

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان
Université Abou bekr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de Technologie

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master
En : hydraulique
Spécialité : Hydroinformatique.

Thème

**Contribution à l'élaboration d'un logiciel pour le dimensionnement
D'une station d'épuration**

Réalisé par :

CHERIF Mohammed Amin.

Soutenu publiquement, le .../06/2017, devant les membres du jury composé de :

M. MEGNOUNIF ABDESSELAM	Président	Univ. Tlemcen
M. BESSEDIK Madani	Encadreur	Univ. Tlemcen
M. DEBBAL Mohammed Zakaria	Co-Encadreur	Univ. Tlemcen
M. ADJIM Mohamed	Examineur	Univ. Tlemcen
M. BOUMEDIENE Maamar	Examineur	Univ. Tlemcen

Année universitaire : 2016-2017

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie Dieu qui m'a donné la puissance pour achever ce modeste travail.

Je souhaite témoigner toute ma gratitude à mes parents, qui m'ont, tout au long de ces années, fourni les moyens nécessaires pour mener à bien mes études.

J'exprime ma reconnaissance et ma gratitude à mes encadreurs Monsieur BESSEDIK MADANI et Monsieur DEBBAL MOHAMMED ZAKARIA pour leur soutien, aide, disponibilité, l'intérêt constant et constructif qu'ils ont toujours manifesté, durant notre formation et durant la préparation de ce mémoire. Ce travail n'aurait jamais pu aboutir sans eux, qui ont toujours su consacrer un peu de leur temps à mes calculs. Qu'ils trouvent ici l'expression de mes sincères gratitudes.

Nos plus vifs remerciements s'adressent à Monsieur MEGNOUNIF ABDESSELAM de nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury.

Que Monsieur ADJIM MOHAMED, et Monsieur BOUMEDIENE MAAMAR, reçoivent l'expression de ma profonde reconnaissance d'avoir accepté d'être examinateurs de ce travail.

Nous adressons également notre profonde gratitude à tous les professeurs de l'université Aboubekr Belkaid en particulier ceux du département d'HYDRAULIQUE.

Nos remerciements s'attarderont aussi à nos amis de plus longue date, à la promotion 2016-2017. Les nommer serait inutile, ils se reconnaîtront. Qu'ils sachent que leur amitié nous est précieuse.

Cherif Mohammed Amin

DEDICACES

C'est avec la plus grande émotion et la plus grande joie que je dédie ce modeste travail à mes chers parents que ne cessent de s'sacrifier pour le bonheur de leur fils.

Je le dédie aussi

- ✓ A mon frère et mes sœurs.
- ✓ A mes chers amis.
- ✓ A mes collègues de la faculté d'Abou bekr belkaid et en particulier à ma promotion d'hydraulique.
- ✓ A tous les professeurs qui m'ont assisté tout au long de mon cursus.
- ✓ A tout la famille.

Et a tous ceux et celles qui m'ont soutenu de près ou de l'oïnt, ceux et celles que j'aime et qui me sont chers.

Cherif Mohammed Amin

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو تصميم برنامج بواسطة بيئة ماتلاب الذي يسمح لنا بالتحجيم مختلف اعضاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي بواسطة الحمأة المنشطة، ومن اجل ذلك نحن نستند على الحسابات ميكانيكا الموائع وبعض الخبرات في التصميم الكلاسيكي للاستفادة من الجانب الفني والاقتصادي. أن هذا البرنامج يتيح للمستخدمين في المستقبل تحقيق مكاسب كبيرة في الوقت وبالتالي يكون تصميم محطات المعالجة سهل.

كلمات مفتاحية: محطة معالجة مياه-الحمأة المنشطة-برنامج-اعلام الي-التحجيم

ABSTRACT:

The goal of this work is to design a program by Matlab environment, which allows us to scale the different members of the sewage treatment plant by activated sludge. Therefore, we rely on fluid mechanics calculations and some classical design experience to take advantage of technical and economic aspects.

That this program allows future users to make significant gains in time and thus be designing treatment plants Easy.

Key words: WWTP- activated sludge- software- data processing- the dimensioning

RESUME :

L'objectif de ce travail est d'élaborer un logiciel, sous environnement Matlab, qui nous permet de dimensionner les différents ouvrages et équipements d'une station d'épuration, utilisant le procédé des boues activées. Pour l'élaboration de ce logiciel, nous nous sommes basés sur les calculs fondés sur des formules de la mécanique des fluides ainsi que certaines empiriques utilisées dans le dimensionnement classique des STEP. Le choix du procédé à boues activées est fait, car il présente, actuellement et encore durablement, l'avantage d'avoir le meilleur compromis technico-économique pour atteindre des rendements épuratoires très appréciables, d'où sa large utilisation dans notre pays. Par contre le dimensionnement, reste une tâche assez longue et complexe à réaliser. Ce logiciel permettrait aux futurs utilisateurs de faire des gains considérables en temps et pouvoir ainsi concevoir des stations d'épuration d'une manière aisée.

Mots clef : STEP - boues activées – logiciel – informatique – dimensionnement

LISTE DES ABREVIATIONS

$q_{o_2 \frac{j}{j}}$: La quantité d'oxygène journalière
$q_{o_2 \frac{2}{m^3}}$: La quantité d'oxygène par m^3
$q_{o_2 \text{pte}}$: La quantité d'oxygène en cas du point
w_a	: La puissance de la pompe nécessaire a l'aération
Ch_4	: Méthane
C_m	: Charge massique
C_v	: Charge volumique
ΔX	: la quantité des boues secondaire
ΔXB	: la quantité des boues primaire
ΔXT	: la quantité des boues primaire et boues secondaires
B	: largeur
Cl_2	: Le chlore
CO2	: Dioxyde de carbone
DBO5	: Demande Biologique (ou biochimique) en Oxygène
DBO5s	: demande biologique en oxygène a la sortie de décanteur primaire
DCO	: Demande Chimique en Oxygène
e	: épaisseur
EH	: Equivalent-Habitant
H	: hauteur
H_2	: Hydrogène
hab	: habitants
K	: La biodégradabilité
L	: longueur
Le	: la charge polluante à l'entrée du bassin biologique
Lf	: la charge polluante a la sortie du bassin biologique
MES	: Matière En Suspension
MM	: Matière Minérale
MVS	: Matière Volatile en Suspension
N	: Azote
NaOCl	: L'hypochlorite de sodium
NH2	: Ammoniac

NTK : Azote total Kjeidhal
P : Phosphore
pH : potentiel d'Hydrogène
Qd : Le débit diurne
Qexcès : Débit de boue en excès
Qj : Le débit journalier
Qmoyj : Le débit moyen horaire
Qp : Le débit de pointe
qsp : Débit spécifique
S : la surface
STEP : Station d'Épuration / Station de Traitement des Eaux Polluées
TS : Temps de séjours
V : volume
 β_1 : fraction de surface occupée par les barreaux
 β_2 : coefficient dépend de la forme des barreaux

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	I
DEDICACES	II
RESUME	III
LISTE DES ABREVIATIONS	IV
LISTE DES FIGURES ET PHOTOS	XI
LISTE DES TABLEAUX	XIII
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : Généralité sur les stations d'épurations a boue activée	
I.1) Généralité sur les eaux usees	2
I.1.1) Les types des eaux usées	2
a- Les eaux usées domestiques	2
b- Les eaux usées industrielles	2
c- Eaux usées pluviales	2
I.1.2) Les types des réseaux d'assainissement	3
I.1.2.1) Le système unitaire	3
I.1.3) Type de pollution	4
a- La pollution physique	4
b- La pollution chimique	4
c- La pollution microbiologique	4
I.1.4) Paramètres de mesure de la pollution	5
I.1.4.1) Paramètres physico-chimique	5
I.1.4.2) Paramètres biologiques	6
I.1.5) Traitement et épuration	6
I.1.5.1) Les procédés de l'épuration biologique intensif et extensif	6
I.2) Dimensionnement des ouvrages de la station boue activée	8

I.2.1) Les débits	8
I.2.1.1) Débit d'eau usée total journalier	8
I.2.1.2) Le débit moyen horaire	9
I.2.1.3) Le débit de pointe	9
I.2.1.4) Le débit diurne	9
I.2.2) Calcule les charges et les concentrations polluantes	9
I.2.2.1) Charge de la DBO5	9
I.2.2.2) Concentration de la DBO5	9
I.2.2.3) La charge en matière en suspension	9
I.2.2.4) Concentration de MES	9
I.3) Prétraitements	10
I.3.1) Le dégrillage	10
I.3.2) Le déssableur – déshuileur	15
I.3.3) La biodégradabilité :	18
I.4) Traitement primaire	19
I.4.1) Coagulation	20
I.4.2) Flocculation	21
I.4.3) Décantation	22
I.4.4) Boues primaires	23
I.5) Bassin biologique	25
I.5.1) Concentration de DBO5 entre dans le bassin	25
I.5.2) La charge polluante à la sortie	26
I.5.3) La charge polluante éliminée	26
I.5.4) Le rendement du l'épuration	26
I.5.5) Dimensionnement de bassin	26
I.5.6) Système d'aération	29
I.6) Décanteur secondaire (clarificateur).....	34
I.6.1) Dimensionnement de clarificateur	35

I.7) Dimensionnement de l'épaississeur	36
I.7.1) Le débit arrivant du décanteur secondaire	36
I.7.2) La quantité totale arrive à l'épaississeur	37
I.7.3) La concentration du mélange	37
I.7.4) Calcul le bassin de l'épaississeur	37
I.8) Dimensionnement du digesteur	38
I.8.1) Le débit des boues arrivant au digesteur	38
I.8.2) Le temps de séjour du digesteur	39
I.8.3) Le volume du digesteur	39
I.8.4) Le diamètre du digesteur	39
I.8.5) La surface horizontale	39
I.8.6) La quantité de matières sèches des boues fraîches	39
I.8.7) La quantité de matière organique dans la boue fraîche	40
I.8.8) La quantité du gaz produite	40
I.8.8) Le gaz moyen	40
I.8.9) La quantité du méthane :.....	40
I.8.9) La quantité minérale dans la boue	40
I.9) Lit de séchage	41
I.9.1) Le volume d'un lit	41
I.9.2) Volume des boues épandues par lit et par an	41
I.9.3) Volume des boues épandues par lit et par an	41
I.9.4) Volume de boue à sécher par an	42
I.9.5) Nombre de lits nécessaires	42
I.10) Traitement de désinfection	42
I.10.1) La dose journalière du chlore	42
I.10.2) Calcul la quantité de l'eau de javel remplacer la quantité du chlore	43
I.10.3) La quantité d'hypochlorite de sodium nécessaire	43
I.10.4) La quantité annuelle d'hypochlorite de sodium	43

I.10.5) Calcule de bassin de désinfection	43
Chapitre II : Formulation théorique et organigrammes	
II.1) Les domaines d'applications	45
II.2) Définition d'un programme d'informatique	45
a- Définition 1	45
b- Définition 2	45
II.3) Le choix de type de logiciel	45
II.3.1) Intérêts	46
II.3.2) Inconvénients	46
II.4) Définition de l'logiciel Matlab	46
II.5) Préparation de programme de calcul sur la station épuration boue activé	46
II.5.1) Les donnée de base :	48
II.5.2) Prétraitement (traitement mécanique)	49
II.5.4) Traitement primaire	51
II.5.5) Traitement biologique (secondaire)	52
II.5.6) Dimensionnement de décanteur secondaire (clarificateur)	53
II.5.7) Dimensionnement de l'épaississeur	53
II.5.7) Dimensionnement de digesteur (Méthaniseur)	53
II.5.7) Dimensionnement de lit de séchage	54
II.5.5) Traitement biologique (secondaire)	54
II.5.6) Dimensionnement de décanteur secondaire (clarificateur)	55
II.5.7) Dimensionnement du l'épaississeur	55
II.5.7) Dimensionnement de digesteur (Méthaniseur)	55
II.5.7) Dimensionnement de lit de séchage	56
II.5.7) Dimensionnement de désinfection	56
Chapitre III : Présentation du logiciel développé et étude de cas	
III.1) Cas I : Station de Remchi	57
III.1.1) Données de base de STEP Remchi	58

III.1.2) Résultat du programme	59
III.1.3) Donnée de dégrilleur	61
III.1.4) Donnée de déssableur-déshuileur	61
III.1.5) Résultat du programme	61
III.1.6) Données de bassin de biologique	64
III.1.7) Données de clarificateur	64
III.1.8) Données du l'épaississeur	65
III.1.9) Données de lit de séchage	65
III.1.10) Données du digesteur	65
III.1.11) Données de désinfection	65
III.1.12) Résultat du programme	65
III.2) Cas II : station de Sebdou	70
III.2.1) Données des bases	71
III.2.2) Résultat du programme	71
III.2.3) Données de dégrilleur	73
III.2.4) Données de déssableur-déshuileur	73
III.2.6) Données du bassin biologique	76
III.2.7) Données de clarificateur	76
III.2.8) Données de l'épaississeur	76
III.2.9) Données de lit de séchage	77
III.2.10) Données du digesteur	77
III.2.11) Données de désinfection	77
III.2.12) Résultats des données de filière boue et eau	77
Conclusion générale	83
Référence bibliographique	84

LISTE DES FIGURES ET PHOTOS

Figure I.1	: exemple d'une station d'épuration de type Boues Activées	8
Figure I.2	: dégrilleur manuelle	11
Figure I.3	: Dégrilleurs automatiques	11
Figure I.4	: l'inclinaison de dégrilleur et la hauteur	12
Figure I.5	: Quantité de déchets collectés par une grille à nettoyage mécanique	14
Figure I.6	: Un bassin de dessablage-déshuilage rectangulaire	15
Figure I.7	: Un bassin de dessablage-déshuilage circulaire	16
Figure I.8	: Schéma représentatif du traitement	20
Figure I.9	: Bilan sur le décanteur primaire	23
Figure I.10	: bassin biologique	25
Figure I.11	: Turbine d'aérateurs de surface verticale et horizontale	30
Figure I.12	: la recirculation des boues	34
Figure I.13	: décanteur secondaire circulaire	35
Figure I.14	: un épaisseur des boues circulaire	36
Figure I.15	: digesteurs	38
Figure I.16	: Un lit de séchage	41
Figure I.17	: Bassin de désinfection.....	42
Figure II.18	: les défèrent procédures de la STEP à boue activé	47
Figure III.19	: la STEP de Remchi	57
Figure III.20	: fenêtre principale du programme "Calcul_step"	59
Figure III. 21	: données de base et leurs résultats se la step Remchi.....	60
Figure III. 22	: données de dégrilleur et déshuileur-déssableur.....	62
Figure III. 23	: résultats de dégrilleur et déssableur-déshuileur	63
Figure III.24	: données de filière eau et boue cas de lit de séchage.....	66
Figure III.25	: données de filière eau et boue cas de digesteur.....	67
Figure III.26	: résultats finale cas de séchage STEP Remchi	68
Figure III.27	: résultats finale de la STEP Remchi cas de digesteur	69
Figure III.28	: la STEP de l'unité E.A.T.I.T	70
Figure III.29	: les données de base et leurs résultats de la STEP Sebdou.....	72
Figure III.30	: données de dégrilleur et déssableur-déshuileur.....	74
Figure III.31	: résultats de dégrilleur et déssableur-déshuileur	75
Figure III.32	: les données de filière eau et boue cas de lit de séchage de la STEP Sebdou	78

Figure III.33 : les données de filière eau et boue cas de digesteur de la STEP Sebdou	79
Figure III.34 : les résultats de filière eau et boue cas de digesteur de la STEP Sebdou	80
Figure III.35 : les résultats de filière eau et boue cas de lit de séchage de la STEP Sebdou	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1	: Famille des procédés boues activés	7
Tableau I.2	: Espacement et épaisseur des barreaux	10
Tableau I.3	: Type des barreaux	13
Tableau II.4	: les données d'entrée pour calcul les débits, charges et les concentrations	48
Tableau II.5	: données de conception pour le dégrillage	49
Tableau II.6	: les données de conception de déssableur	50
Tableau II.7	: les données de conception de traitement primaire	51
Tableau II.8	: les données de conception de traitement biologique	52
Tableau II.9	: les données de clarificateur	53
Tableau II.10	: les données de l'épaisseur	53
Tableau II.11	: la donnée de température pour le digesteur.....	53
Tableau II.12	: les données de conception de lit de séchage	54
Tableau II.13	: les données de conception de traitement biologique	54
Tableau II.14	: les données de clarificateur	55
Tableau II.15	: les données de l'épaisseur	55
Tableau II.16	: la donnée de température pour le digesteur.....	55
Tableau II.17	: les données de conception de lit de séchage	56
Tableau II.18	: les données de conception du bassin de désinfection.....	56
Tableau III.19	: Récapitulatifs des données pris du cahier de charge de la step Remchi	58
Tableau III.20	: les données de dégrilleur de la STEP du Remchi	61
Tableau III.21	: données de déssableur/déshuileur de la STEP Remchi	61
Tableau III.22	: données du bassin d'aération de la STEP Remchi	64
Tableau III.23	: données de clarificateur de la STEP Remchi	64
Tableau III.24	: données de l'épaisseur de la STEP Remchi	65
Tableau III.25	: les données de lit de séchage de la STEP Remchi	65
Tableau III.26	: donnée de digesteur de la STEP Remchi	65
Tableau III.27	: données de désinfection de la STEP Remchi	65
Tableau III.28	: Récapitulatifs des données du cahier de charge de la step Sebdou	71
Tableau III.29	: les données de dégrilleur de la STEP de Sebdou	73
Tableau III.30	: données de déssableur/déshuileur de la STEP Sebdou	73
Tableau III.31	: données du bassin d'aération de la STEP Sebdou	76

Tableau III.32 : données de clarificateur de la STEP Sebdou	76
Tableau III.33 : données de l'épaisseur de la STEP Sebdou.....	76
Tableau III.34 : les données de lit de séchage de la STEP Sebdou	77
Tableau III.35 : donnée de digesteur de la STEP Sebdou	77
Tableau III.36 : données de désinfection de la STEP Sebdou	77

INTRODUCTION GENERALE :

Selon l'Office National de l'Assainissement (ONA), l'Algérie dispose actuellement de 124 stations d'épuration des eaux usées résiduaires urbaines, pour une capacité de pratiquement 9 millions d'équivalents habitants. Cependant, le procédé biologique à boues activées est présent dans 58 STEP.

Cette technique est du type procédé biologiques intensif, dont le principe est d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel.

Toutefois, les étapes de dimensionnement et de conception restent fastidieuses et complexes à réaliser. Dans une perspective de rendre ces tâches plus aisées à entreprendre, une multitude de logiciels de dimensionnement, à caractère lucratif, existent sur le marché. Mais, leur prix est inaccessible pour la majorité des bureaux d'études et des services utilisateur.

C'est dans ce contexte que nous avons élaboré un logiciel, sous environnement Matlab, utilisant les formules usuelles de dimensionnement d'une STEP.

Notre mémoire est constitué de trois chapitres, agencé de la manière suivante :

- La présentation des techniques d'épuration à boues activées ainsi que les différentes étapes de dimensionnement des ouvrages et équipements sont présentées, d'une manière académique, en se basant sur plusieurs ouvrages et documents techniques qui ont trait au domaine, dans le chapitre I.
- Le deuxième chapitre traite, quant à lui, de la formulation théorique et de l'élaboration des organigrammes utiles pour la conception de programme.
- La présentation du logiciel développé ainsi que la vérification et la validation du programme sont traitées dans le troisième et dernier chapitre.

I.1) GENERALITE SUR LES EAUX USEES :

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage .La pollution des eaux dans son sens le plus large est définie comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ». (Iarousse, 2004)

I.1.1) Les types des eaux usées :**a- Les eaux usées domestiques :**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau, des établissements et services résidentiels, elles sont essentiellement porteuses de pollution organique, produites essentiellement par le métabolisme humain et les activités ménagères, ces eaux usées comprennent les eaux ménagères, et des eaux de toilettes (eaux des vannes). - Les eaux ménagères contiennent des matières en suspensions (terre, sable, déchets, Végétaux et animaux, matières grasses plus ou moins émulsionnées, fibres diverses) et des matières dissout (sels minéraux et substances organiques déverses) Les eaux vannes contiennent des matières minérales, de la cellulose, des lipides, des protides de l'urée, de l'acide urique, des aminoacides, des acides gras, des alcools, des glucides. (Thomaso, 1955)

b- Les eaux usées industrielles :

Elles sont très différents des eaux usées domestique. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. Tous effluents ou rejets industrielles obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières en produits industriels. (mekhaliff, 2009)

Elles contiennent des matières organiques et minérales et éventuellement des matières toxiques qui peuvent entraîner un déséquilibre écologique des milieux récepteurs et nécessitent un traitement spécial selon la nature de polluant et des composés des eaux usées de la part des industrielles avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. (benslimane, 2001)

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs.

c- Eaux usées pluviales :

Les eaux issues du ruissellement qui sont rejetées après la pluie, la neige fondue, la composition des eaux de pluies météoriques est très variable d'une zone géographique à

l'autre car elle dépend fortement des émissions de gaz et de particules dans l'atmosphère, ces eaux sont récoltées grâce à des réseaux assainissements :

L'assainissement d'eaux usées dépend essentiellement du type de réseaux et régime hydraulique.

