



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية
الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaid - Tlemcen

Faculté de technologie



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de

Master en Hydraulique

Option : **Technologies de Traitement des Eaux**

Par

**HASSAINE SOULAF
BOULENOUAR HAMZA**

Sujet

**Contribution à l'étude d'un système d'épuration
des eaux usées des petites localités :
Cas d'El Khemis –wilaya de Tlemcen**

Devant le jury suivant le 19./06/2018

Mr **DEBBAL Med Zakaria**

Mr **BENMANSOUR Abdelhalim**

Mr **BESSEDIK Madani**

Mr **BOUCHELKIA Hamid**

Mr **CHIBOUB FELLAH Abdelghani**

Président

Directeur de mémoire

Co-Directeur de mémoire

Examineur

Examineur

Année Universitaire 2017 - 2018

Remerciements

Nous tenons à remercier le bon Dieu, qui nous a donné la force et le courage pour mener à bien nos études ainsi que ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail. Leur aide fort appréciable a été enrichissant et déterminante lors de toutes les étapes de notre travail.

Nous tenons à remercier particulièrement nos encadreurs Pr. BENMANSOUR Abdelhalim et Dr. BESSEDIK Madani pour leurs conseils, remarques, orientation et surtout pour le temps qu'ils nous ont consacré le long de la préparation de notre projet de fin d'étude.

Aussi, nous adressons nos vifs remerciements à l'ensemble des enseignants de TTE qui ont contribué à notre formation et en particulier aux membres du jury.

Nous adressons également nos chaleureux remerciements à tout le personnel du service d'hydraulique, du bureau d'étude H.P.O et de l'A.N.R.H et en particulier à : Mr. KHATTAR Moncef qui nous a aidé de manière significative à l'obtention des données de la région d'étude très importantes pour cette étude.

Enfin, tous nos remerciements vont à nos familles respectives et à tous nos amis de TTE qui ont été nombreux à nous aider et qui nous ont porté un soutien moral significatif.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

- ***Mes très chers parents.***
- *A mes frères, A mes très chères sœurs (« Mohamed et Hichem », Fatima, Kawther et Narimane)*
- *A la mémoire de mon grand-père en espérant qu'il soit fier là où il est.*
- *A mes grands-parents*
- *A mes chères oncles et tantes.*
- *A toute la famille Hassaine et Lalam*
- *A ma très chère nièce Rima*
- *A mes très chères amies Amina, Fatima, Ilhem, Nourel Houda, Sihem.*
- *A Mme Boulenouar Fatima*

Soufiane HASSAINE

Résumé :

Les eaux usées posent un risque majeur de pollution pour l'environnement. Le degré de risque dépend de la nature de leur pollution.

Dans ce travail on présente différents procédés de traitement pour des zones rurales puis l'épuration des eaux usées par lit bactérien pour la commune d'EL Khemis., qui constitue notre zone d'étude, comptait une population d'environ **2293** habitants en 2008 et atteindra **3565 habitants** à l'horizon **2045**. Les eaux usées rejetées par cette population ont actuellement un débit de **360 m³/jour** (P.D.A.U, 2008) et atteindra **524 m³/jour** en **2045**, avec une DBO de 408.2mg/l d'O₂. Ces eaux usées risquent de polluer drastiquement la vallée d'EL Khemis et particulièrement le barrage de BENI BAHDEL et les eaux sous terraines de la région, d'où la nécessité d'installer une station d'épuration appropriée pour protéger la zone.

Mot clés : Milieu rural, pollution épuration, eaux usées, lit bactérien, El Khemis.

Abstract :

Wastewater poses a major risk of pollution for the environment. The degree of risk depends on the nature of their pollution.

In this work we present different treatment processes for rural areas and then wastewater treatment by bacterial bed for the municipality of El Khemis. El Khemis, which is our study area, had a population of about 2293 inhabitants in 2008 and will reach 3565 inhabitants by 2045. Wastewater discharged by this population currently has a flow of 360 m³ / day (PDAU, 2008) and will reach 524 m³ / day in 2045, with a BOD of 408.2mg / l of O₂. This wastewater is likely to pollute the EL Khemis valley drastically, particularly the BENI BAHDEL dam and the groundwater of the region, hence the need to install an appropriate treatment plant to protect the area.

Keywords : Rural environment, pollution treatment, wastewater, bacterial bed, El Khemis.

المخلص

المياه المستعملة تشكل خطرا كبيرا على البيئة وتعتمد درجة خطورتها على طبيعة تلوثها. وفي هذا العمل نقدم مختلف تقنيات معالجة المياه المستعملة للمناطق الريفية. وعلى سبيل الذكر معالجة مياه الصرف الصحي بالسرير البكتيري لبلدية الخميس والتي هي منطقة دراستنا والتي بلغ عدد سكانها في عام 2008 حوالي 2293 نسمة وسيصل عددهم الى 3565 نسمة بحلول عام 2045. ويبلغ تدفق مياه الصرف الصحي حاليا حوالي 360 م³/يوم (P.D.A.U 2008) وسيصل الى 524 م³/يوم في عام 2045 مع طلب بيولوجي للأكسجين =D.B.O. 408.2مغ /لتر من O₂

هذه المياه المستعملة قادرة على تلويث وادي الخميس بشكل كبير. وخاصة سد بني بهدل ومياه الجوفية للمنطقة وهذا يبرر حاجه الإنشاء محطة معالجة مناسبة لحماية المنطقة

كلمات مفتاحية: البيئة الريفية، التلوث، المعالجة مياه صرف الصحي، مياه مستعمله، السرير البكتيري، الخميس

Abréviation

ATP : l'adénosine tri phosphate

ADP : adénosine di phosphate

ADN : acide désoxyribonucléique

MO : matière organique

MES : matière en suspension

EH : équivalente habitant

STEP : station d'épuration des eaux usées

DCO : demande chimique en oxygène

DBO : demande biologique en oxygène

DBO₅ : demande biochimique en oxygène a 5 jour

HPO : hydro projet ouest

PDAU : plan directeur d'aménagement d'urbanisme

ANRH : agence nationale des Resource hydrauliques

PH : potentiel hydrogène

DDT : produit chimique solide incolore très hydrophobe avec légère odeur dont les propriétés insecticide et acaricides. $C_{14}H_9Cl_5$

Liste des figures

Figure1 : Corrélation température mésophile-activité des boues

Figure 2 : photo qui représente la présence de protozoaire

Figure 3 : photo qui représente le virus poliomyélite

Figure 4 : le coliforme fécal la classe des Enterobacteriaceae

Figure 5 : les streptocoques fécaux

Figure6 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration contenant un lit bactérien

Figure7 : Fonctionnement station avec disque biologique

Figure8 : principe d'un disque biologique

Figure 9 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration par boue activée

Figure10 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à bio-filtre

Figure 11 : Le principe d'épuration des eaux usées par lagunage naturelle

Figure 12 : Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel

Figure 13 : image montrant la vue de dessus de lagunage aéré

Figure 14 : Schéma de principe du stockage aéré

Figure 15 : principe de fonctionnement des massifs filtrants

Figure16 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration avec Filtre plantés de roseaux

Figure 17 : schéma de fonctionnement d'une Lambristation

Figure18 : arbre de décision pour le choix de filière d'épuration des eaux usées

Figure 19 : Limites administratives de la zone d'étude

Figure 20 : carte de l'occupation de la sole de Beni Snous

Figure 21 : Histogramme de croissance de la population d'El Khemis

Figure 22 : histogramme de répartition des températures la Station de Sebra pour la période 1905-2005

Figure 23 : Répartition Mensuelle de la vitesse moyenne des Vents

Figure 24 : Répartition Mensuelle de L'évapotranspiration potentielle enregistrée dans la région de Sabra 1905-2005

Figure 25: Répartition mensuelle de la pluviométrie de la station de Sabra (1905-2005)

Figure 26 : Relief de la zone d'étude

Figure 27 : Géologie de la zone d'étude

Figure 28 : carte d'assainissement et d'AEP de l'ACL d'El Khemis

Figure 29 : Implantation de la STEP

Figure 30 : Schéma d'un déversoir d'orage à seuil latéral

Figure 31 : Schéma d'un lit bactérien en couple verticale

Figure 32 : station de pompage

Figure 33 : lit de séchage planté de roseaux

Figure 34 : carte de l'occupation de la sole d'El Khemis

Figure 35 : Section circulaire .vitesse, débit pour les différentes profondeurs d'eau

La liste des tableaux

Tableau 1 : la population et les débits

Tableau 2 : la quantité moyenne de pollution produite en un jour par une personne

Tableau 3 : la charge journalière et la concentration des paramètres de pollution

Tableau 4 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur

Tableau 5 : récapitulatif des caractéristiques du déversoir d'orage

Tableau 6 : facteur dépendant de la forme des barreaux

Tableau 7 : Les charges de l'entrée et à la sortie du décanteur-digester

Tableau 8 : les dimensions de digester

Tableau 9 : charge hydraulique et volumique

Tableau 10 : caractéristique de lit bactérien

Tableau 11 : la surface superficielles des matériaux de remplissage

Tableau 12 : Les différentes singularités que l'on peut retrouver à l'aval des pompes avec leur valeur de K

Tableau 13 : domaine d'utilisation et performances de lagunage naturel.

Tableau 14 : domaine d'utilisation et performances les massifs filtrants.

Tableau 15: domaine d'utilisation et performances les filtres plantes roseaux.

Tableau 16 : domaine d'utilisation et performances Tallis a très courte rotation.

Tableau 17 : domaine d'utilisation et performances lombrifiltration.

Tableau 18 : Evolution du nombre d'habitants à différents termes de la zone d'étude

Tableau 19: Estimation des besoins totaux en eau potable de la zone d'étude.

Tableau 20 : évaluation du débit d'équipements existants

Tableau 21 : Les points-clé du dimensionnement des lits bactérie

SOMMAIRE :

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre I : Généralités sur l'épuration

<u>INTRODUCTION GENERALE</u>	<u>2</u>
<u>I.1 INTRODUCTION</u>	<u>5</u>
<u>I.2. SPECIFICITE DES PETITES COLLECTIVITES</u>	<u>5</u>
<u>I.3. CHARGE POLLUANT A TRAITER.....</u>	<u>5</u>
I.3.1 LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	6
A. TEMPERATURE	6
B. LE POTENTIEL HYDROGENE PH	6
C. MATIERE EN SUSPENSION (MES)	7
I.3.2 LES PARAMETRE ORGANO-MINERAUX.....	7
A. DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (DBO5)	7
B. DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE(DCO)	7
C. MATIERE AZOTEE	8
D. COMPOSES PHOSPHORES (P).....	8
I.3.3 LES PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES :	8
I.3.4. LES MICROPOLLUANTS.....	11
▶ LE MAGNESIUM (MG) : LE MANGANESE (MN) ET LE TITANE (TI).	12
LES AUTRES PRODUITS ORGANIQUES MICROPOLLUANTS	13
<u>I.4.LES FILIERES D'EPURATION DES EAUX USEES.....</u>	<u>14</u>
I.4.1.LES TECHNIQUES INTENSIVES CLASSIQUES	14
A. LIT BACTERIEN	15
B. LES DISQUES BIOLOGIQUES	15
C. LES BOUES ACTIVEES	16
D.LES BIOFILTRRES	17
I.4.2 LES FILIERES DE TRAITEMENT EXTENSIF.....	18
A. LAGUNAGE NATURELLE.....	19
B. LAGUNAGE AERE :.....	21
C. LES MASSIFS FILTRANTS	23
D. LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX	25
E. TAILLIS DE SAULES A TRES COURTES ROTATIONS.....	26
F. LOMBRIFILTRATION.....	27

<u>I.5 CHOIX DE LA FILIERE D'EPURATION BIOLOGIQUE</u>	<u>28</u>
<u>CONCLUSION.....</u>	<u>30</u>
<u>II.1.INTRODUCTION :</u>	<u>32</u>
<u>II.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE :</u>	<u>32</u>
<u>II.3. OCCUPATION DE LA SOLE :</u>	<u>34</u>
<u>II.4. SITUATION DEMOGRAPHIQUE :</u>	<u>37</u>
<u>II.5. SITUATION CLIMATOLOGIQUE :</u>	<u>38</u>
<u>II.5.1. TEMPERATURES :.....</u>	<u>38</u>
<u>II.5.2. LES VENTS</u>	<u>39</u>
<u>II.5.3. L'EVAPOTRANSPIRATION :</u>	<u>40</u>
<u>II.5.4. LA PLUVIOMETRIE :</u>	<u>41</u>
<u>INTENSITÉS DE COURTES DUREES :</u>	<u>42</u>
<u>II.6. LA TOPOGRAPHIE DE LA ZONE D'ÉTUDE :.....</u>	<u>43</u>
<u>II.7. L'HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE :.....</u>	<u>45</u>
<u>II.8. GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE :.....</u>	<u>45</u>
<u>JURASSIQUE INFERIEUR ET MOYEN :</u>	<u>45</u>
<u>JURASSIQUE SUPERIEUR :</u>	<u>45</u>
<u>II.8. SITUATION HYDRAULIQUE :.....</u>	<u>49</u>
<u>II.8.1 -CARACTERISTIQUES DU RESEAU D'EL KHEMIS :</u>	<u>49</u>
<u>II.9. ASSAINISSEMENT :</u>	<u>49</u>
<u>II.9. 1 : CARACTERISTIQUES DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT :.....</u>	<u>49</u>
<u>ACTIONS À ENTREPRENDRE</u>	<u>50</u>
<u>CONCLUSION :</u>	<u>52</u>
<u>III.1. INTRODUCTION :</u>	<u>54</u>

III.2. HORIZON ACTUEL	54
III.3. IMPLANTATION DE LA STEP :.....	54
III.4. DETERMINATION DE LA CAPACITE HYDRAULIQUE DE LA STATION :	55
III.5. CONSOMMATION EN EAU POTABLE :	56
III.6. CALCUL DES DEBITS ET DES CHARGES POLLUANTES :.....	58
III.7. EVALUATION DE LA CHARGE POLLUANTE :	61
III.8. DEVERSOIR D'ORAGE :	63
DEFINITION :	63
➤ CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DU DEVERSOIR :.....	64
PRINCIPE DE CALCUL :	65
• DIMENSIONNEMENT DU DEVERSOIR D'ORAGE :.....	66
III.9. LES OUVRAGE DE PRETRAITEMENT.....	69
III.9. 1.LE DEGRILLEUR.....	69
CALCUL DES GRILLES :	70
LES PERTES DE CHARGE (ΔH)	71
III.9. 2 DESSABLEUR/DESHUILEUR :.....	73
III.10. CALCUL DU TRAITEMENT PRIMAIRE :.....	74
III.10. 1.DECANTEURS-DIGESTEURS :	74
III.11.TRAITEMENT BIOLOGIQUE	77
III.11.1.LIT BACTERIEN :	77
III.12 DIMENSIONNEMENT DE LA RECIRCULATION.....	81
III.15.1 CONDUITE DE REFOULEMENT :.....	82
. LE DIAMETRE DE LA CONDUITE DE REFOULEMENT	82
HAUTEUR D'ELEVATION :.....	83
PERTES DE CHARGES :	83
VOLUME UTILE DE LA BACHE :	84
III.13.GESTION DES BOUES.....	84
III.13.1. EVALUATION DE VOLUMES DES BOUES	84
III.13.2 CHOIX DE LA FILIERE DE TRAITEMENT DES BOUES	85

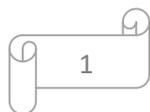
DIMENSIONNEMENT ET DISPOSITION CONSTRUCTIVES.....	86
CONCLUSION.....	87
<u>1. DONNEES CLIMATOLOGIQUES.....</u>	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
<u>2. SITUATION DEMOGRAPHIQUE.....</u>	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
<u>3. ALIMENTATION EN EAU POTABLE.....</u>	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
<u>3-1-ESTIMATION DES BESOINS THEORIQUES EN EAU POTABLE : .</u>	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

Bibliographie

Webographie

Les annexes

Introduction générale



Introduction générale

L'eau, indispensable à la vie, est une ressource très recherchée. Dès lors, les collectivités locales sont contraintes de prendre cette ressource en compte dans leur plan d'aménagement et d'améliorer les installations d'épuration existantes. La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques. La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peut non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur. Cette pollution est provoquée par le rejet d'eau salie par nos activités domestiques, et par de diverses activités industrielles et agricoles, nécessaires pour nous fournir les aliments et biens dont nous avons besoin. Les rejets des eaux usées augmentent du fait de l'industrialisation et l'élévation de niveau de vie de la population. Les capacités d'autoépuration sont jugées dépassées ce qui pousse les chercheurs à développer plusieurs techniques pour épurer ces effluents. L'installation des systèmes d'épuration en aval des réseaux d'assainissement constitue une des solutions, sinon la seule capable de préserver les ressources en eau. Outre la dépollution des effluents, ces installations permettent la mobilisation d'un volume important d'eau apte à être réutilisé dans plusieurs domaines. Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration souhaité.

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

L'amélioration du niveau de vie implique une augmentation de la consommation d'eaux potable, qui à son tour engendre un volume d'eaux usées de plus en plus important. Pour y remédier à ce phénomène il faudrait épurer les eaux usées domestiques, avant de les renvoyées vers les rivières ou la mer. Ceci, permettrait de les réutiliser, sans danger, dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux. En zone rurale, où le nombre d'habitants et les moyens financiers des communes sont restreints, il faudrait choisir et concevoir, en fonction des spécificités de celles-ci, des procédés adaptés pas trop chers et efficaces pour y remédier à ce phénomène.

Dans notre cas le rejet des eaux usées de-làzone rurale d'El Khemisporte préjudiceau barrage BENI BAHDEL qui se trouve en aval de celui-ci. Pour résoudre ce problème, il

faudrait concevoir et réaliser une station d'épuration pour traiter efficacement les eaux usées du rejet.

Notre travail consiste donc à concevoir, calculer et estimer le coût d'une station d'épuration en fonction des spécificités de la zone d'étude El Khemis.

Notre choix a porté sur une STEP à procédé extensif car c'est une zone rurale agricole pas très peuplée et pas industrialisée. La nature des eaux usées est plutôt domestique et agricole. Nous avons choisi la technique de culture fixe avec lit bactérien.

Notre travail se présente comme suit :

Le premier chapitre, recherche bibliographique, présente les généralités sur les différents types d'épuration des eaux usées en mettant l'accent sur les paramètres de pollutions avec une présentation des différents procédés d'épuration (intensifs et extensifs).

Le deuxième chapitre est dédié à la présentation de la zone d'étude, qui est la ville d'El Khémis, dans la wilaya de Tlemcen : Situation géographique, occupation du sol, démographie, climatologie, topographie, hydrogéologie, situation hydraulique et assainissement.

Le troisième chapitre est consacré à la conception et au dimensionnement de la station d'épuration choisie « à lit bactérien » de la ville d'El Khémis.

Chapitre I : Généralités sur l'épuration

I.1 INTRODUCTION

Les eaux de surface constituent un écosystème ou règne une communauté d'êtres vivants qui établissent des relations et interaction entre eux et leurs milieux. Dans ce fragile équilibre, un seul facteur de l'écosystème est modifié, et c'est l'équilibre qui est perturbé.

C'est ainsi que la présence ou la surabondance d'un élément dans un écosystème dont il est normalement absent constitué une pollution. Les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants. Ces polluants s'ils se retrouvent directement dans les milieux naturels perturbent les écosystèmes.

Les eaux usées nécessitent d'être traitée avant leur évacuation dans le milieu récepteur, la protection de l'environnement en dépend. [1]

I.2. SPECIFICITE DES PETITES COLLECTIVITES

Si l'on tente de hiérarchiser les contraintes techniques et économiques fixant le cadre de l'assainissement des collectivités rurales, la contrainte d'assurer de manière fiable (incluant la collecte) le niveau de traitement requis pour permettre de maintenir l'objectif de qualité fixé au milieu récepteur apparaît durablement et de manière accrue comme le facteur principal [2].

En plus les contraintes locales particulières (taille de la collectivité, réseau, site, nature du sol, nature de l'urbanisation, etc.) Guident alors le choix du procédé [2].

Parce qu'une fiabilité satisfaisante du traitement est, en outre, toujours recherchée, une contrainte relative au coût afférent à une exploitation minimale acceptable doit être analysée.

Aussi, pour la plupart des procédés, c'est en premier lieu le coût de la main d'œuvre qui s'avère primordial dans les conditions actuelles [2].

Pour certaine filière (lagunage aéré par exemple), le coût énergétique peut être le facteur économique dominant. D'autre encore ne se sont pas développés du fait du coût excessif des réactifs ou du remplacement des composants. Certaines collectivités peuvent se trouver dans l'incapacité de financer, au niveau de l'exploitation nécessaire, le système de traitement qu'elles ont choisi, par exemple des boues activées même bien conçues, pour 100 ou 200 EH [2].

I.3. CHARGE POLLUANT A TRAITER

Généralement la charge polluant des eaux usées est définie par 4 grands substrats :

I.3.1 LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les principaux critères physico-chimiques permettent la détermination de degrés de pollution des eaux usées domestiques. Parmi ces critères on peut citer :

A. TEMPERATURE

La température de l'eau usée a une influence majeure sur la solubilité des sels et surtout des gaz et dans la détermination de PH et le taux de biodégradation dans le bassin tampon (hydrolyse des polymères) et dans le bassin d'aération (conversion en CO₂, H₂O et composés minéraux). Plus la température est élevée, plus le processus de biodégradation est rapide (plus 10°C = vitesse de réaction x 2). [4] [3]

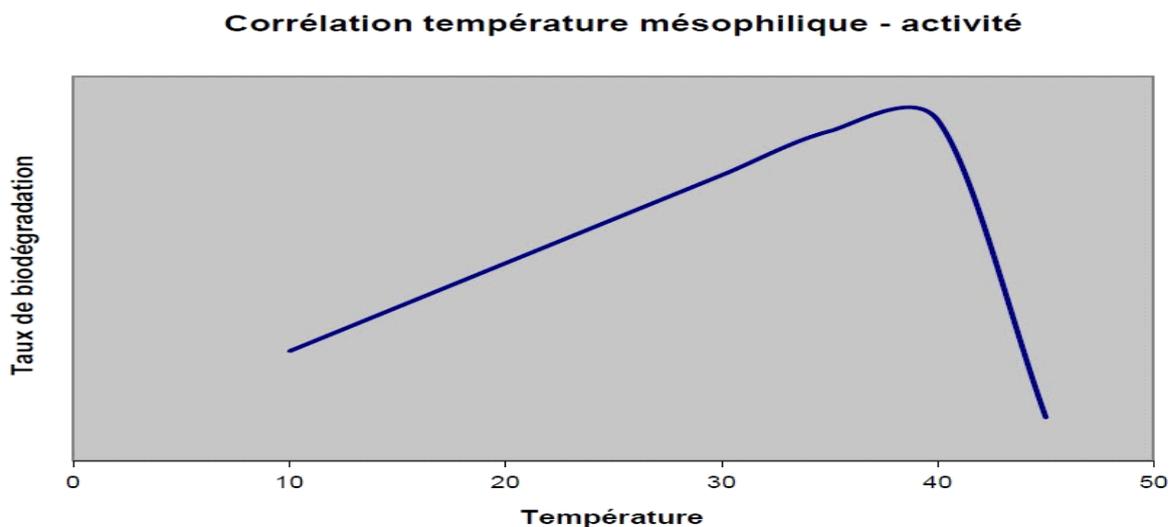


Figure1 : Corrélation température mésophile-activité des boues [22].

Ce graphique montre clairement qu'une température trop haute ou trop basse a un impact très négatif sur l'efficacité de la station d'épuration

B. LE POTENTIEL HYDROGENE PH

Le ph est la mesure du caractère acide ($1 < \text{PH} < 7$) ou basique ($7 < \text{PH} < 14$) des eaux usées. En général, l'activité biologique se situe entre 6.5 et 8 unités de ph. En dehors de cet intervalle, le PH affecte la vie aquatique et par conséquent influence le rendement épuratoire. [7]

C. MATIERE EN SUSPENSION (MES)

Les particules fines en suspension dans une eau sont soit d'origine naturelle, en liaison avec les précipitations, soit produites par les rejets urbains et industriels. Leur effet néfaste est mécanique, par formation de sédiments et d'un écran empêchant la bonne pénétration de la lumière d'une part (réduction de la photosynthèse), ainsi que par colmatage des branchies des poissons d'autre part. Leur effet est par ailleurs chimique par constitution d'une réserve de pollution potentielle dans les sédiments. [6]

I.3.2 LES PARAMETRE ORGANO-MINERAUX

Ils renseignent sur la teneur des eaux usées en matière organique, surtout carboniques. La connaissance du degré de pollution organique exige d'abord la détermination de la quantité d'oxygène nécessaire pour l'oxydation de cette pollution. Pour effectuer cette détermination, on se base sur deux paramètres : [4]

A. DEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE (DBO5)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques (biodégradables) par voie biologique (oxydation des matières organiques biodégradables par ce paramètre).

Ce paramètre permet d'évaluer la fraction biodégradable de la charge polluante carbonée des eaux usées. En général on le calcule au bout de 5 jours à 20 °C et dans le noir. On parle alors de DBO5. [7]

B. DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE(DCO)

C'est une autre mesure de la concentration de matières organiques (et partiellement inorganiques) contenues dans une eau. Mesurée après oxydation chimique intense, elle représente la concentration d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la totalité des matières organiques. La DCO inclut donc la DBO et pour l'essentiel (90 %) est biodégradable ou séparable dans les installations biologiques d'épuration des eaux usées [4].

Ces deux paramètres nous permettent d'estimer la quantité de la matière organique présente dans les eaux $\text{MO} = (\text{DCO} + 2 \text{DBO5}) / 3$. [7].

