

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABOU-BAKR BELKAID DE TLEMCEM
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

**MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'étude pour l'obtention
du diplôme : Master en Hydraulique**

Option : Sciences et Techniques de l'Eau

Thème

**Etude technico-économique de l'extension de la
station d'épuration 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**

Soutenu le 11 octobre 2012 par:

Mr. BEDIA Sidi Mohammed

Jury:

President	M^r A. SEDINI
Examinatrice	M^{me} F. ADJIM
Examineur	M^r H. BOUCHAKIA
Encadreur	M^r M. BESSEDIK
Encadreur	M^r A. CHEROUK

Année Universitaire 2011-2012

Remerciements

Ce travail a été réalisé lors du stage que j'ai effectué pendant deux mois du 14/04/2012 au 09/06/2012 au sein de l'équipe service d'hydraulique de la direction régionale Hassi R'mel dépendant au Groupe SONATRACH.

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur, Monsieur BESSEDIK M., pour avoir accepté de superviser et corriger ce travail et de m'avoir prêté aides et conseils tout le long de ce mémoire.

Que mon encadreur Monsieur CHEROUK A. accepte mes remerciements pour son aide précieuse et, ce de m'avoir facilité toutes les conditions pour mener à bien mon travail durant toute la durée du stage que j'ai effectuée à Hassi R'mel.

Mes remerciements vont également à tous les membres du Jury, et en particulier Monsieur SEDINI A. d'avoir accepté de présider le Jury ; qu'il trouve ici mes sincères reconnaissances. Mes vives gratitudes vont aussi à Mme ADJIM F. et à Monsieur BOUCHIKIA H. qui ont bien voulu examiner ce travail.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur MOKHTARI M., Directeur de Maintenance auprès de la Direction Régionale Hassi R'mel, qui m'a aidé pour que je fasse mon stage à Hassi R'mel et toute ma reconnaissance pour sa disponibilité et son aide très appréciable. Qu'il trouve ici toute ma profonde gratitude.

J'adresse mes remerciements également à l'ensemble de l'équipe de travail de la station d'épuration de Hassi R'mel pour l'aimable accueil et les précieuses informations.

Sans doute, je n'oublierai pas de remercier mes collègues et amis, je leur exprime mes amitiés les plus sincères pour l'ambiance agréable dans laquelle se sont déroulées nos études, leur sympathie, les moments de détente ; je remercie tous mes amis.

Merci à tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, pour la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Sans oublier mes sincères remerciements à mes parents (mon père et ma mère), mes sœurs et mon frère pour leurs encouragements et leurs aides lors de la rédaction de ce mémoire.

RESUME

La station d'épuration de la ville de Hassi R'mel est de type boues activées (aération prolongé). Elle a été conçue pour 15000 équivalents habitants pour démarrer en 2001. Après quelques années de fonctionnement conforme, actuellement un dysfonctionnement majeur s'est fait distinguer à savoir que la STEP n'arrive pas à couvrir la totalité des eaux usées dont une partie se déverse vers le milieu naturel (bourbier) et cela est due au taux démographique ; il a été fait le point sur l'état actuel de la STEP et son diagnostic ; ce qui a donné lieu à l'étude technico-économique de deux solutions (extension de la station existante et conception d'une nouvelle station). Après comparaison de ces deux solutions du point de vue du rendement technique, de l'environnement, ainsi que des frais d'investissement et d'exploitation, le choix a été porté sur la solution 1 (extension de la station existante) qui présente l'avantage d'être moins coûteuse en plus de son rendement épuratoire.

Mots clés : *taux démographique, technico-économique, extension, conception d'une nouvelle*

ABSTRACT

The sewage treatment plant of Hassi R'mel city is activated sludge. It was designed for 15,000 population equivalent to start in 2001. After a few years of consistent, currently a major malfunction was made to distinguish that the Wastewater Treatment can not cover all wastewater discharges a portion to the natural environment (quagmire) because rate of expansion population growth; it was an update on the current status of the step and its diagnosis; this has resulted in the techno-economic study of two solutions (extension sewage treatment exist and development of a new station). After comparing these two solutions in terms of technical performance, environmental, thus as investment costs and operating, the choice has been focused on the solution 1 (extension) which has the advantage of be less expensive in addition to its treatment efficiency.

Keywords: *Population growth, Techno-economic, Extension, Development of a new station.*

الملخص

محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة حاسي الرمل تعتمد على طريقة الحمأة المنشطة (بوأكتيفي)- التهوية المديدة. تم تصميمها لنسبة سكانية تقدر ب 15000 ساكن و تأسست في سنة 2001 م. بعد سنوات من العمل المنتظم لهذه المحطة ، أصبحت حاليا في وضعية لا يمكنها أن تغطي كامل مياه الصرف الصحي للمدينة بحيث جزء منها يرمى في البيئة الطبيعية (المستنقع). هذه الوضعية سببها راجع إلى زيادة في النمو الديمغرافي .قمنا بأخذ بمستجدات الوضع الراهن لهذه المحطة و تم تشخيص حالتها . اقترحنا دراسة الفنية و اقتصادي لحلين (تمديد المحطة القديمة و إنشاء المحطة جديدة) بعد دراسة الفنية و البيئية و كذلك التكاليف الاستثمار و التشغيل . سقط اختيارنا على الحل الأول الذي يتميز بأقل تكلفة و أفضل كفاءة.

الكلمات مفاتيح : النمو الديمغرافي ، دراسة الفنية و اقتصادي ، تمديد المحطة القديمة، إنشاء المحطة جديدة

Table des matières

Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : Présentation de HassiR'mel	
I.1.Introduction.....	4
I.2. Présentation de l'entreprise SONATRACH	5
I.3.Description du milieu.....	5
I.3.1. Situation géographique	6
I.3.2. Milieu physique	7
I.3.2.1. Le climat	7
I.3.2.2. Hydrogéologie	7
I.3.3. Milieu humain	8
I.3.2.1. Population et habitat	8
I.4. Ouvrages hydrauliques urbains.....	9
I.4.1. Alimentation de l'eau dans la ville Hassi R'mel	9
I.4.2. Le réseau de collecte des eaux usées	10
I.4.2.1. Les collecteurs	10
I.4.2.2. Les stations de relevage (relèvement).....	10
I.4.2.2.1. Station de relevage F3.....	11
I.4.2.2.2. Station de relevage F1	11
I.4.2.2.3. Station de relevage F2 (KSL)	12
I.4.2.2.4. Station de relevage F4.....	12

I.4.2. Station d'épuration	13
I.5. Conclusion	13

CHAPITRE II : Généralités sur les eaux usées

II.1. Introduction.....	14
II.2. Définition	14
II.3. Origine des eaux usées	14
II.3.1. Les rejets domestiques	14
II.3.2. Les rejets industriels	15
II.3.3. Eaux de ruissellement	15
II.4. Caractéristiques des eaux usées	16
II.4.1. Caractéristiques chimiques	16
II.4.2. Caractéristiques minérales	17
II.4.3. Caractéristiques physiques	17
II.4.4. Caractéristiques biologiques	19
II.5. Traitement des eaux usées	19
II.5.1. Les prétraitements	19
II.5.1.1. Le dégrillage	20
II.5.1.2. Le dessablage.....	21
II.5.1.3. Le dégraissage	21
II.5.2. Le traitement primaire	22
II.5.2.1. Procédés de décantation physique	22
II.5.2.2. Procédés de décantation chimique	23

II.5.3. L'élimination de la pollution carbonée	24
II.5.3.1. Procédés biologiques naturels	24
II.5.3.2. Procédés biologiques artificiels	26
II.5.4. L'élimination de l'azote et du phosphore- traitement complémentaire	30
II.5.4.1. Elimination de la pollution azotée	30
II.5.4.2. Elimination de la pollution phosphorée	30
II.5.4.3. Traitements complémentaires	30
II.5.5. Le traitement des boues	31
II.5.5.1. Epaissement.....	32
II.5.5.2. Stabilisation des boues	33
II.5.5.3. Conditionnement et déshydratation des boues	34
II.5.5.3.1. Déshydratation par centrifugation	35
II.5.5.3.2. Lits de séchage.....	36
II.5.5.3.3. Séchage thermique	37
II.6. Conclusion	37

CHAPITRE III : Description de la station d'épuration de Hassi R'mel

III.1.Introduction.....	38
III.2. Station d'épuration	38
III.2.1. La principe du traitement	40
III.2.2. La filière du traitement	40
III.2.2.1. Arrivée des eaux brutes (Bassin de régulation).....	41
III.2.2.2. Le prétraitement	42

III.2.2.2.1. Bassin de stabilisation	42
III.2.2.2.2. Dégrillage	43
III.2.2.2.3. Le dessablage-déshuilage	43
III.2.2.2.4. Concentrateur des graisses	45
III.2.2.3. Relevage des eaux usées (station de pompage).....	45
III.2.2.4. Le traitement biologique	46
III.2.2.4.1 Le bassin d'aération	46
III.2.2.4.2. Le Clarification (décanteur secondaire)	47
III.2.2.4.3. Poste de Recirculation et D'extraction des Boues	48
III.2.2.5. La désinfection des eaux	49
III.2.2.6. Filière de Traitement des Boues	50
III.2.2.6.1. L'épaississement	50
III.2.2.6.2. Séchage naturel	51
III.2.2.7. Réutilisation des eaux traitées	52
III.2.2.8. Gestion de l'exploitation	52
III.2.3. Qualité du traitement	53
III.3. Dysfonctionnements observés	55
III.3.1. Saturation de la STEP	55
III.3.2. Problème d'entretien	56
III.3.2.1. La boue flottante dans le clarificateur	56
III.3.3.2. Bouchage des conduites	59
III.3.3. Situation des équipements défectueux	59

III.4. Conclusion	59
-------------------------	----

CHAPITRE IV : Etude technico-économique

IV.1. Introduction	61
IV.2. Etude Technique de l'extension de la STEP	61
IV.2.1. Description des opérations	61
IV.2.2. Paramètres de dimensionnement	63
IV.2.3. Prétraitement	64
IV.2.3.1. Dégrillage	65
IV.2.3.2. By-pass de dégrilleur	66
IV.2.3.3. Dessableur / déshuileur	67
IV.2.4. Poste de relèvement	70
IV.2.5. Bassin d'aération	70
IV.2.6. Le clarificateur	72
IV.2.7. Traitement des boues	73
IV.2.7.1. Quantités de boues	74
IV.2.7.2. Epaisseurs pour les boues brutes	74
IV.2.7.3. Déshydratation	75
IV.2.8. Stations de pompage des boues en retour et en excès	75
IV.2.9. Désinfection	75
IV.3. Etude Technique de la Conception d'une nouvelle STEP (lagune aérée)	76
IV.3.1. Choix du site d'implantation de la station	76
IV.3.2. Description de la lagune aérée	78

IV.3.3. Dimensionnement et calcul des ouvrages de la STEP	78
IV.3.3.1. Paramètres de dimensionnement	78
IV.3.3.2 Prétraitement	79
IV.3.3.2.1. Dégrillage	79
IV.3.3.2.2. By-pass des dégrilleurs	81
IV. 3.3.2.3. Dessableur / déshuileur	82
IV.3.3.3 Lagunages aérés	85
IV.3.3.4. Bassin de décantation	86
IV.3.3.5. Traitement des boues	86
IV.3.3.6. Désinfection des eaux usées (optionnel)	87
IV.3.3.7. Autres Ouvrages communs	88
IV.4 Etude technico-économique comparative des deux solutions	88
VI.4.1. Aspects techniques	88
VI.4.2. Aspects Financiers	90
VI.4.2.1. Coûts d'investissement	90
IV.4.2.2. Frais d'exploitation	91
IV.4.2.2.1. Besoins et coûts de personnel	91
IV.4.2.2.2. Besoins et coûts énergétiques	92
IV.4.2.2.3. Coûts d'entretiens	92
IV.4.2.2.4. Prix de revient dynamique	93
IV.5. Conclusion	94
Conclusion générale	95

Annexes.....	A-1
Annexe I : Représentation schématique de la station d'épuration des eaux usées de Hassi R'mel	A-1
Annexe II : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau usée épurée de la station d'épuration de hassi r'mel. Mois Mai 2012	A-2
Annexe III : Fiche d'analyse de la station de Hassi R'mel	A-4
Annexe IV : Situation des équipements et les solutions à réaliser	A-5
Annexe V : Calcul de la charge hydraulique et la charge polluante	A-9
Annexe VI : Dimensionnement de variantes de traitement.....	A-10
Annexe VII : Les équipements pour les deux solutions	A-27
Annexe VIII : Coût d'investissement des solutions	A-28

Liste des figures

Figure I.1 : Répartition des zones Industrielles dans le Champ de Hassi R'mel.....	6
Figure I.2 : Figure I.2. Situation géographique de Hassi R'mel	6
Figure I.3 : Nappes Aquifères de Hassi R'mel	8
Figure I.4 : Photographie Station de stockage et de distribution d'eau principale.	9
Figure I.5 : Photographie Station de stockage et de distribution d'eau secondaire	9
Figure I.6 : Cheminement des eaux usées vers la STEP	10
Figure I.7 : Station de relevage F3 (OPGI) vue extérieur	11
Figure I.8 : Station de relevage F3 (OPGI) vue intérieur	11
Figure I.9 : Station de relevage Hay Ezzouhour (F1) vue extérieur	12
Figure I.10 : Station de relevage Hay Ezzouhour vue intérieur	12
Figure I.11 : Station de relevage F2 (KSL) vue extérieur	12
Figure I.12 : Station de relevage F2 (KSL) vue intérieur	12
Figure I.13 : Station de relevage F4 vue extérieur	13
Figure I.14 : Station de relevage F4 vue intérieur	13
Figure II.1 : schéma de principe d'une grille droite GDC.....	20
Figure II.2 : Déssableur-dégraisseur	21
Figure II.3 : Décantation primaire et flottation	22
Figure II.4 : Décanteur lamellaire à recirculation de boues : le RPS	23
Figure II.5 : cycles biologiques d'une lagune	25
Figure II.6 : Lit bactérien.	26

Figure II.7: disque biologiques Step de Rogéville – 54	27
Figure II.8 : lagune aérée.	28
Figure II.9: Schéma de principale de l'épuration par boue active	29
Figure II.10 : biofiltre à courant ascendant	30
Figure II.11 : Schéma des différentes filières du traitement des boues.....	31
Figure II.12: schéma d'une centrifugeuse	36
Figure II.13 : Coupe type d'un lit de séchage	36
Figure III.1:Schéma du principe du procédé de la STEP.....	40
Figure III.2: Bassin de régulation	41
Figure III.3: Bassin de régulation	41
Figure III.4 : Bassin de Stabilisation	42
Figure III.5: Grille Automatique	43
Figure III.6 : Le dessablage-déshuilage	44
Figure III.7: La station de relevage	45
Figure III.8: Le bassin d'aération.....	46
Figure III.9:Turbine d'aération.....	46
Figure III.10 : Le bassin de clarification	48
Figure III.11: Le Poste de Recirculation	49
Figure III.12: Poste de désinfection	49
Figure III.13 : Epaisseur	50
Figure III.14: Lit de séchage	51

Figure III.15:L'irrigation des espaces verts	52
Figure III.16: L'irrigation l'agriculture	52
Figure III.17: La sale de comande	52
Figure III.18: Histogramme Moyennes mensuelles des analyses en MES 2011 (Rejet réceptionné par la STEP et l'eau épurée)	53
Figure III.18: Histogramme moyennes mensuelles des analyses en DCO	54
Figure III.19 : Photo n°1,2 et 3: bourbier	55
Figure III.10: Boue flottante dans le clarificateur	57
Figure III.11: Bulle d'air	57
Figure III.12: L'amas de graisse	58
Figure III.13: Pont racleur de surface	58
Figure III.14 : Vue au microscope (100X) dan le clarificateur	58
Figure III.15: Lit de séchage	59
Figure IV.1. Sections du dessableur/déshuileur	67
Figure IV.2 : Traitement des boues, volumes et débits de boues.....	73
Figure IV.3 : Le site proposé de la nouvelle STEP	77

Liste des tableaux

Tableau III.1: Données de base de la station de Hassi R'mel en 2001 .	39
Tableau III.2: Normes de rejet et garanties de traitement de Hassi R'mel	39
Tableau III.3: Personnel permanent chargé de l'exploitation, maintenance et entretien des installations hydrauliques et Moyen matériel	42
Tableau III.4 : dimension de Le dessablage-déshuilage	44
Tableau III.5: Dimension de concentrateur de graisses.	45
Tableau III.6: Dimension station de relevage.	45
Tableau III.7: Dimension de Le bassin d'aération.	47
Tableau III.8: Dimension Le Clarification.	48
Tableau III.9: Dimension Chloration, Bassin Stockage eaux épurées	50
Tableau III.10: Dimension de lit de séchage	51
Tableau III.11: Personnel permanent chargé de l'exploitation, maintenance et entretien des installations hydrauliques et Moyen matériel	53
Tableau III.12 : Eaux brutes mensuelles arrivées à la STEP durant l'année 2011	56
Tableau IV.1 : La réfection réalisée mois de mai 2012.	62
Tableau IV.2: caractéristiques de base pour les deux tranches	63
Tableau IV.3: Débit maximal admissible	64
Tableau IV.4: Critère de dimensionnement du deuxième dégrillage	65
Tableau IV. 5 : Le résultat du dimensionnement du deuxième dégrillage	65
Tableau IV. 6 : Critères de dimensionnement de dessableur/déshuileur	67
Tableau IV.7 : Dimensions choisies des dessaleurs/déshuileurs	68
Tableau IV.8 : Dimensions des bassins d'aération	71
Tableau IV.9 : caractéristiques de fonctionnements du bassin d'aération	71

Tableau IV.10 : caractéristiques des aérateurs	72
Tableau IV.11 : Dimensions du clarificateur	73
Tableau IV.12 : Les caractéristiques de fonctionnement des clarificateurs	73
Tableau IV.13 : Quantité de boue obtenue par le traitement	74
Tableau IV.14 : Les dimensions choisies pour les épaisseurs des boues brutes	74
Tableau IV.15 : Les dimensions choisies pour les lits de séchage.....	75
Tableau IV.16: Recirculation des boues	75
Tableau IV.17: Paramètres de dimensionnement de la STEP	79
Tableau IV.18 : Charges de dimensionnement des dégrilleurs.	80
Tableau IV.19 : Critère de dimensionnement des dégrilleurs	80
Tableau IV.20 : Résultat du dimensionnement des dégrilleurs.....	81
Tableau IV.21 : Dimensions choisies des dégrilleurs	81
Tableau IV.22: Critères de dimensionnement des dessableurs/déshuileurs.....	82
Tableau IV.23 : Dimensions choisies des dessableurs /déshuileurs.....	83
Tableau IV.24 : Caractéristiques des bassins aérés.....	85
Tableau IV.25 : Caractéristiques des bassins de décantation.....	86
Tableau IV.26 : Caractéristiques des lits de séchages.....	87
Tableau VI.27 : Caractéristiques des bassins de maturation	88
Tableau VI.28 : Les performances de traitement pour les deux solutions	89
Tableau VI.29: Surface nette et brute requise par solution	89
Tableau IV. 30 : Coûts d'investissement	90
Tableau IV. 31 : Besoins et coût en personnel	91
Tableau IV. 32 : Besoins et coûts énergétiques.....	92
Tableau IV.33: Résumé des frais d'exploitation	92
Tableau IV.34 : Prix de revient des solutions	93

Liste des Abréviations

- BA** : Bassin d'Aération.
- CF** : Coliformes fécaux.
- C_m** : Charge massique.
- C_v** : La charge volumique.
- c_R** : Coefficient de pertes du racleur 0,7.
- DBO₅** : Demande biologique en oxygène à 5 jours
- DCO** : Demande chimique en oxygène.
- DIN** : Deutsch installation norme.
- EH** : Equivalent habitant.
- HRM** : Hassi R'mel.
- I_{VB}** : Indice de boue.
- MBE** : Masse boues en excès,
- MB1-n** : Masse des boues.
- MES** : Matière en suspension.
- MM** : Matière minérale.
- MS** : Matières Sèches
- MS_{BA}** : Matière solide dans le bassin d'aération [kg MS/m³].
- MS_{FB}** : Teneur en matières sèches au fond du bassin.
- MS_{BR}** : Teneur en matières sèches de boues de retour.
- MVS** : Matières volatiles en suspension
- NH₄⁺** : Ammonium.

NO₂⁻ : Nitrite.

NO₃⁻ : Nitrate.

NTK : Azote Kjeldahl

OMS : Organisation mondiale de la santé.

O₂ : Dioxygène.

P_T : Phosphore Total

PH : Potentiel d'Hydrogène.

PO₄³⁻ : Phosphate.

Q_{BR} : Débit boues en retour .

q_v : Volume de charge de boues 450 l/(m²*h).

R : Taux de recirculation pour les boues en retour.

RGPH : Recensement General de la Population et de l'Habitat.

STEP : Station d'épuration des eaux usées domestiques.

t_c : Temps de concentration (2 h-2,5 h).

VBE : Volume/Débit boues en excès.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'objectif de notre travail est de faire une étude technico-économique comparative de l'extension de la station actuelle (solution 1) et de la conception d'une nouvelle station (solution 2) en tenant compte du taux démographique de la ville de Hassi R'mel dont l'aboutissement est de faire un choix adéquat de l'une d'entre elles apportant un remède à la problématique existante.

Durant notre stage qui a eu lieu du 14/04/2012 au 09/06/2012 nous avons effectué plusieurs visites au niveau de la zone de Hassi R'mel où un dysfonctionnement a été remarqué à l'entrée de la station d'épuration et d'autres liés à l'entretien. Certes, malgré la présence d'une station d'épuration, une quantité importante des eaux usées se déverse dans le milieu naturel (borbier) sans aucun traitement et qui s'accumule de jour en jour, polluant l'environnement et constituant ainsi une problématique majeure pour la commune de Hassi R'mel.

Depuis la nuit des temps à ce jour l'eau combinée à l'environnement reste, entre autre, une source incontournable de la vie. La gestion de la ressource en eau dans le passé se limitait essentiellement à l'approvisionnement des populations en eau de consommation. De nos jours, devant l'ampleur de l'incidence des eaux polluées sur l'environnement, la santé publique et le développement économique, il s'avère nécessaire d'accorder une plus grande importance à l'évacuation et au traitement de ces eaux. Dans les pays en voie de développement, la maîtrise des eaux usées pose souvent problème du fait que la croissance de la population n'est pas souvent en phase avec la politique d'entretien et de développement des ouvrages d'assainissement.

L'eau est un bien économique, social et environnemental. Il est donc nécessaire et important d'en garantir la disponibilité dans le temps au moyen de formes d'exploitation durables qui permettent de faire face aux exigences actuelles sans menacer l'équilibre environnemental. De ce fait, il y a lieu de préserver la ressource en eau, à travers une gestion efficace de tout le cycle de l'utilisation de l'eau, en associant l'utilisation rationnelle de ces ressources en eau naturelle à d'autres sources d'approvisionnement, notamment le traitement des eaux usées.

L'épuration des eaux usées à vrai dire, a deux avantages primordiaux : le premier se résume aux possibilités du recyclage de l'eau au sein des complexes industriels (STEP), donc une économie d'eau ; le second, se traduit par la protection et la préservation de l'environnement, en évitant la contamination des cours d'eau ainsi que les aquifères par les eaux polluées.

Hassi R'mel , en tant que ville industrielle, se voit ainsi confronter à un problème de la pollution de l'environnement provoquée par la présence des eaux usées engendrées par une démographie galopante.

C'est ainsi qu'en 2001, une station d'épuration ayant une capacité de 15000 EH avec un débit de 125 m³/h a été mise en place afin de faire face à cette problématique. Cette station appartient au groupe SONATRACH avec sous-traitance de l'Entreprise Nationale des Grands Travaux Pétroliers (ENGTP).

Le développement démographique et socio-économique de cette agglomération engendre un volume d'eaux usées de plus en plus important et la STEP n'arrive pas à couvrir la totalité des eaux usées ; une partie reste sans traitement et, est rejetée vers le milieu naturel (Bourbier).

La ville de Hassi R'mel se trouve actuellement devant une problématique, étant donné que ses eaux usées brutes continuent, à ce jour, à être déversées dans la nature et réutilisées en irrigation, ce qui génère des impacts négatifs sur l'environnement et la santé des personnes en contact avec ces eaux en raison des maladies hydriques qu'elles peuvent causer.

La station d'épuration (STEP) de Hassi R'mel présente actuellement un dysfonctionnement qui se caractérise dans l'impossibilité de satisfaire la demande pour deux causes principales. D'une part, elle n'arrive pas à couvrir la totalité des eaux usées et d'autre part des défaillances techniques dues en partie à l'entretien sont observées.

Le choix d'une solution adéquate pour remédier à cet état de fait (problématique) reste impératif.

L'étude comparative (technique et économique) des différentes solutions en tenant compte des réalités actuelles et futures du milieu servira de base pour le choix final. Elle concerne la réfection combinée à une extension de la STEP actuelle et la conception d'une nouvelle STEP.

C'est ainsi que la finalité de notre travail est d'aboutir à une solution adéquate qui doit corriger le dysfonctionnement constaté au niveau de la station d'épuration de Hassi R'mel.

Ce travail est structuré en quatre chapitres:

- Le premier chapitre est consacré à la présentation de la ville de Hassi R'mel par la description du milieu physique et humain voire la population, l'habitat ainsi que les différents ouvrages hydrauliques urbaines.
- Le deuxième chapitre est consacré aux généralités des eaux usées où sont présentées leurs différentes caractéristiques tant du point de vue physique que chimique et les différents traitements qui s'imposent pour un rejet d'effluent de qualité acceptable.
- Le troisième chapitre est consacré à la description de la station d'épuration de la ville de Hassi R'mel qui montre le chemin emprunté par l'eau s'effectuant de la collecte à la station d'épuration et les différentes étapes de traitement dont un dysfonctionnement de la station fut observé.
- Le quatrième chapitre est consacré à l'étude technico-économique comparative des deux solutions à savoir extension de la station actuelle (aération prolongée) et conception d'une nouvelle station (lagunage aérée) à partir desquelles une solution sera choisie.

Chapitre I :

Présentation de Hassi R'mel

I.1. Introduction

HassiR'mel, est le plus grand gisement de Gaz Naturel du continent africain, découvert en 1956, et développé depuis 1960. Il est exploité par groupe SONATRACH, spécialisé dans la recherche, la production et la distribution de pétrole et de gaz.

Groupe SONATRACH a mis en place de nouvelles unités de traitement de gaz, cinq centres de traitement d'huile, deux stations de compression de gaz, un centre de stockage et d'exploitation des produits finis (GPL et condensât), une station d'épuration des eaux usées urbaines et une autre pour le déshuilage et la filtration des eaux industrielles [ZERIRI, 2007].

Dans le cadre de la mise en application de la politique de l'Entreprise relative à la protection de l'environnement, la Direction Régionale de Hassi R'mel s'est attelée très tôt à la mise en œuvre d'un programme ambitieux visant à éliminer sinon réduire au maximum tous les impacts environnementaux significatifs liés à ses activités et services. [Sonatrach ,2001]

Pour répondre au volet le plus urgent, à savoir, le traitement des eaux usées domestiques et des eaux de rejets industriels, deux grands projets ont été lancés en 2001 :

- La réalisation d'une station d'épuration des eaux usées domestiques,
- La réalisation des unités de traitement des eaux de rejets industriels, et ce afin de : [Sonatrach ,2001]
 - Protéger la nappe phréatique
 - Eviter la prolifération des maladies à transmission hydrique
 - Eviter les désagréments pouvant altérer le milieu récepteur (sol, plantations, population,).
 - Se conformer à la législation et réglementation en matière de protection de l'environnement.

I.2. Groupe SONATRACH

Groupe SONATRACH est une entreprise algérienne d'exploitation, de transport, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Mais son domaine d'activité va au-delà des hydrocarbures tels que le dessalement d'eau de mer, les énergies renouvelables et la production d'électricité. [Chahma.D, 2008]

Fondé le 31/12/1963, la société nommée SONATRACH est chargée de la recherche et l'exploitation des hydrocarbures. Trois ans après, l'adoption d'un deuxième décret fut obtenu et ayant pour but de renforcer ses objectifs pour la création et l'acquisition des établissements, des usines de l'ensemble des activités pétrolières. [Chahma.D, 2008]

Le 24/02/1971 le secteur des hydrocarbures a été nationalisé. Ceci a permis à l'entreprise Groupe SONATRACH de gérer à elle seule les richesses hydrocarbures du pays.

Aujourd'hui, Groupe SONATRACH est la première entreprise du continent Africain. Elle est classée 12^{ème} parmi les compagnies pétrolières mondiales. Elle est classée 2^{ème} exportateur du GNL et de GPL, et le 3^{ème} exportateur du gaz naturel. Elle assure des missions stratégiques telles que : la recherche, la production, le transport et la commercialisation des hydrocarbures. [Chahma.D, 2008]

Groupe Sonatrach opère en Algérie et dans plusieurs régions du monde, notamment en Afrique (Mali, Tunisie, Niger, Libye, Égypte, Mauritanie), en Europe (Espagne, Italie, Portugal, Grande-Bretagne, France), en Amérique latine (Pérou) et aux États-Unis.