I.1.2) Les types des réseaux d'assainissement :

L'assainissement des agglomérations a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales et usées, ainsi que leur rejet dans l'exutoire naturel sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement. (Coste & Loudet, 1980)

I.1.2.1) Le système unitaire :

Le réseau unitaire ou « tout à l'égout » collecte dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales. Il est dimensionné pour supporter les variations importantes de débits lors des pluies. (Monnier, 1994)

Il cumule les avantages de l'économie et de la simplicité (Achleitner, Moderl, & Rauch, 2007)

Qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées urbaines et les eaux pluviales.

a- Le système autonome :

L'assainissement autonome est établi pour les zones à habitat dispersé, où la collecte des eaux usées par un réseau d'égouttage en vue de leur assainissement dans une station d'épuration collective est techniquement ou financièrement irréaliste. Comportant deux réseaux de canalisations différentes, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées. (Franck, 2002)

b- Système séparatif :

Il consiste à réserver un réseau à l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères) et de certains effluents industriels, alors que l'évacuation des eaux météorologiques est assurée par un autre réseau. (Crompton & Savioli, 1993)

Comme avantage, il évite le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut, permet de mieux maîtriser le flux et la concentration en pollution. Par ailleurs, il permet de mieux adapter la capacité des stations d'épurations. (Achleitner, Moderl, & Rauch, 2007)

c- Système pseudo séparatif

C'est un système dans lequel on divise les eaux météorologiques en deux parties) : (Monnier, 1994)

- l'une provenant uniquement des surfaces de voirie, qui s'écoule par des ouvrages particuliers déjà conçus par les services de la voirie municipale (caniveaux, fossés avec évacuations directes dans la nature) ;

- l'autre provenant des toitures, cours, jardins et qui se déverse dans le réseau d'assainissement via les mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques. Ce système peut être retenu dans de nombreuses zones périurbaines où les habitations sont encore à forte densité, mais relativement proches de la nature. (Coste & Loudet, 1980)

d- Système mixte :

Comportant les deux systèmes -unitaire et séparatif -

I.1.3) Type de pollution :

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui perturbe l'équilibre de cette eau induit d'importantes nuisances, mauvaise odeur, fermentation, inconfort divers, risque sanitaire, etc.

a- La pollution physique :

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en deux classes : thermique et radioactive. (Mizi, 2006)

b- La pollution chimique :

Les produits chimiques qui polluent l'eau sont issus des engrais et des produits phytosanitaires qu'on utilise, comme les insecticides ou pesticides.

Ces produits peuvent être charriés par les eaux de ruissellement et polluer les nappes phréatiques. Les engrais chimiques sont transportés dans les lacs ou les rivières par les eaux de pluie et entraînent ainsi la dégradation de l'eau.

Le domaine de l'industrie est lui aussi très nocif pour l'eau, soit à cause des déchets industriels charriés par les eaux de ruissellement ou déversés directement dans les rivières ou dans la mer. L'eau peut également être polluée par les métaux, les plus dangereux étant ceux employés dans les industries. (Boutelli & Menasia, 2008)

c- La pollution microbiologique :

Se manifeste lors de l'existence de certains types de micro-organisme capables de se proliférer dans l'eau. (Dubakeur, 1990)

Un grand nombre de micro-organisme peut proliférer dans l'eau, qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces micro-organismes. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont : (Thomaso, 1955)

- Les bactéries
- les virus
- les parasites

- les champignons

I.1.4) Paramètres de mesure de la pollution :

L'estimation de la pollution industrielle est un problème complexe, et l'évaluation de la qualité de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimiques et microbiologique et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents. Parmi ces paramètres on cite les plus importants.

I.1.4.1) Paramètres physico-chimique :

a- La demande chimique en oxygène (DCO) :

Représente la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation de toute matière contenue dans les eaux usées qu'elle soit biodégradable et non biodégradables présentes dans l'eau usée Exprimée en mg d'(O₂)/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique. Elle est mesurée par la consommation d'oxygène par une solution de dichromate de potassium en milieu sulfurique en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure II (complexant des chlorures), à chaud pendant 2h. (li & Al, 2004), (klomfas & Al, 2004)

b- La demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire en mg/l aux micro-organismes pour oxyder pendant cinq (5) jours à l'obscurité et à 20 °C les matières biodégradables présentes dans l'eau usée. (klomfas & Al, 2004), (Noura, 2014)

c- Les matières en suspension (MES) :

La détermination des matières en suspension est essentielle pour évaluer la répartition de la charge polluante entre pollution dissoute et pollution sédimentable, car le devenir de ces deux composantes est très différent, tant dans le milieu naturel que dans les systèmes d'épuration. La composition des MES peut être appréciée par analyse directe, plus souvent, elle est obtenue par différence des caractéristiques des eaux brutes et des eaux filtrées. (Boutoux, 1993)

Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire, c'est-à-dire la totalité des particules solides véhiculées par les eaux usées.

I.1.4.2) Paramètres biologiques :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes (champignons, les helminthes, protozoaires, bactéries et virus) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif de les épurer pour préserver le milieu naturel.

Pour protégé l'écosystème il y a plusieurs méthode de traitement soit intensif ou extensif mais la filière la plus développé et plus utilisé en monde c'est la méthode intensif il existe trois grands types de procédés sont utilisés :

I.1.5) traitement et épuration :

Le traitement est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau pour rendre cette eau potable et atteindre une qualité conforme à la réglementation à partir d'une eau brute. Les méthodes utilisées sont classées selon trois catégories principales, les procédés physiques, chimiques et biologiques.

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur il s'agit donc d'éviter une pollution l'Environnement et non de produire de l'eau potable. (Saggai, 2004), (Carlier, 1986)

I.1.5.1) les procédés de l'épuration biologique intensif et extensif :

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 trois grands types de procédés sont utilisés: - les disques biologiques et lits bactériens. - les boues actives. - les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée. (Perera & Baudot, 1991)

- ❖ Les lits bactériens et disques biologiques
- ❖ Les boues activées
- ❖ Les techniques de biofiltration ou filtration biologique accélérée

NB : Unités de Traitement Semi Extensif c'est une combinaison des deux systèmes (intensif et extensif)

Pour notre projet, nous avons opté pour le procédé à boue activé car c'est une technique plus utilisé, et présenté l'avantage de donnée de bon résultat technico-économique.

Le procédé de traitement par boues activées est basé sur les cultures en suspension (libre). Il est constitué d'un réacteur biologique dans lequel les eaux usées sont mélangées avec

une biomasse aérée et maintenue en suspension. Le substrat contenu dans les eaux usées sert de nourriture pour la multiplication et le développement des microorganismes contenus dans la biomasse. La biomasse est ensuite séparée par décantation et une partie de cette biomasse est recyclée dans le réacteur. La biomasse excédentaire est extraite du système et constitue les boues secondaires. (Perera & Baudot, 1991)

Il est à noter qu'il existe plusieurs procédés classés par niveau de charges, ces procédés sont résumés dans le tableau suivant :

Procédé à boue activé	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge
Charge massique C_m (kg DBO/kg MVS.j)	[1-5]	[0,2-0,5]	[0,02-0,1]
Charge volumique C_v (kg DBO/m ³ .j)	[1-6]	[0,6-1,6]	[0,125-0,6]
Temps de passage (h)	[1-2]	[3-6]	[10-20]
X dans le bassin (g/l)	[1,5-3]	[3-5]	[5-8]
Production des boues	[0,4-0,7]	[0,3-0,5]	[0,1-0,2]
Taux de recyclage des boues(%)	[[60-80]	[80-95]	>95
Consommation d'O ₂	[0,4-0,8]	[0,8-1,2]	[1,3-2]
Rendement de dépollution(%)	[50-70]	[80-95]	>90
Nitrification	Nulle	Commencé	Avancé

Tableau I 1: Famille des procédés boues activés (Chaisemartin, 2017)

La filière d'épuration type « Boues Activées » comporte généralement les ouvrages suivants :

- Prétraitement (Dégrillage, Déssableur, déshuileur)
- traitement primaire (bassin de coagulation et floculation, décanteur primaire)
- Bassin biologique
- Clarificateur
- désinfection
- Traitement des boues (épaississeur, digesteur, lit de séchage,...)



Figure I.1: exemple d'une station d'épuration de type Boues Activées (Toledo, 2017)

Le dimensionnement d'une station d'épuration est toujours précédé par la détermination des rejets des eaux usées et de la quantité des eaux usées pluviales.

L'analyse des eaux usées et le calcul des charges et les concentrations sont une phase très importante pour d'une station d'épuration.

I.2) dimensionnement des ouvrages de la station boue activée :

I.2.1) Les débits :

Pour bien dimensionner la station d'épuration, il faut bien estimer les débits d'eau usée (Q_j , Q_h , Q_m ,...) et les charges polluantes (DBO, DCO, P, MES, N, C_v , C_m) déterminer en l'laboratoire.

Les mesures permettent, selon les lois de la physique et de la mécanique des fluides, de déterminées les caractéristiques géométriques des ouvrages et des équipements nécessaires dans une station d'épuration.

I.2.1.1) Débit d'eau usée total journalier :

Il est déterminé par la relation suivante (Q_j) :

$$\bullet \quad Q_j = (D * N * R)/1000 \quad (m^3/j) \quad (I.1)$$

Avec :

D : dotation en l/hab/j

N : nombre d'habitants

R : Le volume rejeté par les habitants, est estimé à 80% de la dotation en alimentation en eau potable ($R = 0,8$).

I.2.1.2) Le débit moyen horaire :

Il est déterminé par la relation suivante (Q_m) : (Aoulmi, 2007)

$$\bullet \quad Q_m = \frac{Q_j}{24} \cdot (m^3/h) \quad (\text{I.2})$$

I.2.1.3) Le débit de pointe :

Débit de pointe est un débit maximal est donnée par la relation suivante (Q_p) : (Aoulmi, 2007)

$$\bullet \quad Q_p = C_p * Q_m (m^3/h) \quad C_p : \text{coefficient de pointe.} \quad (\text{I.3})$$

$$\text{Avec : } C_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_m}} \quad (C_p : \text{sans dimension}), \quad (\text{I.4})$$

Q_m (l/s) débit moyenne journalière

I.2.1.4) Le débit diurne :

Le débit diurne correspond à la période diurne de 16 heures consécutives au cours de laquelle la station reçoit le plus grand volume d'eau usée, soit (Q_{p16}) : (Aoulmi, 2007)

$$\bullet \quad Q_d = \frac{Q_j}{16\text{heures}} \quad (m^3/h) \quad (\text{I.5})$$

I.2.2) Calcule les charges et les concentrations polluantes :**I.2.2.1) Charge de la DBO5 (δ_1) :**

Elle est déterminée par la relation suivante : (Aoulmi, 2007)

$$\bullet \quad \delta_1 = \text{DBO5 g/hab/j} * N \quad (N : \text{nombre d'habitant}) \quad (\text{I.6})$$

I.2.2.2) Concentration de la DBO5 :

Elle est déterminée par la relation suivante ([DBO5]) :

$$\bullet \quad [\text{DBO5}] = \frac{\delta_1}{Q_j} \quad (\text{I.7})$$

I.2.2.3) La charge en matière en suspension :

Elle est déterminée par la relation suivante (δ_2) :

$$\bullet \quad \delta_2 = \text{MES g/hab/j} * N \quad (N : \text{nombre d'habitant}) \quad (\text{I.8})$$

I.2.2.4) Concentration de MES :

Elle est déterminée par la relation suivante [MES] :

$$\bullet \quad [\text{MES}] = \frac{\delta_2}{Q_j} \quad (\text{I.9})$$

I.3) Prétraitements :

Les systèmes de traitement par boues activées doivent être précédés par des dispositifs de prétraitement. Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou particulaires les plus grossiers, susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements : déchets volumineux (dégrillage), sables (dessablage) et corps gras (dégraissage – déshuilage). (Syed & Qasim, 1998)

I.3.1) Le dégrillage :

Le dégrillage est normalement la première opération utilisée dans une station d'épuration, il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers. Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels ou automatiques, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. (Syed & Qasim, 1998)

Généralement les dérailleurs peuvent être classés en grossier, moyen ou fin, et peuvent être nettoyé manuellement ou mécaniquement :

Paramètre	Grilles grossières	Grilles moyenne	Grilles fines
d (cm)	2	1.5	1
e (cm)	5 à 10	1 à 0.5	0.3 à 1

Tableau I.2 : Espacement et épaisseur des barreaux (Carlier, 1986) et (Gaid, 1984)

e : épaisseurs des barreaux

d : espacement entre les barreaux

I.3.1.1) type de dégrilleurs :

Les dégrilleurs sont classer aussi, en fonction de l'évacuation des déchets .il existe principalement deux familles, dégrilleur manuelle et dégrilleur automatique.

I.3.1.1.1) Dégrilleur manuelle :

Figure I.2: dégrilleur manuelle (Module d'enseignement, 2017)

Les dégrilleurs manuel sont essentiellement Composées de barreaux inclinés de 60 à 80 % par rapport à l'horizontale. Les refus sont éliminés à l'aide d'un râteau. On utilise ces grilles sont généralement utilisées pour les petites stations.

La surface de ces grilles doit être calculée aussi largement que pour possible en éviter la nécessité d'intervention très fréquente pour le nettoyage

I.3.1.1.2) Dégrilleur automatique :

Figure I.3 : Dégrilleurs automatiques (Republique tunisienne, 2017)

Ils sont destinés pour les stations importantes, ou pour les eaux brutes très chargées en matières grossières. La vitesse moyenne d'écoulement à travers les grilles doit osciller entre 0.6 et 1 m/s, cette vitesse peut atteindre 1.3 à 1.4 m/s pour les débits maximaux.

I.3.1.1.2.1) Calcul de la largeur :

Cette grandeur est déterminée par la relation de Kirschmer : (silman & papa, 2002-2003)

$$\bullet L = \frac{S * \sin \alpha}{H_1(1 - \beta_1) * C} \quad (\text{I.10})$$

α : Angle de l'inclinaison de la grille entre 45 et 60 degré (Syed & Qasim, 1998)

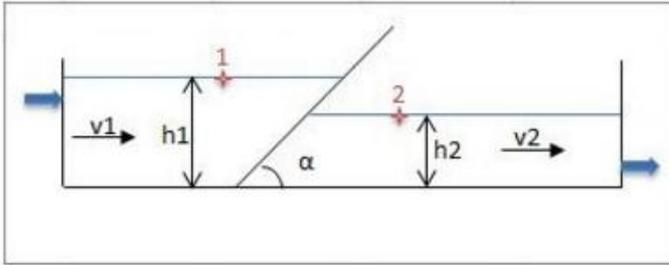


Figure I.4: l'inclinaison de dégrilleur et la hauteur (Module d'enseignement, 2017)

I.3.1.1.2.2) Surface de passage de l'effluent :

Elle donnée par la relation suivante (S) : (Marc & Béchir, 1991)

$$\bullet S = \frac{Q_p}{V * \beta_1 * C} \quad (\text{surface totale}) \quad (\text{I.11})$$

Avec :

S : surface immergée total.

β_1 : Fraction de surface occupée par les barreaux. $\beta_1 = \frac{e}{d+e}$ (I.12)

Tel que :

d : épaisseur des barreaux (cm).

e : espacement des barreaux (cm).

C : coefficient de coulmatage est de 0.5 pour un grille automatique et 0.25 pour un grille manuelle. (Gaid, 1984)

V : Vitesse de passage à travers la grille entre 0.6 à 1 m/s

H_1 : Hauteur maximum admissible sur une grille, entre (0.5 et 1.5) m

I.3.1.1.2.3) Calcul des pertes de charges singulière :

On détermine une perte de charge dans un dégrilleur par la relation de Kischmer : (Syed & Qasim, 1998)

$$\bullet \Delta_{hs} = \beta_2 \left(\frac{e}{d}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{v^2}{2g} * \sin\alpha \quad (\text{dégrilleur entièrement propre}) \quad (\text{I.13})$$

β_2 : Coefficient dépendant de la forme des barreaux

Rectangulaire à bord tranchant 	β_2
Rectangulaire avec une face amont semi-circulaire 	2,42
Circulaire 	1,83
Rectangulaire avec les faces amont et aval semi-circulaires 	1,67
Forme de lame 	0,76

Tableau I.3 : Type des barreaux (Syed & Qasim, 1998)

g : Accélération de pesanteur, $g=9,81 \text{ m/s}^2$

e : épaisseur des barreaux (cm).

I.3.1.1.2.4) Calcul des volumes des déchets retenus :

Les volumes des déchets retenus dans notre cas seront ainsi estimés comme suite : (Gaid, 1984)

$$\bullet V = \frac{nbr d' hab * volume retenue}{365} \quad (m^3/s) \quad (\text{I.14})$$

Le volume des déchets retenus par les grilles dépend :

- ✓ Du débit de l'effluent.
- ✓ De la finesse du dégrillage.

Pour une eau usée urbaine, le volume de déchets récupérée par les grilles par an est estimée à :

- **2 à 5 l/hab/an** pour une grille grossière.
- **5 à 10 l/hab/an** pour une grille fine.

La figure suivante donne des valeurs indicatives de la quantité de refus en fonction de l'espacement entre les barreaux.

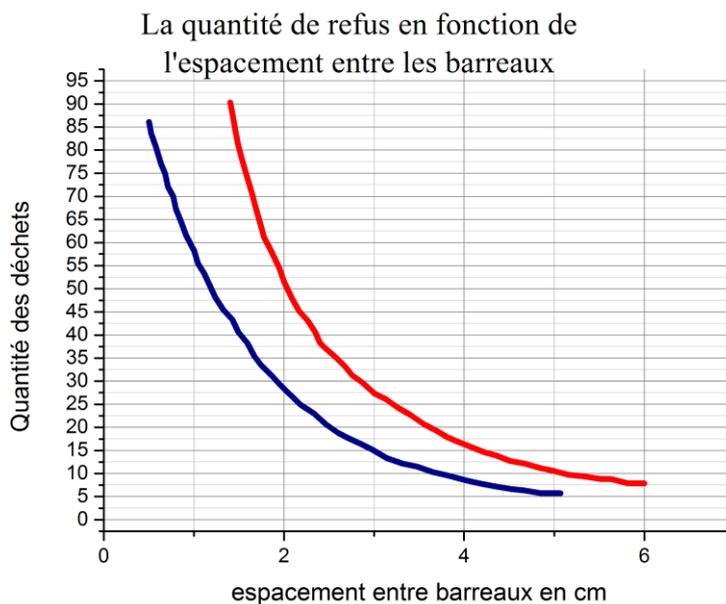


Figure I.5 : Quantité de déchets collectés par une grille à nettoyage mécanique (Syed & Qasim, 1998)

I.3.1.1.2.5) By-pass de dégrilleur :

Pour éviter l'apparition de problèmes hydraulique dans le cas d'une défaillance prolongée d'une grille, il sera prévu en parallèle aux deux grilles un by-pass. Il sera procédé d'un seuil situé en aval de l'ouvrage de répartition. Le seuil sera étudié pour qu'il n'y ait pas de débordement lors du fonctionnement normal des dégrilleurs. En cas de défaillance

de ces dernières, le niveau d'eau dans le canal va augmenter et il y a aura un déversement sur le seuil. (Republique tunisienne, 2017)

I.3.2) Le déssableur – déshuileur :

Cet ouvrage est conçu pour éliminer les graviers et sables dont le diamètre est supérieur à 0.2mm en utilisant uniquement les force de pesanteur, par dépôt gravitaire.

Le choix du type de déssableur dépendra de la concentration en sables des eaux et de l'importance de la station ainsi que de son cout.