C. MATIERE AZOTEE

Élément indispensable aux êtres vivants, présent naturellement dans le milieu naturel il peut être présent sous les formes suivantes :

- Azote Ammoniac : NH_3
- Azote Nitrites : NO_2^-
- Azote organique : NH_4^+ [8]

D. COMPOSES PHOSPHORES (P)

Le phosphore des eaux usées, particulaire ou soluble, est essentiellement constitué de :

Phosphore inorganique (essentiellement des polyphosphates) et des orthophosphates dont une part provient de l'hydrolyse des premiers ;

Et de phosphore organique : phospho-lipides, esters, polynucléotides, ATP, ADP, ... Les phosphates de sodium et de potassium sont solubles dans l'eau, les phosphates monocalciques et les phosphates de magnésium le sont également, mais dans une moindre mesure. Les autres phosphates sont insolubles. Le phosphore total est la somme du phosphore inorganique et organique. [9]

I.3.3 LES PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES :

Les eaux usées domestiques sont fortement chargées en contaminants biologiques divers. Les concentrations de ces derniers sont variables d'un micro-organisme à l'autre, certains sont pathogènes, d'autres non. Dans ce cadre on traite ceux qui sont pathogènes et qui présentent des dangers sanitaires graves en peut citer : [4]

- A. LES PROTOZOAIREs : Ils sont présents dans les eaux usées à l'état de kystes. La principale forme pathogène pour l'homme est *Entamoebahistolytica*, agent responsable de la dysenterie amibienne [8].

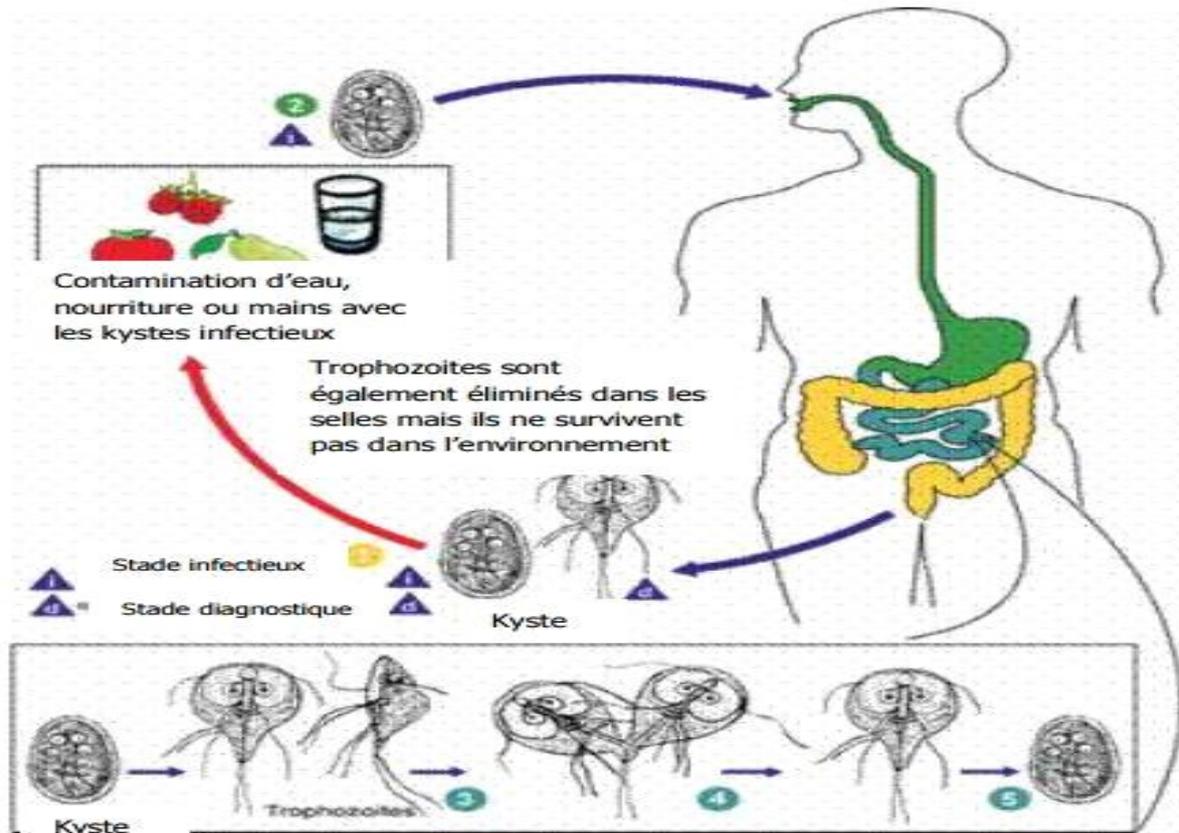


Figure 2 : photo qui représente la présence de protozoaire [29]

- **B. LES HELMINTHES** : Les eaux usées sont susceptibles de véhiculer un grand nombre d'helminthes parasites d'origine humaine ou animale. La plupart de ces parasites sont excrétés dans le milieu extérieur sous forme d'œufs, éliminés avec les matières fécales, le nombre et la variété des œufs d'helminthes dans les eaux résiduaires sont liés au niveau d'infestation de la population humaine et /ou animal desservies [10].
- **C. VIRUS** : Les virus se trouvent dans les eaux résiduaires à des concentrations de l'ordre de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau. Parmi les infections virales d'origine hydrique, on trouve la poliomyélite, également on peut citer l'hépatite A [4].

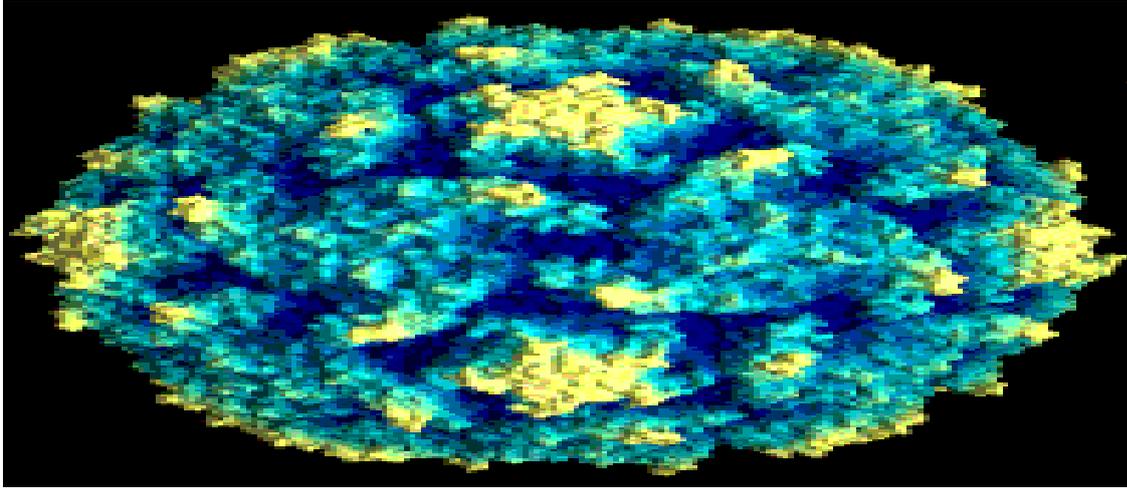


Figure 3 : photo qui représente le virus poliomyélite [30]

- D. LES GERMES TEMOINS DE CONTAMINATION FECALE : Une contamination fécale est anormale, elle révèle un problème d'hygiène générale. Il est impossible de rechercher dans les eaux usées la présence systématique de tous les pathogènes. On évalue alors la qualité sanitaire en recherchant la présence de bactéries fécales dites témoins de contamination fécale ; parce que cela signifie la présence possible d'un grand nombre de pathogènes transmis par les fèces ou les urines de l'homme et des animaux à sang chaud [10].
- E. LES COLIFORMES FECAUX : C'est un groupe de bactéries utilisé comme indicateur de contamination fécale. Ils appartiennent à la classe des *Enterobacteriaceae*. (Manuel Bergey (1984)). Ces derniers peuvent avoir une origine non strictement fécale : Le sol, les insectes et les plantes peuvent les héberger. Les coliformes totaux sont inclus dans les germes témoins de contamination fécale de deuxième ordre. [4]

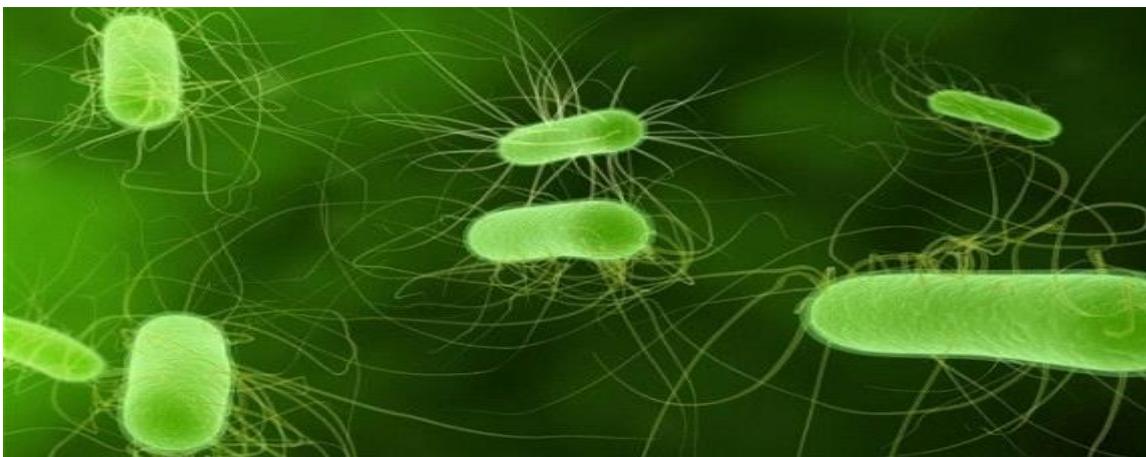


Figure 4 : le coliforme fécal la classe des *Enterobacteriaceae* [31]

- **F. LES STREPTOCOQUES FECAUX** : Ces germes colonisent l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur présence dans le milieu hydrique prouve une pollution d'origine fécale de l'eau. Cependant, on peut trouver aussi des streptocoques fécaux dans le sol, les plantes et les insectes. [10]



Figure 5 : les streptocoques fécaux [32]

I.3.4. LES MICROPOLLUANTS

Ce sont des composants minéraux ou organiques qui présents dans l'eau même à très faible quantité (en microgramme ($\mu\text{g/l}$), voire en nano gramme (ng/l) par litre) sont dangereux pour les êtres vivants et donc les écosystèmes.

Certains micropolluants sont toxiques. Les mécanismes de leurs effets sont encore trop mal connus [11] :

- ▶ Les éléments mutagènes agissent sur les cellules reproductives ou directement sur L'ADN des êtres vivants ;
 - ▶ Les éléments tératogènes qui affectent le fœtus ;
 - ▶ Les éléments cancérigènes qui induisent le cancer ;
 - ▶ Les éléments neurotoxiques qui agissent sur le système nerveux ;
 - ▶ Les éléments perturbateurs endocriniens ;
 - ▶ Les éléments bioaccumulables dans les chaînes alimentaires.
- **LES METAUX LOURD** :(poids atomique > à celui du fer). Les éléments métalliques et leurs dérivés organiques sont pour certains très dangereux parce que potentiellement toxiques, non-

biodégradables et bio-accumulables dans les chaînes alimentaires. Ils sont principalement d'origine industrielle mais pas seulement. (Rejets atmosphériques des incinérateurs de déchets, ...)

Si, à doses infimes, certains métaux constituent des oligo-éléments indispensables à un bon état de la santé humaine, à partir de certaines doses plus importantes ils deviennent directement toxiques. Ces métaux proviennent un peu du sous-sol (érosion) mais pour l'essentiel des rejets industriels (traitements de surface, métallurgie, chimie, ...) Dans le sous-sol ou les rivières mais aussi dans l'atmosphère où ils retombent avec les pluies. On retrouve les métaux dans les eaux sous formes ioniques libres ou incorporés dans des structures moléculaires ou des complexes organiques ou inorganiques... Ainsi pour le même métal, certaines formes peuvent être beaucoup plus toxiques que d'autres...

Ces métaux lourds sont [11]:

► L'ALUMINIUM (AL) : De plus en plus présent dans les eaux, il provient des déchets ménagers ou du sulfate d'alumine utilisé comme flocculant dans les stations de traitement des eaux. Il est très soupçonné de favoriser la maladie d'Alzheimer. Son antidote est la silice (silicium).

► L'ARSENIC (AS). Fortement toxique. Peut être présent dans le sol et l'eau souterraine. Origine naturelle ou sol pollué antérieurement.

LE CADMIUM (CD), Il provient des rejets industriels, des incinérations de déchets, de l'utilisation d'engrais... Extrêmement toxique. S'accumule dans les chaînes alimentaires et menace les prédateurs secondaires.

► LE CHROME (CR) : métal très dur utilisé en traitement de surface des métaux pour améliorer leur résistance.

► LE CUIVRE (CU) : Au niveau de traces il n'est pas toxique. Sa présence dans les eaux provient de l'érosion des conduites ou de l'activité industrielle. Dans les sols agricoles, il peut s'accumuler à la suite des épandages de lisiers de porcherie car il est utilisé comme facteur de croissance dans l'alimentation des porcs. A une concentration > 2 mg/l. Il colore les eaux.

► L'ETAIN (SN) : Métal malléable.

► LE FER provient du sous-sol ou de l'industrie mais n'est pas nocif. Le sulfate de fer peut provenir des stations de traitement des eaux où il est utilisé comme flocculant.

► LE MAGNESIUM (MG) : LE MANGANESE (MN) ET LE TITANE (TI).

- ▶ LE MERCURE (HG) Extrêmement toxique. Origines dans les eaux : Activités sanitaires (thermomètres, désinfectants,...), Agriculture (fongicides, bactéricides), Industries (élimination des déchets, production de chlore et de soude, centrales au charbon), Orpaillage sauvage (en Guyane), Lampes fluorescentes d'éclairage (à ne jamais mélanger aux ordures ménagères).
- ▶ LE NICKEL (NI) Effet cancérigène démontré sur les animaux.
- ▶ LE PLOMB (PB), qui entraîne le saturnisme (érosion des canalisations d'eau potable en plomb). Le plomb est/était utilisé dans l'industrie : batteries, alliages, traitements de surface, munitions, etc.
- ▶ LE ZINC, (ZN) : Utilisé pour recouvrir les métaux. Peu toxique au niveau de traces mais sa présence dans les eaux indique souvent celles d'autres métaux ou polluants toxiques industriels. Dans les sols agricoles, il peut s'accumuler à la suite des épandages de lisiers de porcheries. [11]
- LES PESTICIDES : sont à environ 90% d'origine agricole. Ce sont des produits toxiques qui se dégradent plus ou moins bien dans l'environnement. Sont herbicides (atrazine, glyphosate, ...) ; insecticide (DDT, ...) ; fongicides (sels de cuivre, ...)
- LE MICRO POLLUANT ORGANIQUE : C'est aujourd'hui un nombre très important de molécules de synthèse dont pour la plupart les effets (surtout à long terme) sont mal ou inconnus.
- LES PRODUITS ORGANIQUES PERSISTANTS (POP) : Ces composés, très dangereux pour l'environnement (toxiques à faible concentration, parfois mutagènes, cancérigènes) sont des produits synthétiques heureusement assez peu solubles dans l'eau. On peut cependant les trouver en aval de sites industriels : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ; Hydrocarbures chlorés ; Polychlorobiphényles (PCB) et les solvants [11].

LES AUTRES PRODUITS ORGANIQUES MICROPOLLUANTS

- ▶ CYANURES (CN), Poison extrêmement toxique, utilisé dans les industries de traitement de surface. Dégradable au bout d'un certain temps dans les eaux mais où ils sont particulièrement mobiles.
- ▶ CHLORE : (provient de désinfection de l'eau potable ou parfois de la vidange de piscine)
- ▶ alkyphénols : cet élément est présent (dans détergents, cosmétiques, produits de nettoyage et beaucoup de produits industriels).

LES PRODUITS MEDICAMENTEUX :(qu'ils soient pour l'humain ou pour les animaux résidus des animaux d'antibiotiques, d'anti-inflammatoires, d'antidépresseurs, de contraceptifs, etc..).

Une grande partie de médicaments se retrouve dans les déjections (humaines ou animales) et par la suite dans les eaux des milieux aquatiques. [11]

I.4.LES FILIERES D'EPURATION DES EAUX USEES

On distingue couramment les techniques dites intensives des techniques dites extensives.

Les techniques intensives visent à la maîtrise des mécanismes épuratoires : elles les isolent et les modélisent, de manière à permettre un contrôle des opérations. Les techniques intensives classiques, comme les boues activées, les disques biologiques et les lits bactériens, exploitent les propriétés de bactéries aérobies, soit libres dans des bassins munis d'aérateurs, soit fixées sur des supports. Ces techniques sont particulièrement utilisées dans le traitement des effluents des agglomérations de plus de 2000 équivalents-habitants (EH). [41]

Du côté des techniques extensives, on reconstitue des écosystèmes artificiels simplifiés. Il s'agit de faire intervenir l'ensemble des processus de dégradation présents naturellement dans un écosystème. Avec les techniques extensives, on reproduit le principe de l'auto- épuration, mais dans des écosystèmes artificiels optimisés, de façon à protéger l'écosystème naturel. L'appellation « extensive » provient du fait que ces techniques nécessitent de grandes surfaces pour être pratiquées. La surface minimale requise est de 3 à 5 m² /EH. L'extensive offre des techniques d'épuration qui sont des solutions tout à fait adaptées aux collectivités rurales (moins de 2000 EH) et aux zones d'habitat dispersé. [12]

I.4.1.LES TECHNIQUES INTENSIVES CLASSIQUES

Ils sont qualifiés de systèmes classiques d'épuration biologique plus ou moins mécanisés [21].

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs-Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel. [20]

Trois grands types de procédés sont utilisés :

- Les lits bactériens et disques biologiques ;
- Les boues activées ;
- Les techniques de bio filtration ou filtration biologique accélérée.

A. LIT BACTERIEN

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. [20]

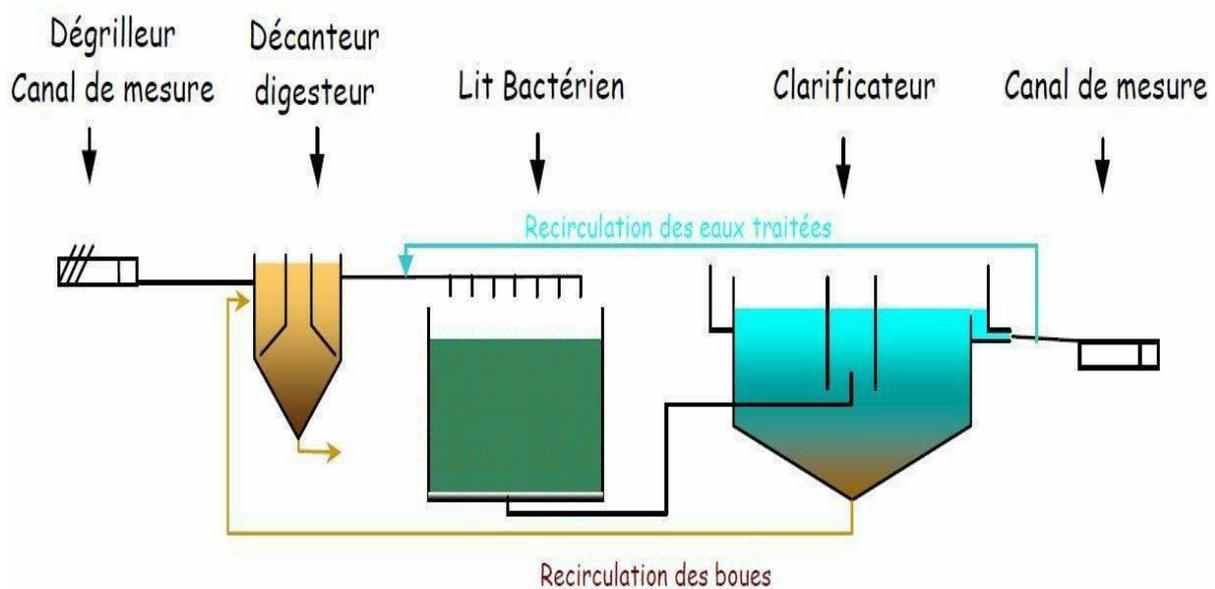


Figure6 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration contenant un lit bactérien [20]

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. [20]

B. LES DISQUES BIOLOGIQUES

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à

leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent. Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées [21].

Pour ce système, il faut s'assurer de la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe) et du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes). [20]

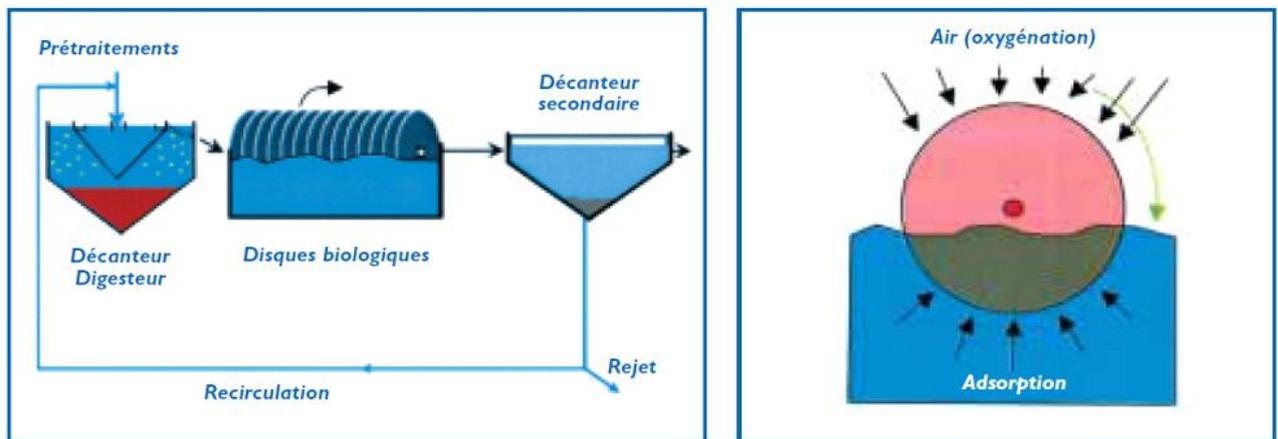


Figure7 : Fonctionnement station avec disque biologique [20]. **Figure8** : principe d'un disque biologique [20].

C. LES BOUES ACTIVEES

Le principe des boues activées autant que le lagunage aéré réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Le procédé consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des micro-organismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Après prétraitement, les eaux usées sont dirigées vers un bassin d'aération où elles sont mises en contact avec une biomasse responsable de l'épuration. Dans ce réacteur, la pollution dissoute est transformée en flocon de boues par assimilation bactérienne. Les flocons peuvent alors être séparés de l'eau traitée par décantation. La boue décantée est recirculée afin de permettre le réensemencement du bassin d'aération. Périodiquement, les boues en excès sont extraites pour rejoindre le système de traitement des boues. Dans le bassin d'aération, la fourniture en oxygène est assurée par des organes électromécaniques : aérateurs de surface (turbine ou brosse), ou insufflation d'air (soupleur + diffuseurs immergés). Le fonctionnement syncope (marche/arrêt) des aérateurs

assure les réactions d'élimination de l'azote par nitrification (marche de l'aération - transformation de l'azote ammoniacal en nitrates), puis par dénitrification (arrêt de l'aérateur - transformation des nitrates en azote gazeux). L'installation d'un brasseur dans le bassin d'aération autorise en permanence un bon contact entre les bactéries et la pollution à éliminer. L'azote et le phosphore jouent un rôle important pour le bon fonctionnement de ce système, car leur déficit peut provoquer le foisonnement des boues activées caractérisé par un gonflement de ces dernières [21].

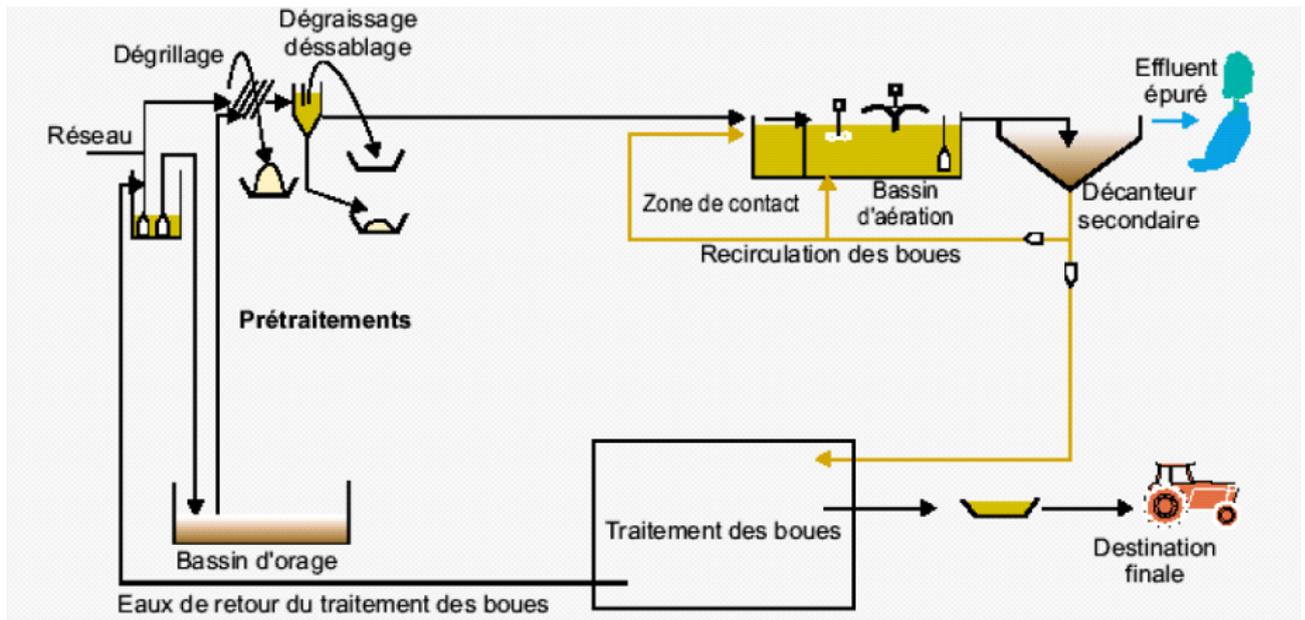


Figure 9 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration par boue activée [21].