L'entreprise emploie 41 204 salariés (120 000 avec ses filiales), génère 30 % du PNB de l'Algérie. En 2005, sa production est de 232,3 millions de TEP, dont 11,7 % (24 millions de TEP) pour le marché intérieur. [Chahma.D, 2008]

I.3. Description du milieu

Le champ de HRM est réparti en 03 zones : Nord, Sud, et Centre. Les zones sont constituées de modules (centres de traitement de gaz), des stations de compression, des centres de traitement d'huile, d'unités de déshuilage des rejets industriels et d'une STEP pour les eaux usées domestiques. La répartition des unités industrielles selon les zones est ci-dessous:

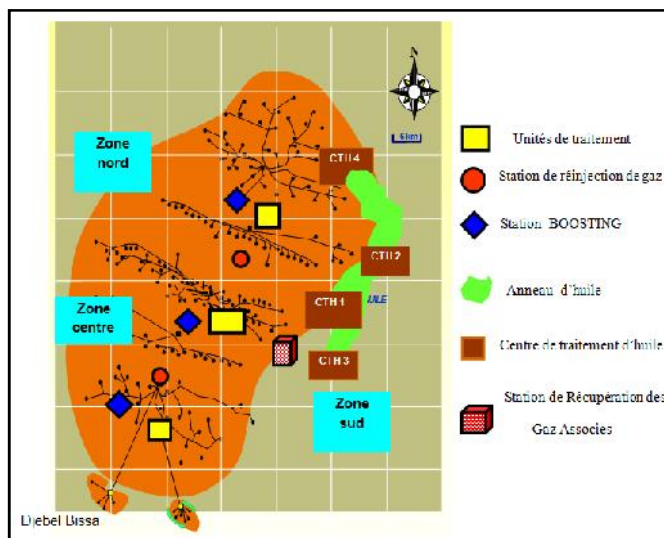


Figure I.1 : Répartition des zones Industrielles dans le Champ de Hassi R'mel [Saadi, 2010]

I.3.1. Situation géographique

La commune de Hassi R'mel a une superficie totale de 1957 km² et appartient à la wilaya de Laghouat. Elle est située à une distance de 120 Km au sud de la ville de Laghouat et à 520 Km au sud d'Alger Figure I.2. [O.N.M., 2001]

Elle est située dans la zone des Hauts Plateaux caractérisée par des altitudes allant de 700 à 1.000 m et des pentes de 0 à 3 % .

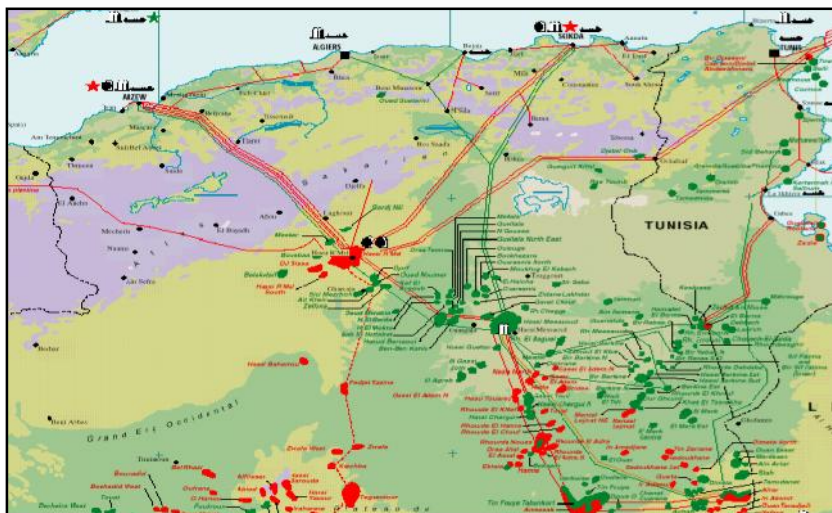


Figure I.2: Situation géographique de Hassi R'mel [Harrat .S & bouarara.CH, 2007]

I.3.2. Milieu physique

I.3.2.1. Le climat

Hassi R'mel est située dans l'étage bioclimatique saharien à hiver froid. Il est caractérisé par une faible pluviométrie (184,4 mm/an) ce qui explique l'aridité du climat et une humidité moyenne de 19% en été et de 34% en hiver. [O.N.M 2002]

Les températures varient de -3°C à 17°C en hiver et 32°C à 38°C en été. Les vents dominants sont de direction nord/ouest pouvant atteindre des vitesses maximales de 3,9 m/s durant le mois d'avril. [O.N.M 2002]

I.3.2.2. Hydrogéologie

Il existe plusieurs complexes aquifères dans la séquence sédimentaire de la plateforme saharienne. Les aquifères les plus importants se composent de séquences de calcaire et de grès du Mésozoïque. [Saadi, 2010]

Il existe d'autres couches aquifères dans des formations plus profondes mais elles sont moins importantes en raison de leurs faibles volumes de stockage (couches isolées et peu épaisse de grès ou calcaires fracturés) où de la médiocre qualité de l'eau particulièrement au voisinage des dépôts d'évaporite. Au niveau du site Hassi R'mel deux aquifères sont exploités : l'aquifère Turonien et l'aquifère Barrémien (Figure I.3). [Saadi, 2010]

- **L'aquifère Turonien**

L'eau de l'aquifère turonien est exploitée par SONATRACH comme eau de boisson au moyen des puits forés à une profondeur de 80 à 200 m. Cette eau souterraine est jugée de bonne qualité chimique pour la consommation. La nappe du turonien est phréatique, proche de la surface. Elle n'est pas couverte par des horizons imperméables. L'aquifère turonien doit être considéré comme étant vulnérable : susceptible d'être polluée par une infiltration des polluants dans le sol.[Saadi, 2010]

- **L'aquifère Barrémien**

L'eau de l'aquifère barrémien est exploitée elle aussi par SONATRACH au moyen des puits forés à une profondeur de 500 à 575 m sous le sol.

Elle présente une eau de qualité médiocre pour la consommation. Elle est utilisée dans l'irrigation et l'approvisionnement des chantiers de forage et unités industrielles. [Saadi, 2010]

Dans l'ensemble, les eaux des deux aquifères sont de bonne qualité, l'eau de l'aquifère turonien se prêtant nettement mieux à l'adduction d'eau potable, que celle de l'aquifère barrémien qui est plus minéralisé. [Saadi, 2010]

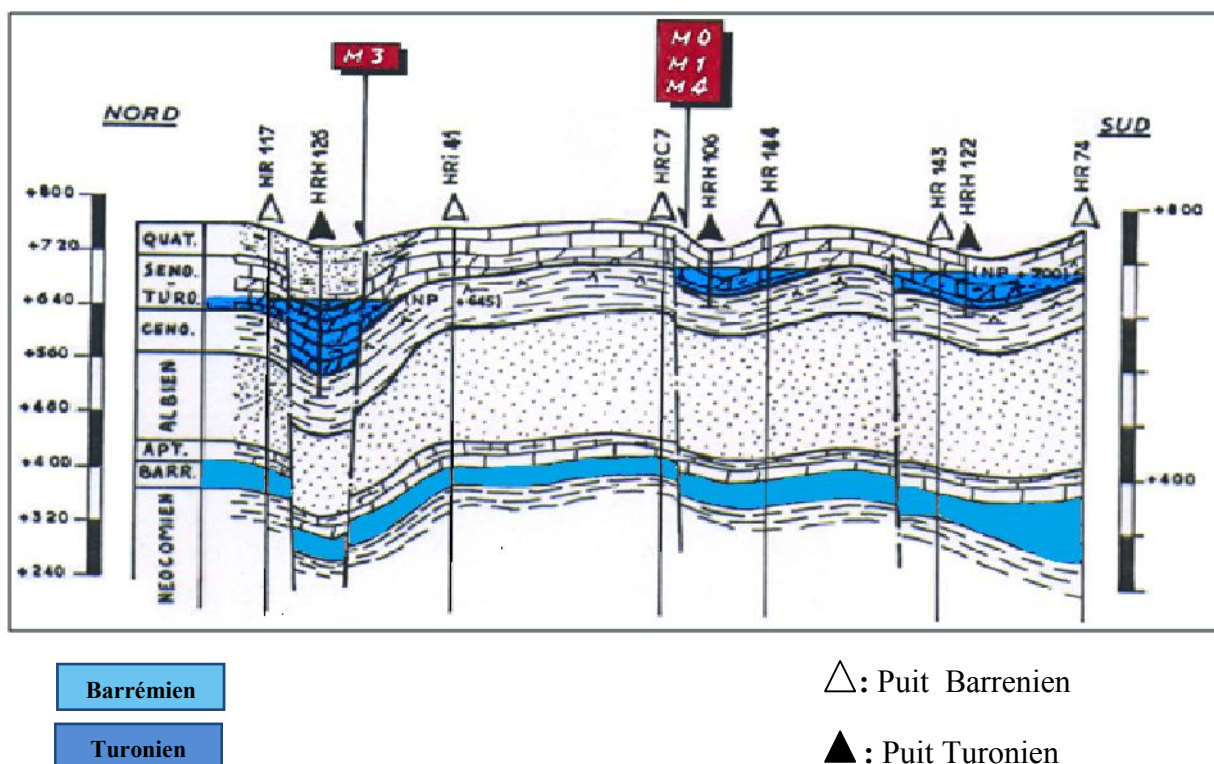


Figure I.3 : Nappes Aquifères de Hassi R'mel [Saadi, 2010]

I.3.3. Milieu humain

I.3.3.1. Population et habitat

Au recensement de 2008 la commune de Hassi R'mel avait atteint une population de 15532 habitants et le taux d'accroissement annuel moyen entre les deux derniers recensements (1998 ; 2008) était de 2.9 %. De ce fait la densité de la population passe de 13 habitants au Km² en 1998 à 19 habitants au Km² en 2008. [ANAT, 2009]

Hassi R'mel est une zone industrielle composée d'une population familiale résidente ayant fait l'objet du dernier recensement en 2008 et estimée à 15532 habitants et des

fonctionnaires permanents non recensés et estimés à 6000 fonctionnaires. Le total de la population est de 21 532 habitants.

I.4. Ouvrages hydrauliques urbaines

I.4.1. Alimentation de l'eau dans la ville Hassi R'mel

L'alimentation en eau de la commune de Hassi R'mel est assurée par des ressources souterraines (13 forages) avec un débit journalier global 115 l/s. Elle est constituée d'un réseau d'AEP type mixte et desservie par deux stations de stockage et de distribution :

- Station de stockage et de distribution d'eau principale. (Figure I.4)
- Station de stockage et de distribution d'eau secondaire. (Figure I.5)

➤ **La station de stockage et de distribution d'eau principale**, gérée par la Sonatrach, alimentée par 12 forages, est composée de trois bacs d'une capacité de 3000 m³ et un château d'eau d'une capacité de 240 m³. Ces derniers sont destinés à la consommation de l'eau potable. Il existe deux bacs d'une capacité de 3000m³ destinés pour l'irrigation (espaces verts) et l'industrie. Cette station reçoit une quantité moyenne journalière d'eau potable de 7000 m³/j représentant 80% des besoins de la ville. [SHSH ,2012]

➤ **Station de stockage et de distribution d'eau secondaire** gérée par la commune représentant 20 % de la ville (cité OPGI) avec un volume 1000 m³ dont la capacité de consommation journalier représente 2000 m³/j alimenté par un forage avec débit 25 l/s. [SHDH, 2012]



Figure I.4: Photographie Station de stockage et de distribution d'eau principale. [SHSH ,2012]



Figure I.5 : Photographie Station de stockage et de distribution d'eau secondaire [23/05/2012]

I.4.2. Le réseau de collecte des eaux usées

Le réseau d'assainissement des eaux usées a pour rôle de collecter ces eaux pour les conduire à la station d'épuration.

Le réseau de collecte des eaux usées de Hassi R'mel est un réseau séparatif. Ce type de réseau est constitué d'un réseau de collecte des eaux usées de la ville qui sont traitées par la station. Le réseau de collecte est constitué de collecteurs, de stations de relèvement et d'une conduite de refoulement des eaux usées vers la station de traitement.

I.4.2.1. Les collecteurs

Ils sont constitués de conduites et de regards. Les eaux usées provenant des différents usages domestiques (cuisine, bain, rejet des toilettes ...) sont évacuées vers les regards d'égouts par des canalisations en buse. Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait par gravité. Les eaux recueillies par les collecteurs sont acheminées vers les stations de relèvement.

I.4.2.2. Les stations de relevage (relèvement)



Figure I.6 : Cheminement des eaux usées vers la STEP (source : Google Earth)

Les stations de relevage permettent d'acheminer les eaux usées vers la station d'épuration de Hassi R'mel. Il existe quatre stations de relèvement dont deux stations principales F1 (Hay-Ezzouhour) et F3 (OPGI) par lesquelles les eaux usées venant des stations secondaires F2 (KSL) et F4 sont acheminées vers les ouvrages de la STEP par deux collecteurs principaux et relevés à l'entrée de la station dans un bassin de régulation puis vers l'entrée de la STEP, comme c'est indiqué dans la Figure I.6.

I.4.2.2.1. Station de relevage F3

La station de relevage est située à l'intérieur de la cité OPGI et, est destinée à recevoir les eaux usées de la cité OPGI et les eaux usées des deux stations de relevages (F2 et F4), ensuite la totalité des eaux usées est évacuée vers la STEP avec une conduite de refoulement long de 5000 m et un diamètre de 200 mm.



Figure I.7 : Station de relevage F3 (OPGI)
vue extérieure (20/05/2012)



Figure I.8: Station de relevage F3
(OPGI) vue intérieure (20/05/2012)

I.4.2.2.2. Station de relevage F1

Elle reçoit les eaux usées de Hay Ezzouhour et des bases de vie ; ensuite la totalité des eaux usées est évacuée vers la STEP avec une conduite de refoulement long de 3000 m et un diamètre de 200 mm.



Figure I.3: station de relevage Hay
Ezzouhour (F1) vue extérieur
(20/05/2012)



Figure I.4 : station de relevage Hay
Ezzouhour vue intérieur (20/05/2012)

I.4.2.2.3. Station de relevage F2 (KSL)

Elle reçoit les eaux usées des bases de vie (KSL ,1000 studios, 8 mai 1945,...) ; ensuite la totalité des eaux usées est évacuée vers la station de relevage F3(OPGI) avec une conduite de refoulement long de 900 m et un diamètre de 200 mm.



Figure I.5 : station de relevage F2 (KSL) vue extérieur
(20/05/2012)



Figure I. 6: station de relevage F2 (KSL) vue intérieur
(20/05/2012)

I.4.2.2.4. Station de relevage F4

Elle reçoit les eaux usées de la caserne militaire, des bases de vie (filiales et tiers) ; ensuite la totalité des eaux usées est évacuée vers la station de relevage F3(OPGI) avec une conduite de refoulement long de 1700 m et un diamètre de 200 mm.



Figure I.7: station de relevage F4 vue extérieur
(20/05/2012)



Figure I.8: station de relevage F4 vue intérieur
(20/05/2012)

I.4.3. Station d'épuration

La station d'épuration de la ville de Hassi R'mel est de type boues activées à faible charge (aération prolongée). Elle est située en bordure de la ville, sur le territoire de la commune de Hassi R'mel.

Cette station d'épuration est gérée par ENGTP (Entreprise de Grands Travaux Pétroliers) qui s'occupe de l'entretien, de l'exploitation et du suivi du réseau d'assainissement et de la station. C'est ainsi que le renouvellement et la gestion de toutes les infrastructures sanitaires sont assurées par ENGTP.

I.5. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons vu que la ville de Hassi R'mel est caractérisée par un climat aride, elle repose sur deux nappes aquifères qui forment un grand réservoir d'eau qui sont l'aquifère Turonien et l'aquifère Barrémien.

Nous avons remarqué également que la ville de Hassi R'mel est une zone industrielle ce qui implique une population variée.

Les eaux usées sont liées au nombre d'habitants ainsi que les quantités des eaux consommées. Ces eaux sont épurées au niveau d'une station d'épuration domestique.

Chapitre II :

Généralités sur les eaux usées

II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les différentes caractéristiques des eaux usées tant du point de vue physique que chimique et les différents traitements qui s'imposent pour un rejet d'effluent de qualité acceptable.

Les eaux urbaines résiduaires se caractérisent par leur composition physique, chimique et biologique et il apparaît une interrelation entre nombre des paramètres qui intègrent cette composition. Il est indispensable, au moment de réaliser une gestion de ces eaux, de disposer d'informations les plus détaillées possibles sur leur nature et leurs caractéristiques. [ITC ,2011]

II.2. Définition

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 à des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines ». [Moussa Moumouni Djermakoye .2005]

II.3. Origine des eaux usées

Les eaux usées telles que définies ci-dessus, ont trois origines possibles :

- les eaux domestiques ;
- les eaux industrielles ;
- les eaux de ruissellement.

II.3.1. Les rejets domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas) par les particuliers pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent [Baumont , 2005]:

- Des eaux de cuisine, qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, (glucides, lipides protides), et des produits détergents ;
- Des eaux de buanderie, contenant principalement des détergents ;
- Des eaux de salle de bains, chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement de matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphorés et en microorganismes. [Chocat. 1997], [Franck ,2002]

II.3.2. Les rejets industriels

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.

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

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

Dans le cas d'un rejet dans le réseau domestique, avec ou sans prétraitement, les effluents industriels peuvent fortement modifier la composition des eaux usées. Cette modification est très étroitement liée à l'activité industrielle concernée et peut prendre des formes innombrables. [Baumont , 2005]

II.3.3. Eaux de ruissellement

Les eaux pluviales peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, elle entraîne des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) [Bontoux. 1993].

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

- **Les réseaux unitaires** : un seul collecteur assure le transport des eaux usées et des eaux pluviales. La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables. Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont répartis sur le réseau ; [Baumont , 2005]
- **Les réseaux séparatifs** : deux réseaux sont mis en place, l'un pour collecter les eaux usées, l'autre pour les eaux de ruissellement. En principe, seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées mais rejetées directement. La station ne doit donc théoriquement recevoir qu'un effluent brut de qualité relativement régulière et de débit relativement bien déterminé [Baumont , 2005]

II. 4. Caractéristiques des eaux usées

Les eaux usées contiennent des matières minérales ou organiques en proportions variables selon leur origine. Ces matières peuvent être sous forme solide, colloïdale ou dissoute. En général, elles contiennent également une multitude d'organismes vivants dont certains peuvent être fortement pathogènes.

II.4.1. Caractéristiques chimiques

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, ainsi se réfère-t-on à quelques paramètres pour les caractériser.

- **Demande biochimique en oxygène (DBO₅)**

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques. La détermination de la DBO sert à évaluer la concentration des polluants organiques dans les entrées et sorties de station d'épuration biologique, c'est-à-dire à mesurer le rendement. Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours. C'est la DBO₅. [Tandia, 2007]

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique,

chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes. [Tandia , 2007]

II.4.2. Caractéristiques minérales

- **pH (Potentiel hydrogène)**

Il influence fortement les réactions de dégradation de la matière organique. Si l'eau usée se trouve à un **pH** neutre ou basique et si les bactéries qui dégradent la matière organique ont une croissance optimale à un **pH** plus bas, le rendement de la station d'épuration va s'en faire sentir. [Tandia, 2007]

- **Nutriments (Azote et phosphore):**

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. Ce phénomène se caractérise par la prolifération d'algues et la diminution de l'oxygène dissous, ce qui appauvrit la faune et la flore des eaux superficielles (cours d'eau, lacs etc..).

II.4.3. Caractéristiques physiques

- **La turbidité**

La turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en général très élevée. Elle s'exprime en gouttes de silice ou de mastic. La turbidité est donc définie par absorptiomètre. La mesure est effectuée au moyen d'un spectrophotomètre à 720 nm car à cette longueur d'onde l'influence de la couleur est négligeable. Pour éviter l'interférence due à la présence de grosses particules décantables, il convient de les éliminer au préalable par décantation. [Rodier, 2009]

- **La couleur**

La coloration des eaux urbaines résiduaires détermine qualitativement leur âge. Elle varie généralement du beige clair au noir. Si l'eau est récente, elle présente habituellement une coloration beige clair ; elle s'obscurcit avec le temps et devient de couleur beige grise ou noire, en raison de l'implantation de conditions d'anaérobiose, par décomposition bactérienne de la matière organique. [ITC ,2011]

- **L'odeur**

Elle est principalement due à la présence de certaines substances produites par la décomposition anaérobie de la matière organique : sulfure d'hydrogène, indole, scatoles,

mercaptans et autres substances volatiles. Si les eaux résiduaires sont récentes, elles ne présentent pas d'odeurs désagréables ni intenses. Avec le temps, l'odeur augmente en raison du dégagement de gaz tels que le sulfure d'hydrogène ou des composés ammoniacaux provoqués par la décomposition anaérobie. [ITC ,2011]

- **La température**

Elle joue un rôle fondamental dans toutes les réactions chimiques qui ont lieu dans un milieu liquide. La vitesse de dégradation de la matière organique dans une eau usée est d'autant plus importante que la température est élevée. Son importance se fait surtout sentir dans la cinétique de l'épuration par une accélération des processus d'épuration quand le milieu biologique s'y prête. [ITC ,2011]

- **Matières en suspension (MES)**

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon [Tandia, 2007]. La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtrées dans de bonnes conditions, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure. [Rodier, 2009]

On les subdivise en deux catégories:

- **les matières décantables** : sont les MES qui se déposent pendant un temps fixé conventionnellement à 2 heures. Toutes particules en suspension peut être théoriquement sédimentées (ou décantées) sous l'action de la pesanteur (gravité), mais à une vitesse qui dépend principalement de la taille et de la densité de la particule, ainsi que de la température de l'eau. [Rodier, 2009]
- **Les matières colloïdales**: représentent la différence entre MES et matières décantables. [Legube, Merlet, 2009]

- **Matières sèches totales (MST)**

Ce sont les matières déterminées par évaporation de l'eau brute tamisée. Elles peuvent aussi être calculées en faisant la somme des matières en suspension et des matières en solution.

C'est en fait le résidu sec sur l'eau brute tamisée et évaporée au bain-marie 100 ml d'eau brute. Porter le résidu à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures et laisser refroidir au dessiccateur puis peser. Soit Y la masse de l'extrait sec à 105 °C. Passer ensuite dans un four à 525 °C pendant 2 heures. Laisser refroidir au dessiccateur. Soit Y la masse du résidu. [Rodier, 2009]

II.4.4. Caractéristiques biologiques

Ils sont constitués de microorganismes (bactéries, virus, algues, protozoaire etc..) et d'organismes supérieurs (vers et insectes aux divers stades de leur développement) [Rodier, 2009]

Trois groupes principaux sont couramment utilisés dans ce but:

- les coliformes fécaux (CF) ;
- les streptocopes ;
- les clostridium sulfite-réducteurs (CSF).

II.5. Traitement des eaux usées

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, cinq niveaux de traitement sont définis.

II.5.1. Les prétraitements

Les pré-traitements sont une étape préalable au traitement des effluents urbains. Ils consistent en un traitement physique des effluents afin de protéger les organes électromécaniques et les ouvrages situés à l'aval. Ils se composent de trois étapes distinctes installées en série : un dégrillage, un dessablage et un dégraissage qui fournissent chacun un sous-produit spécifique appelé refus de dégrillage, sables et graisses. [Canler, Perret.2004]

II.5.1.1. Le dégrillage

Il assure la séparation des éléments grossiers en fonction de la maille ou de l'espacement entre les barreaux, afin de prévenir les risques de colmatage des équipements. Selon la taille de la collectivité, l'évacuation des refus peut être entièrement automatisée (ce qui est préférable) ou uniquement manuelle. Ce dernier cas est réservé aux très petites collectivités ou au canal de by-pass d'un système automatisé. L'efficacité d'un dégrillage ou tamisage est essentiellement dépendant de l'espace inter barreaux, on parlera : [Canler, Perret.2004]

- d'un pré-dégrillage lorsque l'écartement est supérieur à 50 mm ;
- d'un dégrillage quand il est compris entre 10 et 40 mm ;
- d'un dégrillage fin avec un écartement compris entre 3 et 10 mm ;
- d'un tamisage pour un écartement inférieur à 3 mm.

Il existe plusieurs types de grilles :

- **Les grilles manuelles** sont composées de barreaux droits de section circulaire ou rectangulaire, généralement inclinés sur l'horizontale (60° à 80°). Le nettoyage s'effectue manuellement à l'aide d'un râteau. [Satin, Selmi.2006]
- **Les grilles automatiques** sont à fonctionnements automatiques par horloge électrique, parfois seul la base d'une élévation de la hauteur d'eau à l'amont. On distingue les grilles à nettoyage par l'amont et celles à nettoyage par l'aval (**Figure 12**). [Satin, Selmi.2006]

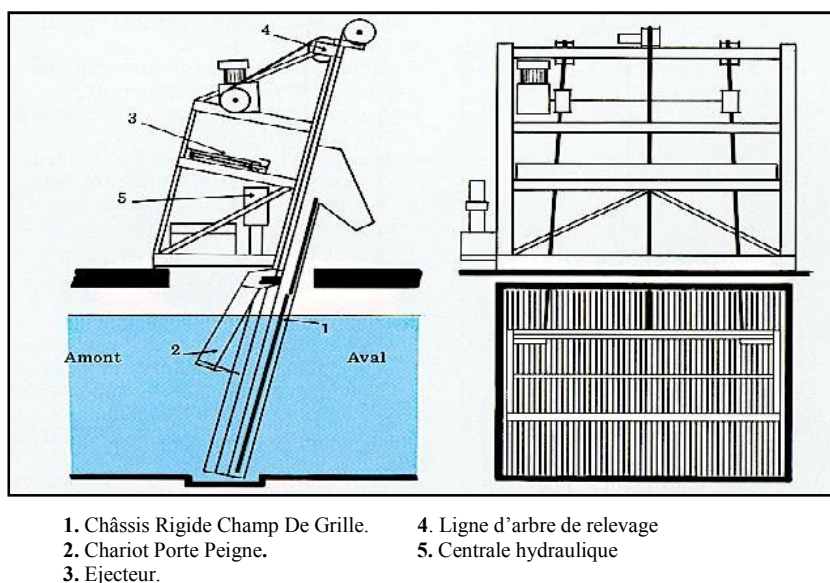


Figure II.1 : schéma de principe d'une grille droite GDC [Degremont, 2002]

II.5.1.2. Le dessablage

Son but est de retirer les sables et graviers de l'effluent à traiter afin d'éviter les risques d'abrasion des équipements, le colmatage des conduites et les dépôts dans les ouvrages en aval (Figure II.2). [Canler, Perret.2004]

De nombreux systèmes existent : dessableur couloir, rectangulaire ou circulaire avec ou sans brassage à l'air (pour le lavage des sables) et des ouvrages combinant les fonctions dessableur-dégraisseur. [Canler, Perret.2004]

Dans tous les cas, les sables retenus sont stockés à la base de l'ouvrage avant d'être repris manuellement, par pompage. [Canler, Perret.2004]

II.5.1.3. Le dégraissage

Cet ouvrage permet la récupération des graisses contenues dans l'effluent, les graisses non retenues pouvant engendrer un certain nombre de difficultés sur l'installation de traitement comme (Figure II.2) : [Canler, Perret.2004]

- Le colmatage des conduites ou de certains supports de culture fixée (lit bactérien, bio filtre) ;
- Des anomalies de fonctionnement de certains organes;
- Des risques de moussage biologique en raison du substrat préférentiel de certaines bactéries filamenteuses.

Il existe deux types de dégraisseurs : le dégraisseur statique et le dégraisseur aéré. Ce dernier est l'ouvrage le plus fréquemment rencontré avec des performances également plus importantes. Ces ouvrages permettent, en cas d'arrivée d'huile, sa séparation protégeant ainsi la filière aval. [Canler, Perret.2004]

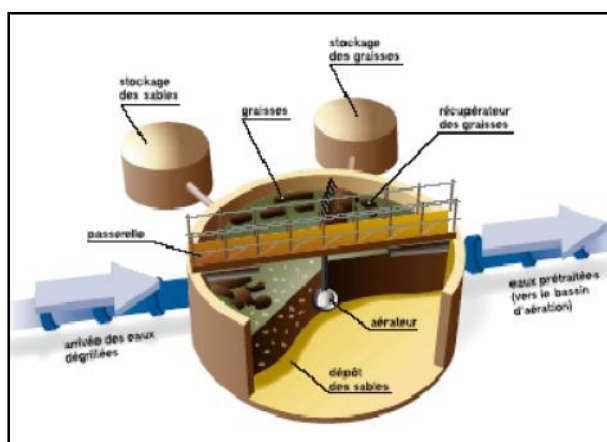


Figure II.2 : Dessableur-dégraisseur [Deshayes, 2008]

II.5.2. Le traitement primaire

Après les prétraitements, les effluents conservent une charge polluante dissoute et des matières en suspension. Les procédés de traitement primaire sont physiques, comme la décantation, ou physico-chimique (Figure II.3). [Deshayes, 2008]



Figure II.3 : Décantation primaire et flottation [Deshayes, 2008]

II.5.2.1. Procédés de décantation physique

La base de ces procédés de séparation solide-liquide est la pesanteur. On utilise le terme de décantation lorsque l'on désire clarifier une eau brute ; si l'on veut obtenir une boue concentrée on parle alors de sédimentation. [Deshayes, 2008]

Ces procédés permettent d'éliminer, d'une part 50% à 60% des matières en suspension et, d'autre part, de réduire leurs caractéristiques dimensionnelles (élimination des matières présentant une taille supérieure à 50 μ m). [Deshayes, 2008]

Le dimensionnement des décanteurs est essentiellement fondé sur la vitesse de sédimentation des matières en suspension. Des prélèvements et des mesures sur ces matières permettent de déterminer cette vitesse, qui correspond au rendement d'élimination recherché. On raisonne sur :

- la charge hydraulique à traiter (Q en m³) ;
- la charge de pollution (en kg de MES₆).