I.3.2.1) Type des dessaleurs :

a- Déssableur non aéré :

- ✓ Les types de déssableur est général long et étroit, avec des vitesses d'écoulement contrôlées pour les maintenir constantes dans toute la gamme des débits.

b- Déssableur aéré :

Ils Sont conçus pour éliminer les particules ayant une densité de 2,5, cependant les petites particules peuvent être enlevées en diminuant le débit d'air.

c - Selon la forme :

On général il existe deux types de déssableur, selon la morphologie géométrique, rectangle et circulaire,



Figure I.6: Un bassin de dessablage-déshuilage rectangulaire (Module d'enseignement, 2017)



Figure I.7: Un bassin de dessablage-déshuilage circulaire (Module d'enseignement, 2017)

- **Quantité de déchets :**

La quantité de déchets est très variable, elle dépend de :

- ✓ Type du système de collecte (séparatif ou unitaire)
- ✓ Conditions climatiques
- ✓ Type de sol
- ✓ Condition du réseau d'égout
- ✓ Type des rejets industriels

I.3.2.2) calcul de déssableur-déshuileur aéré de forme rectangulaire :

Le bassin de dessablage-déshuilage proposé est de type aéré longitudinal, par ce que l'injection de l'air assure une turbulence constante qui évite le dépôt des matières organiques.

Il est composé de deux zones :

- La première aérée pour le dessablage : les sables et les matières lourdes sont récupérées au fond de l'ouvrage.
- La seconde zone est réservée pour la récupération des huiles et des graisses qui sont récupérées en surface.

Le bassin est équipé d'un pont racleur sur lequel est suspendue une pompe d'extraction des sables, les huiles sont raclées vers une fosse par les racleurs de surface.

Pour qu'il y ait sédimentation des particules il faut que l'inégalité suivante soit vérifiée :

$$\bullet \quad \frac{L}{H} \leq \frac{V_e}{V_s} \quad (\text{Gaid, 1984}) \quad (\text{I.15})$$

Tel que :

V_e : La vitesse d'écoulement horizontale

V_s : Vitesse de sédimentation

L : Longueur de bassin.

H : Profondeur du bassin : $H = 1$ à $2,5$ m

Le déssableur doit être dimensionné dans l'un des rapports suivant

$$15 \geq \frac{L}{H} \geq 10 \quad \text{Ou bien} \quad \frac{L}{H} = 3 \quad (\text{Carlier, 1986}) \quad (\text{I.16})$$

Pour le débit de pointe de temps sec la vitesse de sédimentation doit être comprise dans l'intervalle $10 < V_s < 15$ ($m^3/m^2 / h$).

I.3.2.2.1) La surface horizontale :

Elle est donnée par la relation suivante (S_h) :

$$\bullet \quad S_h = \frac{Q_P}{V_s} \quad (\text{I.17})$$

I.3.2.2.2) La longueur du déssableur :

On prend (L) : (Carlier, 1986)

$$\bullet \quad L = H * (10 \text{ à } 15) \quad \text{ou} \quad L = H * 3 \quad (\text{I.28})$$

I.3.2.2.3) largeur du déssableur :

Elle est donnée par l'expression (B) :

$$\bullet \quad B = \frac{Sh}{L} \quad (\text{I.19})$$

I.3.2.2.4) Volume du bassin :

Elle est donnée par l'expression (V) :

$$\bullet \quad V = S_h * H \quad (\text{I.20})$$

I.3.2.2.5) Le temps de séjour dans le bassin :

Il est donné par l'expression (T_s) :

$$\bullet \quad T_s = \frac{V}{Q_p} \quad (\text{I.21})$$

I.3.2.2.6) Volume d'air à souffler dans le déssableur/déshuileur :

Pour assurer la remonté des huiles la quantité d'air insuffler varie de 1 à 1.5 m³d'air /m³

$$\bullet \quad q_{air} = Q_p * V \quad (\text{I.22})$$

Tel que :

V : le volume air injecté est de 1 à 1.5 m³d'air /m³

I.3.2.2.7) Calcul des quantités des matières éliminées par le déssableur :

Nous savons que le dessablage élimine dans les environs de 70% des matières minérales, Celles-ci représentent 30% de MES (matière en suspension).

Les MES (matière en suspension) continent 70% des MVS (matière volatile en Suspension) et 30% des MM (matière minérale).

$$\bullet \quad MESs = [(\delta 2 * 0.7) + (\delta 2 * 0.3 - (\delta 2 * 0.3))] \quad (\text{Haouati, 2005}) \quad (\text{I.23})$$

Tel que :

$\delta 2$: la charge des MES.

I.3.3) La biodégradabilité :

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent a être décomposer ou oxydé par le micro-organisme qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K, tel que :

$$\bullet \quad K = \frac{DCO}{DBO_5} \quad (\text{Matahri, 2012}) \quad (\text{I.24})$$

- Si $K < 3$ cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matière biodégradable.
- Si $K \geq 3$ les matières oxydables sont non biodégradable

Donc Si les eaux usées domestiques ($K < 3$) on passe directement vers le traitement biologique sinon, les eaux usées sont des eaux industrielles ($K \geq 3$) on passe par le traitement primaire avant le traitement secondaire pour diminuer les MES et la DBO

I.4) Traitement primaire :

En épuration des eaux usées dans le cas où le coefficient de biodégradabilité $K \geq 3$, le traitement primaire est une simple décantation qui permet de supprimer la majeure partie des matières en suspension. Ce sont ces matières qui sont à l'origine du trouble des eaux usées.

L'objectif de la décantation primaire est d'enlever les matières solides décantables. Dans cette étape on peut enlever 60 à 90% de la matière solide en suspension et 30 à 40% de la DBO₅. (Haouati, 2005)

L'adjonction de coagulant ainsi qu'une agitation rapide du volume à traiter, suppriment les répulsions intercolloïdales et permet aux colloïdes de se rencontrer.

C'est cette opération que l'on appelle coagulation l'adjonction de flocculant ainsi qu'une agitation lente du volume à traiter, provoquent l'agglomération des colloïdes se transformant dès lors en une masse suffisante appelé "floc" permettant la sédimentation nécessaire pour le traitement.

Le schéma global du traitement primaire qui met en jeu le procédé de coagulation/floculation et qui est suivi par une étape de décantation ou clarification est le suivant :

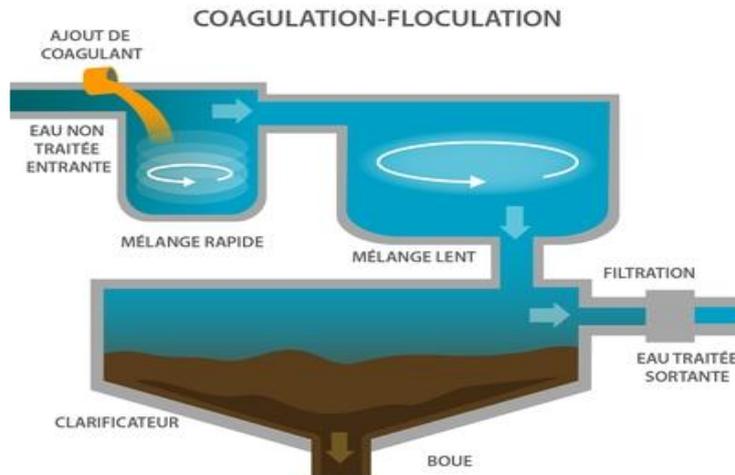


Figure I.8: Schéma représentatif du traitement (Coagulation-Floculation, 2017)

I.4.1) coagulation :

La coagulation représente l'ensemble des mécanismes de déstabilisation d'une dispersion colloïdale menant à l'agglomération de ces particules sous forme de micro-flocs et des mécanismes de précipitation des substances dissoutes.

1.4.1.1) Choix des coagulants :

Il est basée sur : -Large disponibilité. -Utilisation répandue dans le domaine de traitement des eaux.

- Coût des réactifs.
- Bonne efficacité de coagulation.
- Large disponibilité.

Plusieurs coagulants sont utilisables pour le traitement des effluents résiduaux. Parmi eux, nous pouvons citer certains coagulants inorganiques souvent utilisés dans le traitement des eaux :

- le sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 14 \text{H}_2\text{O}$
- le sulfate de fer $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$
- le chlorure de fer FeCl_3
- la chaux ou hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$

I.4.1.2) Calcul le Bassin de coagulation :

Pour dimensionné le bassin de coagulation on prend le temps de séjour et la hauteur :
(Bouchard & Serodes, 2002)

- $t_s = (2 \text{ à } 5) \text{ min}$
- $h = (2 \text{ à } 4) \text{ m}$

I.4.1.2.1) Volumes du bassin (V) :

Il est donné par la formule suivante :

- $V = Q_p * t_s$ (I.25)

I.4.1.2.2) Surface du bassin (S) :

Elle donnée par relation suivante :

- $S = \frac{V}{H}$ (I.26)

I.4.1.2.3) Diamètre du bassin (D) :

Donc le diamètre est égal :

- $D = \sqrt{\frac{S*4}{\pi}}$ (I.27)

I.4.2) floculation

La floculation représente l'ensemble des mécanismes de transport des particules déstabilisées menant à la collision et à l'agrégation de ces dernières.

1.4.2.1) Choix des flocculant :

En règle générale la clarification des eaux résiduaires est meilleur par les flocculants anioniques, les quels sont influencés en terme d'efficacité par de nombreuses caractéristiques tel que, le pH, la conductivité électrique, la concentration et la granulométrie des particules solides en suspension. (Dégrement, 2004)

I.4.2.2) Bassin de floculation

Pour dimensionné le bassin de floculation nous besoin le temps de séjour Et la hauteur de bassin : (Bouchard & Serodes, 2002)

- $t_s = (5 ; 15)$ min
- $h = (4 ; 5)$ m

I.4.2.2.1) Volume de bassin :

Déterminer par la relation suivante :

- $V = Q_p * t_s$ (I.28)

I.4.2.2.2) Surface du bassin :

Donnée par cette relation :

- $S = \frac{V}{H}$ (I.29)

I.4.2.2.3) Diamètre du bassin :

On conclut le diamètre est égal :

- $D = \sqrt{\frac{S*4}{\pi}}$ (I.30)

I.4.3) décantation

La décantation primaire se réalise dans des bassins de grande dimension (décantation simple) ou dans des décanteurs lamellaires (décantation assistée).

Nous choisis le décanteur simple pour le dimensionnement ont besoin :

La Hauteur de décanteur H entre (3 à 4) m

Et la vitesse ascensionnelle (V_{asc}) entre (1 à 2) m/h (Module d'enseignement, 2017)

I.4.3.1) Calcule de bassin de décantation**I.4.3.1.1) Surface de décantation :**

Elle donnée par la formule suivante :

- $S = \frac{Q_p}{V_{asc}}$ (I.31)

I.4.3.1.2) Volume de décanteur :

Il est calculé par la formule suivante :

- $V = S * H$ (I.32)

I.4.3.1.3) Temps de séjours

On conclut le temps de séjour par la relation suivante :

$$\bullet \quad ts = \frac{\text{volume de decanteur}}{Qp} \quad (\text{I.33})$$

I.4.4) Boues primaires

Les matières décantées, appelées "boues primaires" et composées essentiellement de matières minérales en suspension de dimensions inférieures à 200 microns sont récupérées en fond de bassin pour être envoyées vers le traitement des boues.

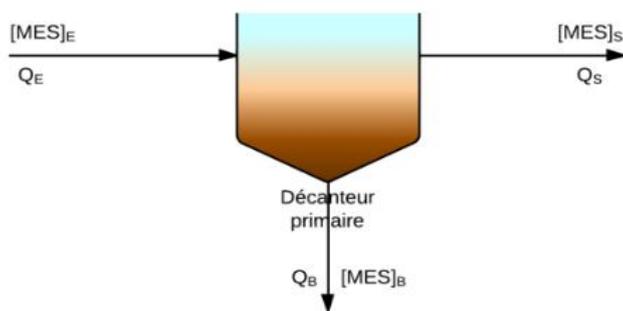


Figure I.9 : Bilan sur le décanteur primaire (Traitement physico-chimique, 2017)

- $Qp * [MES] = QB * [MESB] + Qs + MESd \text{ Sortie}$ (Traitement physico-chimique, 2017) (I.34)
- $[MES]B = (20 \text{ à } 50) \text{ g/l}$ (metcalf & eddy, 2011)

Avec :

Qp : débit de pointe

$[MES]$: la concentration des MES de l'effluent

$[MESB]$: la concentration des MES de la boue primaire

Qs : débit de effluent ce qui sort de décanteur primaire et entre dans le bassin biologique

QB : débit de boue primaire

Le Traitement primaire permet d'éliminer 60 à 90% des matières en suspension.

(Haouati, 2005)

- $QB * [MESB] = Qp * [MES] * (60 \text{ ou } 90)\%$ (I.35)
- $DBO5s = \delta I * 0.7$

DBO5s : c'est la charge polluante entré dans le bassin biologique

- $MESd = MESs * (0.2 \text{ à } 0.1)$ (Traitement physico-chimique, 2017)
(I.36)

MESd : matière en suspension entré dans le bassin biologique

- $DBO5B = \delta I * 0.3$ (I.37)

DBO5B : la charge polluante dans les boues primaires

- $MESB = MESs * 0.8$ (I.38)

MESB : les matières en suspension dans la boue primaire

- $\Delta XB = QB * [MESB] = (0.6 \text{ à } 0.9) * Qp * [MES]$ (I.39)

Ou calculer par :

- $\Delta XB = MESB + DBO5B$ (I.108)

ΔXB : la quantité des boues primaire

- On conclut d'après l'équation (I.35) le $QB = \frac{0.9 * Qp * MESs}{[MESB]}$ (I.40)

Ou par la relation suivante :

- $QB = \frac{\Delta XB}{[MESB]}$

I.5) Bassin biologique

Les boues activées sont utilisées comme épuration biologique dans le traitement des eaux usées. La boue activée, composée essentiellement de micro-organismes flocculants, est mélangée avec de l'oxygène dissous et de l'eau usée.

C'est ainsi que les micro-organismes de la boue activée entrent constamment en contact avec les polluants organiques des eaux résiduaires, ainsi qu'avec l'oxygène, et sont maintenus en suspension.

Selon la forme géométrique bassin nous trouvons de réacteur de forme rectangulaire mais pour des raisons de conception il est souhaitable de préconiser la forme rectangulaire, de longueur L et de largeur B et de hauteur H (Haouati, 2005)



Figure I.10: bassin biologique (Aqualise groupe aqualabo, 2017)

I.5.1) Concentration de DBO5 entre dans le bassin :

Elle détermine par la relation suivante : (Haouati, 2005)

S'il y a un traitement primaire :

- $$S_o = \frac{L_o \text{ (charge polluant entre dans le bassin biologique)}}{Q_{moyj}}$$

(I.40)

Sino :

- $$S_o = \frac{L_o \text{ sortie de déssableur}}{Q_{moyj}} \quad \text{(I.106)}$$

I.5.2) La charge polluante à la sortie :

Elle donnée par la formule suivante : (Haouati, 2005)

$$\bullet \quad Lf = Sf * Q_{moyj} \quad (\text{I.41})$$

Tel que :

Sf : la charge polluante à la sortie du bassin biologique qui doit répond à la norme

($Sf = 30\text{mg/l}$)

I.5.3) La charge polluante éliminée :

Elle est donnée par l'expression : (Carlier, 1986)

$$\bullet \quad Le = \delta I - Lf \quad (\text{I.41})$$

$$\bullet \quad Le = DBO5s - Lf \quad (\text{I.107})$$

Avec :

δI : La charge polluante à l'entrée du bassin ce qui sorti au déssableur

$DBO5s$: La charge polluante à l'entrée du bassin ce qui sorti au décanteur primaire

Lf : La charge polluante à la sortie du bassin biologique.

I.5.4) Le rendement de l'épuration :

Il est déterminé par cette relation (η) : (Carlier, 1986)

$$\bullet \quad \eta = \frac{\delta I - Lf}{\delta I} \quad (\text{I.42})$$

$$\bullet \quad \eta = \frac{DBO5s - Lf}{DBO5s}$$

I.5.5) Dimensionnement de bassin :

Pour dimensionnée le bassin nous avons les opérations de la manière suivante : (Haouati, 2005)

I.5.5.1) Volume du bassin :

Il est donné par cette équation (V) :

$$\bullet \quad V = \frac{\delta I}{C_v} \quad (\text{I.45})$$

Tel que :

C_v : La charge massique

I.5.5.2) Largeur du bassin :

Elle donnée par le ratio suivant (B) : (Marc & Béchir, 1991)

$$\bullet \quad \frac{B}{H} = 1 \text{ à } 2.5 \quad (\text{I.43})$$

Avec :

B : Largeur (m)

H : Hauteur (m)

I.5.5.3) Surface horizontal du bassin :

Elle donnée par la relation suivante (S_h) :

$$\bullet \quad S_h = \frac{V}{H} \quad (\text{I.44})$$

I.5.5.4) La longueur du bassin :

On conclue que (L) :

$$\bullet \quad L = \frac{S_h}{B} \quad (\text{I.46})$$

I.5.5.5) La masse des boues dans le bassin :

Donnée par cette relation (X_a):

$$\begin{aligned} \bullet \quad X_a &= \frac{\delta 1}{C_m} \\ \bullet \quad X_a &= \frac{DBOSS}{C_m} \end{aligned} \quad (\text{I.47})$$

Tel que :

$\delta 1$: La charge entre dans le bassin calculé précédant

C_m : La charge massique

$DBOSS$: La charge polluante ce qui sorti de décanteur primaire

I.5.5.6) Concentration de boues dans le bassin ($[X_a]$) :

Donnée par cette relation suivante :

$$\bullet \quad [X_a] = \frac{X_a}{V} \quad (\text{I.48})$$

Tel que :

V : Volume du bassin

X_a : La masse de boues dans le bassin

I.5.5.7) Calcul les temps de séjours :**I.5.5.7.1) pour le debit moyenne horaire**

Donnée par cette relation suivante (t_{s1}):

$$\bullet \quad t_{s1} = \frac{V}{Q_{moyh}} \quad (\text{I.49})$$

I.5.5.7.2) Pour le débit de pointe :

Donnée par cette équation (t_{s2}):

$$\bullet \quad t_{s2} = \frac{V}{Q_p} \quad (\text{I.50})$$

I.5.5.7.3) Pour le débit diurne

Donnée par cette relation suivante (t_{s3}):

$$\bullet \quad t_{s3} = \frac{V}{Q_d} \quad (\text{I.51})$$

I.5.5.11) Les besoins en oxygène journalière :

Donnée par cette relation suivante ($q_{02/j}$): (Gaid, 1984)

$$\bullet \quad q_{02/j} = a' L_e + b' * X_a \quad (\text{I.52})$$

Avec :

L_e : La charge DBO5 éliminée (Kg/j)

X_a : Masse totale de boues présente dans le bassin d'aération (Kg)

a' : la fraction de pollution transformé en énergie de synthèse au cours de l'épuration :

- $a' = 0.5 * C m^{-0.12}$ (I.53)

b' : coefficient cinétique de respiration endogène : (Gaid, 1984)

- $b' = 0.13 * C m^{-0.05}$ (I.54)

Aussi la quantité d'oxygène à fournir aux bactéries pour qu'elles synthétisent la matière vivante à partir d'une pollution.

I.5.5.12) La quantité d'oxygène nécessaire pour un 1 m³ du bassin

Donnée par cette relation suivante (q_{o_2}):

- $q_{o_2/m^3} = \frac{q_{o_2}}{V}$ (I.55)

I.5.5.13) La quantité d'oxygène nécessaire en cas de débit de pointe :

Donnée par cette relation suivante (q_{o_2}):

- $q_{o_2pte} = \frac{a' * L_e}{T_d} + \frac{b' * X_a}{24}$ (I.56)

Avec :

t_d : Période diurne en heures égal à 16 h.

I.5.6) Système d'aération :

La fourniture d'oxygène est indispensable à tout système biologique aérobie, et en l'occurrence aux boues activées. L'oxygène est consommé lors des réactions d'oxydation des pollutions carbonées et azotées (élimination de la DCO et nitrification) qui se déroulent au sein du bassin aérobie. Ainsi, les besoins en oxygène dépendent de la quantité de pollution carbonée et azotée à éliminer quotidiennement et de la consommation de la biomasse. (Module d'enseignement, 2017)

Les dispositifs les plus utilisés dans le domaine d'épuration sont :

Aérateurs de surface : Il existe deux types principaux d'aérateur de surface :

I.5.6.1) Pour les appareils à axe horizontal (brosses) :

Leurs installations s'effectuent dans les Chenaux d'oxydation où elles assurent l'entraînement et la circulation du liquide autour du Chenal qui est de section rectangulaire ou trapézoïdale. (Carlier, 1986)

L'apport spécifique varie de 1,5 à 2,0 Kg O₂/Kwat.h

I.5.6.2) Pour les appareils à axe vertical :

Ils se subdivisent en deux types :

- turbines lentes avec des vitesses de 40 à 100 tr/ mn et des apports spécifiques brut de 0,8 à 1,5 Kg O₂/Kwat.h
- turbines rapides (750 à 1500 tr/ mn). (Carlier, 1986)

Enfin, nous optons pour des turbines à axe vertical à la surface du liquide car elles sont moins chers, faciles à entretenir et s'adaptent aux fluctuations des débits.



