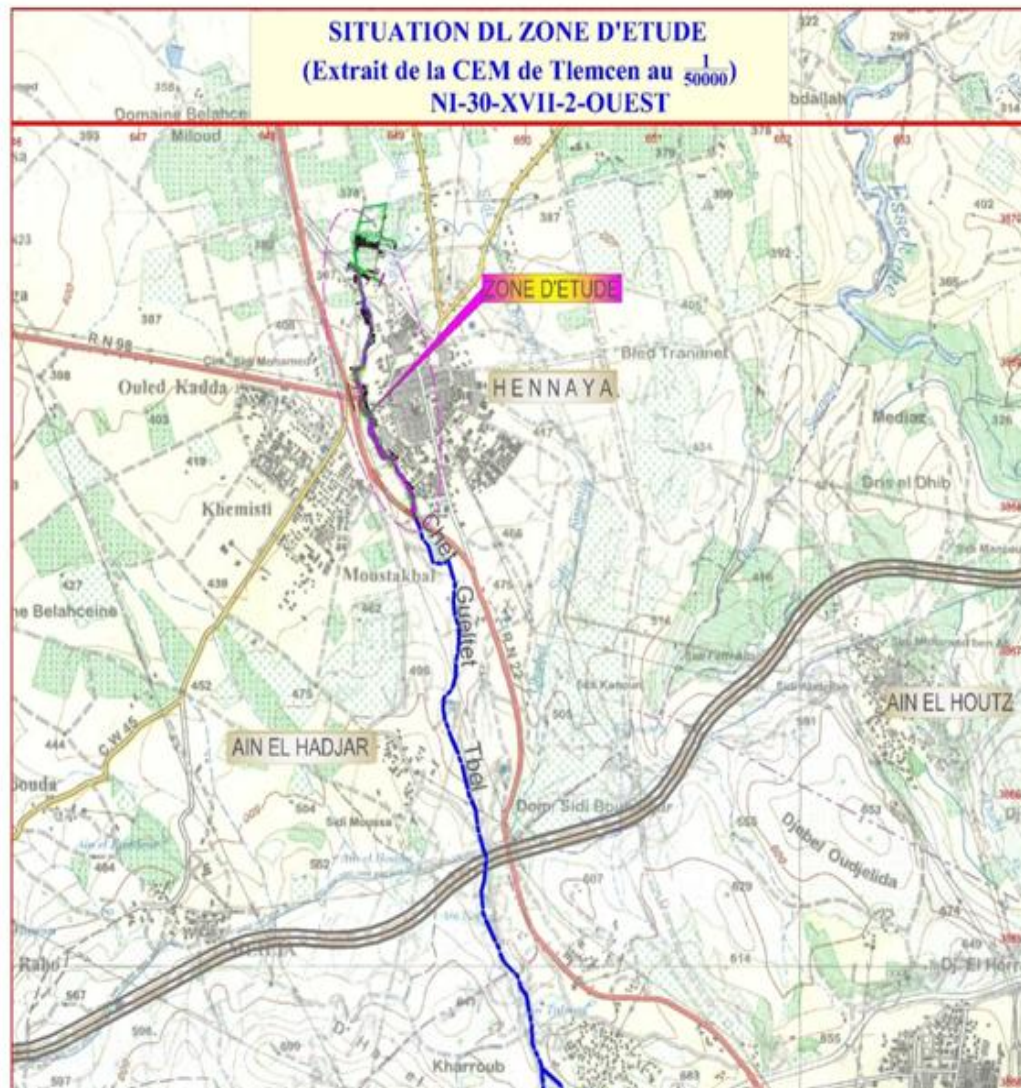


Figure II.1.Situation de la ville et oued d'Hennaya

II.1.1.LE RELIEF

La commune de Hennaya est caractérisée par un relief relativement plat au Nord composé de plateaux homogènes, accidenté dans la partie Sud entaillé par le ravinement des oueds.

L'altimétrie varie jusqu'à 150 m, point le plus bas et le point culminant à la limite de la commune de Tlemcen situé à 500 m. Cela correspond à une pente moyenne de l'ordre de 5% dans la direction Nord Sud.

La partie Sud de la commune est à relief vallonné à l'exception de quelques replats. Les dépressions formées par les oueds génèrent des ravinements à fortes pentes où active une érosion hydrique très apparente.

II.1.2.LE CLIMAT

Le climat est modéré sur la partie occidentale particulièrement sur les dépressions et vallées ou s'installe un micro-climat. Par contre la partie orientale est caractérisée par un climat contrasté dont l'écart thermique est très important, présence de gelée et vents violent.

- ❖ La pluviométrie varie entre 400 et 500mm/an.
- ❖ Absence totale de neige et nombre réduit de gelée.
- ❖ Les vents dominant sont ceux de l'Ouest et Nord-ouest.
- ❖ Le siroco souffle pendant 4 jours par an [**Subdivision DRE-Hennaya, 2015**].

II.2.LES ASPECTS DEMOGRAPHIQUES

L'évaluation de la population communale nous permet de connaître ses caractéristiques, son évolution et sa répartition.

II.2.1.ESTIMATION DE LA POPULATION A L'ECHELLE DE LA COMMUNE EN 2008

L'estimation de la population est faite selon les indicateurs de la monographie communale.

Tableau II.1.Evolution de la population communale (1987-1998-2008) [P.D.A.U, 2012]

DISPERSIONS	POPULATION				
	1987	1998	Txacc 87/98	2008	Txacc98/2008
Hennaya-ACL	18809	24688	2.5	26515	0.7
Ain El Hadjar	467	594	2.2	704	1.7
Melilia	896	1170	2.5	1412	1.8
M'kacem	687	874	2.2	1002	1.4
Merazga	460	585	2.4	668	1.3
Taaounia	1049	1385	2.5	1675	1.9
Zone éparsé	1726	1296	-2.5	1380	0.6
Total	24094	30592	2.2	33356	0.9

Txacc : Taux d'accroissement.

Tableau II.2.Evolution de la population par sexe (2008) [P.D.A.U, 2012]

	Féminin	Masculin	TOT	T ^x acc
Hennaya	16939	16417	33356	0.9

II.2.2.PERSPECTIVES D'EVOLUTION DE LA POPULATION

Les prévisions de croissance de la population, ont été établies en fonction des objectifs suivants :

- Pour le cours terme (horizon 2015), l'agglomération chef-lieu évoluera avec le même taux observé entre 1998 et 2008 (0,7 %) ceci pour réduire sensiblement la pression exercée jusque-là sur le chef-lieu ; les agglomérations secondaires et la zone éparsé connaîtront des taux positifs (mesures incitatives de repeuplement de l'espace communal en inversant la tendance connue jusque-là et le retour de la population vers son lieu d'origine.)
- A moyen terme (horizon 2020) afin de stabiliser la population au niveau des agglomérations, le taux sera de 1,5 % pour l'ensemble de la commune.

- A long terme (horizon 2030) : le taux est fixé à 2 % (correspondant à la moyenne nationale) [P.D.A.U, 2012].

Tableau II.3.Perspectives démographiques par dispersion et par échéance
[P.D.A.U, 2012]

Dispersions	POP.2008	Txacc. 98/2008	POP 2015	TX d'Acc. Hyp.Moy	POP 2020	TX d'Acc. Hyp.Equil	POP 2030
Hennaya-ACL	26515	0,7	27840	1,5	29984	2	36520
Ain El Hadjar	704	1,7	788		849		1034
Melilia	1412	1,8	1595		1718		2092
M'kacem	1002	1,4	1102		1187		1446
Merazga	668	1,3	728		784		955
Taaounia	1675	1,9	1909		2056		2504
Zone éparsé	1380	0,6	1435		1545		1882
Total	33356	0,9	35357		38079		46380

II.6. LES RESSOURCES EN EAUX DE LA COMMUNE D'ENHNAYA

Les ressources en eau sont :

II.6.1.PUITS

Une centaine de puits individuels sont recensés au niveau de la commune de Hennaya. Ils puisent d'une nappe phréatique de faible capacité. Ces puits d'une profondeur de 20-30 massurent l'irrigation d'environ 350 Ha à travers la plaine.

II.6.2.LES RETENUES COLLINAIRES

Trois retenues collinaires ont été réalisées à travers la commune de Hennaya. Actuellement tous ces ouvrages sont complètement envasés et ne participent plus à l'irrigation.

II.3.L'AEP ET L'ASSAINISSEMENT DANS LA COMMUNE D'HENNAYA

II.3.1.L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

II.3.1.1.Schéma de principe

Excepté les centres de Melilia et Ain El Hadjar, la quasi-totalité des centres agglomérés de la commune sont alimentés par le dessalement de Honaine et Souk El Tlata. Deux réservoirs de 1000 m³ et 500 m³ stockent l'eau dessalée provenant de la station de dessalement de Honaine et un seul réservoir de 1000 m³ pour l'eau dessalée de la station de dessalement de Souk El Tlata [**Subdivision DRE-Hennaya, 2015**].

II.3.2.ASSAINISSEMENT DE LA COMMUNE D' HENNYA

II.3.2.1.Schéma de principe

La commune de Hennaya est confrontée à des problèmes majeurs en matière d'assainissement. Le premier est engendré par Oued Seffah qui est le principal exutoire des eaux usées du chef-lieu de la commune, de l'agglomération de Koudia et la partie Ouest de Tlemcen.

Ce cours d'eau pollué et non aménagé, traverse l'agglomération de Hennaya sur un parcours de 2800 m accentuant la rupture de son tissu et générant des impacts considérables sur son urbanisation future. Ce drain naturel se perd au niveau de la plaine et devient ainsi une source de pollution active.

Par ailleurs, l'absence des équipements d'évacuation des eaux pluviales vers un exutoire naturel serait à l'origine des fréquentes inondations qui menacent la plaine et les centres de Taaounia et M'Kacem [**Subdivision DRE-Hennaya, 2015**].

II.3.2.2. Caractéristique du réseau

L'agglomération d'Hennaya est assainie par quatre principaux réseaux autonomes de types unitaires ; cette infrastructure d'assainissement assure un taux de raccordement satisfaisant de l'ordre de 100%. Cependant, la totalité des eaux résiduaires sont rejetées dans l'Oued Seffah qui est le principal collecteur des effluents urbains, accentuant ainsi les risques de pollution [**Hechmi F., 2012**].

II.4.AGRICULTURE

II.4.1.CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'ESPACE AGRICOLE

L'espace agricole est formée de plaines et plateaux au Nord et de piémonts au Sud. La plaine recèle le potentiel en sol le plus riche, là où s'exerce l'essentiel de l'activité agricole.

Caractérisée par la platitude de sa topographie, la plaine est confrontée aux problèmes de drainage des eaux pluviales. Ainsi une surface de l'ordre de 1320 Ha de bonne valeur est sujette à des inondations, elle est située entre Taâounia et M'Kacem.

A cela, il faudrait ajouter les risques de toxicité des sols et de la nappe phréatique que peuvent engendrer les eaux usées qui se perdent dans la plaine.

II.4.2. OCCUPATION DU SOL

Au Sud et à l'Est de la commune de Hennaya, la plaine recèle un potentiel en sol à haute valeur agricole. Bénéficiant d'une infrastructure d'irrigation, cette zone est le domaine de l'arboriculture irriguée et les cultures maraichères en co-plantations sur une surface de 726 Ha.

La zone de plateau est occupée essentiellement par les céréales et l'arboriculture rustique notamment l'olivier planté en masse [Subdivision DRE-Hennaya, 2015].

II.5. LES FORMATIONS GEOLOGIQUES

Notre secteur d'étude, fait partie du domaine Tlemcenien qui s'étend depuis la frontière Algéro-Marocaine à l'Ouest jusqu'aux environs de Tiaret à l'Est et qui constitue une zone de transition entre le domaine Tellien et les hautes plaines oranaises.

Le domaine Tlemcenien est séparé du domaine tellien, au Nord, par la dépression mio-plio-quadernaire.

La plaine d'Hennaya correspond à une dépression tectonique dont le remplissage est constitué par des formations plio-quadernaires (conglomérats, travertins et argiles), et des formations miocènes (grès tortoniens et marnes helvétiques) reposant sur une assise jurassique (dolomies et calcaire).

II.5.1. ANALYSE LITHO-STRATIGRAPHIQUE

II.5.1.1. Le secondaire

Il est représenté par le jurassique supérieur. On peut distinguer :

a. Grés de Boumediene

Ils ne drainent que peu d'eau. Cependant, ils présentent des bancs de grés qui sont assez puissants s'intercalant dans les marnes et sont jugés intéressants parce que ces roches présentent des diaclases qui augmentent leur perméabilité. Grâce aussi à des jeux de failles, ils peuvent apparemment donner naissance à de grandes sources qui sont en réalité alimentées par des impluviums calcaires dolomitiques. Les grés ne jouant que le rôle d'écran filtre.

b. Les dolomies de Tlemcen

Elles sont assez largement répandues dans le groupement puisqu'elles affleurent au Djebel Tefatisset, Ain El Houtz et Boudjlida. L'épaisseur de cette formation est impressionnante puisqu'elle peut atteindre les 300 mètres.

c. Les marno calcaires de Raourai

Il s'agit d'alternance de marnes grise verdâtre ou blanchâtre et de calcaire marneux durs. En fait, c'est une formation plutôt calcaire que marneuse. Son épaisseur est en moyenne de 40 m. Cette formation est particulièrement bien développée sur le Djebel Tefatisset à la limite Ouest du Groupement au niveau de la ZHUN champ Tir, Djebel Ain el Houtz et El Hadid au Nord de Chetouane.

II.5.1.2. Le tertiaires

a. L'Eocène

La formation affleure sur une très faible surface au niveau d'Ain Berkouk. C'est un ensemble gréseux de passage de bancs de poudingues dans la basse vallée de l'Oued Isser près de la confluence avec l'Oued Tafna. Ces alternances forment une série de 100 à 150 m d'épaisseur, d'âge éocène supérieur.

b. Le Miocène

Le miocène marin se développe presque uniquement sur le versant Nord des monts de Tlemcen. On peut distinguer :

b.1. Le Carténien

Il est constitué par des marnes grises. D'après Doumergue (1910), il fait partie du Miocène inférieure.

b.2.L'Helvétien

Il est constitué par une épaisse série de marnes grises ou bleutées dont la masse devient ocrés par altération. Au sein de cette série, s'intercalent de nombreux bancs décamétriques de grès jaunes, plus fréquent au sommet. Ces marnes sont très développées dans la vallée de la rive droite de l'Oued Sikkak où leur puissance est de l'ordre de 100 mètres.

b.3.Le Tortonien

Ce sont des grès fissurés jaunes avec par endroits de minces poussées marneuses. Les grès sont assez durs, mal limités. Localement ce Tortonien peut avoir des faciès différents représentés par des argiles plus ou moins sableuses l'épaisseur de cette formation varie de 20 à 30 mètres.

b.4.Pliocène (conglomérats de la plaine d'Hennaya)

Au niveau des exutoires de la nappe d'Hennaya (Aïn Boukoura, Aïn Ouahab, Aïn Halilifa, et Aïn El Kahla), les conglomérats forment une bande continue qui va du Nord de l'agglomération d'Hennaya à Aïn Halilifa.

Il s'agit des poudingues polygéniques, hétérométriques, très consolidés à éléments calcaires dolomitiques et à ciment calcaire.

-les conglomérats de la plaine d'Hennaya sont :

- Soit immédiatement postérieurs aux grès tortoniens, ils correspondraient donc à la phase régressive qui a terminé le Miocène.
- Soit Pliocène.

Ces poudingues qui surmontent et remanient les grès tortoniens, ont une épaisseur moyenne de 7 m, déterminée par sondages.

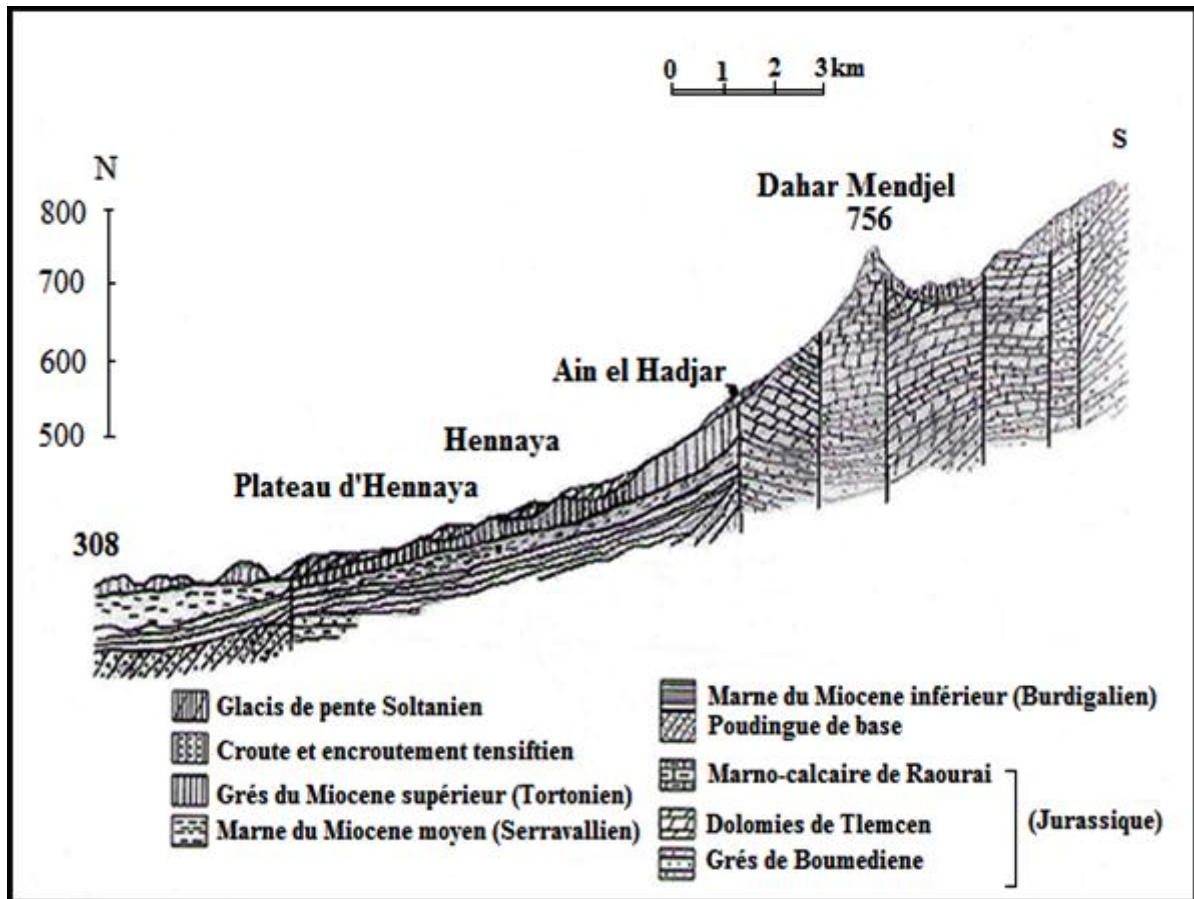


Figure II.2. Coupe schématique de plateau d'Hennaya

c. Le Quaternaire

La quaternaire n'est représenté que par des formations continentales qu'il est difficile de dater précisément. Au Nord des monts de Tlemcen, les dépôts alluvionnaires atteignent rarement plus de 100 mètres. Il s'agit de marnes sableuses ou d'argile peu perméables. Une étude de ces dépôts continentaux a été proposée par Guardia en 1975.

▪ Le complexe de piémont

La bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémonts plus ou moins encroutés d'épaisseur assez faible.

▪ Les travertins

Ils constituent des puissants dépôts disposés en terrasses et s'avancant en hautes falaises (plateau de Lalla Setti). Leur épaisseur peut dépasser les 60 mètres. Ces dépôts proviennent de la dissolution interne des massifs calcaires dolomitique, témoignent de l'importance des résurgences.

▪ La carapace calcaire

Cette carapace recouvre les formations miocènes et forme l'entablement subhorizontal des plateaux.

Elle est bien développée sur la plaine d'Hennaya et vers l'Est dans la région des Ouled Alaa elle peut atteindre 10 m.

▪ La croute calcaire

Formée par l'encroûtement de teinte claire et des croûtes lamellaires. Cet encroûtement est bien marqué sur la plaine d'Hennaya où il masque partiellement les grès tortoniens.

Cet encroûtement de teinte calcaire et des croutes lamellaires n'a qu'une épaisseur réduite de l'ordre d'un mètre.

▪ Le glacis de pente soltanien

Il s'agit des formations soltaniennes le plus souvent limono-argileuses. La partie des marnes non atteintes par les érosions récentes montrent de grands glacis de sols rouges se raccordant à la terrasse soltaniennes.

▪ La terrasse soltaniennes

L'Oued Sikkak est jalonné par des lambeaux de terrasses s'élevant de 10 à 12 m au-dessus des alluvions récentes du lit majeur. Le plus souvent limono-argileuses, de teinte brique et non encroûtées, ces terrasses représentent le Soltanien.

▪ Les alluvions anciennes et encroûtements carbonatés

Ce sont des matériaux grossiers, caillouteux et limoneux, ont les rencontres dans les fonds de vallées du groupement et des dépôts de ruissellement.

III.1.INTRODUCTION

L'analyse des caractéristiques géographiques et physiques de la région d'étude constitue un premier diagnostic permettant la mise en évidence des facteurs et paramètres contribuant à la détermination de l'écoulement superficiel, élément important dans l'étude de la pollution et sa propagation dans le réseau hydrographique.

III.1.1.PRESENTATION DU LOGICIEL WMS (WATERSHED MODELING SYSTEM)

Dans notre étude, nous allons utiliser le modèle WMS « Watershed Modeling System», qui inclut des outils puissants pour automatiser les processus de la modélisation et la prédiction du comportement hydrologique, tel que la délimitation automatisée du bassin versant, les calculs des paramètres géométriques.....

En utilisant des données numériques de terrain (MNA : Modèle Numérique d'Altitude), WMS peut automatiquement délimiter un bassin versant et ses sous bassins. Dans le cadre de processus de la délimitation, WMS donne les données du bassin tel que : la surface, la pente, l'altitude moyenne, longueur de talweg principal...

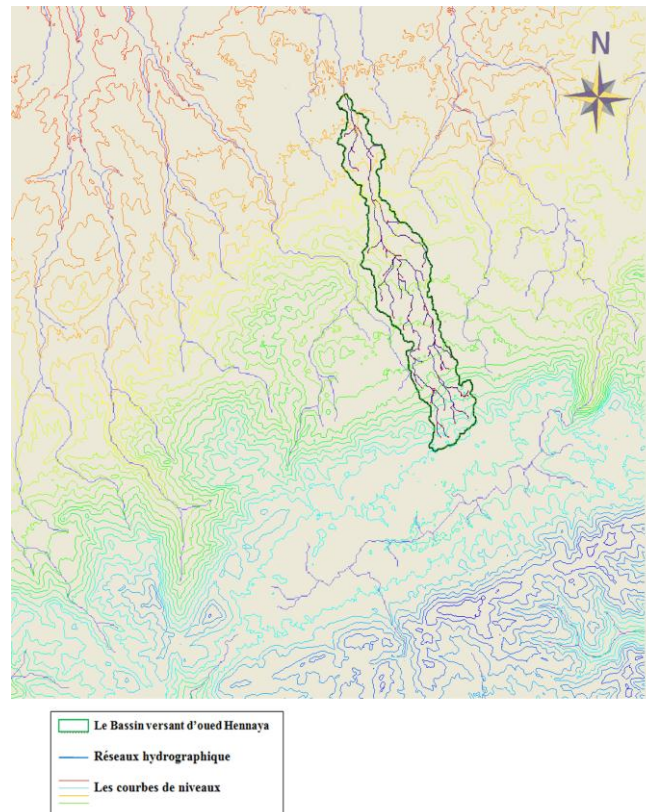


Figure III.1.Le bassin d'oued Hennaya (numérisé et traité par WMS)

III.2.CARACTERISTIQUES MORPHOMETRIQUES DU BASSIN VERSANT

III.2.1.DEFINITION DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant est un espace géographique dont les apports hydriques naturels sont alimentés exclusivement par les précipitations, et dont les excès en eaux ou en matières solides transportées par l'eau forment, à un point unique de l'espace, une embouchure ou un exutoire.