Il existe différents types de décanteurs primaires :

- **Les décanteurs longitudinaux**, très peu répandus car très peu économiques (usure rapide, coût de construction élevé...) ; [Deshayes, 2008]

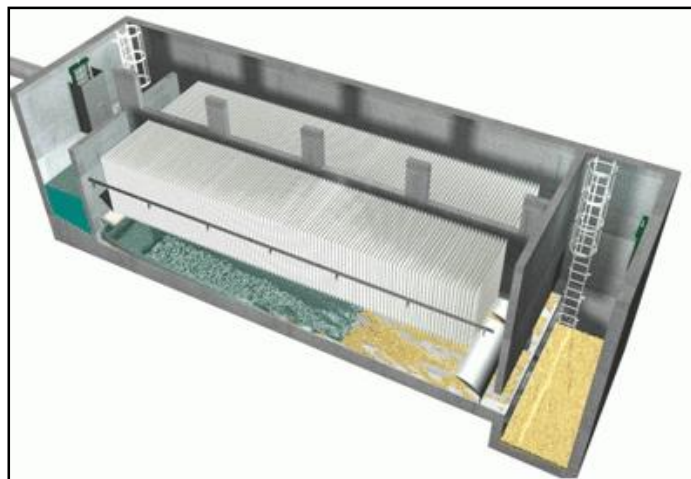


Figure II.4 : Décanteur lamellaire à recirculation de boues : le RPS [Deshayes, 2008]

- **Les décanteurs circulaires**, largement répandus du fait de leur faible coût de réalisation par rapport à un décanteur rectangulaire (plus faible épaisseur des parois de béton armé et densité d'armatures inférieure). L'arrivée de l'effluent brut se fait par un fût central creux. [Deshayes, 2008]
- **Les décanteurs lamellaires** qui sont de plus en plus utilisés, notamment dans les procédés d'épuration physico-chimiques. La décantation lamellaire consiste à multiplier la surface de décantation à l'intérieur d'un ouvrage ; il en résulte un rendement épuratoire excellent (**Figure II.4**). [Deshayes, 2008]

II.5.2. 2. Procédés de décantation chimique

Les procédés physico-chimiques de décantation consistent à alourdir les particules en suspension. Ils font appel aux techniques de coagulation ou de floculation-clarification.

Les processus de coagulation et de floculation sont employés pour séparer les solides en suspension de l'eau lorsque la vitesse de décantation naturelle est trop lente pour obtenir une clarification efficace. [Deshayes, 2008]

La turbidité et la coloration de l'eau sont dues à la présence de particules colloïdales de taille trop faible pour sédimenter. La première phase du traitement consiste donc à faire croître ces particules pour les amener à un niveau de taille où elles pourront facilement être séparées par décantation ou filtration. Cette phase de croissance est appelée « coagulation-floculation ». [Deshayes, 2008]

Les réactifs introduits dans les eaux usées ont un pouvoir adsorbant : autrement dit, ils ont pour effet de neutraliser les charges électriques portées par les substances colloïdales, charges qui, par répulsion électrostatique, maintiennent les particules à l'état dispersé. En outre, ils favorisent leur coagulation, accroissant ainsi la taille et la densité de gros amas ; désignés sous le nom de floccs. [Deshayes, 2008]

La vitesse de chute des particules étant proportionnelle au carré de leur diamètre, on conçoit qu'il est intéressant de réunir les plus petites d'entre elles pour en former une grosse. Le processus par lequel ces substances coagulent s'appelle la « coalescence ». Les réactifs employés sont d'origine minérale (sulfate d'alumine, chlorure ferrique, chaux) ou organique et libèrent des ions positifs qui neutralisent le colloïde et précipitent en formant des flocons : c'est la floculation.

Les procédés physico-chimiques présentent l'avantage d'une mise en route rapide (10 heures environ) et d'une adaptation immédiate aux variations de débit de la charge des effluents à traiter. [Deshayes, 2008]

II.5.3. L'élimination de la pollution carbonée

Les traitements secondaires, conçus à l'origine essentiellement pour l'élimination de la pollution carbonée et des matières en suspension, ont pour objet de poursuivre l'épuration de l'effluent provenant du décanteur primaire ou issu d'un prétraitement. Il s'agit de transformer, par voie biologique le plus souvent, ces eaux décantées en amont dans des limites permettant d'assurer l'imputrescibilité de l'effluent grâce à la stabilisation des matières organiques. A ce stade de stabilisation définitive, on évacue tous les déchets, les boues et les gaz. [Satin, Selmi.2006]

Les procédés les plus couramment utilisés aujourd'hui mettent en œuvre des installations biologiques, tant pour l'épuration des eaux usées urbaines que pour celle de certaines eaux résiduaires industrielles. [Satin, Selmi.2006]

On les classe généralement en :

- Procédés biologiques naturels ;
- Procédés biologiques artificiels.

II.5.3.1. Procédés biologiques naturels

On désigne par bassin de stabilisation toute dépression ou excavation naturelle ou artificielle dans laquelle s'écoulent naturellement les eaux usées brutes ou décantées, pour

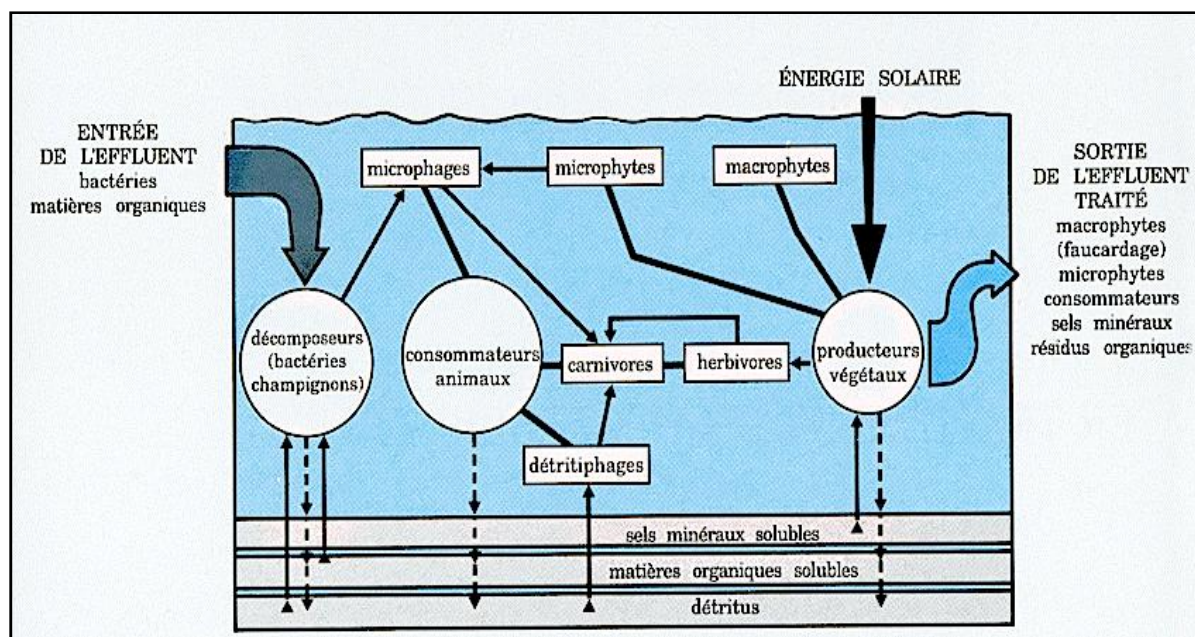


Figure II.5 : cycles biologiques d'une lagune. [Degremont, 2002]

ressortir, sans intervention extérieure d'aucune sorte, dans un état où elles ne risquent pas d'altérer la qualité du milieu récepteur. Toutefois, lorsqu'il s'agit de dépression naturelle, il est d'usage d'employer l'expression « étang de lagunage ». [Satin, Selmi.2006]

On distingue quatre types de bassins, selon la nature de l'activité biologique:

- **bassin aérobie**: l'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau et par l'activité de photosynthèse des microalgues de surface. La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries (aérobies) présentes dans le plan d'eau. Le rayonnement solaire détruit en outre certains germes. [Degremont, 2002]

- **bassin anaérobie**: il ne nécessite pas d'oxygène dissout car ce sont les bactéries anaérobies qui dégradent les molécules organiques complexes. [Degremont, 2002]

- **bassin facultatif**: il comporte une couche supérieure aérobie, une couche inférieure anaérobie et une couche intermédiaire facultative ou aérobie-anaérobie. Dans la zone intermédiaire, les bactéries facultatives peuvent détruire la matière organique en présence ou à l'abri de l'oxygène. Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80% à 90% de la DBO, 20% à 30% de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. [Degremont, 2002]

II.5.3.2. Procédés biologiques artificiels

On utilise trois grands types de procédés : les lits bactériens, un procédé mettant en œuvre le principe des boues activées ou lagunage aéré (cultures libres) et la biofiltration ou filtration biologique accélérée (cultures fixées).

- **Lits bactériens**

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien, quelquefois appelé « filtre bactérien » ou « filtre percolateur », consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées, sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. C'est la raison pour laquelle les lits bactériens sont également appelés « réacteurs à biomasse fixée », la biomasse étant la quantité de matière vivante dans un écosystème aquatique par unité de surface ou de volume. [Satin, Selmi.2006]

Types de lits bactériens :

- **Filtres percolateurs**

La masse de matériaux poreux, composée de scories, pouzzolanes, mâchefers, a une granulométrie de faibles dimensions (4 cm à 8 cm) ; son épaisseur varie de 1 m à 4 m. Ces matériaux reposent sur un double radier ; le radier supérieur, généralement en béton, est perforé et le radier inférieur recueille l'eau traitée et l'évacue. [Satin, Selmi.2006]

Le dispositif d'arrosage du filtre (Figure II.6) peut être assuré par :

- Des répartiteurs fixes (alimentant des tubes perforés) ;
- Des systèmes mobiles (sprinklers rotatifs)

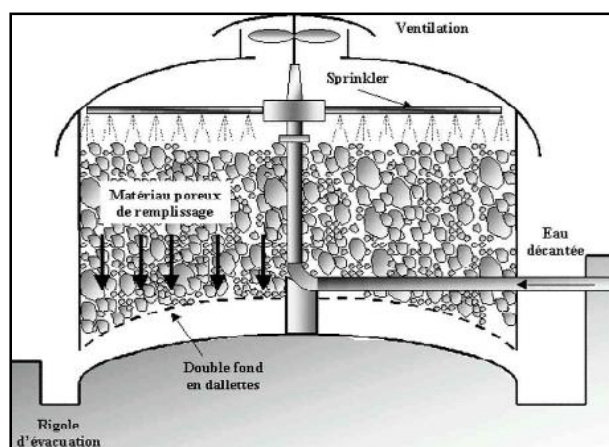


Figure II.6 : Lit bactérien. [source : Satin, Selmi.2006]

➤ *Disques biologiques*

Procédé de traitement biologique aérobie à biomasse fixée.

Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération.

Les microorganismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques.

Les disques sont semi-immersés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée.

L'effluent est préalablement décanté pour éviter le colmatage du matériau support. Les boues qui se décrochent sont séparées de l'eau traitée par clarification.

L'unité de disques biologiques est constituée de disques en plastique rotatifs montés sur un arbre dans un bassin ouvert rempli d'eaux usées. Les disques tournent lentement dans le bassin et lorsqu'ils passent dans les eaux usées, les matières organiques sont absorbées par le biofilm fixé sur le disque rotatif. L'accumulation de matières biologiques sur les disques en augmente l'épaisseur et forme une couche de boues. Lorsque les disques passent à l'air libre, l'oxygène est absorbé, ce qui favorise la croissance de cette biomasse. Quand cette dernière est suffisamment épaisse (environ 5 mm) une certaine quantité se détache et se dépose au fond de l'unité (Figure II.7). [AERM, 2007]



Figure II.7: disque biologiques Step de Rogéville – 54.

[source : AERM, 2007]

- **Le lagunage aéré (cultures libres)**

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre, avec apport artificiel d'oxygène. Contrairement à ce que pourrait laisser deviner son appellation, son principe est loin de rassembler à celui du lagunage naturel. Il correspond davantage à un procédé de traitement par boues activées mais privé de système de recyclage des boues de décantation secondaire.

Le procédé met en œuvre des cultures aérobies mises en suspension et oxygénées à l'aide d'un aérateur mécanique de surface (turbine) ou placé en profondeur (diffusion de fines bulles). Il se distingue du procédé par boues activées par l'absence de recirculation des boues séparées de l'eau épurée dans un ouvrage de décantation secondaire. Cette spécificité se traduit par une faible densité de population microbienne. [Lemang.S, 2001]



Figure II.8 : lagune aérée. [source :Lemang.S, 2001]

- **Boues activées (cultures libres)**

Les boues activées sont des systèmes qui fonctionnent biologiquement, avec une aération artificielle, comme les lagunes aérées. La différence réside dans la recirculation des organismes actifs (les boues activées) (Figure II.9) du décanteur secondaire vers le bassin d'aération. Cette circulation a deux conséquences : [Satin, Selmi.2006]

- La concentration des boues activées dans le bassin d'aération peut être augmentée par rapport à une situation sans recirculation.
- le temps de séjour des organismes actifs dans le système est plus élevé que le temps de séjour de l'eau

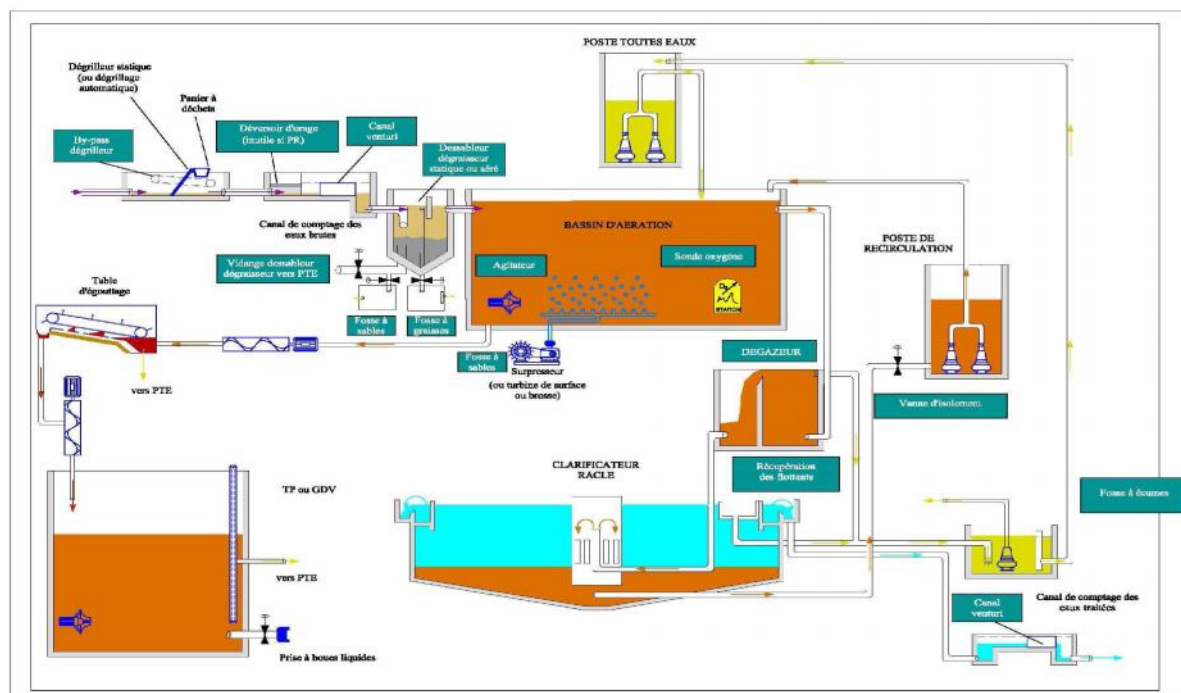


Figure II.9: Schéma de principale de l'épuration par boue active [source : AERM, 2007]

- **Biofiltration (cultures fixées)**

Les premiers systèmes de biofiltration sont apparus il y a environ 25 ans et étaient connus auparavant sous le nom de filtres biologiques aérés (FBA) ou BAF pour les anglophones (Biological Aerated Filter). La biofiltration s'effectue grâce à des systèmes biologiques immergés à cultures fixées qui comprennent une phase liquide (effluent à traiter), une phase solide (matériau granulaire sur lequel va se fixer la biomasse) et une phase gazeuse (air insufflé par les aérateurs). Lors de la biofiltration, il se déroule une rétention physique des MES, ainsi qu'une élimination biologique de substances polluantes (DCO, DBO, NTK ...).

Les systèmes utilisant la biofiltration requiert un volume d'installation réduit comparativement à un système par boues activées du fait de la concentration forte de la biomasse. [Lamouroux, 2007]

Le schéma de la figure II.10 présente le fonctionnement d'un biofiltre à courant ascendant.

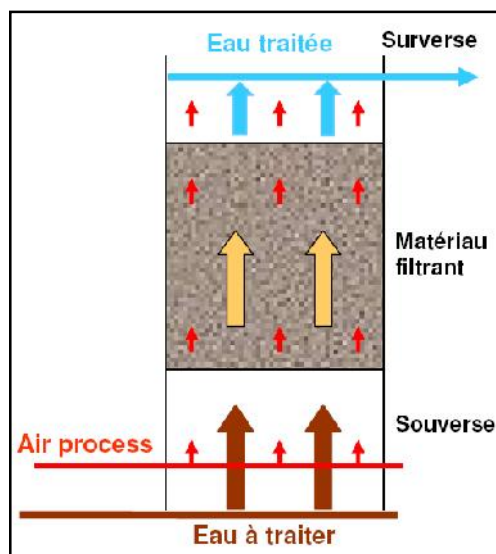


Figure II.10 : biofiltre à courant ascendant [source : Lamouroux, 2007]

II.5.4. L'élimination de l'azote et du phosphore- traitement complémentaire

II.5.4.1. Elimination de la pollution azotée

Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20% de l'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place. L'élimination de ce dernier est obtenue, le plus souvent, grâce à des traitements biologiques, de nitrification-dénitrification. [Degremont, 2002]

II.5.4.2. Elimination de la pollution phosphorée

La déphosphatation peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. Le traitement physico-chimique se fait par l'adjonction de réactifs comme les sels de fer ou d'aluminium. Les techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80% et 90% du phosphore, mais engendrent une importante production de boues. Le traitement biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Le rendement moyen est d'environ 60%. [Degremont, 2002]

II.5.4.3. Traitements complémentaires

Des traitements complémentaires sont effectués lorsque la nature des milieux recevant l'eau dépolluée l'exige.

- **Désinfection des effluents**

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Un réactif désinfectant peut être ajouté dans les eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel. Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone, le brome ou le dioxyde de chlore. [Degremont, 2002]

II.5.5. Le traitement des boues

Les objectifs principaux d'une filière boue sont la réduction des volumes et des nuisances de la filière finale de valorisation. En effet, telles qu'elles ont été évacuées de la filière eau, les boues sont constituées à 90% d'eau, ce qui engendre ces volumes de stockage conséquents. De plus, elles sont fermentescibles donc dégagent rapidement des odeurs désagréables. [ADEME, 2012]

Les différentes étapes du traitement des boues ont pour but la réduction de la teneur en eau par épaissement, la réduction du pouvoir fermentescible par une phase de stabilisation et enfin une phase de déshydratation plus ou moins poussée avant stockage et valorisation. [ADEME, 2012]

La Figure II.11 ci-dessus représente le schéma général ces différentes filières de traitement des boues.

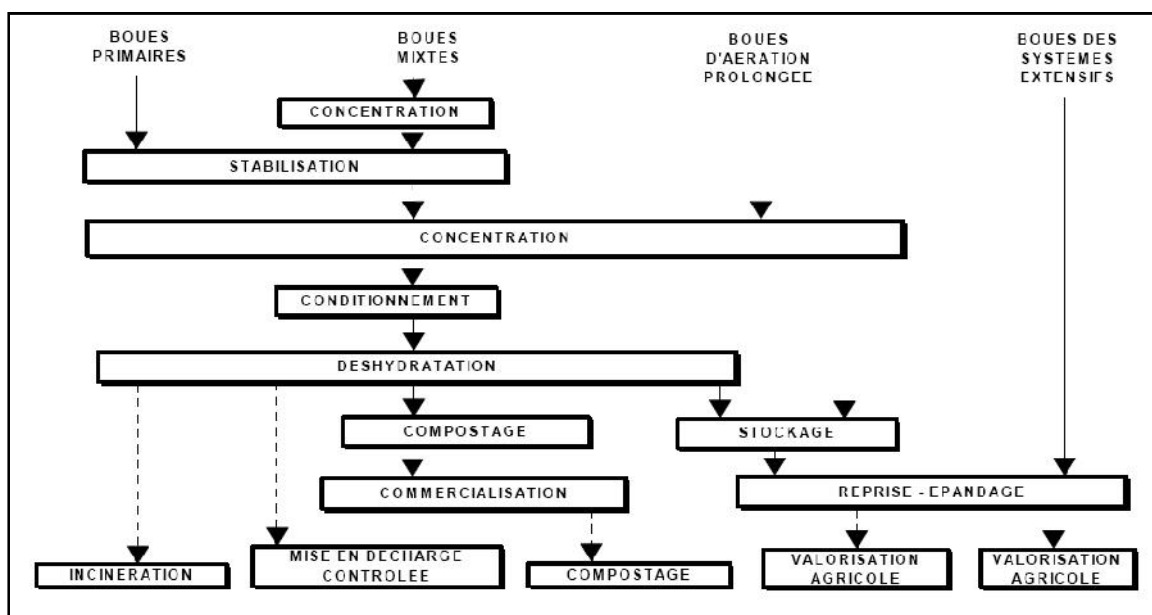


Figure II.11 : Schéma des différentes filières du traitement des boues

[source ;Ahmadou, 2007]

II.5.5.1. Épaississement

Si nous observons les modes d'extraction des boues ; des différents ouvrages de traitement d'eau nous pouvons constater : [Ahmadou, 2007]

- la concentration des extractions des différents ouvrages de traitement d'eau fonctionnant en marche continue ou cyclique est faible et dépassée rarement 10 g/l (4 à 10 g/l en eau résiduaire urbaine) ;
- les ouvrages fonctionnant en chasse périodique donnent des baies plus concentrées mais l'élimination globale des MES entraîne systématiquement une dilution surabondante des fins de purges.
- Différents moyens sont mis en œuvre pour l'épaississement des boues. Ces moyens sont de deux ordres :
 - Épaississement par décantation ou épaississement statique;
 - Épaississement dynamique : flottation. Égouttage. Centrifugation.

➤ **Épaississement par décantation ou épaississement statique**

L'épaississement se fait par décantation en piston des boues. La décantation est aidée par une herse à mouvement lent qui en faisant rouler les particules de boues les unes sur les autres, favorise l'écoulement de l'eau interstitielle et l'évacuation des gaz occlus. Le tassement des boues est donc ainsi favorisé. [Ahmadou, 2007]

➤ **Épaississement par flottation**

Le principe consiste à réduire la masse volumique apparente de la phase solide par adsorption ou absorption de bulles gazeuses pour en provoquer l'entraînement vers la surface avec une vitesse ascensionnelle qui, en modèle laminaire, sera donnée par la loi de Stokes. [Ahmadou, 2007]

➤ **Épaississement par égouttage**

Différents dispositifs peuvent être utilisés (tambours, poches filtrantes, grilles d'égouttage), mais la grille d'égouttage est l'appareil qui allie à la fois simplicité d'emploi et fiabilité. Cet appareil à fonctionnement continu est placé directement au refoulement de la pompe d'alimentation en boues fraîches. La boue, préalablement floculée au polymère de

synthèse, est épanchée sur un champ horizontal de grille fine raclée en permanence par des lames en caoutchouc. [Ahmadou, 2007]

➤ **Épaississement par centrifugation**

L'épaississement par centrifugation présente les inconvénients d'être lourds en investissement et en coût d'exploitation (consommation d'énergie 150 à 300 kWh/tonne de MES). Par contre, il a l'avantage de n'occasionner que peu de nuisances olfactives (car l'appareil est fermé) et d'être très compact. [Ahmadou, 2007]

L'épaississement obtenu est plus important que par flottation. Par ailleurs, sous peine d'avoir des rendements, de capture et des débits alimentaires faibles, l'emploi d'un polymère (1 à 2 kg/t MES) est indispensable. La centrifugation consiste en une décantation accélérée par force centrifugation. [Ahmadou, 2007]

II.5.5.2. Stabilisation des boues

Les boues de stations, en grande proportion à caractère organique, sont instables dans la mesure où des fermentations s'y développent, qui sont à l'origine d'une mauvaise qualité des eaux et de nuisances olfactives. La stabilisation vise donc à réduire le taux de matières organiques de manière à empêcher ou tout du moins limiter les fermentations. [Ahmadou, 2007]

La stabilisation, qui n'est pas effectuée de manière systématique, a pour but d'éviter une reprise de la fermentation des boues qui entraînerait des nuisances olfactives. Dans le même temps, le taux d'agents pathogènes est réduit dans des proportions qui varient selon le type de traitement. On distingue les stabilisations biologiques, chimiques et thermiques. La stabilisation biologique peut être atteinte par méthanisation (digestion anaérobie mésophile), et stabilisation aérobie thermophile. [Ahmadou, 2007]

Le traitement chimique peut s'effectuer par un chaulage ou une stabilisation aux nitrites. Le séchage (siccité supérieure à 90%) quant à lui constitue une forme de stabilisation thermique (Apeasa. 2000). [Ahmadou, 2007]

• **La stabilisation par digestion anaérobie**

La stabilisation par voie anaérobie, appelée digestion anaérobie, est une fermentation bactérienne réalisée dans une cuve appelée digesteur. Les bactéries dégradent la matière organique en dioxyde de carbone et en méthane. Cette technique s'applique aux boues

épaissies et a pour objectif la réduction de la masse de boue en dégradant une partie des MV (et donc des MS). [Ahmadou, 2007]

- **La stabilisation aérobie thermophile**

C'est une transformation de la matière organique par oxydation en milieu aérobie avec dégagement de chaleur et production de CO₂. Pour être optimale, la réaction doit se dérouler à une température comprise entre 50 et 55°C.

- **La stabilisation chimique**

Cette technique de stabilisation des boues compose une opération consistant à ajouter des réactifs chimiques qui permettent de diminuer le pouvoir fermentescible de la boue. Cet apport ne modifie pas la quantité de matières biodégradables mais agit essentiellement par action bactéricide. Parmi les nombreux produits susceptibles d'inhiber le développement bactérien, la chaux est celui qui s'impose économiquement (Bandez. 2001). Les boues, ayant subies une stabilisation chimique, sont assez favorables en déshydratation, mais souvent faciles à flocculer à cause des pH élevés (plus de 12). [Ahmadou, 2007]

II.5.5.3. Conditionnement et déshydratation des boues

L'épaississement naturel des boues est limité par des phénomènes physiques. Des forces électriques de répulsion entre les particules de boues empêchent leur rapprochement et en conséquence ne permettent pas l'évacuation d'une part importante de l'eau interstitielle. Pour rendre exploitables les différents équipements de traitement des boues, il est donc nécessaire de précéder à la floculation de celles-ci pour en casser la stabilité colloïdale et pour augmenter artificiellement la taille des particules. C'est le conditionnement qui reçoit des procédés de nature physique (thermique), mais plus souvent de nature chimique (ajout de réactifs minéraux ou de polymères de synthèse). Un conditionnement adéquat de la boue est la base du bon fonctionnement de l'atelier de traitement des boues. [Ahmadou, 2007]

- **Conditionnement par ajout de réactifs minéraux**

C'est le conditionnement adapté à la déshydratation sur filtres presses, appareils mettant en œuvre une filtration à travers un gâteau en fonction avec un support filtrant à mailles fines (100 à 200 µm). Ce conditionnement nécessite l'emploi de réactifs minéraux conduisant à la formation de floccs fins, mais mécaniquement stables.

- **Conditionnement aux polyélectrolytes**

C'est le conditionnement adapté à la déshydratation sur filtres à bandes presseuses, centrifugeuses, parfois en flottation, épaissement par égouttage et, sous certaines conditions, sur filtres presses. [Ahmadou, 2007]

- **Conditionnement thermique**

Il consiste à chauffer les boues entre 150 et 200 °C pendant 30 à 60 minutes selon le type de boues et la filtrabilité désirée. Au cours de cette "cuisson", les gels colloïdaux sont détruits et l'hydrophile particulaire diminue.