Figure I.11: Turbine d'aérateurs de surface verticale et horizontale (Agitation/aération bassin biologique , 2017)

Dans un premier temps, il est nécessaire déterminer la quantité totale d'oxygène transférée par unité de puissance, dans les conditions standards (N₀). Dans cette étape, il faut tenir compte de :

- la salinité des eaux
- la température des eaux
- la concentration en oxygène dissous à y maintenir
- la pression

I.5.6.1) La quantité totale d'oxygène transférée par unité de puissance dans les conditions standard :

Est déterminée par la formule d'Hormanik (N0) : (Haouati, 2005)

$$\bullet \quad N_0 = 1.98 * 10^3 * Pa + 1 \quad (\text{I.57})$$

P : Puissance par m² du bassin.

Tel que :

$$\bullet \quad N = N_0 * \left(\frac{\beta * C_s - Cl * (a' * C(T-20))}{C_s} \right) \quad (\text{I.58})$$

Avec :

β : L'effet des solides dissous, est de l'ordre de 0,9 (Gaid, 1984)

Cl : Concentration en oxygène dissout dans la masse liquide à T= 25 C°.

Sa valeur est comprise entre 1.5 et 2 mg/l. (BEDIA, 2012)

Cs : Concentration de saturation en oxygène à la surface à la condition standard à 20°C.
Elle est égale à 8,7 mg/l pour les aérateurs de surface

C : coefficient de température, C = 1,02

T : L'effet des solides dissous, est de l'ordre de 0,9

a' : Coefficient global de transfert de matière de l'eau usée à celui de l'eau épurée, sa valeur est comprise entre 0,85 à 0,95 (Carlier, 1986)

Concentration en oxygène dissout dans la masse liquide à T = 25 C°. Sa valeur est comprise entre 1.5 et 2 mg/l

I.5.6.2) La puissance nécessaire à l'aération « puissance requise pour oxygénation(w_a) » :

Donnée par cette relation suivante : (Oulim, 2001)

$$\bullet \quad w_a = \frac{q_{0_2pte}}{N} \quad (\text{I.59})$$

I.5.6.3) La puissance de brassage et le maintien des solides en suspension dans le bassin :

Donnée par cette relation suivante : (Oulim, 2001)

$$\bullet \quad w_n = S_h * Pa \quad (\text{I.60})$$

Avec :

S_h : Surface horizontale du bassin (m²)

Pa : puissance absorbée par m² du bassin entre 70 à 80 (w/m²)

I.5.6.4) Le nombre d'aérateurs dans le bassin (n) :

Donnée par cette relation suivante : (Oulim, 2001)

$$\bullet \quad n = \frac{w_a}{w_n} \quad (\text{I.61})$$

I.5.6.5) Besoin en énergie de l'aérateur (E) :

Donnée par cette relation suivante :

$$\bullet \quad E = \frac{q_{02} pte}{1.5} \quad (\text{I.62})$$

I.5.7) Calcul de la quantité des boues en excès (ΔX) :

Donnée par cette relation suivante :

$$\bullet \quad \Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m L_e - b X_a - X_{eff} ; \quad (\text{I.63})$$

Avec :

ΔX : La quantité de boues en excès

X_{min} : Les MES qui sorte de déssableur contiennent 30% des matières minérales

X_{dur} : Boues difficilement biodégradables (appelées matières dures), elles représentent (0,3 à 0,35) de MVS, (Les MES contiennent 70% de MVS)

a_m : Coefficient de rendement cellulaire (g cellulaires formées/g DBO éliminées) entre (0,53 < a_m < 0,56)

L_e : Quantité de DBO₅ à éliminer

b : Fraction de la masse cellulaire éliminée par jour en respiration endogène :

$$\bullet \quad b = \frac{b'}{1.42} \quad (\text{I.64})$$

b' : Coefficient cinétique de respiration endogène il est égale à : 0,13

Masse totale de MVS dans le bassin(Kg)

X_{eff} : La quantité des fuites de MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, on adopte généralement 30mg/l).

I.5.7.1) Concentration de boues en excès (X_m):

Elle est Donnée par cette relation suivante : (Carlier, 1986)

$$\bullet \quad X_m = \frac{1200}{I_m} \quad (\text{I.65})$$

Avec :

I_m : L'indice de Mohlman, Indique la bonne décantabilité des boues s'il se trouve dans la fourchette (100 à 150), Cet indice représente le volume occupé par un gramme de poids sec de boues après décantation d'une demi-heure dans une éprouvette de 1 litre.

I.5.7.2) Le débit de boues en excès

Donnée par cette relation suivante ($Q_{\text{exés}}$): (Carlier, 1986)

$$\bullet \quad Q_{\text{exés}} = \frac{\Delta X}{x_m} \quad (\text{I.66})$$

I.5.7.3) Le débit spécifique par m^3 de bassin

Donnée par cette relation suivante (q_{sp}):

$$\bullet \quad q_{sp} = \frac{\Delta X}{V} \quad (\text{I.67})$$

I.5.7.4) Le débit des boues recyclées

Le recyclage des boues se fait par pompage. Il consiste à extraire les boues activées de la base du clarificateur et à l'envoyer au sommet du bassin d'aération afin de réensemencer ce dernier et de maintenir une concentration sensiblement constante de microorganismes purifiants. Si la quantité de boues recyclées est insuffisante, le volume des boues stockées dans le décanteur secondaire est trop volumineux, ce qui provoque une déficience en oxygène, qui développe un stade biologique par un phénomène de dénitrification

anaérobie et, dans certains cas, de dénitrification avec une augmentation des boues à la surface. Si elle est trop grande, la clarification est perturbée.

Le taux de recyclage peut varier de 15 à 100% de débit de l'effluent produit.

Elle est donnée par l'expression suivante. (Haouati, 2005)

- $Q_r = R \cdot Q_j$, tel que $R = \frac{[x_a]}{\frac{1200}{I_m} - [x_a]}$ (I.68)

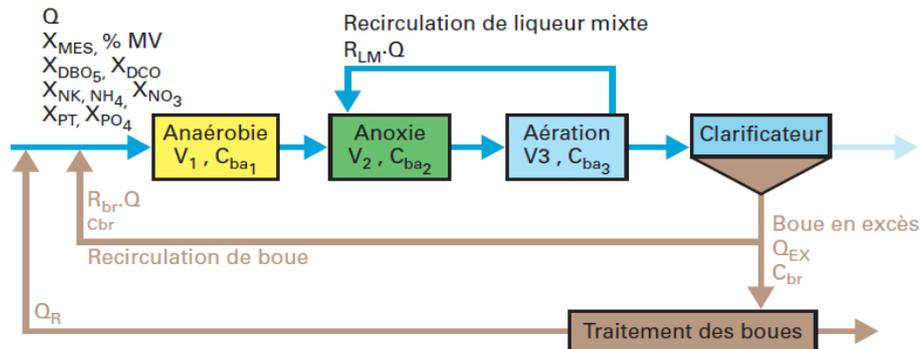


Figure I.12: la recirculation des boues (Dégremont, 2004)

I.5.7.5) Age des boues :

L'âge des boues (A_b): est défini comme étant le rapport entre la quantité de boues présentes dans le bassin d'aération et la quantité de boues retirées quotidiennement : (Haouati, 2005)

- $A_b = \frac{x_a}{\Delta X}$. (I.69)

I.6) Décanteur secondaire (clarificateur)

L'efficacité d'un décanteur est fonction de sa forme. Les meilleurs résultats sont obtenus dans les ouvrages circulaires à fond fortement incliné (50° au moins par rapport à l'horizontal).

Alors, nous optons pour un décanteur circulaire à fond incliné, muni d'un pont racleur de fond et de surface, conduisant les boues dans les fosses d'où elles sont reprises pour le recyclage et l'extraction de la fraction en excès.



Figure I.13: décanteur secondaire circulaire (Atura équipement,pei ces de rechange, 2017)

I.6.1) Dimensionnement de clarificateur :

Pour le calcul de clarificateur nous besoin le temps de séjours et la vitesse ascensionnelle :

Le temps de séjour : $t_s = (1,5 ; 2)$ heures. (Marc & Béchir, 1991)

La vitesse ascensionnelle $V_{asc} = (2 \text{ à } 4)$ m/h (Dégrement, 2004)

I.6.1.1) Le volume du décanteur :

Elle déterminer par la relation suivante (V) : (Marc & Béchir, 1991)

$$\bullet V = Q_p * t_s \quad (\text{Marc \& Béchir, 1991}) \quad (\text{I.70})$$

I.6.1.2) La surface horizontale du décanteur :

Elle déterminer par la relation suivante (S_h) : (Marc & Béchir, 1991)

$$\bullet S_h = \frac{Q_p}{V_{ASC}} \quad (\text{I.71})$$

I.6.1.3) La hauteur du décanteur :

Elle déterminer par la relation suivante (H) :

$$H = \frac{V}{S_h} \quad (\text{I.72})$$

I.6.1.4) Le diamètre du décanteur :

On conclut que le diamètre est égal (**D**) :

$$\bullet D = \sqrt{\frac{4S_h}{\pi}} \quad (\text{I.73})$$

▪ **TRAITEMENT DE BOUES**

La filière de traitement des boues sera comme suit :

- ❖ Un épaisseur des boues.
- ❖ Un digesteur.
- ❖ Une déshydratation par lits de séchage.

I.7) Dimensionnement de l'épaisseur

Figure I.14: un épaisseur des boues circulaire (Beginners guide to theckiners, 2017)

I.7.1) Le débit arrivant du décanteur secondaire :

S'il y a un traitement primaire (Q_T):

Elle déterminer par la relation suivante : (Gaid, 1984)

$$\bullet Q_T = \frac{\Delta X}{S_1} + Qb \quad (\text{I.74})$$

Sino

$$\bullet \quad Q_T = \frac{\Delta X}{S_1} \quad (\text{I.101})$$

Avec :

Q_b : débit de boue primaire

S_1 : La concentration entrée à l'épaississeur (9.6g/l) (Haouati, 2005)

ΔX_s : La quantité de boue en excès

I.7.2) la quantité totale arrive à l'épaississeur :

S'il y a un traitement primaire (ΔXT):

Elle déterminer par la relation suivante :

$$\bullet \quad \Delta XT = \Delta X + \Delta XB \quad (\text{I.75})$$

Tel que :

ΔX_s : La quantité des en excès

ΔXB : La quantité des boues primaires

Sino

$$\bullet \quad \Delta XT = \Delta X \quad (\text{I.103})$$

I.7.3) La concentration du mélange :

S'il y a un traitement primaire :

Elle déterminer par la relation suivante ($[S]$) : (Gaid, 1984)

$$\bullet \quad [S] = \frac{\Delta XT + \Delta XB}{Q_T} \quad (\text{I.76})$$

Sino

$$\bullet \quad [S] = \frac{\Delta XT}{Q_T} \quad (\text{I.109})$$

I.7.4) Calcul le bassin de l'épaississeur :

Pour dimensionné le bassin nous besoin comme donnée le temps de séjour et la hauteur

T_s : temps de séjours à partir de 1 jour

H : minimum 3.5 m. (dégrement, technique de l'eau, 2004)

I.7.4.1) Le volume de l'épaisseur :

Elle déterminer par la relation suivante (**V**) : (Gaid, 1984)

$$\bullet \quad V = Q_t * T_S \quad (\text{I.77})$$

I.7.4.2) La surface horizontale :

Elle déterminer par la relation suivante (**S_h**) :

$$\bullet \quad S_h = \frac{V}{h} \quad (\text{I.102})$$

I.7.4.3) Le diamètre :

Elle déterminer par la relation suivante (**D**) :

$$\bullet \quad D = \sqrt{\frac{4 * S_h}{\pi}} \quad (\text{I.78})$$

I.8) Dimensionnement du digesteur

Dans le but de diminuer le volume des boues et augmenter leurs quantités, les boues épaissies arrivent au digesteur avec une concentration de 80 g/l (Gaid, 1984)



Figure I.15: digesteurs (Master's project on organic waste digestion , 2017)

I.8.1) Le débit des boues arrivant au digesteur :

Dans le but de diminuer le volume des boues et augmenter leurs quantités, les boues épaissies arrivent au digesteur avec une concentration de 80 g/l (Gaid, 1984)

S'il y a un traitement primaire :

Elle déterminer par la relation suivante (Q_d) :

$$\bullet \quad Q_d = \frac{\Delta X + \Delta XB}{80} \quad (\text{I.104})$$

Sino

$$\bullet \quad Q_d = \frac{\Delta X}{80} \quad (\text{I.79})$$

I.8.2) Le temps de séjour du digesteur

Elle déterminer par la relation suivante (T_S): (Carlier, 1986)

$$\bullet \quad T_S = 175 * 10^{-0.03 * T} \quad (\text{I.80})$$

Avec :

$T = 35c^0$ (bechac, pierre, mercier, & nuer, 1987) ou (Dégrement, 2004)

I.8.3) Le volume du digesteur :

Il est donné par la formule suivante (V_d) :

$$\bullet \quad V_d = Q_d * T_S \quad (\text{I.81})$$

I.8.4) Le diamètre du digesteur :

Elle déterminer par la relation suivante (D_d):

$$\bullet \quad D_d = \sqrt{\frac{V_d * 4}{5\pi}} \quad (\text{I.82})$$

I.8.5) La surface horizontale :

Elle déterminer par la relation suivante (S_d):

$$\bullet \quad S_d = \frac{\pi D^2}{4}. \quad (\text{I.83})$$

I.8.6) La quantité de matières sèches des boues fraîches :

Elle déterminer par la relation suivante (F_g): (Oulim, 2001)

$$\bullet \quad F_g = Q_d - F_S * K_S \quad (\text{I.84})$$

Avec :

F_S : La teneur en matières solides entre 3 à 4%

K_S : Poids spécifique de la matière sèche de la boue fraîche 1tonne/m³

I.8.7) La quantité de matière organique dans la boue fraîche :

Elle détermine par la relation suivante (F_0): (Oulim, 2001)

$$\bullet \quad F_0 = 0.6 * F_g \quad (I.85)$$

Avec :

F_g : Elle présente 60% de la quantité des matières sèches des boues fraîches

I.8.8) La quantité du gaz produite :

Elle calculé par la relation suivante (F_{gaz}): (Oulim, 2001)

$$\bullet \quad F_{gaz} = 138 * (t^0)^{1/2} * F_0 \quad (I.86)$$

Tel que :

t^0 : C'est la température en degré

I.8.8) le gaz moyen :

Elle calculé par la relation suivante (Q'): (Oulim, 2001)

$$\bullet \quad Q' = 0.75 * F_{gaz} \quad (I.87)$$

I.8.9) La quantité du méthane :

Elle calculé par la relation suivante (Q_{ch_4}):

$$\bullet \quad Q_{ch_4} = (0.6 \text{ à } 0.65) * Q' \text{ (} Q' \text{ gaz moyenne)} \quad (I.88)$$

I.8.9) La quantité minérale dans la boue :

Elle calculé par la relation suivante (F_m): (Gaid, 1984)

$$\bullet \quad F_m = F_g - F_0 \quad (I.89)$$

Tel que :

F_g : La quantité de matières sèches des boues fraîches

F_0 : La quantité de matière organique dans la boue fraîche

I.9) Lit de séchage :

Le dimensionnement de cet ouvrage se fait par la quantité de boues refoulées vers l'épaisseur qui est la boue secondaire



Figure I.16: Un lit de séchage (Sludge drying bed pictures and images, 2017)

Pour calculer le de lit de séchage nous avons : (Marc & Béchir, 1991)

e : l'épaisseur maximale des boues qui est comprise entre 20 à 30 cm

La longueur L entre (20 à 30) m, la largeur B et la hauteur H .

I.9.1) Le volume d'un lit :

Elle calculé par la relation suivante (V) :

$$\bullet \quad V = B * L * e \quad (\text{I.90})$$

I.9.2) Volume des boues épandues par lit et par an :

Nous admettons que le lit sert 10 fois par an (V_a) : (Haouati, 2005)

$$\bullet \quad V_a = V * 10 \quad (\text{I.91})$$

I.9.3) Volume des boues épandues par lit et par an :

La concentration de boues activées épaissies est de 20 à 50 g/l

S'il y a un traitement primaire (V_e):

Le volume est déterminé par la relation suivante : (Gaid, 1984)

$$\bullet \quad V_e = \frac{\Delta X + \Delta X B}{\text{concentration}} \quad (\text{I.92})$$

Sino

- $$V_e = \frac{\Delta X}{\text{concentration}} \quad (\text{I.105})$$

I.9.4) Volume de boue à sécher par an :

Le volume par an est (V_{an}):

- $V_{an} = \text{le volume journalier des boues épandues} * 365 \text{ jours}$

I.9.5) Nombre de lits nécessaires :

Elle calculé par la relation suivante (N) :

- $$N = \frac{V_{an}}{V_a} \quad (\text{I.93})$$

I.10) Traitement de désinfection

L'objectif des traitements tertiaires est d'éliminer les éléments indésirables tels que les MES, la DCO (dure et colloïdale), le phosphore, et les composés spécifiques (pesticides, métaux, détergents...). Ils visent à améliorer la qualité de l'eau épurée en vue de leur rejet dans le milieu naturel ou de leur réutilisation. (Haouati, 2005)



Figure I.17: Bassin de désinfection (Désinfection, 2017)

I.10.1) La dose journalière du chlore :

La dose du chlore nécessaire dans les conditions normales pour un effluent traité est de 5 à 10 mg/l pour un temps de contact de 30 minutes

Elle est donnée par la formule suivante (D_j) : (Oulim, 2001)

$$\bullet \quad D_j = Q_{moyj} * D_{cl_2} \quad (\text{I.94})$$

En Algérie l'utilisation du chlore gazeux pose beaucoup de problèmes surtout la sécurité de stockage qui doit être examiné et résolu avec toute l'attention nécessaire.

Pour cette raison on change le chlore par d'hypochlorite de sodium.

I.10.2) Calcul la quantité de l'eau de javel pouvant remplacer la quantité du chlore :

Calculer par la formule suivante (NaOCl) (Aoulmi, 2007) :

1° de chlorométrie → 3,17 g de Cl₂/ NaOCl

20° de chlorométrie → X (I.95)

I.10.3) La quantité d'hypochlorite de sodium nécessaire :

Calculer par la relation suivante :

1 m³ (NaOCl) → 63,4 Kg de Cl₂

$Q_j \rightarrow 90 \text{ Kg/j}$ (I.96)

I.10.4) La quantité annuelle d'hypochlorite de sodium :

Il est donné par la relation suivante (Q_a): (Haouati, 2005)

$$\bullet \quad Q_a = Q_j * 365 \quad (\text{I.97})$$

I.10.5) calcule de bassin de désinfection :

Pour dimensionné le bassin de désinfection nous besoins le temps de séjour (t_s), le débit de pointe Q_p , la hauteur H, et la larguer L (Haouati, 2005)

I.10.5.1) Le volume du bassin :

Il est donné par la formule suivante (V) :

$$\bullet \quad V = Q_p * t_s \quad (\text{I.98})$$

I.10.5.2) La surface horizontale :

Elle est donnée par la formule suivante (S_h) :

- $S_h = \frac{V}{H}$ **(I.99)**

I.10.5.3) La longueur :

La longueur est donnée par la formule suivante (B) :

- $B = \frac{S_h}{L}$ **(I.100)**

Introduction :

L'informatique est de plus en plus présente dans la vie quotidienne et l'ensemble des disciplines est concerné par ses applications. L'informatique offre à toutes les autres disciplines un outil puissant pour la recherche d'informations, leur exploitation et leur présentation.