D.LES BIOFILTRES

Après le prétraitement et généralement une étape de traitement physico-chimique, les eaux usées sont traitées sur un étage de biofiltres. Ce traitement consiste à faire transiter les eaux usées dans une cuve contenant un matériau (plastique par exemple) filtrant immergé, support du développement d'un film biologique. Le film biologique permet donc l'assimilation de la pollution et la filtration de la boue produite d'où le terme "biofiltre". Les besoins en oxygène sont assurés par insufflation d'air (air procédé). Plusieurs fois par jour, un lavage à l'eau traitée (eau de lavage) et à l'air (air de lavage) est nécessaire. Les eaux sales (eaux de nettoyage) retournent en tête de traitement afin que les boues biologiques soient piégées dans le décanteur primaire (ou bien subissent un traitement primaire physico-chimique). [21]

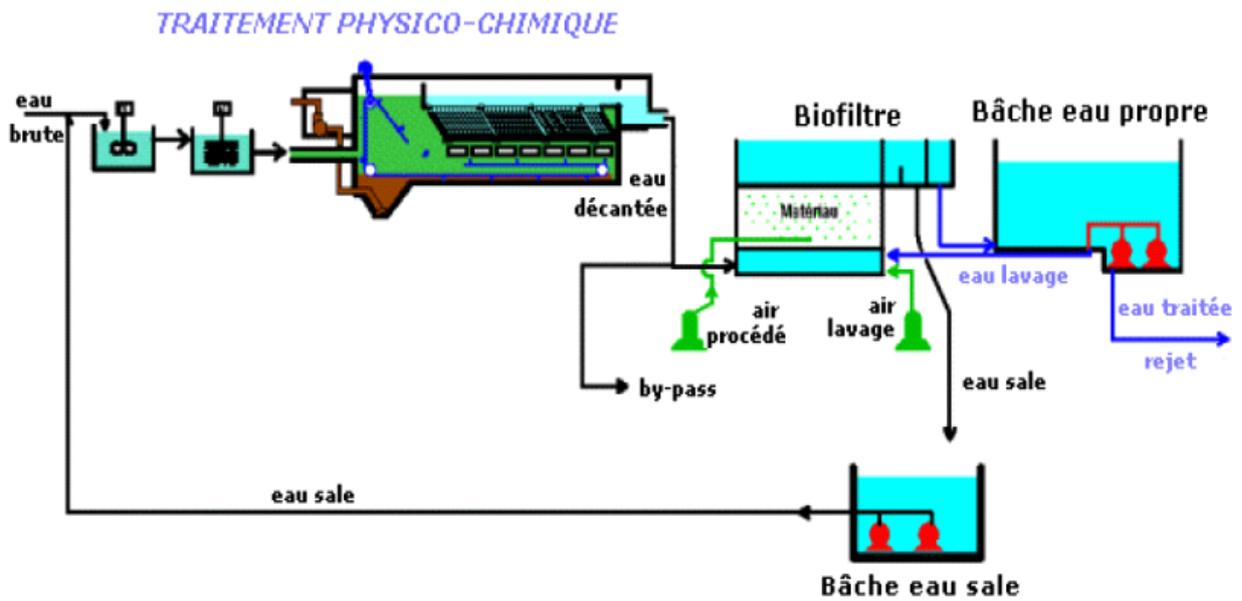


Figure 10 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à bio-filtre [21].

I.4.2 LES FILIERES DE TRAITEMENT EXTENSIF

Les filières de traitement extensif des eaux usées sont des procédés particulièrement bien adaptés aux petites collectivités (moins de 2000 EH) ainsi qu'à l'assainissement autonome (zones d'habitat dispersé) [12]. Ce sont les stations dites rustiques ou naturelles, utilisant les potentialités épuratrices des organismes vivants, végétaux ou animaux, aquatiques ou non. Pour ces systèmes, l'épuration des eaux usées se fait par voie naturelle. [13]

Tant au niveau des particuliers qu'au niveau des pouvoirs publics, les mentalités changent et l'épuration extensive des eaux, par son intégration paysagère exceptionnelle, est de nature à améliorer le cadre de vie et est parfois l'occasion pour une communauté locale (commune, association ...) de manifester son engagement environnemental et de sensibiliser la population. Longtemps traités comme des ouvrages d'infrastructure pure, les projets de construction ou de remise à niveau de stations d'épuration font l'objet d'une évolution récente qui intègre plusieurs données nouvelles [12] :

- La sensibilisation du grand public aux thèmes environnementaux et particulièrement la préservation de la nature et la valeur de l'eau,
- Ces projets prennent une dimension politique, ils ne sont plus cachés, mais au contraire valorisés, voire visités dans une logique de tourisme industriel, ils sont donc soumis à une exigence de représentation nouvelle, à la fois technologique et écologique [12].

Dans ce type de traitements extensif des eaux usées il existe six filières majeures [14] :

- Lagunage naturelle
- Lagunage aéré
- Massifs filtrants
- Filtres plantés de roseaux
- Taillis de saules à très courtes rotations
- Lombrifiltration [14].

Le système d'épuration le plus répandu en Afrique, demeure le système extensif à culture libre, par lagunage naturel ou bassin de stabilisation [13].

A. LAGUNAGE NATURELLE

Le lagunage naturel est une dépression ou excavation naturelle ou artificielle dans laquelle s'écoulent naturellement les eaux usées brutes ou décantées pour ressortir, sans intervention extérieure d'aucune sorte, dans un état répondant aux normes de rejet des eaux [13]. C'est une technique repose donc, sur la capacité d'autoépuration des milieux aquatiques stagnants, et le rayonnement solaire constitue l'unique source d'énergie [14].

Le principe de ce traitement, dans ce type de procédé repose sur la dégradation de la matière organique en présence d'oxygène par les bactéries. L'apport d'oxygène est assuré par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau et par les végétaux à chlorophylles (ex : algues photosynthétiques,...). [13]

TROIS TYPES DE BASSINS SONT UTILISES DANS LE LAGUNAGE :

- les lagunes profondes ou bassins anaérobies (2 à 5 m) fonctionnant en anaérobiose avec un temps de séjour de 1 à 2 jours. Ils sont utilisés pour dégrader la matière organique et assurer une bonne décantation. Ils reçoivent des charges organiques importantes de plus de 100 g DBO₅/ m³ /jour ;
- les lagunes à faible profondeur ou bassins facultatifs (1 à 1.5 m) fonctionnant en aérobie en surface avec un temps de séjour de 5 à 30 jours. Ils permettent une élimination de la DBO ;

Dans les bassins facultatifs, se produisent les phénomènes biochimiques suivants [15] :

- dans la zone inférieure du plan d'eau, les bactéries anaérobies stabilisent la matière organique en deux phases : une partie de cette matière, sous l'influence des enzymes de certaines bactéries, est décomposée en nitrates et phosphates ; l'autre partie de la matière est, par un autre groupe de bactéries, transformée en méthane, gaz carbonique et ammoniac ;

- Dans la zone supérieure, la matière organique est dégradée par l'oxygène et les bactéries aérobies ; cette transformation, produit du gaz carbonique, des nitrates et des phosphates. Les bactéries aérobies, très avides d'oxygène, recherchent le supplément d'oxygène nécessaire à leur vie et leur reproduction auprès des algues de surface, lesquelles, par photosynthèse, produisent de l'oxygène.

Ainsi, la destruction des matières organiques dans les bassins facultatifs s'opère grâce à une association des bactéries anaérobies et aérobies.

- Les lagunes de finition ou de maturation améliorent le traitement des effluents issus des bassins facultatifs ou d'un autre bassin de maturation. Ils sont aérobies avec une profondeur ne dépassant pas souvent 1 m. Les temps de séjours sont de 5 à 7 jours [15]

Du fait de sa rusticité, de son entretien facile avec un personnel plus ou moins qualifié et de son caractère économique ne nécessitant pas d'équipements trop sophistiqués, il est approprié aux pays en voie de développement [13].



Figure 11 : Le principe d'épuration des eaux usées par lagunage naturelle [23].

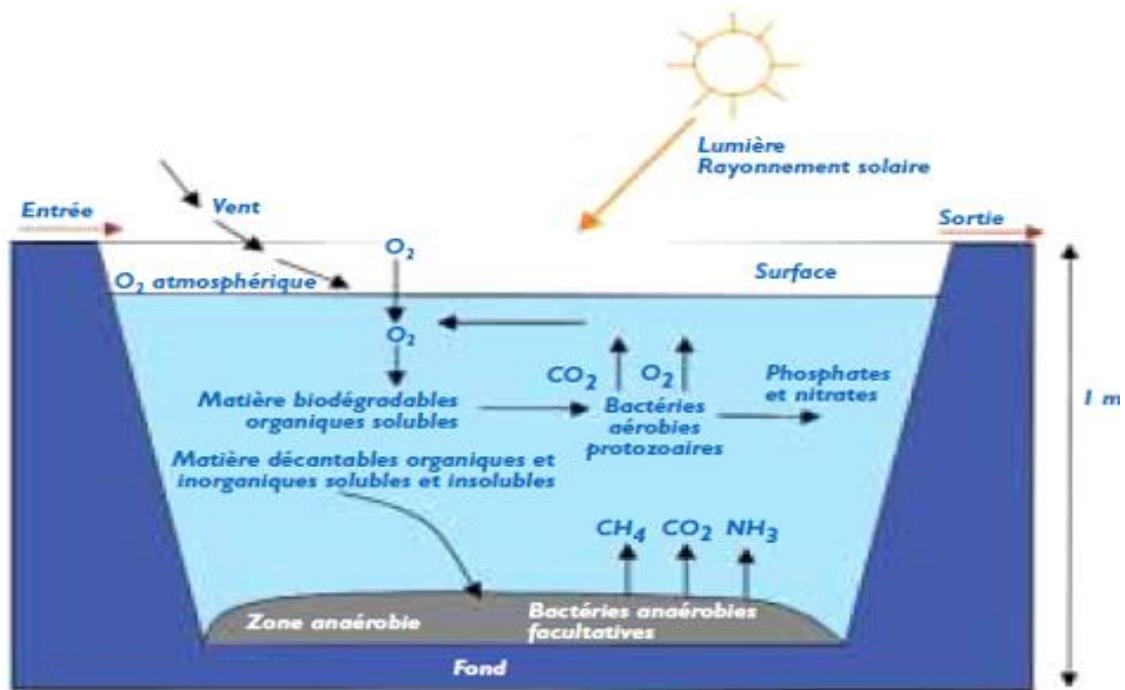


Figure 12 : Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel [24].

B. LAGUNAGE AERE :

B.1. PRINCIPE :

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faible et l'absence de recirculation. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. La consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée. Dans l'étage de décantation, assuré principalement par une ou deux simples lagunes, les matières en suspensions (amas de micro-organismes et désarticules piégées) s'agglomèrent lentement sous forme de boues. Ces dernières doivent être régulièrement extraites. Le curage est facilité en présence de deux bassins qu'il est possible de by-pass séparément. La floculation des boues est peu prononcée (lagune de décantation à surdimensionné).

Le lagunage aéré se différencie des boues activées par l'absence de maintien d'une concentration fixée de micro-organismes (pas de recirculation). Cela conduit à prévoir des temps de séjour plus longs, plus favorables à une bonne adaptation du système aux variations de qualité de l'effluent à traiter. Ce procédé a un bon comportement vis-à-vis des effluents dilués ou si les débits ne sont pas bien écrêtés. Il existe deux formes de lagunage aéré :

LE LAGUNAGE AERE STRICTEMENT AEROBIE :

Il faut une aération suffisante pour maintenir le bassin en aérobiose et l'ensemble désarticulé en suspension.

LE LAGUNAGE AERE AEROBIE/ANAEROBIE FACULTATIF :

Il y a formation de dépôt qui évolue en milieu anaérobie Le premier cas est très peu utilisé car il est grand consommateur d'énergie. La seconde solution est rencontrée plus fréquemment elle s'apparente au lagunage naturel par l'épuration des eaux usées par échange eau/sédiment [33]



Figure 13 : image montrant la vus de dessus de lagunage aéré [34]

B.2. UTILISATION :

Le lagunage aère est reconnu comme un procédé d'épuration efficace, notamment au niveau décharges oxydables (90%).au niveau de l'azote ammoniacal et des ortho phosphates, les performances sont plus limitées : de l'ordre de 45 %.les performances sont fonction de la température (activité des microorganismes), de la charge appliquée et donc de la dilution des eaux entrantes. [33]

B.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT PAR STOCKAGE AERE :

C'est un procédé rustique qui consiste à faire dégrader les matières organiques par les microorganismes dont le développement est favorisé pour un apport d'oxygène.

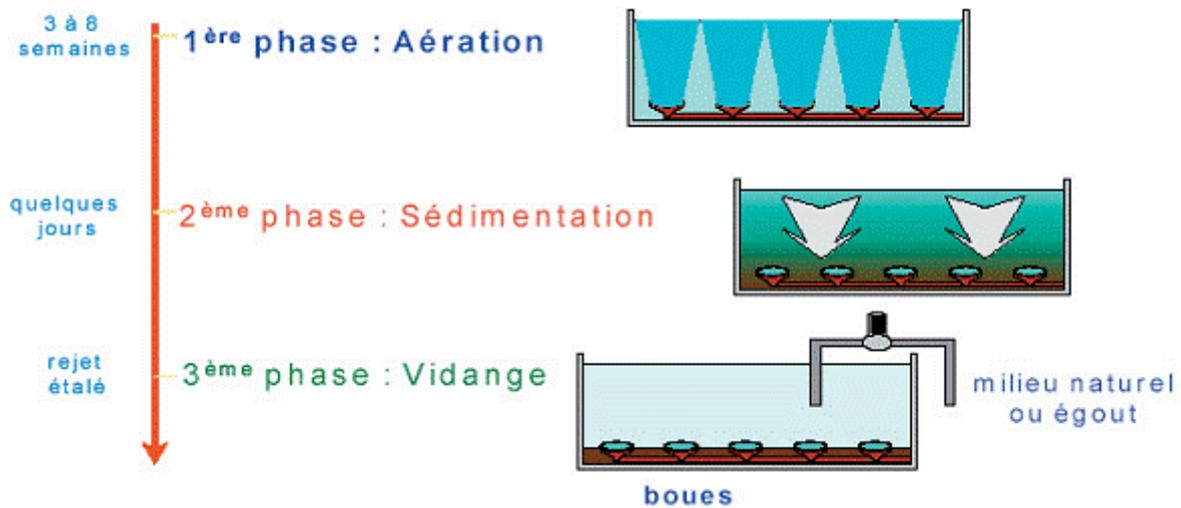


Figure 14 : Schémade principe du stockage aéré [35]

Cette technique est une variante des procédés biologiques (boues activées, lagunage). Elle est souvent utilisée dans les caves pour lesquelles le caractère saisonnier est particulièrement marqué. Sa mise en œuvre repose sur un système par batch.

Les opérations suivantes sont réalisées dans une même cuve :

- Stockage après dégrillage de l'ensemble des effluents de la vendange
- Aération et brassage séquentiels
- Décantation des boues formées.

Le temps nécessaire au traitement varie en fonction des objectifs de rejet fixés, selon que le rejet est effectué dans un réseau d'assainissement (environ 15 jours) ou dans le milieu naturel (30 à 40 jours), et avec le type d'installation (une ou plusieurs cuves de stockage et l'activité de la cave). [35]

C. LES MASSIFS FILTRANTS

Ce traitement est une forme de traitement biologique d'une eau usée par des bactéries dont le biotope est du sable.

Cette technologie peut s'utiliser pour l'épuration des eaux usées aussi bien à titre de traitement secondaire peu coûteux en sortie d'une station d'épuration classique avant rejet dans la nature qu'à l'échelle communautaire d'un village ou d'un quartier ou même d'une famille. Elle constitue une solution intéressante notamment lorsque le contexte géographique complique le rejet de ses eaux vers le milieu naturel. Son coût en énergie est très faible et son coût d'entretien est bien inférieur à celui des stations fonctionnant aux boues activées.

Cette méthode d'épuration est tout particulièrement indiquée dans certains contextes géographiques tels que les zones sans exutoire, les franges littorales et les plaines alluviales. [16]

Ce traitement est organisé en 3 massifs de surface permettant d'accueillir $0,5m^2$ par équivalent habitant afin de pouvoir faire alterner diverses.

Le traitement réalisé par le massif filtrant doit satisfaire à trois objectifs :

- L'élimination des matières en suspension : cela est effectué grâce au traitement primaire dont les eaux sont issues (par décantation le plus souvent) et par le filtrage physique au passage du massif de sable. Il se forme une couche superficielle de boue sur le massif filtrant qui est dégradée durant les phases de séchage. Les phases de séchage s'alternent avec les phases de fonctionnement pour chaque massif (d'une durée moyenne entre 3 jours et une semaine).
- L'oxydation des matières organiques et azotées : cette fonction est assurée par les bactéries aérobies qui ont pour substrat le sable du massif. Ces bactéries oxydent les matières organiques en matières minérales. Il est important que le massif contienne suffisamment d'oxygène pour que les bactéries remplissent correctement leur fonction. Ainsi, il faut veiller à ne pas submerger est trop longtemps les massifs par de l'eau (d'où une alternance entre plusieurs massifs indispensable). De plus il faut bien répartir les eaux usées sur les lits des massifs. Cela est réalisé par une alimentation syncopée qui permet aussi de stimuler la réoxygénation du massif. En effet l'air est aspiré en même temps que l'eau s'infiltré dans le massif.
- La désinfection : pour éliminer le microorganisme présent dans les eaux usées, la combinaison des propriétés du massif est importante. La filtration mécanique par le sable, la dégradation microbienne par les bactéries le permettent. Plus l'épaisseur du filtre est importante, plus on aboutit à une eau de grande qualité. L'évacuation des eaux ainsi filtrées se fait ensuite soit par percolation vers la nappe phréatique, soit par drainage vers un cours d'eau. [16]

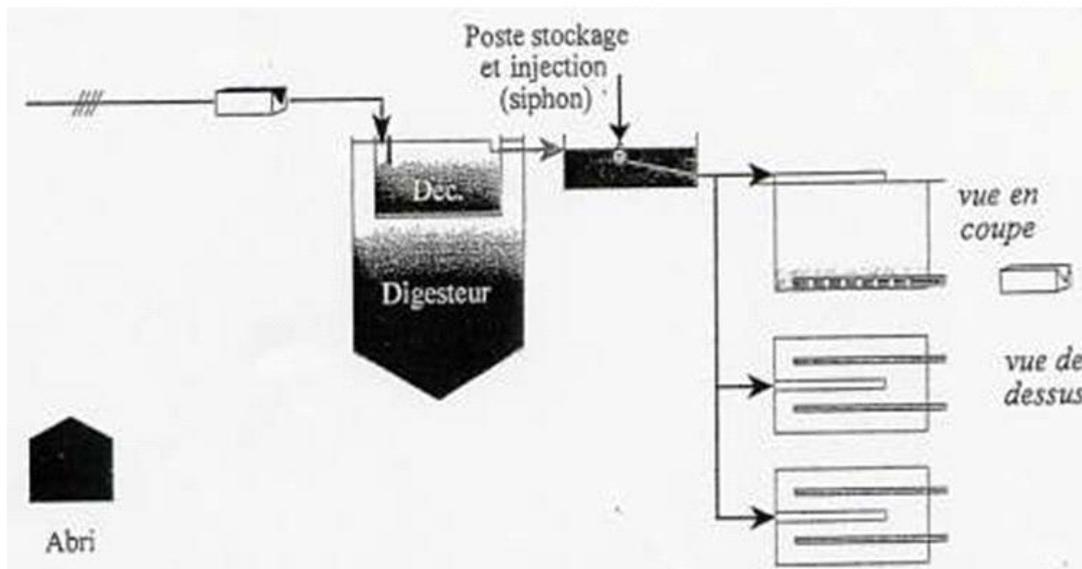


Figure 15 : principe de fonctionnement des massifs filtrants [16].

D. LES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX

Les filtres plantés de roseaux sont une filière d'épuration à culture fixée sur support fin reposant sur 2 mécanismes principaux :

- La filtration superficielle : rétention physique des matières en suspension à la surface des filtres du premier étage,
- La dégradation biologique des matières dissoutes par des bactéries aérobies développées dans les filtres.

La filière se compose de 2 étages de filtres plantés de roseaux, chaque étage étant constitué de 2 ou 3 casiers. Pour les mêmes raisons que les filtres à sable, il est important de respecter une alternance de phase d'alimentation et de repos sur chaque casier (oxygénation, limitation du colmatage) [17].

L'alimentation des filtres doit également se faire par banchées afin d'optimiser l'oxygénation et répartir la charge polluante sur l'ensemble du casier. [17]

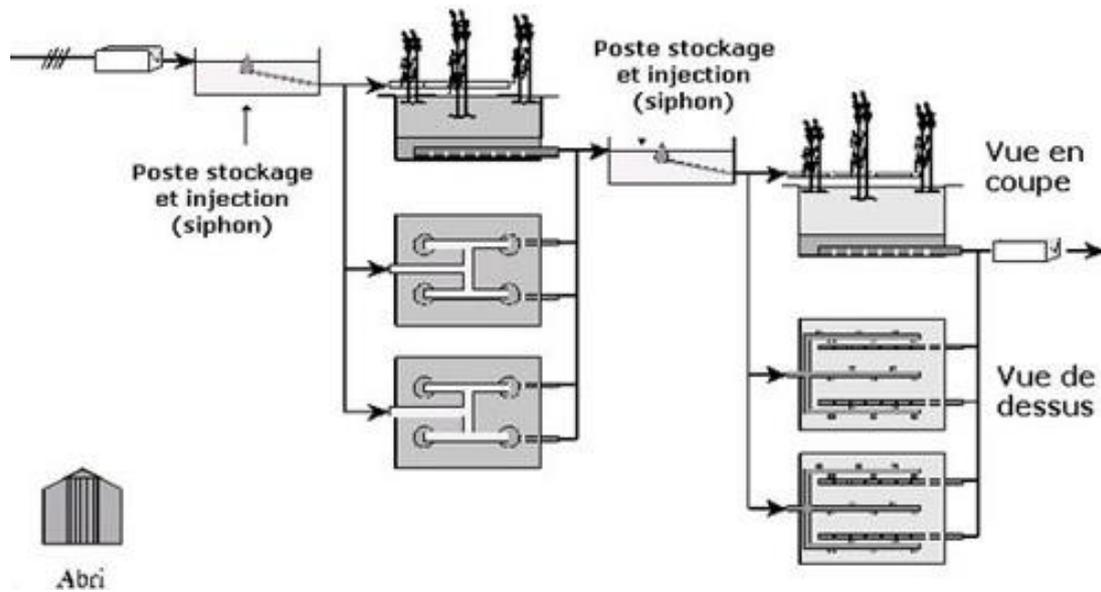


Figure16 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration avec Filtre plantés de roseaux [12].

E. TAILLIS DE SAULES A TRES COURTES ROTATIONS

Il s'agit d'un procédé sans rejet en eau de surface. Les eaux usées prétraitées (dégrillage et décanteur/digesteur) sont conduites dans une zone plantée avec un double objectif d'épuration et de production de biomasse végétale ; ces technologies s'apparentent à de la fertile-irrigation. [12]

La valorisation de la biomasse produite est un débouché intéressant. La plupart du temps, les végétaux fauchés dans les stations d'épuration extensives sont compostés. L'intérêt croissant pour la valeur énergétique du bois, allié à la robustesse et la rapidité de croissance des saules voit se développer des systèmes de taillis de saules. Taillés tous les ans ou tous les 2 ans, ces taillis sont dits à très courte rotation. Un hectare de taillis produit de 20 à 25 tonnes de bois par an, valorisable pour la chaufferie, le compost, et les litières pour chevaux ou poules [41].

Le système sol/plante peut être assimilé à un réacteur biologique : les particules du sol et les systèmes racinaires retiennent et stabilisent les matières en suspension des eaux usées, la faune du sol dégrade les matières organiques et oxydent les composés minéraux, les plantes (saules en l'occurrence) absorbent une partie de l'eau et des nutriments apportés par les effluents.

On notera que le taillis à courte rotation est aussi utilisé comme terrain d'épandage de boues d'épuration liquides. Un inconvénient est par contre la très grande surface au sol nécessaire, +/- 100 m²/EH, mais avec une visée de production de biomasse et pas seulement d'épuration [12].

Parmi les procédés innovants identifiés qu'on peut ajouter avec ces Cinq filières majeurs précédentes de l'épuration extensive des eaux usées c'est la **LOMBRIFILTRATION**.

F. LOMBRIFILTRATION

La lombrifiltration consiste à utiliser des lombriciens c'est le nom scientifique des vers de terre sur un support organique arrosé par un liquide chargé de matières organiques afin de favoriser la digestion de ces dernières, tout en associant de manière simple une indication biologique de la stabilité du milieu et, in fine, du bon déroulement du procédé d'épuration. Concrètement, le lombrifiltre comporte un support et des lombriciens (*Eisenia andrei*, *Eisenia fetida* notamment) [19].

Ce concept est illustratif d'une voie de recherche en épuration qui est le développement de chaînes trophiques les plus larges possible : un lit de sciure (voire autre matériel) de +/-1 à 1,5 m posé sur du gravier constitue le substrat filtrant sur lequel peuvent également se développer des micro-organismes (bactéries, champignons ...), avec au-dessus un inoculum constitué d'un mélange d'écorce/compost et de vers de type *Eisenia Andrei*. Ceux-ci vont se développer et coloniser cet environnement riche en matière putride, creuser des galeries dans le substrat filtrant en favorisant ainsi l'aération et le dé-colmatage du lit. Par le développement de chaînes trophiques, la lombrifiltration a l'avantage de ne produire quasiment pas de boues [12].

Comme chaque procédé, la lombrifiltration a des avantages et des inconvénients. On citera pour les premiers, la faible consommation énergétique, la production de boue fortement réduite, et comme pour les filtres plantés le fait de réaliser en un seul ouvrage l'épuration, la clarification et le traitement des boues. Et pour les seconds, la sensibilité aux toxiques, et probablement à ce stade de son application, l'attention constante à porter au procédé. Le lit doit être constamment mouillé, mais pas noyé, pour maintenir une certaine température (15 – 25 °C) et permettre l'épanouissement des petits vers [12].