Il existe principalement deux grandes familles de techniques de déshydratation la décantation (centrifugation) et la filtration (filtres à bande presseuse ou filtre presse). Le choix de l'une ou de l'autre de ces techniques dépend du type de boue à déshydrater, des performances recherchées, de la disponibilité et de la technicité de la main d'œuvre, mais aussi du type d'équipement utilisé en épaissement préalable. On peut également citer la déshydratation sur lits de séchage en marge de ces deux grandes familles. [Ahmadou, 2007]

II.5.5.3.1 Déshydratation par centrifugation

La centrifugation sera utilisée sur des boues flocculées aux polymères de synthèse. C'est une technique de séparation de l'eau de la boue sous l'effet d'une accélération de plusieurs milliers de gramme. Les centrifugeuses sont constituées d'un bol tournant à grande vitesse et d'une vis racleuse hélicoïdale coaxiale au bol qui permet l'extraction des boues déshydratées en continu (Figure II.12). L'alimentation peut être centrale ou tangentielle. La circulation de la suspension et de la boue déshydratée peut s'effectuer à courant ou contre courant. D'autres variables de type constructif (géométrie du bol, rapport longueur diamètre, angle de conicité,...) peuvent également distinguer les différentes machines commercialisées. On obtient ainsi une siccité de l'ordre de 19 - 23 % (boues biologiques). [Ahmadou, 2007]

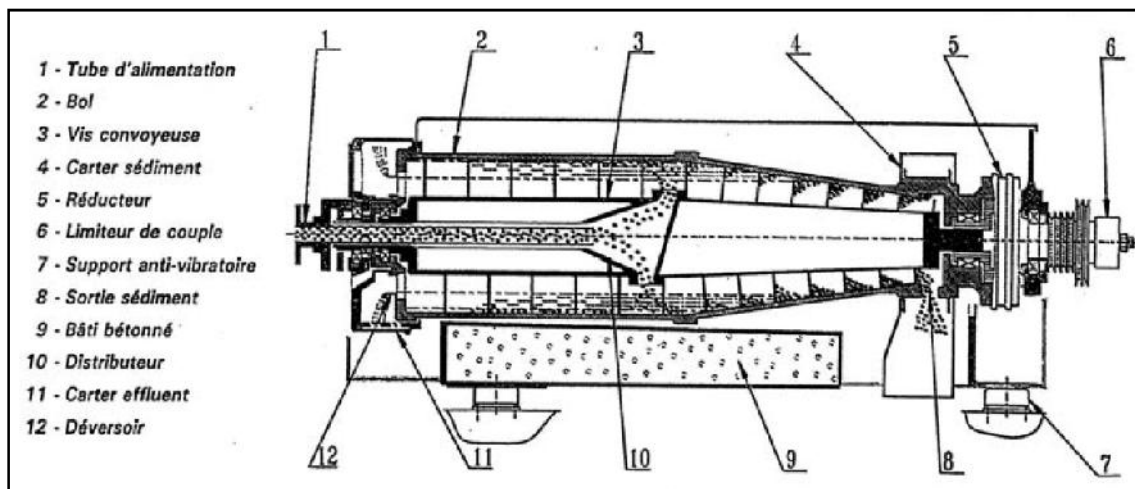


Figure II.12: schéma d'une centrifugeuse [source ;Ahmadou, 2007]

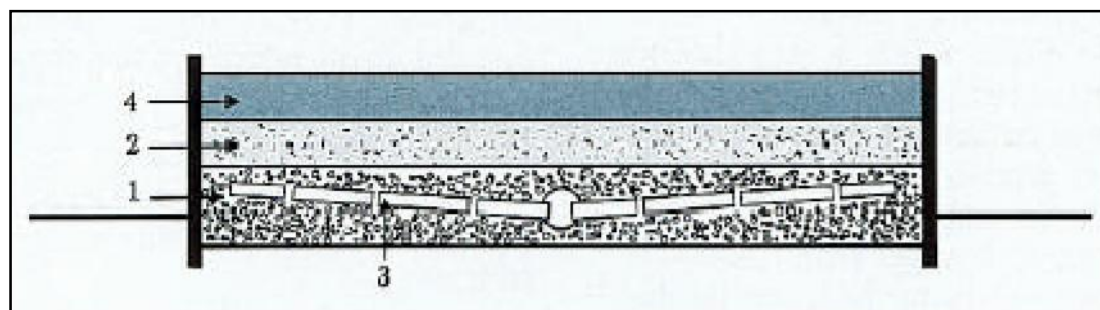
II.5.5.3.2. Lits de séchage

- Lits de séchages (non plantés)

Cette technique se pratique à l'air libre sur des boues liquides et combine évaporation naturelle et drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sables et de graviers, sur une épaisseur d'environ 30cm de boue.

On obtient une siccité de l'ordre de 30% après un temps de séjour de trois semaines mais dépend des conditions météorologiques. [Ahmadou, 2007]

La figure II.13 ci-dessous présente une coupe type d'un lit de séchage.



1 - Gravier.
 3 - Drains.

2 - Sable.
 4 - Boue.

Figure II.13 : Coupe type d'un lit de séchage [source ;Degremont, 2002]

- **Lits de séchages plantés de roseaux**

Cette technique se pratique à l'air libre sur des boues liquides et combine drainage et évapotranspiration. En effet les roseaux de types phragmites plantées sur un massif filtrant constitué de différentes couches de sable de granulométries différentes se reposent sur un radier, qu'ils colonisent en développant un tissu complexe de racines (rhizomes) assimilable à un réseau de drainage. On obtient une siccité de l'ordre de 20 à 30% au bout de 10 ans et dépendant des conditions météorologiques. [Ahmadou, 2007]

II.5.5.3.3. Séchage thermique

Le séchage thermique des boues revêt un effet temporaire de stabilisation (par absence d'eau), persistant aussi longtemps que les boues ne sont pas réhumectées. Pour des raisons de coût, le séchage se pratique sur des boues déjà déshydratées mécaniquement. On peut obtenir une siccité de l'ordre de 90-95%. Les boues obtenues sont pulvérulentes ou en granulés. [Ahmadou, 2007]

II.6. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté les différents procédés que peut comporter une station d'épuration.

Nous avons constaté que l'eau à épurer doit passer par plusieurs étapes successives. La première étape est constituée par les prétraitements et la décantation primaire. La deuxième étape est liée à l'épuration biologique.

Le choix du procédé est conditionné par les caractéristiques de l'eau à épurer ainsi que la nature du milieu récepteur.

Chapitre III :

Description de la station d'épuration de Hassi R'mel

III.1. Introduction

Dans ce chapitre nous montrons le chemin emprunté par l'eau qui s'effectue de la collecte à la station d'épuration ; cela nous permettra de voir les différentes étapes de traitement. Les visites techniques effectuées sur le terrain durant notre stage nous a permis de comprendre le circuit des eaux usées et le procédé de traitement de la STEP de Hassi R'mel

L'objectif de ce chapitre est d'effectuer un diagnostic de l'installation de la STEP et apporter des propositions d'amélioration de son fonctionnement.

- Pour ce faire, il a fallu tout au long du stage (14/04/2012 au 09/06/2012) connaître le fonctionnement détaillé des installations de la STEP, connaître les différentes étapes de traitement de la STEP, des opérations de maintenance ainsi que des recommandations de réglage de la station et comprendre et maîtriser son fonctionnement.

- consulter la documentation des différents équipements (vol.1, 2, 3, 4, 5, 6,7) et les plans du génie civil de la station se trouvant à la bibliothèque de la station.

- suivre l'évolution du débit de l'effluent réceptionné à l'entrée et à la sortie de la station.

- communiquer avec les agents de la STEP (Hydraulicien, Instrumentiste, biochimiste...) qui sont chargés du suivi de la station afin de collecter, chaque jour, un maximum d'informations relatives au dysfonctionnement de la station dont les résultats de la collecte des problèmes sont liés :

- au débit de l'effluent à l'entrée et à la sortie de la station
- à l'entretien (maintenance).
- à l'équipement défectueux.

III.2. Station d'épuration

La station d'épuration de Hassi R'mel est destinée à épurer les eaux résiduaires urbaines d'une population équivalente de 15 000 EH.

Elle est située en bordure de la ville, sur le territoire de la commune de Hassi R'mel. Les études, la direction de chantier et la surveillance des travaux ont été assurées par la Sonatrach. Les travaux ont été réalisés par l'entreprise CIDA HIDROQUIMICA S/A et sous-traitance par l'Entreprise publique économique E.N.C.C Unité Mécanique Lourde –Cote Rouge. [Contrat.SHR, 99]

La station a coûté un peu plus de 50 000 000 DA entièrement subsidiés par la Région Laghouat. La construction et la mise en service de la station ont nécessité 21 mois. Mise en service en 2001.

Le tableau II.1 regroupe les bases de données de station Hassi R'mel en 2001.

Tableau III.1: Données de base de la station de Hassi R'mel en 2001

Débits vers la STEP		
Débit moyen journalier	m ³ /j	3000
Débit moyen horaire	m ³ /h	125
Débit de pointe horaire	m ³ /h	240
Charge DBO₅		
Concentration moyenne	mg/lit	270
Charge journalière	Kg/j	810
Charge MES		
Concentration moyenne	mg/lit	350
Charge journalière	Kg/j	1050
Charge DCO		
Concentration moyenne	mg/lit	600
Charge journalière	Kg/j	1800
Charge TKN		
Concentration moyenne	mg/lit	35
Charge journalière	Kg/j	105
Charge P		
Concentration moyenne	mg/lit	16
Charge journalière	Kg/j	45

Normes de rejet

Les normes avec lesquelles travaillent la station de Hassi R'mel sont les suivantes :

Tableau III.2: Normes de rejet et garanties de traitement de Hassi R'mel

Paramètres	Normes
DBO ₅	≤30 mg/l sur 24 heures
DCO	≤90 mg/l sur 24 heures
MES	≤30 mg/l sur 24 heures
Azote Ammoniacal	≤ 40 mg/l sur 24 heures
pH	compris entre 6,5 et 8,5 / 24 heures
PO ₄	≤16 mg/l sur 24 heures

III.2.1. Le principe de traitement

Le principe de traitement est celui d'une épuration biologique à boues activées à faible charge aération prolongée.

Dans ce type de traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau. Ce processus aérobie provoque le déplacement des bactéries qui, par des actions physico-chimiques retiennent la pollution organique et s'en nourrissent.

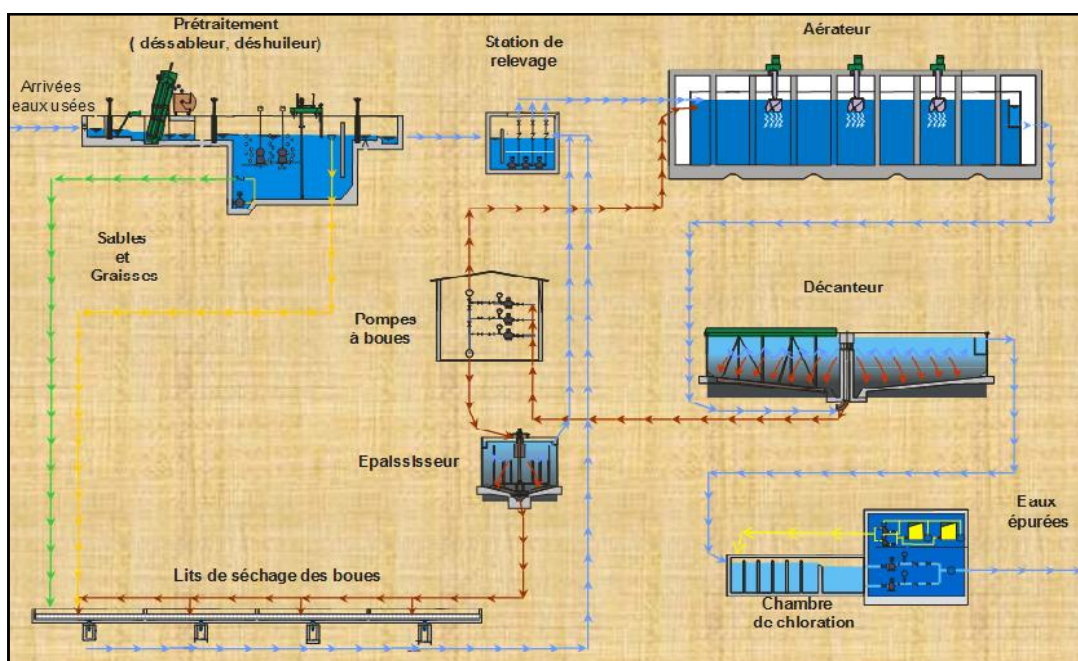


Figure III.1:Schéma du principe du procédé de la STEP. [STEP, 2012]

III.2.2. La filière du traitement

La station d'épuration (Figure III.10) de la ville de Hassi R'mel se compose de la ligne de traitement biologique suivante :

- Arrivée des eaux brutes (bassin de régulation) ;
- L'entrée de la station (Bassin de satabilisation);
- Dégrillage des eaux brutes ;
- Dessablage- déshuilage
- Relevage des eaux usées (station de pompage);

- Aération des eaux et formation des boues activées ;
- Clarification des eaux (décantation secondaire) ;
- Désinfection des eaux traitées ;
- Recirculation des boues ;
- Epaississement des boues en excès ;
- Evacuation des boues fraiches vers les lits de séchage ;
- Déshydratation des boues sur les lits de séchage ;
- Réutilisation des eaux traitées.
- Gestion de l'exploitation

III.2.2.1. Arrivée des eaux brutes (Bassin de régulation):

Les eaux brutes sont acheminées vers les ouvrages de la station par deux stations de relevage principales.

La fluctuation du débit d'arrivée à la station d'épuration de Hassi R'Mel, perturbe le process et empêche l'exploitation de cette dernière à sa pleine capacité. Ces perturbations engendrent le passage à l'exutoire d'un débit important d'eaux usées, sans traitement au préalable et provoque un impact négatif sur l'environnement.

Le bac de régulation est une solution technique à ce problème car il permettra le stockage des débits excédentaires pendant la pointe afin de les restituer pendant la journée. Malgré la mise en place de cet ouvrage le problème persiste toujours et les eaux usées se déversent vers le milieu naturel (bourbier).



Figure III.2: Bassin de régulation
(14/05/2012)



Figure III.3: Bassin de régulation
(14/05/2012)

Tableau III.3: dimensions de bassin de régulation. [AFRIC handassa, 2010]

Paramètres	Dimensions
Longueur totale	18 m
Largeur totale	18 m
Hauteur totale	4,60 m
Hauteur d'eau	4 m
Volume de saturation	1296 m ³
volume totale	1500 m ³

III.2.2.2. Le prétraitement

Destiné à préparer l'effluent au traitement biologique ultérieur, le prétraitement comporte une succession d'opérations physiques ou mécaniques destinées à séparer les eaux usées des matières volumineuses, en suspension ou flottantes, qu'elles véhiculent.

Le prétraitement est composé de :

- Bassin de stabilisation
- Dégrilleur
- Dessablage et déshuilage
- Relevage des eaux usées (station de pompage)
- Concentrateur de graisses

III.2.2.2.1. Bassin de stabilisation

Le bassin de stabilisation a pour rôle de ralentir la vitesse des eaux brutes refoulées du bac tampon par pompage. Ces eaux brutes découlent ensuite, vers le dégrillage par biais d'une vanne canal manuelle. Dans le cas où il y a une surcharge, le surplus se déverse dans la conduite du bay-pass qui sera acheminé vers le bourbier.



Figure III.4 : Bassin de Stabilisation (22/05/2012)

III.2.2.2.2. Dégrillage

Du bassin de stabilisation, les eaux brutes sont refoulées vers le dégrillage qui permet l'élimination des corps solides volumineux perturbant les traitements ultérieurs ; ce procédé est réalisé dans un canal de 500 mm de largeur [CIDA.201, 2000] et comporte deux étapes [SONATRACH, 98] :

- **Dégrillage grossier** (à nettoyage manuel) assuré par une grille d'un espacement entre deux barreaux de 5 cm. (Figure 12)

- **Dégrillage fin** à nettoyage automatique assuré par une grille automatique rotatif de 1,5 mm de passage avec une capacité hydraulique de 430 m³/h, et actionné par un moteur de 0,55 kw.

Les refus des grilles sont évacués manuellement à la mise en décharge.



Figure III.5: Grille Automatique (22/05/2012)

III.2.2.2. 3.Le dessablage-déshuilage

Il est toujours à craindre une présence importante de sable, de matières minérales en suspension et d'huiles pouvant gêner, voire freiner le fonctionnement de l'installation.

Pour cela, une phase de prétraitement des eaux dégrillées est réalisée dans un dessableur-déshuileur longitudinal aéré. La vitesse d'écoulement des eaux est maintenue à environ 0.30m/s. [SONATRACH, 98]

Moyennant un Aeroflot, l'eau est aérée par des insufflations d'air, permettant d'une part, la séparation du sable de l'eau, et d'autre part, favorisant l'accumulation des graisses et des huiles en surface. [SONATRACH, 98]



Figure III.6 : Le dessablage-déshuilage (22/05/2012)

Le sable déposé au fond de l'ouvrage est relevé jusqu'à une trémie par l'utilisation d'une pompe à sable. Les huiles sont récupérées en surface dans une zone de tranquillisation et sont déversées dans un puisard à graisse pour être acheminées par un camion vers une décharge aménagée.

Lors du nettoyage dessableur-déshuileur, il existe quatre vannes manuelles (type canal) dont deux seront fermées de part et d'autres du dessableur- déshuileur et deux ouvertes au niveau du by-pass, canal en béton armé de largeur de 500 mm, pour permettre l'évacuation des eaux usées vers la station de relevage.(voir Tableau III.4)

Tableau III.4: dimensions de Le dessablage-déshuilage. [CIDA.201, 2000]

Paramètres	Dimensions
Longueur	7,04m
Largeur	2,04
Hauteur eau	3,73
Hauteur totale	4,71 m
Angle de fond tronc pyramidal	50°
Surface horizontale	14,44 m ²
Surface transversale	6,57 m ²
Volume du tronc pyramidal	11,1 m ³
Volume prismatique	34,7 m ³
Volume totale	46,4 m
Temps de séjour à débit moyen	22 min
Temps de séjour à débit maximal	11,5 min
vitesse d'ascension à débit moyen	8,71 m ³ /m ² .h

III.2.2.2.4. Concentrateur des graisses

Les huiles et les graisses sont, quant à elles, raclées puis stockées dans une fosse en béton (Concentrateur de graisses) pour séparer les huiles et l'eau. Les huiles sont pompées par des pompes immergées vers les lits de séchage et l'eau est évacuée gravitairement vers la station de relevage. (voir Tableau III.5)

Tableau III.5: Dimensions de concentrateur de graisses. [CIDA.201, 2000]

Paramètres	Dimensions
Longueur	4,24 m
Largeur	1m
Hauteur eau	1,16m
Volume eau	5m ³

III.2.2. 3. Relevage des eaux usées (station de pompage)

Les eaux prétraitées sont évacuées gravitairement vers la station de relevage des eaux usées, ou ils seront relevés au bassin d'aération. (voir Tableau III.6)

Tableau III.6: Dimensions station de relevage.[CIDA.206, 2000]

Paramètres	Dimensions
Hauteur totale	4 m
Longueur	3,42 m
Largeur	2,91 m
Hauteur eau	2,73 m
Volume eau	27 m ³



Figure III.7: La station de relevage (22/05/2012)

III.2.2. 3. Le traitement biologique

Le procédé de traitement est dit « à boues activées » car l'ensemble des conditions favorables à une activité maximale des bactéries est mis en œuvre : un apport en oxygène suffisant, une agitation permanente afin de favoriser le contact entre bactéries et pollution, une concentration élevée en bactéries pour augmenter l'efficacité du traitement.

La chaîne de traitement est composée d'un bioréacteur, d'un clarificateur et d'une boucle de recyclage des boues. Le traitement biologique est réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

III.2.2. 3.1. Le bassin d'aération

Le bassin d'aération est de forme circulaire métallique de 28,5 m de diamètre, sa surface est de 637,6 m², la hauteur d'eau prévue est de 3,6 m, [CIDA.203, 2000]



Figure III.8: Le bassin d'aération
(22/05/2012)



Figure III.9: Turbine d'aération
(18/05/2012)

Il est équipé de trois aérateurs de surface "turbine" à axe vertical, reposant sur une passerelle à béton et d'un oxymètre "sonde à oxygène". Cette dernière permet de mesurer en continu la teneur en oxygène du mélange eaux usées-boues et la régulation de la vitesse des aérateurs. La Concentration d'oxygène dans le bassin varie de 1 mg/l jusqu'à 5 mg/l, selon la saison. [SONATRACH, 98]

L'élimination de la pollution est assurée au niveau de la Station d'épuration des eaux polluées (STEP) dans ce bassin, grâce au maintien d'une concentration élevée de micro-organismes et d'une aération prolongée au moyen des trois aérateurs à deux vitesses assurant ainsi, la teneur satisfaisante en oxygène pour les bactéries. [SONATRACH, 98]

L'aérateur a pour rôle de renouveler l'oxygène aux bactéries et de provoquer une intense turbulence, qui permet d'une part, le maintien en suspension des boues activées et d'autre part de renforcer le contact intime de l'eau brute et des bactéries. [SONATRACH, 98]

Le temps de séjours, pour le débit moyen, est de 18h30 mn et pour le débit de pointe par temps sec, est de 10 h. Le rendement, pour le débit moyen, est de 95,7 % et pour le débit de pointe par temps sec, est de 92 %..(voir Tableau III.7)

Tableau III.7: Dimensions de Le bassin d'aération. [CIDA.203, 2000]

Paramètres	Dimensions
Diamètre	28,5 m
Hauteur totale	4 m
Longueur	3,42 m
Hauteur eau	3,605 m
Volume eau	2 300 m ³

III.2.2. 3.2. Le Clarification (décanteur secondaire)

Les performances de l'épuration biologique résultent de l'action d'aération et de clarification qui sur le plan technique, forme une seule unité. L'ouvrage de décantation secondaire est de forme circulaire métallique de 20,50 m de diamètre ; sa surface est de 330 m² et son volume de 977 m³ ; la hauteur d'eau prévue est de 2,96 m. [CIDA.204, 2000]

La liqueur mixte maintenue en suspension dans le bassin d'aération passe dans un bassin de clarification de forme circulaire pour y être clarifiée, l'alimentation se fait au moyen d'une conduite en siphon surmontée au centre du bassin, d'une jupe de réparation. [SONATRACH, 98]

Le floc se sépare de l'eau interstitielle et se dépose sur le radier de l'ouvrage de clarification, tandis que l'eau clarifiée est évacuée par surverse dans une rigole périphérique. [SONATRACH, 98]



Figure III.10 : Le bassin de clarification (22/05/2012)

L'ouvrage de décantation est équipé d'un pont racleur muni de fond ramenant les boues sédimentées sur le radier de l'ouvrage vers la fosse centrale à boues d'où ces dernières seront reprises par l'intermédiaire de tuyauterie vers la station de pompage et d'un racleur de surface pour l'élimination des flottants.(voir Tableau III.8)

Tableau III.8: Dimensions Le Clarification [SONATRACH, 98]

Paramètres	Dimensions
Diamètre	20,50 m
Hauteur	2,96 m
Surface	330 m ²
Volume	3900m ³
Les charges au débit moyen	0,37 m ³ /m ² /h
Les charges au débit de pointe	0,73 m ³ /m ² /h
Temps de séjours au débit moyen	4,8 heures
Temps de séjours au débit moyen	7,8 heures

III.2.2. 3.3. Poste de Recirculation et D'extraction des Boues

Les boues reprises au centre du décanteur sont transférées par gravité vers le poste de recirculation et d'extraction, pour être recirculées ou dirigées vers un traitement en fonction de la destination des boues produites.

- **Boues de Recirculation**

L'efficacité des procédés du traitement biologique par boue activée est basée sur une recirculation importante des boues, provenant de la décantation secondaire ; la concentration nécessaire en boue activée dans le bassin d'aération est assurée par deux groupes d'électropompes d'un débit de 125 m³ /h [CIDA.206, 2000].

Le recyclage des boues permet de maintenir une concentration de micro-organismes, nécessaire pour assurer le niveau d'épuration biologique, d'une part, et d'autre part d'éviter le colmatage des boues au niveau du bassin de décantation. [SONATRACH, 98]

- **Boues en Excès**

Les boues en excès sont extraites du poste de pompage avec une teneur en matière sèche de 8 g/l par une pompe d'un débit de 125 m³/h, soit un volume journalier de 96 m³/j, elles sont évacuées vers l'épaississeur. [SONATRACH, 98]



Figure III.11: Le Poste de Recirculation (14/05/2012)

III.2.2.4. La désinfection des eaux

L'eau clarifiée en provenance du bassin de clarification, alimente un bassin de contact rectangulaire permettant d'assurer un bon mélange de la solution désinfectante avec l'eau clarifiée. Ce bassin est dimensionné pour un temps de séjour qui assure une bonne efficacité de l'action du chlore actif.(voir Tableau III.9)



Figure III.12: Poste de désinfection (14/05/2012)

Tableau III.9: Dimensions Chloration, Bassin Stockage eaux épurées [CIDA.207, 2000]

Paramètres	Dimensions
Longueur	10,35 m
Largeur	3 m
Hauteur d'eau	2,2 m
Hauteur total	2,6 m
Temps de séjours débit moyen	28,51 min
Temps de séjours débit de point	14,85 min

III.2.2.5. Filière de Traitement des Boues :

Le traitement des boues permet de transformer la boue en un produit apte à être transporté ou séché sans nuisance pour l'environnement. L'opération de traitement des boues au niveau de la STEP sert à réduire le volume des matières à manipuler en enlevant une partie d'eau et à cet effet, les étapes de la filière de traitement des boues sont comme suit:

III.2.2.5.1. L'épaississement

L'épaississement des boues a pour but de les concentrer au maximum avant de les envoyer sur les lits de séchage. L'ouvrage se présente sous forme d'un cylindre à fond conique, en métal, à faible pente et de 5,5 m de diamètre, volume 91,71m³ [CIDA.205, 2000] et temps de séjour 23h. [SONATRACH, 98]

Le surnageant passe par surverse dans une goulotte périphérique d'où il est retourné en tête du poste de relevage, tandis que les boues épaisses sont ramenées par raclettes de fond dans une fosse centrale, d'où elles sont envoyées vers les lits de séchage.



Figure III.13 : Epaississeur (22/05/2012)

III.2.2.5.2. Séchage naturel

Les boues épaissies (concentration moyenne à l'extraction : 30 g/l) sont extraites de l'épaississeur et évacuées vers les lits de séchage où elles seront épandues pour y être déshydratées naturellement. Il existe 8 lits de séchage de surface unitaire de 160 m², de longueur 20m, de largeur 8m et d'une hauteur du lit de boues 0,40 m.

- Deux pour les sables et les graisses résultant du dessablage – déshuilage.
- Six pour les boues



Figure III.14: Lit de séchage (22/05/2012)

Les lits sont formés d'aires éliminées par murettes, constitués d'une couche de sable disposée sur une couche de gravier. [SONATRACH, 98]

Les conduites de drainage disposées sous la couche support recueillent les eaux d'égouttage pour ramener gravitairement vers le poste de relevage des eaux usées, la production annuelle des boues : 9361 m³/An. (voir Tableau III.10)

Tableau III.10: Dimensions de lit de séchage.[SONATRACH, 98]

Paramètres	Dimensions
Nombre totales de lits	08
Longueur d'un lit	20 m
Largeur d'un lit	8 m
Surface d'un lit	160 m ²
Surface totale des lits	1280 m ²
Hauteur du lit de boue	0,4 m
Durée de séchage des boues	20 jours
Nombre de rotation annuelle des lits	18
Production annuelle des boues	9361 m ³ /an

III.2.2.6. Réutilisation des eaux traitées



Figure III.15: L'irrigation des espaces verts
(13/05/2012)



Figure III.16: L'irrigation l'agriculture
(13/05/2012)

Après traitement, les eaux usées épurées sont utilisées pour l'irrigation agricole. Elle est utilisée aussi dans l'irrigation des espaces verts en conformité aux normes OMS et aux exigences nationales et cela moyennant une faible restriction pour les plantes ornementales à haute sensibilité saline. [Zeriri, 2007]

III.2.2.7. Gestion de l'exploitation

L'exploitation est assurée par l'entreprise ENGTP, filiale Groupe Sonatrach. Cette station est intégralement automatisée et bénéficie d'une technologie de supervision de pointe assurant sa surveillance 24/24h.