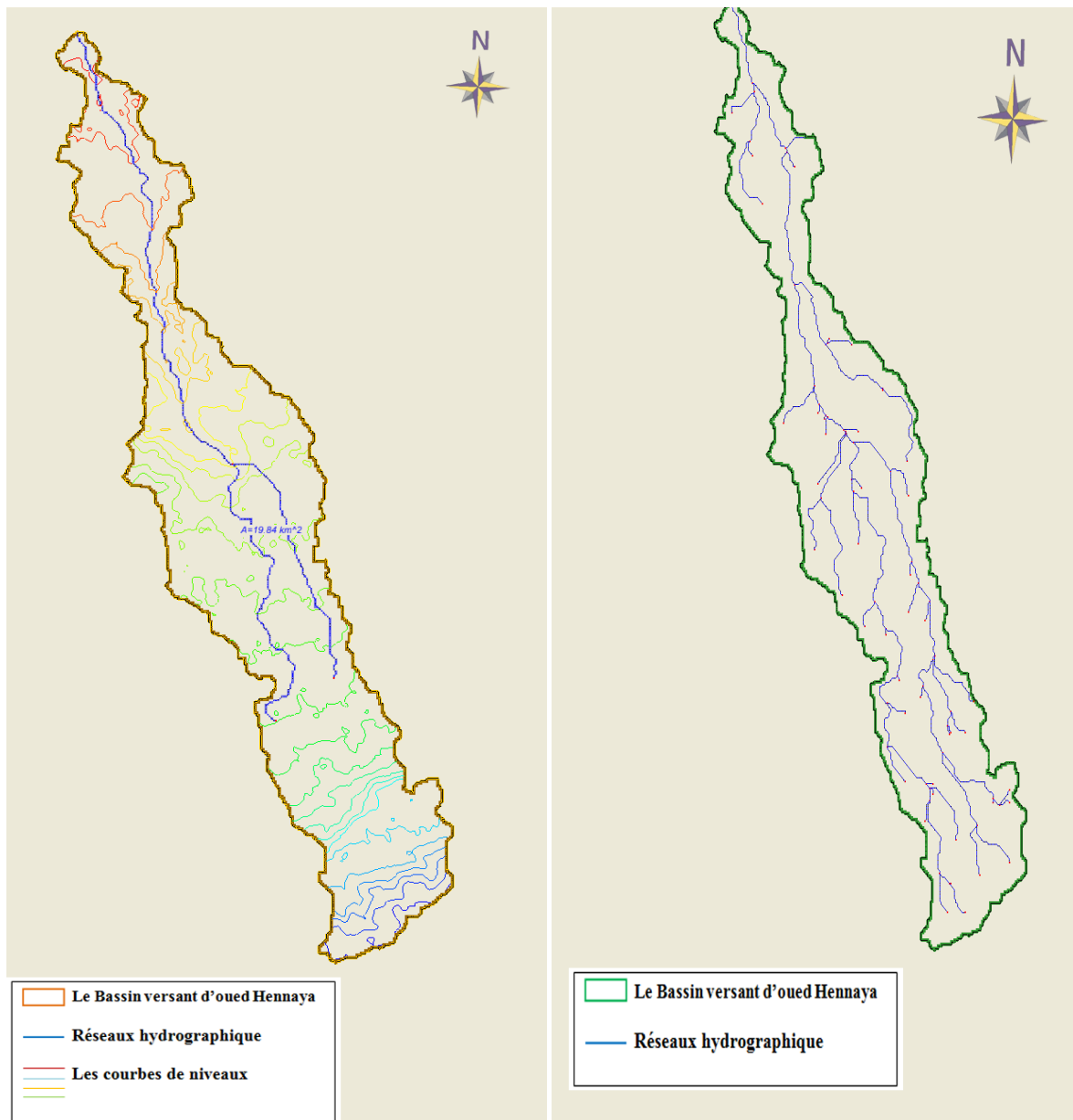


Figure III.2. Le Bassin Versant d'oued Hennaya



Figure III.3.Le Bassin Versant d'oued Hennaya (1/50000)

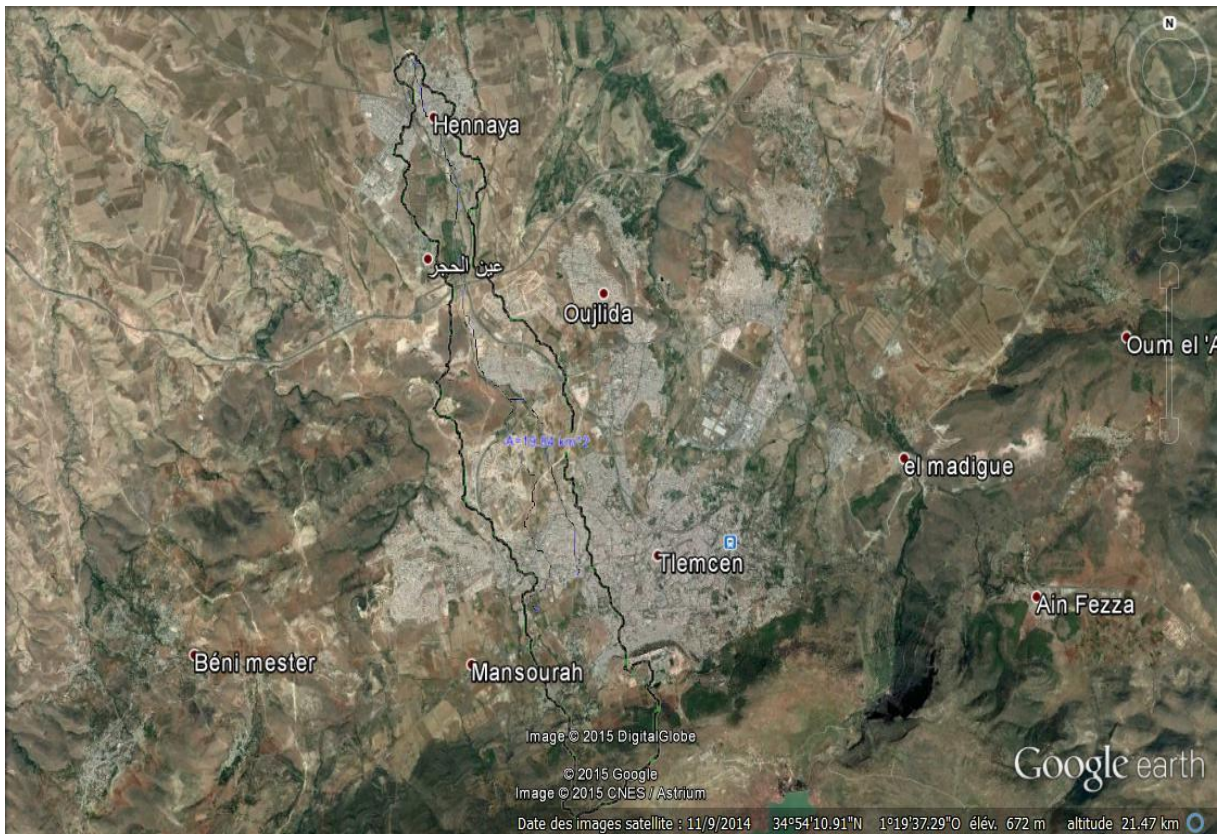


Figure III.4.Photo du Bassin Versant prise de Google Earth

III.2.2.MORPHOMETRIE

Les différents paramètres morphométriques du bassin notamment, la forme, l'altitude caractéristique, la pente et le relief, interviennent et souvent d'une façon combinée dans les modalités de l'écoulement, donc il convient de les préciser dès le début dans toute étude.

Les différents paramètres morphométriques sont calculés à partir de logiciel WMS.

III.2.2.1.La surface

La surface topographique est le paramètre le plus important, il permet de contrôler l'intensité de plusieurs phénomènes hydrologique (volume de précipitation ou infiltration), La surface du bassin versant peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux, par des techniques de digitalisation.

Dans notre étude elle est déterminée par logiciel WMS et elle est égale à : **S=19.84 km²**

III.2.2.2. Le périmètre

Le périmètre correspond à la longueur de la limite extérieure du bassin. Il est déterminé par logiciel WMS et il est égale à : **P=44.41 km.**

III.2.2.3. Indice de compacité de Gravelius

Indice de Gravelius « K_C » appelé aussi indice de forme, cet indice caractérise la forme du bassin et exprime l'allongement des sous bassins versants.



Avec :

P : Périmètre de bassin ;

S : Surface du bassin ;

Plus le K_C sera proche de 1, plus le bassin aura une forme ramassée et plus le temps de concentration sera court.

Indice de compacité de bassin versant est de : **$K_C=2.79$**

En se basant sur ce résultat, nous pouvons dire que le bassin versant se caractérise par une forme allongée.

III.2.2.4. Le rectangle équivalent

C'est une transformation purement géométrique en un rectangle de dimensions (L, l) ayant la même surface que celle du sous bassin. Mis au point par ROCHE, il permet de comparer les bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement. Les courbes de niveau sont des droites parallèles à la largeur du rectangle et l'exutoire est l'une de ces largeurs.

- La longueur du rectangle équivalent :

$$L = \frac{K_G \cdot \sqrt{A}}{1.12} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right) \text{ si } K_G \geq 1.12$$

-La longueur du rectangle équivalent est de : **L=21.26 km.**

-La largeur du rectangle équivalent : **l=0.945 km**

III.2.3.LE RELIEF

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures... etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou des caractéristiques suivantes:

III.2.3.1.Répartition des surfaces et courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du sous bassin en fonction de son altitude. Elle porte en abscisse la surface (ou le pourcentage de surface) du sous bassin qui se trouve au-dessus (ou au-dessous) de l'altitude représentée en ordonnée. Elle exprime ainsi la superficie du sous bassin ou le pourcentage de superficie, au-delà d'une certaine altitude.

a)-Les résultats des surfaces partielles du bassin par tranches d'altitudes :**Tableau III.1.Répartition altimétrique du bassin versant d'oued Hennaya**

Tranches d'altitudes	S (km ²)	S cumulées (km ²)	S %	S cumulés %	Altitudes %	Altitudes %
1215-1170	0.592	0.592	2.984	2.984	5.3	100
1170-1120	0.475	1.067	2.394	5.378	6	96
1120-1070	0.447	1.514	2.253	7.631	6	90
1070-1020	1.145	2.659	5.771	13.402	6	84
1020-970	0.502	3.161	2.53	15.933	6	78
970-920	0.303	3.464	1.527	17.460	6	72
920-870	0.486	3.95	2.450	19.902	6	66
870-820	1.24	5.19	6.250	26.159	6	60
820-770	1.702	6.892	8.579	34.738	6	54
770-720	2.121	9.013	10.691	45.429	6	48
720-670	3	12.013	15.121	60.550	6	42
670-620	1.374	13.387	6.925	67.475	6	36
620-570	1.875	15.262	9.451	76.926	6	30
570-520	1.105	16.367	5.570	82.495	6	24
520-470	1.115	17.482	5.620	88.115	6	18
470-420	1.816	19.298	9.153	97.268	6	12
420-370	0.526	19.84	2.651	100	6	6

b)- Les courbes hypsométriques sont représentées par les figures suivantes :

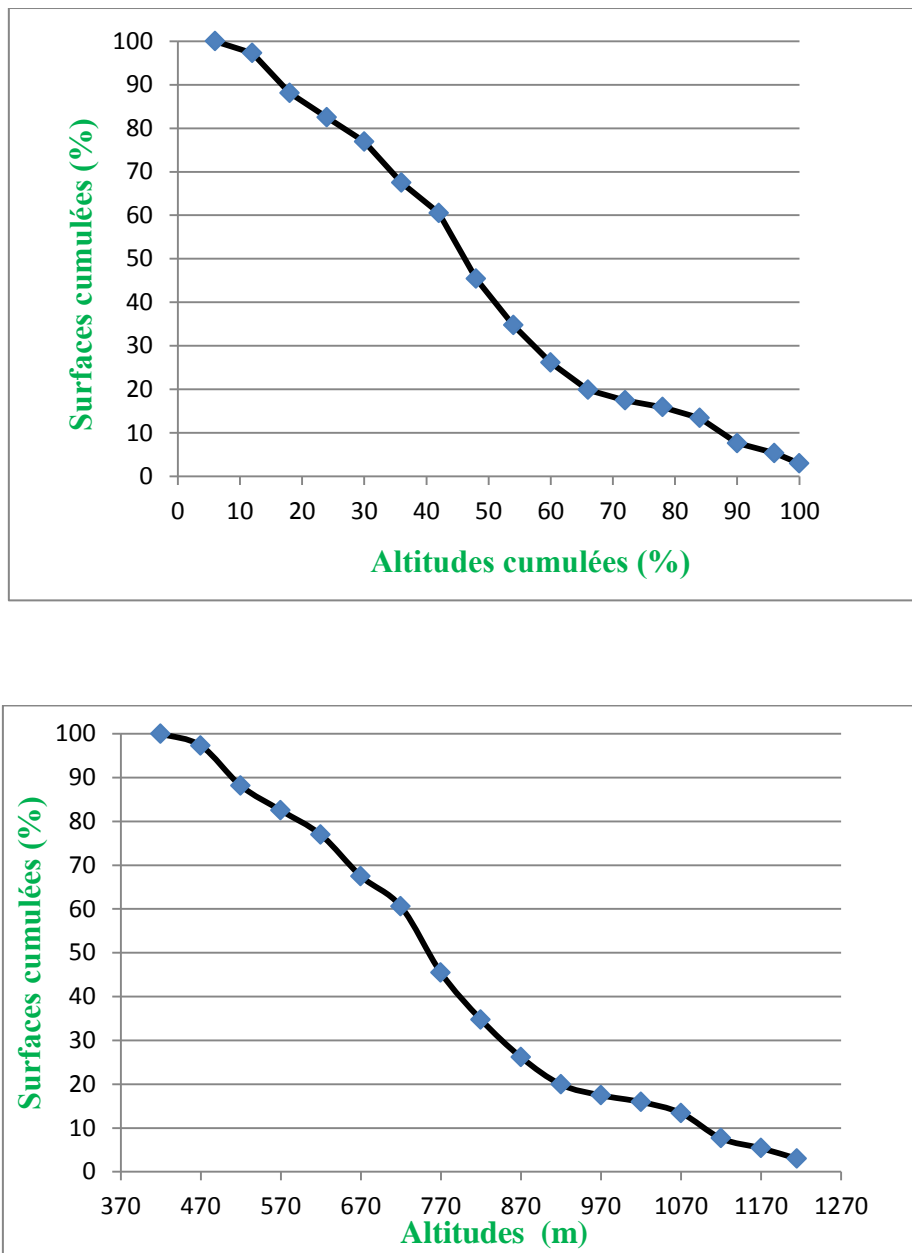


Figure III.5. Courbes hypsométriques

III.2.3.2. Les altitudes

Elles sont obtenues directement à partir de logiciel WMS.

Les altitudes H_{\max} et H_{\min} et H_{moy} du bassin versant sont respectivement de 1215 m, 371 m et 724.37 m.

Elles sont déterminées sur la courbe hypsométrique.

Les altitudes $H_{5\%}$ et $H_{50\%}$ et $H_{95\%}$ du bassin versant sont respectivement de 1170 m et 750 m et 480 m.

III.2.3.3. Les indices de pente

III.2.3.3.1. La pente moyenne I_m du bassin

La pente moyenne est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin. Elle est considérée comme une variable indépendante. Elle donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct (donc sur le temps de concentration T_c) et influe directement sur le débit de pointe lors d'une averse. Elle est obtenue directement à partir du logiciel WMS.

$$I_m = 12.15\%$$

III.2.3.3.2. Indice de pente globale I_g

Il est défini comme étant le rapport de l'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface du sous bassin et la longueur du rectangle équivalent. On prend deux points S_1 , est S_2 sur l'axe des abscisses telles que 95% de la surface du sous bassin soit comprise entre ces deux valeurs et que 5% de la surface totale du sous bassin soit inférieure à S_1 et 5% soit supérieure à S_2 .

Les altitudes correspondantes sont lues sur la courbe hypsométrique. L'indice de pente global est donné par la formule suivante :

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{(H_{5\%} - H_{95\%})}{L}$$

Avec :

I_g : indice de pente globale [m/Km] ;

L : longueur du rectangle [Km] ;

D : dénivelée [m].

$$I_g = 32.455 \text{ m/Km} = 0.033$$

- D'après la classification de l'O.R.S.T.O.M (Tableau III.2) le relief du bassin versant est assez fort.

Tableau III.2. Classifications O.R.S.T.O.M.

1	Relief très faible	$I_g < 0.002$
2	Relief faible	$0.002 < I_g < 0.005$
3	Relief assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
4	Relief modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
5	Relief assez fort	$0.02 < I_g < 0.05$
6	Relief fort	$0.05 < I_g < 0.1$
7	Relief très fort	$0.1 < I_g$

III.2.3.3.3. Dénivelée spécifique D_s

Puisque l'indice de pente globale décroît pour un même bassin lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différentes. La dénivelée spécifique D_s ne présente pas cet inconvénient.

La dénivelée spécifique est définie par la formule suivante :

$$D_s = I_g * \sqrt{S}$$

Avec :

I_g : Indice de pente globale [m/km] ;

S : superficie du bassin versant [km²] ;

D_s : Dénivelée spécifique [m].

$$D_s = 144.56 \text{ m}$$

- D'après la classification de l'O.R.S.T.O.M (tableau III.3), le relief du bassin versant est assez fort

Tableau III.3. Classifications O.R.S.T.O.M.

R1	Relief très faible	$D_s < 10 \text{ m}$
R2	Relief faible	$10 \text{ m} < D_s < 25 \text{ m}$
R3	Relief assez faible	$25 \text{ m} < D_s < 50 \text{ m}$
R4	Relief modéré	$50 \text{ m} < D_s < 100 \text{ m}$
R5	Relief assez fort	$100 \text{ m} < D_s < 250 \text{ m}$
R6	Relief for	$250 \text{ m} < D_s < 500 \text{ m}$
R7	Relief très fort	$D_s < 500 \text{ m}$

III.2.4. CARACTERISTIQUES HYDROGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement.

III.2.4.1. Structure du réseau et ordre des cours d'eau

Tableau III.4. Ordre des cours d'eaux

ordre	Nombre	Longueur cumulée L_x (Km)	Longueur moy L_n (Km)
1	342	17.55	0.051
2	72	13.75	0.19
3	23	8.55	0.37
4	3	2.85	0.95
5	1	0.625	0.625

III.2.4.2. La fréquence des cours d'eau

Représente le nombre de canaux d'écoulement par unité de surface.

$$F = \frac{\sum N_i}{A}$$

Avec :

F : densité hydrographique [km^{-2}] ;

N_i : nombre de cours d'eau ;

A : superficie du bassin [km^2].

$$F = 22.23 \text{ km}^{-2}$$

III.2.4.3. Le rapport de confluence

$$\text{Log } R_C = \frac{\log(72) - \log(23)}{3 - 2} = 0.5$$

$$R_C = 3.16$$

III.2.4.4. Le rapport de longueur

$$\text{Log } R_L = \frac{\log(0.19) - \log(0.37)}{2 - 3} = 0.29$$

$$R_L = 1.94$$

III.2.4.5. La longueur du talweg principal

La longueur du talweg principal est obtenue directement à partir de logiciel WMS. Elle est de **11.98 km**.

III.2.4.6. La densité de drainage

La densité de drainage, est définie comme étant le rapport de la longueur totale de tous les talwegs L_i du bassin, et la surface totale S. Elle reflète la dynamique du bassin, la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface. Elle est exprimée en Km/Km^2 .

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S}$$

Avec :

D_d : densité de drainage [km/km^2] ;

L_i : Somme des longueurs de tous les thalwegs y compris le thalweg principal [km] ;

S : superficie du bassin versant [km^2].

$$D_d = 0.6 \text{ km}/\text{km}^2$$

III.2.4.7. La pente moyenne du cours d'eau principale

La pente moyenne du cours d'eau détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin donc le temps de concentration. Cette variable influe sur le débit maximal observé. Cette variable influe sur le débit maximal observé, Une pente abrupte favorise et accélère l'écoulement superficiel, tandis qu'une pente douce ou nulle donne à l'eau le temps de s'infiltrer, entièrement ou une partie, dans le sol.

La méthode la plus fréquemment utilisée pour calculer la pente longitudinale du cours d'eau consiste à diviser la valeur de différence d'altitude entre les points extrêmes du profil par la longueur totale du cours d'eau.

$$P_{\text{moy}} = \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

Avec :

P_{moy} : pente moyenne du cours d'eau [m/km] ;

ΔH : dénivellation entre deux points suffisamment distante [m] ;

ΔL : longueur du cours d'eau principal [km].

La pente du cours d'eau d'Hennaya obtenue par WMS est de : $P_{\text{moy}} = 5.07\%$.

III.2.4.8. Le temps de concentration

Le temps de concentration t_c des eaux pour un bassin se définit comme la plus grande durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier, Il est composé de trois termes différents :

t_h : Temps d'humectation c'est le temps nécessaire à l'imbibition du sol par l'eau qui tombe avant qu'elle ne ruisselle.

t_r : Temps de ruissellement ou d'écoulement, c'est le temps qui correspond à la durée d'écoulement de l'eau à la surface ou dans les premiers horizons de sol jusqu'à un système de collecte (cours d'eau naturel, collecteur).

t_a : Temps d'acheminement c'est le temps mis par l'eau pour se déplacer dans le système de collecte jusqu'à l'exutoire.

Le temps de concentration t_c est donc égal au maximum de la somme de ces trois termes, soit :

$$T_c = \max (\sum (T_h + T_r + T_a))$$

Théoriquement, on estime que t_c est la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement. Pratiquement le temps de concentration peut être déduit des mesures sur le terrain ou s'estimer à l'aide de formules le plus souvent empiriques.

➤ **Formule de GIANDOTTI**

$$T_C = \frac{4 * \sqrt{S} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Avec :

S : Surface du bassin versant en [Km²] ;

L : longueur du talweg principal en [Km];

H_{moy}, H_{min} : respectivement la hauteur moyenne et minimale du B.V en [m].

➤ **Formule de CALIFORNIA**

$$T_C = \left(\frac{0.87 * L^3}{H_{max} - H_{min}} \right)^{0.386}$$

L : longueur du talweg principal en [Km].

H_{max}, H_{min} : respectivement l'altitude maximale et minimale du B.V en [m].

➤ **Formule de TEMEZ**

$$T_C = 0.3 \left(\frac{L}{(I_r^{0.25})} \right)^{0.76}$$

Avec :

T_c : temps de concentration en heures ;

L : Longueur de talwegs principale [Km] ;

I_r : La pente moyenne de talwegs principale [m/m].

Les résultats des différentes méthodes sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau III.5. Les temps de concentration

Méthodes	GIANDOTTI (h)	CALIFORNIA (h)	TEMEZ (h)
Bassin versant	2.38	1.25	3.49

III.2.4.9. Vitesse moyenne de ruissellement

Cette vitesse est donnée par la formule :

$$V_R = \frac{L}{T_C}$$

V_R : Vitesse moyenne de ruissellement [km/h] ;

L : Longueur de talweg principal en [Km];

T_c : temps de concentration en [heure].

Pour notre calcul nous avons utilisé la méthode de Témez pour le T_c qui égale à T_c=3.49.

$$V_R = 3.43 \text{ km/h}$$

III.3.CONCLUSION

Les caractéristiques physiques du bassin versant d'oued Hennaya sont résumées dans le tableau III.6.