II.1) Les domaines d'applications :

L'informatique est souvent utilisée par les scientifiques (physiciens, chimistes, ingénieurs...) et les domaines de gestion, industriel, d'Internet et de Multimédia, pédagogique, médecin, ... (Informaticolleg, 2017)

II.2) définition d'un programme d'informatique :**a- Définition 1 :**

L'information désigne à la fois le message à communiquer et les symboles utilisés pour le véhiculer, matérialisé (visuellement ou phonétiquement ou tactilement) ; elle utilise un code de signes porteurs de sens tels qu'un alphabet de lettres, une base de chiffres, des idéogrammes ou pictogrammes. Dans la théorie de l'information elle représente le véhicule des données. Elle représente un facteur d'organisation et donc de décision. (L'informatique et ses domaines, 2017)

b- Définition 2 :

Science du traitement rationnel, notamment par machines automatiques, de l'information considérée comme le support des connaissances humaines et des communications dans les domaines techniques, économiques et sociaux.

II.3) Le choix de type de logiciel :

Il faut d'abord choisir un langage de programmation. Un ingénieur pourrait évidemment être tenté d'apprendre à programmer en Maple, Matlab, Scilab ou autre. Il faut qu'il comprenne qu'il s'agit là d'outils spécialisés pour mathématicien ou ingénieur qui lui seront utiles et qui, certes, se programment, mais pas à proprement parler de langages généralistes complets. Sans argumenter sur les défauts respectifs des langages qui en font partie, il nous semble évident qu'il ne s'agit pas du bon choix pour l'apprentissage de la programmation.

En pratique, le choix de programme de Matlab il se basé sur nombreux avantage qui sont :

II.3.1) Intérêts :

- ✓ Programmation infiniment plus rapide pour le calcul et pour l'affichage
- ✓ Une librairie très riche
- ✓ Possibilité d'inclure un programme en C/C++
- ✓ Langage interprété : Pas de compilation donc pas d'attente pour compiler
- ✓ Possibilité d'exécuter du code en dehors du programme
- ✓ Code facile à comprendre et très lisible
- ✓ Une aide très bien faite. (Matlab, 2017)

II.3.2) Inconvénients :

Mais chaque logiciel de programmation des avantages et des inconvenants comme :

- ✓ Vitesse de calcul moins rapide qu'en C/C++
- ✓ Payant (équivalent gratuit Scilab)
- ✓ Application auto-exécutable peu pratique. (Matlab, 2017)

II.4) Définition de l'logiciel Matlab :

Matlab (**MA**Trix **LAB**oratory) est un logiciel de langages de programmation de quatrième génération pour effectuer des calculs numériques. Il a été conçu initialement pour faciliter le traitement des matrices mais il est maintenant utilisé dans tous les domaines des sciences qui nécessitent de faire des calculs. (Matlab, 2017)

II.5) Préparation de programme de calcul sur la station épuration boue activé :

L'élaboration d'un logiciel de conception et de dimensionnement d'une station d'épuration a boue activé passe obligatoirement par la maîtrise des équations, qui régissent chacune de ses composantes, les paramètres principaux qui influencent les rendements de ces composantes et les données d'entrée et de sortie de chaque composante.

- Nous suggérons le diagramme de fonctionnement de la station à boue activé dans le domaine des eaux usée domestique ou industrielle qui est le suivant :

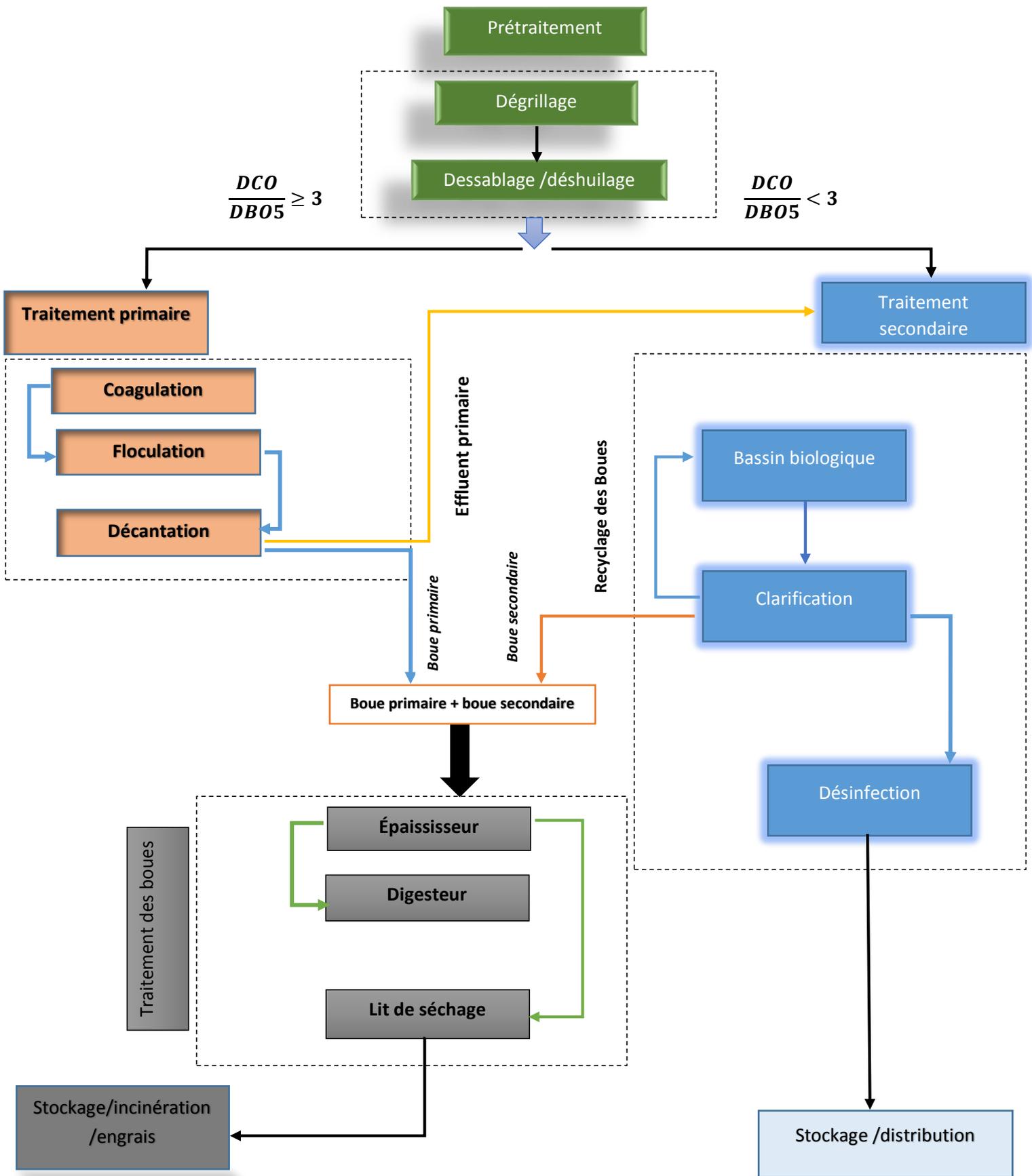


Figure II.18: les différentes procédures de la STEP à boue activée

Le dimensionnement de la STEP précédé par la détermination des débits, les charges et leur concentration, ces données représente les données de base de chaque procédure de la STEP.

II.5.1) Les donnée de base :

II.5.1.1) débits, charges et leur concentration :

Pour calcule les débits on a les donnée suivant qui représente dans le tableau suivant :

Les données de bases	symboles
La dotation	D
Coefficient de rejet	R
Nombre d'habitants	N
La charge de MES dû par un habitant	MES
La charge de DBO5 dû par un habitant	DBO5
La charge de DCO par habitant	DCO

Tableau II.4 : les données d'entré pour calcul les débits, charges et les concentrations

➤ On trouve les résultats suivants :

(I.1) jusqu'a (I.9) du chapitre I.

La phase suivante consiste à faire le calcul de traitement mécanique :

II.5.2) Prétraitement (traitement mécanique) :

II.5.2.1) dimensionnement de dégrilleur automatique et manuelle, grossière et fin :

Pour calculé le déssableur nous besoin les résultats dans le tableau ci-dessous :

Les données	intervalle de conception
espacement des barreaux grossiers	[5-10] cm
espacement des barreaux fins	[0.3-1] cm
angle d'inclinaison	60 degré
volume des déchets de grilles grossières par habitant	2 à 5 l/hab/an
volume des déchets de grilles fines par habitant	5 à 10 l/hab/an
hauteur maximum admissible sur une grille	0.5 à 1 m
valeur de vitesse eaux à travers les grilles	0.6 à 1 m/s

Tableau II.5: données de conception pour le dégrillage

➤ Chaque résultats que nous trouvé représente un type de dégrilleur :

(Pour le dégrilleur automatique et manuelle, grossière et fin)

(I.10) jusqu'à (I.14)

II.5.3.2) dimensionnement de déssableur/déshuileur combiné rectangulaire aéré :

Nous nous basons sur les valeurs dans le tableau ci-dessous :

Donnée	intervalle de conception
valeur vitesse ascensionnel] 10-15[$m^3/m^2/h$
valeur de hauteur de déssableur	[1-2.5] m
la valeur de la fraction de L/H	3 ou [10-15]

Tableau II.6 : les données de conception de déssableur

➤ Les résultats trouvés :

(I.15) jusqu'à (I.24) chapitre I

1^{er} cas : «Si K > 3 sortie de déssableur vers le traitement primaire»

II.5.4) traitement primaire :

Les données de conception de traitement primaire dans le tableau ci-dessous :

Donnée	intervalle de conception
valeur de temps de séjour de coagulant	[2-5] min
hauteur de bassin de coagulation	[2-4] m
valeur de temps de séjour de floculation	[5-15] min
hauteur de bassin de floculation	[4-5] m
vitesse ascensionnelle de décanteur primaire	[1-2] m/h
Hauteur de décanteur primaire	[3-4] m
La concentration de boue primaire	[20-50] g/l

Tableau II.7 : les données de conception de traitement primaire

➤ Nous avons les résultats suivant :

➤ Pour le bassin de coagulation :

(I.25) jusqu'à (I.27) chapitre I

➤ Pour le bassin de floculation :

(I.28) jusqu'à (I.30) chapitre I

➤ Pour la décantation :

(I.31) jusqu'à (I.33) chapitre I

➤ Pour la boue primaire :

(I.34) jusqu'à (I.40) chapitre I

II.5.5) Traitement biologique (secondaire) :

L'effluent primaire va continuer le traitement biologique et pour dimensionner cet ouvrage nous avons besoin des données dans le tableau suivant :

Données	intervalle de concept
la charge sortie du bassin	30 g/l
hauteur du bassin	[3-5] m
puissance absorbée par m^2 du bassin	[40 - 80] W/ m^2
le Coefficient global de transfert de matière de l'eau usée à celui d'eau épurée	[0.85 - 0.95]
Coefficient de rendement cellulaire] 0.53 - 0.56 [
fraction de B42/H4	[1 - 2.5]
indice de Mohlman	[100 – 150]
matière en suspension entrée dans le bassin biologique	MESd
c'est la charge polluante entrée dans le bassin biologique	DBO5s
La charge massique	C_m
La charge volumique	C_v

Tableau II.8 : les données de conception de traitement biologique

➤ Nous avons conclu les résultats suivants :

(I.40) jusqu'à **(I.69)** et les équations **(I.106)** et **(I.107)** chapitre I

II.5.6) dimensionnement de décanteur secondaire (clarificateur) :

Nous avons les données suivantes :

données	intervalle de conception
vitesse ascensionnelle	[2 - 4] m/h
temps de séjour	[1.5 - 2] h

Tableau II.9: les données de clarificateur

➤ D'après ces données nous concluons les résultats suivants :

(I.70) jusqu'à (I.73) chapitre I

II.5.7) dimensionnement de l'épaississeur :

Le dimensionnement de l'épaississeur est basé sur les données dans le tableau suivant :

donnée	intervalle de conception
la valeur de la hauteur de l'épaississeur	Minimum 3.5
temps de séjour	[1 – 15] jour

Tableau II.10: les données de l'épaississeur

➤ On trouve les résultats suivants :

(I.74) jusqu'à (I.79) (I.101) (I.102) (I.103) et (I.109) chapitre I

II.5.7) dimensionnement de digesteur (Méthaniseur) :

A ce stade là les boues épaissies sont refoulées vers le lit de séchage ou vers le digesteur, si refoulées vers le digesteur on a les données entrées dans le tableau suivant :

données	intervalle de conception
La température	35 C°

Tableau II.11: la donnée de température pour le digesteur

➤ On a les résultats suivants :

(I.79) jusqu'à (I.89) et (I.104) chapitre I

II.5.7) dimensionnement de lit de séchage :

Si les boues épaissie refoulé directement vers le lit de séchage nous besoin les données pour calculé le dans le tableau ci-dessous :

Données	Intervalle de conception
l'épaisseur maximale des boues	[20 - 30] cm
La longueur L d'un lit	[20 - 30] m
la largeur B d'un lit	8 m
la hauteur H d'un lit	1 m

Tableau II.12: les données de conception de lit de séchage

➤ D'après ces entrée nous avons obtenus

(I.90) jusqu'à (I.93) et (I.105) chapitre I

2eme cas : «si $k < 3$ sortie de déssableur vers le bassin biologique»

II.5.5) Traitement biologique (secondaire) :

Pour dimensionné cet ouvrage nous avons besoin les donnée dans le tableau suivant :

Données	intervalle de concept
la charge sortie du bassin	30 g/l
hauteur du bassin	[3-5] m
puissance absorbée par m^2 du bassin	[40 - 80] W/m^2
le Coefficient global de transfert de matière de l'eau usée à celui d'eau épurée	[0.85 - 0.95]
Coefficient de rendement cellulaire] 0.53 -0.56 [
fraction de B42/H4	[1 - 2.5]
indice de Mohlman	[100 – 150]
matière en suspension ce qui est sorte de déssableur	MESs
c'est la charge polluante ce qui est sorte de déssableur	Lo
La charge massique	C_m
La charge volumique	C_v

Tableau II.13 : les données de conception de traitement biologique

- Nous avons conclu les résultats suivant :

(I.40) jusqu'à (I.69) et les équations (I.106) et (I.107) chapitre I

II.5.6) dimensionnement de décanteur secondaire (clarificateur) :

Nous avons les données suivantes :

données	intervalle de conception
vitesse ascensionnelle Vasc	[2 – 4] m/h
temps de séjour ts	[1.5 - 2] h

Tableau II.14: les données de clarificateur

- D'après ces données nous conclu les résultats suivants :

(I.70) jusqu'à (I.73) chapitre I

II.5.7) dimensionnement du l'épaississeur :

Le dimensionnement de l'épaississeur est basé sur les données dans le tableur suivant :

donnée	intervalle de conception
la valeur de la hauteur d'épaississeur	Minimum 3.5
temps de séjour	[1 – 15] jour

Tableau II.15 : les données de l'épaississeur

- On trouve les résultats suivant :

(I.74) jusqu'à (I.79) (I.101) (I.102) (I.103) et (I.109) chapitre I

II.5.7) dimensionnement de digesteur (Méthaniseur) :

A ce stade là les boues épaissie soit refoulé vers le lit de séchage ou vers le digesteur, si refoulé vers le digesteur on a les donnée entré dans le tableur suivant :

données	intervalle de conception
La température en (C°)	35

Tableau II.16 : la donnée de température pour le digesteur

- On a les résultats suivant :

(I.79) jusqu'à (I.89) et (I.104) chapitre I

II.5.7) dimensionnement de lit de séchage :

Si les boues épaissie refoulé directement vers le lit de séchage nous besoin les données pour calculé le dans le tableau ci-dessous :

Données	Intervalle de conception
l'épaisseur maximale des boues	[20 - 30] cm
La longueur L d'un lit	[20 - 30] m
la largeur B d'un lit	8 m
la hauteur H d'un lit	1 m

Tableau II.17: les données de conception de lit de séchage

➤ D'après ces entrée nous avons obtenus

(I.90) jusqu'à (I.93) et (I.105) chapitre I

II.5.7) Dimensionnement de désinfection :

Les eaux clarifie l'or de décanteur secondaire va stocke dans un bassin de désinfection et pour dimensionné nous besoin les données suivant :

Données	Intervalle de conception
La dose du clore	[5 - 10] mg/l
La température dans le bassin	20 degré
hauteur du bassin	3 m
longueur du bassin	6 m
Le temps de séjour	30 min

Tableau II.18 : les données de conception du bassin de désinfection

➤ Nous avons trouvé les résultats suivant :

(I.94) jusqu'à (I.100) chapitre

Introduction :

Dans le cadre de notre projet nous avons développé un programme de calcul informatique que nous avons nommé « **Calcul_step** ». Nous avons utilisé l'environnement de programmation MATLAB.

Pour dimensionner les principaux ouvrages d'une station d'épuration du type « Boues Activées » à partir des équations énoncées dans les chapitres précédents. La partie suivante comporte une description du programme, ainsi qu'une explication du mode de fonctionnement, dont on présente ci-dessous une ossature simplifiée.

Pour vérifier et valiser notre programme et tester sa performance, nous avons choisi deux cas de STEP réelles : **La STEP de Remchi et celle de Sabdou.**

III.1) Cas I : station de Remchi :

La station d'épuration sera composée par les ouvrages des traitements suivants :

- ✓ Dégrillage ;
- ✓ Dessablage-déshuilage combiné rectangulaire ;
- ✓ Bassins d'aération rectangulaires ;
- ✓ Décantation secondaire avec recirculation des boues ;
- ✓ Epaisseurs ;
- ✓ Déshydratation thermique ;
- ✓ Digesteur.

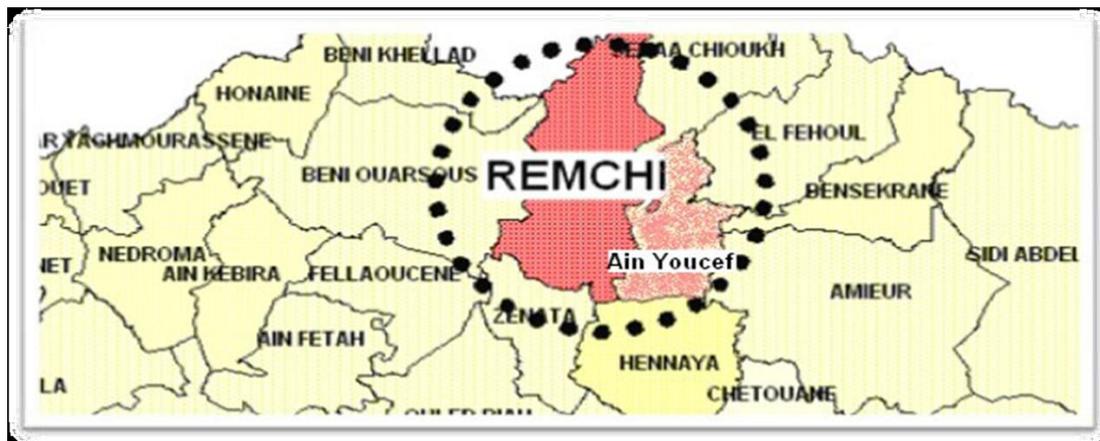


Figure III.19: la STEP de Remchi

III.1.1) Données de base de STEP Remchi :

Pour notre 1^{er} cas d'étude, nous avons les valeurs suivantes tirées par le cahier de charge, les principales données retenues sont récapitulées dans le tableau ci-après

Données de bases	STEP de Remchi
Non de la STEP	Système épuratoire des villes de Remchi
Procédé d'épuration	Boues activées
Débit journalier des eaux usées (m ³ /j)	12800 (Selon le cahier de charge)
Débit moyenne horaire (m ³ /h)	534
Débit de pointe (m ³ /h)	908
Population future à raccordées	80 000 (Selon le cahier de charge)
Nature du réseau	Unitaire
MES	
Concentration (g/hab/j) d'individu	70 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	5600
DBO5	
Concentration (g/hab/j)	50 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	4 000
DCO	
Concentration (g/hab/j)	100 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	8 000
N	
Concentration (g/hab/j)	10 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	800
P	
Concentration (g/hab/j)	2,50 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	200
Le volume rejeté par les habitants	80%
dotation	200 l/hab/j

Tableau III.19: Récapitulatifs des données pris du cahier de charge de la step Remchi (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.1.2) Résultat du programme :

Les résultats des débits, charges et concentrations représenté dans la fenêtre de programme ci-dessous