De nombreux appareils de mesure permettent un suivi constant des différentes phases de traitement qui sont sous la responsabilité permanente d'un personnel qualifié, apte à intervenir à tout signal de dysfonctionnement. Les différents rôles de chaque élément sont définis dans le tableau III.11 ci-après :



Figure III.17: La sale de comande (19/05/2012)

Tableau III.11: Personnel permanent chargé de l'exploitation, maintenance et entretien des installations hydrauliques et Moyen matériel

	DÉSIGNATION	Nombre d'agent
Encadrement	Superviseur exploitation et maintenance (Ingénieur)	1
Exploitation	Hydraulicien jour (travail posté)	2
	Hydraulicien nuit (travail posté)	2
	Instrumentiste jour (travail posté)	1
	Instrumentiste nuit (travail posté)	1
	Chauffeur VL	1
Maintenance et entretien des équipements	Technicien électromécanicien	2
Analyse chimique	Technicien Biochimiste ou chimiste	1
Hygiène et entretien	Agent d'hygiène	1
Evacuation des boues et entretien des fosses	Manœuvres	4

III.2.3. Qualité du traitement

Suite à l'exploitation des fiches des analyses, il apparaît que l'effluent arrivant dans la STEP est un effluent relativement peu chargé et illustré dans l'histogramme ci-après.

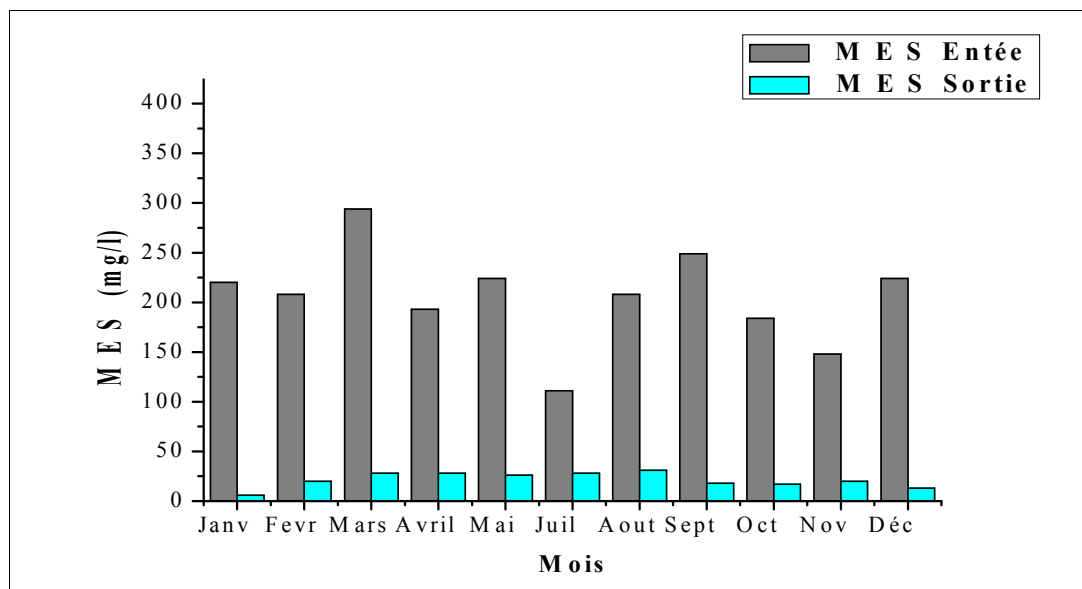


Figure III.18: Histogramme Moyennes mensuelles des analyses en MES 2011 (Rejet réceptionné par la STEP et l'eau épurée)

Les résultats de l'histogramme nous montrent que les eaux usées brutes reçues par la station d'épuration de Hassi R'mel sont en général chargées en MES à cause certainement des volumes importants d'eaux utilisées.

En effet, nous avons des concentrations moyennes mensuelles qui varient de 111 mg/l au mois de Juillet à 294 mg/l au mois de Mars pour une moyenne générale de 221 mg/l. Ces eaux usées se situent donc dans la gamme des concentrations habituellement obtenues pour ce type d'eaux usées qui est en dessous de 400 mg/l pour les MES.

On constate sur l'histogramme que la charge de ces eaux usées en MES a été plus faible au mois de Juillet où les débits d'eaux usées ont été plus importants. En ce qui concerne les eaux traitées, on note qu'elles sont faiblement chargées en MES avec des concentrations moyennes mensuelles qui vont de 06 mg/l au mois de Janvier à 31 mg/l au mois d'août avec une moyenne générale de 19 mg/l. Ces eaux traitées respectent donc la norme Algérienne de 35 mg/l pour les MES et ceci pour toute la période des analyses (année 2011). [STEP HS, 2012]

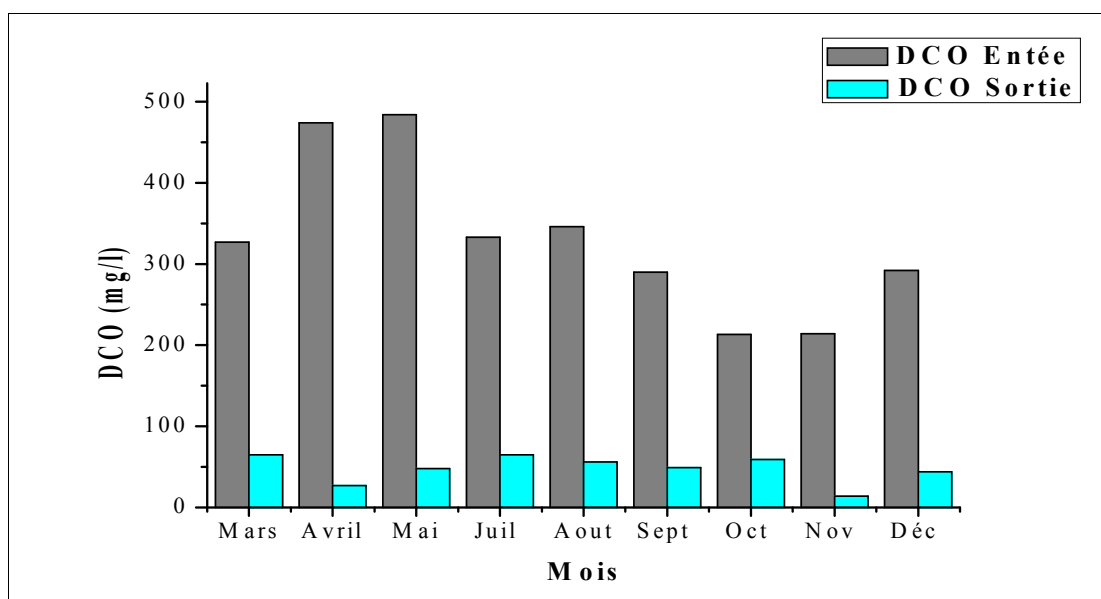


Figure III.18: Histogramme moyennes mensuelles des analyses en DCO . [STEP HS, 2012]

Pour ce qui est de la qualité des eaux usées reçues à l'entrée de la station, nous pouvons noter que celles-ci sont aussi chargées en DCO. En effet, des concentrations moyennes mensuelles minimale de 214 mg/l et maximale de 484 mg/l ont été obtenues. Ces valeurs se situent dans la gamme des moyennes habituelles qui sont en dessous de 1500 mg O₂/l.

En ce qui concerne les eaux traitées, nous pouvons noter que celles-ci sont moins chargées en matières organiques avec des moyennes mensuelles minimale de 14 mg/l et maximale de 65 mg/l pour une moyenne nette de 40 mg/l. Il apparaît que ces eaux respectent nettement la norme algérienne qui est de 90 mg/l.

III.3. Dysfonctionnements observés

III.3.1. Saturation de la STEP

Au niveau du canal de by-pass, l'excès d'eaux usées non traitées, dû à la surcharge de la STEP, est évacué directement vers le milieu naturel (bourbier) Figure III.19.

A l'état actuel ce canal est sollicité constamment du fait de l'importante quantité d'eau arrivant à la station. Ces eaux évacuées vers le bourbier, sans traitement, représentent un danger pour l'environnement.



Figure III.19 : Photo n°1,2 et 3: bourbier (20/05/2012)

• L'évolution des débits mensuels

Tableau III.12 montre l'évolution des débits moyens mensuels durant la période de Janvier 2011 à Décembre 2011, soit un débit moyen horaire de 143 m³/h . Nous constatons que la quantité totale des eaux usées domestiques n'est pas entièrement traitée car le débit moyen horaire dépasse 125 m³/h que prévoit le dimensionnement de l'ouvrage. La différence est rejetée vers le milieu naturel (bourbier) au niveau du by-pass de la STEP, illustrée par les photos ci-dessus.

Tableau III.12 : Eaux brutes mensuelles arrivées à la STEP durant l'année 2011

Mois	Débits moyen horaire	Volume m³
Janvier	157	113340
Février	119	85680
Mars	138	100020
Avril	140	101490
Mai	151	108840
Juin	141	102030
Juillet	131	95010
Août	137	99240
Septembre	127	91920
Octobre	161	116310
Novembre	157	113100
Décembre	154	110940
Moyenne	143	103160

III.3.2. Problème d'entretien

Toute STEP doit faire l'objet d'une surveillance attentive. L'entretien ne se limite pas seulement au nettoyage des installations, mais aussi au contrôle de la performance des appareils et de la qualité du traitement dans l'ensemble. L'absence d'un tel entretien a fait surgir plusieurs problèmes dont les plus importants sont: la boue flottante, la mousse et le bouchage de certaines conduites.

III.3.2.1. La boue flottante dans le clarificateur

Nous avons constaté, dans le clarificateur (fin Avril –début Mai), la présence de nombreux flottants comme représenté sur les photos de la Figure III.10. Dans les boues flottantes, on peut observer de nombreuses boules de graisse Figure III.11, allant jusqu'à environ 8 mm de diamètre. Les graisses sont insolubles dans l'eau à cause de leur non-polarité et moins dense que l'eau.

Ce phénomène est tout à fait anormal. En premier lieu, il faut certainement se demander quelle est la cause de la formation de ces boues flottantes. Trois hypothèses ont été émises notamment par les agents de la STEP.



Figure III.11: Bulle d'air
(02/04/2012)



Figure III.10: Boue flottante dans le clarificateur (02/04/2012)

➤ 1^{ère} hypothèse

Cet amas graisseux est dû à un défaut du dessableur-déshuileur. A la surface du dessableur-déshuileur, il existe une accumulation de graisses (Figure III.12) car il y a un défaut du balai de graisse au niveau du pont racleur de surface (Figure III.13). Cette graisse, à la longue, fermente et il y a un dégagement d'odeur d'œuf pourri. Cet état de fait peut être la cause de cette boue flottante.

Nous dirons que ce prétraitement est inefficace dû à un déshuileur qui fonctionne mal.

➤ 2^{ème} hypothèse

Les agents de la STEP ont remarqué que par un temps froid et beau, la quantité de boues flottantes s'amointrit (octobre-avril) alors que par un temps chaud (mai -septembre), les boues flottantes augmentent.



Figure III.12: L'amas de graisse
(27/05/2012)



Figure III.13: Pont racleur de surface
(27/05/2012)

➤ 3^{eme} hypothèse

Ces flottants ne semblaient pas être dus à une dénitrification sauvage, car les rendements d'élimination de l'azote étaient toujours bons. De plus, ce phénomène pourrait également être lié à la présence de micro-organismes filamenteux fins ($\text{Ø} < 1\mu\text{m}$) ou ramifiés et raides. Il semblerait que ce phénomène éphémère ne soit pas dû à la présence de bactéries filamenteuses. Des analyses que nous avons effectuées au laboratoire nous ont montré qu'il existe que des métazoaires (rotifère Figure III .14).

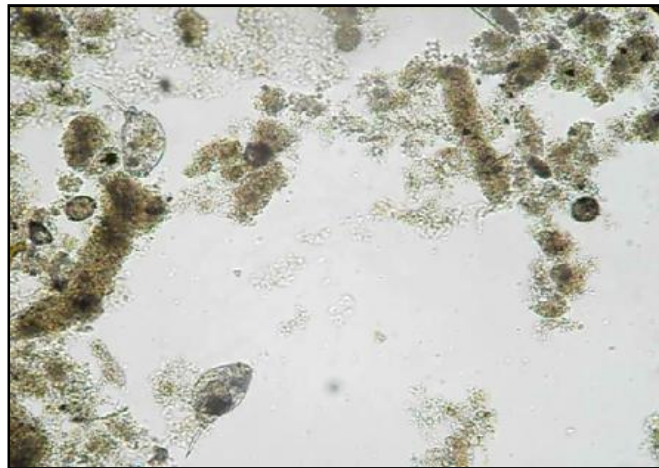


Figure III.14 : Vue au microscope (100X) dan le clarificateur (29/04/2012)

III.3.2.2. Bouchage des conduites

Le manque d'entretien des installations de la station est cause du bouchage de conduites (Figure III.15), notamment au niveau des lits de séchage. Nous constatons que le temps de séjour de déshydratation dans les lits de séchage est trop élevé voir 2 mois par rapport au temps de séjour initialement programmé (20 journées).



Figure III.15: Lit de séchage (29/05/2012)

III.3.3. Situation des équipements défectueux

Des équipements défectueux ont été observés durant notre stage et des solutions à réaliser ont été enregistrées à cet effet. Voir annexe VII (A-5)

III.4. Conclusion

La station d'épuration de Hassi R'mel est de type boues activées à faible charge (aération prolongée). Le traitement biologique est procédé par un prétraitement qui est le dégrillage et dessablage. Le poste de dégrillage comporte une grille mécanisée inclinée et autre by-pass à réglage manuel. La station comprend également un compartiment de dessablage et compartiment de déshuilage, un bassin d'aération équipée par trois turbines ainsi qu'un décanteur secondaire. Un poste de désinfection s'avère indispensable afin de détruire les germes pathogènes non éliminés au cours de traitement biologique.

La station de Hassi R'mel a été dimensionnée avec un débit moyen horaire égalant à $125 \text{ m}^3/\text{h}$ avec une capacité de 15000 hab.

L'étude de la station a été réalisée par CIDA (une société espagnole). Cette étude présente des erreurs car elle ne répond pas aux données statistiques relatives à la population réelle et ignore les nouveaux branchements d'assainissement (extension du réseau d'assainissement).

Actuellement, on peut remarquer un passage des eaux usées avec un débit important sur le by-pass de l'entrée dont une partie est traitée et l'autre est déversée vers le milieu naturel (bourbier) sans traitement; donc la station ne couvre pas la totalité des eaux usées de la ville afin de préserver l'environnement.

L'analyse du dysfonctionnement nous a permis de connaître les différents problèmes existants au niveau de la STEP à savoir l'incapacité de la station de couvrir la totalité des eaux usées de la ville de Hassi R'mel qui est le problème majeur de cette dernière quant à la protection de l'environnement. De ce constat et après avoir effectué la réparation des équipements défectueux de cette station nous allons opter à l'étude technico-économique de deux solutions à savoir l'extension de la station existante et la conception d'une nouvelle station dont une fera l'objet de notre choix afin de remédier à cet état de fait.

Chapitre IV :

Etude technico-économique

IV.1. Introduction

La station d'épuration existante au niveau de la ville de Hassi R'mel ne couvre pas la totalité des eaux usées rejetées et n'épure qu'une partie. Cet état de fait engendre un écoulement des eaux usées vers des milieux naturels (bourbier) et crée un climat malsain (odeur), au niveau de l'environnement et contamination des nappes phréatiques par infiltration au niveau du sol. Pour satisfaire les normes de rejets permettant de protéger l'environnement des nuisances causées par ce type d'eaux, notre étude portera sur deux solutions avec l'aboutissement d'un choix d'une entre elles. Les solutions dont il est question sont les suivantes :

- Extension de la STEP actuelle;
- La conception d'une nouvelle station (lagunage aérée).

Certaines mesures de réhabilitation doivent être prises en considération pour entamer les deux solutions. A l'issue du diagnostic structurel et fonctionnel des travaux sont à réaliser pour pallier aux différents problèmes dont souffre le réseau d'assainissement de la ville Hassi R'mel sont les suivants:

- Les travaux proposés pour le traitement des points noirs de la ville. Il s'agit des travaux de renouvellement des collecteurs existants et de raccordement des bases de vie dépourvues du réseau d'assainissement ;
- Les travaux d'augmentation de la capacité hydraulique des collecteurs ;
- Extension des stations de relevage existantes et réalisation d'une nouvelle station de relevage.

IV.2. Etude Technique de l'extension de la STEP

IV.2.1. Description des opérations

Un remplacement des différents équipements mécaniques défectueux de la STEP actuelle d'une capacité de 15000 EH a été effectuée lors de l'opération réfection ; ce qui est insuffisant pour traiter les eaux usées du secteur en cours d'urbanisation dont la capacité de la station sera portée à 45000 EH à l'horizon 2040 avec un volume journalier de 8640 m³. A cet effet :

- Considérons la réfection réalisée durant le mois de mai 2012 (stage) et qui a eu lieu sur les opérations suivantes voir tableau ci-après :

Tableau IV.1 : La réfection réalisée mois de mai 2012

Désignation	Opérations réalisées
bassin de régulation	<ul style="list-style-type: none"> • Vidange du bassin ; • Evacuation par grue et manœuvres des sables de fond du bassin; • Nettoyage des parois intérieurs du bassin et des équipements (04 agitateurs, 04 pompes centrifuges de fond) ; • L'estimation du volume des sables nettoyés est de 5 m³; • Raccordement du trop plein du bassin de régulation avec le by-pass général de la step ;
prétraitement	<ul style="list-style-type: none"> • Vidange de l'ouvrage de prétraitement ; • Nettoyage par brossage des parois intérieures ; • Rinçage des équipements (vannes, racleurs, dégrilleurs) ; • Réparation des fissures sur les tiges d'encrage
Station de relevage des eaux	<ul style="list-style-type: none"> • Vidange de la fosse ; • Nettoyage ; • Confection de pièces de conduites de refoulement des eaux brutes • Montage des pièces in-situ ; • Changement d'une pompe défectueuse.
lits de séchages des boues	<ul style="list-style-type: none"> • débroussaillage et rechargement, avec une couche de sable et de gravier, des lits de séchages des boues.
Station de pompage des boues	<ul style="list-style-type: none"> • remplacement d'une pompe défectueuse
bassin de chloration et du bassin de stockage des eaux	<ul style="list-style-type: none"> • Vidange du bassin de stockage ; • Vidange du bassin de chloration à l'aide d'un vide cave ; • Brossage et nettoyage des parois intérieures et évacuation par vide cave (absence de bride de curage). • Changement d'une pompe défectueuse.
bac de stockage 1000 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • Vidange totale du bac • Nettoyage intérieur du bac avec crusher • Démontage et montage du niveau à glace et installation des vannes d'isolement. • Vérification des alignements des pompes d'expédition • Modification sur le manifold d'aspiration vers le château d'eau • Extension du conduit de purge bac de stockage 1000 m³ • Installation de vannes d'isolement sur le manifold des pompes d'expédition vers le château d'eau

- Considérons, le tissu d'urbanisation de la ville de Hassi R'mel qui va s'agrandir en fonction du taux démographique d'ici l'horizon 2040, l'intervention, comme solution première, portera sur l'extension des ouvrages existants dont le résultat qui sera le suivant :

- Deux dégrilleurs (1 existant, 1 en extension);
 - Deux dessableurs /déshuileurs (1 existant, 1 en extension) ;
 - Deux réacteurs biologiques (1 existant, 1 en extension) ;
 - Deux clarificateurs (1 existant, 1 en extension);
 - Trois épaisseurs (1 existant + 2 en extension);
 - Vingt quatre lits de séchage (8 existant, 16 en extension);
- (Voir schéma en annexe)

IV.2.2. Paramètres de dimensionnement

L'installation a été calculée tant pour le traitement des eaux que pour le traitement des boues, pour la situation projetée qui est de 45 000 EH. L'origine de la pollution est essentiellement urbaine. Dans notre projet, la tranche existante est désignée par T₁ et la tranche proposée est désignée par T₂. Le tableau IV.2 récapitule les caractéristiques de la station d'épuration.

Tableau IV.2: caractéristiques de base pour les deux tranches

Caractéristiques	Unité	TOTAL*	T ₁	T ₂
Pollution totale journalière :				
DBO ₅	(Kg)	2430	810	1620
DCO	(Kg)	5400	1800	3600
MES	(Kg)	3150	1350	1800
NTK	(Kg)	315	105	210
Pt	(Kg)	135	75	60
Débits :				
Débit journalier	(m ³ /j)	8640	3000	5640
Débit moyen horaire (débit diurne)	(m ³ /h)	360	125	235
	(l/s)	100	35	65
Débit de pointe	(m ³ /h)	630	240	390
	(l/s)	175	67	110
Débit minimum (débit nocturne)	(m ³ /h)	160	80	80
	(l/s)	44	22	22
Germes pathogènes				
Coliformes fécaux (par 100 ml)	(N/100ml)	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07

*Voir annexe V (A-9) pour le calcul détaillé

Les hypothèses ayant servi de base aux estimations des débits et de la population sont les suivantes :

- Débit 200 litres par jour et par habitant ;
- DBO₅ 54 g par jour et par habitant ;
- DCO 120 g par jour et par habitant ;
- MES 70 g par jour et par habitant ;
- NTK 7 g par jour et par habitant ;
- P_t 3 g par jour et par habitant.

Etant donné que les eaux traitées sont des eaux domestiques, nous avons opté pour la répartition [Sadowski, 2006] suivante :

- période nocturne 22h-6h soit 8h
- période de pointe 6h-8h 11h-13h et 19h-21h soit 6h
- période diurne = reste de la journée soit 10h

Débit diurne (Q_{diurne}) = débit moyen (Q_{moy}) sur 10 h

Débit de pointe (Q_{ph}) sur 6h

$$Q_{nocturne} = \frac{Q_j - [6 \times Q_{ph} + 10 \times Q_{moy}]}{8} \quad (VI.1)$$

Le tableau IV.3 présente le débit maximal admissible à chaque étape de traitement.

Tableau IV.3: Débit maximal admissible

Etape de traitement		Débit	
		m ³ /h	l/s
En tête de station		630	175
Au prétraitement	Dégrillage et dessableur/déshuileur (existant)	240	67
	Dégrillage et dessableur/déshuileur (extension)	390	110
Au relevage		630	175
Au traitement biologique	T ₁	240	67
	T ₂	390	110

IV.2.3. Prétraitement

Le prétraitement comprend :

- Deux degriilleurs en parallèle
- Deux dessableurs /déshuileurs combinés en parallèle, avec extraction des sables par *air-lift*, mise en suspension des graisses par aérateur à fines bulles et racleur automatique.

IV.2.3.1. Dégrillage

Dans la situation actuelle le dégrillage existant, avec un débit de pointe horaire 240 m³/h, ne couvre pas la totalité des effluents qui est de 630 m³/h et dans le souci d'assurer un bon fonctionnement, il va falloir ajouter un deuxième dégrillage en parallèle à l'existant afin de traiter l'effluent dans les conditions normales de fonctionnement. Le dégrillage existant est dimensionné pour soutenir 38 % de la charge hydraulique maximale et le dégrillage ajouté sera dimensionné pour soutenir 62% de la charge hydraulique maximale (qui correspond à Q_{ph} en tête de station).

Le deuxième dégrillage sera doté d'une grille avec des écartements entre les barreaux de 15 mm avec un débit de pointe horaire 390 m³/h. Les Critères de dimensionnement du deuxième dégrillage sont présentés dans le tableau IV. 4.

Tableau IV.4: Critère de dimensionnement du deuxième dégrillage

Désignation	Unité	T ₂
Vitesse maximale de passage	m/s	< 1,2 m/s
Vitesse minimale de passage	m/s	>0,5 m/s
Garantie des vitesses de passage exigées pour un degré de colmatage de la grille	%	75
Vitesse d'écoulement dans les canaux d'approche et de sortie de la grille pour Q _{ph}	m/s	> 0,5
Résidus de dégrillage	l/hab/an	5

Choix du dimensionnement du deuxième dégrillage:

En partant avec une largeur du canal d'entrée choisie au préalable soit 0.5 m, d'une profondeur d'eau maximale à l'amont de la grille de 1,00 m, d'un écartement entre les barreaux de la grille de 15 mm et d'une largeur de barreaux de 10 mm, le résultat du dimensionnement du deuxième dégrillage est le suivant :

Tableau IV. 5 : Le résultat du dimensionnement du deuxième dégrillage

Désignation	Unité	T ₂ *
Type de grilles	-	Gradins
Ecartement des barreaux	mm	15
Largeur de la grille	m	1,10
Largeur d'un canal de la grille	m	1,10
Pente canal	%	1
Hauteur du canal	m	1
Hauteur d'eau max	m	0,49
Benne de 1 m ³ pour le stockage les déchets		1

* Voir annexe VI (A-10) pour le calcul détaillé

Remarque :

La largeur nécessaire pour le canal desservant d'une grille fine a été estimée selon la formule [COTE, 2008] suivante :

$$L = \frac{Q \times (s+e)}{(\eta \times h \times v) - s} \quad (\text{IV .2})$$

Avec :

- L** : Largeur de la grille ;
- Q** : Débit d'entrée ;
- e** : Ecartement entre les barreaux ;
- s** : Largeur de barreaux ;
- η** : Facteur de raclage ;
- h** : profondeur d'eau ;
- v** : vitesse.

Equipements

- 1 grille fine en acier inox 316 L, équipée d'un système automatique de nettoyage basé sur la différence de hauteur d'eau à l'amont et l'aval ;
- 2 vannes guillotines d'arrêt en acier inox 316L, en aval et amont de chaque grille ; 1,1 m x 0,2 m ;
- 1 système de convoyage des refus de dégrillages vers le container ;
- 1 container en acier galvanisé de 1 m³ pour le stockage et l'évacuation des déchets fins ;
- 1 dispositif de mesure de la hauteur d'eau à ultrason.

IV.2.3.2. By-pass de dégrilleur

Pour éviter l'apparition de problèmes hydrauliques dans le cas d'une défaillance prolongée d'une grille, il sera prévu de mettre en place en parallèle aux deux grilles un by-pass.

Il sera précédé 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 derniers, le niveau d'eau dans le canal va augmenter et il y aura un déversement sur le seuil.

Une vanne-seuil sera également installée en aval du canal by-pass, pour éviter les remontées d'eau dans le canal en fonctionnement normal :

- 1 vanne guillotine seuil en acier inox 316 L, en aval du canal by-pass ; 1,1 m x 0,2 m ;

IV.2.3. 3. Dessableur / déshuileur

La ville de Hassi r'mel se situe dans une région sableuse, ainsi il faut mettre en place un dessableur/déshuileur (voir Figure IV.1).

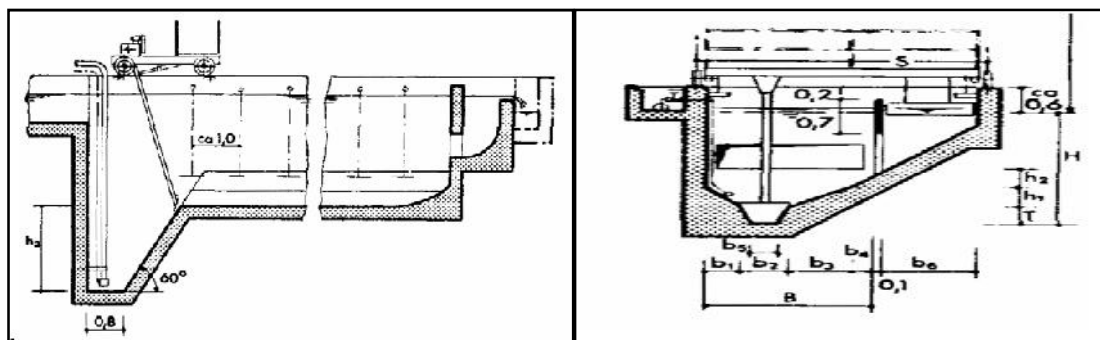


Figure IV.1. Sections du dessableur/déshuileur

Dans une optique de fiabilité, nous envisageons de mettre en place un dessableur/déshuileur en parallèle avec l'existant. Il sera situé directement en aval du nouveau dégrilleur et est précédé d'une vanne murale.

Le dessableur/déshuileur est relié au poste de relèvement existant par une conduite de DN 500 qui évacuera les eaux prétraitées.

Critères de dimensionnement

Les critères de dimensionnement du dessableur sont dans le Tableau IV. 6.

Tableau IV. 6 : Critères de dimensionnement de dessableur/déshuileur

Désignation	Unité	T ₂
Temps de séjour pour Q _{ph}	min	10
Temps de séjour pour Q _{moy}	min	15
Temps de séjour pour Q _{min}	min	20
Vitesse horizontale dans le dessableur avec Q _{ph}	m/s	0,04
Energie spécifique pour insufflation d'air	W/m ³	5
Sable retenu par le dessableur	l/EH/a	6

Charges de dimensionnement

Les charges de dimensionnement sont les même que celles des dégrilleurs.

Eléments techniques d'un dessableur/déshuileur

- Profondeur min. 2,5 m ;
- Largeur en surface / profondeur supérieur à 0,8 ;
- Déshuileur avec une inclinaison minimale de la paroi au-dessous du dégraisseur: angle d'inclinaison de 40°C ;
- Suppresseurs d'air ;
- Les tuyaux d'aération seront installés de façon à éviter l'entortillement de la fillasse et l'accumulation des matières décantées autour d'eux ;
- Insufflation d'air sous forme de bulles moyennes à travers de petits trous forés (diamètre 2 mm) dans l'aérateur ;
- 1 pont racleur ;
- Pompe à sable.

Solution choisie

Les caractéristiques des dessableurs/déshuileurs sont désignées dans Tableau IV.7.