Tableau III.6.Caractéristiques du bassin versant

Paramètres	Symboles	unités	Valeurs
Surface du BV	S	Km ²	19.84
Périmètre	P	Km	44.41
Indice de compacité, K _C	K _C	-	2.79
Longueur du rectangle équivalent, L	L	Km	21.26
Largeur du rectangle équivalent, l	l	Km	0.945
Altitude maximal, H _{max}	H _{max}	m	1215
Altitude minimal, H _{min}	H _{min}	m	371
Altitude moyenne, H _{moy}	H _{moy}	m	724.37
Dénivelé spécifique	D _S	m	144.56
Longueur du talweg principal	L _p	Km	11.98
La fréquence des cours d'eau	F	km ⁻²	22.23
Le rapport de conflue	R _C	-	3.16
Le rapport de longueur	R _L	-	1.94
Indice de pente globale	I _g	m/Km	32.455
La pente moyenne du bassin	I _m	m/m	0.1215
H _{5%}	H _{5%}	m	1170
Altitude médiane	H _{50%}	m	750
H _{95%}	H _{95%}	m	480
La pente moyenne de talweg principal	P _{moy}	m/m	0.0507
La densité de drainage	D _d	km/km ²	0.6
Le temps de concentration	T _c	h	3.49
La vitesse de ruissellement	V	km/h	3.43

IV.1.INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré à l'analyse des paramètres climatiques ayant de fortes relations avec l'écoulement de surface et ces variations, et la diffusion des matières polluantes dans le milieu liquide et leur eutrophisation.

IV.2.ETUDES DES PARAMETRES CLIMATIQUE

IV.2.1.LES PRECIPITATIONS

Les précipitations représentent l'un des plus importants facteurs climatiques qui conditionnent le maintien et la répartition du tapis végétal, l'alimentation des nappes et des lacs et contribuent parfois à la dégradation du milieu naturel par les phénomènes extrêmes (inondations et sécheresses) conditionnant l'érosion, la désertification et autres.

L'analyse de la variabilité des précipitations est réalisée sur la base des données d'un seul poste d'observation (Tableau IV.1) géré par l'Office National de Météorologie (ONM).

Tableau IV.1.Caractéristiques des stations pluviométriques

Station	Altitude (m)	Longitude (Km)	Latitude (Km)	Période
Zenata	247	3876.227	641.907	1987-2014

IV.2.1.1.Précipitations annuelles

La répartition des précipitations annuelles montre (fig. IV.1) une variabilité assez prononcée d'une année à l'autre, toutefois depuis 2007, on assiste globalement à une tendance vers une augmentation de la pluviométrie annuelle.

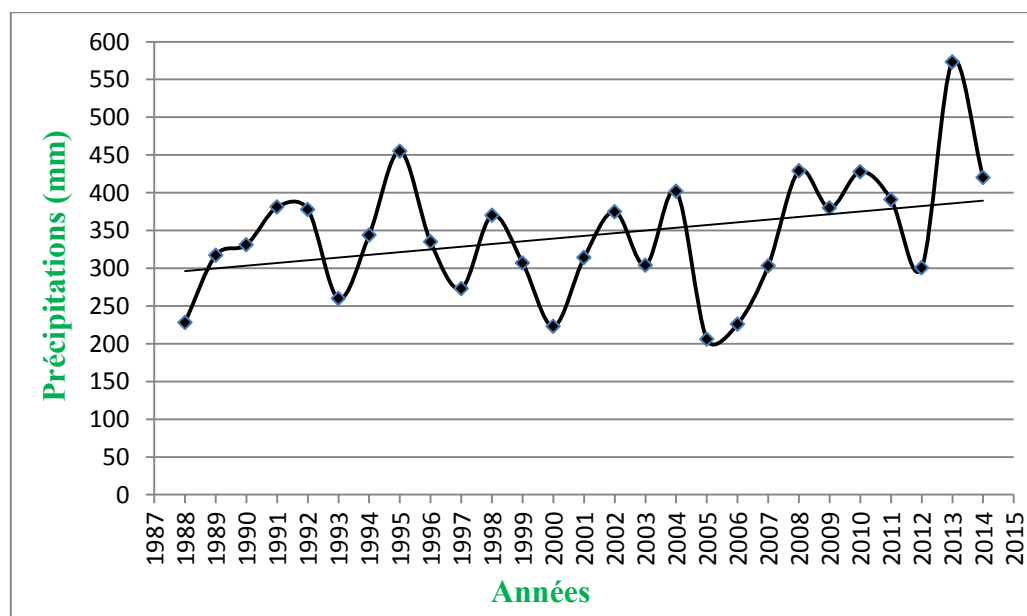


Figure IV.1.Précipitations moyennes annuelles (Station de Zenata ; 1987-2014)

Tableau IV.2.Paramètres de la série pluviométrique annuelle

Station	Maximum (mm)	Minimum (mm)	Moyenne annuelle (mm)	Ecart Type σ	Coef Var CV
Zenata	573.75	206	342.75	82.65	0.24

IV.2.1.2.Précipitations mensuelles

Les moyennes mensuelles de la pluviométrie pendant 27 ans, entre 1987 et 2014, sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV.3.Valeurs des précipitations moyennes mensuelles

(Station de Zenata ; 1987-2014)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JL	AO	Annuel
P (mm)	19.2	29.25	49.1	33.37	49.28	38.15	42.96	34	28.27	6.23	5.91	7.1	342.75

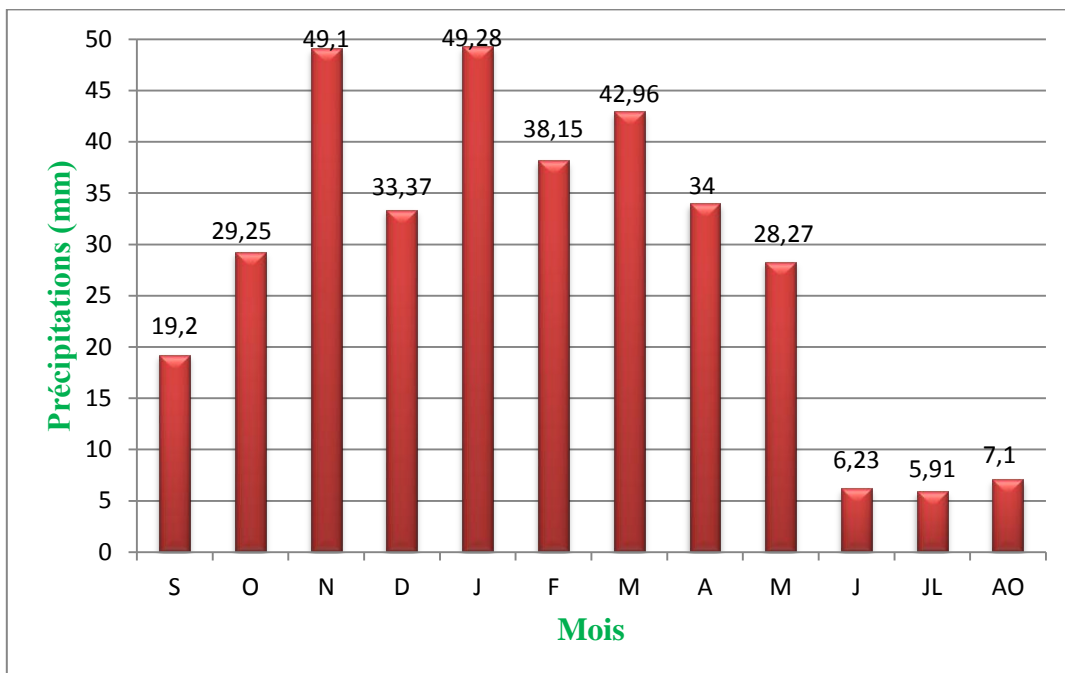


Figure IV.2.Histogramme des précipitations moyennes mensuelles

(Station de Zenata ; 1987-2014)

L'évolution des précipitations moyennes mensuelles montre que le mois de Janvier est le plus humide avec 49,28 mm et le mois de Juillet est le plus sec avec 5,91 mm. Toutefois les mois de Novembre et Mars présentent des maxima pluviométriques secondaires avec respectivement 49,1 et 42,96 mm.

Tableau IV.4. Paramètres de la série pluviométrique mensuelle (°C)

Paramètres	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JL	AO
Ecart type σ	20.24	26.66	36.58	26.27	37.68	25.15	43.66	25.43	26.28	9.17	15	16.43
Coef Var CV	1.05	0.91	0.75	0.79	0.76	0.66	1.06	0.75	0.93	1.47	2.54	2.32

IV.2.1.3. Pluviométrie saisonnière

Les valeurs des précipitations saisonnières sont portées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.5. Valeurs des précipitations saisonnières

(Station de Zenata ; 1987-2014)

Station	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Hennaya	97.55	120.8	105.23	19.24

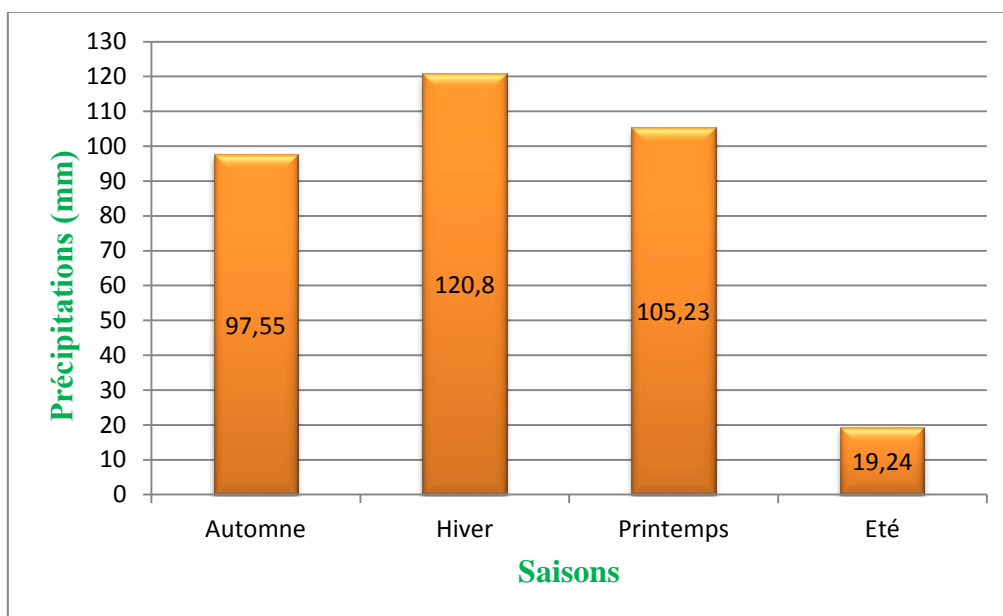


Figure IV.3. Histogramme des précipitations saisonnières

(Station de Zenata ; 1987-2014)

La représentation de la distribution des précipitations saisonnières (figure IV.3), montre que l’Hiver et le Printemps sont les saisons les plus humides suivies de l’Automne. Par contre l’Eté est la saison la moins arrosée.

IV.2.2.LES TEMPERATURES

La température est un élément fondamental du climat. Elle est liée à la radiation solaire. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d’évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.

IV.2.2.1.Températures moyennes annuelles

La température moyenne annuelle est de 17.7 °C. Si on observe la droite de tendance globale (fig. IV.4), on constate que la température moyenne annuelle tend à augmenter.

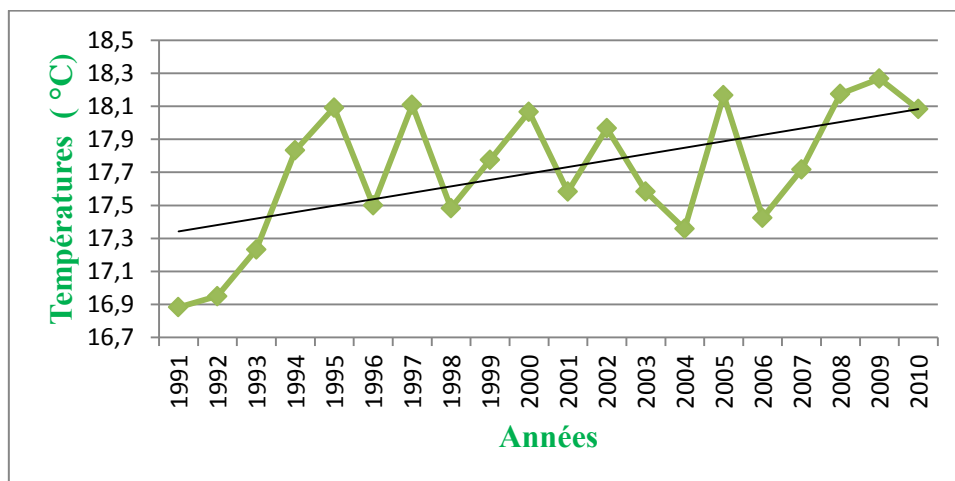


Figure IV.4.Variation des températures moyennes annuelles

IV.2.2.2.Température moyenne mensuelles

Les températures moyennes mensuelles de la période (1991-2011) sont représentées dans le tableau (IV.6).

Tableau IV.6.Valeurs mensuelles moyennes des températures en (°C)

(Station Zenata ; 1991-2011)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A	moy
T_M	29,64	25,98	21,12	17,75	16,71	18,59	20,18	22,36	25,52	28,98	31,89	33,54	24,35
T_m	17,38	13,76	9,06	6,75	5,51	6,37	7,61	9,48	12,69	16,35	20,53	20,20	12,14
T_{moy}	23,5	19,87	15,09	12,25	11,11	12,48	13,89	15,92	19,1	22,66	26,21	26,87	17,7

T_M : Moyenne mensuelle des températures maximales (°C).

T_m : Moyenne mensuelle des températures minimales (°C).

T_{moy} : Température moyenne mensuelle (°C).

La courbe de variation des températures moyennes mensuelles (figure IV.5) montrent que :

- Le mois le plus froid est celui de Janvier avec près de 11°C.
- Le mois le plus chaud est celui d’Août avec presque 27 °C.

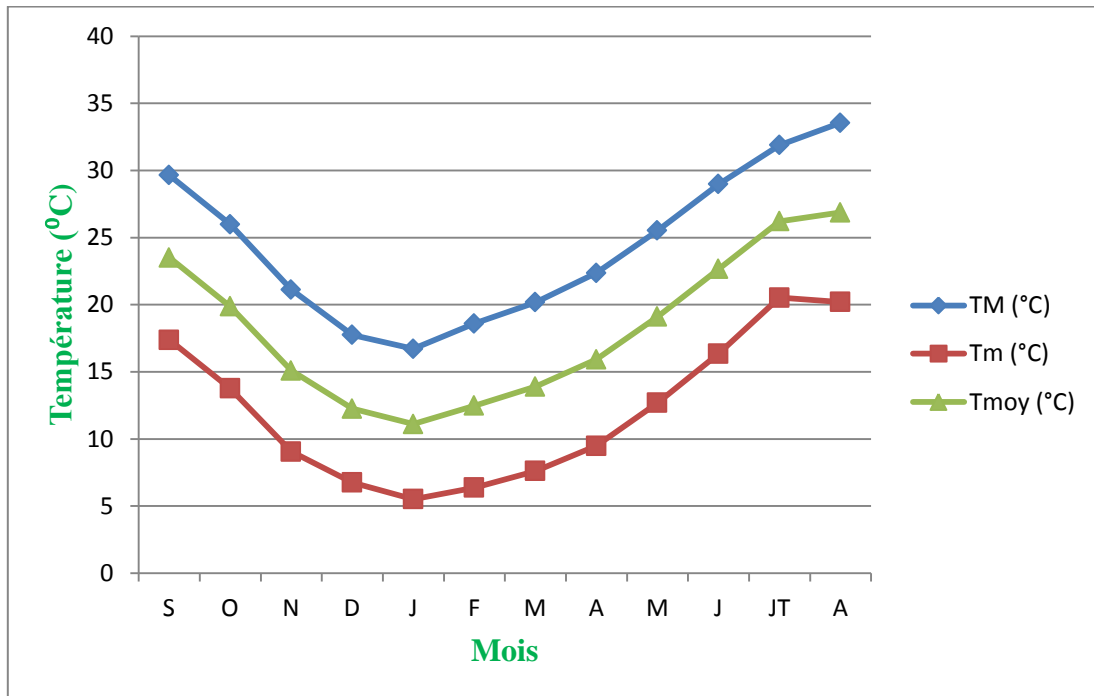


Figure IV.5. Températures mensuelles

IV.3.LES INDICES CLIMATIQUES

L'étude du climat peut être réalisée à partir :

- ✓ des méthodes de Visualisation, des périodes sèches et des périodes humides ;
- ✓ du calcul des indices climatiques annuels et mensuels permettant à partir des précipitations et températures la détermination du climat.

IV.3.1. INDICE D'ARIDITE ANNUEL DE DE-MARTONNE

Cet indice est donné par :

$$I = \frac{P}{T+10} \quad (1)$$

Avec :

P : précipitation moyennes annuelles [mm].

T : Températures moyenne annuelle (°C).

P= 342,75 mm T=17.7 **I= 12.37**

La valeur de De Martonne est comprise entre 10 et 20.

Son report sur l’abaque de De Martonne montre que notre région est située en régime semi-aride (figure IV.6).

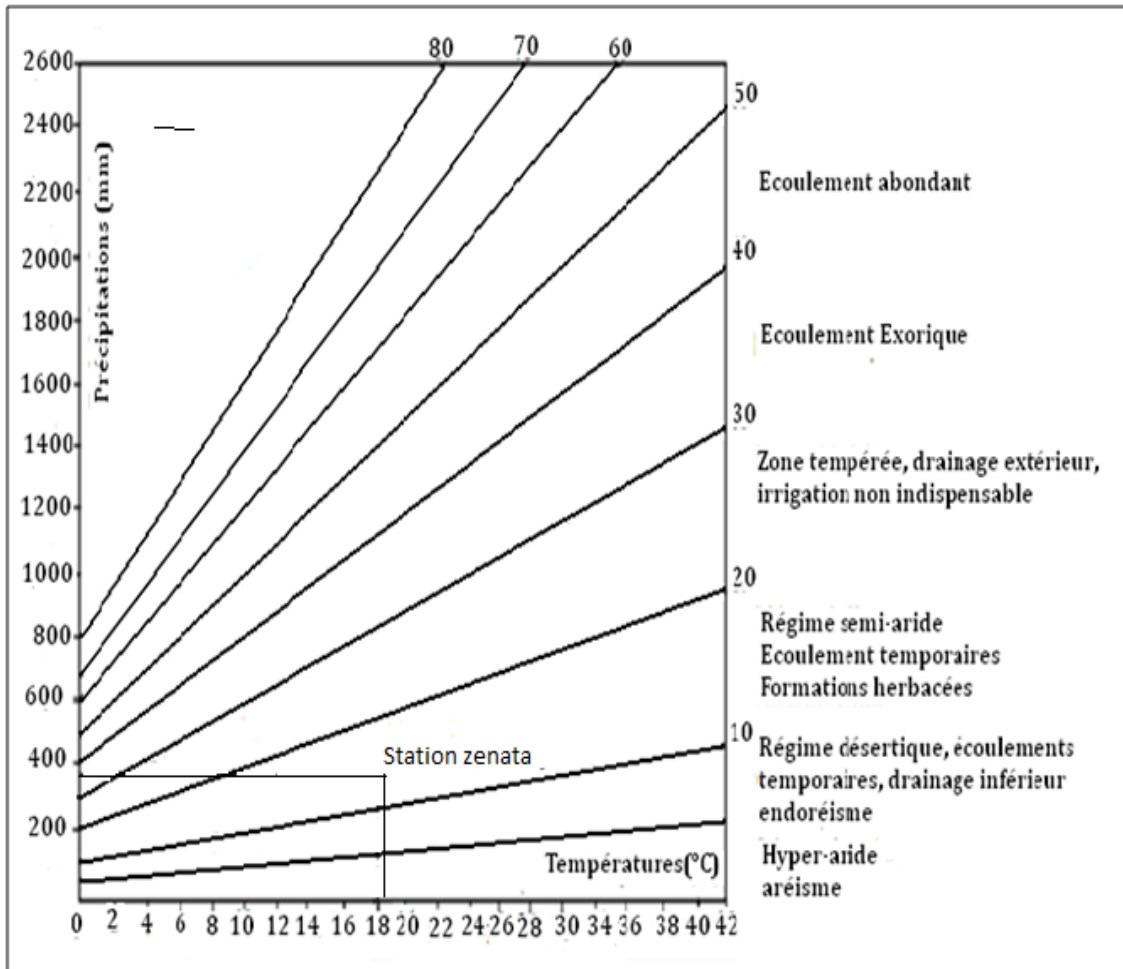


Figure IV.6. Abaque d’aridité annuel de De Martonne

IV.3.2. INDICE D’ARIDITE MENSUEL DE DE-MARTONNE

Cet indice est donné par la relation :

$$i = \frac{12p}{t+10} \quad (2)$$

p : Précipitations moyennes mensuelles [mm].

t : Température moyenne mensuelle (°C).

Tableau IV.7. Valeurs des indices d'aridité mensuels

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JT	A
p	19.2	29.25	49.1	33.37	49.28	38.15	42.96	34	28.27	6.23	5.91	7.1
t	23,5	19,87	15,09	12,25	11,11	12,48	13,89	15,92	19,1	22,66	26,21	26,87
i	6.88	11.75	23.48	18	28.01	20.36	21.58	15.74	11.66	2.29	1.96	2.31
Type	A	SA	T	SA	T	T	T	SA	SA	A	A	A

SA : Semi-aride A : Aride T : Tempérée

Le calcul des indices d'aridité mensuelle (tableau IV.7) montre que le climat est de type :

- Aride : aux mois de, Juin, Juillet, Août et septembre.
- Semi-aride : aux mois de, Avril, Mai, Octobre et Décembre.
- Tempéré : en Novembre, Janvier, Février, Mars

IV.3.3. QUOTIENT PLUVIO-THERMIQUE D'EMBERGER

La formule du Quotient pluvio-thermique établie par EMBERGER en 1955 est la plus adaptée aux climats méditerranéens.

$$Q_2 = \frac{1000P}{\left(\frac{M+m}{2}\right) \times (M-m)} \quad (3)$$

Q_2 : Quotient pluvio-thermique d'EMBERGER.

P : Précipitations moyennes annuelles [mm].

M : Moyennes des températures maximales du mois le plus chaud (°K).

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°K).

M-m : Amplitude thermique extrême moyenne (°K).

T (°K) = T (°C) + 273.

$Q_2 = 46,19$

La figure (IV.7) montre que le point représentatif sur le climagramme d'EMBERGER correspond à un climat semi-aride à hiver Tempéré.

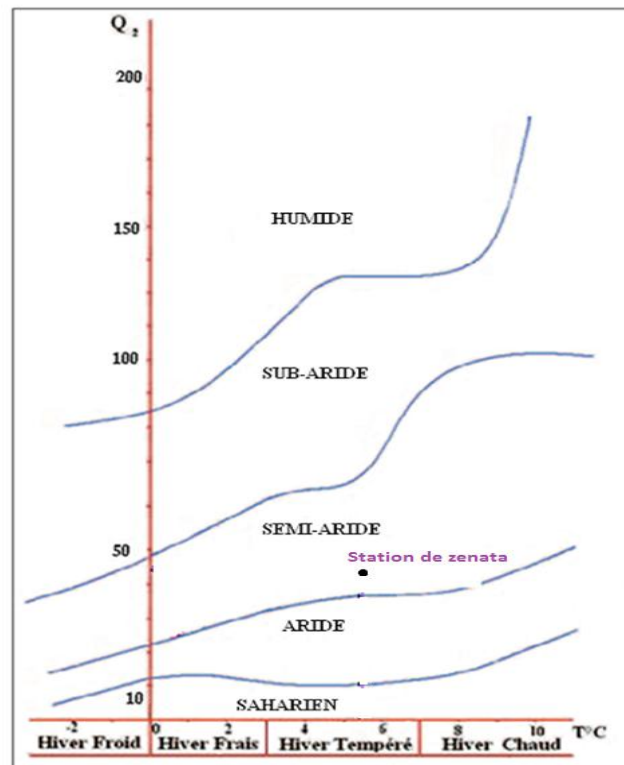


Figure IV.7. Climogramme d'Emberger

IV.3.4. INDICE DE MORAL

La formule de l'indice annuel de Moral est :

$$I = P / (T^2 - 10T + 200)$$

Avec :

P : Pluviométrie moyenne annuelle (mm) ;

T : Température moyenne annuelle (°C).

On a : $T = 17.7^\circ\text{C}$; $P = 342.75$; Alors **$I = 1.1$**

Cette valeur de « I » indique que cette région est caractérisée par un climat à la limite entre l'aridité et humidité.

IV.3.5. DEFICIT D'ÉCOULEMENT

Cette méthode permet d'obtenir une valeur du déficit d'écoulement en fonction de la température moyenne annuelle et des précipitations à partir d'un abaque. Le report de P et T sur ce dernier (figure IV.8) donne un déficit de 342,75 mm/an.