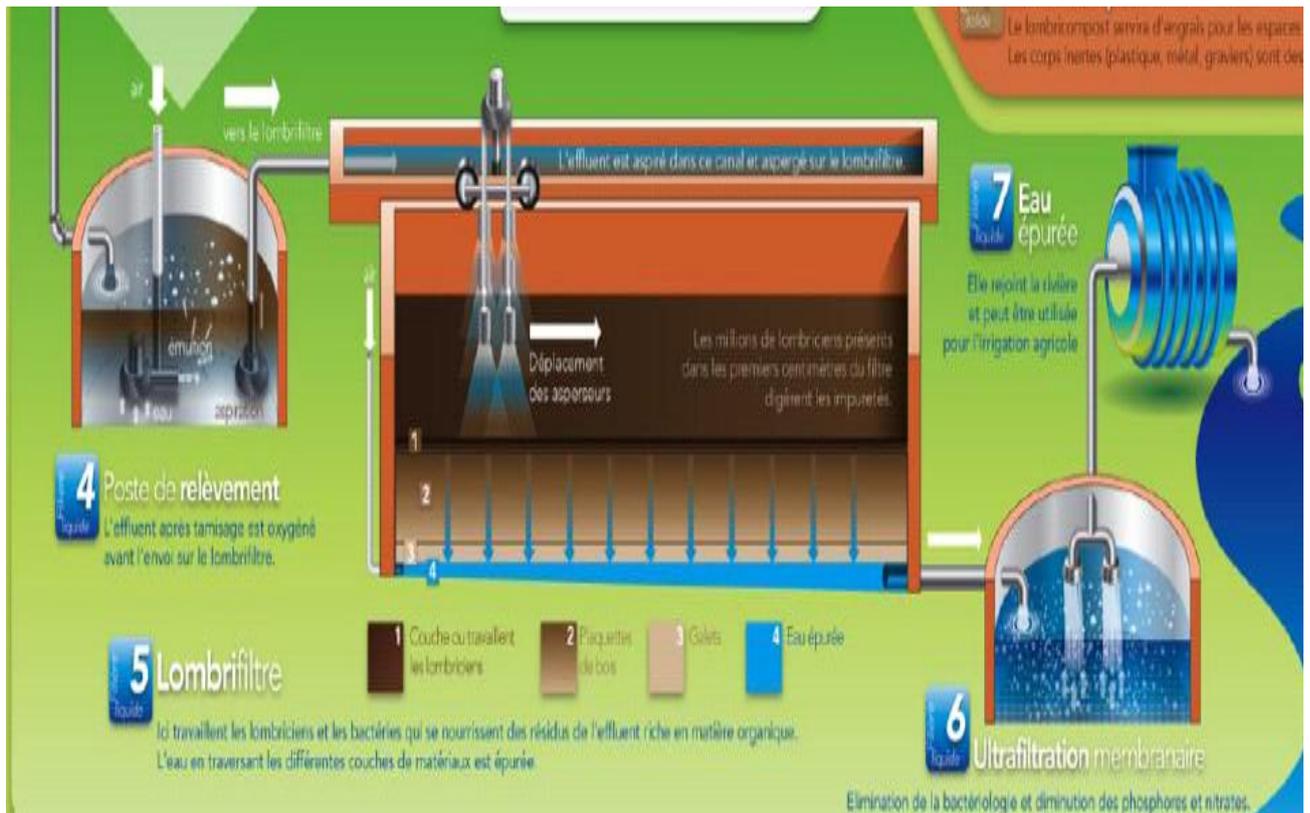


Figure 17 : schéma de fonctionnement d'une Lambristation [12].

I.5 CHOIX DE LA FILIERE D'EPURATION BIOLOGIQUE

Après avoir défini le degré d'épuration nécessaire à la protection du milieu récepteur, le projecteur doit effectuer le choix d'un procédé d'épuration parmi les différentes techniques actuellement disponibles. Il existe en effet de nombreux types d'installations qui sont susceptibles d'assurer une épuration convenable. Le choix d'une technologie d'épuration devra prendre en compte les conditions de mise en œuvre et d'utilisation qui peut varier très sensiblement en fonction de plusieurs paramètres.

L'épuration biologique fait appel à plusieurs procédés (lagunage, épandage, lits bactériens, boues activées, disques biologiques). Le choix d'une méthode par rapport à une autre repose sur [18] :

- L'importance de la charge polluante à traiter ;
- La qualité de l'effluent requise ;
- La disponibilité du terrain ;
- La nature du sol ;

- Le climat ;
- Le contrôle et l'entretien ;
- Le facteur économique. [18]

- Mise en situation urbaine du projet dans une logique de développement à long terme.
- Définition précise de l'emprise foncière affectée au projet pour en assurer l'intégration.

Prise en compte paysagère et architecturale dans la définition et l'implantation des ouvrages, de leurs accès, avec leurs impacts sur l'environnement, ainsi que dans l'estimation du coût des ouvrages. L'optimisation énergétique est une valorisation des matières (cycles) [12].

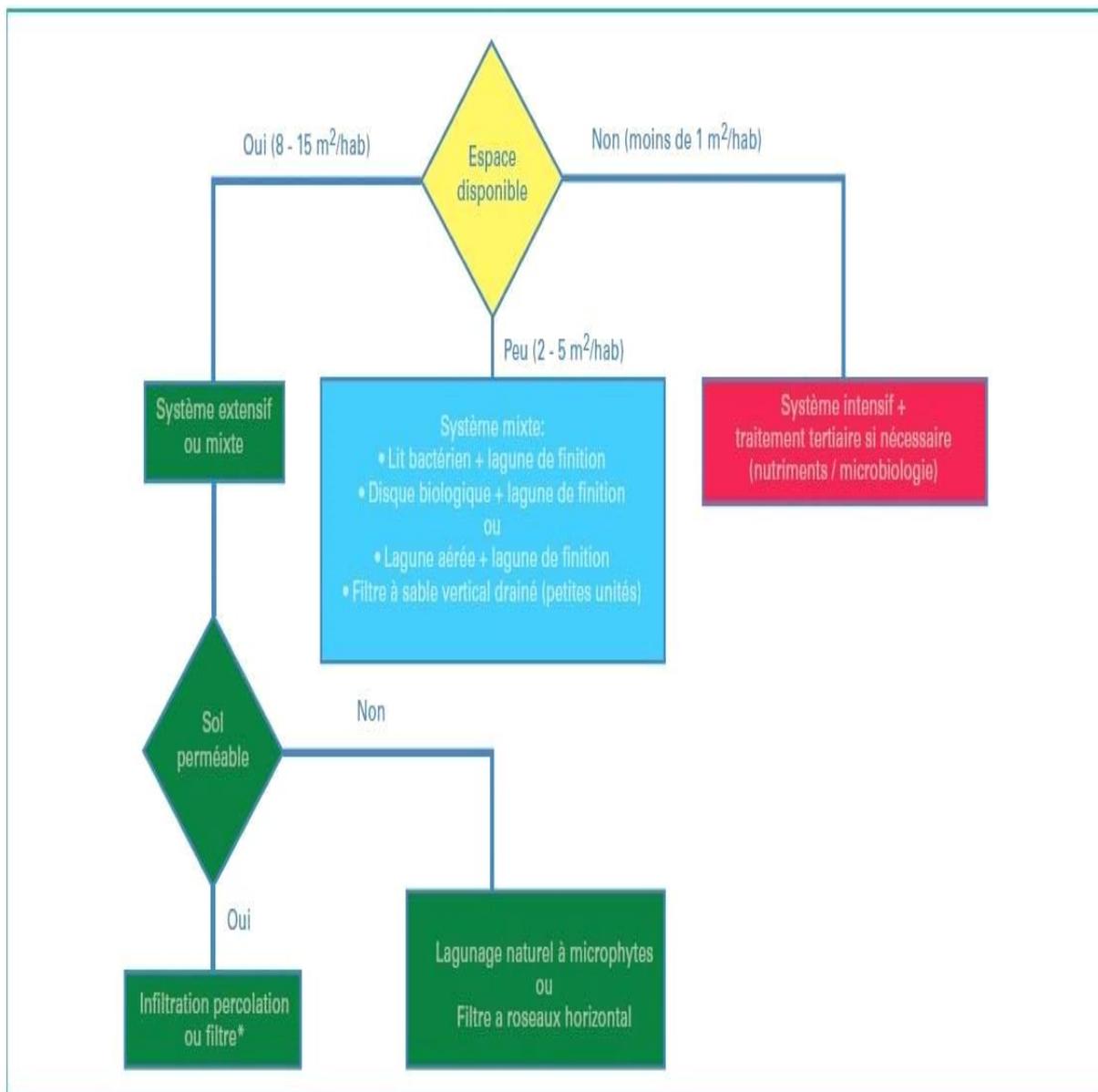


Figure18 : arbre de décision pour le choix de filière d'épuration des eaux usées [25]

CONCLUSION

On peut dire qu'à partir d'une eau usée et grâce aux procédés d'épuration, il est possible d'obtenir toute une gamme d'eaux de qualités différentes. A chacune de ces qualités on peut faire correspondre un usage particulier. Il est clair que les traitements qui existent peuvent réduire les concentrations des polluants sous toutes leurs formes, à des niveaux qui sont actuellement considérés comme non dangereux.

Chapitre II : Présentation du site d'étude : Ville d'El Khémis

II.1. INTRODUCTION :

Un système d'épuration des eaux usées, est l'ensemble des infrastructures nécessaires à la collecte des eaux des différents sources émettrices, leur prétraitement, leur transport vers la station d'épuration, leur traitement et leur évacuation vers le milieu récepteur ou leur réutilisation quand cela est possible.

Pour notre projet de fin d'étude, nous avons choisi la localité d'El Khemis qui se trouve entre le chef-lieu de la commune de Béni Snous.

Notre choix a porté sur cette zone rurale car cette localité n'est pas dotée d'un système d'épuration et l'urbanisation se développe d'une manière très accélérée, ce qui génère des volumes d'eaux usées importants. Pour mener notre étude et choisir une technique parmi d'autre la connaissance de la zone d'étude et plus que nécessaire.

II.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La commune de Béni Snous qui s'étend sur une superficie de 37495 ha est implantée dans les monts de Tlemcen. Elle est située à pratiquement 45Km de l'ouest du chef-lieu de la wilaya de Tlemcen (Voir figure 19). C'est une commune très réputée par son histoire, ces vestiges patrimoniaux qu'ils soient matériels ou immatériels. [26]

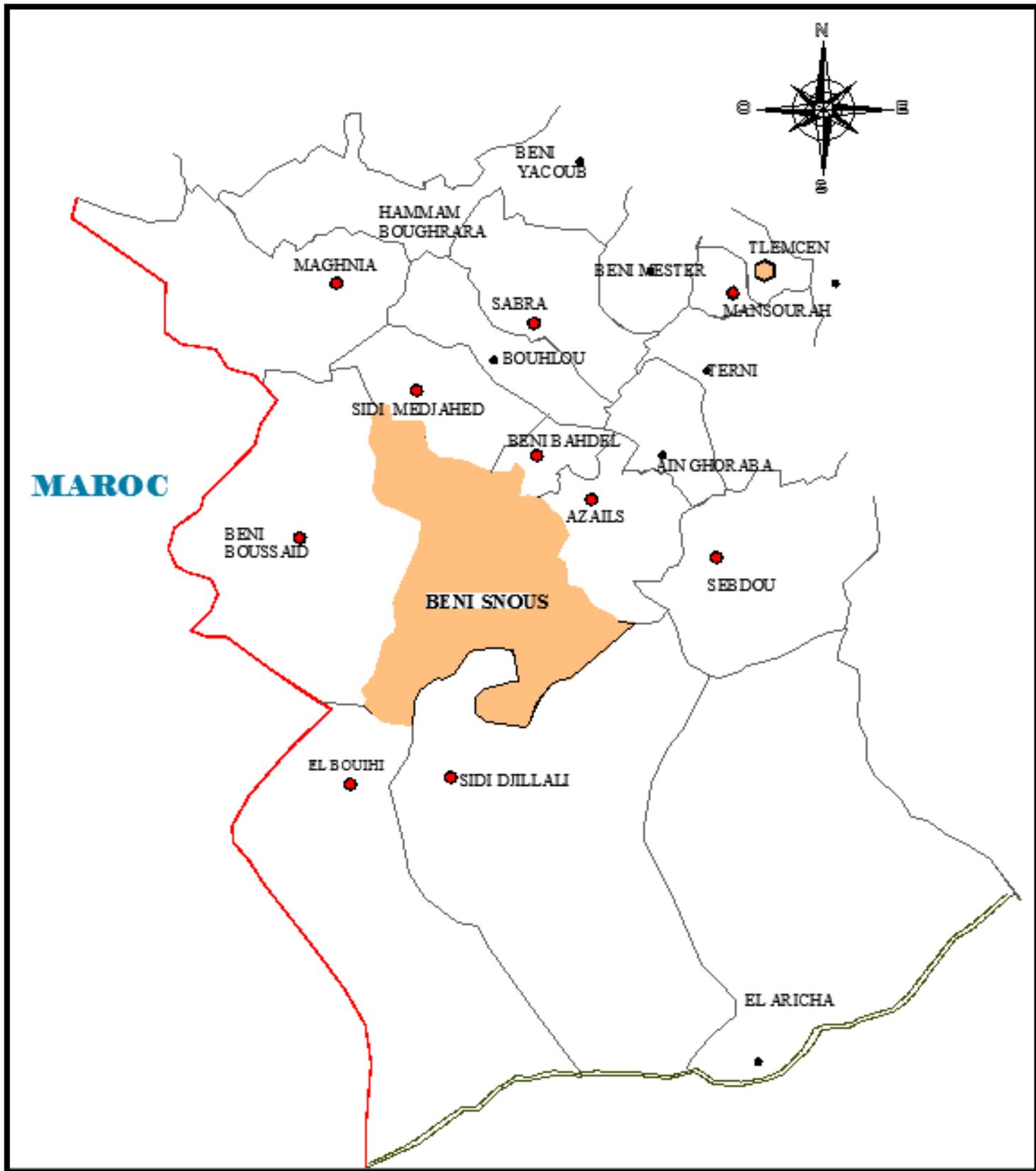


Figure 19 : Limites administratives de la zone d'étude [26].

Elle est située à l'ouest de la wilaya de Tlemcen (voir la figure 19), limitée au :

- Nord par la commune de Sidi Medjahed.
- Ouest par la commune de Beni Boussaid.
- Est par les communes de Beni Bahdel et Azails.
- Sud par les communes d'El Bouihi et de Sidi Djillali. [26]

II.3. OCCUPATION DE LA SOLE :

Comme le montre la figure 20, l'activité prédominante est l'agriculture surtout celle traditionnelle.

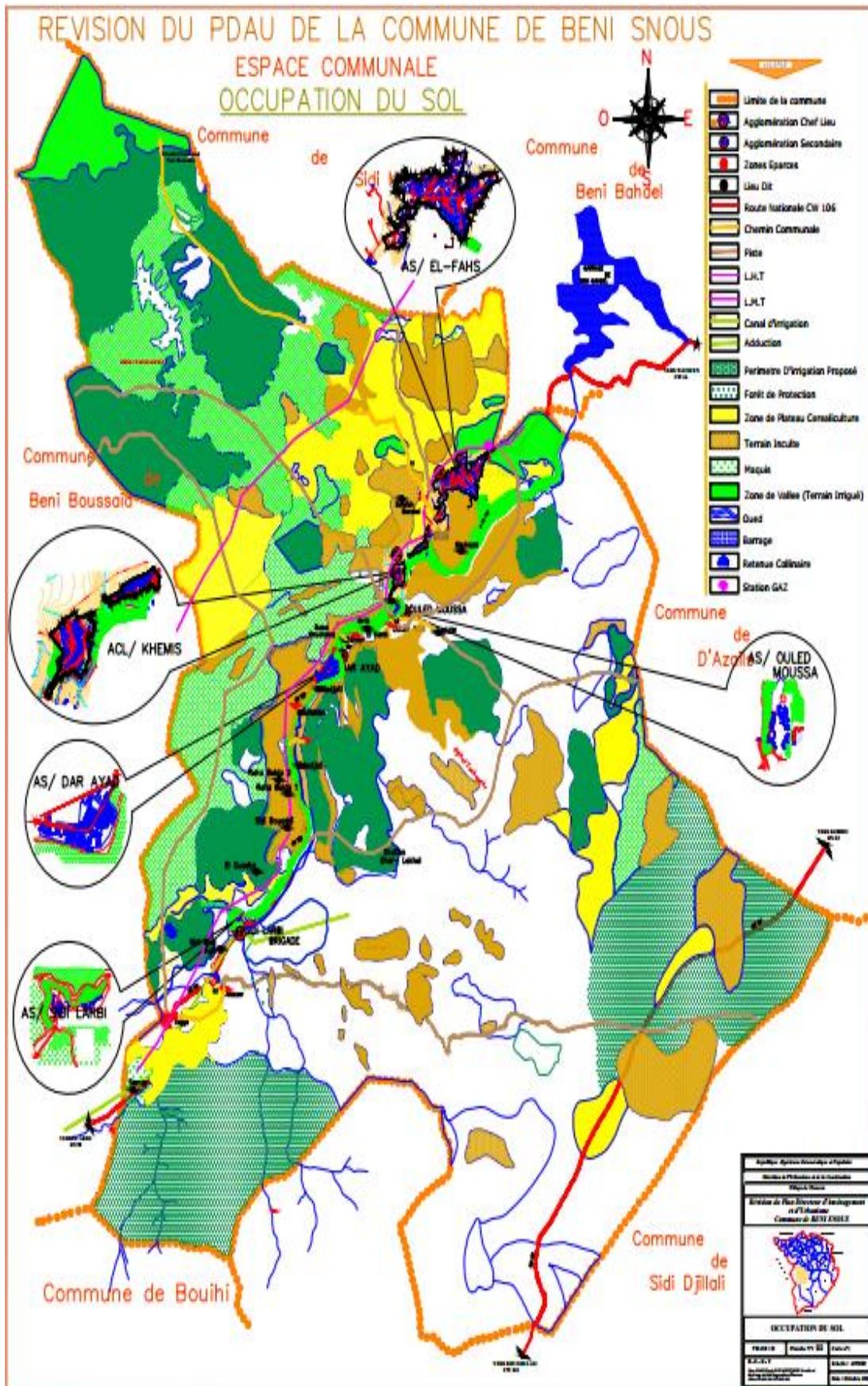


Figure 20 : carte de l'occupation de la sole de Beni Snous [27].

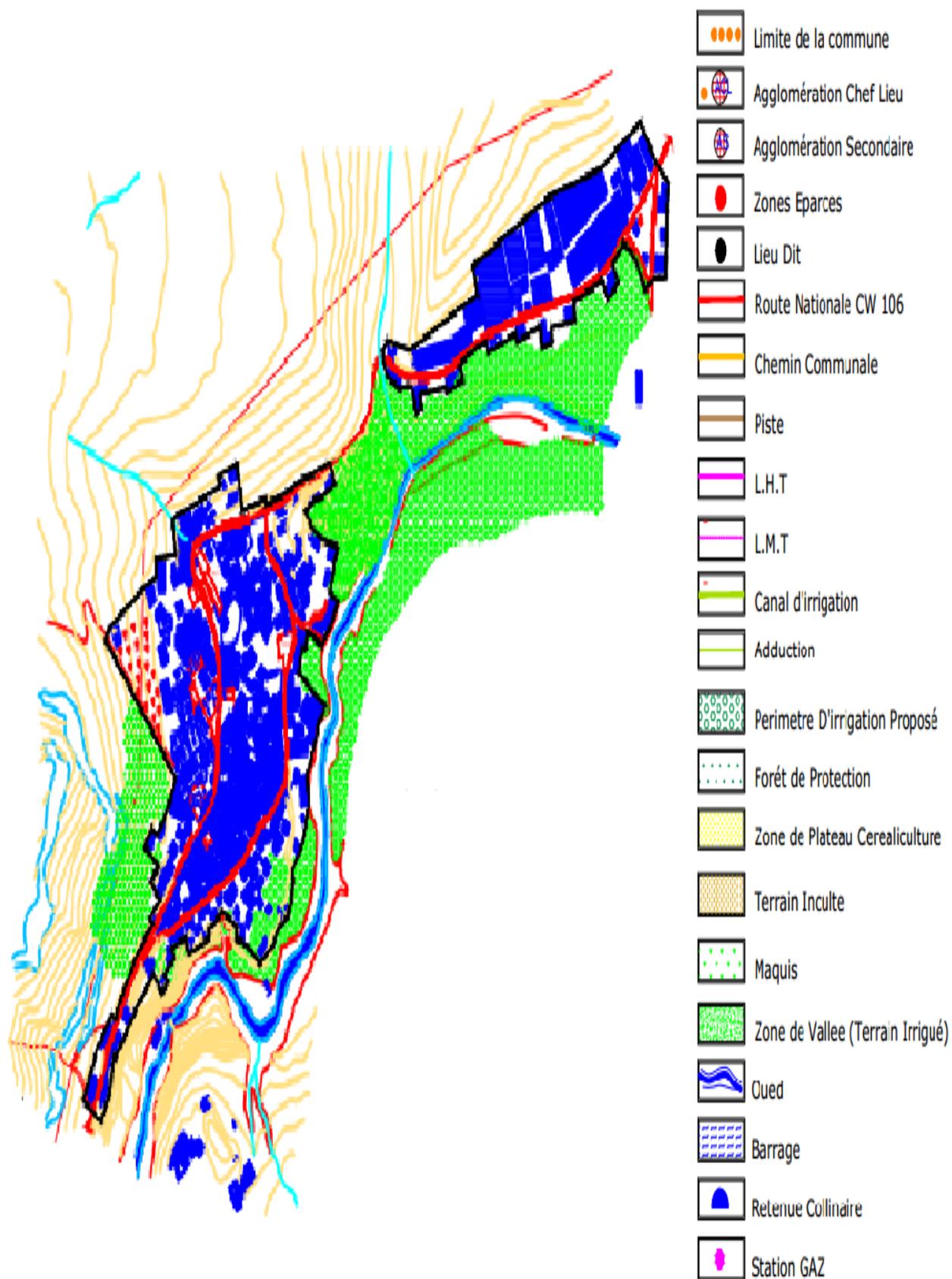


Figure 34 : carte de l'occupation de la sole d'El Khemis [27]

La figure 34 présente l'occupation du sol de la commune d'El Khemis avec son réseau d'assainissement

II.4. SITUATION DEMOGRAPHIQUE :

Dans notre étude, nous avons opté pour l'horizon 2045 car nous prévoyons la date de la mise en service de la station courant de l'année 2020 et comme la durée de vie d'une station d'épuration est de 25ans, ceci nous renvoie à 2045.

Pour l'estimation de la population à l'horizon 2045, nous nous sommes basés sur les chiffres du dernier recensement de la population, à savoir celui de 2008, où la population de la localité d'El Khemis était de 2293 habitants, avec un taux d'accroissement annuel estimé à 1,2 %. [28]

La détermination de l'évolution de la population aux différents horizons est calculée d'après la formule de TABASARAN. [30]

$$P_n = P_0 (1 + t / 100)^n \dots\dots\dots (II.1)$$

Avec :

P_n : Nombre d'habitants à l'horizon d'étude.

P_0 : Nombre d'habitants à l'année de référence.

t : Taux d'accroissement démographique.

n : la différence en nombre d'années entre l'horizon d'étude et l'année de référence [28].

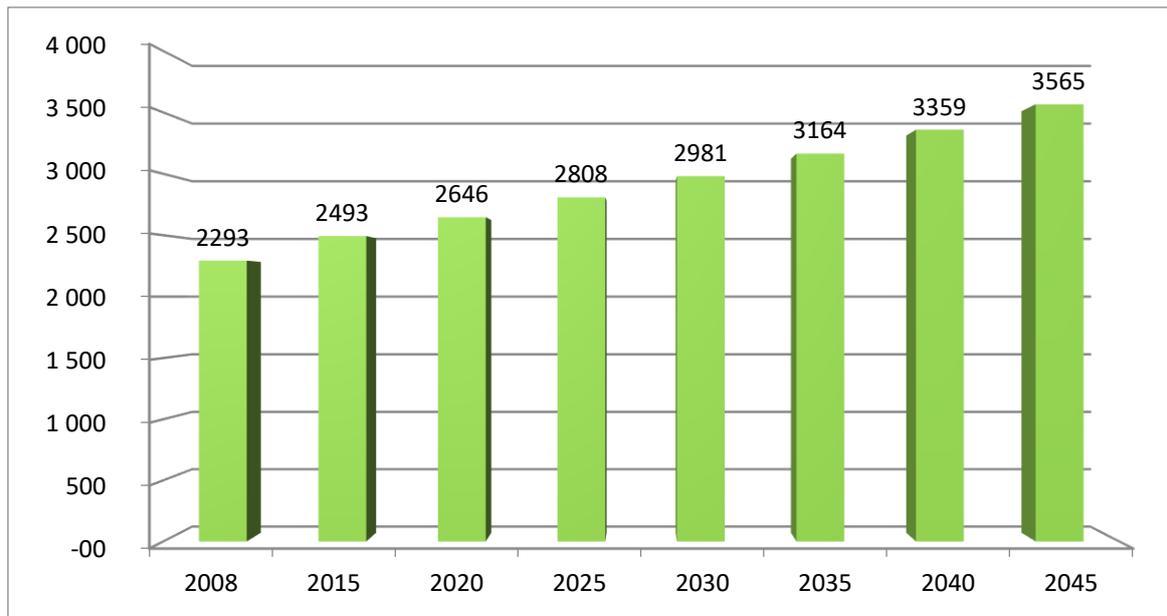


Figure 21 : Histogramme de croissance de la population d'El Khemis [28].

Selon l'histogramme ci-dessus, la population de la localité d'El Khemis, passera de 2293 de l'année 2008, à pratiquement de 3565 âmes à l'horizon 2045. Ce dernier chiffre sera utilisé pour le dimensionnement de la future station d'épuration [28].