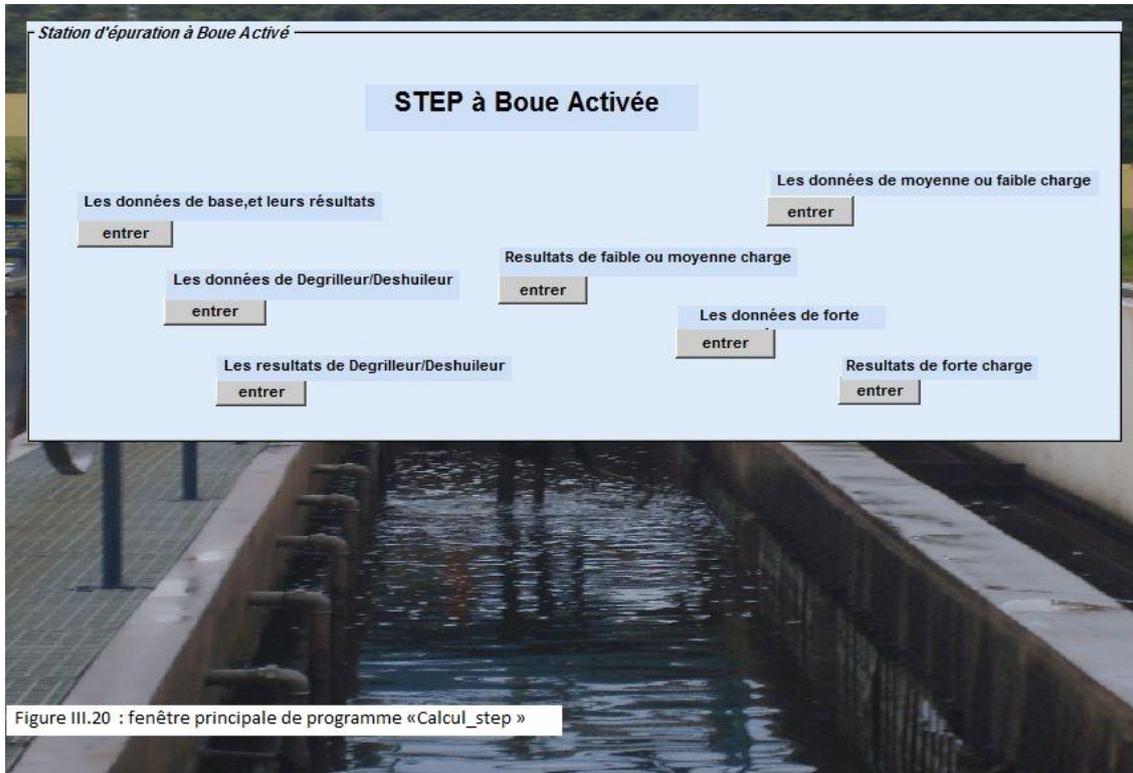


Figure III.20 : fenêtre principale du programme "Calcul_step"

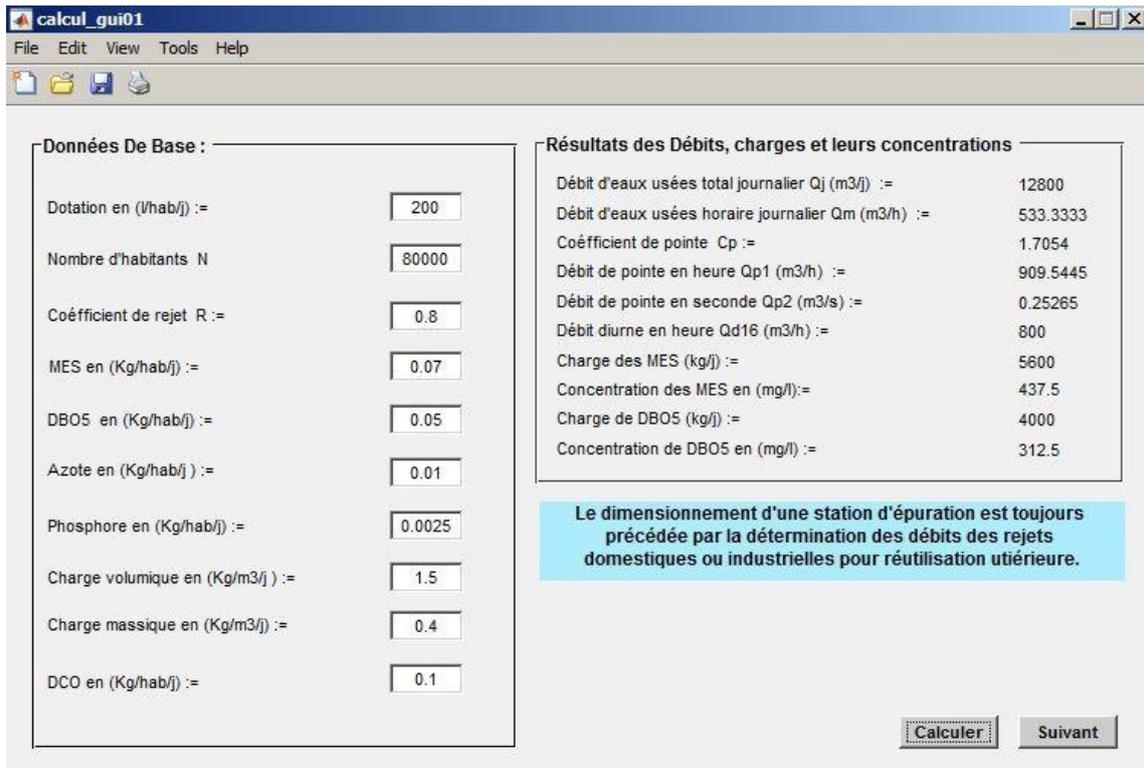


Figure III.21 : données de base et leurs resultats de la STEP Remchi

Figure III. 21 : données de base et leurs résultats se la step Remchi

III.1.3) Donnée de dégrilleur :

Traitement de l'eau.

On a les données de dégrillage de la STEP :

Désignations	Unité	valeur
épaisseur des barreaux grossiers	m	0.02
épaisseur des barreaux fins	m	0.08
espacement des barreaux grossiers	m	0.01
espacement des barreaux fins	m	0.01
angle d'inclinaison de la grille	degré	60
volume des déchets récupéré par les grilles grossières d'un hab	m^3 /hab/an	0.002
volume des déchets récupéré par les grilles fines d'un habitant l/hab/an	m^3 /hab/an	0.010
hauteur maximum admissible sur une grille (hmax)	m	0.8
1 vitesse d'eaux à travers les grilles	m/s	1

Tableau III.20 : les données de dégrilleur de la STEP du Remchi (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.1.4) Donnée de déssableur-déshuileur :

On a les données de dégrillage de la STEP :

Désignation	Unités	Valeurs
vitesse d'ascensionnelle	$m^3/m^2/h$	15
hauteur de déssableur	m	2
Volume air injecté	m^3	1.5
fraction de Longueur/hauteur		10

Tableau III.21: données de déssableur/déshuileur de la STEP Remchi (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.1.5) Résultat du programme :

Les résultats de programme ci-dessous :

The screenshot shows a software window titled "Calcule" with a menu bar (File, Edit, View, Tools, Help) and a toolbar. The main area is divided into two panels:

- Données de Degrilleur :**
 - Espacement des barreaux grossières entre 0.05 et 0.1 m :=
 - Espacement des barreaux fines entre 0.003 et 0.01 m :=
 - Alpha angle de l'inclinaison entre 60 et 80 (degré):=
 - Déchets récupérés par les grilles grossieres entre 0.002 et 0.005 (m3/hab/an):=
 - Déchets récupérés par les grilles fines entre 0.005 à 0.010 (m3/hab/an):=
 - Hauteur maximum admissible sur une grille entre 0.5 et 1.5 m:=
 - Vitesse d'écoulement d'eau à travers les grilles entre 0.6 et 1 (m/s) :=
- Données de Dessableur/Deshuileur :**
 - Vitesse ascensionnelle entre 10 à 15 m3/m2/h ou 40 à 70 (m3/m2/h):=
 - Hauteur de dessableur entre 1 et 2.5 m :=
 - Volume d'air injecté dans le dessableur entre 1 et 1.5 m3 (d'air/m3):=
 - Fraction de L/H entre 10 et 15 ou 3 :=

At the bottom of the window, there are two buttons: "arrière" and "Calculer".

Figure III.22 : données de dégrilleur et déshuileur-déssableur

Figure III. 22 : données de dégrilleur et déshuileur-déssableur

Dimensionnement de Degrilleur:	
Fraction de surface occupée par les barreaux grossiers :=	0.2
Fraction de surface occupée par les barreaux fins :=	0.5
Surface de la grille grossiere automatique (m2):=	0.25265
Déchets retenus automatique ou manuelle grossiere :=	0.43836
Déchets retenus automatique ou manuelle fine :	2.1918

Perte de charge : Cas de grille rectangle grossiere et fine, auto ou manuelle :	
Perte de charge linéaire grossiere, automatique ou manuelle (m):=	0.01682
Perte de charge linéaire fines, automatique ou manuelle	0.10682

Cas de grille ronde grossiere et fine, auto ou manuelle :	
Perte de charge linéaire grossiere, automatique ou manuelle (m):=	0.012443
Perte de charge linéaire fines, automatique ou manuelle	0.07901

Largeur grossiere et fines d'un grille automatique :	
Largeur de la grille grossiere (m):=	0.68376
Largeur de la grille fine (m):=	1.094

Largeur grossiere et fines d'un grille manuelle :	
Largeur de la grille grossiere (m):=	1.3675
Largeur de la grille fine (m):=	2.188

Dimensionnement de dessableur :	
Longueur de dessableur (m) :=	20
Surface horizontal (m2):=	60.6363
Largeur de dessableur (m):=	3.0318
Volume de dessableur (m3):=	121.2726
Temps de séjour du bassin en seconde (s):=	480
Volume d'air total inject (m3):=	0.37898
Les MES à la sortie de dessableur (kg/l):=	4424
La biodegradabilité :=	2

Si les eaux usées sont domestiques (K<3) on passe directement au traitement biologique. Si les eaux usées sont des eaux industrielles (K>3) on passe au traitement primaire avant le traitement secondaire pour diminuer les MES et la DBO

arrière
Suivant

Figure III.23 : résultats de dégrilleur et déssableur-déssableur

Figure III. 23 : résultats de dégrilleur et déssableur-déshuileur

On remarque que la biodégradabilité est égale à 2, donc le programme passé directement par le calcul de bassin biologique

III.1.6) Données de bassin de biologique :

Les données d'entrée de bassin d'aération dans la table suivante :

Désignation	Unité	Valeurs
charge de sortie (Sf)	mg/l)	30
hauteur du bassin (h)	m	5
La puissance (p)	w/m ²	75
Coefficient global de transfert de matière de l'eau usée a celui d'eau épurée (a2)		0.85
coefficient de rendement cellulaire (am)	g cellulaires formées/g DBO éliminées	0.55
fraction de largeur/hauteur (B/H)		2
indice de Mohlman Im	ml/g	125
Charge massique C _m	Kg DBO5/Kg.MES/j.	0.4
Charge volumique C _v	Kg DBO5/m ³ /j	1.5

Tableau III.22: données du bassin d'aération de la STEP Remchi (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.1.7) Données de clarificateur :

Les données d'entrée de clarificateur dans la table suivante :

Désignations	Unités	Valeurs
vitesse ascensionnelle (Vasc)	m/h	1.2
temps de séjour (Ts)	J (jours)	1.5

Tableau III.23: données de clarificateur de la STEP Remchi (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.1.8) Données du l'épaisseur :**Traitement des boues :**

Epaisseur : on va d'entrée les données suivantes :

Données	Unités	Valeurs
hauteur d'épaisseur (H)	m	5
temps de séjour (Ts)	J (jours)	2

Tableau III.24: données de l'épaisseur de la STEP Remchi

III.1.9) Données de lit de séchage :

On a les données de lit de séchage représenté dans la table suivante :

Désignation	Unités	Valeurs
Epaisseurs	m	0.3
Longueur	m	30
Hauteur	m	1
Largeur	m	8

Tableau III.25: les données de lit de séchage de la STEP Remchi

III.1.10) Données du digesteur :

On a les données de digesteur représenté dans la table suivante :

Donnée	Unité	valeur
Température	C°	35

Tableau III.26: donnée de digesteur de la STEP Remchi

III.1.11) Données de désinfection :

Les données d'entrée de clarificateur dans la table suivante :

Désignations	Unités	Valeurs
vitesse ascensionnelle (Vasc)	m/h	2.5
temps de séjour (Ts)	J (jours)	1.5

Tableau III.27: données de désinfection de la STEP Remchi (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.1.12) Résultat du programme :

On trouve ces valeur représenté dans la, fenêtre :

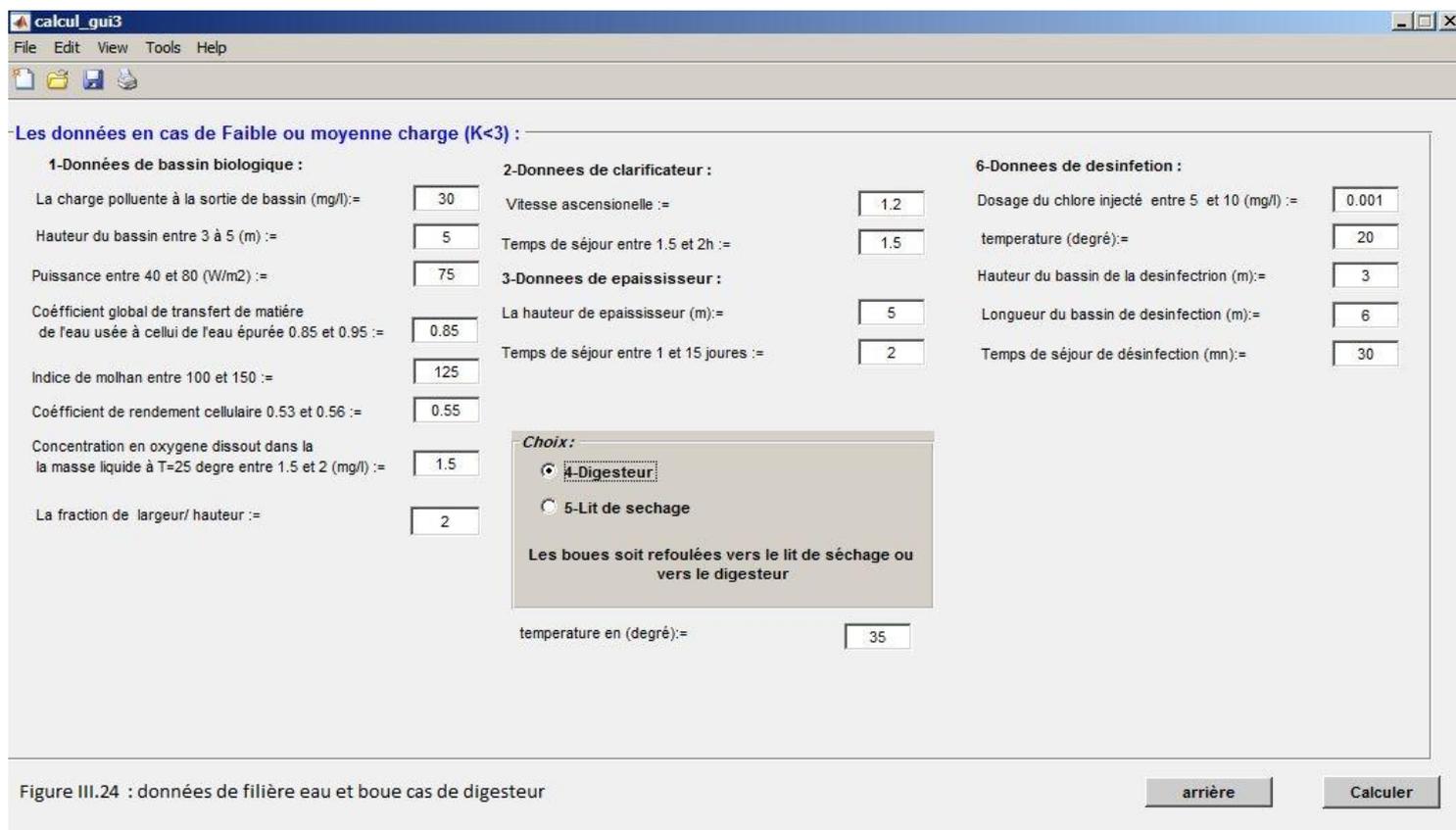


Figure III.24 : données de filière eau et boue cas de digesteur

Figure III.24 : données de filière eau et boue cas de lit de séchage

calcul_gui3

File Edit View Tools Help

Les données en cas de Faible ou moyenne charge ($K < 3$) :

1-Données de bassin biologique :		2-Donnees de clarificateur :		6-Donnees de desinfection :	
La charge polluente à la sortie de bassin (mg/l):=	<input type="text" value="30"/>	Vitesse ascensionnelle :=	<input type="text" value="1.2"/>	Dosage du chlore injecté entre 5 et 10 (mg/l) :=	<input type="text" value="0.001"/>
Hauteur du bassin entre 3 à 5 (m) :=	<input type="text" value="5"/>	Temps de séjour entre 1.5 et 2h :=	<input type="text" value="1.5"/>	temperature (degré):=	<input type="text" value="20"/>
Puissance entre 40 et 80 (W/m2) :=	<input type="text" value="75"/>	3-Donnees de epaaisseur :		Hauteur du bassin de la desinfection (m):=	<input type="text" value="3"/>
Coéfficient global de transfert de matière de l'eau usée à celui de l'eau épurée 0.85 et 0.95 :=	<input type="text" value="0.85"/>	La hauteur de epaaisseur (m):=	<input type="text" value="5"/>	Longueur du bassin de desinfection (m):=	<input type="text" value="6"/>
Indice de molhan entre 100 et 150 :=	<input type="text" value="125"/>	Temps de séjour entre 1 et 15 jours :=	<input type="text" value="2"/>	Temps de séjour de désinfection (mn):=	<input type="text" value="30"/>
Coéfficient de rendement cellulaire 0.53 et 0.56 :=	<input type="text" value="0.55"/>				
Concentration en oxygene dissout dans la la masse liquide à T=25 degre entre 1.5 et 2 (mg/l) :=	<input type="text" value="1.5"/>	<p>Choix:</p> <p><input type="radio"/> 4-Digesteur</p> <p><input checked="" type="radio"/> 5-Lit de sechage</p> <p>Les boues soit refoulées vers le lit de séchage ou vers le digesteur</p>		<p>Donnees de lit de séchage :</p> <p>Epaisseur de lit entre 0.2 et 0.3 (m):= <input type="text" value="0.3"/></p> <p>Longueur du bassin entre 20 et 30 (m):= <input type="text" value="30"/></p> <p>Hauteur de lit (m):= <input type="text" value="1"/></p> <p>Largeur de lit (m):= <input type="text" value="8"/></p> <p>Concentration des boues épaissies (g/l):= <input type="text" value="35"/></p>	
La fraction de largeur/ hauteur :=	<input type="text" value="2"/>				