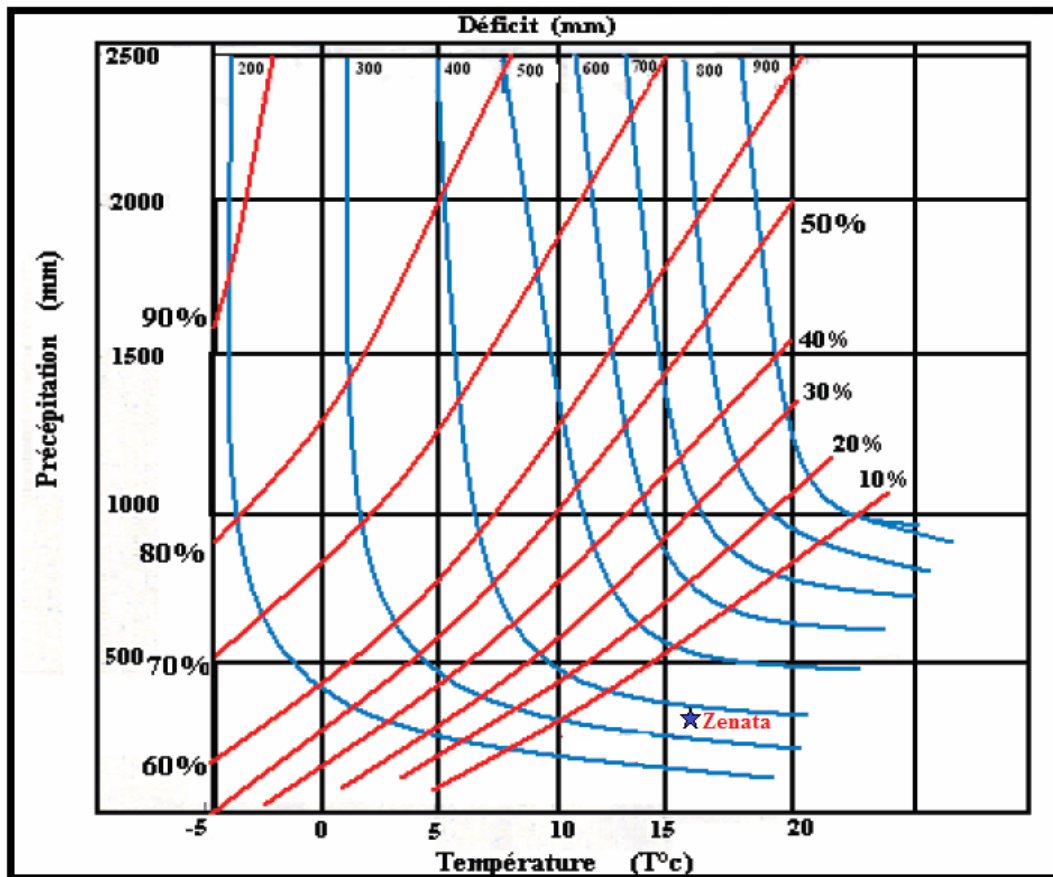


Figure IV.8. Détermination du déficit d'écoulement par la méthode de Wundt

IV.3.6. EVAPOTRANSPIRATION REELLE

On peut la calculer en basant sur la formule de Turc

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (4)$$

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle [mm/an].

P : précipitations moyennes annuelles [mm/an].

T : Température moyenne annuelle (°C).

Avec $L = 300 + 25T + 0,05T^3 = 1019.76$

Donc : **ETR = 339.36 mm/an.**

IV.3.7. EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE MENSUELLE

Pour déterminer les valeurs de l'évapotranspiration potentielle mensuelle, on utilise la Méthode de Thornthwaite :

$$ETP = 1,6 \left(\frac{T_m}{I} 10 \right)^a k \quad (5)$$

ETP : évapotranspiration potentielle.

T : température moyenne annuelle en (°C).

I : somme de 12 indices mensuels(i) avec : $i = (\frac{T_m}{5})^{1.514}$.

$a = (\frac{1.6}{100} * I) + 0.5$ avec $a = 1.90$.

Les valeurs obtenues sont corrigées par un coefficient de correction k qui dépend de la latitude.

Tableau IV.8. Valeurs de l’ETP estimées par la formule de Thornthwaite

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	A
ETP Calculée (mm)	108,1	74,2	39,8	24,4	23,3	24,2	39	53,3	85,8	115,5	151,1	190,2
K	1.3	0.98	0.89	0.88	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14
ETP Corrigée (mm)	140,5	72,7	35,4	21,4	20,9	21	40,1	57,5	101,2	135,1	181,3	216,82

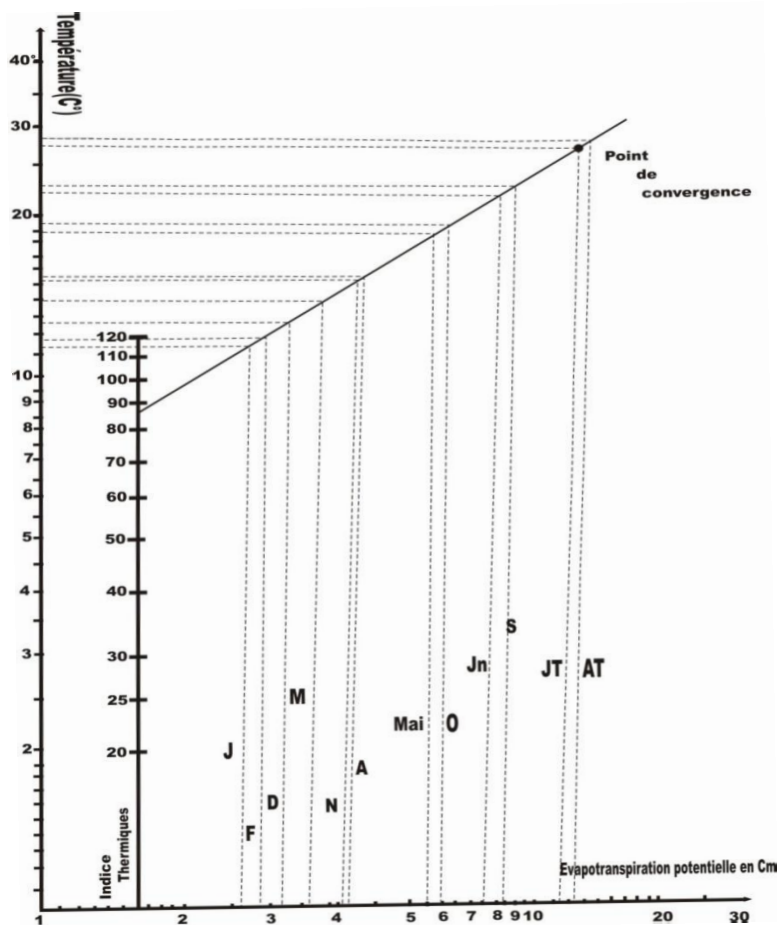


Figure IV.9. Abaque de Thornthwaite

IV.4. CONCLUSION

L'étude des paramètres climatiques ainsi que leur répartition dans le temps permet de conclure que notre zone d'étude possède un climat méditerranéen de type semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux, et un été chaud et sec.

- La température moyenne annuelle qui y règne est de 17.7°C.
- Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 27 ans (1987 jusqu'à 2014), sont estimées à 342,75 mm.
- L'évapotranspiration réelle est estimée à 339,36 mm,
- L'année 2012-2013 est la plus pluvieuse de notre série avec un apport moyenne annuelle de 573.75 mm. Le mois de novembre vient en tête des mois pluvieux de cette année avec un apport de 156.7 mm.

V.1.INTRODUCTION

Pour l'étude du débit des eaux pluviales et les eaux usées d'oued Hennaya nous sommes référés aux données de la D.R.E.

V.2.DEBITS DES REJETS DES EAUX PLUVIALES DANS L'OUED HENNAYA

Le débit des eaux pluviales peut être calculé par plusieurs méthodes parmi elles on citera :

V.2.1.METHODE RATIONNELLE

La méthode rationnelle (1930), mise au point avant l'avènement des équipements informatiques, permet de calculer rapidement les débits de ruissellement maximaux pour des pluies uniformes tombant sur des bassins versants de faible superficie (moins de 5 km², selon Viessaman et Hammer, 1993, jusqu'à 25 km² selon le ministère de transport du Québec dans son manuel de conception des ponceaux de 1994). C'est une méthode parfaitement appropriée en ce qui concerne les bassins versants urbains (Brière, 2006).

$$Q_P = K. C. i. A = 0.167.C. A . i \quad (1)$$

Avec :

Q_p : le débit de pointe [m³/s] ;

A : surface du bassin versant [ha] ;

i : intensité moyenne maximale [mm/min] ;

C : coefficient de ruissellement.

V.2.2.METHODE DE CAQUOT

L'inconvénient majeur de la méthode rationnelle réside dans l'estimation souvent laborieuse des temps de concentration. De plus cette méthode ne tient pas compte de la distribution spatiale des précipitations (variations de l'intensité) et surtout de l'effet de stockage de l'eau dans le bassin versant. L'aménagement proposé par l'ingénieur CAQUOT vers 1940 permet de tenir compte de ces deux derniers facteurs et de s'affranchir de l'estimation de t. Cette méthode dite « superficielle » est fondée sur la conservation des volumes mis en jeu dans le ruissellement. Elle a ensuite été améliorée par le groupe de travail chargé d'élaborer les instructions INT 77, notamment par M. Desbordes de l'université de Montpellier.

Formules préconisées par l'Instruction technique de 1977.

Tableau V.1.Formules de Caquot utilisées dans certains pays

Les pays	T	Qp (m ³ /s)
Sud de la France	10 ans	$Q_p = 1,296 \cdot I^{0,21} \cdot C^{1,14} \cdot A^{0,83}$
	5 ans	$Q_p = 1,327 \cdot I^{0,24} \cdot C^{1,17} \cdot A^{0,81}$
	2 ans	$Q_p = 1,121 \cdot I^{0,26} \cdot C^{1,18} \cdot A^{0,80}$
	1 an	$Q_p = 0,804 \cdot I^{0,26} \cdot C^{1,18} \cdot A^{0,80}$
Abidjan(Côte-d'Ivoire)	5 ans	$Q_p = 1,26 \cdot I^{0,18} \cdot C^{1,10} \cdot A^{0,84}$
Bagdad (Irak)	5 ans	$Q_p = 1,08 \cdot I^{0,32} \cdot C^{1,18} \cdot A^{0,74}$
Alger(Algérie)	10 ans	$Q_p = 0,52 \cdot I^{0,20} \cdot C^{1,11} \cdot A^{0,83}$

- Certains Bureaux d'étude algériens utilisent:

$$Q_p = 0,55 \cdot I^{0,275} \cdot C^{1,15} \cdot A^{0,76} \quad (2)$$

Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs du débit des eaux pluviales d'oued Hennaya la méthode d'évaluation de ces débits repose sur la méthode de Caquot.

Le logiciel ORAAGE, développé par la société SCE pour le calcul des débits d'eaux pluviales selon la méthode de Caquot, a été utilisé pour les calculs.

V.2.3.PRESENTATION DE LOGICIEL ORAAGE

ORAAGE est un logiciel de calcul des débits d'eaux pluviales et de dimensionnement de réseaux d'eaux pluviales, développé par la société SCE en 1994, est basée sur la méthode de Caquot.

- Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs de débit des eaux pluviales d'oued Hennaya données par « la société civile professionnelle, Bureau d'études de projets hydraulique & aménagements. Constantine. (2013)

Tableau V.2.Débits des rejets des eaux pluviales dans l'oued d'Hennaya au niveau de la commune de Tlemcen

N°	Régions	Débit des eaux pluviales rejetées (m ³ /j) Qp
R01	Nord Ouest (Koudia)	118291.97

Tableau V.3.Débits des rejets des eaux pluviales dans l'oued d'Hennaya du nouveau pôle universitaire au niveau de Mansourah

N°	Régions	Débit des eaux pluviales rejetées (m ³ /j) Q _p
R02	Nouveau pôle universitaire 01	838383.26
R03	Nouveau pôle universitaire 02	221044.03

Tableau V.4.Débits des rejets des eaux pluviales dans l'oued d'Hennaya au niveau d'Hennaya

N°	Régions	Débit des eaux pluviales rejetées (m ³ /j) Q _p
R04	Ain El Hadjar	25477.632
R05	Khemisti Est	118215.936
R06	Ouled Kada	141068.736
R07	Abattoir	87818.688
R08	Nair Slimane	80313.12
R09	La garre	67385.088
R10	Ben M'hidi	10973.664
R11	Oued Gallien	136003.968

- Le rejet R11 regroupe les rejets déversant sur oued Hennaya.

V.3.DEBITS DES REJETS DES EAUX USEES DANS L'OUED D'HENNAYA

V.3.1.ESTIMATION DU DEBIT DES EAU USEES

V.3.1.1.Evaluation du débit moyen

Le débit d'eau est la somme de plusieurs eaux de provenances différentes. Les débits des équipements seront comptabilisés dans le débit d'eau usée d'origine domestique, ainsi que pour les eaux rejetées par les services publics.

$$Q_{\text{moyj}} = (K_r \cdot D \cdot N) / 86400 \quad (3)$$

Avec:

Q_{moyj}: Débit moyen rejeté quotidiennement en [l/s];

K_r : Coefficient de rejet pris égal à 80% de la quantité d'eau potable Consommée ;

N : Nombre d'habitant (capacité) par hab. ;

D : Dotation journalière ou la consommation en eau potable.

- Les tableaux ci-dessous donnent les valeurs de débit moyen des eaux usées d'oued Hennaya selon la société civile professionnelle, Bureau d'études de projets hydraulique & aménagements. Constantine. (2013)

Tableau V.5.Débits moyens des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau de la commune de Tlemcen (Pour l'horizon d'étude 2030)

N°	Régions	Débit moyens des eaux usées rejetées (m ³ /j) Q _{moy}
R01	Nord Ouest (Koudia)	733.65

Tableau V.6.Débits moyens des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau d'Hennaya (Pour l'horizon d'étude 2030)

N°	Régions	Débit moyens des eaux usées rejetées (m ³ /j) Q _{moy}
R04	Ain El Hadjar	170.7
R05	Khemisti Est	855.08
R06	Ouled Kada	1046.46
R07	Abattoir	608.8
R08	Nair Slimane	549.7
R09	La garre	449.8
R10	Ben M'hidi	436.51
R11	Oued Gallien	1003.63

V.3.3.2.Evaluation du débit de pointe

Le régime du rejet est conditionné par le train de vie des citoyens, ce qui nous donne des heures ou on a un pic et des heures creuses ou le débit est presque nul (la nuit).

Pour estimer le coefficient de pointe, nous avons plusieurs méthodes parmi lesquelles on citera la méthode liée à la position de la conduite dans le réseau.

- Le coefficient de pointe est estimé selon l'importance de la ville.

- Le coefficient de pointe est estimé à partir débit moyen

Le débit de pointe est donné par la formule suivante :

$$Q_p = K_p \cdot Q_{moy} \quad (4)$$

Avec :

K_p : Coefficient de pointe ;

Q_{moyj} : Débit moyen journalier.

Le coefficient de pointe peut être estimé de plusieurs façons :

- Calculé à partir du débit moyen Q_{moy} :

$$Kp = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{moy}}} \text{ Si } Q_{moy} \geq 2,8 \text{ l/s}$$

$$Kp = 3 \text{ Si } Q_{moy} < 2,8 \text{ l/s}$$

Tableau V.7.Débits de pointe des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau de la commune de Tlemcen (Pour l'horizon d'étude 2030)

N°	Régions	Débit de pointe des eaux usées rejetées (m ³ /j) Q _P
R01	Nord Ouest (Koudia)	2194.58

Tableau V.8.Débits de pointe des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya du nouveau pôle universitaire au niveau de Mansourah (Pour l'horizon d'étude 2030)

N°	Régions	Débit de pointe des eaux usées rejetées (m ³ /j) Q _P
R02	Nouveau pole universitaire 01	3344.544
R03	Nouveau pole universitaire 02	13338.432

Tableau V.9.Débits de pointe des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau d'Hennaya (Pour l'horizon d'étude 2030)

N°	Régions	Débit de pointe des eaux usées rejetées (m ³ /j) Q _P
R04	Ain El Hadjar	512.11
R05	Khemisti Est	2006.83
R06	Ouled Kada	2378.05
R07	Abattoir	1516.24
R08	Nair Slimane	1395.52
R09	La garre	1187.78
R10	Ben M'hidi	1159.76
R11	Oued Gallien	2295.76

V.4.LE DEBIT TOTAL QUI CIRCULE DANS L'OUED D'HENNYA (LE DEBITDES EAUX PLUVIALES + LE DEBIT DES EAUX USEES)

Tableau V.10.Débits des rejets des eaux usées dans l'oued d'Hennaya au niveau de la commune de Tlemcen (Pour l'horizon d'étude 2030)

N°	Régions	Le débit total (débit de pointe des eaux usées + le débit des eaux pluviales) (m ³ /j)
R01	Nord Ouest (Koudia)	120486.584

Tableau V.11.Débits des rejets des eaux pluviales et usées dans l'oued d'Hennaya du nouveau pole universitaire au niveau de Mansourah (Pour l'horizon d'étude 2030)

N°	Régions	Le débit total (débit de pointe des eaux usées + le débit des eaux pluviales) (m ³ /j)
R02	Nouveau pole universitaire 01	838383.26
R03	Nouveau pole universitaire 02	221044.03

Tableau V.12.Débits des rejets des eaux pluviales et usées dans l'oued d'Hennaya au niveau d'Hennaya (Pour l'horizon d'étude 2030)

N°	Régions	Le débit total (débit de pointe des eaux usées + le débit des eaux pluviales) (m ³ /j)
R04	Ain El Hadjar	25989.742
R05	Khemisti Est	120222.766
R06	Ouled Kada	143446.786
R07	Abattoir	89334.928
R08	Nair Slimane	81708.64
R09	La garre	68572.868
R10	Ben M'hidi	12133.424
R11	Oued Gallien	138299.548

V.5. CONCLUSION

Enfin de compte les débits totaux des eaux usées et pluviales sont importants dans cet oued qui est égale à 1859622.576 m³/j.

VI.1.INTRODUCTION

Oued d'Hennaya connaît de moyennes pollutions sollicitées par les divers rejets liquides et solides. Les sources de ces rejets sont d'ordre domestique. Leur impact varie selon la composition des matières rejetées, d'une part, et selon la réaction entre les éléments et leur propagation dans le milieu urbain, d'autre part.

VI.2.LES DIFFERENTS TYPES DE POLLUTIONS

VI.2.1.POLLUTION BIOLOGIQUE DES EAUX

Elle est essentiellement d'origine domestique, organique et chimique, et vient au tout premier rang des causes de dégradation des écosystèmes, Elle résulte du rejet des effluents chargés de matières organiques et de nombreux agents pathogènes qui leur sont généralement associés. D'après la nature des polluants on distingue deux sortes de pollution biologique.

VI.2.1.1.Pollution organique

La présence de matière organique dans l'eau déclenche la prolifération des bactéries consommatrices d'oxygène dissous, qui provoquent la désoxygénation totale du milieu. La pollution organique à un effet destructif sur la biocénose aquatique, elle augmente considérablement la DBO (demande biologique en oxygène).

Les eaux usées domestiques ont une DBO de 300 à 500 mg/l [**Rodier J., 1984**].

Notons, en outre, que certains polluants organiques, ne peuvent pas toujours être dégradés par voie biologique, mais par oxydation chimique, on parle donc de DCO (demande chimique en oxygène) de l'effluent pollué.

VI.2.1.2.Pollution micro biologique

Les eaux des rejets (surtout domestique) renferment une multitude de micro-organismes et des germes pathogènes qui risquent de transmettre des maladies graves pour l'être humain.

Nous pouvons citer certaines maladies infectieuses telles que la typhoïde et l'hépatite, résultant de la consommation des coquillages et certains poissons, capables de concentrer les bactéries dans leur corps.

VI.2.2.POLLUTION CHIMIQUE

Elle est due aux rejets d'engrais agricoles : pesticides et autres produits chimiques utilisés en agriculture, et des métaux lourds, des détergents.

Les substances chimiques dont un grand nombre sont dangereux, peuvent être classées en six catégories : substances explosives, oxydantes, inflammables, toxiques et nocives, corrosives, irritantes et sub-radioactives.

Ce type de pollution peut par sa toxicité détruire une importante biomasse de la faune et la flore, diminuant ainsi le capital biologique disponible pour la nutrition.

VI.2.3.POLLUTION THERMIQUE

Elle résulte du rejet d'eau, utilisée comme réfrigérant dans les différentes chaînes industrielles côtières, lors de ces différents emplois, l'eau subit des changements physico-chimiques, telle qu'une élévation de la température qui peut engendrer une raréfaction de l'oxygène, une augmentation de la sensibilité des organismes aux autres polluants et aux agents pathogènes ou alors une perturbation de cycle biologique de nombreuses espèces pélagiques ou benthique [**Guentaia T. et Arif R., 1996**].

VI.3.POLLUTION D'OUED HENNAYA

VI.3.1.SOURCE DE POLLUTION DOMESTIQUE

Pour notre zone d'étude, la pollution est due aux rejets liquides (les eaux usées) et les rejets solides (déchets ménagers) d'usage domestique des villes et agglomérations se trouvant dans le bassin versant et faisant partie des communes de Mansourah et Hennaya.



Figure VI.1. La pollution d'oued Hennaya (Photos « 30/03/2015 » de rond point d'Hennaya)

VI.3.1.1.Les rejets liquides (eaux usées domestiques)

Les eaux usées urbaines de quelques endroits des communes de Mansourah et Hennaya se déversent dans l'oued d'Hennaya, et provoquent des altérations pouvant présenter un danger pour la population et une menace pour l'environnement. Il est nécessaire d'évaluer quantitativement et qualitativement le degré de cette pollution afin de prendre les mesures adéquates pour la conservation du milieu naturel.

VI.3.1.1.1. La composition des eaux usées déversées

Les eaux usées urbaines renferment plusieurs substances telles que :

- **Microorganismes pathogènes** : Les eaux usées contiennent tous les microorganismes pathogènes à savoir :

- Les Bactéries ;

- Les virus ;

- Les protozoaires ;

- Les helminthes.

- **Matières en suspension et matières organiques** : Les MES sont en majeure partie de nature biodégradable. Une concentration importante des matières organiques entraîne des odeurs désagréables notamment si elles sont stagnées à la surface du sol.
- **La demande biochimique en oxygène (DBO) et la demande chimique en oxygène (DCO).**
- **Substances nutritives** : L'azote, potassium, phosphore, calcium, magnésium, sodium...
- **Éléments traces (métaux lourds)** : Bore, fer, zinc, plomb, mercure...
- **Salinité** : La salinité d'une eau correspond à sa concentration en sels dissous dans leur ensemble. Elle est exprimée par la valeur de la conductivité électrique (CE).