II.5. SITUATION CLIMATOLOGIQUE :

Selon les différentes études climatologiques antérieures de la région de Beni Snous, il règne un microclimat assez favorable procuré par la présence d'une bonne couverture végétale.

Les précipitations moyennes sont évaluées à environ 550 mm/an réparties généralement sur la période d'Octobre à Mai.

Les températures d'une moyenne annuelle de 18 °C varient de 27.8°C (max au mois d'Aout) à 10.16 °C (min au mois de Janvier) [26].

II.5.1. TEMPERATURES :

Nous avons reporté sur histogramme ci-dessous les températures moyennes mensuelles d'après les cartes de températures de l'ANRH concernant notre zone d'Etude :

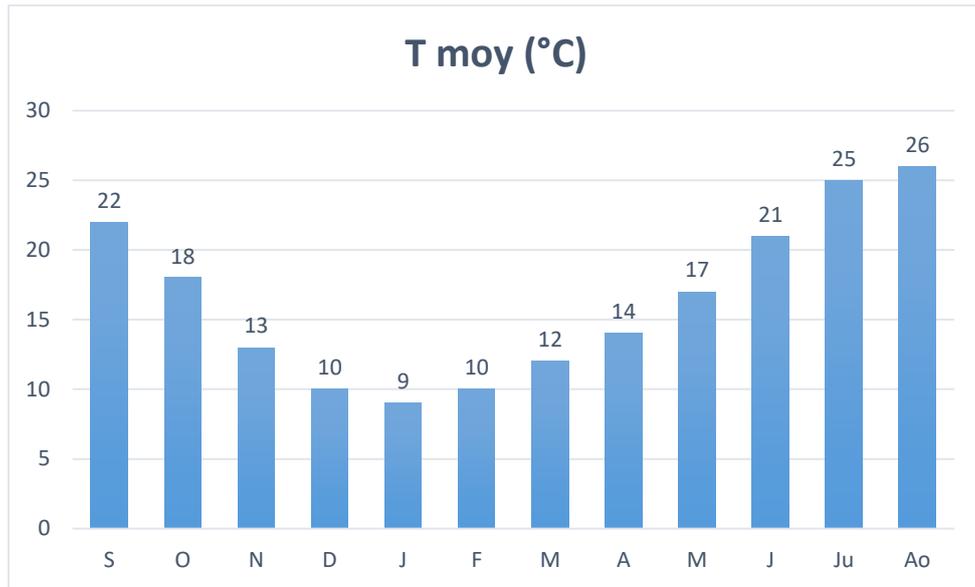


Figure 22 : histogramme de répartition des températures la Station de Sebra pour la période 1905-2005 [26].

Les températures sont basses en hiver (décembre, janvier, février) et augmentent d'une façon régulière jusqu'à atteindre la valeur maximale en aout avec 26,0 °c, la valeur minimale est enregistrée au mois de janvier avec une valeur de l'ordre de 9°c [26].

II.5.2. LES VENTS

Concernant les vents, nous étions obligés de prendre les données communiquées par la station de Tlemcen, car celles limitrophes notre zone d'étude ne mesurent pas ce paramètre. Les valeurs sont représentées dans la figure 23.

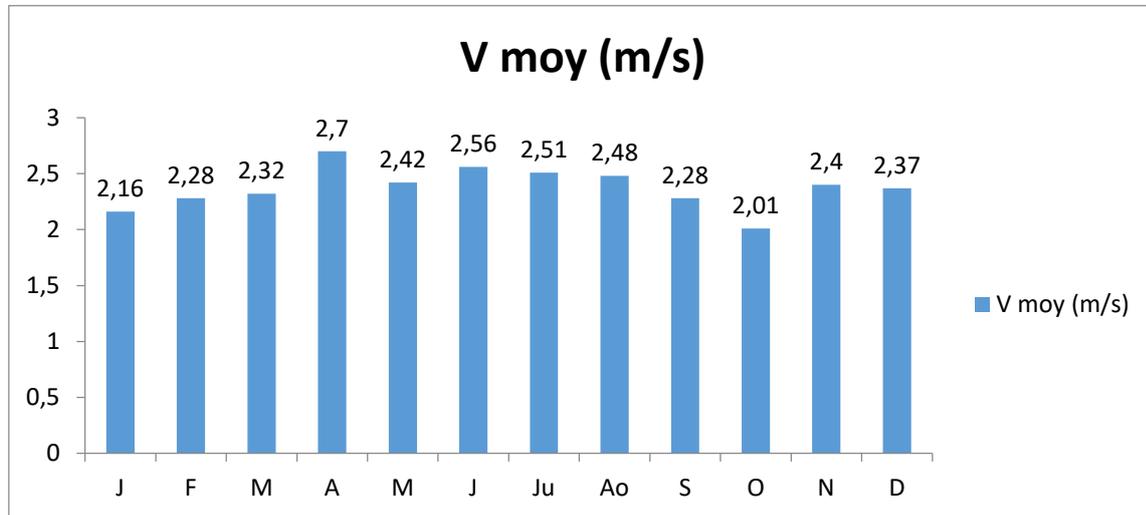


Figure 23 : Répartition Mensuelle de la vitesse moyenne des Vents [26].

Cependant, le secteur géographique dominant des vents moyens à forts, voire violents, reste celui dont la trajectoire principale est conditionnée par la direction de masses d'air frontales d'origine atlantique.

Autrement dit, il s'agit des secteurs Ouest et Nord -Ouest donnant plus de 80 % de fréquence selon la circulation générale de l'atmosphère à l'échelle planétaire. Il est à noter que plus de la moitié des vents proviennent de l'atlantique suivant les courants d'air synoptiques en relation directe avec les centres d'action cycloniques accompagnés des perturbations météorologiques frontales [26].

II.5.3. L'EVAPOTRANSPIRATION :

La répartition mensuelle illustre notamment le type de variations irrégulières dont les écarts par rapport à la moyenne sont nettement considérables pendant la journée. C'est l'effet caractéristique du climat continental qui agit directement sur le comportement des facteurs Évaporant.

La tranche d'eau évaporée annuellement sur une surface libre est estimée à près de 1272mm

Selon la figure 24 qui représente Répartition Mensuelle de L'évapotranspiration potentielle enregistrée dans la région de Sabra 1905-2005. [26]

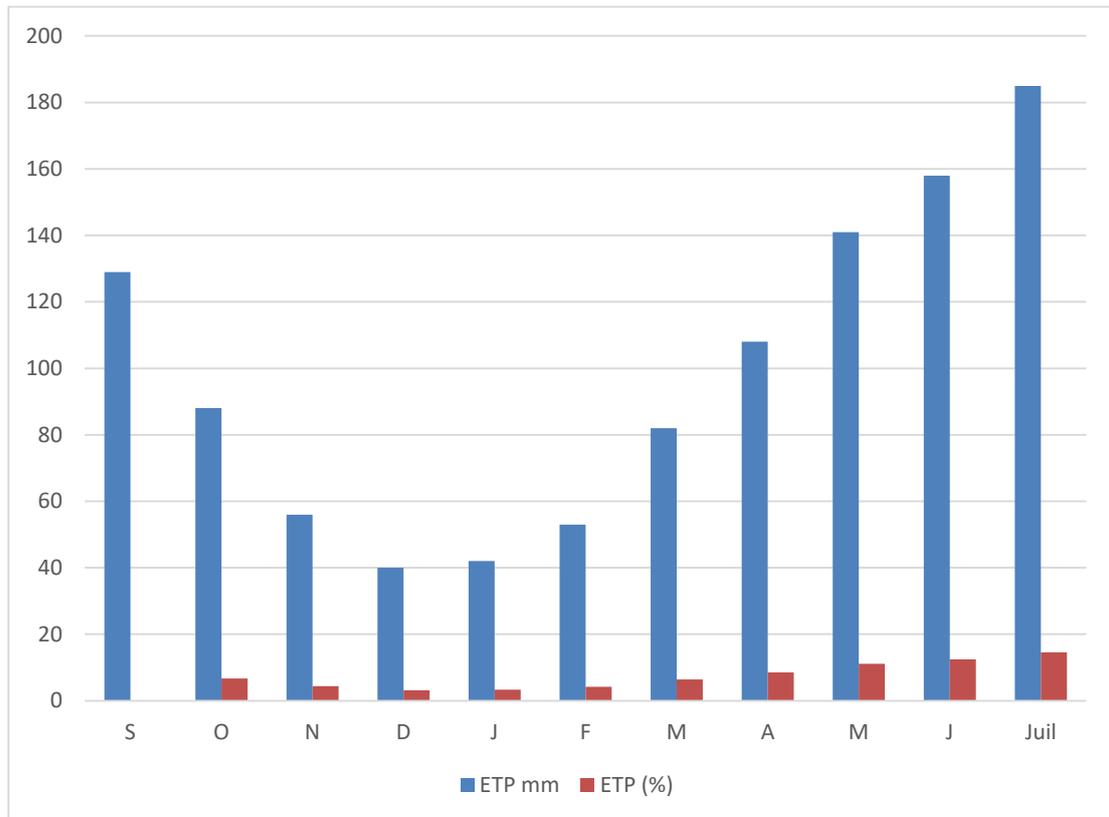


Figure 24 : Répartition Mensuelle de L'évapotranspiration potentielle enregistrée dans la région de Sabra 1905-2005 [26]

II.5.4. LA PLUVIOMETRIE :

La répartition mensuelle de la pluviométrie a été déterminée à partir des données observées sur une période de référence allant de 1905 à 2005 de la station de Sebra, soit 100 ans sans lacune pour les pluies mensuelles et annuelles :[26].

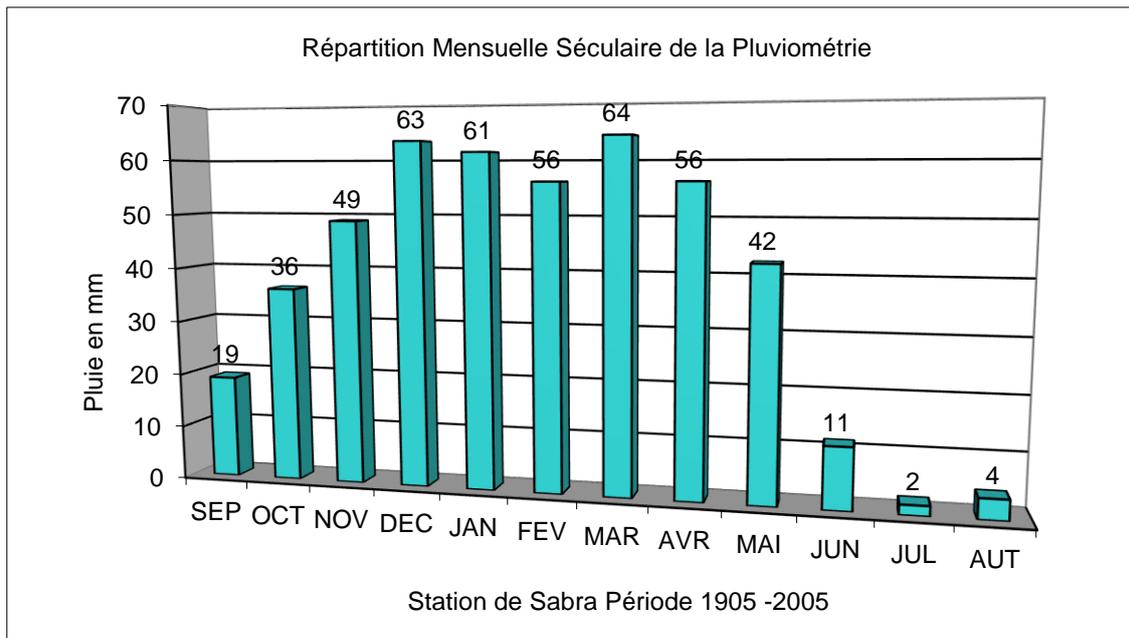


Figure 25: Répartition mensuelle de la pluviométrie de la station de Sabra (1905-2005) [26].

Selon la figure 25, nous constatons que la région a un climat plus ou moins favorable en termes de la pluviométrie, surtout pour les périodes allant des mois d'octobre à mai.

INTENSITÉS DE COURTES DURÉES :

Afin d'étudier le caractère intensif des précipitations dans les bassins, il est nécessaire de formuler à partir du paramètre pluviométrique journalier, une expression mathématique déterminant les intensités de courtes durées significatives. Pour cela, on dispose d'un fichier d'observation standard, relevant les pluies quotidiennes maximales annuelles dont il est possible d'extrapoler, d'une zone à l'autre en utilisant des méthodes statistiques appropriées.

Ainsi, la quantité de pluie tombée, en une durée d'intensité donnée, est admise si on la lie à la pluie maximale journalière par la formule décrite par Montana, et corrigée statiquement selon les coefficients climatiques adéquats. Compte tenu des études réalisées dans la région proche de notre bassin, les intensités – durées - fréquences sont déterminées par la formule régionale élaborée pour les zones des côtiers, et affinée notamment en fonction du relief des côtiers oranais. Cette formule se définit en relation avec les pluies maximales quotidiennes fréquentielles statistiquement déterminées, et ce par l'expression : [27]

$$P(t) \% = a * P_{jmax} * t^b$$

Où

a et b : Coefficients climatiques ajustés convenablement au bassin projeté, (dans ce cas : $a = 0,365$ et $b = 0,305$ par extrapolation régionale),

P_{jmax} : pluie de 24h pour une fréquence donnée,

P(t) : pluie de durée **t** pour la même fréquence.

Les intensités de courtes durées ont été également évaluées dans la zone urbaine des agglomérations afin de pouvoir estimer la lame des eaux pluviales qui s'abattent dans les zones d'étude en périodes de crue. [27]

II.6. LA TOPOGRAPHIE DE LA ZONE D'ÉTUDE :

La zone montagneuse occupe 80% de la superficie du territoire de la commune, elle fait partie de la partie occidentale des Monts de Tlemcen, qui se caractérise par son relief abrupt. L'altitude des pics varie de 500 à 800 m et allant jusqu'au plus haut sommet TAGA qui culmine à une altitude qui avoisine les 1675m. Le reste (20%) est composé de quelques vallées dont la plus importante est celle d'El Khemis.

La carte des pentes est basée sur une classification à trois niveaux de la zone à faible pente à une pente qui atteint 35 %. Ci-dessous la figure 26 représente le relief de la zone d'étude [28].

II.7. L'HYDROGEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE :

Le bassin versant d'Oued Khemis présente des potentialités en eau importantes. C'est le seul cours d'eau de la Tafna qui reste constant. C'est la région la plus arrosée des monts de Tlemcen. Les grès fissurés et les dolomies de Tlemcen très karstifiées décèlent d'importantes ressources en eaux souterraines ; en témoigne la présence d'un nombre important de sources au niveau du bassin d'Oued El Khemis. Aussi, la qualité de ces eaux est de très bonnes. Néanmoins, vu la nature géologique des dolomies très karstifiées, ces eaux sont très vulnérables à la pollution. La pollution passe directement à travers les fissures et les fractures pour atteindre en un temps record les nappes souterraines et où le phénomène d'autoépuration du sol ne peut avoir lieu [28].

II.8. GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE :

La région des Beni Snous fait partie de la partie occidentale des Monts de Tlemcen (les Monts de Ghar-Roubane).

JURASSIQUE INFÉRIEUR ET MOYEN :

La série du jurassique débute par le Lias, le Domitien inférieur dans la partie médiane de GharRoubane au DjorfTissedoura ; il s'agit de formation calcaire.

Au niveau de la frontière Algéro-Marocaine, les premiers dépôts Liasiques (Caridiens — Domitien) indiquent une sédimentation détritique. Ces dépôts sont surmontés par des marno-calcaires et des calcaires à Brachiopodes et Spicules, de spongiaires.

Pendant l'Aalénien et Bajocien se sont déposées des dolomies dans le secteur occidental : De glène. Le Bathonien correspond à des calcaires gris parfois dolomitisés. Après une lacune du Bathonien supérieur l'enfoncement du milieu se poursuit au début du Callovien avec des argiles gréseuses [27].

JURASSIQUE SUPÉRIEUR :

ARGILES DE SAIDA :

Elles correspondent à des dépôts argileux et marneux avec des niveaux gréseux à la base ; la formation est attribuée au Callovien - Oxfordien.

a. GRÉS DE BOUMEDIENE :

Ils sont constitués essentiellement de grés, avec des passées argileuses pouvant atteindre 500 m. On les trouve dans le secteur de Khemis.

C'est un calcaire à grandes géodes de calcite en banc épais, séparés par des intercalations de calcaire marneux, cet ensemble qui repose en concordance sur les grés de Boumediene est d'Age Kimméridgien. Il affleure au-dessous de la grande falaise dolomitique inférieure de la vallée de Khemis [27].

C. DOLOMIE de Tlemcen :

Il s'agit de dolomies cristallines grises ; cette série est bien exposée sur le versant occidental du Djebel Kossilet, grâce à l'entaille réalisée par l'oued Khémis. On peut admettre qu'elle débute à environ 100m au-dessous du substratum des calcaires de Zarifet.

D. CALCAIRE DE STAH :

Epaisse de 29 mètres, cette unité dans laquelle s'intercalent des niveaux marno-calcaires peu compacts débute par des calcaires et s'achève par des dolomies.

E. MARNO-CALCAIRE DE RAOURAI :

Du Kimméridgien moyen (Tectonique), Il s'agit de marnes grises, blanchâtres en surface et intercalées de nombreux lits et bancs de calcaires marneux durs. Cette formation est limitée au sommet par les calcaires de Lato et dolomies de Terni.

F. CALCAIRE DE LATO ET DOLOMIE DE TERNI :

Ils sont du Kimméridgien supérieur (Portlandien). La grande falaise sommitale qui surplombe les gorges de l'oued Khémis en amont du village de même nom, correspond à la deuxième masse dolomitique, c'est-à-dire à l'ensemble formé par les calcaires de Lato et les dolomies de Terni.

G. MARNO-CALCAIRE DE HARIGA :

Il s'agit d'une alternance de marnes et de marno-calcaires qui forme les 30 premiers mètres, visible jusqu'au sommet de Djebel Kossilet.

LE PLIO-QUATERNAIRE :

Il n'est représenté que par des formations continentales qu'il est difficile de dater précisément et il est formé par des éléments hétérométriques et hétérogènes. On y rencontre les faciès suivants :

- **LES TRAVERTINS** : de puissants dépôts de sources disposées en masses et s'avancent en hautes falaises ; Ils sont jaunes, friables, et riches en débris végétaux.

Le complexe de sédiments plio-villafranchiens : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés, d'épaisseur très variables mais toujours assez faibles [27].

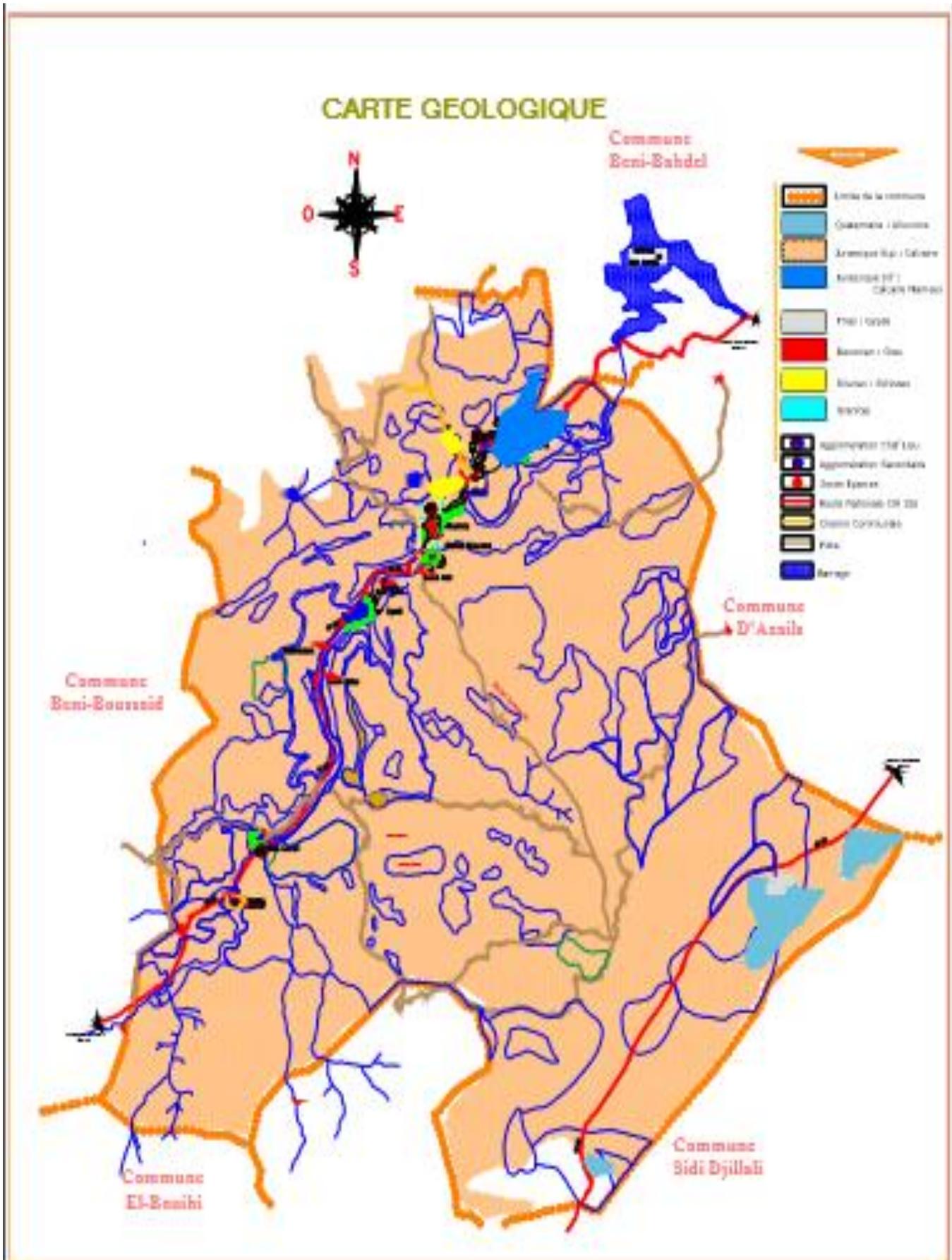


Figure 27 : Géologie de la zone d'étude [28].

II.8. SITUATION HYDRAULIQUE :

II.8.1 -CARACTERISTIQUES DU RESEAU D'EL KHEMIS :

L'agglomération El Khemis (notre zone d'étude) est alimentée par la source d'Ain Ghebali qui débite 10 l/s, dont le débit affecté à l'alimentation en eau potable est de l'ordre de 6 l/s, ce qui donne un volume journalier de pratiquement 520 mètres cubes, ce volume assure une dotation journalière de pratiquement 175 litre par habitant ce qui place cette localité dans une position privilégiée en terme de satisfecit concernant la distribution d'eau.

Néanmoins, si on se place au niveau de l'abonné, les coupures d'eau font partie de son quotidien, en raison des problèmes de distribution. Ce qui rend cette satisfaction plus au moins caduque.

L'infrastructure de stockage est constituée d'un réservoir d'une capacité de 500 m³, et est alimenté par une adduction en acier enrobé de 114 mm de diamètre en mode de refoulement à partir d'Ain Ghebali.

Le réseau de distribution est dans un état vétuste très avancé et présente des pertes d'eau considérables à travers des infiltrations souterraines, et qui parfois surgissent. D'où une opération de rénovation du réseau s'avère être indispensable pour une meilleure gestion efficiente de l'eau.

La distribution d'eau est discontinue dans le réseau, elle se fait à raison de 3 fois par semaine, pour une durée d'environ 3 h/j. En ce qui concerne le taux de branchement au réseau, il est de 100 % soit les 703 habitations de la localité d'El Khemis sont branchées au réseau [28].

II.9. ASSAINISSEMENT :

II.9. 1 : CARACTERISTIQUES DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT :

Le rejet des eaux domestiques se fait à travers un réseau de type unitaire par un diamètre de 300 à 400 mm.

Les rejets actuels sont de 360 m³/j évacués directement vers oued El Khemis à l'air libre sans aucun traitement préalable.

Le taux de raccordement est estimé à 95 % soit 667 habitants.

A long terme les rejets seront estimés de 450 m³/j.

Vu la situation topographique de cette zone (forte pente), l'agglomération de Khemis est sujette au risque d'inondation toute fois les équipements de drainages n'existe pas, ce qui cause souvent la stagnation des eaux pendant les averses pluviales.

Il existe plusieurs points de rejet illicite le long d'oued el KHEMIS causant davantage des problèmes de pollution. [28]

ACTIONS À ENTREPRENDRE

- Renforcement du réseau d'assainissement par des équipements de drainage à savoir les avaloirs et caniveaux pour faciliter l'évacuation des eaux pluviales
- Unification des différents points de rejets pour faciliter la collecte des eaux usées.
- Extension du réseau vers les zones non raccordées.
- Prise en charge par la réalisation de la station d'épuration au sein d'El Fahs.
- Extension du réseau d'assainissement vers les zones d'urbanisation futures.
- Aménagement d'Oued El Khemis par reboisement le long des berges pour une éventuelle stabilisation.
- Procéder aussi par un gabionnage des rives d'Oued El Khemis en amont del'agglomération pour la protection contre les crues et voici la figure 28 qui représente carte d'assainissement et d'AEP de l'ACL d'El Khemis [28].