Figure III.25 : données de filière eau et boue cas de lit de séchage

arrière Calculer

Figure III.25 : données de filière eau et boue cas de digesteur

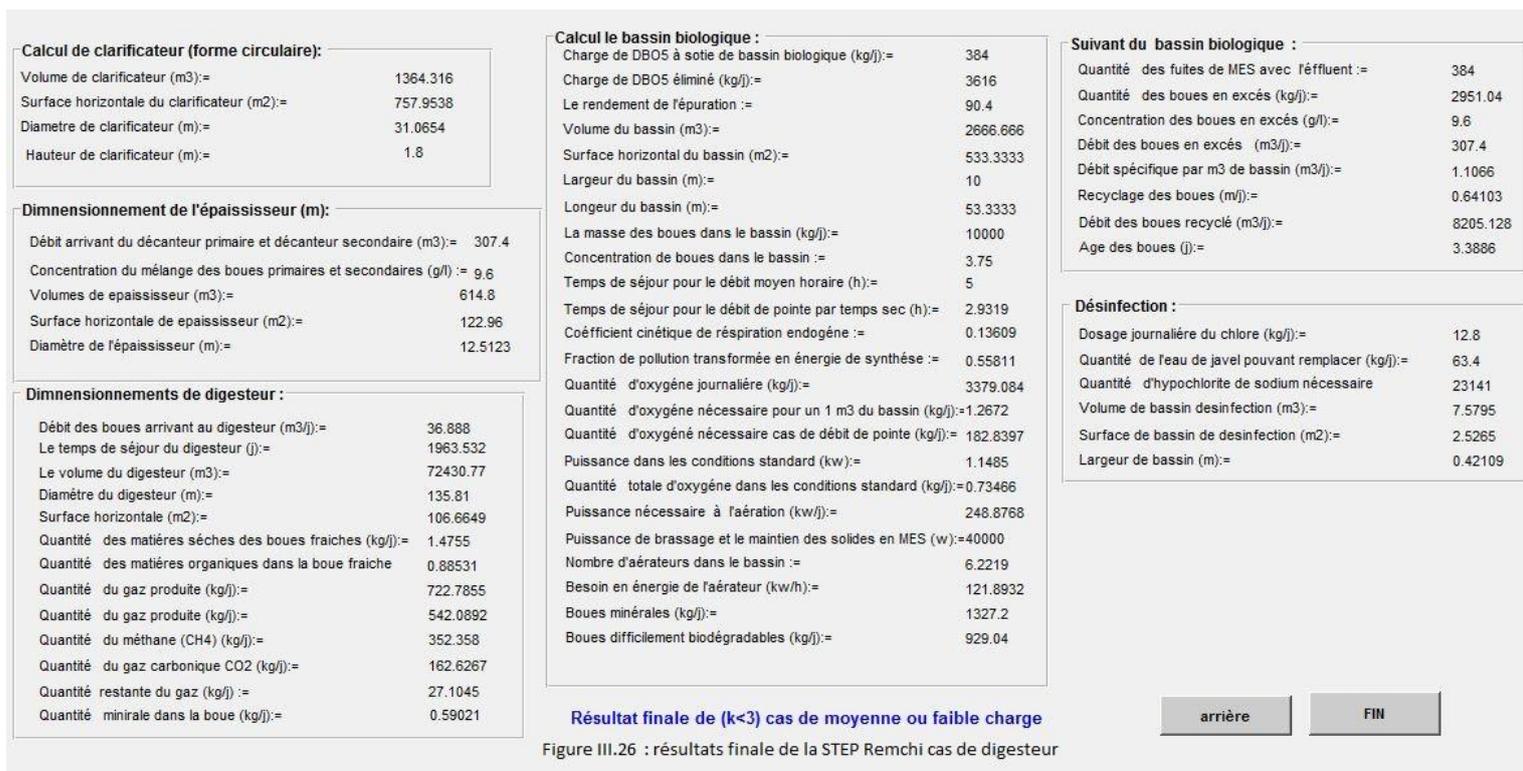


Figure III.26 : résultats finale cas de séchage STEP Remchi

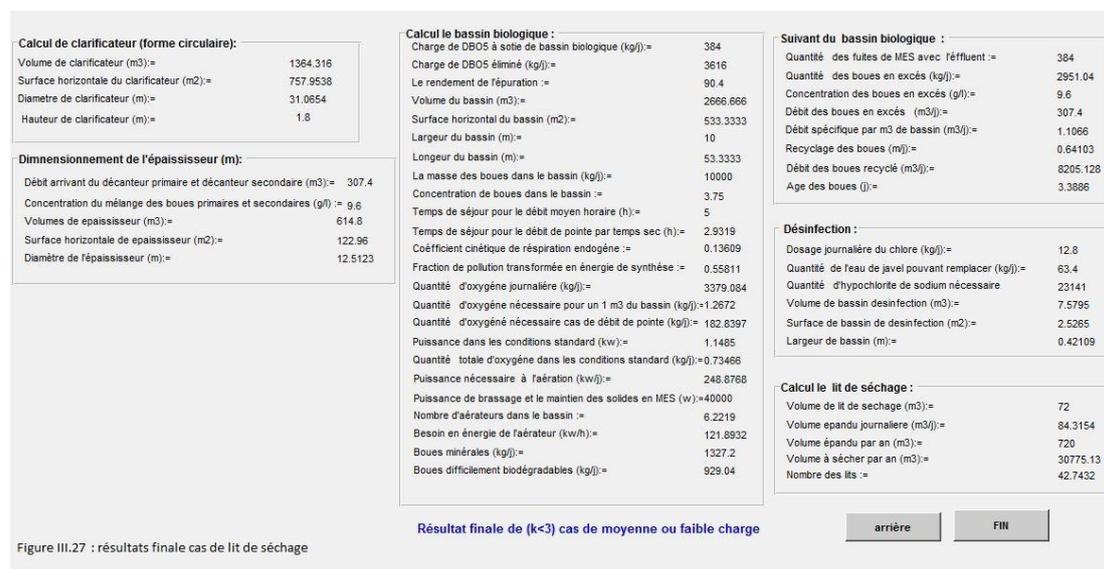


Figure III.27 : résultats finale de la STEP Remchi cas de digesteur

III.2) Cas II : station de Sebdou :

La station d'épuration sera composée par les ouvrages des traitements suivants :

- ✓ Dégrillage ;
- ✓ Dessablage-déshuilage combiné rectangulaire ;
- ✓ Bassins d'aération rectangulaires ;
- ✓ Décantation secondaire avec recirculation des boues ;
- ✓ Epaisseurs ;
- ✓ Déshydratation thermique ;
- ✓ Digesteur.



Figure III.28 : la STEP de l'unité E.A.T.I.T (Entreprise Algérienne Technologique Industriel)

III.2.1) Données des bases :

Pour notre 2^{ème} cas d'étude, nous avons les valeurs suivantes tirées par le cahier de charge, les principales données retenues sont récapitulées dans le tableau ci-après

Données de bases	STEP de Sebdou
Non de la STEP	Système épuratoire des villes de Sebdou
Procédé d'épuration	Boues activées
Débit journalier des eaux usées (m ³ /j)	9000 (Selon le cahier de charge)
Débit moyenne horaire (m ³ /h)	375
Débit de pointe (m ³ /h)	611
Population actuelle à raccordées	41668
Population future à raccordées	75 000 (Selon le cahier de charge)
Nature du réseau	Unitaire
MES	
Concentration (g/hab/j)	70 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	5600
DBO5	
Concentration (g/hab/j)	50 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	3750
DCO	
Concentration (g/hab/j)	100 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	7500
N	
Concentration (g/hab/j)	10 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	750
P	
Concentration (g/hab/j) d'individu	2,50 (Selon le cahier de charge)
Charge journalière (Kg/j)	187.5
Le volume rejeté par les habitants	80%
dotation	150 l/hab/j

Tableau III.28 : Récapitulatifs des données pris du cahier de charge de la step Sebdou (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.2.2) Résultat du programme :

Les résultats des débits, charges et concentrations représenté dans la fenêtre de programme ci-dessous :

The screenshot shows a software window titled 'calcul_gui01' with a menu bar (File, Edit, View, Tools, Help) and a toolbar. The main area is divided into two panels:

- Données De Base :** A list of input parameters with corresponding text boxes:
 - Dotation en (l/hab/j) := 150
 - Nombre d'habitants N 75000
 - Coéfficient de rejet R := 0.8
 - MES en (Kg/hab/j) := 0.07
 - DBO5 en (Kg/hab/j) := 0.05
 - Azote en (Kg/hab/j) := 0.01
 - Phosphore en (Kg/hab/j) := 0.0025
 - Charge volumique en (Kg/m3/j) := 1.5
 - Charge massique en (Kg/m3/j) := 0.4
 - DCO en (Kg/hab/j) := 0.1
- Résultats des Débits, charges et leurs concentrations :** A table of calculated values:

Débit d'eaux usées total journalier Qj (m3/j) :=	9000
Débit d'eaux usées horaire journalier Qm (m3/h) :=	375
Coéfficient de pointe Cp :=	1.7449
Débit de pointe en heure Qp1 (m3/h) :=	654.3559
Débit de pointe en seconde Qp2 (m3/s) :=	0.18177
Débit diurne en heure Qd16 (m3/h) :=	562.5
Charge des MES (kg/j) :=	5250
Concentration des MES en (mg/l) :=	583.3333
Charge de DBO5 (kg/j) :=	3750
Concentration de DBO5 en (mg/l) :=	416.6667

At the bottom right, there are two buttons: 'Calculer' and 'Suivant'. A blue highlighted box contains the text: 'Le dimensionnement d'une station d'épuration est toujours précédée par la détermination des débits des rejets domestiques ou industrielles pour réutilisation utiérieure.'

Figure III.29 : les données de base et leurs résultats de la STEP Sebdou

Figure III.29 : les données de base et leurs résultats de la STEP Sebdou

III.2.3) Données de dégrilleur :

Traitement de l'eau.

On a les données de dégrillage de la STEP :

Désignations	Unités	valeurs
épaisseur des barreaux grossiers	m	0.02
épaisseur des barreaux fins	m	0.08
espacement des barreaux grossiers	m	0.01
espacement des barreaux fins	m	0.01
angle d'inclinaison de la grille	degré	60
volume des déchets récupéré par les grilles grossières d'un hab	m^3 /hab/an	0.002
volume des déchets récupéré par les grilles fines d'un habitant l/hab/an	m^3 /hab/an	0.010
hauteur maximum admissible sur une grille (hmax)	m	0.8
1 vitesse d'eaux à travers les grilles	m/s	1

Tableau III.29 : les données de dégrilleur de la STEP de Sebdo (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.2.4) Données de déssableur-déshuileur :

Les résultats de prédimensionnement du déssableur-déshuileur de la station sont présentés dans le tableau suivant :

Désignation	Unités	Valeurs
vitesse d'ascensionnelle	$m^3/m^2/h$	50
hauteur de déssableur	m	2
Volume air injecté	m^3	1.5
fraction de Longueur/hauteur		3

Tableau III.30 : données de déssableur/déshuileur de la STEP Sebdo (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.2.5) Résultats de dégrilleur et déssableur/déshuileur :

Les résultats dans la fenêtre de programme ci-dessous

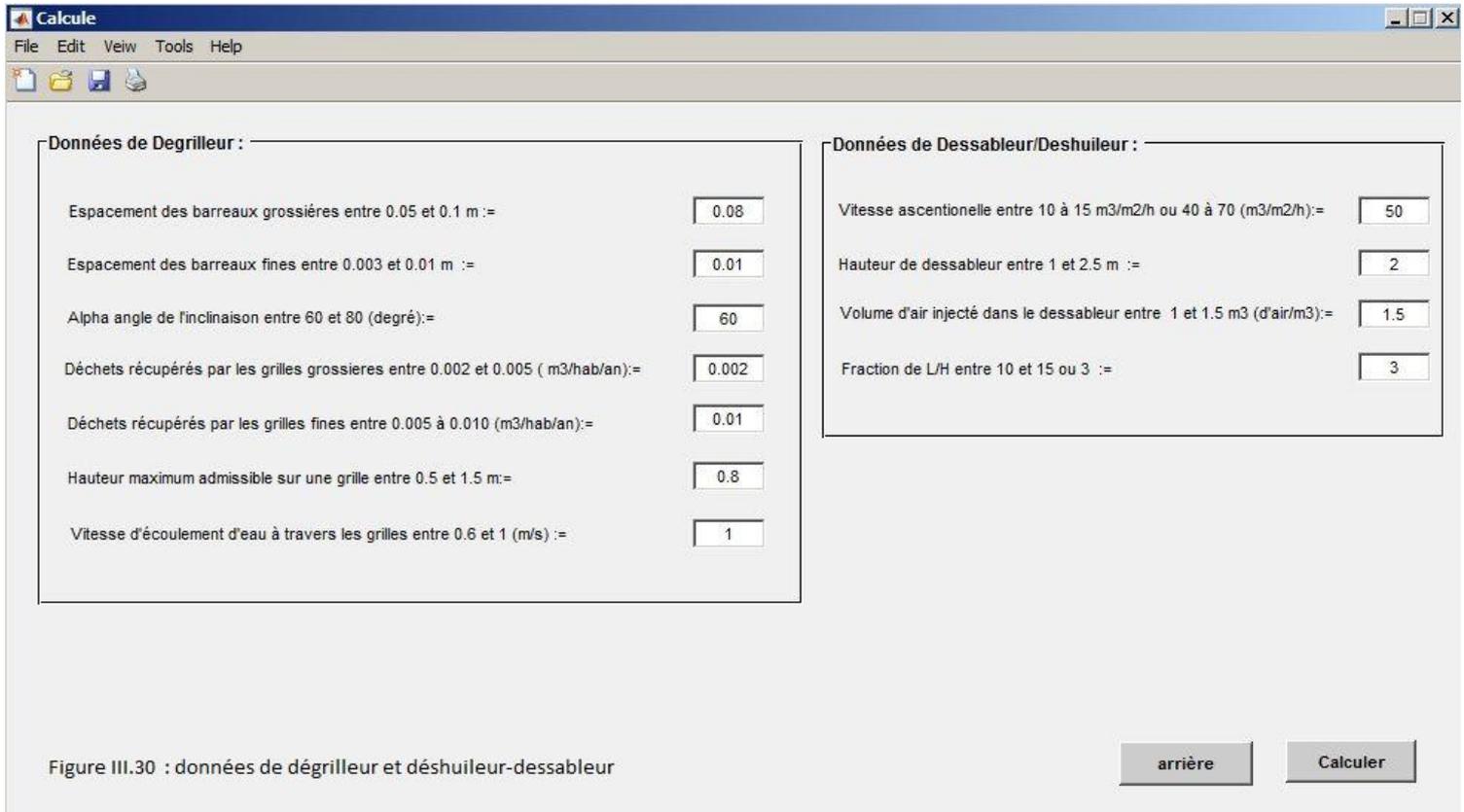


Figure III.30 : données de dégrilleur et déshuileur-dessableur

Figure III.30 : données de dégrilleur et déssableur-déshuileur

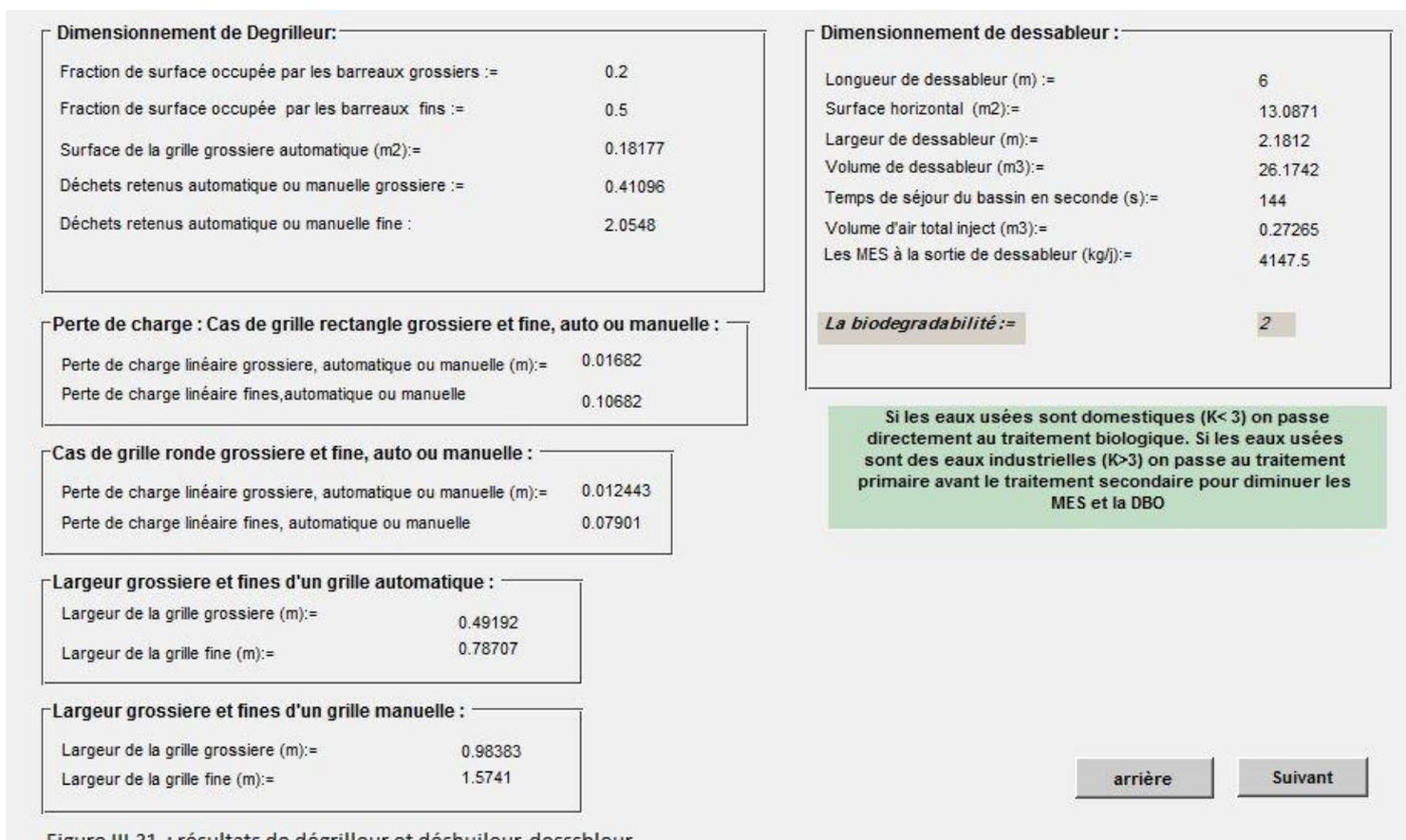


Figure III.31 : résultats de dégrilleur et déshuileur-dessableur

Figure III.31 : résultats de dégrilleur et déssableur-déshuileur

A cette STEP le traitement ne passe pas par traitement primaire :

III.2.6) Données du bassin biologique :

Les données d'entrée de bassin d'aération dans la table suivante :

Désignation	Unité	Valeurs
charge de sortie	mg/l)	30
hauteur du bassin	m	5
La puissance	w/m^2	75
Coefficient global de transfert de matière de l'eau usée a celui d'eau épurée (a2)		0.85
coefficient de rendement cellulaire (am)	g cellulaires formées/g DBO éliminées	0.55
fraction de largeur/hauteur (B/H)		2
indice de Mohlman Im	ml/g	125
Charge massique C_m	Kg DBO5/Kg.MES/j.	0.4
Charge volumique C_v	Kg DBO5/ m^3 /j	1.5

Tableau III.31 : données du bassin d'aération de la STEP Sebdou (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.2.7) Données de clarificateur :

Les données d'entrée de clarificateur dans la table suivante :

Désignations	Unités	Valeurs
vitesse ascensionnelle (Vasc)	m/h	1.2
temps de séjour (Ts)	J (jours)	1.5

Tableau III.32 : données de clarificateur de la STEP Sebdou (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.2.8) Données de l'épaississeur :

Traitement des boues :

Epaississeur : on va d'entrée les données suivantes :

Données	Unités	Valeurs
hauteur d'épaississeur	M	5
temps de séjour	J (jours)	2

Tableau III.33 : données de l'épaississeur de la STEP Sebdou

Le choix de traitement des boues soit vers le digesteur ou vers le lit de séchage

III.2.9) Données de lit de séchage :

On a les données de lit de séchage représenté dans la table suivante :

Désignation	Unités	Valeurs
Epaisseurs	m	0.3
Longueur	m	30
Hauteur	m	1
Largeur	m	8

Tableau III.34 : les données de lit de séchage de la STEP Sebdou

III.2.10) Données du digesteur :

On a les données de digesteur représenté dans la table suivante :

Donnée	Unité	valeur
température	C°	35

Tableau III.35 : donnée de digesteur de la STEP Sebdou

III.2.11) Données de désinfection :

Les données d'entrée de clarificateur dans la table suivante :

Désignations	Unités	Valeurs
vitesse ascensionnelle (Vasc)	m/h	2.5
temps de séjour (Ts)	j (jours)	1.5

Tableau III.36 : données de désinfection de la STEP Sebdou (document interne, Direction ressource en eau, 2016)

III.2.12) Résultats des données de filière boue et eau :

Les résultats dans la fenêtre de notre programme ci-dessous :