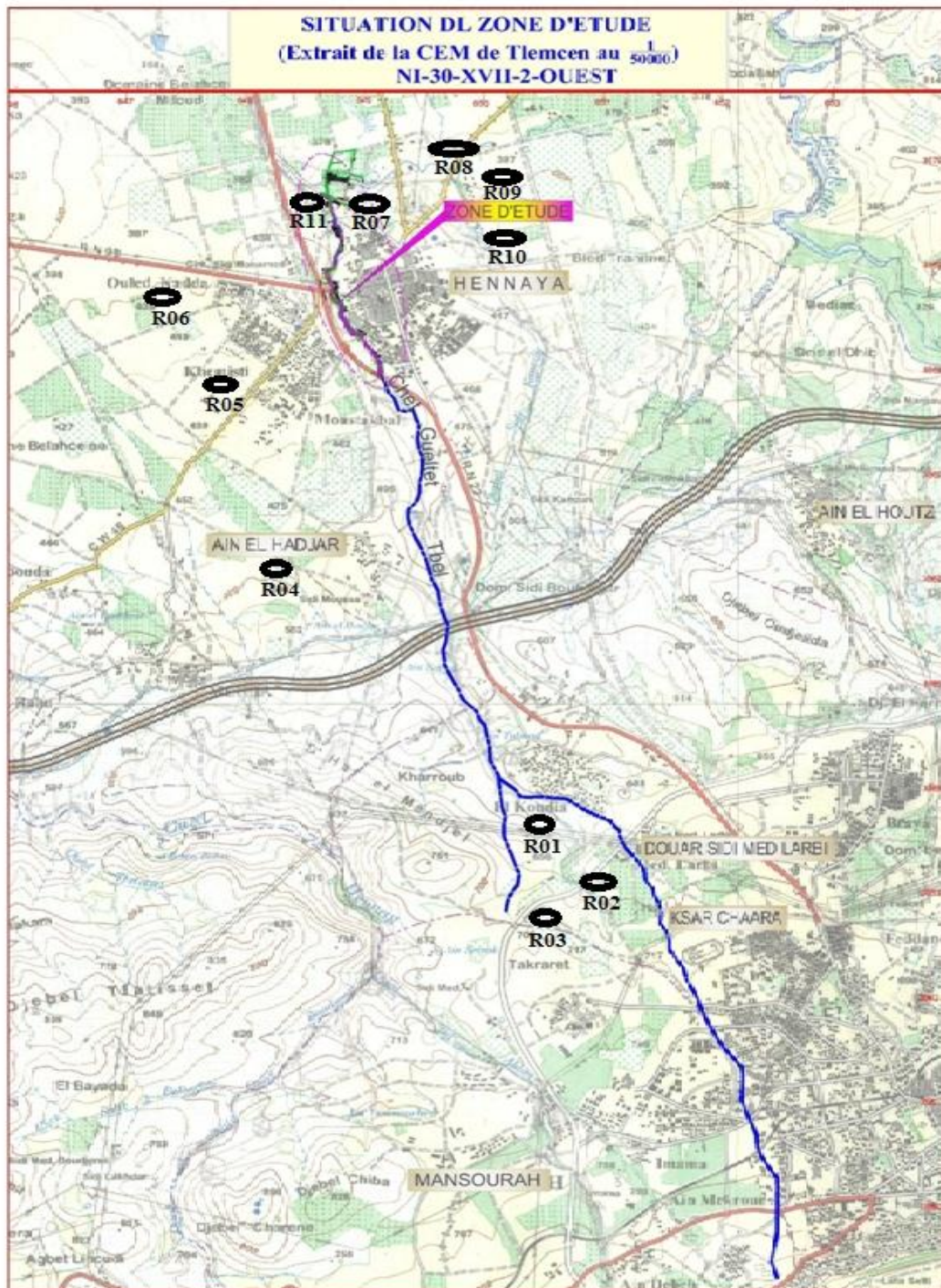


Figure VI.2. Les points de rejets des eaux usées dans oued Hennaya



Figure VI.3. Les rejets liquides (eaux usées) déversés dans oued Hennaya
(Photos « 30/03/2015 » de Koudia)

VI.3.1.2. Les rejets solides (déchets ménagers)

C'est l'ensemble des déchets produits par l'activité domestique quotidienne des ménages. Ils comprennent les ordures ménagères (les cartons et les papiers, les matières plastiques telles que les bouteilles d'eau minérales et de soda, les déchets divers comme les boîtes de conserves et les canettes, les métaux comme les piles...).



Figure VI.4. Les rejets solides déversés dans oued Hennaya (Photos « 30/03/2015 » de rond point d'Hennaya)

VI.4.LA MESURE DE LA POLLUTION D'OUED HENNAYA

L'évaluation quantitative de la pollution nécessite trois conditions primordiales:

- Le prélèvement d'échantillon représentatif de l'eau considérée.
- La mesure de la concentration d'un ou des polluants, ce qui implique un choix des paramètres de pollution.
- Enfin, la croissance du débit de l'effluent, en vue de calcul du flux ou les charges polluantes horaires et journalières.

VI.4.1.PRELEVEMENT ET ECHANTILLONAGE

L'évaluation des caractéristiques de la pollution doit se faire sur des échantillons qui ont été correctement prélevés et qui sont donc représentatifs de la qualité existante réellement. Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas de rivière, d'une nappe ouverte, d'un réservoir, d'une citerne, la bouteille sera placée à une certaine distance du fond et de la surface, assez loin des rives ou des bords, ainsi que des obstacles naturels, ou artificiels en évitant de mettre en suspension les dépôts.

L'échantillonnage devra être rigoureusement proportionnel au débit d'eau à examiner.

VI.4.2.MESURE DES DEBITS

Le débit d'une eau usée varie considérablement dans le temps au cours de la journée et d'une saison à une autre. Pour cela, on procède à une estimation du volume d'eau par unité de temps.

VI.4.3.LES PARAMETRES DE LA POLLUTION

VI.4.3.1.Analyse physico-chimique

Les phénomènes de pollution se traduisent généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur, un des moyens d'étude de la pollution consistera donc à mesurer, par des analyses, ces caractéristiques au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué [Gaujaus D., 1995].

➤ **Température**

C'est un facteur physique important de la vie d'un cours d'eau. Elle influe sensiblement sur la quantité des sels et des gaz dissous dans l'eau en particulier l'oxygène, et sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques notons que la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air.

L'expérience a montré qu'avec l'augmentation de la température la teneur en gaz (oxygène, azote, méthane...) et la solubilité du sulfate de calcium diminue tandis que la solubilité du

chlore de sodium et des carbonates de calcium augmente [David A. et Cornwell Z., 1998].

➤ **PH**

Le pH de l'eau représente son acidité ou son alcalinité dont le facteur le plus important est la concentration en anhydride carbonique lié à la minéralisation, ainsi chaque écosystème à sa propre faune et flore et des variations brusques de pH des effluents perturbent le cycle normal des organismes aquatiques.

➤ **Odeur**

L'existence d'une odeur spécifique dans l'eau s'explique par la présence de pourriture, ainsi les eaux qui contiennent de l'hydrogène sulfuré ont des odeurs piquantes, désagréables, celles qui sont riches en acides ont une senteur spécifique de marais. La présence simultanée dans l'eau de plusieurs substances lui donne généralement une odeur moins intense que celle due à un seul constituant.

➤ **Minéralisation**

C'est la quantité des sels minéraux contenus dans l'eau, elle est estimée à partir de la mesure de la conductivité, qui nous permet de saisir deux notions importantes :

- L'évaluation du degré de matières minérales dissoutes dans les eaux brutes et usées.
- L'estimation du degré de minéralisation de l'eau analysée afin de connaître son impact sur la faune et la flore ainsi que son effet corrosif sur les canalisations [Khouani K., 1996].

➤ **Conductivité**

Dépend de la minéralisation et augmente avec la mobilité des ions.

Une augmentation excessive de la conductivité entraîne la perturbation du milieu, elle influe sur la pression osmotique d'où problèmes de régulation chez les organismes aquatiques sensibles.

➤ **Turbidité**

La turbidité est inversement proportionnelles à la transparence de l'eau elle varie suivant les MES de l'eau représentées par l'ensemble des matières organiques et minérales dissoutes dans l'eau.

➤ **Matières en suspension**

Elle représente l'ensemble des matières organiques et minérales dissoutes dans l'eau provenant de certains rejets industriels, des rejets urbains, ainsi que la décomposition des matières organiques et de la dissolution des végétaux. La fermentation des matières organiques provoque la désoxygénation de l'eau, réduisant ainsi la pénétration de la lumière, et par conséquent limite considérablement le phénomène de photosynthèse. Les MES

modifient également la topographie sou marine, lorsqu'elles se déposent dans le fond, elles font disparaître la faune et la flore benthique. Les MES sont exprimées par la relation suivante : $MES = 30\% MMS + 70\% MVS$.

- **Les Matières Volatiles en Suspension (MVS)**

Les MVS représentent la partie organique des MES et sont obtenues par la calcination à 525 C° pendant 2 heures.

- **Les Matières Minérales en Suspension (MMS)**

Les MMS représentent la différence entre les MES et les MVS et correspondent à la présence de sels minéraux de silice.

- **Les matières décantables et non décantables**

On distingue les matières qui décantent en un temps donné, et les matières qui ne décantent pas et qui restent donc dans l'eau en se dirigeant vers l'épuration biologique [Gaid A., 1984], [Daisy B., 2004].

- **Oxygène dissous**

L'oxygène dissous dans l'eau est un facteur vital pour la rivière tant pour les organismes aquatiques, animaux ou végétaux que pour le phénomène d'auto épuration naturel, sa mesure dans un milieu aquatique peut rendre compte de sa qualité et de son état d'anaérobie, une baisse du taux d'oxygène dissous dans un cour d'eau est souvent l'indice d'une pollution organique.

- **La demande en oxygène**

La première nuisance provoquée par le rejet d'une eau polluée dans le milieu récepteur est la consommation d'oxygène qu'elle engendre, avec toutes les conséquences néfastes bien connues sur la faune et la flore aquatique [Coote D. et Gregorich L., 2000]. C'est pourquoi, la mesure de la demande en oxygène d'une eau usée est primordiale et donc utilisée comme paramètre globale de pollution. Elle se détermine par voie chimique ou par voie biologique, conduisant à deux types de demande en oxygène :

- **Demande biologique en oxygène (DBO₅)** : La DBO₅ détermine la quantité d'oxygène indispensable aux micro-organismes pour dégrader par oxydation, la matière organique pendant 5 jours à une température de 20 °C à l'obscurité.

- **La demande chimique en oxygène (DCO)** : La DCO est la quantité d'oxygène cédée par voie chimique par un oxydant puissant (dichromate de potassium (Cr₂O₄K₂)), pour oxyder les matières réductrices présente dans une eau polluée [Menard F., 1992].

La valeur de la DCO est toujours plus élevée que celle de la DBO₅, car de nombreuses substances organiques peuvent être oxydées chimiquement mais ne peuvent s'oxyder biologiquement.

➤ **L'azote**

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, Les formes de l'azote dans les eaux usées sont :

- L'azote total de Kjeldahl (NTK);
- Les nitrates (NO₃⁻);
- Et les nitrites (NO₂⁻).

En plus de la toxicité de la forme ammoniacale et nitrique, l'azote intervient dans le phénomène de l'eutrophisation. Sa caractérisation et sa quantification sont primordiales pour les rejets liquides dans le milieu naturel [**Bontoux J., 1994**].

- **L'azote kjeldahl**

L'azote kjeldahl= Azote ammoniacal+ azote organique [**Pierre J. et al, 1990**].

- **L'azote organique**

L'azote contenu dans les déjections animales, et plus généralement dans les matières organiques mortes, est progressivement libéré par l'activité de la microflore aérobie et anaérobie du sol, les acides uriques, les protéines [**Aminot A. et Chaussepied M., 1983**].

-L'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes, l'ammoniac NH₃ et l'ammonium NH₄⁺. En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrite puis en nitrate [**Aminot A. et Chaussepied M., 1983**].

➤ **L'ammonium**

La toxicité de l'azote ammoniacale est directement liée à sa forme non ionisée, elle a même fonction du pH de l'eau. Ainsi, une forte concentration d'ions ammonium dans l'eau avec un pH faible, ne sera pas dangereuse pour la flore et la faune aquatiques, alors qu'une quantité beaucoup plus faible avec un pH élevé se révélera toxique.

En milieu oxydant, l'ammoniaque se transforme en nitrates puis en nitrites, ce qui induit une consommation d'oxygène.

➤ **Nitrites**

D'origine industrielle, les nitrites instables présentent un caractère de toxicité pour les poissons.

➤ **Nitrates**

Les nitrates stimulent la flore aquatique en présence des autres éléments indispensables et augmente la productivité du cours d'eau.

➤ **Le phosphore**

C'est la quantité de phosphore total contenu dans l'eau sous diverses formes :

- Polyphosphates ;
- Organophosphates ;
- Ortho-phosphates.

Le phosphore est aussi responsable de l'eutrophisation du milieu aquatique, d'où l'obligation de sa détermination [Féray C., 2000].

La somme de ces diverses formes constitue le phosphore total, dont chaque forme peut être mesurée indépendamment des autres par spectrophotométrie [Mizi A., 2006].

➤ **Phosphates**

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (décomposition de la matière vivante, lessivage des animaux) mais, à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est plutôt d'origine artificielle (engrais, détergents, industries chimiques) [Menard F., 1992].

Les phosphates atteignent parfois des taux très élevés qui, sans être nocifs directement, provoquent une croissance exagérée des algues, qui concentrent jusqu'à dix fois la quantité de phosphore utilisée normalement, forment un épais tapis à la surface des plans d'eau et en se décomposant peuvent causer une pollution mortelle pour les poissons. Les phosphates en excès sont pratiquement impossibles à éliminer en raison de leur stabilité.

➤ **Les chlores et le sodium**

Ils existent dans toutes les eaux à des taux variables, ils ont une origine :

Naturelle : due à la percolation à travers des terrains salés et aux infiltrations dues aux rejets humains.

Industrielle : Pétrole, potasse, agroalimentaire... [Gaujous D., 1995].

En raison de leur solubilité et leur stabilité et des nuisances possibles à l'égard des diverses utilisations de l'eau, les chlorures posent parfois de sérieux problèmes.

➤ **Sulfates**

Les sulfates proviennent des ruissellements ou d'infiltrations dans les terrains à gypse, ou peuvent être d'origine industrielle.

Les organismes ont besoin de sulfates, mais un excès peut limiter la production biologique.

➤ **Les métaux lourds**

Les métaux lourds sont présents dans l'environnement marin sous différentes formes chimiques qui résultent d'équilibres entre les ions métalliques et les complexes organiques [Duquesne S., 1994].

Ils sont classés en deux groupes distincts par rapport à leurs rôles biologiques au niveau de l'organisme ; on dénombre :

- ✓ Les métaux essentiels ou oligo-éléments

Tous les métaux qui présentent un rôle biologique pur dans l'organisme tel que le zinc, cuivre, cobalt, chrome, nickel. Ces éléments rentrent dans les réactions biochimiques de la matière vivante et ont ainsi un rôle nutritionnel [Regoli F. et al, 1998].

- ✓ Les métaux toxiques ou les métaux non-essentiels
- ✓ Ce groupe de métaux ne présente aucun intérêt pour les processus biologiques, une pénétration dans les organismes même à des quantités infimes, présente des effets toxiques.

VI.4.3.2. Les analyses bactériologiques

Les bactéries sont des formes de vie simple, ce sont des êtres unicellulaires procaryotes.

Elles ont un rôle écologique fondamental dans les transformations de la matière, certaines espèces ont un pouvoir pathogène vis-à-vis des organismes vivants (bactéries, végétaux, animaux, hommes).

Les bactéries peuvent être :

- Sensibles
- Résistantes, c'est-à-dire qu'elles subsistent longtemps dans le milieu extérieure.
- Spécifiques, c'est-à-dire d'origine fécale.

Les principales bactéries recherchées dans l'eau comme témoins de contamination fécale sont :

➤ **Les coliformes**

Le terme de coliforme regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes, ayant la particularité de fermenter le lactose avec production de gaz en 48 heures à température de 35 °C à 37 °C [Latrous S. et Djerfaoui A., 1992].

Pratiquement tous les coliformes peuvent exister dans les matières fécales des hommes et des animaux à sang chaud alors que certains sont également des hôtes habituels du sol et des eaux [Rodier J., 1984].

Les coliformes sont recherchés dans l'eau comme témoins de contamination fécale douteuse [Gaujous D., 1995].

Ils comportent quatre genres principaux :

- **Citrobacter** : il n'a pas de pouvoir pathogène.

- **Klebsiella** : est présent dans l'intestin, il a un pouvoir pathogène.

- **Entérobacter** : peut être pathogène.

- **Escherichia Coli** : est très présente dans la flore intestinale de l'homme et des animaux ; elle est considérée comme la meilleur indice de contamination fécale sensible, spécifique et assez résistante.

➤ **Clostridium Sulfito Réducteurs**

La forme spore est beaucoup plus existante que la forme végétative des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux.

VI.5.MATERIELS ET METHODES

VI.5.1. ECHANTILLONNAGE ET MODE DE PRELEVEMENT

Le prélèvement d'échantillon a porté sur le milieu environnant : Oued d'Hennaya où se déversent les eaux usées domestiques des différents quartiers et villages situés sur les rives de l'oued.

Les échantillons destinés à l'analyse sont prélevés de façon à représenter le plus exactement possible le milieu d'où il provient surtout au niveau qualitatif. La concentration étant supposée être la même dans le milieu d'origine que dans les échantillons, Ces derniers sont effectués dans des flacons stérilisés, qui sont rincés à l'instant de l'emploi, avec l'eau étudiée, puis transportés au laboratoire le plus vite possible, et conservés à 4 °C.

Pour les analyses physico-chimiques, nous avons utilisé des flacons en polyéthylène de 750 ml.

Le point de prélèvement doit être caractérisé par un bon mélange des eaux, non influencé par les dépôts antérieurs.

Etiquetage des flacons est effectué, les coordonnées du prélèvement (date, heure, température, point de prélèvement...) sont précisés.

Dans le cas des analyses bactériologiques, il faut respecter les conditions qui sont nécessaires pour l'obtention des résultats significatifs.

Dans nos analyses, nous avons utilisé des flacons en verre à bouchage émeri stérilisés à l'autoclave et à une température de 120°C pendant 15 mn, ces flacons sont ensuite plongés dans l'eau à 30cm de profondeur puis fermés avec précaution sous l'eau afin d'éviter toute

contamination aérienne. La température atmosphérique était basse 21°C, nous avons négligé la conservation des échantillons dans une glacière, ces derniers directement transportés au laboratoire pour effectuer les analyses.

VI.5.2.LES DIFFERENTS TYPES D'ANALYSES

VI.5.2.1.Analyse physico-chimique

Les principales analyses effectuées sont : le pH, la température, les MES, DCO, ammonium, nitrite, turbidité, oxygène dissout.

Nous avons effectué les analyses physico-chimiques dans laboratoire de l'ADE de Tlemcen et laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen.

VI.5.2.1.1.But des analyses physico-chimiques

Ces analyses ont pour objectif :

- La détermination des principaux paramètres de pollution.
- La recherche d'éléments nocifs ou toxiques.
- La détermination qualitative et quantitative d'éléments dissous dans l'eau.

Détermination des caractères physico-chimiques.

➤ Odeur

L'évaluation de l'odeur ne constitue pas une mesure mais une appréciation. Nous l'avons définie au moment des prélèvements par notre sens olfactif.

➤ Couleur

Les conditions matérielles ne nous ont pas permis de réaliser cette opération. La coloration de l'eau usée était apparente à l'œil nu pour chaque échantillon.

➤ Température

Nous avons mesuré la température des échantillons prélevés au moyen d'un thermomètre gradué (1/10) de degré et étalonné.

• Mode opératoire

La température de l'eau sera prise en même temps que le prélèvement de l'échantillon. On prélèvera l'eau dans un bécher de 100 ml de capacité et on y plongera immédiatement l'appareil de mesure soigneusement étalonné. On procédera à la lecture de la température, dès que la stabilisation est observée.

➤ pH

Le pH est l'un des paramètres chimiques importants lorsqu'il s'agit de déterminer la qualité d'une eau destinée à la consommation [Rodier J., 2005].

• Principe

La détermination du pH est effectuée à l'aide d'un appareil (pH mètre).

Le pH mètre : cet appareil de mesure est constitué d'une électrode de pH que l'on plonge dans la solution dont on veut connaître l'acidité [Rodier J., 2005].

- **Étalonnage**

L'étalonnage se fait par une solution d'étalonnage d'un pH le plus proche du pH des solutions à analyser. Dans ce travail nous avons utilisé une solution d'étalonnage de pH=7.

- **Mode opératoire**

L'étalonnage dans une solution se fait comme suit : en prolongeant l'électrode préalablement rincée à l'eau distillée puis en solution tampon et en effectuant la lecture de la valeur du pH=7, rincer celle ci à l'eau distillée et la plonger dans l'échantillon, effectuer la mesure du pH après savoir légèrement agité l'électrode [Raouti, 2012].



Figure VI.5. pH mètre (manuel) ;(laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen)

➤ **Mesure de la turbidité**

- **Principe**

La turbidité fonctionne sur le principe nephelométrique dans lequel un faisceau de lumière traverse un tube contenant un échantillon d'eau et la lumière diffusée par les particules et capturée par un photodétecteur faisant un angle de 90° la lumière incidente.

- **Appareillage**

L'appareil utilisé pour la mesure de la turbidité est le « turbidimètre », il donne une lecture directe en NTU (nephelometric turbidity unit).



Figure VI.6. Turbidimètre; (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen)

- **Matériel utilisé**

-Un turbidimètre.

-Solution étalons de différentes gammes 0-0.2, 0-1, 0-10, 0-1000 ; UTN (unité de la turbidité nephelométrique).

- **Mesure des matières en suspension**

La détermination des matières en suspension dans l'eau est réalisée soit par filtration, soit par centrifugation, séchage à 105 C° et pesée [Gaid A., 1984].

La centrifugation est préférée pour les eaux chargées (colmatage du filtre).

- **Matériels utilisé**

- Dispositif de filtration ;

- Balance ;

- Capsules ;

- papier Filtres;

- Étuve.



Figure VI.7.Dispositif de filtration **Figure VI.8.**Balance électronique

- **Mode opératoire**

- Rincer le filtre à l'eau distillée et le sécher à l'étuve à 105 °C environ 30 à 60 min ;
- Laisser refroidir puis peser le filtre sec et noter son masse M1 ;
- Homogénéiser l'échantillon à analyser ;
- Filtrer sous vide un volume V de l'échantillon mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée ;
- Sécher, refroidir et peser une seconde fois le filtre. Sa masse est notée M2

- **Expression des résultats**

La concentration de la matière en suspension dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation suivante :

$$\text{MES} = \left(\frac{M2-M1}{V} \right) * 10^3 \quad (1)$$

Avec :

M1 : la masse du filtre sec avant filtration (en mg) ;

M2 : la masse du filtre sec après filtration (en mg) ;

M2-M1: Poids de la matière retenue par le filtre sec ;

V : Volume d'eau utilisé (en ml) [Rodier J., 1996].

- **Demande chimique en oxygène DCO**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique certaines matière organique ou inorganique contenue dans l'eau. Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables [Gaid A., 1984].

- **Principe**

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium « $K_2Cr_2O_7$ » en milieu acide dans une solution portée à ébullition à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag^+ comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg_2^{+} permettant de complexer les ions chlorures.

L'oxygène consommé en mg/l est calculé après détermination de l'excès de dichromate de potassium par titration avec du sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de Mohr) [Gaid A., 1984].

- **Matériel nécessaire**

Un réacteur pour le chauffage à $105C^\circ$ ECO_6 ; les équipements nécessaires sont les suivantes :

- Pipette graduée double trait ;
- Matras à goulot large ;
- Ballons gradués ;
- Burette ;
- Cylindres gradués.

- **Réactifs**

- Solution de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 0,04 mol/l et contenant du sulfate de mercure (II) ;
- Solution d'acide sulfurique ;
- Solution sulfate d'argent ;
- Solution sulfate de fer ferreux et d'ammonium (sel de Mohr) $[(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ à 0,12 mol/l ;
- Solution indicateur Féroïen.

- **Digestion de l'échantillon**

- Transvaser 10 ml de l'échantillon pour l'analyse (diluer si nécessaire) dans le tube de l'appareil, ajouter 5 ml de solution de dichromate de potassium;
- Ajouter avec précaution 15 ml d'acide sulfurique et sulfate d'argent et raccorde immédiatement le tube au réfrigérant ;
- Répéter les deux étapes précédentes pour tous les échantillons à analyser mais aussi pour deux échantillons à blanc (10 ml d'eau distillée) ;
- Amener le mélange réactionnel à l'ébullition pendant 120 minutes à $150^\circ C$;
- Rincer les réfrigérants à l'eau distillée et refroidir les tubes.

- **Titration de l'échantillon**

-Transvaser le contenu de chaque éprouvette en matras à goulot large, rincer avec l'eau distillé 3 ou 4 fois.

-Ajouter 5 ou 6 goutte l'indicateur coloré Féroïen.

- Après le refroidissement titrer avec une solution de sulfate de fer ferreux et ammonium jusqu'au moment ou la couleur de la solution change de vert bleu à orangé.