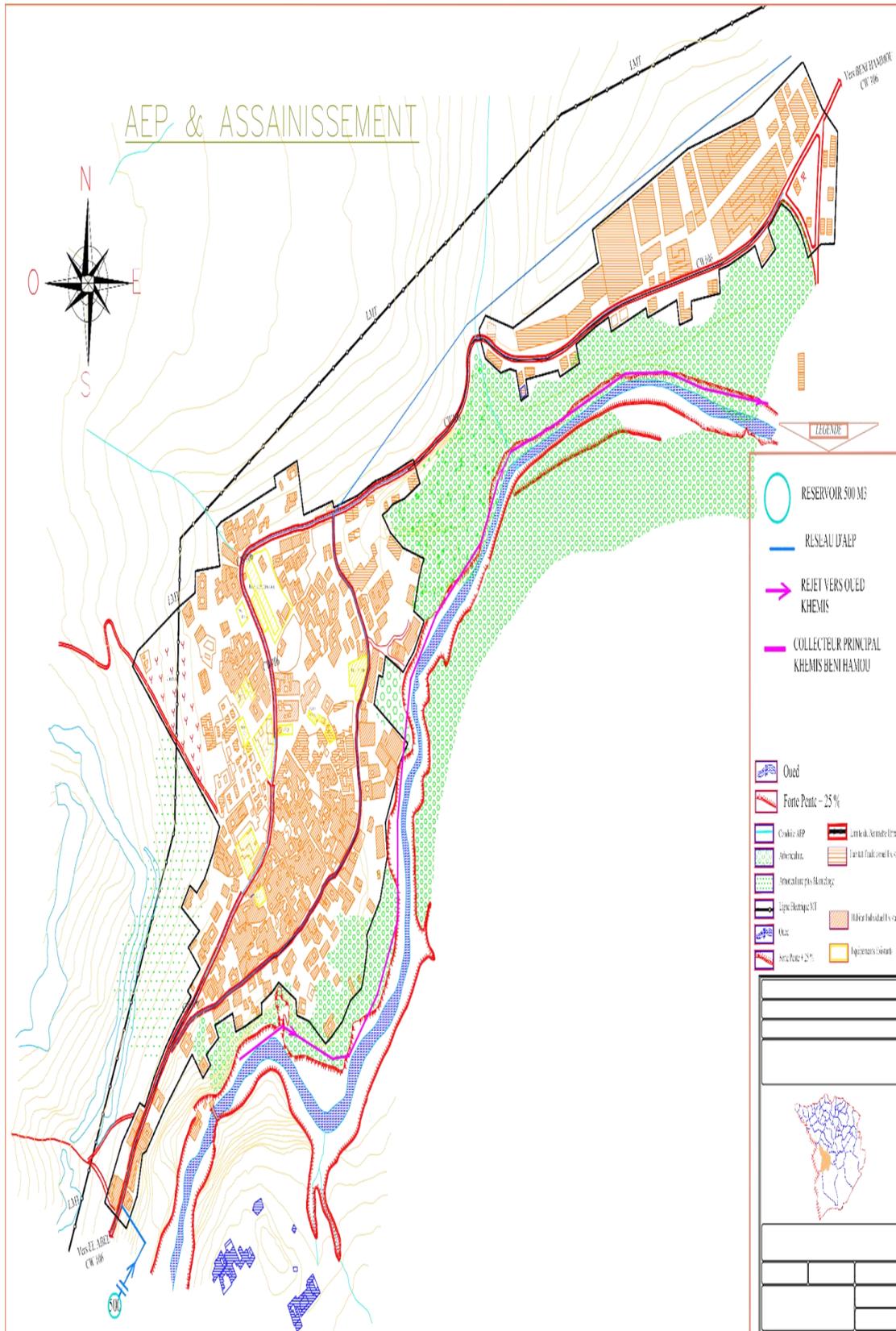


Figure 28 : carte d'assainissement et d'AEP de l'ACL d'El Khemis [27].

CONCLUSION :

La commune qui constitue notre zone d'étude comptait une population d'environ **2293**habitants lors de derniers recensement (2008). D'après les calculs quant à l'évolution de la population, on a obtenu un résultat d'environ **3565 habitants** à l'horizon **2045**. Les eaux usées rejetée par cette population engendreront, en effet, un débit considérable (**360 m³/jour**) (d'après le P.D.A.U et 524 m³/jour d'après nos calculs) et un important volume pouvant contaminer le milieu naturel.

Afin d'éviter cette nuisance, un système d'épuration devra être projeté. Celui-ci aura pour objectif de traiter les eaux usées et ainsi protéger la population et l'environnement de la région d'étude de la pollution par les eaux usées.

Chapitre III :
Dimensionnement de la
station d'épuration
D'El khemis

III.1. Introduction :

Lors d'un dimensionnement d'une station d'épuration on doit prendre en compte : la charge à l'entrée, qui est fonction du nombre d'habitants, du débit et des concentrations moyennes des paramètres de pollution (DBO₅, MES...) pour répondre à deux objectifs principaux : la capacité et l'efficacité de la STEP.

III.2. Horizon actuel

Une évaluation des volumes et charges de pollution produits par l'ensemble de l'agglomération d'El Khmiss a été réalisée sur la base des données disponibles relatives au recensement de la population, au plan d'urbanisme et aux activités et rejets industriels. Cette évaluation aboutit aux valeurs suivantes pour le bassin versant central destiné à être raccordé en totalité à la station d'épuration d'El khmiss : Nombre d'habitants 2 293 on 2008 selon le P.D.A.U et il sera égale à 3565 habitants on 2045 selon nos calculs.

III.3. Implantation de la STEP :

Le site le plus favorable pour implanter la station d'épuration est à l'est d'El khemis avec une distance de 230 m loin des habitations. Le choix de ce site dépend de plusieurs conditions :

- La recherche d'un site suffisamment éloigné du périmètre urbain et des agglomérations ; pour prévenir les risques de nuisances (odeurs et bruits) et pour avoir la possibilité de l'extension future de la STEP 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. Le terrain correspond à un domaine collectif à vocation agricole et son acquisition ne posera pas de problème ;
- La nature géologique du terrain doit être favorable pour des travaux de terrassement, afin de minimiser le coût de l'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 (L'immunologie, faune, flore, etc.),
 - Impact sur les sols et les nappes phréatiques,
 - Aspects de caractère socio-économique (espace de loisirs, parcours sanitaires, etc.)

Le site proposé pour recevoir l'assiette de la future STEP doit répondre à tous ces critères.

Les coordonnées de la STEP :

X=632.242 Km	Y=3834.735 Km	Z=797 m
--------------	---------------	---------



Figure 29 : Implantation de la STEP

III.4. Détermination de la capacité hydraulique de la station :

Pour la détermination de la capacité hydraulique de la station d'épuration des eaux usées de la ville d'El Khmis, nous prenons en considération les paramètres suivants :

- 1 - La population à l'horizon de calcul, soit l'an 2045, est de 3565 hab. ;
- 2 - Le taux de réduction des eaux usées est égal à 80 % de la consommation ;

3- Le réseau d'assainissement est de type unitaire, avec un taux de raccordement actuel de 95%, mais qui est prévu à 100% à l'horizon 2045, d'où le fonctionnement à temps sec de la station.

Il s'agit donc de déterminer :

- 1- Le débit moyen journalier $Q_{\text{moy},j}$ (m^3/j).
- 2- Le débit moyen horaire $Q_{\text{moy},h}$ (m^3/h).
- 3- Le débit moyen diurne Q_{md} (m^3/h).
- 4- Le débit de pointe par temps sec $Q_{\text{pte,sec}}$ (m^3/h).

III.5. Consommation en eau potable :

La quantité d'eau nécessaire à l'alimentation d'une agglomération dépend des paramètres suivants :

- La disponibilité de la ressource.
- Le nombre d'habitants.
- Le développement urbain de la ville.
- Le niveau de vie de la population.

Vu le développement qu'a connu la ville d'El Khemis au sens d'urbanisme et de mode de vie de la population ainsi que la disponibilité des ressources d'eaux, on a adopté une dotation en eau potable de 175 l/j/hab.

III.5.1. Estimation des débits d'eaux usées :

L'évaluation de la quantité d'eaux usées à évacuer journalièrement s'effectuera à partir de la consommation d'eau par habitant.

L'évacuation quantitative des rejets est fonction du type de l'agglomération ainsi que le mode d'occupation du sol. Plus l'agglomération est urbanisée, plus la proportion d'eau rejetée est élevée.

III.5.2. Estimation des débits d'eaux usées domestiques :

Pour calculer le débit des eaux usées à évacuer, nous prenons comme base une dotation d'eau potable de 175 l/j /hab et nous considérons que les 80% de l'eau consommée sont rejetés comme eaux usées dans le réseau d'évacuation.

- *Evaluation du débit moyen journalier :*

➤ *Population future :*

$$N=N_0 \times (1+\alpha)^{(2045-2008)} \dots\dots\dots \text{III.1}$$

Avec :

D : dotation journalière prise égale à 175 l/j hab.

N : nombre d'habitants à l'horizon étudié (hab.)

N₀ : nombre d'habitants en 2008 (hab.)

α:taux d'accroissement égale à 1.2% (selon HPO)

III.5.3. Evaluation du débit moyen journalier total :

Le débit moyen journalier rejeté est calculé par la relation suivante :

$$Q_{\text{moyj}} = N \times D$$

Avec :

Q_{moyj}: débit moyen quotidiennement en (l/s)

$$Q_{\text{moyj}} = 624 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q_{\text{moyj totale}} = 7.22 \text{ L/S}$$

- *Débit moyen journalier des équipements de la ville :*

On appelle équipements différents services publics : éducatifs, sanitaires, touristiques, administratifs et différents autres services d'utilité publique. L'estimation se fait sur la base du

nombre de personnes qui fréquentent le lieu et sur la dotation requise pour chaque activité (annexe 03).

$M_{oye\ j\ equi}$: débit moyen journalier des équipements

$K=5\%$ coefficient en relation avec débit des équipements (selon HPO)

$$Q_{moy\ j\ equi} = Q_{moy\ j} \times 5\% \dots\dots\dots \text{III.2}$$

$$Q_{moy\ j\ equi} = 31\ m^3/j$$

$$Q_{moy\ j\ total} = Q_{moy\ j} + Q_{moy\ j\ equi} \dots\dots\dots \text{III.3}$$

$$Q_{moy\ j\ total} = 655\ m^3/j$$

III.6. Calcul des débits et des charges polluantes :

- *Le débit moyen journalier ($Q_{moy,j}$)*

Le débit moyen journalier est calculé par la formule suivante :

$$Q_{moy,j} = Q_{moy,pot} * C_{rej} \dots\dots\dots \text{III.6}$$

Avec :

$Q_{moy,j}$: débit moyen journalier d'eaux usées en (m^3/j) ;

$Q_{moy,pot}$: débit moyen journalier d'eau potable en (m^3/j) ;

C_{rej} : coefficient de rejet d'eaux usées égal à 0.8

$$D'o\grave{u} : Q_{moy,j} = 655 * 0.8 = 524\ m^3/j$$

$$Q_{moy,j} = 6.065\ l/s$$

- *Evaluation du débit de pointe:*

Comme la consommation, le rejet des eaux usées est aussi variable dans la journée, d'où on est appelé à déterminer le débit de pointe qui est donné par la formule suivante :

$$Q_{pte} = K_p \cdot Q_{moyj}$$

Avec :

Q_{pte} : débit de pointe.

Q_{eu} : débit eau usée.

K_p : coefficient de pointe.

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{EU}}} \dots \text{III.4}$$

$$K_p = 2.52$$

$$Q_p = K_p * Q_{EU} \dots \text{III.5}$$

$$Q_p = 15.28 \text{ l/s}$$

- *Le débit moyen horaire ($Q_{moy,h}$)*

Le débit moyen horaire est calculé par la formule suivante :

$$Q_{moy,h} = \frac{Q_{moy,j}}{24h} \dots \text{III.7}$$

Avec : $Q_{moy,h}$: Débit moyen horaire d'eaux usées en (m^3/h)

$Q_{moy,j}$: débit moyen journalier d'eaux usées en (m^3/h)

$$D'où : Q_{moy,h} = \frac{524}{24} = 21.83 m^3/h \quad Q_{moy,h} = 21.83 m^3/h$$

- *Le débit de pointe horaire*

Le débit de pointe horaire est calculé par la formule suivante :

$$Q_{p,h} = \frac{Q_p}{24h} \dots \text{III.8}$$

Avec : $Q_{p,h}$: Débit point horaire d'eaux usées en (m^3/h)

Q_p : débit point d'eaux usées en (m³/h)

$$D'où : Q_{moy,h} = \frac{1320.19}{24} = 55.02 \text{ m}^3/\text{h}$$

- *Le débit moyen diurne (Q_{md})*

Le débit moyen diurne correspond à la période diurne de 16 heures consécutives au cours de laquelle la station reçoit le plus grand volume d'eau usée.

Il est calculé comme suit :

$$Q_{md} = \frac{Q_{moy,j}}{16h} \dots \dots \dots \text{III.8}$$

$$D'où : Q_{md} = \frac{524}{16} = 32.75 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_{md} = 32.75 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tableau 1 : la population et les débits

El Khemis								
Population	2 293 hab en 2008							
Taux d'acc	1,2%							
Dotation	175	l/j/hab						
Q équipement	5%							
Taux de retour égout	80%							
HORIZON	2008	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
POPULATION	2 293	2 493	2646	2808	2981	3164	3359	3565
Q j moy EP (m3/j)	401	436	463	491	522	554	588	624
Q équipement (m3/j)	20	22	23	25	26	28	29	31
Q j moy total (m3/j)	421	458	486	516	548	582	617	655
QEU (m3/j)	337	366	389	413	438	466	494	524
QEU (l/s)	3,900	4,236	4,502	4,780	5,069	5,394	5,718	6,065
Kp	2,77	2,71	2,68	2,64	2,61	2,58	2,55	2,52
Qp (l/s)	10,80	11,48	12,07	12,62	13,23	13,92	14,58	15,28
QP(m3/h)	38,9	41,33	43,44	45,43	47,63	50,1	52,49	55,02

III.7. Evaluation de la charge polluante :

On calcule les charges polluantes à partir de tableau 8, qui donne la quantité moyenne de pollution produite en un jour pour une personne.

On adapte ces valeurs pour évaluer la pollution journalière arrivant à la STEP

Tableau 2 : la quantité moyenne de pollution produite en un jour par une personne [39].

Paramètres de pollution	g/ EH/j
DBO5	60
MES	80
N(total)	15
P(total)	3
DCO	120

Le flux journalier en DBO5 est calculé sur la base de 60 g/EH/j, ce qui donne :

$$q_{\text{DBO5}} = 60 * 3565 * 10^{-3} = 213.9 \text{ kg/j}$$

La concentration en DBO5 est donné par :

$$C_{\text{DBO5}} = q_{\text{DBO5}}(\text{mg/j}) / Q_m(\text{l/j}) = (213.9 * 10^6) / (524 * 10^3) = 408.2 \text{ mg/l}$$

Le calcul se fait de la même manière pour les autres charges polluantes et on a les résultats suivants :

Flux journalier on MES : 285.2kg/j

Concentration en MES : 544.27 mg/l

Flux journaliers en N (total) :53.475 kg/j

Concentration en N (total) :102.05 mg/l

Flux journaliers en P (total) :10.7kg/j

Concentration en P (total) :20.41mg/l

Flux journaliers en DCO : 427.8kg/j

Concentration en DCO : 816.41 mg /l

Tableau 3 : la charge journalière et la concentration des paramètres de pollution

Les paramètres de pollution	La charge journalière	La concentration
DBO ₅	213.9kg/j	408.2 mg/l
DCO	427.8kg/j	816.41 mg /l
MES	285.2kg/j	544.27 mg/l
N	53.475 kg/j	102.05 mg/l
P	10.7kg/j	20.41mg/l

- *Coefficient de biodégradabilité*

$$K = \text{DCO} / \text{DBO}_5 = 2$$

K=2 alors :

Les matières oxydables sont biodégradables

- *Norme de rejet :*

Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement

Tableau 4 : Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur [36].

Paramètre	Unité	Norme
Température	°C	30
PH		5,5 à 8,5
MES	mg/l	30
DBO ₅	mg/l	30
DCO	mg/l	120
N(total)	mg/l	40
P(total)	mg/l	80% de réduction

III.8. Déversoir d'orage :

Définition :

Un déversoir d'orage est un ouvrage hydraulique dont la fonction essentielle est l'évacuation directe des débits d'orages vers le milieu récepteur. Il est destiné à décharger le réseau aval ainsi que le bassin de décantation s'il existe, afin de réduire les dimensions aval du réseau, d'où son rôle essentiel, notamment dans les réseaux en système unitaire.

Il existe différents types de déversoir d'orage parmi eux, on peut citer :

- Déversoir à seuil frontal ;
- Déversoir à seuil latéral ;
- Déversoir circulaire ;
- Déversoir siphonide.

Dans notre cas, on choisit le déversoir à seuil latéral qui est représenté dans **figure 30**, le choix d'un déversoir à seuil latéral se justifie pour des raisons d'ordre technique de réalisation (coffrage simple, conception simple .etc...).

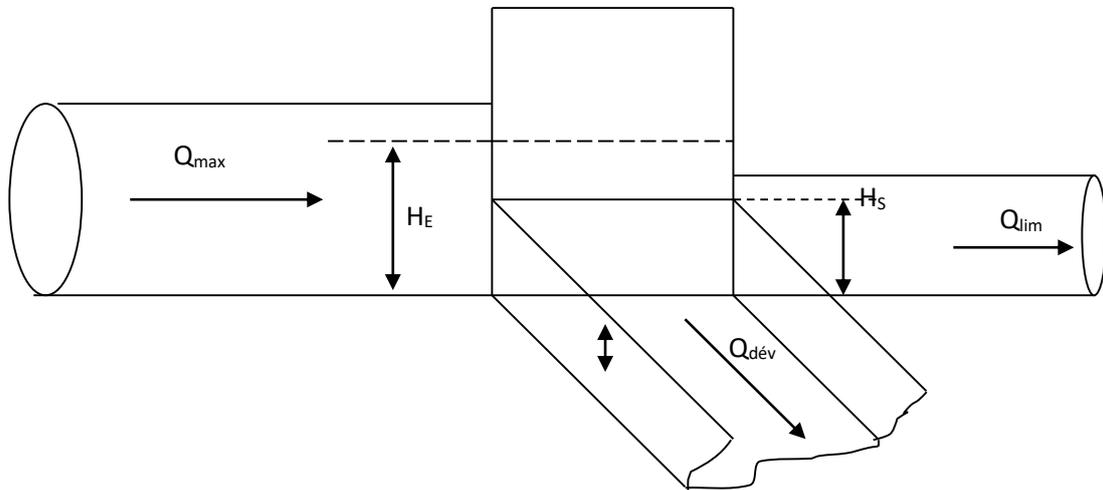


Figure 30 : Schéma d'un déversoir d'orage à seuil latéral [37].

➤ **Caractéristiques hydrauliques du déversoir :**

Comme le montre la **figure 30** les différentes caractéristiques sont donc les suivantes :

- Débit de pointe Q_{max} prévu dans le collecteur amont, tel que :

$$Q_{max} = Q_{E.P} + Q_{E.U} \quad \text{.....III.10}$$

Avec :

$Q_{E.P}$: Débit de pointe d'eau pluviale calculé par la méthode rationnelle.

$Q_{E.U}$: Débit de pointe des eaux usées

- Débit limite Q_{lim} admis dans le collecteur aval, tel que :

$$Q_{lim} = (n+1) Q_{E.U} \quad \text{..... III.11}$$

Avec **n** : coefficient de dilution (on prend **n=1**)

- Débit de déversement $Q_{dév}$, tel que: $Q_{dév} = Q_{max} - Q_{lim}$

Principe de calcul :

Le dimensionnement du déversoir consiste à déterminer la longueur du seuil de déversement **L** et la hauteur de seuil du déversoir **H_{Dév}**. On utilise la formule la plus utilisée, c'est celle de Bazin, dont l'expression est la suivante :

$$Q_{Dév} = \mu \cdot L \cdot H_{Dév} \sqrt{2gH_{Dév}} \dots\dots\dots \text{III.12}$$

Avec :

Q_{dév}:Débit déversé (m³/s)

L:Longueur de seuil du déversoir (m);

H_{Dév}:Hauteur de la lame déversant (m);

μ = (2/3) m avec : **m** coefficient du débit

(**μ** moyen = 0.4)

g= 9.81 (m²/s)

La hauteur de la lame déversant, **H_{Dév}**est donnée par la moyenne de la différence entre la hauteur

d'eau à l'entrée et à la sortie. **H_{Dév}**= $\frac{H_E - H_S}{2}$ (m) **III.13**

Avec:

H_E: Hauteur d'eau d'entrée (m)

H_S: Hauteur d'eau de sortie (m)

La longueur du seuil de déversement de la formule de Bazin, on aura donc :

$$L = \frac{Q_{Dév}}{\mu \cdot H_{Dév} \cdot \sqrt{2gH_{Dév}}} \dots\dots\dots \text{III.14}$$

- Dimensionnement du déversoir d'orage :
- Données de base :

Le débit par la méthode rationnel :

Méthode rationnelle :

C'est une méthode qui consiste à estimer le débit à partir d'un découpage du bassin versant en secteurs limités par les lignes isochrones, cette méthode fut découverte en 1889, mais ce n'est qu'en 1906 qu'elle a été généralisée. Elle est connue aussi par la méthode de LLOYD DAVIS.

Elle consiste à estimer les débits pluviaux suite à une averse d'intensité moyenne « i » supposée constante durant la chute de pluie sur des surfaces d'influence de superficie « A », caractérisée par un coefficient de ruissellement « Cr ». La méthode rationnelle s'exprime par la formule suivante :

$$Q=K \times C \times I \times A \quad (l / s) \quad \dots\dots\dots \mathbf{III.15}$$

Avec :

Q : débit d'eau de ruissellement (l / s)

A : surface d'influence (ha)

C : coefficient de ruissellement

I : intensité de précipitation (l / s / ha)

K: Coefficient correcteur de l'intensité tenant compte de la distribution de la pluie dans l'espace, dont sa détermination est en fonction de la forme du bassin.

$Q=K \times C \times I \times A$ avec $K=0.167$,

$A=36.21$ ha, (la surface de El Khemis selon PDAU de Beni Snous)

$i=2.86\%$ (le taux d accroissance de El Khemis selon PDAU de Beni Snous)

$C=0.52(i)^{0.2} =0.26$ (selon HPO)

$$1\text{mm} \longrightarrow 10\text{m}^3/\text{ha} ; I=0.011\text{mm/s}=0.66\text{mm}/\text{min}=39.6\text{mm}/\text{h}$$

$$Q=K \times C \times I \times A$$

$$Q=0.167 \times 0.66 \times 0.26 \times 36.21$$

$$Q=1.037\text{m}^3/\text{s}$$

- Débit de pointe d'eaux usées $Q_{E,U}=0.0122\text{ m}^3/\text{s}$

- Débit d'eaux pluviales $Q_{E,P}=1.0376\text{ m}^3/\text{s}$

• Débit maximum $Q_{\text{max}}=Q_{E,P}+Q_{E,U}=1.050\text{ m}^3/\text{s}$

-On prend une pente : $I_c=2\%$ au lieu de la pente de terrain (18%) qui est trop grande

- Diamètre de la conduite d'amenée à adopter est $E=800\text{ mm}$

$$V_{ps} = K_s \times \sqrt{I} \times (\Phi \div 4)^{2/3} = 3.72\text{ m/s}$$

$$Q_{ps}=1.87\text{m}^3/\text{s}$$

$$r_Q=Q_p/Q_{ps}=0.56$$

les valeurs de r_H et r_V sont lues dans l'abaque : $r_H=0.54$ et $r_V=1.03$

$$H_E = r_H^* \quad E = 0.54 \times 0.8 = 0.43\text{m} = 430\text{mm}$$

$$V = V_{ps} \times r_V = 3.72 \times 1.03 = 3.83\text{m/s}$$

Vérification des conditions d'autocurage

$$Q_p = 1/10 Q_{ps}, \quad r_Q = 0.1 \text{ l'abaque} \quad r_V = 0.55 \quad V = V_{ps} \times 0.65 = 2.41\text{ m/s}$$

$$V_{\text{aut1}} = 2.41\text{ m/s} > 0.6 \quad (\text{condition vérifiée})$$

$$Q_p = 1/100 Q_{ps} \quad r_Q = 0.01 \text{ l'abaque} \quad r_V = 0.17 \quad V = V_{ps} \times 0.17 = 0.63\text{m/s}$$

$$V_{\text{aut2}} = 0.63\text{m/s} > 0.3\text{ m/s} \quad (\text{condition vérifiée})$$

Remarque : on doit installer des regards de chute pour respecter les hauteurs de recouvrements de 0.8 m

- Débit allant vers le bassin de décantation : $Q_{lim} = 2 Q_{EU} = 0.024 \text{ m}^3/\text{s}$
- On impose une pente motrice : $I_c = 1.5 \%$

- Diamètre de sortie $s = 600 \text{ mm}$

$n = 0.013$ (rugosité de Manning)

$$Q_{ps} = (0.03117/0.013) * W_s^{8/3} * (I_c)^{0.5} = 0.75 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{ps} = (4 * Q_{ps}) / (W_s^2) = 2.66 \text{ m/s}$$

$$r_Q = Q_p / Q_{ps} = 0.053 \text{ m/s}$$

les valeurs de r_H et r_V sont lues dans l'abaque: $r_H = 0.14$ et $r_V = 0.51$

$$H_s = r_H * s = 0.14 * 0.6 = 0.062 \text{ m} = 90 \text{ mm}$$

$$V = V_{ps} * r_V = 2.66 * 0.51 = 1.36 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s}$$

Vérification des conditions d'autocurage :

$$Q_p = 1/10 Q_{ps}, \quad r_Q = 0.356 \text{ l'abaque} \quad r_V = 0.95 \quad V = V_{ps} * 0.95 = 2.53 \text{ m/s}$$

$$V_{aut1} = 2.53 \text{ m/s} > 0.6 \quad (\text{condition vérifiée})$$

$$Q_p = 1/100 Q_{ps} \quad r_Q = 0.01 \text{ l'abaque} \quad r_V = 0.17 \quad V = V_{ps} * 0.17 = 0.45 \text{ m/s}$$

$$V_{aut2} = 0.45 \text{ m/s} > 0.3 \text{ m/s} \quad (\text{condition vérifiée})$$

- Débit déversé $Q_{Dév} = Q_{max} - Q_{lim} = 0.81 \text{ m}^3/\text{s}$
- Hauteur de la lame déversante.

$$H_{Dév} = \frac{H_E - H_S}{2} = \frac{430 - 90}{2} = 170 \text{ mm}$$

Calcul de la longueur de seuil :

$$L = \frac{Q_{Dév}}{\mu \cdot H_{Dév} \cdot \sqrt{2gH_{Dév}}} = \frac{0.81}{\mu \times 0.17 \sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.17)}} = 6.5 \text{ m}$$

Tableau 5 : récapitulatif des caractéristiques du déversoir d'orage

Entrée				Sortie				Q _{Dév} (l/s)	H _{Dév} (mm)	L (m)
Q _{max} (l/s)	I (%)	D _E (mm)	H _E (mm)	Q _{lim} (l/s)	I (%)	D _S (mm)	H _S (mm)			
1055	2	800	430	244	1.5	600	90	810	170	6.5

III.9. Les ouvrage de prétraitement

Les ouvrages de prétraitement permettent d'éliminer les matières grossières véhiculées par l'effluent ainsi que les sables et les huiles, pour éviter le colmatage et la corrosion des canalisations et pour ne pas perturber le fonctionnement des ouvrages ultérieurs. Ils sont réalisés en tête de la station et dimensionner pour l'horizon 2045.