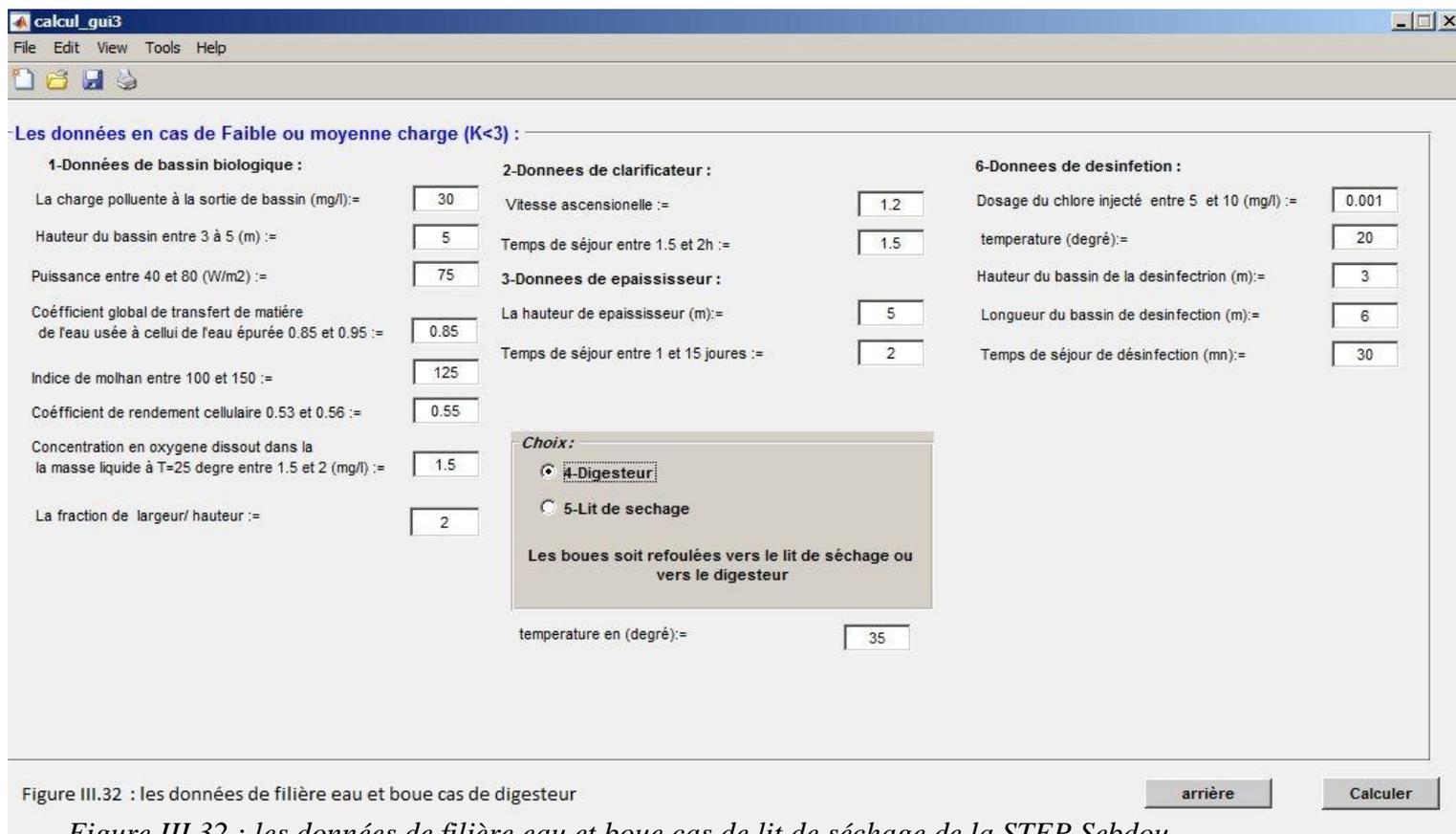


Figure III.32 : les données de filière eau et boue cas de digesteur

Figure III.32 : les données de filière eau et boue cas de lit de séchage de la STEP Sebdou

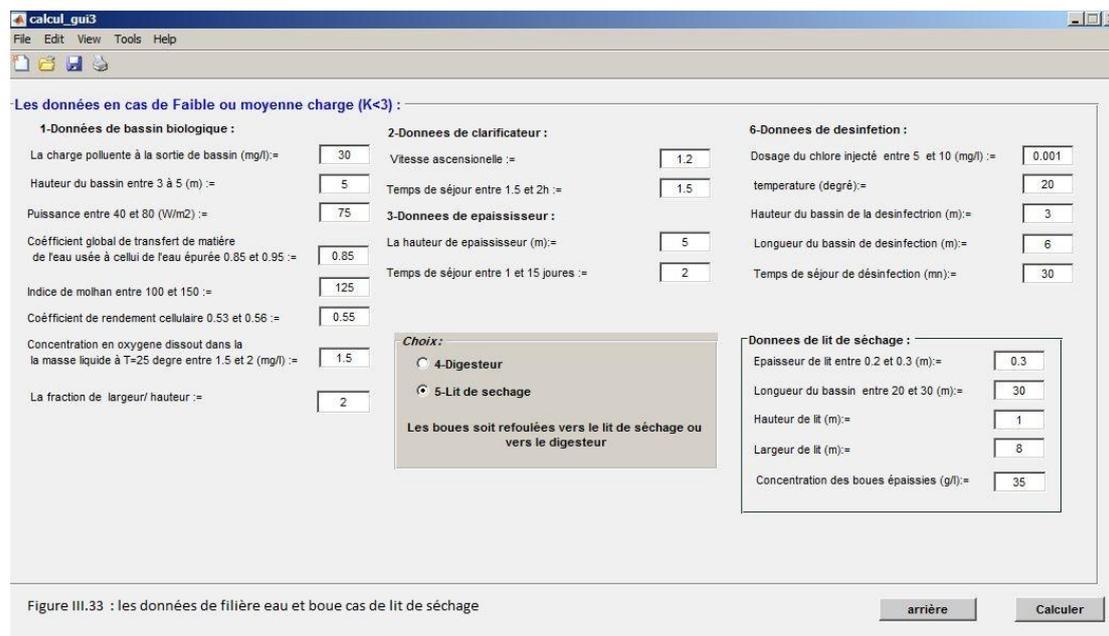


Figure III.33 : les données de filière eau et boue cas de digesteur de la STEP Sebdu

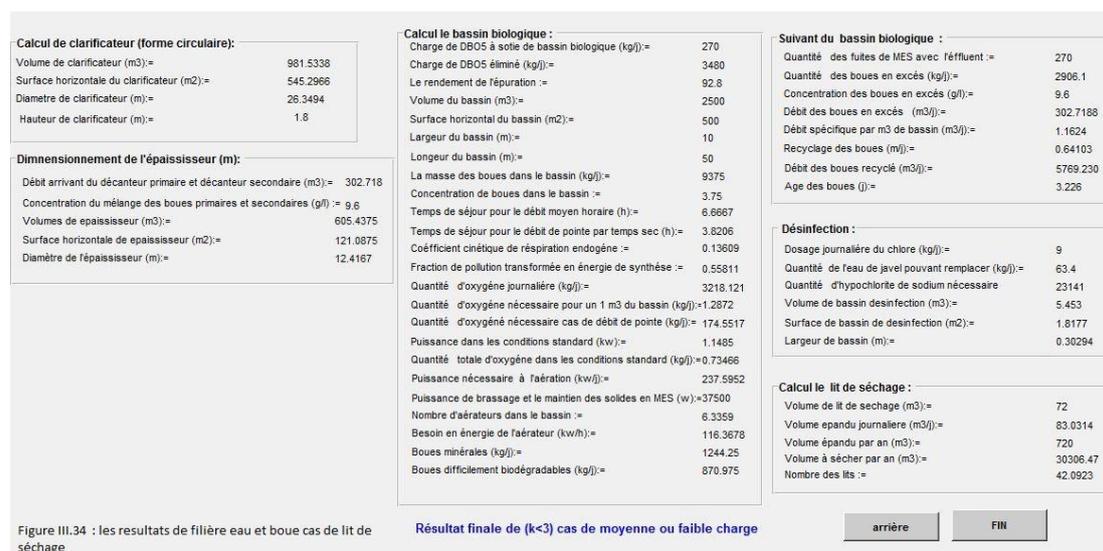


Figure III.34 : les résultats de filière eau et boue cas de digesteur de la STEP Sebdu

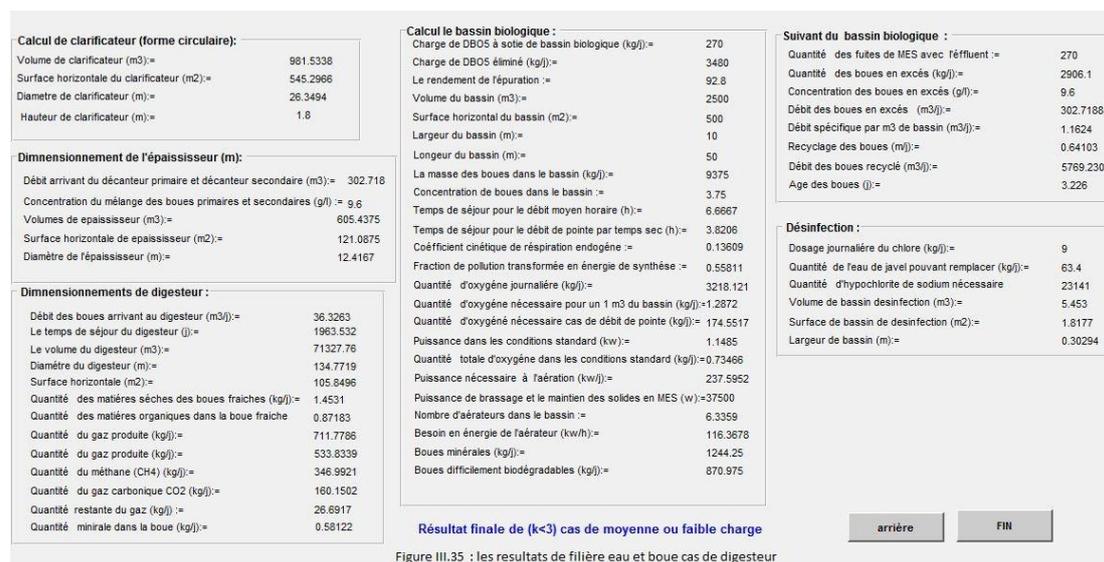


Figure III.35 : les résultats de filière eau et boue cas de lit de séchage de la STEP Sebdu

Figure III.35: les résultats de filière eau et boue cas de lit de séchage de la STEP Sebdu

NB : Tableaux des résultats de la step Remchi et step Sebdou :

- 1- Step de Remchi : Fiche technique de la station d'épuration voire le mémoire de : (Zohra, 2016)

(Contribution à l'étude de dimensionnement et à l'élaboration d'un guide de gestion et d'exploitation du système d'épuration de l'agglomération de Remchi)

- 2- Step de Sebdou : Fiche technique de la station d'épuration voire le mémoire de : (El-Amine, 2015)

(Contribution à l'étude de dimensionnement et à l'élaboration d'un guide de gestion et d'exploitation du système d'épuration de l'agglomération de Sebdou)

CONCLUSION GENERALE :

L'utilisation du procédé d'épuration par boues activées est intéressante dans la mesure où les rendements d'épuration sont assez élevés et peuvent répondre aux normes de rejet. En plus, cette technique est largement utilisée de par le monde du fait de sa bonne maîtrise par les exploitants.

Cependant, ce genre de réalisations nécessite des études de conception, de dimensionnement et de vérifications qui s'avèrent longs et fastidieux.

Pour pallier à ce problème et dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons développé un programme de calcul informatique sous MATLAB que nous avons nommé « Calcul_step ».

Calcul_step est conçu pour dimensionner les principaux ouvrages d'une station d'épuration du type boues activées en considérant les différents cas de figures possibles. Pour valider et tester notre logiciel, nous avons procédé aux calculs relatifs à deux STEP de la Wilaya de Tlemcen en l'occurrence celle de Remchi et celle de Sebdou.

Calcul_step permet de mieux appréhender le fonctionnement d'une station d'épuration, en choisissant des conditions opératoires et en les testant. Dans tous les cas, l'utilisateur spécifie ses entrées, fait exécuter l'outil informatique, exploite les résultats calculés et juge de leur adéquation au problème posé. Si nécessaire, il modifie telle ou telle donnée et recommence le processus.

Ce logiciel permet aussi une aide à la décision et le choix rapide d'une telle ou telle variante sans avoir à refaire tout le calcul. Ainsi, à partir de situations potentiellement réalisables, il va nous permettre d'envisager et de tester différents modes de gestion en réponse à un changement de n'importe quelle donnée.

Dans ce cadre, un tel logiciel pourrait apporter une aide à l'exploitation des stations d'épuration.

En plus de sa simplicité d'utilisation et de présentation des résultats, cet outil reste extensible et peut recevoir toute modification. Donc on recommande de continuer ce travail pour l'améliorer en lui ajoutant comme titre d'exemple :

La déshydratation ;

Le traitement tertiaire ;

Le calcul des coûts d'investissement ;...

Référence bibliographique

- Document interne, direction ressource en eau. (2016). anonyme .
- Abderahim, d. (2013). lagunage aere en zone aride performance epuratoires cas de (region d'ouargla), . université d'ouargla.
- Achleitner , moderl , & rauch . (2007). city drain- an open source approach for simulation of integrated urban drainage systems. environ. model. soft. 22 : 1184-1195.
- Aoulmi.s (2007). conception de la station d'epuration dans la ville de zeddine. blida: école nationale superieur de l'hydraulique.
- Bechac, p., pierre, b., mercier, p., & nuer. (1987). traitement des eaux usées. paris.
- Bedia. (2012). etude technico-économique de l'extension de la ville de hassi r'mel par rapport à la conception d'une nouvelle station en tenant compte du taux démographique de la zone". mémoire de master en hydraulique. tlemcen.
- Benslimane. (2001). contribution a l'etude des eaux residuaire de la ville de skikda et sa periphérie. annaba: mém. ing. eco et env. patho. des écosystèmes.
- bouchard, & serodes, j. (2002). production d'eaux potable note de cours. universite de laval.
- Boutelli, & menasia. (2008). conception d'une station d'épuration pour la ville de ghardaïa, possibilités de réutilisation des eaux épurées. mém. ing. hydraulique. hydraulique urbaine. université d'ouargla.
- Boutoux. (1993). introduction à l'etude des eaux douce (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson). qualité et santé. paris: 2eme édition cebedoc.
- Carlier, m. (1986). hydraulique generale et appliquée. paris: eyrolles.
- Coste, & loudet. (1980). guide de l'assainissement en milieu urbain et rural. concevoir-réaliser-exploiter-gérer. collection moniteur technique. (éd. moniteur). paris (france).
- Couillard. (1979). source et caractéristique des eaux usées des différents procédés de l'industrie des pâtes et papiers. the science of the total environment .
- Crompton , & savioli . (1993). parasitose intestinale et urbanisation. bulletin de l'oms, glasgow (ecosse).
- Dégrement. (2004). technique de l'eau. france: tec & doc lavoisier.
- Dubakeur. (1990). l'eau problème de santé publique. technique et sciences 2.

- Franck. (2002). analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques. bordeaux: scérén crdp aquitaine.
- Gaid, a. (1984). epuration biologique des eaux usées urbaines (vol. i et ii). alger: office des publications universitaires.
- Haouati.h (2005). etude de réhabilitation et d'extension de la station d'epuration de la ville de djalfa. blida: ecole nationale superieur de l'hydraulique.
- klomfas, & al. (2004). fouling phenomena in unit and hybrid processes for potable water treatment. desalination.
- Larousse, d. (2004). anonyme 1. france.
- Marc, s., & Béchir, s. (1991). guid technique de l'assainissement . paris: moniteur.
- Matahri, s. (2012). these de doctora agronomie option du procédé :elimination simultanée de la pollution azoté et phosphaté des eaux usées traitées. tizi-ouzou.
- Mekhaliff. (2009). réutilisaion des eaux résiduaires epurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. skikda: université du 20 aout 1995.
- Metcalf, & eddy. (2011). unido introduction of treatment of tannery effluents. america: mcgraw hill education 2003.
- Mizi. (2006). traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de bejaia et valorisation des déchets oléicoles. thèse de doctorat. . université de badji mokhtar. annaba.
- Monnier. (1994). diagnostic permanent en réseau d'assainissement : mesures et calculs sur sites pilotes de la région ouest. diplôme d'ingénieur de engees (strasbourg),. france.
- Noura, c. (2014). utilisation des sous produit du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux . universite de hadj lakhdar batna.
- Oulim, s. (2001). traitement des eaux. alger: opu alger benaknoun.
- Prudencio perera, & Bernard baudot. (1991). mise en œuvre de la directive du conseil n 91/271 du 21 mai relative au traitement des eaux urbaines residuaires. france.
- Saggai. (2004). contribution à l'étude d'un system d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de ouargla. mgister . université de ouargla.
- Silman, s., & Papa, t. (2002-2003). etude de réhabilitation de la station d'epuration de saly . universite cheikh anta diop,dakar.
- Syed, r., & Qasim. (1998). wastewater treatment plants: planning, design, and operation. united states: crc press, édition : 2.
- Thomaso. (1955). météologies des eaux residuaires. lavoisier,cedeboc.

- Toledo, a. (2017, 02 10). asce american society of civil engineers (toledowater palnts tour. retrieved from toledoasce:
<http://toledoasce.com/blog/blog/2015/10/28/tour>
- x z li, & al. (2004). advanced treatment of dyeing wastewater for reuse ,waster science and tequnologiy. 39 - 249 - 255.
- Hammoudi el-amine. (2015). Contribution à l'étude de dimensionnement et à l'élaboration d'un guide de gestion et d'exploitation du système d'épuration de l'agglomération de Sebdou.
- Meziani Fatima Zohra. (2016). Contribution à l'étude de dimensionnement et à l'élaboration d'un guide de gestion et d'exploitation du système d'épuration de l'agglomération de Remchi.

Webographie :

- Aqualyse groupe aqualabo. (2017, 03 11). Récupéré sur aqualyse:
<http://www.aqualyse.fr/applications-bassins-boues-actives.php>
- Association intercommunale pour le demergent et l'epuration des communes de la province de liege. (2017, 03 11). Récupéré sur aide.be:
<http://www.aide.be/accueil/epuration/le-fonctionnement-de-l-epuration/les-stations-d-epuration/traitement-primaire>
- Astep, m. d. (2017, 02 10). dimensionnement des unité de traitement. Récupéré sur hmf.enseeiht: <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/2369>
- Beginners guide to thickeners. (2017, 03 12). Récupéré sur outotec:
<http://www.outotec.com/en/Minerals-processing-newsletter/2016-3-Minerva-Beginners-guide-to-thickeners/>
- Atura equipement,pieces de rechange. (2017, 03 11). Récupéré sur watura:
<http://www.watura.net/fr/produit/66>
- Sludge drying bed pictures and images. (2017, 03 12). Retrieved from gettyimages:
<http://www.gettyimages.co.uk/photos/sludge-drying-bed?excludenudity=true&mediatype=photography&phrase=sludge%20drying%20bed&sort=mostpopular>
- Traitement physico-chimique. (2017, 04 13). Récupéré sur hmf.enseeiht:
<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/2067>
- Republique tunisienne. (2017, 03 11). Récupéré sur office national de l'assainissement onas: <http://www.onas.nat.tn/Fr/photo.php?code=53&type=23>
- Perrier sorem. (2017, 01 10). Récupéré sur perriersorem:
<http://www.perriersorem.fr/category/degrillage/>

- Matlab. (2017, 04 21). Récupéré sur samuelboudet:
<http://www.samuelboudet.com/fr/matlab>
- L'informatique et ses domaines. (2017, 04 15). Récupéré sur epi.asso:
<https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1004h.htm>
- Les Traitements primaires . (2017, 04 13). Récupéré sur hmf.enseeiht:
<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD9598/travaux/optsee/bei/nome43/n43z30.htm>
- Master's project on organic waste digestion . (2017, 03 12). Retrieved from
sites.duke.edu: https://sites.duke.edu/environ398_10_f2010_ct95/?page_id=46
- Dessablage/dégraissage. (2017, 03 22). Récupéré sur hmt.enseeiht:
<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/2371>
- Informaticolleg. (2017, 04 20). Récupéré sur siteprof.jimdo:
<https://siteprof.jimdo.com/les-cours/domaines-d-application-de-l-informatique/>
- Guidenr haute qualité envirenementale . (2017, 03 12). Récupéré sur hqe.guidenr:
<http://www.hqe.guidenr.fr/cible-5-hqe/boues-actives-aeration-prolongee.php>
- Désinfection. (2017, 04 09). Récupéré sur denr.sd.gov:
<http://denr.sd.gov/des/sw/Disinfection.aspx>
- Coagulation-floculation . (2017, 03 22). Récupéré sur koshland-science-museum:
<http://www.koshland-science-museum.org/water/html/fr/Treatment/Coagulation-Flocculation.html>
- Chaisemartin, d. (2017, mai 07). Les 3 grands types d'exploitation des bassins à boues activées. Récupéré sur aquadoc:
http://www.aquadoc.fr/article.php?id_article=351
- Aération et brassage dans le procédé à boues activées. (2017, 04 14). Récupéré sur hmf.enseeiht: <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/content/2015/aeration-et-brassage-dans-le-procede-boues-actives>
- Agitation/aération bassin biologique . (2017, 03 11). Récupéré sur atlantiqueindustrie:
<http://www.atlantiqueindustrie.fr/agitation-aeration-bassin-biologique.php>