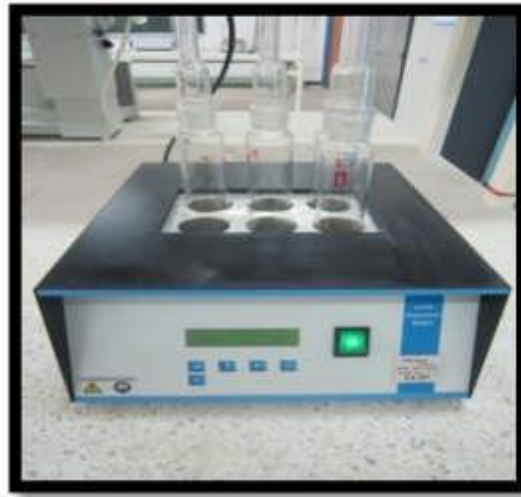


Figure VI.9. Réacteur DCO (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen)

- **Expression des résultats**

La valeur DCO exprimée en mg/l est calculée par la formule suivante:

$$DCO = 8000 * (Vt - Ve) * \frac{N}{X} \quad (2)$$

Avec :

N : Concentration de la solution de sel Mohr déterminée par étalonnage, soit dans le cas présent 0,12 mol/l ;

X : Volume de la prise d'essai en ml ;

Vt : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'essai à blanc;

Ve : Volume en ml de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium titré pour l'échantillon.

➤ **Oxygène dissous**

L'oxygène est l'un des paramètres chimique importants, il sert au contrôle le fonctionnement du traitement biologique.

- **Appareillage**

L'appareil de mesure l'oxygène dissous est l'oxymètre. Les mesures couramment utilisées sont les suivantes: parties par million (ppm) ou la saturation en pourcentage (%), laquelle est définie comme étant le pourcentage d'oxygène dissous dans 1 litre d'eau.



Figure VI.10. Oxymètre (laboratoire du département d'hydraulique université de Tlemcen)

- **Mode d'opérateur**

-Etalonner l'appareil avec des solutions tampons.

-Rincer l'électrode de l'oxygène dissous et les immerger dans la solution à mesurer. Lire la valeur sur l'écran une fois le signale se stabilise.

- **La conductivité**

On commence par régler le conductimètre en ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Puis on plonge las onde dans l'échantillon, et on lit le résultat en micro-siemence.



Figure VI.11. Conductimètre

VI.5.2.2. Analyse bactériologiques

Les analyses microbiologiques portent sur la recherche quantitative des modifications ou changements spéciaux provoqués par chaque espèce de bactérie dans les milieux de culture appropriée.

La recherche était appuyée surtout sur les germes suivants : Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux, Clostridium sulfito-réducteur et une recherche quantitative des Staphylocoques, des Salmonelles et Vibrio Cholerae.

Nous avons effectué les analyses bactériologiques dans le laboratoire de l'ADE de Tlemcen.

VI.5.2.2.1. But des analyses bactériologiques

Notre recherche se base surtout sur la mise en évidence des germes pathogènes.

➤ Recherche Coliformes totaux, Coliformes fécaux et Escherichia coli

• Principe

Les coliformes sont utilisés le plus souvent pour juger la qualité bactériologique des eaux car ils sont plus résistants aux désinfectants que les coliformes fécaux dont le principe est basé sur la recherche des germes suspects.

Une série de tubes estensemencée, contenant un milieu non sélectif et permettant de mettre en évidence la fermentation du lactose avec dégagement de gaz.

Les tubes positifs seront ensuite repiqués sur des milieux spéciaux contenant des sels biliaires ou agents de surface, les incubations sont réalisées dans des conditions standards pour le dénombrement des coliformes.

➤ Recherches et dénombrement des Streptocoques fécaux

• Principe

Les Streptocoques du groupe Entérocoque sont des germes témoins d'une contamination fécale. Les Streptocoques sont très recherchés dans les eaux d'alimentation que dans les eaux résiduaires.

➤ Recherche des Clostridium sulfito-réducteur

• Principe

La recherche et le dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteur permettent de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies strictes, caractérisées par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique plus ou moins les sulfites en sulfures.

➤ **Recherche et dénombrement des Staphylocoques**

• **Principe**

Les Staphylocoques sont toujours associés à la recherche de pollution d'origine fécale dans les laboratoires bactériologiques spécialisés.

Le principe est basé sur l'ensemencement de ces germes dans un milieu spécifique, nous avons choisi de préférence un milieu de champagne mannite.

➤ **Recherche des germes Vibrio cholerae**

• **Principe**

La recherche de Vibrio cholerae est effectuée pour vérifier l'état d'un cours d'eau, aussi quand il s'agit d'éviter la propagation des maladies dangereuses.

➤ **Recherche et dénombrement des Salmonelles**

• **Principe**

Les Salmonelles sont responsables de graves maladies, leurs recherches ont été indispensables notamment dans les eaux résiduaires. Le principe est basé sur l'enrichissement du milieu spécifique puis l'isolement sur milieu Hektoen.

VI.6.RESULTATS ET INTERPRETATION

VI.6.1.RESULTATS ET INTERPRETATION DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

VI.6.1.1.Couleur et odeur

L'eau de l'oued a une couleur marron foncée due à la présence des matières en suspension provenant des eaux pluviales, et une odeur désagréable due à la présence de matières organiques provenant des eaux usées.

VI.6.1.2.Température

Pour le prélèvement effectué au mois d'avril, la température de l'échantillon est de 20.6°C, sachant que la valeur limite normative de la température est de 30°C. Nous savons néanmoins qu'une élévation de température pendant la saison chaude active la multiplication des micro-organismes et favorise la production d'odeurs.

VI.6.1.3.pH

Le pH mesuré est de 7.22, ce résultat correspond aux normes préconisées par l'OMS pour les rejets d'effluents ($6.5 < \text{pH} < 8.5$), selon [Gaugous D., 1995], le pH n'a pas une incidence écologique directe entre 5 et 9.

VI.6.1.4. Turbidité

On remarque que la valeur de la turbidité d'oued Hennaya est très élevée et égale à 579 NTU à cause des rejets des eaux usées. La turbidité est proportionnelle à la teneur en MES et aux matières colloïdales [Guyot C., 1974].

VI.6.1.5. Matière en suspension

La détermination des matières en suspension est importante car elle permet d'évaluer la charge polluante, cette mesure est en matière colloïdale d'origine minérale et/ou organique [Degremont, 1989].

La valeur de MES mesurée est de 1950 mg/l elle est 65 fois plus grande par rapport à la norme qui est de 30 mg/l d'après l'OMS.

VI.6.1.6. DCO

La valeur de DCO mesurée dépasse la norme préconisée par l'OMS pour les eaux usées (90 mg/l).

La DCO présente une valeur élevée qui est 672 mg/l cette valeur est en rapport avec la quantité de matière organique contenues dans les eaux usées domestiques provenant de l'agglomération de Tlemcen, Mansourah et Hennaya.

VI.6.1.7. L'oxygène dissous

La valeur mesurée de l'oxygène dissous est de 4.1 mg/l avec un pourcentage de 43 %, on remarque que cette valeur est très importante donc il y'a l'oxygénation du milieu liée à la présence d'une végétation.

VI.6.1.8. L'ammonium

D'après les analyses effectuées sur l'échantillon on a remarqué que la valeur mesurée de l'ammonium qui est 2.17 mg/l est supérieure à la norme de 0.5 mg/l.

VI.6.1.9. Nitrites

La présence des nitrites dans le milieu peut aussi bien indiquer une oxydation incomplète de l'azote organique, généralement les teneurs en nitrites des eaux proviennent du lessivage des terres enrichies en engrais chimique, et aussi de l'élevage.

L'oued présente une valeur en nitrites de 0.011 mg/l conforme à la norme algérienne qui est égale à 1 mg/l.

VI.6.1.10. Conclusion

Nous pouvons dire que la composition des eaux de cet oued ne répond pas aux normes préconisées par l'OMS et les normes algériennes relatives aux eaux destinées à l'irrigation, et ceci pour la plus part des paramètres analysés.

Nous avons remarqué que la pollution diminue en saisons pluvieuse comme l'hiver en raison surement de la dilution provoquée par les pluies. Par contre en saisons sèche comme l'été la pollution augmente, en effet seules les eaux usées circulent dans l'oued.

Les effluents étudiés sont donc de mauvaise qualité physico-chimique.

Tableau VI.1.Caractère physico-chimiques d'oued Hennaya

Les paramètres physico-chimiques	Unité	L'échantillon	Les normes
Date de prélèvement	-	01/04/2015	-
L'heure de prélèvement	-	19:00 H	-
Odeur	-	Désagréable	Sans odeur
Couleur	-	marron	claire
turbidité	NTU	579 NTU	-
Température	°C	20.6 °C	30°C
pH	-	7.22	6.5 - 8.5
MES	mg/l	1950 mg/l	30 mg/l
DCO	mg/l	672 mg/l	90 mg/l
Oxygène dissous	mg/l	4.1 mg/l	-
L'ammonium	mg/l	2.17	0.5 mg/l
Nitrite	mg/l	0.011	1 mg/l

VI.6.2.RESULTATS ET INTERPRETATION DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

La recherche des coliformes témoignent d'une pollution d'origine fécale, les résultats des analyses bactériologiques sont :

VI.6.2.1.Les coliformes totaux

La présence à des taux élevés de coliformes totaux dans l'oued qui est supérieure à 240 reflète une pollution d'origine fécale, justifiée par les rejets des eaux usées domestiques. En effet, l'interprétation des résultats de cette analyse, faite sur la base des critères d'Engelberg (moins de 1000 coliformes fécaux pour l'irrigation sans limitation) montre que les eaux usées destinées à l'irrigation sont chargées en germes fécaux qui peuvent être à l'origine de la contamination des sols et des cultures.



Figure VI.12.Recherche des coliformes totaux

VI.6.2.2.Escherichia Coli

La valeur d'Escherichia Coli est très élevée dans l'oued et qui est supérieure à 240.



Figure VI.13.Recherche des coliformes fécaux

VI.6.2.3.Streptocoques fécaux

Les streptocoques sont présents en grande valeurs qui est supérieure à 240.

VI.6.2.4.Conclusion

Cette analyse bactériologique nous révèle la présence d'un nombre important de germes totaux, des coliformes représentés par l'E.Coli et les streptocoques.

Cette contamination est entretenue par la présence d'une forte charge organique où l'eau est d'une mauvaise qualité bactériologique, et donc déconseillée pour l'irrigation.

Tableau VI.2. Caractères bactériologiques d'oued Hennaya

Les paramètres bactériologiques	L'échantillon
Date de prélèvement	01/04/2015
L'heure de prélèvement	19 :00 H
Les coliformes totaux	> 240
Escherichia Coli	> 240
Streptocoques fécaux	>240

VI.7.L'UTILISATION DES EAUX USEES D'OUED HENNAYA EN AGRICULTURE

Les ressources en eau, faiblement gérées et rarement en disponibilité sous climat aride et semi-aride comme le climat de la région d'Hennaya, sont très sollicitées par toutes les activités humaines, Ceci nous amène au réemploi des eaux usées.

Comme la demande en eau du pays augmente, l'irrigation avec les eaux usées est devenue une composante qui fait partie logiquement du total du planning du développement.

Une irrigation de cultures ou d'espaces verts qui met en œuvre des eaux usées n'est pas une irrigation banale. En effet, ces eaux véhiculent des pollutions qui posent des problèmes de santé publique. Si beaucoup de composant des eaux usées (micro-organismes pathogènes, métaux lourds, micro polluants, matière organique...) sont sources d'inconvénients, d'autres constituants (matières organique, azote, phosphore, potassium) contribuent à la fertilisation des sols.

D'une façon générale, une lame d'eau résiduelle de 100 ml peut apporter à l'hectare

[Jean A., 1997].

- De 16 à 62 Kg d'azote ;
- De 2 à 69 Kg de potassium ;
- De 4 à 24 Kg de phosphore ;
- De 18 à 208 Kg de calcium ;
- De 9 à 100 Kg de magnésium ;
- De 27 à 182 Kg de sodium.

Dans certaines circonstances, ces éléments peuvent être en excès par rapport aux besoins de la plante et provoquent des effets négatifs, aussi bien au niveau de la culture que des sols.

Un contrôle périodique de la quantité de ces éléments présents dans l'effluent est nécessaire afin d'en tenir compte des besoins en fertilisant des cultures irriguées.

Même si l'irrigation par des eaux usées est interdite dans notre pays mais c'est seulement sur le papier car les contrôles ne sont jamais effectués.

Ces eaux d'oued Hennaya souvent contaminées chimiquement et biologiquement, sont la principale ressource d'eau pour les agriculteurs; qui approvisionnent les citoyens avec leurs produits. Ces eaux non traitées présentent à la fois une ressource et un risque sanitaire et environnemental.

L'irrigation par des eaux usées brutes peut engendrer toute sorte de problèmes, elle peut détériorer la qualité des sols (colmatage des sols, l'imperméabilisation des sols) [**Bensaïd H. et Bouchentouf B., 2001**].



Figure VI.14. Terre agricole irrigué par des eaux polluées d'oued Hennaya

VI.8. CONSEQUENCE DE LA POLLUTION D'OUED HENNAYA

La masse et la diversité croissante des polluants rejetés dans l'environnement par la technologie moderne nous amènent, aujourd'hui, à nous interroger sur leurs effets globaux à l'échelle de la biosphère.

VI.8.1. CONSEQUENCES SANITAIRES

Elles peuvent être liées soit à l'ingestion d'eau souillée, soit par simple contact (parasites) contribuant à l'apparition des maladies à transmission hydriques connues.

Les eaux usées peuvent charrier toute sorte d'agents pathogènes. L'impact sur la santé des citoyens est le plus grand des problèmes que génère l'utilisation des eaux usées en irrigation, bien que les maladies à transmission hydriques font l'objet d'un intérêt tout particulier par les services de l'état.

Ces maladies peuvent être d'origine bactérienne (Choléra-fièvre, Typhoïde et paratyphoïde, dysenterie bacillaire) ou virales (Hépatite virale, Poliomyélite).

➤ **Maladies bactériologiques**

- **La fièvre typhoïde et paratyphoïde** : Elles sont fréquentes dans les pays du tiers monde y compris l'Algérie.

Les agents responsables sont Salmonella typhi et Salmonella paratyphi. L'infection est due indirectement par l'intermédiaire de l'eau de consommation contaminée suite à une dégradation du réseau d'assainissement, aussi par l'ingestion d'aliments crus irrigués par les eaux usées [Robert T., 1981].

- **Le Choléra** : Est parmi les maladies très fréquentes dans la période estivale.

Le Choléra est très pathogène, parmi les maladies redoutables. L'agent causal est Vibrio cholerae qui est un bacille d'origine hospitalière. Cette bactérie est éliminée par les selles des malades et des porteurs sains, et passe dans les eaux usées. Le risque de ce bacille peut s'aggraver lorsque ces mêmes eaux usées sont utilisées pour l'irrigation des cultures agricoles.

- **La gastro-entérite** : Est parmi les premières causes de mortalité des enfants de moins d'une année en Algérie [Benyelles N., 1989].

Les bactéries responsables de cette maladie sont les Salmonelles et les Shigelles, qui proviennent des eaux usées, cette maladie peut être transmise par des vecteurs (mouches).

- **La dysenterie bacillaire** : Est une maladie très répandue en Afrique du nord, assez contagieuse causée par Shigelladysenteriae. Cette bactérie se trouve dans le gros intestin des malades et dans leurs déjections. La contamination se produit par les eaux souillées et au contact des objets contaminés.

➤ **Maladies d'origine virale**

- **Hépatite virale** : est due au moins à deux virus, qui sont le virus de l'Hépatite A et le virus de l'Hépatite B. En ce qui concerne le premier, l'homme représente une source d'infection (eaux usées, aliments contaminés). Pour le deuxième, la contamination se fait de divers façons ; par voie parentérale, par voie digestive et par voie transplacentaire [Rev A. et al, 1989].

- **Poliomyélite** : est une maladie infectieuse, causée par un entérovirus redoutable par son effet mortel et peut laisser des séquelles de paralysie sur un ou plusieurs membres. La contamination se fait par deux mécanismes.

-Transmission directe, au contact du malade et des porteurs de virus par vois rhinopharyngée.

-Transmission indirecte, par l'intermédiaire des eaux usées, les aliments infectés et par les mouches [Rodier J., 1984].

Tableau VI.1. Principaux germes susceptibles d'être présents dans les eaux usées et les principales maladies dont ils sont responsables [Billaut, 1989]

Groupe	Genre	Maladies causées
Bactéries	Salmonella Shigella Esherichia Vibrio Clostridium Leptospira Mycobacterium	Typhoïde-Paratyphoïde-Entérite Dysenterie Entérite (souches pathogènes) Choléra Gangrène-Tétanos-Botulisme Leptospirose Tuberculose-Tuberculose atypique-Granulome de la peau
Virus	Poliovirus Coxsackievirus A Coxsackievirus B Echovirus Adénovirus Rotavirus Reovirus Hepatitis virus A	Poliomyélite-Entérite Meaux de tête-Douleurs musculaires Nausées-Méningites Diarrhées-Hépatites Fièvre-Infections respiratoires Entérites-Conjonctivites Affections nerveuses Gastro-entérite infantile-Grippes-Diarrhées-Hépatites-Hépatites aiguës
Protozoaires	Entameoba Giardia	Dysenterie ambiene Giardiase
Trématodes	Schistosma	Schistosomiase (Bilharziose)
Cestodes	Tænia	Tænia-Infection de l'homme et des animaux-Cysticercus-Bovis

VI.8.2. CONSEQUENCES ECOLOGIQUES

Elles ont trait à la dégradation du milieu biologique (dégradation de la faune et la flore aquatiques), elles se mesurent en comparant l'état du milieu pollué, par rapport à ce qu'il aurait été sans pollution.

D'une manière générale, les conséquences écologiques sont considérées à travers la réduction des potentialités d'exploitation du milieu (pêche, tourisme...) à court et long terme.

VI.8.2.1. L'eutrophisation

L'eutrophisation, c'est l'un des problèmes majeurs, se produit lorsque l'eau s'enrichit artificiellement et excessivement en nutriments, provoquant une croissance anormale de la végétation.

Elle peut être déclenchée par un apport massif de composés azotés et phosphorés, provenant de l'activité agricole et des rejets domestiques et industriels.

Ces composés favorisent la prolifération excessive des micro-algues (phytoplanctons), et des macro-algues qui vivantes ou mortes, produisent différents types d'effets nocifs.

La conséquence principale de cette prolifération est qu'elle consomme tout l'oxygène disponible dans l'eau. Une fois mortes posées sur le fond, ces algues ont encore besoin de beaucoup d'oxygène pour leur décomposition. Celle-ci est soustraite massivement à l'eau, ce qui entraîne l'asphyxie de nombreuses espèces végétales et animales.

Le processus d'eutrophisation entraîne des odeurs désagréables, une diminution de la transparence des eaux, une prolifération d'algues vertes, l'épuisement des réserves d'oxygène des eaux profondes et des modifications de la composition chimique de l'eau.

L'eutrophisation débute donc par une prolifération anormale de certaine algue et se termine par l'asphyxie et la destruction de l'ensemble de l'écosystème.

VI.8.3. CONSEQUENCES AGRICOLES

L'eau est dans certaines régions comme Hennaya, largement utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traitée), qui peut avoir des effets néfastes sur les plantes, sur le sol et sur la santé des consommateurs.

VI.8.4. IMPACT SUR LES EAUX SOUTERRAINES

Les rejets d'eaux usées des agglomérations de Tlemcen, Mansourah, Hennaya sont non contrôlés et se déversent directement en milieu récepteur (oued Galienne) constitué par le chevelu hydrographique existant à proximité des différents tissus urbains sans aucune réglementation ou protection du cadre de vie des habitants. Ainsi, cet oued est devenu un chenal à ciel ouvert d'écoulement d'eaux usées. En plus, on constate que la qualité des eaux de ruissellement s'est fortement dégradée par une augmentation de la concentration en matière organique et le prolongement de la sécheresse. Même en période hivernale la capacité d'auto épuration des principaux oueds est considérablement réduite. Alors, ces eaux usées constituent un véritable danger pour la nappe phréatique et les ressources souterraines parce qu'elles sont trop chargées en matières organiques, des germes pathogènes et des métaux lourds qui s'infiltrent dans les couches de sol et peuvent contaminer largement les forages et puits (privés) alimentant les populations. L'existence de fuites dans le réseau d'assainissement provoque une contamination des eaux souterraines. Ceci cause les maladies à transmission hydrique.

VI.9.CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons effectué une analyse physico-chimique et bactériologique des eaux d'oued Hennaya et par conséquent nous avons remarqué que les paramètres mesurés sont pour la plupart supérieurs aux normes, alors on peut dire que ces eaux sont de mauvaise qualité et sont très polluées. Il faut donc trouver des solutions pour limiter cette pollution.

VII.1.INTRODUCTION

L'augmentation de la consommation d'eaux potable, engendre un volume d'eaux usées de plus en plus important, ces eaux se déversent dans l'oued d'Hennaya et provoquent une pollution de cet oued. Pour réduire cette pollution, il est nécessaire de collecter et épurer ces eaux via un système d'épuration adéquat avant leur rejet ou leur réutilisation.

L'objectif de notre travail est de proposer des techniques simples de réduction des paramètres de pollution des effluents domestiques, afin de mettre au point des stratégies de dépollution de ces eaux et ainsi préserver notre environnement.

VII.2.EPURATION DES EAUX USEES

Le choix des procédés d'épuration des eaux usées brutes quelle que soit leur nature dépend de plusieurs facteurs qui sont :

➤ La connaissance de l'eau à épurer

- L'analyse complète sur les échantillons représentatifs ;
- Les méthodes de prélèvement ;
- Les variations annuelles des caractéristiques de l'eau à épurer et particulièrement les maximas et minimas ;
- Eventuellement prévision de changement de qualité d'eau.
 - L'usage qu'on veut faire.
 - Le progrès de la technologie.
 - Le degré du développement du pays considéré [Kettab A., 1990].

VII.2.1.OBJECTIFS DE L'EPURATION DESEAUX USEES

- Lutte contre les différentes maladies à transmission hydrique.
- Eliminer la charge organique et microbienne responsable de différentes odeurs nocives.
- Protéger l'environnement contre toute pollution et dégradation.
- Créer une nouvelle source d'eau de réutilisation pour l'irrigation ou pour l'industrie.

VII.2.2.ESTIMATIONS DES REJETS ET CHARGES POLLUANTES

VII.2.2.1.Équivalent-Habitant (EH)

L'équivalent habitant est la quantité de pollution émise par un habitant en un jour, cette quantité s'exprime selon les différents paramètres de mesure de la pollution (DBO₅, DCO, MES, NTK.....). L'équivalent habitant est une unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. C'est sur la base de ce nombre d'équivalent habitant(EH), qui est fait le dimensionnement d'une station d'épuration [Mercoiret L., 2009].

VII.2.2.2.Débits

On distingue 3 types de débit (moyen horaire journalier, débit diurne et le débit de pointe).

Le débit moyen horaire journalier (Q_m) est la moyenne du débit observé au cours de la journée (Q_j), mesuré à l'arrivée de la station d'épuration. L'enregistrement des débits moyens horaires d'eaux usées présente en générale, une allure identique illustrée par une courbe en cloche. On observe un débit très faible entre 0 et 7h, une croissance rapide du débit entre 7 et 9h, une période de fort débit entre 9 et 14h au cours de laquelle la pointe se situe, suivant les cas, en début ou en fin de matinée ; il s'en suit un creux aux cours de l'après-midi et une reprise en fin de la journée entre 20 et 22h en décroissance constante jusqu'à minuit.

Le débit moyenne horaire journalier est donné par :

$$Q_m = \frac{Q_j}{24} \quad (1)$$

Le débit moyen (Q_d) correspond à la période diurne de 16h consécutives au cours de laquelle, la station reçoit le plus grand volume d'eaux usées. Elle s'étend généralement de 8 à 00h.

Le coefficient de débit diurne est le rapport du débit moyen (Q_d) au débit moyen journalier (80% du volume journalier est reçu en 16h, et les 20% restants s'écoulent pendant la période creuse correspondent à 8h).