III.9. 1.Le dégrilleur

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place, il est calculé pour l'horizon 2045 à temps sec.

Il est situé généralement en amont d'une filière de traitement des eaux. L'opération est plus ou moins efficace selon l'écartement entre les barreaux de la grille. On distingue :

- Le pré-dégrillage (écartement supérieur à 40 mm)
- Le dégrillage moyen (écartement compris entre 10 et 40 mm)
- Le dégrillage fin (écartement compris entre 6 et 10mm)

On a utilisé deux types de degriilleur :

- **Prédégrilleur a nettoyage manuel (grossier) : e=10mm,E=60mm**
- **Dégrilleur fin a nettoyage mécanique (droit): e=8mm,E=10mm**

Calcul des grilles :

- **Prédégrilleur a nettoyage manuel (grossier)**

La méthode de calcul utilisée est celle de KIRSCHMER

➤ La largeur de la grille (L) : elle est donnée par la formule suivante :

$$L = \frac{S \sin \alpha}{h_{max} (1-\theta)\delta} \quad (m) \quad \dots\dots\dots \text{III.16}$$

Avec :

S : section mouillée de la grille $S = \frac{Q_{pte,sec}}{V} \quad (m^2) \dots\dots\dots \text{III.17}$

Q_{pte,sec} : débit de pointe en temps sec (m³/s)

V: vitesse d'écoulement de l'effluent en (m/s) entre les barreaux, elle peut aller de 0.5 à 1.5 m/s.

h_{max}:hauteur maximale d'eau admissible sur la grille comprise généralement entre 0.15 et 1.5 m

β : fraction de surface occupée par les barreaux, $\theta = \frac{e}{e+E} \dots\dots\text{III18}$

e : espacement des barreaux

E : épaisseur des barreaux

Tableau 6 : facteur dépendant de la forme des barreaux

Forme des barreaux	β
rectangulaire	2,42
Rectangulaire avec face avant circulaire	1,83
circulaire	1,79
Rectangulaire avec face avant et arrière circulaire	1.67

δ : coefficient de colmatage de grilles

$\delta = 0.4$ à 0.5 pour les grilles mécaniques. On choisit $\delta = 0.5$

$\delta = 0.1$ à 0.3 pour les grilles manuelles. On choisit $\delta = 0.25$

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale compris généralement entre 60° et 80° . On choisit $\alpha = 80^\circ$

Nous considérons dans notre cas, une grille grossière manuelle avec les paramètres suivants :

➤ $Q_{\text{pte,sect}} = 0.015 \text{ m}^3/\text{s}$, $V = 1 \text{ m/s}$,

➤ $S = \frac{Q}{V \times \theta \times \delta} \dots \text{III19}$

➤ $\theta = \frac{e}{e+E} = 0.86$

➤ $S = 0.07 \text{ m}^3$

➤ $h_{\text{max}} = 1 \text{ m}$

➤ $\alpha = 80^\circ$

➤ $\delta = 0.25$

➤ $L = \frac{S \sin \alpha}{h_{\text{max}} (1-\theta)\delta} = 1.97 \text{ m} \dots \text{III20}$

On aura donc le nombre de barreaux $N = \frac{L}{e+d} \dots \text{III21}$

D'où : $N = 28.13 = 29$ barreaux

Les pertes de charge (Δh)

Une grille provoque des pertes de charge, selon KIRSCHMER, ces dernières sont fonction de :

- La forme des barreaux.
- L'espace entre les barreaux.
- La largeur des barreaux.
- La vitesse d'approche.
- L'inclinaison de la grille.

Elles peuvent être calculées par la formule suivante :

$$\Delta h = \frac{\beta \times S^{4/3}}{e^{4/3}} \times \frac{V^2}{2g} \times \sin \alpha \dots \text{III22}$$

Avec :

Δh : pertes de charge en (m)

E : largeur minimale d'un barreau (m)

e : espacement entre les barreaux (m)

V : vitesse de l'eau devant la grille (m/s) ($V = 1 \text{ m/s}$)

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale ($\alpha = 80^\circ$)

β : Coefficient de forme des barreaux :

$$\beta = 2.42 \text{ pour des barreaux rectangulaires.} \quad (\beta = 2.42)$$

D'où on aura une perte de charge de : $\Delta h = 1.5 \times 10^{-5} \text{ m}$

Qui est une valeur très acceptable

Le calcul des pertes de charges permet de se renseigner sur le bon fonctionnement du dégrilleur et la fréquence de son nettoyage.

Pour les eaux résiduaires urbaines, le volume de résidus retenus, exprimé en l/hab./an, varie en fonction de l'écartement des barreaux, selon une première approximation :

$$V = \frac{12 \text{ à } 15}{e} = 1.5 \dots \text{III23}$$

e : écartement en mm

Soit pour 3565 habitants :

$$V = \frac{1.5 \times 3565}{1000} = 5.35 \text{ m}^3$$

- **Dégrilleur fin a nettoyage mécanique (droite)**

On refait tous les calculs pour le degriilleur fin utilisent les formules(III16.III17.III18.III19.III20.III21.III22.III23)

$$\theta = 0.56$$

$$S=0.054m^3$$

$$L=0.25m$$

$$N_2=13.89=14$$

$$\Delta h=8.74 \times 10^{-4}$$

$$V=\frac{12 \times 15}{e}=0.25$$

Soit pour 3565

$$V=\frac{0.25 \times 3565}{1000}=0.89m^3$$

III.9. 2 Dessableur/Déshuileur :

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants.

L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage [16].

On a choisi le dessableur cylindrique ;On effectue alors le calcul suivant :

$$V_{asc} = 10 \text{ m/h} \rightarrow \text{Surface}$$

$$T S = 12 \text{ mn} \rightarrow \text{Volume}$$

$$\text{Surface} = \frac{Qp}{v} = 5,5m^3$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = 2,64 \approx 3m$$

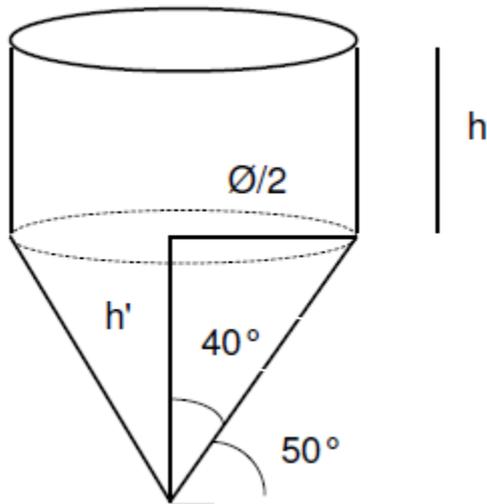
$$\text{Volume} = \frac{Qp}{60} \times TS \text{ (mn)} = 11m^3$$

$$1,25 \leq H \leq 2.25$$

$$H = \frac{V}{S} = 2m$$

Calcul de la hauteur cylindrique (h)

$$\text{Pente} = 50^\circ$$



Volume = $S \times h + S \times h'/3$

$$\operatorname{tg}40 = \frac{\phi/2}{h'} \Rightarrow h' = \frac{3}{2 * \operatorname{tg}40} = 1.78$$

$$h = \frac{v}{s} - \frac{\phi}{6 * \operatorname{tg}40} = 1.4m$$

Quantité de graisses produite = 16 g MEH / EH / j

soit pour 3565 EH : $\frac{3565 \times 16}{1000} = 57.04 \text{kg/j}$

Quantité de graisses piégée = 1 kg MEH / hab / an (sortie dégraisseur avec un rendement maxi de 20 % et une concentration de 50-80 g MEH/l)

soit pour 3565 EH : $\frac{3565 \times 1}{1000} = 3.57 \text{kg/j}$

Rendement dégraisseur : $\frac{3.57}{57.04} \times 100 = 6.25\%$

Quantité de sables = 8 à 15 l / hab / an

Soit pour 3565 EH : $\frac{3565 \times 12}{1000} = 42.78 \text{kg/j}$

Remarque : il faut un système d'insufflation d'air pour remonter les graisses

III.10. Calcul du traitement primaire :

Les cultures fixées sur supports grossiers nécessitent un traitement primaire en tête ne générant pas d'effluents septiques à traiter. Généralement, en tête des lits bactériens seront prévus des décanteurs-digesteurs

III.10. 1. Décanteurs-digesteurs :

Le décanteur digesteur assure, dans deux compartiments séparés, la décantation des matières en suspension et la digestion anaérobie de la fraction organique des boues décantées.

La digestion (ou fermentation) est plus ou moins avancée selon le temps de séjour des particules solides décantées, elle est pour but de minéraliser les bous par l'action des bactéries anaérobies.

Le processus de la minéralisation se décompose en deux phases :

- Transformation des boues avec formation d'acides organiques,

- Dégradation des acides organiques en gaz carbonique et en méthane.

Dans les stations d'épurations à lit bactérienne, il est recommandé de prendre comme donnée de base une vitesse ascensionnelle de 1 à 1 m/h et un temps de séjour de 1,5 h dans le dimensionnement du décanteur- digesteur

Nous avons pris une vitesse d'ascensionnelle $V = 1$ m/h et un temps de séjour de l'eau dans le décanteur $T=1,5$ h. avec ces données de base on fait les calculs suivants :

Le débit Q_d de dimensionnement du décanteur en tenant compte du débit de recirculation est :

$$Q_d = Q_p * (1+r) = 55.02 * 2 = 110.04 \text{ m}^3/\text{h}$$

Q_p : Débit point ($Q_p=55.02\text{m}^3/\text{h}$)

r : taux de recirculation (pour le calcul voir poste de recirculation)

Le volume de décanteur est :

$$V = Q_d * T$$

$$V = 110.04 * 1,5 = 165.06\text{m}^3$$

La surface de décanteur :

$$S = \frac{Q_d}{V} = 110.04\text{m}^2$$

Avec :

Q_d : Le débit de dimensionnement du décanteur ($Q_d=110.04\text{m}^3/\text{h}$)

V : la vitesse ascensionnelle ($V = 1$ m/h)

Le diamètre du décanteur :

$$s = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 110.04}{3,14}} = 11.83\text{m}$$

On prend un diamètre normalisé du décanteur $D=15\text{m}$

La surface du décanteur par le diamètre normalisé :

$$S = \pi * \frac{D^2}{4} = \frac{3,14 * 15^2}{4} = 176.625\text{m}^2 = 177\text{m}^2$$

D'après le tableau (annexe 3) le volume de digestion varie de 1 à 1,5 x V_{admis} , on prend un volume de digestion de 1,5 x V_{admis} pour 175 l/EH.

Pour 3656 EH, le volume de digestion V_d est :

$$V_d = 175 * 3565 * 1,5 = 935812.5 \text{ l soit } 935.13 \text{ m}^3$$

Le volume du décanteurs-digesteurs est égal à la somme de volume du décanteur et le volume correspondant à la digestion.

D'où on a un décanteur-digesteur de volume : $V = 1100.88 \text{ m}^3$.

On prévoit donc un décanteur-digesteur avec les caractéristiques suivantes :

- $V = 1100.88$
- $S = 177 \text{ m}^2$
- $D = 15 \text{ m}$
- $H = 8 \text{ m}$

La décantation primaire élimine 30% de DBO_5 et 60% de matières en suspension (MES). Les charges de l'entrée et à la sortie du décanteur-digesteur sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Les charges de l'entrée et à la sortie du décanteur-digesteur

Charges polluantes	DBO_5 en (Kg / j)	MES en (Kg / j)
Charges polluantes à la entrée du Décanteur Primaire en Kg / j	213.9	285.2
Charges polluantes éliminées en Kg/j	64.17	171.12
Charges polluantes à la sortie du Décanteur Primaire en Kg / j	149.73	114.08

Les charges polluantes à la sortie du décanteur primaire (DP) correspondent aux charges polluantes à l'entrée du lit bactérien.

Tableau 8 : les dimensions de digesteur

	Unité	Valeur
Le débit Q_d	m^3/h	110.04
le débit Q_p	m^3/h	55.02
La surface	m^2	177
Le volume	m^3	1100.88
Le diamètre	m	15

III.11.Traitement biologique

III.11.1.lit bactérien :

Dimensionnement du lit bactérien

La technique d'épuration par lit bactérien est un procédé de traitement biologique aérobie à culture fixé.

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux (pouzzolane ou plastique) poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

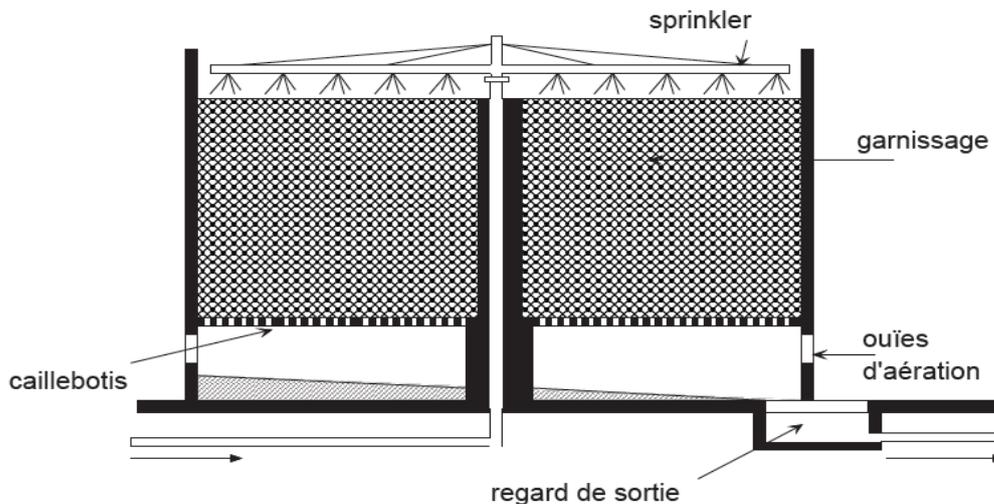


Figure 31 : Schéma d'un lit bactérien en couple verticale [38].

Les micro-organismes sont retenus sur un support, appelé garnissage, sous la forme d'un biofilm. Il s'agit d'une couche dense de bactéries, qui ont la capacité de produire des polymères leur permettant de former un film et d'adhérer à un support. Le garnissage est arrosé avec l'eau usée à traiter, après une décantation primaire ou un simple tamisage fin. Le temps de passage de l'eau au sein du système est très court, de l'ordre de quelques minutes.

Pour ne pas avoir un colmatage rapide de la culture bactérienne, il faut effectuer les opérations de prétraitement suivantes : dégrillage, dessablage, dégraissage et décantation primaire (décanteurs-digesteurs). Puis, l'effluent (eau à traiter) est réparti aussi uniformément que possible (dispersion en pluie par une grille de répartition rigoureusement plane) à la surface du filtre.

Ensuite l'effluent (eaux à traiter) va être aspergé sur le lit bactérien grâce à un sprinkler, là les bactéries aérobies vont minéraliser la matière organique en suspension. L'aération dans le lit bactérien est réalisée par tirage naturel ou par ventilation. Ainsi, une aération abondante, par le sommet et le bas du massif filtrant provoque sur ce dernier le développement d'une flore microbienne aérobie de plus, la percolation lente de l'effluent rend le processus d'oxydation efficace.

Lorsque la pellicule bactérienne devient trop importante, elle se détache naturellement ; elle doit alors être séparée de l'effluent par décantation. L'eau va donc dans un décanteur secondaire (ou clarificateur) afin d'éliminer les éventuelles boues restantes.

La concentration de la DBO₅ à l'entrée de la station est égale 202.26 mg /l, après une décantation primaire qui élimine 30% de la DBO₅, il reste à l'entrée du lit bactérien, une concentration de DBO₅ égale 141.582mg/l,

Comme on désire une DBO₅ de sortie de l'ordre de 30 mg /l, le rendement d'épuration est alors égale a :

$$\eta(\%) = 1 - \frac{30}{285.74} \times 100 = 89\%$$

Nous avons dimensionné un lit bactérien de forte charge et des matériaux traditionnel (pouzzolane) d'après le tableau 9 en prend comme donnée de base :

Hauteur de lit (matériau traditionnel) = 2m

Charge organique (forte charge) = 1.5Kg DBO₅ /m²/j

Charge hydraulique = 2.09 m³/m²/h

Tableau 9 : charge hydraulique et volumique

Charges	Faible	Forte
- DBO ₅ kg/m ³ .j	0,08 à 0,15	0,7 à 0,8
- charge hydraulique M ³ /m ² .h	< 0,4	> 0,7

Calcul de la surface totale requise du lit

Elle est donnée par la formule suivante :

$$CH = \frac{Q(1+R)}{A} = 1.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

R=1 (voir la recirculation et le tableau 1.6 de annexe III) alors $CH = \frac{2 \times Q}{A}$

$$A = \frac{2 \times Q}{CH} = 73.36 \text{ m}^2$$

Calcul du volume rempli du lit

Il est donné par :

$$H = 2\text{m}$$

$$V=S \cdot H=146.72 \text{ m}^3$$

Avec :

V: volume

S: surface

H : hauteur choisie (m)

$$D=\sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}}=9.66\text{m}$$

$$D=10\text{m}$$

Calcul de la surface unitaire d'un lit

C'est la surface totale requise du lit, divisée par le nombre de lits choisis :

Dans notre cas on a choisi 2 filières pour assurer le fonctionnement de la STEP lors des opérations de la maintenance et le nettoyage

$$Su = \frac{S}{N}$$

$$Su = \frac{73.36}{2} = 36.68\text{m}^2$$

Avec :

Su : surface unitaire (m²)

S : surface requise (m²)

N : nombre de lits choisis

Calcul du diamètre requis du lit

Le diamètre requis du lit bactérien de forme circulaire est calculé par la formule suivante :

$$Dr = \sqrt{\left(\frac{4 * Su}{\pi}\right)} \rightarrow Dr = \sqrt{(4 * 36.68/3,14)} = 6.84\text{m}$$

Pour un diamètre normalisé nous prenons : D=8m

Avec :

Dr : diamètre requis (m)

Su : surface requise (m²)

Calcul de la charge volumique

La charge organique volumique d'un lit bactérien est donné par :

$$C_v = \frac{24 \cdot Q \cdot S_0}{(V \cdot 1000)}$$

$$C_v = 2.5 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3 \cdot \text{j}$$

Avec :

C_v : charge volumique (kg DBO₅/m³.j)

Q : débit

S_0 : concentration en DBO₅ à l'entrée du lit (mg/l)

V_{tr} : volume total rempli (m³)

Tableau 10 : caractéristique du lit bactérien

Hauteur de Lit	M	2.5
Charge organique	kgDBO ₅ /m ² /j	0.7
Charge hydraulique	m ³ /m ² /h	2.09
Surface requise	m ²	73.36
Volume remplis	m ³	146.72
Surface unitaire	m ²	36.68
Diamètre requis	M	8
Charge volumique	kg DBO ₅ /m ³ . j	2.5

- Débit auto curage :

Tableau 11 : la surface superficielles des matériaux de remplissage.[41]

Matériaux de garnissage	Densité (Kg/m ³)	Surface spécifique (m ² /m ³)	Indice de vide (%)
Pouzzolane	600	105	50
Galets	1600	90	50
Plastique vrac	40-80	95-200	95
Plastique ordonné	30-90	90-200	90

$$Q_a = S_s \times 0.015$$

$$Q_a = 105 \times 0.015$$

$$Q_a = 1.58 \text{ m}^3/\text{h par m}^2$$

Avec :

Q_a : m³/h par m² de section mouillée du lit bactérien

S_s : surface spécifique du garnissage (m²/m³)

H : hauteur de garnissage (m)

0,015 constante empirique (m³/h par m)

- *Débit de Lessivage (Q_{lev})*

$$Q_{lev} = Q_a * 2$$

$$Q_{lev} = 3.16 \text{ m}^3/\text{h par m}^2$$

III.12 Dimensionnement de la recirculation

Les lits à forte Charge ne nécessitent pas généralement une recirculation mais on fait la recirculation dans ce cas pour diluer les eaux brutes dont la concentration est trop élevée pour assurer un traitement secondaire efficace, augmenter le rendement par des passages successifs dans le massif filtrant,

Selon le tableau (Annexe3), on adopte un taux de recyclage de 100%.

Pour notre station on prend un taux de recyclage de 100%.

Le taux de recyclage r est donné par la formule :

$$r = \frac{R}{Q_p}$$

Avec

r : taux de recyclage

R : débit de recirculation

Qp : débit de point

Le débit de recirculation R est :

$$R = r * Q_p = 1 \times 55.02 = 55.02 \text{ m}^3/\text{h}.$$

III.15.1 Conduite de refoulement :

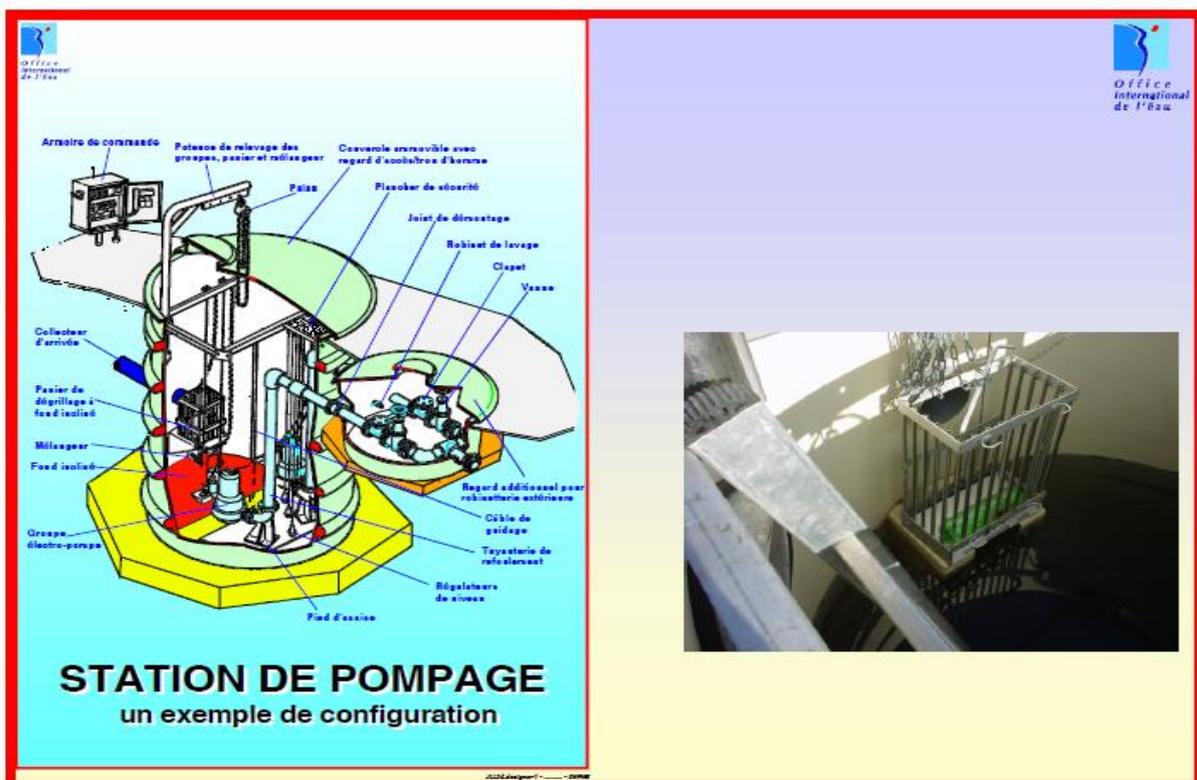


Figure 32 : station de pompage [42]

. Le diamètre de la conduite de refoulement a été calculé de façon à avoir une vitesse de circulation proche de 1 m/s lors du pompage. Calcul du diamètre :

$$Q = v \cdot S = v \cdot \pi \cdot D^2 / 4$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v}} = 0.14 = 0.15$$

$$D = 150 \text{ mm}$$

Hauteur d'élévation :

La hauteur d'élévation, aussi appelés Hauteur Manométrique Totale (HMT), correspond à la hauteur géométrique (différence entre le point bas et le point le plus haut) + les pertes de charges à l'aval de la pompe.