Tableau IV.7 : Dimensions choisies des dessableurs/déshuileurs

Désignation	Unité	T ₁	T ₂ *
Dessableur			
Nombre	-	1	1
Longueur	m	7	11
Largeur	m	1,4	2,06
Profondeur	m	3,61	2,5
Angle de fond tronc pyramidal		50	40
Déshuileur			
Longueur L	m	6,48	10,5
Largeur B	m	0,64	0,5
Volume total	m ³	45,8	65,45
Conteneurs pour sable			
Conteneur pour sable, capacité: 1 m ³	-	1	1
Conteneur pour graisses, capacité: 1 m ³ , avec vidange de fond pour soutirer l'eau		1	1
Aération			
Capacité par suppresseur	Nm ³ /mn		1,6

*Voir annexe VI (A-12) pour le calcul détaillé

Pour l'inspection et la maintenance, l'ensemble des pompes pourront être extraites du bassin. Les appareils de couplage et de commande sont à installer dans une armoire électrique sur le pont du dessableur.

L'alimentation électrique du pont racleur sera assurée par un tambour à câble à moteur avec bague collectrice. Le câble de remorque déroulé est à déposer sur une pose câble. La course du pont racleur est à limiter par des commutateurs magnétiques. Des tampons d'amortissement sont également à prévoir comme protection supplémentaire.

L'équipement électrique complet et de commande seront installés sur le pont racleur dans une armoire électrique. Le fonctionnement de l'ouvrage pourra se faire en mode automatique ou manuel.

Les supprimeurs d'air seront installés dans un bâtiment annexe à proximité du dessableur. Ce bâtiment devra être équipé d'un système d'aération forcé qui permet de maintenir une température adéquate au bon fonctionnement des installations.

Equipements

- 1 pont racleur (matériaux : acier inox 316 L), $V_{\text{raclage}} = 3 \text{ cm/s}$, de longueur égale à 11 m ;
- 1 racleur de matière flottante fixé sur le pont racleur ;
- 1 racleur de sable fixé sur le pont racleur ;
- 1+1 containers de 1 m^3 pour le stockage et l'évacuation des sables (matériaux : acier galvanisé) ;
- 1 container de 1 m^3 pour le stockage et l'évacuation des graisses (avec dispositif de vidange de fond pour soutirer l'eau), (matériaux : acier galvanisé) ;
- 1 pompe à sable (débit $1 \text{ m}^3/\text{h}$, HMT 3 m) ;
- 1 supprimeur d'air de type piston rotatif à commutation de polarité, de capacité de $1,6 \text{ Nm}^3/\text{mn}$, et de pression différentielle de 300 mbar.
- Ventilateur pour poste de soufflerie ;
- Classificateur (matériaux acier inox 316 L), capacité $2 \text{ m}^3/\text{h}$;
- 1 vanne murale pour l'entrée (matériau : acier inox 316 L) ; 1 m x 1 m ;
- 1 vanne murale pour la sortie (matériau : acier inox 316 L) ; 1 m x 1 m ;
- 1 vannes guillotines en entrée des conduites dirigées vers le poste de relèvement, (matériau : acier inox 316 L) ; DN 500.

IV.2.4. Poste de relèvement

Le débit de pointe des effluents à relever est de 630 m³/h. Ces effluents se déversent dans le poste de pompage après le passage sur le prétraitement permettant d'assurer la protection des pompes contre les gros déchets.

Il faut prévoir la mise en place des groupes motopompes marque Flyght : quatre pompes immergées type CP de 210 m³/h permettant de relever le débit de pointe. Dans ce cas, il y aura une pompe de 210 m³/h en secours.

Un partiteur de débit sera installé entre le poste de relèvement et les deux bassins d'aérations

IV.2.5. Bassin d'aération

Le bassin d'aération existant est de forme circulaire, relié par un conduit au clarificateur existant et équipé de trois aérateurs à axe horizontal.

Pour la nouvelle tranche (T₂) le dimensionnement du réacteur biologique se fera sur la base d'une stabilisation à faible charge (aération prolongée). En appliquant ce procédé de traitement les boues seront stabilisées aérobiquement dans les bassins d'aération.

Le nouveau bassin d'aération sera dimensionné pour une charge moyenne polluante de 1620kg DBO₅/j. Pour aboutir à une stabilisation aérobie des boues, il faut avoir des boues d'un âge élevé et une charge massique faible (< 0,07 kg DBO₅/(kg MS*j)). Les temps de séjour prolongés font que dans les bassins d'activation, la concentration en substrats disponibles devient extrêmement faible. Cela entraîne les micro-organismes à une respiration endogène, c'est-à-dire à une auto-oxydation de leur masse cellulaire. Les quantités de boues ainsi produites sont donc relativement faibles, et la boue se stabilise. On distingue différentes approches pour le dimensionnement d'une stabilisation aérobie des boues.

Nous allons prendre dans notre dimensionnement le procédé selon [ATV-DVWK A 131,2000] dans lequel l'aération prolongée requiert un âge des boues d'au moins 20 jours.

Le calcul du volume des bassins d'aération à partir de l'âge de la boue s'effectue ainsi :

$$V_{\text{tot}} = \frac{\text{Age de la boue} \times \text{VBE}}{\text{MS}_{\text{BA}}} \quad (\text{IV.3})$$

Avec :

VBE : Volume/Débit boues en excès [m³/j]

MS_{BA} : Matière solide dans le bassin d'aération [kg MS/m³]

Pour le calcul de VBE et de MS_{BA} voir les paragraphes "Clarificateur" et "Quantités des boues" suivants.

La charge en MS dans le bassin d'aération à une valeur comprise entre 4,0 et 5,0 kg MS/m³. On adoptera pour les calculs qui suivent une valeur de 4,5 kg MS/m³.

Le volume total des bassins d'aération en système d'aération prolongée est environ 5400 m³. La solution choisie est présentée dans les tableaux IV. 8, IV. 9 suivants :

Tableau IV.8 : Dimensions des bassins d'aération

Paramètres	Unité	T ₁	T ₂ *
Longueur L	m	/	60
Largeur B	m	/	22,5
Diamètre D	m	28,50	/
Profondeur P	m	3,6	4
Volume	m ³	2295	5400

*Voir annexe VI (A-14) pour le calcul détaillé

Tableau IV.9 : caractéristiques de fonctionnements du bassin d'aération

Paramètres	Unité	T ₁	T ₂ *
DBO ₅ entrante	Kg/jour	810	1620
Volume du bassin d'aération	m ³	2295	5400
Production journalière de boue	Kg/jour	769,4	1215
Age des boues à 13°C	Jour	10,5	20
temps de séjour débit moyen	h	18,5	22,8
temps de séjour débit pointe	h	9,6	13,68
rendement débit moyen	%	95,7	96,4
rendement débit pointe	%	92,1	92,3

*Voir annexe VI (A-14) pour le calcul détaillé

Aération

Une aération de surface est recommandée en raison de la simplicité de sa technique. Pour déterminer la puissance à installer nous allons prendre le besoin spécifique en oxygène de 3,0 kg O₂/kg DBO₅, et la capacité d'oxygénation des aérateurs de surface de 1,5 kg O₂/kWh [ATV-A 126E, 1993].

La puissance à installer est présentée dans le Tableau IV.10.

Tableau IV.10 : caractéristiques des aérateurs

Paramètres	Unité	T ₁	T ₂ *
Besoin L'oxygène	kg O ₂ /h	115,96	203
Puissance installée	kW	105	135
Puissance d'un moteur	kW	35	45
Nombre d'aérateurs choisis	-	3	3
Puissance de brassage	W/m ³	45	25

*Voir annexe VI (A-15) pour le calcul détaillé

Equipements

- Aérateur de surface de 45 kw avec moto- réducteur ;
- Sondes de mesure d'O₂ complet y compris socle, coffret et raccordement ;
- Coffrets électriques Complet y compris raccords.

IV.2.6. Le clarificateur

Le clarificateur existant est alimenté à partir d'un déversoir de reprise, largement dimensionné pour éviter les variations du plan d'eau.

Le clarificateur de la tranche T₂ est conçu de la même manière que l'existant. Il remplit la fonction de séparation des boues activées et de l'effluent traité, avec recirculation des boues épaissies vers le bassin d'aération afin d'assurer une teneur en MS constante dans le réacteur biologique ($MS_{BA} = 4,5 \text{ kg/m}^3$).

Les critères de dimensionnement décisifs pour le clarificateur sont les suivants :

- Indice de boue, $I_{VB} : 100 \text{ ml/g}$
- Temps de concentration, $t_c : 2 \text{ h}$
- Volume de charge de boues : $450 \text{ l/(m}^2 \cdot \text{h)}$
- Coefficient de pertes du racleur, $c_R : 0,7$
- Teneur en matières sèches au fond du bassin, $MS_{FB} = 1000/I_{VB} * t_c^{1/3}$
- Teneur en matières sèches de boues de retour, $MS_{BR} = c_R * MS_{FB}$
- Taux de recirculation pour les boues en retour, $R = MS_{BA} / (MS_{BR} - MS_{BA})$

Les exigences à remplir sont les suivantes:

- Surface de bassin $S > 390 \text{ m}^2$;
- Taux de recirculation $R > 1,04$;
- Boues de retour $> 400 \text{ m}^3/\text{h}$.

L'ensemble de clarificateur projeté est dimensionné pour le débit maximal $Q_{\max} = 390$ m³/h pour T2. Les dimensions et les caractéristiques du clarificateur sont présentées dans le tableau IV.11, IV.12 suivant.

Tableau IV.11 : Dimensions du clarificateur

Paramètres	Unité	T ₁	T ₂ *
Diamètre zone d'entrée d ₂	m	2,4	3,6
Diamètre bassin d ₁	m	20,5	22,5
Profondeur en périphérie P ₂	m	3,36	3,5
Profondeur au centre P ₁	m	4,94	4,6
Inclinaison du fond du bassin	%	10	5
Surface	m ²	330	397
Volume	m ³	977	1650

*Voir annexe VI (A-16) pour le calcul détaillé

Tableau IV.12 : Les caractéristiques de fonctionnement des clarificateurs

Débits caractéristiques	T ₁		T ₂ *	
	Temps de rétention (h)	Vitesse ascensionnelle (m/h)	Temps de rétention (h)	Vitesse ascensionnelle (m/h)
Débit moyen sur 24h	7,8	0,37	6,9	0,59
Débit de point	4,8	0,73	4,1	0,98

*Voir annexe VI (A-17) pour le calcul détaillé

IV.2.7. Traitement des boues

Les différents écoulements de boues sont illustrés dans le schéma ci-dessous.

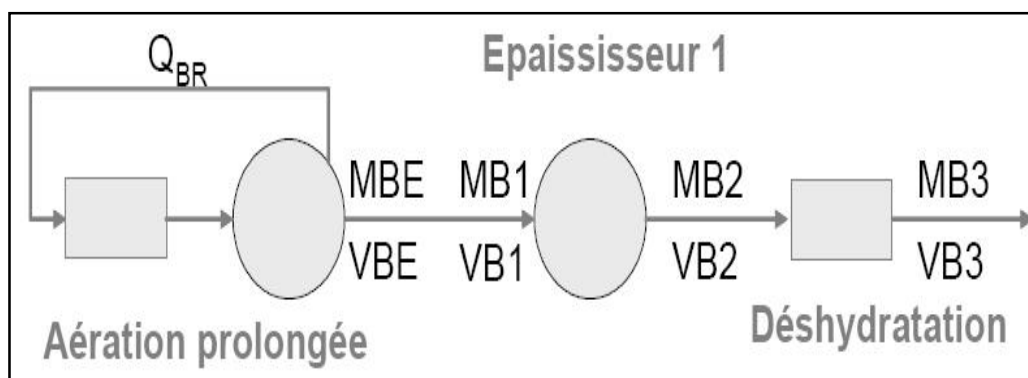


Figure IV.2 : Traitement des boues, volumes et débits de boues

- Q_{BR} : Débit boues en retour [m³/h]
 $V_{BE, BP}$: Volume/Débit boues en excès, [m³/j]
 $M_{BE, BP}$: Masse boues en excès, [kg MS/j]
 M_{B1-n} : Masse des boues [kg MS/j]

VB1-n : Volume/Débit des boues [m³/j]

IV.2.7.1. Quantités de boues

En fonction de la charge organique en entrée de station d'épuration, les quantités de boue obtenues dans le traitement sont présentées dans le tableau IV.13 suivant.

Tableau IV.13 : Quantité de boue obtenue par le traitement

boue obtenue	T ₁		T ₂ *	
	Masse MS (Kg/j)	Volume (m ³ /j)	Masse MS (Kg/j)	Volume (m ³ /j)
B1 boue en excès	769,4	96	1215	135
B2 sortie épaisseur 1	769,4	25,7	1215	91
B3 boue sèche	769,4	4,5	1215	7,8

IV.2.7.2. Epaisseurs pour les boues brutes

L'épaisseur existant ne couvre pas la totalité des boues en excès et il va falloir ajouter deux autres épaisseurs (T₂)

La fonction des épaisseurs est de réduire le volume de la boue et de diminuer la charge des traitements.

L'épaisseur est pourvu d'un agitateur à entrainement central, à rotation lente. Le transport des boues déposées, vers la trémie collectrice, est assuré au moyen d'une herse en acier. Le temps de séjour des boues brutes est supérieur à 3 jours.

La mise en place des nouveaux épaisseurs de forme circulaire conique dont les dimensions choisies sont présentées dans le tableau IV.14 ci-après :

Tableau IV.14 : Les dimensions choisies pour les épaisseurs des boues brutes

Dimensions choisies	Unité	T ₁	T ₂ *
Nombre	-	1	2
Diamètre	m	5,5	9,5
Profondeur	m	3,8	2,9
Surface unitaire	m ²	23,75	71
Volume unitaire	m ³	91,71	205

* Voir annexe VI (A-18) pour le calcul détaillé

IV.2.7.3. Déshydratation

La déshydratation des boues sera réalisée par la technique de séchage sur lit. Le temps de séjour des boues sur les lits de séchage a été choisi à 21 jours. Compte tenu des quantités de boues produites, il est nécessaire de prévoir une surface de séchage de 4900 m² pour la tranche T₂. Les dimensions choisies pour les lits de séchage sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.15 : Les dimensions choisies pour les lits de séchage

Dimensions choisies	Unité	T ₁	T ₂ *
Nombre	-	08	16
Longueur	m	20	34
Largueur	m	8	9
Profondeur	m ²	0,4	0,4
Surface unitaire	m ²	160	306
Volume unitaire	m ³	64	122

* Voir annexe VI (A-19) pour le calcul détaillé

IV.2.8. Stations de pompage des boues en retour et en excès

Nous admettons un taux de recirculation global de 100 % du débit de pointe .Pour la tranche existante (T₁) la recirculation des boues est assurée par deux pompes de surface de 125 m³/h, pour un temps de fonctionnement 24h/24,dont une de secours pour la recirculation .pour la nouvelle tranche T₂ le même nombre de pompes sera installé avec un débit 200 m³/h par pompe.

Tableau IV.16: Recirculation des boues

Paramètres	T ₁	T ₂ *
Débit de pointe	240	390
Débit de recirculation	250	400

* Voir annexe VI (A-16) pour le calcul détaillé

IV.2.9. Désinfection

Le volume de bassin existants est de 60 m³, avec un temps de séjour 6 minutes en débit de pointe (630m³/h).

Désinfection à l'eau de Javel

Le débit journalier à traiter est de 8640 m³/jour. L'apport de chlore naissant à raison de 8 g/m³ : $8\text{ g} \times 8640\text{ m}^3/\text{jour} = 69,12\text{ kg de chlore/jour}$.

Nota : 1 litre d'eau de javel à 47° chlorométrique contient $47 \times 3,17 = 149$ g de chlore actif, soit environ 150 g/l (environ 15% de concentration de chlore libre) [FNDAE.N°2 ,1986].

La consommation journalière d'eau de javel à 47° = $\frac{69,12 \times 1000}{150} = 460.8$ d'eau de javel par jour.

Le débit moyen de la pompe doseuse sera de : $8 \text{ g/m}^3 \times 630 \text{ m}^3/\text{h} = 5040 \text{ g/h}$ ou 5040 g/h dosé à 150 g/l.

Débit de pompe doseuse : 33.6 l d'eau de Javel l/h

Deux pompes doseuses électromagnétiques existantes débitent au maximum 44 l/h. C'est largement suffisant et la situation restera telle qu'elle.

IV.3. Etude Technique de la Conception d'une nouvelle STEP (lagune aérée)

L'objet de cette étape est d'étudier la seconde solution pour la conception d'une nouvelle station d'épuration (lagune aérée).

IV.3.1. Choix du site d'implantation de la station

Le choix du site d'implantation de la station d'épuration projetée sera effectué dans le cadre des études futures du programme d'assainissement de la ville. Les critères de ce choix seront portés notamment sur :

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

- La proximité des zones potentielles de réutilisation permettant d'optimiser l'effort technique pour l'alimentation des périmètres d'irrigation par les eaux épurées ;
- L'impact sur l'environnement (les sols et les nappes phréatiques),
- Aspects de caractère socio-économique (espace de loisirs, parcours sanitaires, etc.)

Pour notre cas le site a été choisi à l'est/ouest de la ville Hassi R'mel en aval de la STEP existante et en amont du bourbier comme cela est indiquée sur la figure IV.1

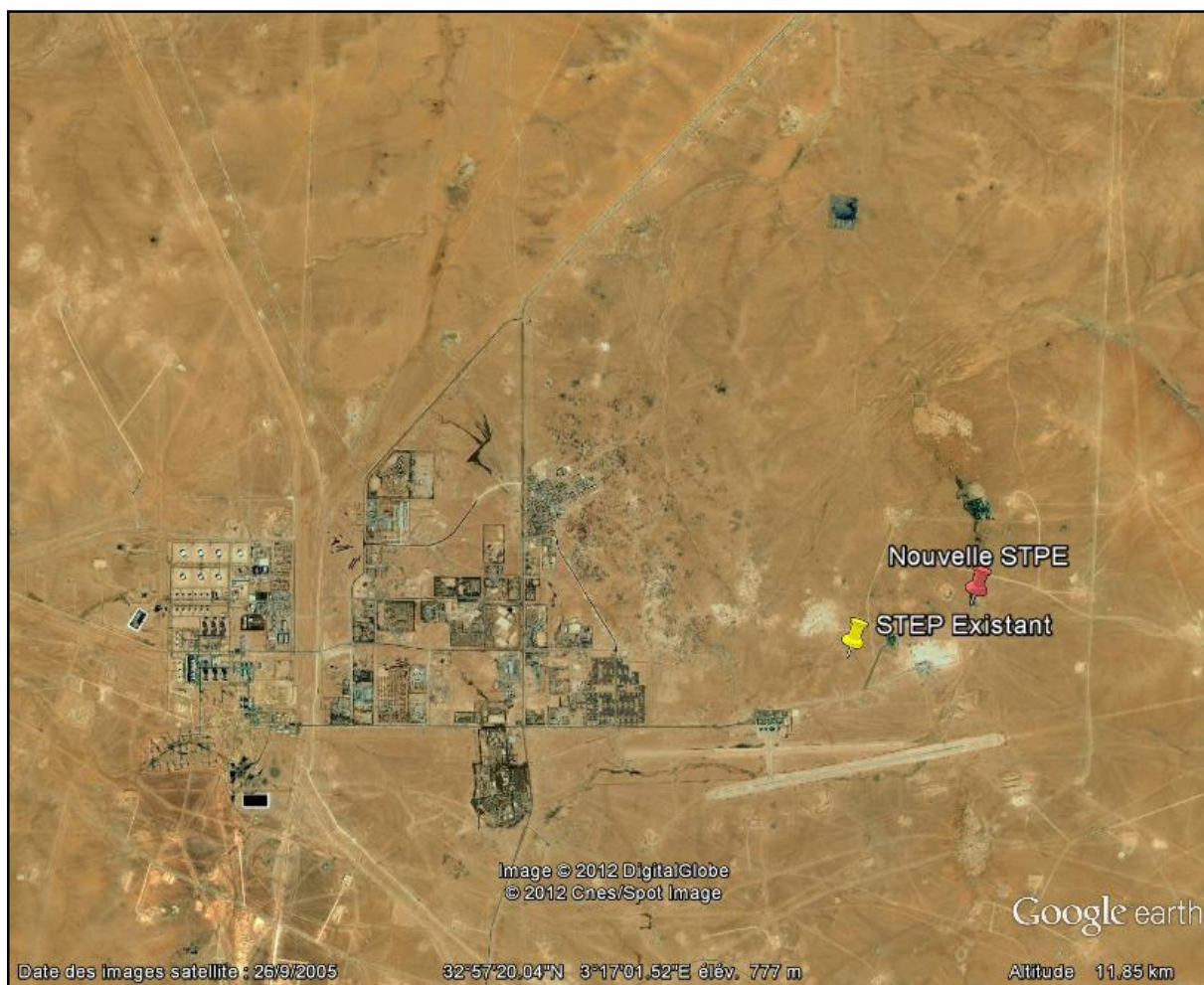


Figure IV.3 : Le site proposé de la nouvelle STEP (source : Google Earth)

IV.3.2. Description de la lagune aérée

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène.

Dans l'étage d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments. Le principe de base est le même que celui des boues activées avec une densité de bactéries faibles et l'absence de recirculation. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. La consommation électrique de chacun de ces deux procédés est similaire à celle d'une boue activée.

Dans l'étage de décantation, assuré principalement par une ou quatre simples lagunes, les matières en suspensions (amas de micro organismes et de particules piégées) s'agglomèrent lentement sous forme de boues. Ces dernières doivent être régulièrement extraites. Le curage est facilité en présence de deux bassins qu'il est possible de by-passer séparément.

IV.3.3. Dimensionnement et calcul des ouvrages de la STEP

La présente étape sera consacrée pour le dimensionnement de différents ouvrages que comporte une station de traitement en débutant par le dégrilleur, le dessableur /déshuileur et les lagunes aérées en arrivant à l'étage de décantation et enfin au bassin de maturation. Elle est aussi dotée de lits de séchage de boues.

La réalisation de la station d'épuration est programmée pour horizon 2040.

IV.3.3.1. Paramètres de dimensionnement

Les paramètres de base pour le dimensionnement de la nouvelle station d'épuration de la ville de Hassi R'mel sont Récapitulées dans Tableau IV.17Suivant :

Tableau IV.17: Paramètres de dimensionnement de la STEP

Paramètres	Unité	Horizon 2040*
Charge hydraulique :		
Débit moyen journalier	m ³ /j	8700
Débit de pointe horaire	m ³ /h	630
Débit diurne horaire	m ³ /h	360
Débit nocturne horaire	m ³ /h	158
Charge polluante :		
DBO ₅	kg/j	2430
DCO	kg/j	5400
MES	kg/j	3150
NTK	kg/j	315
P _{tot}	kg/j	135
Concentrations :		
DBO ₅	mg/l	280
DCO	mg/l	620
MES	mg/l	362
NTK	mg/l	36
P _{tot}	mg/l	15
Germes pathogènes		
Coliformes fécaux (par 100 ml)	N/100ml	1,00E+07

* Voir annexe V (A-9) pour le calcul détaillé

Remarque :

La production spécifique d'eaux usées d'un habitant dépend de la taille de la ville et en conséquence du niveau de vie. La consommation spécifique moyenne choisie à Hassi R'mel en fonction des normes européennes qui est de 200 l/jr/ hab.

Les charges spécifiques moyennes :

DBO₅ : 54 g / j/hab ;

DCO : 120 g / j/hab ;

MES : 70 g / j/hab ;

NTK : 7 g / j/hab ;

Ptot : 3 g / j/hab .

IV.3.3.2. Prétraitement

IV.3.3.2.1. Dégrillage

Dans le souci d'assurer un fonctionnement qui comporte le moins de problèmes possibles, il est prévu de répartir l'effluent à traiter dans les conditions normales de fonctionnement sur deux voies différentes.

Ceci permettra en cas de travaux de révision sur l'une des grilles, un certain dégrillage des eaux usées arrivant à la station d'épuration grâce à la présence de la deuxième grille. Les deux grilles seront chacune dimensionnées pour soutenir 50 % de la charge hydraulique maximale (qui correspond au à Q_{ph})

L'écartement entre les barreaux des grilles fines se situe généralement entre 5 mm et 20 mm, plus ces écartements sont petits, plus s'accroît le volume de matières retenues. Ainsi, la mise en place de grilles trop fines rend le système plus sensible aux défaillances mécaniques provoquées par le coincement de matières solides. Aussi nous recommandons une grille avec des écartements entre les barreaux de 15 mm.

Charges de dimensionnement

Tableau IV.18 : Charges de dimensionnement des dégrilleurs

Désignation	Unité	Projet*
Débit de pointe horaire par grille	m ³ /h	630

*Voir annexe V (A-9) pour le calcul détaillé

Critères de dimensionnement

Tableau IV.19 : Critère de dimensionnement des dégrilleurs

Désignation	Unité	Projet
Nombre de grilles	-	2
Vitesse maximale de passage	m/s	< 1,2 m/s
Vitesse minimale de passage	m/s	>0,5 m/s
Garantie des vitesses de passage exigées pour un degré de colmatage de la grille	%	25
Vitesse d'écoulement dans les canaux d'approche et de sortie de la grille pour Q_{ph}	m/s	> 0,5
Résidus de dégrillage	l/hab/an	5

Résultat du dimensionnement

En partant d'une profondeur d'eau maximale a l'amont de la grille de 1,0 m, d'un écartement entre les barreaux de la grille de 15 mm et d'une largeur de barreaux de 10 mm, la largeur nécessaire pour le canal desservant une grille fine peut être estimée selon la formule [COTE, 2008] suivante :

$$L = \frac{Q \times (s+e)}{(\eta \times h \times v) - s} \quad (IV.4)$$

Avec :

- L : Largeur de grille ;
- Q : Débit ;
- e : Ecartement entre les barreaux ;
- s : Largeur de barreaux ;
- η : Facteur de raclage ;

h : profondeur d'eau ;
v : vitesse.

Tableau IV.20 : Résultat du dimensionnement des dégrilleurs

Désignation	Unité	Projet*
Largeur du canal d'entrée	m	0,4
Largeur de la grille	m	0,9
Volume max. des résidus de dégrillage	m ³ /a	225
	m ³ /j	0,61

*Voir annexe VI (A-20) pour le calcul détaillé

Tableau IV.21 : Dimensions choisies des dégrilleurs

Désignation	Unité	Projet*
Nombre	-	2
Type de grilles	-	Gradins
Ecartement des barreaux	mm	15
Largeur de grille	m	0,9
Largeur d'un canal	m	0,9
Pente canal	%	1
Hauteur du canal	m	1
Hauteur d'eau max	m	0,38
Benne de 2 m ³ pour le stockage les déchets		1 + 1

*Voir annexe VI (A-20) pour le calcul détaillé

Equipements

- 2 grilles fines en acier inox 316L, équipées d'un système automatique de nettoyage basé sur la différence de hauteur d'eau à l'amont et l'aval ;
- 4 vannes guillotines d'arrêt en acier inox 316L, en aval et amont de chaque grille ; 0,9 m x 0,2 m ;
- 1 vanne guillotine seuil en acier inox 316 L, en aval du canal by-pass ; 1,1 m x 0,2 m ;
- 1 système de convoyage des refus de dégrillages vers le container ;
- 2 containers en acier galvanisé de 2 m³ pour le stockage et l'évacuation des déchets fins ;
- 2 dispositifs de mesure de la hauteur d'eau à ultrason.

IV.3.3.2.2. By-pass des dégrilleurs

Pour éviter l'apparition de problèmes hydrauliques dans le cas d'une défaillance prolongée d'une grille, il sera prévu de mettre en place en parallèle aux deux grilles un by-pass.

Il sera précédé 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 derniers, le niveau d'eau dans le canal va augmenter et il y aura un déversement sur le seuil.

Une vanne-seuil sera également installée en aval du canal by-pass, pour éviter les remontées d'eau dans le canal en fonctionnement normal.

IV.3.3.2.3. Dessableur / déshuileur

La ville hassi r'mel se situe dans une région sableuse, ainsi il faut mettre en place un dessableur/déshuileur.

Dans une optique de fiabilité, nous envisageons de mettre en place deux dessableur/déshuileurs en parallèles. Ils seront situés directement en aval des dégrilleurs et sont précédés de vannes murales.

Le dessableur/déshuileur comporte un ouvrage de sortie, également compartimenté en deux. Une vanne murale sera installée sur la cloison mitoyenne. Dans chaque compartiment, une conduite de DN 500 évacuera les eaux prétraitées en direction d'une lagune aérée. Chaque bassin pourra être isolé grâce à l'installation d'une vanne murale en amont des conduites.

Critères de dimensionnement

Les critères de dimensionnement des dessableurs sont disponibles dans le Tableau IV.20.

Tableau IV.22: Critères de dimensionnement des dessableurs/déshuileurs

Désignation	Unité	Projet*
Temps de séjour pour Q_{ph}	min	10
Temps de séjour pour Q_{moy}	min	15
Temps de séjour pour Q_{min}	min	20
Vitesse horizontale dans le dessableur avec Q_{ph}	m/s	0,1
Energie spécifique pour insufflation d'air	W/m ³	5
Sable retenu par le dessableur	l/EH/a	6

Charges de dimensionnement

Les charges de dimensionnement sont les même que celles des dégrilleurs.