Le débit moyen diurne est donné par :

$$Q_d = \frac{Q_j}{16} \quad (2)$$

En fait, suivant les conditions et l'importance des rejets, la période de débit maximum varie entre 14 et 18h. Suivant le type d'agglomération, on déterminera la période de débit maximum.

Le débit de pointe de temps sec conduit à définir un coefficient de pointe (C_p) étant le rapport du débit moyen de l'heure la plus chargée au débit moyen journalier Q_m (l/s) par la formule :

Pour $Q_m \geq 2,8$ l/s :

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \quad (3)$$

Pour $Q_m < 2,8$ l/s :

$$C_p = 3$$

Le débit de point de temps sec est donne par :

$$Q_p = C_p * Q_m = Q_m \left(1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \right) \quad (4)$$

Avec :

Q_m et Q_p en l/s [in Bechir S. et Marc S., 2006].

Pour notre cas le débit de pointe des eaux usées d'après la somme des débits des eaux usées dans le chapitre (V) est de $31363.2 \text{ m}^3/\text{j}$ ($0.363 \text{ m}^3/\text{s}$).

VII.2.2.3. Charges polluantes

Elles constituent les données de base servant au dimensionnement de la station d'épuration STEP.

➤ Charge en DBO

La demande biochimique en oxygène DBO, exprimée en $\text{mg d'O}_2/\text{l}$, permet l'évaluation des matières organiques biodégradables dans les eaux [Bontoux J., 1993].

Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie

Les charges en DBO apportées par les eaux brutes par jour et par habitant sont estimées, en se basant sur le type de réseau [Gaid A., 1984] :

- Réseau séparatif : 54 g/hab. Jour ;
- Réseau pseudo-séparatif : 60 g/hab. Jour ;
- Réseau unitaire : 74 g/hab. Jour .

➤ Charge en DCO

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en $\text{mg d'O}_2/\text{l}$, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique est dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau.

➤ Charge en matières en suspension (MES)

Les charges en matières en suspension sont organisées selon un ordre de 70 à 90 g/hab/jour avec 70% de matières organiques et 30% de matières minérales. Ceci correspond à une charge en MVS de 50 à 64 g/hab. Jour et 20 à 25 g/hab. Jour pour des matières minérales [Gaid A., 1984].

➤ Charge en matière azotés et phosphatés

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

- Matière azotés

C'est elle ou domine l'élément fertilisant azote (N). Elle s'exprime par les paramètres :

- NTK : Azote total Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique (leur concentration

dans les eaux usées domestique est entre 30 à 100 mg/l) [**Gaujous D., 1995**].

- L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH_3 et l'ammonium NH_4^+ , L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal (leur concentration dans les eaux usées domestique est entre 20 à 80 mg/l) [**Aminot A. et Chaussepied M., 1983**], [**Gaujous, 1995**].
- L'azote global (NGL) : somme de l'ensemble des formes d'azote présent dans un échantillon.

-Matière phosphatés

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, polyphosphates, phosphore organique ... ; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. La concentration moyenne de phosphore totale dans les eaux usées domestiques varie entre 10 à 25(mg/l).

Agents d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel, les phosphates n'ont pas d'incidence sanitaire et les polyphosphates sont autorisés comme adjuvants pour la prévention de l'entartrage dans les réseaux [**Bontoux J., 1993**].

VII.2.3.DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION D'EPURATION

VII.2.3.1Choix du site d'implantation de la station

Le choix du site d'implantation de la station d'épuration projetée a été effectué dans le cadre des études antérieures du programme d'assainissement de la ville, pour notre étude nous avons choisi Hennaya comme site d'implantation de la future station d'épuration. Les critères de ce choix ont porté notamment sur :

- La recherche d'un site suffisamment éloigné du périmètre urbain et des agglomérations importantes pour prévenir les risques de nuisances (odeurs et bruits) et offrant les possibilités pour des extensions futures au-delà de l'horizon du projet ;
- La possibilité d'acheminer de façon gravitaire les eaux usées vers la station d'épuration ;
- La proximité d'infrastructures de base (réseaux d'eau, d'électricité, de téléphone et des routes, etc..) ;
- La nature juridique du terrain devant abriter la station. Sur le plan foncier, ce terrain correspond à un domaine collectif à vocation agricole, et son acquisition ne posera pas de problèmes ;
- La nature géologique du terrain qui doit être favorable pour des travaux de terrassement,

afin de minimiser le coût d'investissement de la station ;

- La proximité des zones potentielles de réutilisation permettant d'optimiser l'effort technique pour l'alimentation des périmètres d'irrigation par les eaux épurées ;
- L'existence d'un milieu récepteur formant l'exutoire naturel des eaux épurées en cas de non réutilisation.
- L'impact sur l'environnement, par la prise en considération des aspects suivants :
 - impact sur le milieu récepteur (Limnologie, faune, flore, etc.)
 - impact sur les sols et les nappes phréatiques,
- Aspects de caractère socio-économique (espace de loisirs, parcours sanitaires, etc.)
- Penser aux extensions ou aux aménagements futurs (et réservations de terrains).
- Eviter les zones inondables.

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes qui sont :

- ✓ Prétraitement ;
- ✓ Traitement secondaire (dit traitement biologique) ;
- ✓ Traitement tertiaire ;
- ✓ Traitement des boues.

VII.2.3.2. Poste de relevage

Un poste de relevage peut être nécessaire pour amener les eaux usées afin de pouvoir évacuer les eaux épurées dans un exutoire (en cas de faible dénivellée entre la sortie des eaux usées de l'habitation et l'exutoire). Le poste de relevage peut aussi être nécessaire pour alimenter les autres dispositifs de traitement en fonction de la topographie du terrain, des cotes de sorties d'eaux usées et des fonds de fouille à respecter.

Ce poste est installé en tête de station d'épuration pour relever les eaux usées qui sont collectées plus bas que le site de traitement. Afin de permettre une alimentation par bâchée ce qui améliore la répartition de l'effluent sur la surface de traitement et donc contribue à la pérennité du dispositif.

VII.2.3.3. Prétraitement

Les dispositifs de prétraitement sont présents dans toutes les stations d'épuration des eaux domestiques, quels que soient les procédés mis en œuvre en aval. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides les plus grossiers susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements et protéger les ouvrages contre l'abrasion (sable, limons), le colmatage (algues) et la corrosion. Ils se composent de 3 étapes, présentes ou non selon les besoins, à savoir :

- Le dégrillage : élimination des déchets volumineux,
- Le dessablage : élimination des sables,
- Le dégraissage – déshuilage : élimination des corps gras [Vandermeersch S., 2006].

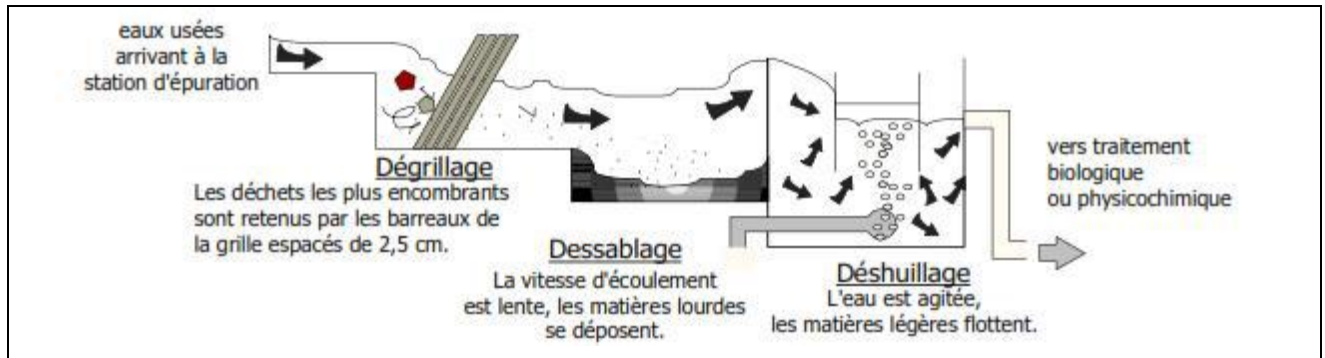


Fig VII.1. Le prétraitement

VII.2.3.3.1. Le dégrillage

Le dégrillage consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. Le dégrillage est une opération indispensable qui permet de :

- protéger la station contre l'arrivée d'éléments grossiers susceptibles d'engendrer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- séparer et évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution.

On distingue deux types de grilles :

- ✓ **Les grilles manuelles** : elles sont généralement constituées par des barreaux droits en acier, de section cylindrique ou rectangulaire. Elles peuvent être verticales ou inclinées (60° à 80°). Ce type de grille est adapté plus particulièrement aux petites stations.



Fig VII.2. Grilles manuelles

- ✓ **Les grilles mécaniques :** pour les grandes stations d'épurations (plus de 2000 équivalent habitant) elles permettent de diminuer notablement les interventions manuelles de nettoyage et sont adaptées à toute taille de stations. Les grilles mécaniques sont classées en deux catégories : les grilles droites et les grilles courbes.



Fig VII.3. Grilles mécaniques

En général, le choix entre une grille à nettoyage manuel et une grille à nettoyage mécanique, porte sur le coût d'exploitation et l'importance de la station d'épuration, mais en pratique les grilles à nettoyage mécanique sont plus sollicitées pour les raisons suivantes :

- Installation importante ;
- Diminuer la fréquence des interventions manuelles ;
- Effluents chargés ;
- Risque d'arrivée brutale de matières volumineuses [13].

Pour notre cas on choisit une grille à nettoyage mécanique car le débit d'entrée de cette station est très important.

➤ Dimensionnement

Pour dimensionner un dégrilleur en se basant essentiellement sur les paramètres suivants :

-La vitesse de passage de l'eau à travers la grille qui doit être comprise entre 0,5 et 1,5 m/s, on prend dans ce cas $V=1\text{m/s}$;

- H_{\max} : Hauteur maximale d'eau admissible sur la grille (compris généralement entre 0.15 et 1.5m, on prend $H_{\max}=0.5\text{m}$).

D'autre part on a :

$$\beta = \frac{e}{(e+d)} = \frac{\text{espace libre entre les barreaux}}{(\text{espace libre} + \text{épaisseur de barreaux})} \quad (5)$$

β : Fraction de surface occupée par les barreaux ;

e : espace libre entre les barreaux =1cm ;

d : épaisseur des barreaux (de 0.3 à 1cm, on prend $d=0.5$ cm).

$$\beta = \frac{1}{(1+0.5)} = \mathbf{0.66}$$

$$S = \frac{Q_p}{V} \quad (6)$$

Avec :

S : section mouillée de la grille [m^2] ;

Q_p : débit de pointe [m^3 /s] ;

V : vitesse de passage à travers la grille [m/s].

$$Q_p = 1305.4 \text{ m}^3 /h = 0.363 \text{ m}^3 /s$$

$$V = 1 \text{ m/s}$$

$$S = \frac{0.363}{1} = \mathbf{0.363 m^2}$$

$$l = \frac{S \cdot \sin \alpha}{H_{\max} \cdot (1-\beta) \delta} \quad (7)$$

Avec:

l : Largeur de la grille [m];

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal (compris généralement entre 60° et 80° , on prend $\alpha = 60^\circ$).

β : Fraction de surface occupée par les barreaux ;

δ : Coefficient de colmatage de la grille (0.5 pour grille mécanique, 0.25 pour une grille manuelle).

H_{\max} : hauteur maximale d'eau admissible sur la grille (compris généralement entre 0.15 et 1.5m, on prend $H_{\max} = 0.5$ m).

S : section mouillée de la grille [m^2].

$$l = \frac{0.363 \cdot 0.86}{0.5 \cdot (1-0.66) \cdot 0.5} = \mathbf{3.67 m}$$

La largeur de la grille est $l = \mathbf{4m}$.

VII.2.3.3.2. Le dessablage

Après le dégrillage, les eaux usées passent par le dessableur. Ce dernier est constitué d'un bassin où la réduction de vitesse d'écoulement permet la décantation des sables qui seront récupérés par pompage. Par ce processus, les éléments grossiers et les sables de dimension supérieure à 200 microns sont enlevés de l'eau, le dessablage a pour but :

- Éviter les dépôts dans les canaux et le colmatage des conduites ;
- Protéger les organes mécaniques des pompes et autres appareils contre le risque d'abrasion ;
- Eviter de perturber les stades de traitement ultérieur, en particulier le réacteur biologique ;
- Réduire la production des boues.

Il existe différents types de dessableurs dont on distingue :

- ✓ les dessableurs couloirs simples, utilisés pour les petites stations, dans lesquels la vitesse d'écoulement varie avec le débit. Le sable est extrait manuellement d'une cunette de capacité de stockage d'environ 4 à 5 jours.
- ✓ les dessableurs couloirs à vitesse d'écoulement constante (0,3m/s). le temps de séjour est d'environ 1 à 2 min.
- ✓ les dessableurs circulaires à alimentation tangentielle. Le sable stocké dans une trémie centrale est extrait par pompe ou par émulseur d'air et envoyé dans un compartiment d'essorage gravitaire. Le temps de séjour est d'environ 2 à 3min.
- ✓ les dessableurs rectangulaires aérés dans lesquels l'air insufflé provoque une rotation du liquide créant ainsi une vitesse constante de balayage de fond, perpendiculaire à la vitesse de transit. L'air insufflé, en plus de son rôle moteur, favorise par son effet d'agitation la séparation des matières organiques pouvant être agglutinées aux particules de sables [En-Nawaoui A., 2009].



Fig VII.4.Dessableur

➤ **Dimensionnement**

.On prend une vitesse de chute des particules sableuses de 17m/h.

-La surface horizontale:

$$S = \frac{Q_p}{v} \quad (8)$$

Avec :

S : section mouillée de la grille [m²] ;

Q_p: débit de pointe [m³ /h] ;

$$S = \frac{1305.4}{17} = 76.8 \text{ m}^2$$

-Longueur (L) : On fixe une longueur de dessablage **L=18m.**

-Largeur (l) : La largeur du dessableur se déduit de l'équation suivante :

$$S = L * l \quad (9)$$

D'où:

$$l = \frac{S}{L} = \frac{76.8}{18} = 4.26 \text{ m}$$

Largeur du dessableur est **l=4.5m.**

- Volume (V) : On prend un temps de séjour 8 minutes ;

$$V = Q_p * T_s \quad (10)$$

$$V = 0.363 * 8 * 60 = 174.24 \text{ m}^3$$

- Hauteur d'eau dans le dessablage :

$$H_e = \frac{V}{S} \quad (11)$$

$$H_e = \frac{174.24}{76.8} = 2.27 \text{ m}$$

Hauteur d'eau dans le dessablage est **H_e=2.5m.**

VII.2.3.3.3. Le dégraissage – déshuilage

La dernière étape du prétraitement est le déshuilage-dégraissage. Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide. Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite. Cette technique permet d'éliminer 80 à 90% des graisses et matières flottantes (soit 30 à 40 % des graisses totales) [En-Nawaoui A., 2009].



Fig VII.5. Dégraissage

➤ Dimensionnement

Les caractéristiques du déshuileur sont :

- Le temps de séjour (T_s) varie de 5 à 20 min (On prend $T_s=13$ min).
- La vitesse ascensionnelle des huiles qui varie de 15 à 20m/h (On prend $V_{asc}=17$ m/h).
- Volume :

$$V = Q_p * T_s \quad (12)$$

$$V = 0.363 * 13 * 60 = 283.14 \text{ m}^3$$

- Surface horizontale:

$$S = \frac{Q_p}{v} \quad (13)$$

$$S = \frac{1305.4}{17} = 76.8 \text{ m}^2$$

-Hauteur d'eau dans le déshuileur:

$$H_e = \frac{V}{S} \quad (14)$$

$$H_e = \frac{283.14}{76.8} = 3.69 \text{ m}$$

-Largeur (l) : On fixe une largeur de déshuileur $l=4$ m ($2\text{m} < l_{\text{déshuileur}} < 6\text{m}$).

-Longueur (L) :

$$S = L * l \quad (15)$$

D'où :

$$L = \frac{S}{1} = \frac{76.8}{4} = 19.2\text{m}$$

Longueur de déshuileur est **L=19.5m**.

-Quantité d'air injectée : Elle est évaluée à $5 \text{ m}^3/\text{h} / \text{m}^3$ de volume

Quantité d'air injectée par heure = $5 * 283.14 = 1415.7 \text{ m}^3/\text{h}$

VII.2.3.4. Les traitements secondaires, l'élimination biologique des matières polluantes

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées s'appuie sur des procédés de nature biologique, basés sur la croissance de micro-organismes aux dépens des matières organiques "biodégradables" qui constituent pour eux des aliments.

Les micro-organismes, les plus actifs, sont les bactéries qui conditionnent en fonction de leur modalité propre de développement [Vilagines R., 2003].

L'air insufflé leur fournit l'oxygène nécessaire pour respirer et ils se développent en ce nourrissant de la pollution organique. Ces microorganismes exercent également un effet physique une rétention de la pollution par leur propension à se rassembler en films ou flocons.

Parmi les techniques de traitement biologique il ya :

VII.2.3.4.1. Réacteurs à cultures libres

Comme les bassins de boues activées, le principe de ce type de réacteur consiste à mettre en contact l'eau usée avec une biomasse épuratrice qui est en fait un écosystème simplifié et sélectionné faisant appel à des micro-organismes. Elle est constituée d'être vivants de petite taille, inférieure au millimètre, microflore de bactéries et microfaune d'animaux, protozoaires, ...

La dégradation se réalise alors par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (absence d'oxygène), elle consiste à transformer les impuretés grâce à l'action de la biomasse.

On provoque le développement d'une culture bactérienne libre sous forme de flocons dans un bassin brassé et aéré (dans le cas du traitement aérobie) et alimenté en eau à épurer.

Un brassage est réalisé en surface au moyen de turbine, ou en fond de bassin par diffusion de bulles d'air ou du gaz de méthane produit par digestion anaérobie. Il a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée.

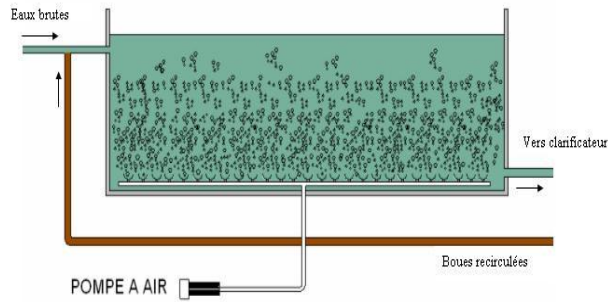


Fig VII.7. Bassin à boue activée

➤ **Dimensionnement**

On suppose un rendement d'épuration $R=90\%$

$$R = \frac{l_0 - l_s}{l_0} \quad (16)$$

D'où :

$$l_s = (10 - R \cdot l_0)$$

Avec :

l_0 : la charge organique en BDO5 à l'entrée du bassin d'aération (Kg/j).

l_s : la charge organique en BDO5 à la sortie du bassin d'aération (Kg/j).

$$l_s = (l_0 - R \cdot l_0) = 6527 - 0.9 \cdot 6527 = \mathbf{652.7 \text{ Kg/j}}$$

D'où la charge organique à éliminer $l_e = l_0 - l_s = 6527 - 652.7 = \mathbf{5874.3 \text{ Kg/j}}$

-**Volume :**

$$V_{ba} = \frac{l_0}{C_v} \quad (17)$$

C_v : charge volumique appliquée (on prend $C_v = 1 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 / \text{j}$, moyenne charge).

$$V_{ba} = \frac{6527}{1} = \mathbf{6527 \text{ m}^3}$$

-**Surface :** On fixe une hauteur $H=5\text{m}$.

$$S = \frac{V}{H} \quad (18)$$

$$S = \frac{6527}{5} = \mathbf{1305.4 \text{ m}^2}$$

On propose deux bassin d'aération de surface $S = \mathbf{652.7 \text{ m}^2}$

-**Longueur :** Prenons une longueur de $\mathbf{27\text{m}}$.

-**Largeur :**

$$l = \frac{S}{L} \quad (19)$$

$$l = \frac{652.7}{27} = \mathbf{24.2\text{m}}$$

Largeur de chaque bassin d'aération est $l = \mathbf{24.5\text{m}}$.

-Temps de séjour :

$$T_s = \frac{V}{Q_p} \quad (20)$$

$$T_s = \frac{6527}{1305.4} = 5 \text{ h}$$

VII.2.3.4.2. Clarificateur (Décanteur secondaire)

Le décanteur secondaire ou clarificateur est un bassin qui assure la séparation des eaux traitées de la biomasse. Son rôle essentiel c'est de séparer le floc bactérien de l'eau et ce par gravitation. Son dimensionnement consiste à déterminer sa surface et son volume nécessaire à cette opération [Levenard J., 2012].

Le décanteur secondaire est dimensionné uniquement sur sa seule capacité hydraulique.

Les critères de dimensionnement du clarificateur sont :

- Temps de séjour, temps sec >2,5 h
- Temps de séjour, temps pluvieux >1,5 h
- Charge surfacique $\approx 1,0 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{j})$ [En-Nawaoui A., 2009].

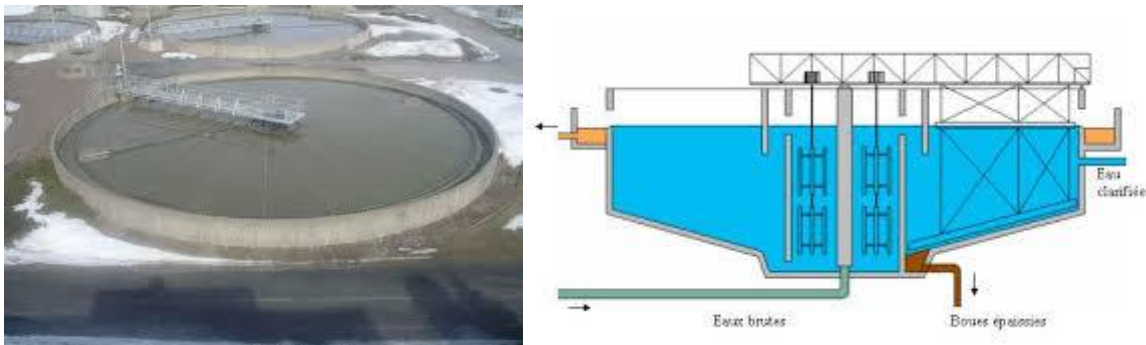


Figure VII.8. Décanteur secondaire

➤ Dimensionnement

-**La surface horizontale:** On prend une vitesse de chute des particules dans l'ouvrage $V_c = 1.5 \text{ m/h}$. La surface horizontale du décanteur sera calculée par la formule suivante :

$$S = \frac{Q_p}{V_c} \quad (21)$$

$$S = \frac{1305.4}{1.5} = 870.26 \text{ m}^2$$

Surface de décanteur est $S = 870.5 \text{ m}^2$.

Nous mettons deux décanteurs de surface $S = 435.5 \text{ m}^2$

-**Volume :** Pour un temps de séjour fixé à $T_s = 30 \text{ min}$, le volume du décanteur est calculé avec l'expression suivante :

$$V = Q_p * T_s \quad (22)$$

$$V = 0.363 * 30 * 60 = 653.4 \text{ m}^3$$

-Diamètre :

$$D = \sqrt{4 * Sh / \pi} \quad (23)$$

$$D = \sqrt{4 * 435.5 / 3.14} = 23.55 \text{m}$$

Le diamètre de chaque décanteur est **D=23.5m**.

VII.2.3.5. Traitement tertiaire

Pour obtenir une épuration plus poussée, notamment lorsque la sensibilité du milieu récepteur l'exige (Prise d'eau potable en aval de la station...), il peut être nécessaire d'effectuer des traitements complémentaires.

VII.2.3.5.1. Bassin de désinfection

La désinfection des eaux usées est un traitement d'élimination durable des agents pathogène, bactéries et virus, elle peut se pratiquer au chlore ou à l'ozone. Le choix entre les deux types de désinfection est habituellement en défaveur de l'ozone, à cause du cout d'investissement et de maintenance.

Généralement le meilleur désinfectant que l'on rencontre est l'eau de javel car ce dernier coute moins cher. Pour la station d'épuration d'Hennaya nous proposons une désinfection par le chlore.

-La hauteur d'eau dans le bassin $H_e = 1 \text{ m}$.