Hauteur géométrique :

- côte point bas = côte arrivée réseau EU - 1.00 m (pour ne pas dénoyer les pompes)
Hauteur le plus bas=791-1=790m
- côte point haut = côte TN point haut - 1 m (profondeurs du réseau de refoulement)

Hauteur de point le plus haut=793-1=792m

Donc Hauteur géométrique =Hgeo=792-790=2m

Pertes de charges :

Les pertes de charges sont la somme des pertes de charge linéaires et des pertes de charge singulières. Les pertes de charge linéaires ont été évaluées à partir de la formule universelle :

$$J_L = \lambda \cdot (l \cdot v^2) / (2 \cdot g \cdot D^5)$$

$$J_L = 2.27 \text{ m}$$

Les pertes de charge singulières se calculent de la manière suivante :

$$J_{C_{\text{total}}} = \sum J_{C_{\text{unitaires}}} \quad \text{avec : } J_{C_{\text{unitaires}}} = K \cdot \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Tableau 12 : Les différentes singularités que l'on peut retrouver à l'aval des pompes avec leur valeur de K

Description :	K :	Nombre :
Pied d'assise	0,3	1
Coude à 90°	0,27	1
Vanne opercule	0,12	1
Connection T	0,5	1
Clapet	2	1
Sortie	1	1
Total :	K=	4,19
Pertes de charge singulières JC (m) =		0,21

$$HMT = H_{\text{geo}} + J_L + J_{C_{\text{total}}} = 4.48$$

Puissance : La puissance de la pompe se calcule à partir de la relation suivante :

$$P = \frac{g \times Q \times HMT}{\eta_c} = 1.68 \text{ Kw}$$

Volume utile de la bêteche :

Le volume utile de marnage est le volume compris entre le niveau haut de démarrage de la pompe et le niveau bas d'arrêt. Il peut être calculé par la formule préconisée par le fascicule 81 relatifs à la construction d'installations de pompage :

$$V = \frac{Q}{4 \times n \times z}$$

$$V = 4.59 \text{ m}^3$$

d'où $V = 4.59 \text{ m}^3$ soit pour une bêteche circulaire de 2 m de diamètre, une hauteur de marnage

$$H = 1.46 \text{ m}$$

III.13. Gestion des boues

III.13.1. Evaluation de volumes des boues

La connaissance du volume journalier des boues produites est nécessaire pour le choix de la filière de traitement des boues.

On doit distinguer deux boues : boue primaires (boue produite par le décanteurs-digesteurs) et boues secondaires (boue produite par le clarificateur ou décanteur secondaire).

Le volume des boues primaires est évalué de la manière suivante :

Le flux Q_{MES} de matière en suspension (MES) entrant est de 285.2 kg/j.

Après décantation qui élimine 60% de MES, on a :

$$Q_{\text{MES}} = 0,4 * 285.2 = 114.08 \text{ kg/j}$$

En admettant une concentration des boues primaires C_{bp} égale à 50 g/l, le volume journalier des boues primaire V_{bp} est :

$$V_{\text{bp}} = \frac{Q_{\text{ME}}}{C_{\text{b}}}_{\text{p}} = \frac{114.08}{50} = 2.28 \text{ m}^3$$

La masse des boues secondaire M_s est donnée par :

$$M_s = a_m * L_e$$

Avec :

a_m : quantité oxygène nécessaire à l'oxydation de 1 kg de DBO_5

L_e : pollution éliminée

Pour un DBO_5 de sortie de 30 mg/l, la pollution éliminée est :

$$L_e = 320 * 60 * 10^{-3} = 19,2 \text{ kg/j}$$

En adoptant une valeur de a_m de l'ordre de 0,9, la masse M_s est :

$$M_s = 0,9 * 19,2 = 17,28 \text{ kg/j}$$

En admettant une concentration des boues secondaire C_{bs} égale à 40 g/l, le volume journalier des boues secondaire V_{bs} est :

$$V_{bs} = \frac{M_s}{C_{bs}} = \frac{17,28}{40} = 0,43 \text{ m}^3$$

Le volume journalier total des boues produites V_{tb} est égale à celui des boues primaires et secondaires, on a donc :

$$V_{tb} = V_{bp} + V_{bs} = 2,28 + 0,43 = 2,71 \text{ m}^3$$

III.13.2 Choix de la filière de traitement des boues

Nous choisissons comme filière de traitement des boues, le lit de séchage planté de roseaux. En effet, ce traitement semble le mieux adapté considérant le faible débit et présente de meilleures perspectives en vue de la valorisation agricole.

Les lits plantés de roseaux sont des ouvrages étanches qui ont à leur base un massif drainant reposant sur un plancher aéré. Le massif permet l'épaississement des boues tout en facilitant l'évacuation de l'eau interstitielle. Il est en outre naturellement ventile. Sa bonne aération permet l'obtention de percolas aérobies, lesquels sont recyclés en tête de station d'épuration sans nuire à son fonctionnement.

Le principe de séchage des boues sur lit planté de roseaux repose sur la mise en place d'un massif filtrant reconstitué, de granulométrie croissant de la surface vers le fond et drainé, sur lequel des boues sont disposées et dans lequel des macrophytes se développent.



Figure 33 : lit de séchage planté de roseaux [38].

Dimensionnement et disposition constructives

En se référant au document technique (FNDAE) établi par l'office internationale de l'eau et le fond national pour le développement des adductions d'eau on adopte les données de base suivantes pour le dimensionnement (Agence de l'eau. France, Juillet 2007) :

- ✓ Pour une charge admissible de l'ordre de 50 kg MS/m²/an, le dimensionnement correspond à 0,25 m²/EH.
- ✓ La hauteur totale sera de l'ordre de 2,5 m dont 1,8 m utile.
- ✓ La densité de plantation des roseaux est de 4 pieds par m² soit un pied tous les 50 cm dans toutes les directions. Il est recommandé de planter entre mars et septembre. En dehors de cette période, les roseaux meurent.

Avec ces données de base, on effectue le calcul suivant :

La surface totale S à mettre en œuvre pour une STEP de 3565 EH est :

$$S = 0,25 * 3565 = 891 \text{ m}^2.$$

Il est nécessaire de prévoir plusieurs lits (neuf lits voir plus selon les quantités à traiter) afin de respecter le période de repos sur chaque lit (FNDAE N°22 bis). En choisissant 9 lits,

La surface S_l de chaque lit est :

$$S_l = \frac{S}{9} = \frac{891}{9} = 99 \text{ m}^2 \approx 100 \text{ m}^2$$

Pour une hauteur de 2,5 m, le volume V du lit est :

$$V = 100 * 2,5 = 250 \text{ m}^3.$$

. Donc chaque lit aura un volume de 250 m³.

Le nombre N de pied de roseaux à planter est :

$$N = 100 * 4 = 400 \text{ pieds par lit.}$$

$$N_T = 400 * 9 = 3600 \text{ pieds pour 9 lit}$$

Il est indispensable de surveiller la qualité du massif filtrant et les différents matériaux qui doivent satisfaire à certains critères notamment, la taille, la forme, composition, lavage si nécessaire avant la mise en place afin d'optimiser les performances hydraulique de l'installation.

Conclusion

Ce projet présenté ici a permis de présenter les solutions possibles pour le traitement des eaux usées de la commune d'El Khemis. L'étude nous permet de conclure que la station à lit bactérien est le meilleur moyen de traitement des eaux usées pour la commune et pour la protection des milieux aquatiques. En effet, malgré les contraintes du site, comme le risque d'inondation, le lit bactérien permettra de gérer les eaux de la commune tout en ayant un coût d'entretien et un impact sur le milieu aquatique très faible. De plus, la station d'épuration, étant dimensionnée pour le développement futur de la population de l'El Khemis, ne sera pas un frein au développement local et économique futur de la commune.

Cette étude permettra aux élus de la commune d'Elkhemis de conforter le choix de la méthode de lit bactérien pour le traitement des eaux usées auprès des décideurs de la wilaya.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre travail a été d'estimer d'une part le débit des eaux usées à évacuer aux années futures, avec identification de la qualité physicochimiques de ces eaux et la charge polluante en termes de matière organique. D'autre part, d'étudier la possibilité de projeter un système d'épuration des eaux résiduaires.

Après avoir examiné l'état du lieu et recenser toutes les données sur la région, nous avons étudiée la variante du système d'épuration par lit bactérien. L'horizon de référence est l'an 2045, où le débit moyen journalier des eaux usées sera 524m³/j et DBO totale=408.2 mg/l d'O₂. Le système épuration par lit bactérien est d'une grande simplicité et de ce fait plusieurs risques disparaissent tels que les risques mécaniques ou les risques dus aux réactifs chimiques, néanmoins, il est toujours utile de rappeler que des dangers existent toujours et seul le respect strict des consignes de sécurité pourra empêcher ces risques de se produire.

Le lit bactérien est un procédé dans lequel on n'observe pratiquement jamais de problème d'adhésion de la biomasse, ni de problèmes d'aération. La seule difficulté est la conduite hydraulique du procédé, qui consiste à jouer sur le débit de recirculation et la fréquence d'arrosage.

Parmi les avantages du lit bactérien, nous citerons :

- Bon rendement sur l'élimination de la pollution carbonée.
- Coûts de fonctionnement modérés.
- Exploitation peu contraignante.
- Minéralisation des boues.
- Emprise foncière limitée.

Ce projet présenté ici a permis de présenter les solutions possibles pour le traitement des eaux usées de la commune d'El Khemis qui constitue notre zone d'étude et qui compte une population d'environ **2293** habitant lors de derniers recensement(2008). D'après les calculs quant à l'évolution de la population, on a obtenu un résultat d'environ **3565 habitants** à l'horizon **2045**. Les eaux usées rejetée par cette population engendreront, en effet, un débit considérable (**360 m³/jour**) (d'après le P.D.A.U et 524 m³/jour d'après nos calculs) et un important volume pouvant contaminer le milieu naturel.

Afin d'éviter cette nuisance, un système d'épuration devra être projeté, qui aura pour objectif de traiter les eaux usées et ainsi protéger la population et l'environnement de la région d'étude. Notre étude a abouti sur le fait que la station à lit bactérienne est le meilleur moyen de traitement des eaux usées pour la commune et pour la protection des milieux aquatiques. En effet, malgré les contraintes du site, comme le risque d'inondation, le procédé à lit bactérien permettra de gérer les eaux de la commune tout en ayant un coût d'entretien et un impact sur le milieu aquatique très faible. De plus, la station d'épuration, étant dimensionnée pour le développement futur de la population de l'El Khemis, ne sera pas un frein au développement local et économique futur de la commune.

Bibliographique et Webographie

[1] **Rahou Kada B., (2014).** Evaluation des performances des aérateurs de surface de la STEP d'El Kerma, Oran. Mémoire de master, département de génie chimie, université d'Oran.

[3] <http://eauxenvironnement.blogspot.fr/2012/07/temperature-c-deau.html>

[2] **Olivier A., Catherine Boutin., Philippe Duchène., (1997).** Filière d'épuration adaptée aux petites collectivités FNDAE N°22.

[4] **Sophie Vandermeersch., (2006).** Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes, Master gestion de l'environnement.

[5] **Wafae BELOKDA., (2009).** Contribution à une gestion des effluents liquides hospitaliers Université chouaibdoukkali El jadida. Master génie de l'environnement et santé.

[6] https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/matiere_en_suspension_mes.php4

[7] **Viceconsejería de Industria y Energía del Gobierno de Canarias Institut Technologique des Canaries, S.A., (2011).** Technologies d'épurations des eaux usées pour petites agglomérations urbaines.

[8] <https://fr.scribd.com/document/272803525/Eaux-Usees-Cours>

[9] **Gaëlle Deronzier., Jean-Marc Choubert., (2002).** Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique.

[10] **BETTACH Ali.; (2013).** Traitement des eaux usées domestiques par biodénitrification : effet du nitrate Université ChouaibDoukkali – Maroc.

[11] <http://www.cpepesc.org/Les-principaux-parametres.html>

[12] **Hélène Peeters., (2014).** Les filières de traitement extensif des eaux usées : Des procédés en expansion dans le secteur de l'épuration Centre d'expertise en traitement et gestion de l'eau.CEBEDEAU

[13] Mémoire d'école inter- états d'ingénieurs cas du centre de formation de l'ONEA (2004) : Comparaison de filières intensives et extensives d'épuration des eaux usées à Ouagadougou (BURKI NAFASO)

[14] **Direction de l'eau et de l'assainissement Lille Métropole., (2003).** Filière d'épuration des eaux usées adaptés aux petites collectivités feuille.

[15] **SELMI Bachir., (1999).** Guide technique de l'assainissement. SATIN Marc.2ème édition ;p680.

[16] <http://www.wikiwater.fr/a24-l-epuration-des-eaux-usees-par.html>

[17] **JAYLE Stéphane .,(2008).** Les filières d'épuration pour les petites collectivités. p23.

[18] **Fascicule Technique., (2013).** Procédés de traitements des eaux usées adaptés aux petites communautés moins de 5000 personne raccordés aux réseaux public d'assainissement. p78.

[19] **UMR ECOBIO., (2009).** Traitement des effluents d'élevage par l'utilisation de la lombrifiltration complétée d'un lagunage par une zone humide artificielle.6553.AgroParisTech

ENGREF. Mémoire, Institut national de recherche agronomique de Rennes.

[20] **Guide de procédés d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités., (1991).** Relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. N° 91/271 Mise en œuvre de la directive du Conseil.

[21] **Awa Sarr.,(2005).** Mécanismes d'élimination de l'azote et du phosphore dans les eaux usées domestiques traitées par lagunage sous climat sahélien possibilités et limites de leur réutilisation comme fertilisants en agriculture urbaine à Ouagadougou. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur de l'équipement rural à la direction des études et des services académiques.

[22] <http://eauxenvironnement.blogspot.fr/2012/07/temperature-c-deau.html>

[23] <https://assainissement.ooreka.fr/comprendre/lagunage-eaux-usees>

[24] https://fr.m.wikipedia.org/wiki/épuration_des_eaux

[25] <http://www.eiffagetravauxpunlics.com/genie-civil>

[26] **HPO LOT 09.** Etude de raccordement et unification des rejets à travers la commune de BENI SNOUS.

[27] **ANRH., (1905-2005).** Station de Sabra.

[28] **P.D.A.U., (2008).** Commune de Beni snouss.

[29] http://www.dpd.cdc.gov/dpdx/irrf/filariasis/w_bancrofti_lifecycl

[30] <http://vac607-jjr.e-monsite.com/pages/science/les-differents-vaccins.html>

[31] <https://fr.m..wikipedia.org/wiki/Entérocoque>

[32] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/streptocoque>

[33] **AERM., (2007).** Lagunage aéré – Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse p 1/10.

[34] www.isma.fr/produits/lagunage-aere/

[35] **VERON Michel.,(2017).**Leading Auto Shocks & Struts
Manufacturerleacree.com Collective Photo-Reims Leacree's Autotech.

[36] **Etude d'un système d'épuration par lagunage à travers la wilaya de Tiaret.** Lot 04 :
Ain dheb.

[37] **BENNI Saad.** Hydraulique et hydrologie 2eme édition.

[38] **PRONST R J.,(2002).** Lit plante roseaux document technique F.D.A.E station
d'épuration : disposition constructive pour améliorer leur fonctionnement et facilité leur
exploitation. p64.

[39] **Journal Officiel de la République Algérienne., (2006).**

[40] **agence de l'eau. France, juillet 2007**

[41] **A.G.SADOWSKI.,(2008).**cours sur l'épuration des eaux. MISEAD-ENGEES

ANNEXES :

Annexe.1 : Domaine d'utilisation et performances de chaque filière d'épuration extensives des eaux usées

Tableau 13 : domaine d'utilisation et performances de lagunage naturel. [12]

Domaine d'utilisation et performances

Domaine d'utilisation conseillé

Caractéristique du site		
Caractéristiques physiques du site	Pente du terrain > 5 %	☹
	Présence d'une roche affleurante	☹
	Nappe affleurante ou proche (< 0,7 m)	☹
Surface disponible	< 1m ² /EH	☹
	de 1 à 5 m ² /EH	☹
	de 5 à 10 m ² /EH	☹
	> 10 m ² /EH	☺
Impacts tolérés compte tenu de la proximité d'habitations	Impact visuel	☺
	Impact olfactif	☹
	Impact sonore	☺
Niveau de traitement		
Pollution carbonée		☺
Matière en suspension		☹
Pollution azotée (NK)		☹
Pollution azotée (NGL)		☹
Pollution phosphorée		☹
Désinfection		☺

Tableau 14 : domaine d'utilisation et performances les massifs filtrants. [12]

Domaine d'utilisation et performances

Domaine d'utilisation conseillé

Caractéristique du site		
Caractéristiques physiques du site	Pente du terrain > 5 %	☹
	Présence d'une roche affleurante	☺
	Nappe affleurante ou proche (< 0,7 m)	☹
Surface disponible	< 1m ² /EH	☹
	de 1 à 5 m ² /EH	☺
	de 5 à 10 m ² /EH	☺
	> 10 m ² /EH	☺
Impacts tolérés compte tenu de la proximité d'habitations	Impact visuel	☹
	Impact olfactif	☹
	Impact sonore	☺
Niveau de traitement		
Pollution carbonée		☺
Matière en suspension		☺
Pollution azotée (NK)		☺
Pollution azotée (NGL)		☹
Pollution phosphorée		☹
Désinfection		☹

Tableau 15: domaine d'utilisation et performances les filtres plantes roseaux. [12]

Domaine d'utilisation et performances



Caractéristique du site		
Caractéristiques physiques du site	Pente du terrain > 5 %	☹️
	Présence d'une roche affleurante	☹️
	Nappe affleurante ou proche (< 0,7 m)	☹️
Surface disponible	< 1m ² /EH	☹️
	de 1 à 5 m ² /EH	☹️
	de 5 à 10 m ² /EH	😊
	> 10 m ² /EH	😊
Impacts tolérés compte tenu de la proximité d'habitations	Impact visuel	😊
	Impact olfactif	😊
	Impact sonore	😊
Niveau de traitement		
Pollution carbonée		😊
Matière en suspension		😊😊
Pollution azotée (NK)		😊
Pollution azotée (NGL)		☹️
Pollution phosphorée		☹️
Désinfection		☹️

Tableau 16 : domaine d'utilisation et performances Tallis a très courte rotation. [12]

Domaine d'utilisation et performances



Caractéristique du site		
Caractéristiques physiques du site	Pente du terrain > 5 %	☹️
	Présence d'une roche affleurante	☹️
	Nappe affleurante ou proche (< 0,7 m)	☹️
Surface disponible	< 1m ² /EH	☹️
	de 1 à 5 m ² /EH	☹️
	de 5 à 10 m ² /EH	☹️
	> 80 m ² /EH	😊
Impacts tolérés compte tenu de la proximité d'habitations	Impact visuel	😊
	Impact olfactif	😊
	Impact sonore	😊
Niveau de traitement		
Pollution carbonée		😊
Matière en suspension		😊
Pollution azotée (NK)		😊
Pollution azotée (NGL)		😊
Pollution phosphorée		😊
Désinfection		☹️

Tableau 17 : domaine d'utilisation et performances lombrifiltration. [12]

Domaine d'utilisation et performances



Caractéristique du site		
Caractéristiques physiques du site	Pente du terrain > 5 %	😊
	Présence d'une roche affleurante	😊
	Nappe affleurante ou proche (< 0,7 m)	😞
Surface disponible	< 1m ² /EH	😞
	de 1 à 5 m ² /EH	😊
	de 5 à 10 m ² /EH	😊
	> 10 m ² /EH	😊
Impacts tolérés compte tenu de la proximité d'habitations	Impact visuel	😞
	Impact olfactif	😊
	Impact sonore	😊
Niveau de traitement		
Pollution carbonée		😊
Matière en suspension		😊
Pollution azotée (NK)		😞
Pollution azotée (NGL)		😞
Pollution phosphorée		😞
Désinfection		😞

0

Annexe2

1. DONNEES CLIMATOLOGIQUES

D'après les données climatologiques effectuées, la zone d'étude est caractérisé par :

- Un climat méditerranéen, oscille entre le semi-aride et le subhumide, chaud et sec en été, relativement doux en hiver ;
- une pluviométrie moyenne annuelle de **465** mm ;
- une température moyenne annuelle aux alentours de **16.4°C** ;
- une évaporation maximale estival s'élève à **190** mm et un minimum hivernal de **40** mm ;
- une vitesse moyenne mensuelle de vent est de **2.37** m/s. [26]

2. SITUATION DEMOGRAPHIQUE

La zone d'études est située dans l'Ouest de la wilaya de Tlemcen.

Tableau 18 : Evolution du nombre d'habitants à différents termes de la zone d'étude [28]

HORIZON	2008	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
POPULATION	2 289	2 488	2 641	2 804	2 976	3 159	3 353	3 559

3. ALIMENTATION EN EAU POTABLE

3-1-Estimation des besoins théoriques en eau potable :

D'après les calculs nous avons obtenu le tableau suivant :

Tableau19 : Estimation des besoins totaux en eau potable de la zone d'étude. [28]

HORIZON	2008	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045
population totale	2 289	2 488	2 641	2 804	2 976	3 159	3 353	3 559
Besoins journaliers moyens en eau potable 'Q_j_{moy} (m³/j)'	343	373	396	421	446	474	503	534
Besoins journaliers moyens des équipements 'Q_{équipement} (m³/j)'	17	19	20	21	22	24	25	27
Besoins journaliers moyens totaux 'Q_{j moy totaux} (m³/j)'	360	392	416	442	468	498	528	561

ANNEXES 03

TABLEAU 20 : ÉVALUATION DU DÉBIT D'ÉQUIPEMENTS EXISTANTS [26]					
Nature d'Equipements	Nombre d'écoles, CEM, Lycées, Universités, crèches ou	Nombre d'élèves, patients, lits,	Dotation (l/j/élève), (l/j/personne), (l/j/lit) ou (l/j/m ²)	Débit d'équipements Q _{éq} (m ³ /j)	Débit d'équipements Q _{éq} (l/s)
Ecole	2	1960	10	39,2	0,4537
EQUIPEMENT SANITAIRE					
Polyclinique	1	308	10	3,08	0,03565
Mosquée	3	2933	10	87,99	1,0184
Siège APC	1	451	10	4,51	0,0522
Equipements Sportifs					
Site historique	1	414	10	4,14	0,04792
CNAS	1	384	10	3,84	0,04444
GC	1	1537	10	15,37	0,17789
Centre culturel	1	556	10	5,56	0,06435
Agence Sonelgaz	1	85	10	0,85	0,00984
PTT	1	456	10	4,56	0,05278
Activités commerciales					
Marché	1	1665	10	16,65	0,19271
Total				185,75	2,15

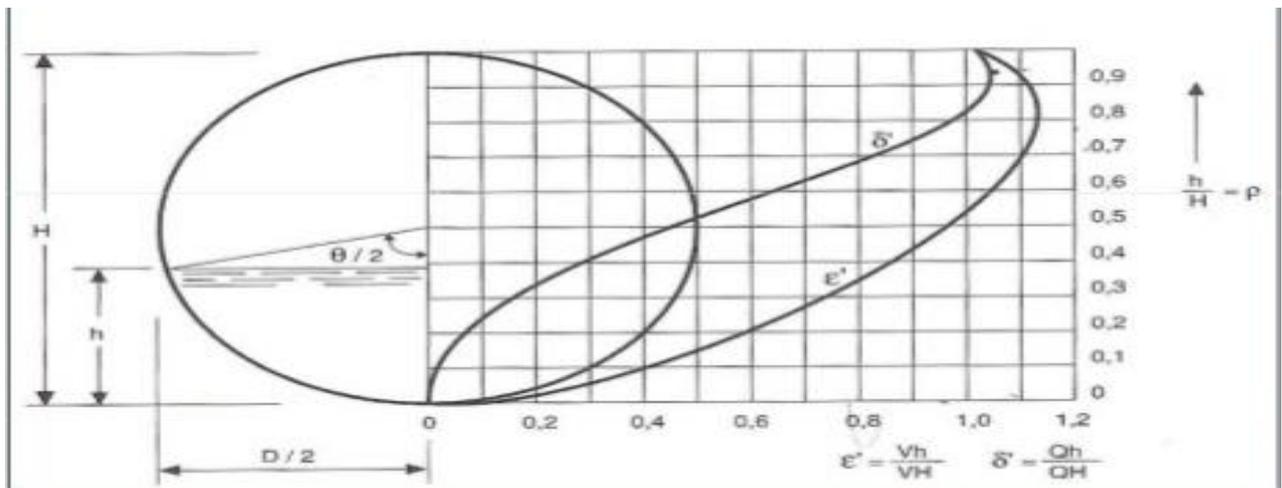


Figure 35 : Section circulaire .vitesse, débit pour les différentes profondeurs d'eau. [40]

Tableau 21 : Les points-clé du dimensionnement des lits bactérie [41]

Paramètres	Unité	Valeurs standard ⁽¹⁾		Valeurs préconisées ⁽²⁾
Prétraitement				
Espacement barreaux dégrillage	cm	3		3
Décanteur-digesteur				
Vitesse ascensionnelle	m/h	1 à 1,5		1,5
Temps de séjour	h	1,5		/
Volume de digestion		1 à 1,5 x Vadmis		1,5 x Vadmis
Lit bactérien				
Hauteur de lit matériau traditionnel	m	2,5		2,5
Hauteur de lit matériau plastique	m	4		4
Charge organique				
Faible charge	kg DBO ₅ /m ³ /j	0,08 à 0,2		0,2
Forte charge	kg DBO ₅ /m ³ /j	0,7 à 0,8		0,7
Très forte charge	kg DBO ₅ /m ³ /j	1 à 5		1,1
Charge hydraulique				
Faible charge	m ³ /m ² /h	0,04 à 0,20		0,4
Forte charge	m ³ /m ² /h	0,6 à 1,6		1,05
Très forte charge	m ³ /m ² /h	1,5 à 3		1,05
Charge maximale	m ³ /m ² /j	40		25
Objectif de rejet	mg DBO ₅	≤ 35	≤ 25	≤ 30
Garnissage traditionnel				
Vitesse ascensionnelle	m/h	1,2	1,0	/
charge organique	kg DBO ₅ /m ³ /j	0,7	0,4	/
hauteur de matériau	m	2,5	2,5	/
charge hydraulique	m ³ /m ² /h	1,0	0,7	/
taux de recyclage	%	/	/	200
taux de recirculation	%	200	250	20
Garnissage plastique				
Vitesse ascensionnelle	m/h	1,2	1,0	
charge organique	kg DBO ₅ /m ³ /j	0,7	0,4	/
hauteur de matériau	m	4,0	5,0	/
charge hydraulique	m ³ /m ² /h	2,2	1,8	/
taux de recyclage	%	/	/	200
taux de recirculation	%	200	250	20
Clarificateur				
Vitesse ascensionnelle	m/h	1		1,4 si recyclage amont primaire, 1,0 si amont lit
Hauteur périphérique	m	2 (réseau séparatif) 2,5 (réseau unitaire)		2 (réseau séparatif) 2,5 (réseau unitaire)
Pente du radier (statique/raclé)	°	> 55 / < 5		> 55 / < 5