Eléments techniques d'un dessableur/déshuileur

- Profondeur min. 2,0 m
- Largeur en surface / profondeur supérieur 0,8
- Cloison siphonide entre dessableur et dégraisseur, avec des barreaux de 10 cm de largeur, écartement 5 cm

- Déshuileur avec une inclinaison minimale de la paroi au-dessous du dégraisseur: 1,5 :1
- Suppresseurs d'air
- Les tuyaux d'aération seront installés de façon à éviter l'entortillement de la fil-lasse et l'accumulation des matières décantées autour d'eux
- Insufflation d'air sous forme de bulles moyennes à travers de petits trous forés (diamètre 2 mm) dans les aérateurs
- 2 ponts racleur jumelés
- Pompes à sable

Solution choisie

Les caractéristiques des dessableurs sont disponibles dans le tableau IV.21.

Tableau IV.23 : Dimensions choisies des dessableurs /déshuileurs

Désignation	Unité	Projet*
Dessableur		
Nombre	-	2
Longueur	m	9
Largeur	m	2,7
Profondeur	m	2,4
Volume du dessableur	m ³	54
Déshuileur		
Longueur L	m	8,5
Largeur B	m	0,5
Conteneurs pour sable	-	
Conteneur pour sable, capacité: 1 m ³	-	1
Conteneur pour graisses, capacité: 1 m ³ , avec vidange de fond pour soutirer l'eau		1
Aération		
On a choisi 2 soufflantes à piston rotatif à commutation de polarité dont les caractéristiques sont les suivantes		
Capacité par suppresseur	Nm ³ /mn	1,6
Pression différentielle	mbars	

*Voir annexe VI (A-22) pour le calcul détaillé

Pour l'inspection et la maintenance, l'ensemble des pompes pourront être extraites du bassin. Les appareils de couplage et de commande sont à installer dans une armoire électrique sur le pont du dessableur.

L'alimentation électrique du pont racleur sera assurée par un tambour à câble à moteur avec bague collectrice. Le câble de remorque déroulé est à déposer sur une pose câble.

La course du pont racleur est à limiter par des commutateurs magnétiques. Des tampons d'amortissement sont également à prévoir comme protection supplémentaire.

L'équipement électrique complet et de commande seront installés sur le pont racleur dans une armoire électrique. Le fonctionnement de l'ouvrage pourra se faire en mode automatique ou manuel.

Les suppresseurs d'air seront installés dans un bâtiment annexe à proximité du dessableur. Ce bâtiment devra être équipé d'un système d'aération forcé qui permet de maintenir une température adéquate au bon fonctionnement des installations

Equipements

- 1 pont racleur (matériaux : acier inox 316 L), $V_{\text{raclage}} = 3 \text{ cm/s}$, de longueur égale à 7,5 m
- 2 racleurs de matières flottantes fixés sur le pont racleur
- 2 racleurs de sable fixés sur le pont racleur
- 1+1 containers de 1 m^3 pour le stockage et l'évacuation des sables (matériaux : acier galvanisé)
- 1 container de 1 m^3 pour le stockage et l'évacuation des graisses (avec dispositif de vidange de fond pour soutirer l'eau), (matériaux : acier galvanisé)
- 2 pompes à sable (débit $1 \text{ m}^3/\text{h}$, HMT 2 m)
- 2 suppresseurs d'air de type piston rotatif à commutation de polarité, de capacité de $1,6 \text{ Nm}^3/\text{mn}$, et de pression différentielle de 300 mbar.
- Ventilateur pour poste de soufflerie
- Classificateur (matériaux acier inox 316 L), capacité $2 \text{ m}^3/\text{h}$
- 2 vannes murales pour l'entrée (matériau : acier inox 316 L) ; 1 m x 1 m
- 2 vannes murales pour la sortie (matériau : acier inox 316 L) ; 1 m x 1 m
- 1 vanne murale pour la cloison mitoyenne de l'ouvrage de sortie (matériaux : acier inox 316 L) ; 1 m x 1 m
- 2 vannes guillotines en entrée des conduites dirigées vers les BA, (matériau : acier inox 316 L) ; DN 500

IV.3.3.3.Lagunages aérés

Les bassins sont dimensionnés suivant la formule cinétique [Tchobanoglous, L.Burton, Stensel, 2003] suivante:

$$DBO_{5e} = \frac{DBO_{5s}}{1+(K_T \times t_s)} \quad (IV .5)$$

Avec :

DBO_{5s} : Concentration à l'entrée de la STEP ;

DBO_{5e} : Concentration à la sortie des bassins de maturation ;

t_s : Temps de séjour

K_T : Constante de réduction donnée par l'équation Metcalf ,

Eddy,Inc,(1991) [Tchobanoglous, L.Burton, Stensel,2003]

$$K_T = K_{20} \times 1,06^{(T-20)}$$

K_{20} : 2.5 1/j pour température à 20 °C

Dimensionnement des bassins

La valeur de rejet à respecter de DBO_5 de sortie 35 mg/l (Décret exécutif n°06-141 19 avril 2006, JORADP n°26) correspond pour les eaux usées un temps de séjour requis d'environ 6 jours. En outre, l'ATV recommande comme critère supplémentaire une charge volumique maximale de 40 g $DBO_5/(m^3*j)$.

Tableau IV.24 : Caractéristiques des bassins aérés

Désignation	Unité	Dimensionnement*
Nombre de filières	-	2
Cascades par filière	-	2
Longueur bassin 1	m	94
Longueur bassin 1	m	47
Profondeur utilisable (moyenne)	m	3,5
Surface (totale)	m ²	17672
Volume utilisable (total)	m ³	61852

*Voir annexe VI (A-23) pour le calcul détaillé

Dimensionnement de l'aération

Les besoins en oxygène peuvent être estimés de 1,5 à 2 fois la charge polluante en DBO_5 à éliminer (1,5-2,0 kg O₂/kg DBO_5). Le système d'aération est le plus souvent en turbines rapides montées sur flotteur. Il faut installer des aérateurs avec une puissance totale de 138 Kw, On choisira donc 8 aérateurs actionnés chacun par un moteur de rendement 80 %

Equipements

- Huit aérateurs à vis hélicoïdale FUCHS, type WBL-IV, puissance unitaire 18,5 kW, Vitesse de rotation 970 min^{-1} ;
- Huit oxymètres.

IV.3.3.4. Bassin de décantation

L'aération des bassins de traitement induit un brassage des eaux ; les eaux en sorties de bassins d'aération sont donc fortement chargées en MES. Il est donc nécessaire de prévoir à la suite de ces bassins de traitement des bassins de décantation pour limiter les concentrations en MES dans les eaux de rejets.

Pour le dimensionnement de ces bassins, on se base sur un temps de séjour d'environ 2 jours et l'on proposera une profondeur de 3 m pour permettre une bonne décantation des eaux et un stockage des boues. Ce bassin constitue aussi une pré-maturation des eaux avec un léger abattement des charges microbiennes.

Tableau IV.25 : Caractéristiques des bassins de décantation

Désignation	Unité	Dimensionnement*
Nombre de bassins	-	4
Longueur unitaire	m	68
Largeur unitaire	m	22
Profondeur utile (moyenne)	m	3
Surface totale	m ²	6000
Volume (total)	m ³	18000

* Voir annexe VI (A-24) pour le calcul détaillé

IV.3.3.5. Traitement des boues

Dans le cas des variantes de traitement extensif, à savoir lagunage aéré, le volume de boues produites est d'env. 40 l/ (EH*an). [Duchène , 1990]

Les conditions climatiques à Hassi R'mel sont favorables à la déshydratation sur des lits de séchage. Dans ce cas les superficies nécessaires pour le séchage sont de 9120 m².

Tableau IV.26 : Caractéristiques des lits de séchages

Désignation	Unité	Dimensionnement*
Nombre	-	38
Longueur	m	30
Largeur	m	8
Profondeur (épaisseur de boue)	m	0,4
Surface	m ²	9120

*Voir annexe VI (A-24) pour le calcul détaillé

IV.3.3.6. Désinfection des eaux usées (optionnel)

Pour une réutilisation des eaux usées traitées à des fins d'irrigation, les normes européennes exigent que les eaux épurées contiennent au moins de 1000 Coliformes Fécaux / 100 ml référence. Pour faire face à ces exigences en matière sanitaire, l'installation d'une désinfection des eaux usées serait nécessaire.

Pour cela, nous proposons un procédé de désinfection qui consiste à un traitement dans des bassins de maturation aux températures appropriées 10°C à 13 °C. Les bassins de maturation nécessitent une grande surface et entraînent la plupart du temps une formation d'algues plus importante.

Le dimensionnement des bassins de maturation est donné par l'expression Marais (1974) [Duncan Mara, 2003] suivante :

$$t = \left(\frac{CF_s}{(CF_e * (1 + k * t_1) * (1 + k * t_2))^{\frac{1}{n}} - 1} \right) / k \quad (IV .6)$$

Avec :

CF_s : Nombre de CF par 100 ml d'effluent traité

CF_e : Nombre de CF par 100 ml d'affluent (eaux usées entrée)

k : Constante cinétique de premier ordre de l'élimination des CF en j-1

t : Temps de séjour en jour

n : Nombre de bassins en série

La Valeur de k est très dépendante de la température, selon l'expression de Marais (1974) [Duncan Mara, 2003] suivante :

$$T = 2,6 \times (1,19)^{T-20} \quad (IV .7)$$

Les résultats du dimensionnements sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau VI.27 : Caractéristiques des bassins de maturation

Désignation	Unité	Dimensionnement*
Nombre de filières	-	3
Nombre de bassins par filière	-	4
1ers bassins		
Longueur	m	101
Largeur	m	39
Profondeur	m	1,5
Surface d'un bassin	m ²	11900
Autres bassins		
Longueur	m	148
Largeur	m	73
Profondeur	m	1,5
Surface d'un bassin	m ²	10 800
Surface totale	m²	44 230

*Voir annexe VI (A-25) pour le calcul détaillé

VI.3.3.7. Autres Ouvrages communs

Les ouvrages communs pour la nouvelle station sont les suivants :

- Ouvrage d'arrivée et de sortie
- Bâtiments administratifs (bureau, toilettes, douches, atelier etc)
- Equipement mobile (tracteur avec pelle chargeuse, Véhicule tout terrain)

VI.4. Etude technico-économique comparative des deux solutions

Les aspects techniques et financiers sont décisifs pour le choix de la solution (extension ou conception d'une nouvelle STEP) la plus appropriée pour la ville de Hassi R'mel.

VI.4.1. Aspects techniques

A. Objectifs de traitement

Les deux solutions permettent de traiter les eaux à un niveau correspondant aux normes de rejet des eaux usées traitées dans le milieu naturel. Toutefois, le niveau de traitement obtenu peut varier selon la filière de traitement retenue.

Tableau VI.28 : Les performances de traitement pour les deux solutions

Type de solution	DBO ₅ résiduel total (mg/l)	Rendement % DBO ₅
Solution 1 (Extension)	10,86	96,05
Solution 2 (Conception Nouvelle Station)	27	90,1

Du point de vue rendement (96,05 pour la solution 1) et (90,1 pour la solution 2), l'efficacité du traitement ne dépend pas de la solution. De ce fait, elle n'est pas un facteur prépondérant pour le choix de la solution.

B. Entretien

Les deux solutions doivent être entretenues pour assurer leur rôle convenablement. Toutefois, lagunage aéré (solution 2) nécessite moins d'entretien. L'entretien et les mesures de maintenance les plus intensifs sont à prévoir pour l'aération prolongée (solution 1), même si un système de télégestion est installé.

Les besoins énergétiques sont élevés pour les deux solutions mais beaucoup plus accentués pour la solution 1.

C. Besoins en surface

Le critère d'utilisation de surface est considéré primordial et, dans le cas de la STEP Hassi R'mel, la nature du relief (plat) permet largement la création des bassins de traitement. Les besoins en surface de la nouvelle station (solution 2) est très important alors que l'extension (solution 1) nécessite une surface beaucoup moins grande.

Le tableau suivant donne la surface requise pour chaque solution étudiée.

Tableau VI.29: Surface nette et brute requise par solution

	Surface nette en m ²	Surface brute en m ²
Solution 1 (Extension)	9 200	44 900
Solution 2 (Conception Nouvelle Station)	77 000	80 000

D. Production de boues

Lors de l'utilisation d'une nouvelle station, les quantités de boues produites sont moindres que dans le cas de l'utilisation de l'extension. Toutefois, les boues ne sont pas évacuées de façon continue mais périodiquement. C'est pour cela qu'il faut construire d'importantes infrastructures pour l'évacuation des boues. Ces infrastructures ne sont pas utilisées régulièrement mais doivent être maintenues; elles occupent de l'espace et nécessitent des investissements. Dans le cas de l'extension (solution 1), les boues sont produites et traitées de manière continue.

E. Sécurité contre des à-coups toxiques

La toxicité d'une substance dépend essentiellement de la concentration dans laquelle elle se présente. Quand une station d'épuration est sujette à des à-coups dans l'apport de matières toxiques, l'impact d'un tel phénomène dépend également de la capacité de dilution de la STEP. En raison du temps de séjour important dans les bassins de traitement, le lagunage aéré assure une grande stabilité de rendement en cas de changement brusque de la charge polluante.

VI.4.2.Aspects Financiers

Pour les deux solutions nous avons étudié les coûts suivants :

- Les coûts d'investissement (Génie civil et Equipement électromécanique)
- Les frais d'exploitation (Frais de personnel, Frais d'énergie et Frais d'entretien)
- Prix de revient annuel dynamique

VI.4.2.1 Coûts d'investissement

Sur la base du prédimensionnement effectué des différents ouvrages, une estimation sommaire du coût de réalisation du génie civil et de l'équipement est présentée au tableau suivant. Le sous-détail est présenté en Annexe VII (A-28).

Tableau IV. 30 : Coûts d'investissement

	Investissement GC	Investissement Equipement	Investissement total
Solution 1 (Extension)	151 822 710	105 279 876	257 102 586
Solution 2 (Conception Nouvelle Station)	515 183 994	110 277 063	625 461 057

Du point de vue du coût d'investissement, il ressort que la solution 1 (Extension) est la plus avantageuse.

IV.4.2.2. Frais d'exploitation

IV.4.2.2.1. Besoins et coûts de personnel

En général, la bonne performance des installations dépend pour une large part de l'exploitation qui est faite. Le personnel doit posséder de vastes connaissances théoriques et une bonne expérience pratique du procédé dans son ensemble.

La filière de traitement des boues demande aussi, une très bonne expérience et maîtrise des processus biologiques. En cas d'opération non conforme et/ou d'un manque d'entretien par le personnel dans la gestion du procédé il y a un risque réel d'un dysfonctionnement des installations

Le tableau IV.31, montre la liste du personnel nécessaire pour la gestion de la STEP, en fonction de la solution préconisée.

Tableau IV. 31 : Besoins et coût en personnel

Personnel	Salaire DA/an	Solution 1 (Extension)		Solution 2 (Conception Nouvelle Station)	
		Nb	DA/an	Nb	DA/an
Superviseur exploitation et maintenance	1 800 000	1	1 800 000	0	0
Superviseur exploitation et maintenance	1 320 000	0	0	1	1 320 000
Hydraulicien jour (travail posté)	900 000	2	1 800 000	1	900 000
Hydraulicien nuit (travail posté)	900 000	2	1 800 000	1	900 000
Instrumentiste jour (travail posté)	780 000	1	780 000	0	0
Instrumentiste nuit (travail posté)	780 000	1	780 000	0	0
Electromécanicien	960 000	2	1 920 000	1	960 000
Technicien Biochimiste ou chimiste	600 000	1	600 000	0	0
Agent d'hygiène	360 000	1	360 000	0	0
Manœuvres	456 000	4	1 824 000	2	912 000
Gardiens	540 000	3	1 620 000	3	1 620 000
chauffeur	360 000	1	360 000	1	360 000
Total		19	13 644 000	10	6 972 000

Du point de vue du coût en personnel, il ressort que la solution 2 (Conception Nouvelle Station) est la plus avantageuse.

IV.4.2.2.2. Besoins et coûts énergétiques

La dépense en énergie est fonction du choix du procédé de traitement des eaux usées. La mise en place d'un système d'aération des bassins plus ou moins en continu nécessite le plus d'énergie. De ce fait, le traitement des eaux par l'extension présente la plus grosse consommation suivie de la nouvelle station. Le tableau IV.32 suivant présente les consommations prévisibles pour les deux solutions étudiées :

Tableau IV. 32 : Besoins et coûts énergétiques

Consommation électrique	Solution 1 (Extension)	Solution 2 (Conception Nouvelle Station)
Energie aération (kWh/an)	864 000 000	49 680 000
Equipement général (kWh/an)	1 160 000	110 000
Consommation totale (kWh/an)	865 160 000	49 790 000
Coût annuel (DA)*	66 550 769	3 830 000

*Coût unitaire de l'énergie de 13 DA/kWh.

Du point de vue du coût énergétique, il ressort que la solution 2 (Conception Nouvelle Station) est la plus avantageuse.

IV.4.2.2.3. Coûts d'entretiens

Les coûts d'entretiens peuvent être calculés en fonction des coûts d'investissements requis pour la réalisation de la station d'épuration. Les pourcentages appliqués sont 0,5 %/an pour le génie civil et 3,0 %/an pour l'équipement électromécanique. Le tableau IV.33 présente les frais d'exploitation de la station pour chaque solution.

Tableau IV.33: Résumé des frais d'exploitation

Frais D'exploitation	unité	Solution 1 (Extension)	Solution 2 (Conception Nouvelle Station)
Frais du personnel	DA/an	13 644 000	6 972 000
Frais d'énergie	DA/an	66 550 769	3 830 000
Frais d'entretien	DA/an	3 917 509	5 884 231
Total	DA/an	84 112 278	16 686 231

Du point de vue des frais d'exploitation, il ressort que la solution 2 (Conception Nouvelle Station) est la plus avantageuse.

IV.4.2.2.4. Prix de revient dynamique

Afin de pouvoir procéder à une comparaison des coûts des deux solutions, le prix de revient dynamique devra être calculé pour chaque solution.

La comparaison des solutions a été effectuée sur la base du prix de revient annuel dynamique. Cela consiste à attribuer les coûts annuels (séparés en coûts d'investissement et frais d'exploitation) au rendement annuel correspondant. Cette méthode mathématique financière sert à comparer les différentes solutions sous les mêmes conditions d'ensemble. Le résultat est le prix de revient annuel dynamique. Ce dernier ne représente pas le tarif à fixer mais sert à la comparaison des solutions.

Le calcul a été effectué selon les hypothèses suivantes :

- La durée de vie du projet a été considérée égale à 30 ans (durée de vie du génie civil)
- La durée d'utilisation des équipements électromécaniques est de 15 ans
- Le taux d'actualisation est de 8%
- Les valeurs des investissements et des charges de fonctionnement ont été exprimées aux prix constants de 2010
- L'actualisation des coûts des charges d'entretien et de fonctionnement ont été effectués à l'année zéro du projet (2015)

Le calcul effectué selon ces hypothèses a dégagé les résultats suivants:

Tableau IV.34 : Prix de revient des solutions

	Solution 1 (Extension)	Solution 2 (Conception Nouvelle Station)
Coût d'investissement brut (DA)		
Génie Civil	151 822 710	515 183 994
Équipement mécanique	105 279 876	110 277 063
Coûts totaux	257 102 586	625 461 057
Prix de revient annuel moyen (DA/an)		
Prix de revient annuel dynamique total	13 212 040	26 652 843
Coûts spécifiques (DA/m³)		
Énergie	4,32	1,21
Personnel	21,10	2,21
Entretien	1,242	1,86
Frais de capital (investissements)	4,189	8,45
Coûts spécifiques (DA/m³)	30,85	13,73

Il ressort de cette comparaison financière que la solution qui paraît la plus avantageuse est la solution 2 en fonction des coûts spécifiques qui sont de 13,73 DA/m³ et on ne peut pas se prononcer clairement sur l'une de ces solutions. Par contre la comparaison entre les prix de revient annuel dynamique des deux solutions montre que la solution la plus avantageuse est la solution 1.

IV.5.Conclusion

Les résultats de l'analyse montrent que l'extension (solution 1) par aération prolongée présente des avantages en termes de coûts d'investissement. Le procédé d'aération prolongée permet de réaliser une STEP selon les normes et nécessite seulement une surface très limitée. De plus, un transfert ultérieurement sur le procédé de boue activée est relativement simple. Le principal inconvénient de cette filière est lié à sa forte consommation en énergie. Dans le contexte économique actuel, où l'énergie coûte de plus en plus cher, le choix de l'extension pourrait induire dans les années à venir des coûts de fonctionnement élevés.

Pour le cas de la nouvelle station (solution 2), c'est un procédé fiable mais nécessite plus de la moitié du terrain par rapport à ce qui est demandé par l'extension (solution 1).

La nouvelle station demande la mise en place des infrastructures très importantes ainsi le Coût d'investissement de départ très élevé. Néanmoins il demande peu d'entretien, et peu de personnel qualifié par rapport à l'extension. Cette solution donne une très bonne robustesse et fiabilité de traitement. Cependant, le rendement obtenu par ce procédé de traitement est moins efficace que l'extension.

En plaçant le problème des eaux usées de la ville de Hassi R'mel dans le cadre de l'environnement, il ressort que le facteur financier est le plus déterminant quant au choix final de la solution à adopter. La réfection du dysfonctionnement déjà réalisée, coûteuse mais n'est pas une solution optimale dans la mesure où elle n'apporte pas de solutions pour le long terme. C'est ainsi que l'opération extension de la STEP actuelle, s'impose pour faire face à la charge totale et permettant dans ces conditions de corriger le problème majeur (borbier) par la réhabilitation de l'environnement et la protection de la nappe phréatique de la pollution.

Certes, l'analyse du type de station à adopter sur l'impact économique et environnemental montre que l'extension de la station d'épuration à boues activées vient en tête ; c'est le cas de notre étude. A partir de cette réflexion le choix portera sur l'extension de la station actuelle pour l'horizon 2040.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion

La ville de Hassi R'mel est caractérisée par un climat aride, elle repose sur deux nappes aquifères formant un grand réservoir d'eau composé de l'aquifère Turonien et de l'aquifère Barrémien. C'est une zone industrielle ce qui implique une population variée consommant une importante quantité d'eau engendrant des eaux usées domestiques et qui sont traitées par une STEP appartenant au groupe SONATRACH et gérée par l'Entreprise Nationale des Grand Travaux Pétroliers.

Les eaux usées à épurer doivent passer par plusieurs étapes successives que peut comporter une station d'épuration dont la première étape est constituée par les prétraitements et la décantation primaire ainsi que la deuxième étape est liée à l'épuration biologique.

Le choix du procédé a été conditionné par les caractéristiques de l'eau à épurer ainsi que la nature du milieu récepteur.

La station d'épuration de Hassi R'mel est de type boues activées à faible charge (aération prolongée).

La station de Hassi R'mel a été dimensionnée avec un débit moyen horaire égalant à $125 \text{ m}^3/\text{h}$ avec une capacité de 15000 hab.

Actuellement, on peut remarquer un passage des eaux usées avec un débit important sur le by-pass de l'entrée dont une partie est traitée et l'autre est déversée vers le milieu naturel (bourbier) sans traitement; donc la station ne couvre pas la totalité des eaux usées de la ville afin de préserver l'environnement.

L'analyse du dysfonctionnement nous a permis de connaître les différents problèmes existants au niveau de la STEP à savoir l'incapacité de la station de couvrir la totalité des eaux usées de la ville de Hassi R'mel qui est le problème majeur de cette dernière.

Les résultats de l'analyse montrent que l'extension (solution 1) par aération prolongée présente des avantages en termes de coûts d'investissement. Le procédé d'aération prolongée permet de réaliser une STEP selon les normes et nécessite seulement une surface très limitée. De plus, un transfert ultérieurement sur le procédé de boue activée est relativement simple. Le principal inconvénient de cette filière est lié à sa forte consommation en énergie. Dans le contexte économique actuel, où l'énergie coûte de plus en plus cher, le choix de l'extension pourrait induire dans les années à venir des coûts de fonctionnement élevés.

Pour le cas de la nouvelle station (solution 2), c'est un procédé fiable mais nécessite plus de la moitié du terrain par rapport à ce qui est demandé par l'extension (solution 1).

La nouvelle station demande la mise en place des infrastructures très importantes ainsi le Coût d'investissement de départ très élevé. Néanmoins il demande peu d'entretien, et peu de personnel qualifié par rapport à l'extension. Cette solution donne une très bonne robustesse et fiabilité de traitement. Cependant, le rendement obtenu par ce procédé de traitement est moins efficace que l'extension.

En plaçant le problème des eaux usées de la ville de Hassi R'mel dans le cadre de l'environnement, il ressort que le facteur financier est le plus déterminant quant au choix final de la solution à adopter. La réfection du dysfonctionnement déjà réalisée, coûteuse mais n'est pas une solution optimale dans la mesure où elle n'apporte pas de solutions pour le long terme.

C'est ainsi que l'opération extension de la STEP actuelle, s'impose pour faire face à la charge totale et permettant dans ces conditions de corriger le problème majeur (bourbier) par la réhabilitation de l'environnement et la protection de la nappe phréatique de la pollution.

Certes, l'analyse du type de station à adopter sur l'impact économique et environnemental montre que l'extension de la station d'épuration à boues activées vient en tête ; c'est le cas de notre étude.

A partir de cette réflexion le choix portera sur l'extension de la station actuelle pour l'horizon 2040.

Référence

Achache bouhadjar ,2010 : Rapport de Stage sur sonatrach " Université Mohamed Boudiaf d'Oran USTO, Algérie

ADEME, 2006 : Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, 2006," Les différentes boues d'épuration et leur traitement". En ligne :(<http://www.ademe.fr/partenaires/Boues/Pages/fl5.htm>)

AERM, 2007 : "boues activées décantation séparée (fiche05), Disques biologiques (fiche04) «, AERM - procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse, France.

AFRIC handassa, 2010 : plan de charpente métallique pour passerelle, "Projet : Etude D'un Bassin de Régulation pour La Station à Hassi R'mel " bureau d'étude AFRIC HANDASSA Boumerdes, Algérie.

Ahmadou.H, 2007 : "modalisation du séchage solaire sous serrée des boues de station d'épuration urbaines", thèse doctorat, université luis pasteurs –strasbourg, 04mai2007, France.

ANAT, 2009 : Agence nationale pour l'aménagement du territoire "Monographie de la wilaya de Laghouat 2009" (service aménagements du territoire de la planification et de l'aménagement du territoire), la commune BALIL, Laghouat, Algérie.

ATV-DVWK-A 131 E, 2000: Association Technique Allemande pour l'Assainissement (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfälle.V.), «Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants" DCM, Meckenheim, German.

ATV-A 126 E, 1993 : Association Technique Allemande pour l'Assainissement (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfälle.V.), December 1993"Principles For Wastewater Treatment Plants According To The Activated Sludge Process With Joint Sludge Stabilisation With Connection Values Between 500 And 5000 Total Number Of Inhabitants And Population Equivalents ", Editeur :RheinischerLandwirtschafts-VerlagG.m.b.H., Bonn, Deutsche.

Baumont.S, 2005: "Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France". Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, France, (2005).

Bontoux. 1993 : "Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson". Edition Technique et Documentation Lavoisier, France .

Canler.P, Perret.JM,2004 : "Étude des pré-traitements compacts basés uniquement sur le tamisage fin – Cas du traitement des eaux résiduaires urbaines ou domestiques" , Jean-(Cemagref) – Document technique FNDAE n° 28, France.

Chahma.D, 2008 :"Caractérisation des eaux usées urbaines de la ville de Hassi R'mel et possibilité de réutilisation en Irrigation", mémoire de fin d'études, université Amar Telidji Laghouat, Algérie.

Chocat.B. 1997 : "Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement". Edition Techniques et documentations, Paris, France.

CIDA.202, 2000 : Plan de montage des équipements N° : 17.334/202.A "station pompage des eaux usées " SONATRACH et CIDA hidroquimica Tratamiento de aguas S.A, Barcelona, Espagne.

CIDA.201, 2000: Plan de montage des équipements, plan N° : 17.334/201.A"PRETRAITEMENT : dégrillage et dessableur-déshuileur ", SONATRACH et CIDA hidroquimica Tratamiento de aguas, S.A, Barcelona, Espagne.

CIDA.203, 2000 : Plan de montage des équipements, plan N° : 17.334/203.A"bassin d'aération ", SONATRACH et CIDA hidroquimica Tratamiento de aguas, S.A, Barcelona, Espagne.

CIDA.204, 2000 : Plan de montage des équipements, plan N° : 17.334/204"Décanteur secondaire ", SONATRACH et CIDA hidroquimica Tratamiento de aguas, S.A, Barcelona, Espagne.

CIDA.205, 2000 : Plan de montage des équipements, plan N° : 17.334/205.A "Epaississeur", SONATRACH et CIDA hidroquimica Tratamiento de aguas, S.A, Barcelona, Espagne .