-Temps de contact T_c varie entre 15 à 30 min, on prend $T_c = 15 \text{ min}$.

-Quantité de chlore actif :

$$Q_{cf} = \frac{1.5 * (a * Q_p)}{1000} \quad (24)$$

Avec :

a : dose de chlore actif = 3 g/m^3

$$Q_{cf} = \frac{1.5 * (3 * 1305.4)}{1000} = 5.87 \text{ Kg/h}$$

-Volume du bassin :

$$V = Q_p * T_c \quad (25)$$

$$V = 0.363 * 15 * 60 = 326.7 \text{ m}^3$$

-Surface:

$$S = \frac{V}{H_e} \quad (26)$$

$$S = \frac{326.7}{1} = 326.7 \text{ m}^2$$

-Longueur: Prenons une longueur de **L=20m**.

-Largeur :

$$l = \frac{S}{L} \quad (27)$$

$$l = \frac{326.7}{20} = 16.33 \text{ m}$$

La largeur du bassin est $l=16.5\text{m}$.

VII.2.3.5.1. Bassin de stockage

Pour la réutilisation des eaux épurées, nous proposons un bassin de stockage rectangulaire à ciel ouvert de 500 m^3 , de dimensions :

-Hauteur d'eau : $H_e=2 \text{ m}$.

-Surface:

$$S = \frac{V}{H_e} \quad (28)$$

$$S = \frac{500}{2} = 250 \text{ m}^2$$

-Longueur : $L=18\text{m}$.

-Largeur :

$$S = L * l \quad (29)$$

$$l = \frac{250}{18} = 13.88 \text{ m}$$

La largeur du bassin est $l=14\text{m}$.

VII.2.3.6. Traitement de la boue

La station d'épuration produit en permanence des boues dont l'excès doit être évacuée à intervalles réguliers pour garantir un bon fonctionnement du système. En effet, l'extraction permet de maintenir une quantité de MES nécessaire et suffisante afin d'obtenir une qualité d'épuration optimale.

Ces boues, principalement constituées d'eau (> 97 %, le plus souvent) représentent des volumes importants que la filière de traitement des boues va s'attacher à réduire autant que faire se peut, afin d'abaisser les coûts d'évacuation de ces sous-produits de l'épuration.

Une boue qui est destinée à être incinérée devra ainsi être tamisée, épaissie, déshydratée puis enfin séchée [14].

VII.2.3.6.1. La production de boue

Le traitement des eaux usées a pour résultat de produire une eau propre, apte à être rejetée dans le milieu naturel, en faisant appel aux procédés de séparation liquide-solide.

Les phénomènes physiques, physico-chimiques et biologiques mis en jeu permettent de

concentrer les éléments polluants l'eau et leurs produits de transformation dans des suspensions plus ou moins concentrées dénommées « boues ». Ces sous-produits, solides, se caractérisent principalement par leur siccité et leur teneur en éléments minéraux et organiques. Il est à noter que les éléments polluants souillant l'eau ne se retrouvent dans les boues que s'ils sont effectivement extraits de l'eau à rejeter [Agence de l'eau, 2008].

Tableau VII.1.Composition générale des boues d'épuration [15]

Matière organique	50 à 70 % de la MS (30 % si boues chaulées)
Azote	3 à 9 % de la MS
Phosphore	4 à 6 % de la MS
Carbone/azote	à 12 %

VII.2.3.6.2. Filières de traitement de boues

La destination finale des boues détermine le type de traitement qu'elle devra subir :

- Soit les boues seront évacuées sous forme liquide en vue d'épandage sur terres agricoles. Un épaissement des boues pourra être suffisant.

- Soit leur utilisation sous forme pâteuse ou solide imposera un épaissement et une déshydratation préalables.

La destination des boues est déterminée après une étude spécifique concernant notamment la valorisation agricole des boues.

➤ **Le séchage**

Le séchage des boues est une déshydratation quasi-totale des boues par évaporation de l'eau qu'elles contiennent ; la réduction de volume qui en résulte est conséquente.

• **Les lits de séchage**

Ce procédé consiste à répartir les boues à déshydrater sur une surface drainante (composée de plusieurs couches de gravier et de sable de granulométries variables), à travers laquelle s'écoule l'eau interstitielle. Ces lits de séchages sont mis sous serre pour non seulement tirer partie du phénomène d'évaporation naturelle, mais l'accélérer par les rayons du soleil. On parle alors de séchage solaire. Une autre variante de ce procédé consiste à mettre les lits de séchage sous couvert végétal (roseaux), ce qui permet de s'affranchir des conditions climatiques. Ce procédé est appelé lits à macrophytes. En sortie des lits de séchage, les boues sont solides, d'une siccité d'environ 35 à 40 %. Ce procédé de séchage présente l'intérêt d'être en plus une solution de stockage des boues. Il est particulièrement bien adapté aux stations d'épuration des collectivités de moins de 5.000 EH.



Fig VII.9.lit de séchage

➤ **Dimensionnement**

Si on adoptera une surface de 2 m² pour 20 EH, et vu le climat favorable à la déshydratation des boues dans notre pays, la surface totale des lits de séchage est de :

$$S = \frac{EH}{20} \quad (30)$$

$$S = \frac{120870}{20} = 6043.5 \text{ m}^2$$

Si on adopte pour des lits de dimension unitaire L=30m et l=15m, soit une surface unitaire S_U=30*15=450 m², le nombre des lits est alors de :

$$S = \frac{S}{S_U} \quad (31)$$

$$N = \frac{6043.5}{450} = 14 \text{ lits de séchages}$$

Tableau VII.2. Les caractéristiques de la station d'épuration d'Hennaya

Ouvrages	Dimensions
Ouvrages de prétraitement	
Dégrilleur mécanique	$S=0.363m^2$, $l=4m$, $He=0.5m$
Déssableur	$S=76.8m^2$, $L=18m$, $l=4.5m$, $He=2.5m$, $V=174.24m^3$
Déshuileur	$S=76.8m^2$, $L=19.5m$, $l=4m$, $He=3.69m$ $V=283.14m^3$
Traitement biologique	
Ouvrages "Boue activé"	
Bassin d'aération	$S=652.7m^2$, $L=27m$, $l=24.5m$, $T_s=5h$, $He=5m$ $V=6527m^3$
Clarificateur	$S=435.5m^2$, $D=23.5m$, $V=653.4m^3$
Ouvrages complémentaires	
Bassin de désinfection	$S=326.7m^2$, $L=20m$, $l=16.5m$, $V=326.7m^3$
Bassin de stockage	$S=250m^2$, $L=18m$, $l=14m$, $He=2m$
Lits de séchage	$S=6043.5m^2$, nombres de lits=14 lits.

VII.3. Conclusion

Le but de ce chapitre est de retrouver des solutions pour limiter la pollution d'oued Hennaya, et la solution la plus efficace c'est l'épuration des eaux usées avant d'être renvoyées vers l'oued, ces eaux usées épurées peuvent être considérées comme une source en eau non négligeable pour être réutilisée par l'homme dans différents domaines (l'irrigation, l'industrie...).

CONCLUSION GENERALE

La pollution est la cause principale de l'activité humaine, ayant eu, en tout temps, comme corollaire un impact sur l'environnement plus ou moins important.

L'Algérie, pays en voie de développement, connaît un accroissement démographique important, un développement économique et urbain soutenu, et est par conséquent, confronté à des problèmes complexes, liés à la pollution. Cette pollution d'origine domestique, agricole et industrielle aboutit dans le milieu hydrique.

Les produits de la pollution déversés dans le réseau hydrographique admet un impact direct sur la biocénose et par conséquent sur toutes les chaînes alimentaires, causant ainsi de graves incidences sur la santé humaine et animale, d'où la nécessité d'utiliser les meilleurs moyens pour étudier ce type de pollution afin de pouvoir la cerner et la maîtriser.

Le présent travail concerne l'étude des eaux d'oued Hennaya, touché par le fléau de la pollution, cause immédiate des rejets d'origine domestique des communes de Tlemcen, Mansourah et Hennaya.

Pour connaître la qualité de l'eau d'oued Hennaya et l'impact de cette pollution sur les milieux récepteurs, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques et bactériologiques, à partir d'échantillons prélevés sur les eaux de l'oued.

Les principales analyses effectuées sont : le pH, la température, les MES, DCO, ammonium, nitrite, turbidité, oxygène dissout, Les coliformes totaux, Escherichia Coli, Streptocoques fécaux.

La composition des eaux de cet oued ne répond pas aux normes préconisées par l'OMS et les normes algériennes; en effet la plupart des paramètres analysés sont supérieurs aux normes. Ces eaux sont donc polluées.

Compte-tenu des éléments présents dans ces eaux, elles peuvent présenter des risques pour la santé et l'environnement.

L'irrigation avec ces eaux polluées peut avoir des effets néfastes aussi bien sur les plantes que sur le sol et sur la santé des consommateurs.

Aussi pour limiter la pollution d'oued Hennaya, nous avons proposé l'installation d'une station d'épuration qui traitera les rejets d'eau usées de l'ensemble des localités aux abords de l'oued.

CONCLUSION GENERALE

Ces eaux usées épurées peuvent être considérées comme une source en eau non négligeable pour être réutilisées par l'homme dans différents domaines comme l'irrigation, l'industrie.....Elles peuvent en outre constituer une solution pour diminuer l'exploitation intensive des ressources limitées en eaux souterraines de l'aquifère de la plaine d'Hennaya.

LES REFERENCES

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agence de l'eau (2008) : « Bilan de fonctionnement des procédés de traitement des eaux usées pour les stations d'épuration de petite capacité du bassin Loire-Bretagne », recommandations pour l'exploitation des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical et Synthèse bibliographique 2007-2008 volume 2.

Allouche F., Lamri D. et Zahf F. (1999) : « Surveillance de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de contamination au niveau des trois communes : Ali Boussidi, Saby, Ben Badis, wilaya de sidi bel abbés », mémoire d'ingénieur d'état en biologie, Université de Sidi Bel Abbés.

Aminot A. et Chaussepied M. (1983) : «Manuel des analyses chimiques en milieu marin » CNEXO, 395pages.

Bechir S. et Marc S. (2006) : «Guide technique de l'assainissement », 3^{ème} Edt, le moniteur paris, 762pages.

Bensaïd H. et Bouchentouf B. (2001) : « Etude de diagnostic de l'irrigation des maraichères de la ville de Tlemcen par les eaux usées », mémoire d'ingénieur d'état hydraulique, Université de Tlemcen, 87pages.

Benyelles N. (1989) : « Contribution à l'étude de la résistance des souches d'Escherichia Coli aux métaux lourds. D.E.S. Microbiologique, Université de Tlemcen, 88pages.

Billaut C. (1989) : « Le rôle épuratoire du sol, l'eau et les polluants », Tom 1.

Bontaux J. (1994) : « Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielles », 2^{ème}Edt Lavoisier technique et documentation, 225pages.

Bontoux J. (1993) : « Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson », Edt Technique et documentation Lavoisier, 166pages.

Chapiat D. et Larpent J. (1994) : « Biologie des eaux », Masson, 800pages.

Cherki F. et Hesas H. :« Etude de l'abattement de la charge polluante azotée en station d'épuration à boues activées », mémoire pour l'obtention de diplôme de DEUA, option traitement et épuration de l'eau, département hydraulique université de Tlemcen, 100pages.

Coote D. et Gregorich L. (2000) : « La santé de l'eau vers une agriculture durable au Canada », direction générale de la recherche, agriculture et agroalimentaire Canada, travaux public et services gouvernementaux.

Daisy B. (2004) :«Traitement biologique d'effluents azotés avec arrêt de la nitrification au stade ».Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique.

David A. et Cornwell Z. (1998): « Introduction to environmental engineering», Edt Mc. Graw. Hill, services in water resources and environmental engineering, 150pages.

Degremont G. (1989) : « Mémento technique de l'eau », techniques et documentaire, 250pages.

Diadovski I. (1993) : « Un modèle d'écosystème pour les qualités des eaux des rivières larges », IAHR-AIRH, Tokyo, Japan, 600pages.

Djabri L., Ferrah Y., Bouhsina S., Fabrice C., Hani A., Djabri Y., Antonio P., Habes S. (2012) : « Etats de la qualité des eaux en Algérie : cas des cours d'eau en région méditerranéenne (Kebir est, Seybouse et Medjerda), (extrême est algérien) », une publication, 872pages.

http://www.paralia.fr/jngcgc/12_94_djabri.pdf

Consulté le 04/03/2015

Duquesne S. (1994) : « Pollution métallique et bio marqueur, les métallothioneinesanalysis magazine », volume 22 n°1, France.

En-Nawaoui A. (2009) : « Dimensionnement d'une STEP à Lits bactériens précédés d'étangs anaérobies et gestion des sous-produits, cas de la ville de Kalaa des Sraghna », document PDF.

Féray C. (2000) : « Nitrification en sédiment d'eau douce : incidence de rejets de station d'épuration sur la dynamique de communautés nitrifiantes », thèse de doctorat en sciences naturelles, Écologie microbienne, Université Claude Bernard-Lyon, Lyon, France, 204pages.

Gaid A. (1984) : « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », Edt OPU, Alger, 190pages.

Gaujaus D. (1995) : « La pollution des milieux aquatiques », 27^{ème} Edt technique et documentation Lavoisier, Paris, aide-mémoire, 220pages.

Guasmi I., Djabri L., Hani A., Lamouroux C. (2006) :« pollution des eaux de l'oued Medjerda par les nutriments », publication, LarhyssJournal, 119pages

Guenaiia T. et Arif R. (1996) : « Détection des métaux traces (Zn, Cu, Cd, Pb) chez quelques organismes marins (poisson, crustacées et mollusques) de deux ports de pêches Ghazaout et Béni saf », mémoire d'ingénieur d'état CQA institut de biologie, Université de Tlemcen, 80pages.

Guyot C. (1974) : « Hydrologie », Edt que sais-je, 240pages.

Hechmi F. (2012) :« Etude de l'impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines : cas de la plain d'Hennaya ». Mémoire de master d'hydraulique, Université de Tlemcen, 138pages.

Jean A. (1997) : « Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation », office internationale de l'eau, direction de la documentation et les données avec l'appui technique de François Brissaud, Université de Montpellier, 123pages.

Kettab A. (1990) : « Traitement des eaux », OPU, Alger, 90pages.

Khouani K. (1996): «Contribution à l'étude de l'effet de l'irrigation par les eaux uses sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines », DES biochimie, Université de Tlemcen, 71pages.

Latrous S. et Djerfaoui A.(1992) : « Analyse bactériologique, physico-chimique et parasitologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Tlemcen », Mem,d'ingénieur d'état CQA, institut de biologie, Tlemcen, 177pages.

Levenard J. (2012) : «Construction de la station d'épuration VezeloisMerous a Vezelois », dossier de déclaration au titre de la loi sur l'eau version n°1, 105pages.

Menard F. (1992) : « Document de l'institut national de recherche et application pédagogiques n°102 ».

Mercoiret L. (2009) : «Qualité des eaux usées domestiques produites par les petites collectivités : Application aux agglomérations d'assainissement », rapport, 300pages.

Mizi A. (2006) : « Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras, région de Bejaia et valorisation des déchets oléicoles », thèse de doctorat, Université de Badji Mokhtar, Annaba, 180pages.

P.D.A.U (2012) : « Etude de révision du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme commune d'Hennaya, Tlemcen ».

Pierre J., Liénard A., Héduit A., Duchène P. (1990) : « Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités », document PDF, www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae25.pdf

Consulté le 5/02/2013

Raouti H. (2012) : « étude expérimentale de la contribution d'un lit bactérien et d'une filtration dans l'amélioration de la qualité des eaux par boues activées », mémoire de mastère, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 160pages.

Regoli F., Nigro M., Orlanto E. (1998): « Lysosomal and anti-oxydant response to metals in the antarctic scallop, adamsium, colbeaquatic, toxicology », Paris, 375pages.

Rev A. et al (1989) : « Le micro-robert », 2^{ème}Edt dictionnaires le Robert, Paris, 1376pages.

Robert T. (1981) : « Station d'épuration (eaux potables-eaux usées) », Paris, technique et document, 230pages.

Rodier J. (1984) : « L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer », 7^{ème}EdtDunod, paris,1022pages.

Rodier J. (2005) : « l'analyse de l'eau », 9^{ème} EdtDunod, Paris, 200pages.

Rolland A. (2000) : « l'étoffe de la vie », Science & Vie Hors-Série N°211, 130pages

Subdivision DRE-Hennaya (2015) : « Des données générales sur la commune de Hennaya »

Vandermeersch S. (2006) : « Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes », TFE, diplômé d'études spécialisées en gestion de l'Environnement, Bruxelles, 750pages.

Vilagines R. (2003) : « professeur d'hydrologie à la faculté des sciences ... Broché », Editeur : Tec & Doc Lavoisier, 2^{ème} Edt, 198pages.

LES REFERENCES WEBIOGRAPHIQUES

[1] :<http://lapollutiondeleau.bloxode.com/>

Consulté le 16/01/2015 à 14:00 H

[2] :http://www.professeurphifix.net/eveil/ecologie_pollution_eau.pdf

Consulté le 16/01/2015 à 14:15 H

[3] :http://eausecours.org/esdossiers/pollution_eau.pdf

Consulté le 17/01/2015 à 19:00 H

[4] :<http://www.aquaportail.com/definition-6139-eau-de-surface.html>

Consulté le 16/02/2015 à 9:30 H

[5] :<http://www.eau-poitou-charentes.org/Quelques-generalites-sur-les-cours.html>

Consulté le 16/02/2015 à 9:50 H

[6] :<http://lyc-ferry-conflans.ac-versailles.fr/~lyonnetj/SVT/MISVT/2nde3-09-10/Th6-DD/Site-Laura-Chahrazed/2definition-pollution.html>

Consulté le 20/01/2015 à 13 :50 H

[7]: <http://www.cgslb-wallonie.be/uploads/media/la-pollution-de-l-eau.pdf>

Consulté le 20/01/2015 à 15 :00 H

[8] :<http://www.planetoscope.com/eau-oceans/1104-litres-d-eaux-usees-rejetees-dans-la-nature-dans-le-monde.html>

[9] :<http://www.ledeveloppementdurable.fr/eau/poster/11.html>

Consulté le 19/01/2015 à 10:24h

[10] : <https://www.google.fr/search?q=pollution+des+cours+d%27eau&biw=1366&bih=657&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=ZMy8VIWMO6GiyAOL9YCAA&sqi=2&ved=0CFEQsAQ&dpr=1>

[11] : <http://jeanluc.cellier.pagesperso-orange.fr/pollution%20de%20l%27eau/effets/Les%20cons%20quences%20de%20la%20pollution%20de%20l%27eau.htm>

[12] : <http://fr.scribd.com/doc/88792220/Expose-sur-la-pollution#scribd>

[13] : En ligne Traitement des eaux usées le dégrillage, disponible sur le site web : <http://www.hydranet.net>

Consulté le 24/09/2012

[14] : En ligne Technologies pour l'Environnement dans le monde entier, disponible sur le site web www.huber-technology.com

Consulté le 24/09/2012

[15] : www.ADEME.fr

Consulté le 12/04/2012

Tableau 1. Les précipitations mensuelles (mm), station de Zenata (1987-2014)

Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JL	A
1987-1988	8	32	19	33	23	34	6	34	24	14	1	0
1988-1989	19	10	29	3	22	42	110	53	17	6	0	6
1989-1990	18	5	34	42	108	0	36	74	6	5	2	1
1990-1991	17	8	46	59	38	61	133	7	7	4	1	0
1991-1992	3	28	26	21	9	18	99	52	91	27	4	0
1992-1993	1	14	21	16	2	69	30	50	55	0	0	2
1993-1994	8	14	83	29	81	54	4	41	19	0	4	7
1994-1995	26	10	18	62	88	46	171	31	0,7	2,3	0	0
1995-1996	16	11	15	51	58	78	56	22	27	1	0	0
1996-1997	32	19	0	38	107	0	0	47	10	4	2	14
1997-1998	44	29	42	45	29	35	47	26	65	1	2	5
1998-1999	9	2	48	5	76	74	90	0	0	3	0	0
1999-2000	14	17	60	75	0	0	11	22	24	0	0	0
2000-2001	5	70	69	26	70	55	11	5	2	0	0	1
2001-2002	15	18	139	25	3	4	15	72	39	0	0	45
2002-2003	0	19	49	23	78	79	16	19	17	2	2	0
2003-2004	53	28	66	27	53	8	1	2	9	33	47	75
2004-2005	22	57	44	11	0	1	0	0	24	10	23	14
2005-2006	18	13	8	24	37	53	22	8	36	3	1	3
2006-2007	12	55	92	4	16	22	33	59	9	0	0	1
2007-2008	32	108	13	35	18	27	16	73	105	2	0	0
2008-2009	97	2	44	7	112	44	19	12	41	2	0	0
2009-2010	5	61	28	17	55	36	69	24	42	14	63	14
2010-2011	3	47	62	58	26	30	38	69	28	27	0	3
2011-2012	0.9	75.2	63.9	24.8	21.1	50.8	27	25.9	6	0	5	0
2012-2013	24	37.5	156.7	15.7	98.5	63.3	53.8	78	43.5	0	2.5	0
2013-2014	16.5	0	49.2	124.5	102	46	46	12	16	8	0	0

Tableau 2. Les températures mensuelles (°C), station de Zenata (1991-2011)

Années	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JL	A
1991-1992	24.6	17.2	13.5	10.7	8.9	10.9	12.1	15.5	18.6	19.4	24.5	26.7
1992-1993	22.9	17.6	13.7	11.7	8.8	10.2	13.8	15.3	17.4	21.4	24.9	25.7
1993-1994	21	17.6	14.2	11.1	10	11.4	13.5	14.7	19.4	17.9	28.2	27.8
1994-1995	22.2	19.4	15.5	11.5	10.9	12.9	13.6	15.2	19.9	21.5	25.2	26.2
1995-1996	21.5	19.9	17	14.3	15.6	10.8	12.8	15.4	17.8	22.9	24.9	24.2
1996-1997	20.3	17.4	15.1	13.3	12.2	12.2	13.6	16.7	19	22.3	23.3	24.6
1997-1998	23.1	20.4	16	12.4	11.5	12.7	13.8	15.1	17.3	22.8	25.7	26.5
1998-1999	23.6	17.6	14.4	10.3	10.7	9.9	13.1	15.2	19.8	22.9	25.7	26.6
1999-2000	22.9	20.5	13.1	10.9	8.7	12.5	13.7	15.5	19.6	23.9	25.8	26.2
2000-2001	23	17.6	14.1	12.9	11.8	11.5	15.7	15.7	18.3	24.1	25.6	26.5
2001-2002	22.9	21.3	13.2	10.8	10.2	11.7	14.2	15.4	18.6	22.7	25.2	24.8
2002-2003	22.6	18.7	15.4	12.9	9.7	10.4	13.9	15	18.8	24.4	26.8	27
2003-2004	23.8	20.4	12.8	10.4	11.2	12.3	12.6	14.4	16.7	23.2	26.2	27
2004-2005	22	19,5	17,2	10,7	7,3	8,3	12,8	15	20	23,4	26,1	26
2005-2006	23	20,7	16,5	11,4	9,3	10,5	14,2	17	20	22,4	27	26
2006-2007	22,7	18,6	13,6	10,6	10,4	13,3	12,7	14,4	19,1	22,2	25,5	26
2007-2008	23,4	19,3	12,4	9,7	11	12,3	13,7	17	18	22,7	26,5	26,6
2008-2009	22,1	20	17	13,8	10,3	10,6	13	14,4	19,5	23,8	27,6	26
2009-2010	23,7	18,3	14,2	12,8	12,1	13,6	13,7	16,3	18,7	22,2	26,6	27
2010-2011	23,3	19,3	14,8	10,5	10,8	10,6	13,3	17,5	20	23,4	26,3	27,2

Tableau 3. Normes de rejets internationales

Paramètres	Normes d'OMS	Unité
pH	6.5-8.5	-
DBO ₅	30	mg/l
DCO	90	mg/l
MES	30	mg/l
Température	<30	°C
Couleur	Claire	-
Odeur	Sans odeur	-
NH ₄ ⁺	0.5	mg/l
NO ₂ ⁻	1	mg/l



Figure 1. La pollution d'oued Hennaya