CIDA.206, 2000 : Plan de montage des équipements, plan N° : 17.334/206.A "Station De Pompage des Boues ", SONATRACH et CIDA hidroquimica Tratamiento de aguas, S.A, Barcelona, Espagne .

CIDA.207, 2000 : Plan de montage des équipements, plan N° : 17.334/207.A "Chloration, Bassin Stockage eaux épurées et bâtiment industriel", SONATRACH et CIDA hidroquimica Tratamiento de aguas, S.A, Barcelona, Espagne .

CIDA.209, 2000 : Plan de montage des équipements, plan N° : 17.334/209.A "Lits de sechage ", SONATRACH et CIDA hidroquimica Tratamiento de aguas , S.A, Barcelona, Espagne .

Contrat, 99 : Contrat SONATRACH/ENCC, fourniture des équipements statistiques et la construction des ouvrages d'assises de la station d'épuration des eaux usées domestiques de Hassi R'mel, N° : I/99/HR/DT/50.

COTE.X, 2008 : "Actualisation d'un Avant Projet Sommaire, préparation d'un Avant Projet Détaillé et d'un Dossier de Consultation des Entreprises d'une station de traitement des eaux usées par lit bactérien au Maroc", Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, France.

Degremont, 2002: ONDEO-Degremont "L'EAU, ÉLÉMENT FONDAMENTAL», ISBN 2841076075, 9 th Edition Français, ONDEO Degremont ,183 Avenue du 18 juin 1940 92508 RUEIL-MALMAISON, France.

Deshayes.M, 2008 : "Guide pour l'établissement des Plans d'Assurance de la Qualité dans le cadre de la réalisation des stations d'épuration de type boues activées en lots séparés" Mémoire de Projet de Fin d'Etudes, Université INSA de Strasbourg, France.

DIN 19554-1, 2002 : Stations d'épuration des eaux – Partie 1: Bâtiment de grillage avec grilles de retenue droites, dimensions principales, Allemagne

DIN 19551-3 , 2002 : Stations d'épuration des eaux – Partie 3: Bassins rectangulaires comme bassins de dessablement avec aspirateur ; dimensions principales, Allemagne.

D.P.A.T, 2010: monographie D.P.A.T "Présentation de La Wilaya de Laghouat", Algérie

Duchène .P, 1990 : "Les systèmes de traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités" ,1^{re} édition, ISBN. 2-85362- 201 -0 - Dépôt légal 4^e trimestre 1990 - Documentation technique FNDAE n° , 14, avenue de Saint-Mandé - 75012 Paris, France

Franck.R ,2002: "Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques". Edition ScerEn centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, 75, cour Alsace-Lorraine-33075 Bordeaux cedex, France.

François.GB, 2006 : "Distribution et collecte des eaux, 2e édition revue et corrigée" Presses internationales Polytechnique Campus de l'Université de Montréal 2500, chemin de Polytechnique Montréal, QC, Canada.

FNDAE.N°2 ,1986 : fonds national pour le développement des adductions d'eau rurales "définitions des caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi des appareils de désinfections",2,rue des Glenas-6-ZA-35760ST Grégoire.

HABBAI & TIROUMA, 2005 : "Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et de pollutions au sein de la station d'épuration des eaux usées domestiques de Hassi R'mel ", Université de Laghouat, Algérie.

Harrat S. & bouarara CH, 2007 : "Contribution à l'étude de l'influence des rejets des eaux usées urbaines sur la qualité des eaux souterraines" Université de Laghouat, Algérie.

ITC ,2011: Institut Technologique des Canaries, S.A."Technologies D'épuration Des Eaux Residuaires Pour Petites Agglomérations Urbaines", publication publiée et produite par viceconseje à de industria y energia del gobierno de canarias , Canarie.

Journal officiel de la république algérienne n° 26 "Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels"

Lamouroux.F, 2007 : "Simulation d'une station de traitement des eaux usées par biofiltration : le cas de Seine-Centre" école nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg, France.

Lamy.M, 1995: "L'eau de la nature et des hommes», Université de Bordeaux, France.

Lemang.S, 2001 : "Guide Technique pour l'assainissement des communes rurales", Université des Sciences et Technologies de Lille.

Mara & Duncan.D, 2003:"Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries"Earthscan ,8–12 Camden High Street, London, NW1 0JH, UK.

Moussa.M D .2005 : "Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries. Caractérisation physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surfaces et les souterraines". Thèse Doctorat Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie, Université De Bamako, Mali.

O.N.M., 2001 : O.N.M., Données météorologiques d'Ouargla, Algérie, (2001)

O.N.M., 2002: O.N.M., Données météorologiques d'Ouargla, Algérie, (2002)

Romain.B, 2007 : "Réalisation d'une mission de contrôle technique solidité et sécurité sur deux stations d'épuration", Mémoire de Projet de Fin d'Etude, INSA Strasbourg, Spécialité Génie Civil, Option Aménagement du Territoire, Juin 2007,France .

Rodier. J, 2009 : "L'Analyse de l'eau, Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer " 9e édition Dunod, Paris, 1959, pour la 1re édition ISBN 978-2-10-054179-9 Paris, France.

Saadi, 2010: "Valorisation des gaz d'échappement des turbines dans la déminéralisation de l'eau du barrémien a Hassi R'Mel" Sonatrach , Algérie.

Sadowski.A, 2006 : "Exemple de Calcul d'une Filière de Traitement Biologique de type Boue Active avec Nitrification /Dénitrification & Déphosphoration Physico –Chimique " mastere en MISEA, France

Satin.M & Selmi.B,2006 : "Guide Technique de L'assainissement ", LE MONITEUR, 17, rue d'Uzès-75002 Paris, France.

SHSH ,2012: Service Hydraulique Sonatrach Hassi R'mel, Laghouat, Algérie.

SHDH, 2012 : Subdivision Hydraulique de la Daïra Hassi R'mel, Laghouat, Algérie.

Sonatrach, 2001 : "la lettre de la normalisation N° 03, L'éditorial : Spécial Environnement ; Direction régionale Hassi – R'mel, Algérie,

SONATRACH, 98: Direction Régionale Hassi R'mel "Fourniture de : Equipements de la STEP, Stations de pompage, Assistance a la réalisation", Appel ri2 SH/DP/11/96/HR/DTN outre référence : 812-226 Date: 23.12.98, CIDA hidroquimica ,Tratamiento de aguas, station d'épuration de Hassi R'mel, Algérie.

STEP, 2012: Station d'épuration de Hassi R'mel , Service Hydraulique , Direction Logistique Sonatrach , Laghouat , Algérie.

Tandia.C, 2007: "Contrôle Et suivi De La Qualité Des Eaux Usées Protocole De Détermination Des Paramètres Physico-chimiques Et Bactériologiques", Centre Régional Pour L'eau Potable Et L'assainissement A Faible Coût, Centre collaborant de l'OMS, Ouagadougou, Burkina Faso.

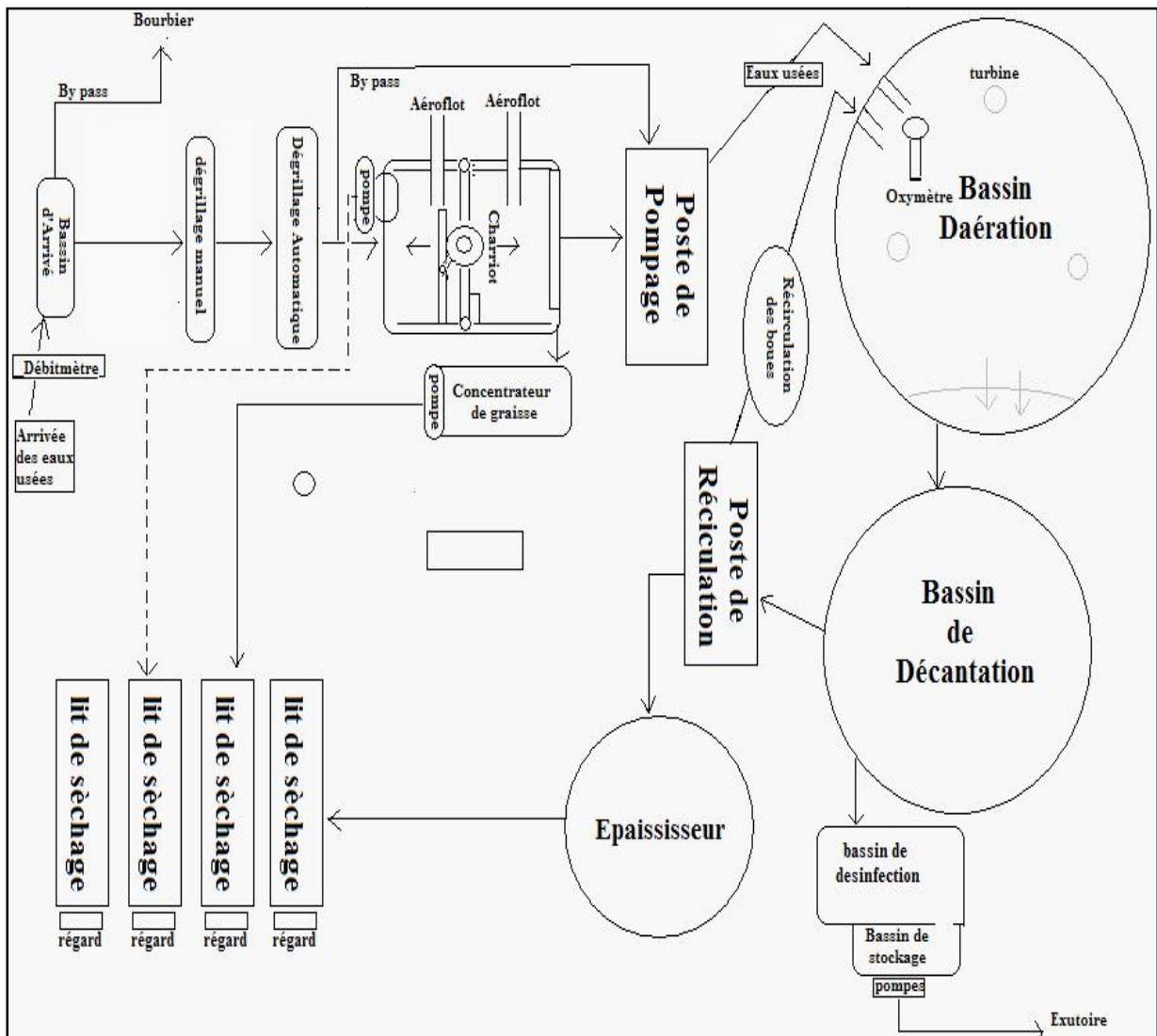
Tchobanoglus & L.Burton & Stensel, 2003: "Metcalf and Eddy, Inc Wastewater Engineering Treatment, "treatment and Reuse, fourth edition , hongkong,maco SAR and Taiwan, China.

Zeriri.D, 2007: " réutilisation des eaux usées traitées de la station d'épuration de Hassi R'mel ", diplôme de post graduation spécialité en traitement des eaux industrielles et dépollution, Université de Mostaganem. Algérie.

Annexes

Annexe I : Représentation schématique de la station d'épuration des eaux usées de Hassi R'mel	A-1
Annexe II : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau usée épurée de la station d'épuration de hassi r'mel. Mois Mai 2012	A-2
Annexe III : Fiche d'analyse de la station de Hassi R'mel	A-4
Annexe IV : Situation des équipements et les solutions à réaliser	A-5
Annexe V : Calcul de la charge hydraulique et la charge polluante	A-9
Annexe VI : Dimensionnement de variantes de traitement.....	A-10
Annexe VII : Les équipements pour les deux solutions	A-27
Annexe VIII : Coût d'investissement des solutions	A-28

Annexe I : Représentation schématique de la station d'épuration des eaux usées de Hassi R'mel





Annexe II : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau usée épurée de la station d'épuration de hassi r'mel. Mois Mai 2012

Date	Eau Entrée											
	Température	PH	Conductivité	Turbidité	MES	DCO	DBO ₅	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻³	SO ₄
	°C		µs/cm	FTU	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l
01-05	25,1	766	1322	191	192	/	/	9,1	0,022	25,2	3,25	/
02-05	26	7,52	1342	303	368	/	/	71,71	0,09	0,64	15,9	78
03-05	22,5	776	1157	125	132	/	/	4,2	0,037	3,6	4,94	112
04-05	23,6	7,73	1053	92	92	/	/	5,4	0,014	3,25	15,62	130
05-05	23	7,66	1145	129	216	/	/	4,6	0,015	19,43	4,62	120
06-05	23,5	7,67	1312	186	236	/	/	6,4	0,020	16,25	7,4	82,5
07-05	22,7	7,69	1092	139	212	/	/	9,6	0,015	23,75	1,78	102,5
08-05	22,7	7,66	1294	166	192	/	/	9,3	0,03	28,75	3,72	62,5
09-05	By-pass general 8h-15h30(pas de prélèvement)											
10-05	By-pass general 8h-15h30(pas de prélèvement)											
11-05	By-pass general 8h-15h30(pas de prélèvement)											
12-05	23,1	7,73	1356	118	90	/	/	/	/	/	/	/
13-05	23,5	7,76	1234	146	/	/	/	/	/	/	/	/
14-05	23,7	7,69	1224	178	92	226	/	8,1	0,024	2,96	5,26	144
15-05	25,8	7,77	1339	169	160	/	/	7,02	0,023	2,83	5,3	176
16-05	25,6	7,79	1300	194	155	/	/	/	/	/	/	/
17-05	25,4	7,72	1313	129	By-pass general 7h30-11h30(prélèvement à 11h30)							
18-05	/	/	/	/	By-pass general 7h30-14h(Pas de prélèvement)							
19-05	25,6	7,8	1274	151	170	/	/	/	/	/	/	/
20-05	24,4	7,86	1255	187	131	/	/	/	/	/	/	/
21-05	22,3	7,88	1257	197	138	/	/	/	/	/	/	/
22-05	22,1	7,87	1253	172	/	/	/	/	/	/	/	/
23-05	24	7,84	1289	207	120	291	/	9,8	0,024	2	5,42	64
24-05	23,8	7,64	1272	168	126	/	/	8,4	0,037	2,08	4,44	94
25-05	24,4	7,8	1236	110	93	/	/	9,6	0,041	2	4,16	105
26-05	24,5	7,64	1349	136	93	/	/	9,6	0,041	2	4,16	105
27-05	24,8	7,74	1304	172	50	/	/	7,8	0,09	3,8	4,91	181
28-05	24,2	7,63	1301	163	87	/	/	4,33	0,036	5,8	4,88	114
29-05	26	7,7	1236	133	100	/	/	11,6	0,038	2,7	3,98	100
30-05	25,5	7,86	1342	207	200	/	/	0,6	0,004	2,16	3,64	120


Annexes

Date	Eau Sortie											
	Température	PH	Conductivité	Turbidité	MES	DCO	DBO ₅	NO ₃ ⁻	NO ₂	NH ₄ ⁺	PO ₄ ⁻³	SO ₄ ⁻²
	°C		µs/cm	FTU	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l	Mg/l
01-05-	20,9	7,83	1043	26	25	/	/	23,8	0,010	0,10	7,43	
02-05-	21,5	7,6	1046	10	18	/	/	93,4	0,12	0,07	6,04	180
03-05-	21,3	7,52	1012	25	20	/		23,4	0,037	0,07	6,15	177,5
04-05-	21,9	7,58	1096	06	15	/	/	21,8	0,66	0,11	6,45	225
05-05-	21	7,61	1042	08	11	/	/	24,3	0,048	0,1	6,52	168,75
06-05-	22,3	7,68	1116	11	12	/	/	21,7	0,081	0,10	13,65	190
07-05-	21,1	7,68	1883	09	14	/		22,6	0,053	0,10	6,75	187,5
08-05-	21,7	7,71	1098	10	12	/	/	/	/	/	/	/
09-05-	By-pass general 8h-15h30(pas de prélèvement)											
10-05-	Arrêt de station By-pass général tout la journée (pas de prélèvement)											
11-05-	By-pass general 8h-15h30(pas de prélèvement)											
12-05-	21,4	7,54	988	07	13	/	/	/	/	/	/	/
13-05-	23,8	7,57	1134	06	/	/	/	/	/			/
14-05-	23	7,46	1130	09	19	44	/	19,6	0,033	0,11	7,08	162
15-05-	25,5	7,68	1193	10	15	/	/	21,6	0,080	0,09	7,36	80
16-05-	25,7	7,71	1181	14	12	/	/	/	/	/	/	/
17-05-	25,1	7,61	1014	20	By-pass general 7h30-11h30(prélèvement à 11h30)							
18-05-	/	/	/	/	By-pass general 7h30-14h(pas prélèvement)							
19-05-	25	7,84	1219	10	17	/	/	/	/	/	/	/
20-05-	25,8	7,7	1235	12	09	/	/	/	/	/	/	/
21-05-	26	7,75	1162	22	11	/	/	/	/	/	/	/
22-05-	22	7,83	1060	15	/	/	/	/	/	/	/	/
23-05-	22,7	7,86	1165	19	06	34	/	23,6	0,011	0,02	5,22	130
24-05-	24,1	7,47	1194	12	12	/	/	18,7	0,007	0,04	7,04	188
25-05-	24,3	7,58	1194	06	03	/	/	19,3	0,009	0,07	6,33	173
26-05-	24,5	7,64	1212	13	05	/	/	24	0,05	0,17	6,44	167
27-05-	25,1	7,64	1225	8	02	/	/	21,7	0,13	0,05	2,33	177
28-05-	24,9	7,67	1229	14	05	/	/	22,6	0,03	0,05	6,15	168
29-05-	26,9	7,68	1165	21	12	/	/	17,9	0,006	0,07	5,04	176
30-05-	26,5	7,84	1328	19	09	/	/	16,1	0,01	0,07	6,96	150

Annexe III : Fiche d'analyse de la station de Hassi R'mel

 SONATRACH DIVISION PRODUCTION DIRECTION REGIONALE HASSI R'MEL DIRECTION LOGISTIQUE SERVICE HYDRAULIQUE		 ENGTP DIRECTION REGIONALE HASSI R'MEL DEPARTEMENT MAINTENANCE INDUSTRIELLE				
STEP - Hassi R'mel Laboratoire de contrôle RESULTATS D'ANALYSES						
Date : 23/05/2012		Lieu de Prélèvement : STEP			Heure : 9h30	
Température Ambiante : 27°C						
TYPE D'ANALYSE	Unité	EAU		BOUE		
		Entrée	Sortie	Aération	Recirculation	Epaississement
Température	°C	24	22,7	20,7	22,3	
PH	/	7,84	7,86	7,71	7,43	
Conductivité	µs / cm	1289	1165	1102	1127	
Turbidité	FTU	207	19			
M.E.S	mg / l	120	6	1644	4560	
M.S	mg / l					
V.B	ml/l			90	240	
I.S.V	ml / g			54,74		
M.V.S	mg / l					
M.M	mg / l					
DCO	mg / l	291	34			
DBO ₅	mg / l					
NO ₃ ⁻	mg / l	9,8	23,6	17,9	15,4	
NO ₂ ⁻	mg / l	0,024	0,011	0,003	1,144	
NH ₄ ⁺	mg / l	0,0	0,02	0,1	0,76	
PO ₄ ³⁻	mg / l	5,42	5,22	4,58	8,48	
SO ₄ ²⁻	mg / l	64	130	156	106	
DBO ₅ / DCO	/					
DBO ₅ / N / P	/					
O ₂ Dissout	mg / l			6,64		

LABORANTIN



Annexe IV : Situation des équipements et les solutions à réaliser

1. Réservoir de régulation

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
04 Pompe submersible (immergée) type CP	*				
04 Agitateur submersible			*		Remplacement des aubes de bonnes qualités (bien aiguisées) pour déchiqueter tous les objets flottants (sachet au plastique, bois)
04 coffrets pour arrêt d'urgence des équipements	*				
04 Support de blocage	*				

2. Prétraitement

A. degrilleur

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
Appareil de mesure (débitmètre)			Défaut d'implantation		Ajouter un siphon pour permettre la pleine section de l'eau, afin éviter des bulle d'air
Vannes manuelles de type vanne canal	*				
Grille manuelle		*			
Degrilleur automatique			*		Changement de la grille
Moto réducteur pour grille automatique	*				
Chaîne d'entraînement du racleur grille automatique	*				
Interrupteur de niveau	*				

B. Dessaleur et déshuilage

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
02 Aeroflot pour dessaleur et déshuilage	*				
01 Pompe extraction sable			*		Changement la pompe d'extraction
Robinet a vanne et Vanne retenue clapet-antiretour	*				
Vanne canal manual by-pass	*				
01 pont racleur du font (de sable)			*		Changement de balai
01 pont racleur de la surface			*		Changement de balai
02 Moto-réducteurs	*				
02 Interrupteur de niveau	*				

3. Station de pompage (relevage)

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
01 Débitmètre Electromagnétique	*				
02 Electropompes submersibles		*			
01 Electropompes submersibles				*	Installation d'une nouvelle électropompe
03 Intercepteur de niveau	*				
03 Calpé -anti retour	*				
03 coffrets pour arrêt d'urgence des équipements	*				

4. Concentrateur de graisse

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
01 Groupe motopompe (immerge)		*			
01 vanne de retenu a boule	*				
01 Vanne retenu type disque	*				
01 coffret pour arrêt d'urgence des équipements	*				

5. Bassin d'aération

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
03 Turbine d'aération	*				
01 Appareil de mesure O ₂		*			Refaire de talonnage de l'appareil
01 Vanne de vidange	*				

6. Décanteur secondaire

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
01 Pont racleur de la surface			*		Changement de balai
01 Pont racleur du font	*				
01Moto-réducteur	*				
01Collecteur réacteur-décanteur	*				
01 Collecteur Flottantes	*				
01 coffret pour arrêt d'urgence des équipements	*				

7. Station de pompage des boues (recirculation)

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
02 Débitmètres électromagnétique	*				
02 Electropompe centrifuge submersible	*				
01 Electropompe centrifuge submersible	*				
Manomètre	*				
Vanne de retenue à clapet	*				
coffrets pour arrêt d'urgence des équipements	*				

8. Epaississeur et Lit Bactérien

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
Pont racleur surface		*			
Collecteur épaisseur -lits	*				
Robinet de vanne dn100	*				
Robinet de vanne	*				
Collecteur drainages des lits			*		Renouvellement de collecteur
Collecteur retour filtrats	*				
coffrets pour arrêt d'urgence des équipements	*				

I. Désinfection

Equipement	Fonction			Ne fonction pas	solution
	<i>bon</i>	<i>moyen</i>	<i>mauvais</i>		
01 Appareil de mesure de chlore			*		
02 Pompe doseuse d'hypochlorite	*				
02 bac de stockage du NaCLO			*		
02 Interrupteur de niveau bac de stockage	*				
Interrupteur de niveau par flottation	*				
Groupe de pression d'eau traitée pour irrigation	*				
01 Pompe au bassin stockage Bleu(d'expédition)				*	Installation de nouvelle pompe
Manomètre	*				
Collecteur NaCLO	*				
Collecteur décanteur - chloration	*				
Pompe au bassin stockage vers			*		

Annexes

(d'expédition)					
Robinet de vanne DN 100	*				
robinet de vanne DN-150	*				
Vanne retenue clapet dn-150					
Pompe immergé (dans le bassin de chloration)			*		
Collecteur d'eau épurée	*				
Collecteur irrigation	*				
coffrets pour arrêt d'urgence des équipements	*				
Appareil de mesure (débitmètre)			*		

Annexe V : Calcul de la charge hydraulique et la charge polluante

DONNEES DE BASE									
		unité	Existante	n	n+5	n+10	n+15	n+20	n+25
Population									
Horizon du projet	a		2008	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Taux d'accroissement	T	%	2.9						
Population Recensée	P	hab	15532	18973	21888	25251	29131	33608	38772
Population non Recensée (Fonctionnaire)	P	hab	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Population total	P	hab	21532	24973	27888	31251	35131	39608	44772
Population choisie	p	hab	22000	25000	28000	31500	35500	40000	45000
CONSOMMATION EN EAU									
Taux de branchement		%	96%	97%	98%	98%	98%	98%	98%
Dotation		l/e.h/j	200	200	200	200	200	200	200
Taux d'équipements		%	20	20	20	20	20	20	20
Consommation en eau journalière (domestique)		m ³ /j	4306,4	5000	5600	6300	7100	8000	9000
Consommation en eau journalière (équipement)		m ³ /j	861,28	1000	1120	1260	1420	1600	1800
Consommation totale		m ³ /j	5167,68	6000	6720	7560	8520	9600	10800
DEBITS VERS LA STEP									
Critères de dimensionnement du débit									
Taux de restitution	t _R	%	80%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
Coefficient de pointe C _p =1,5+2,5/√Q _m	C _p	-	/	1,83	1,81	1,79	1,78	1,76	1,75
Débts									
Débit domestique journalier moyen	Q _{mid}	m ³ /j	4000	4480	5040	4680	6400	7200	
Débit des équipements	Q _{mié}	m ³ /j	800	896	1008	1136	1280	1440	
Débit moyen eaux usées journalier	Q _{meuj}	m ³ /j	4800	5376	6048	6816	7680	8640	
Débit moyen des eaux usées horaire		m ³ /h	200	224	252	284	320	360	
		l/s	55,55	62,22	70	78,88	88,88	100	
Débit de pointe horaire =C _p *Q _{mh}	Q _{ph}	m ³ /h	370	410	455	510	565	630	
Débit horaire minium	Q _{minh}	m ³ /h	75	90	100	120	140	160	
CHARGE POLLUANTE									
Charges spécifiques (Pour une dotation de 150 l/j/hab à 200 l/j/hab)									
DBO5 Charge spécifique		g/E.H	54	54	54	54	54	54	54
DCO Charge spécifique		g/E.H	120	120	120	120	120	120	120
MES totale Charge spécifique		g/E.H	70	70	70	70	70	70	70
TKN Charge spécifique		g/E.H	7	7	7	7	7	7	7
Ptotal Charge spécifique		g/E.H	3	3	3	3	3	3	3
Charges moyennes									
Charge DBO5		Kg/j	1024	1182	1364	1573	1815	2094	
Charge DCO		Kg/j	3000	3360	3780	4260	4800	5400	
Charge MES totale		Kg/j	1750	1960	2205	2485	2800	3150	
Charge TKN		Kg/j	175	196	220	250	280	315	
Charge Phosphore total		Kg/j	75	84	94	106	120	135	
Concentrations moyennes									
DBO5		mg/l	281,25	280	278	277	280	279	
DCO		mg/l	625	622	619	617	623	620	
MES totale		mg/l	364	363	361	360	363	362	
TKN		mg/l	36	36	36	36	36	36	
Phosphore total		mg/l	15	15	15	15	15	15	
Germes pathogènes									

Annexe VI : Dimensionnement de variantes de traitement

Solution 1					
Projet:	Extension STEP (Hassi R'mel)				
Dimensionnement de:	Dégrilleurs				
Dimensionnement selon :	Norme Allemagne (DIN 19551-3,2002)				
			n+25	n+25	n+25
Horizon du projet	a		2040	2040	2040
DONNEES DE BASE					
Débits de dimensionnement	Q		Q _{min}	Q _{mov}	Q _{ph}
		m ³ /h	160	360	630
		l/s	20	100	175
		m ³ /s	0,02	0,1	0,175
Répartition n sur x filières	n	-	2	2	2
Debit existante T ₁	Q _{T1}	m ³ /h	80	125	240
Debit extension T ₂	Q _{T2}	m ³ /h	80	235	390
		l/s	22	65	110
DIMENSIONNEMENT					
Canal en amont de la grille					
Données de base					
Largeur	b _G	m	0,5	0,5	0,5
Niveau d'eau	h _w	m	0,111	0,24	0,49
Pente du canal	I _S	‰	1	1	1
Coefficient de Strickler	K _{St}	-	70	70	70
Hauteur du canal	h	m	1	1	1
Talus latéral	m	-	0	0	0
Dimensionnement					
Section canal plein	A	m ²	0,4	0,4	0,4
$A = b \cdot h + m \cdot h^2$					
Périmètre hydraulique	P	m	2,4	2,4	2,4
$P = b + 2h \cdot (1+m^2)^{0,5}$					
Rayon hydraulique $R = A/P$	R	m	0,16	0,16	0,16
Vitesse d'eau	v	m/s	0,67	0,67	0,67
$v = K_{st} \cdot (R^{2/3}) \cdot (I^{1/2})$					
Débit plein d'un canal	Q	m ³ /s	0,268	0,268	0,268
		l/s	268	268	268
		m ³ /h	965	965	965
Section d'eau	A	m ²	0,0555	0,12	0,1765
$A = b \cdot (h_w) + m \cdot (h_w)^2$					
Périmètre hydraulique	P	m	0,722	0,98	1,206
$P = b + 2h \cdot (1+m^2)^{0,5}$					
Rayon hydraulique $R = A/P$	R	m	0,076	0,122	0,146
Vitesse d'eau en amont	v ₀	m/s	0,40019	0,545	0,61
$v = K_{st} \cdot (R^{2/3}) \cdot (I^{1/2})$					
Débit partiel d'un canal	Q	m ³ /s	0,022	0,065	0,10
		m ³ /h	80	235	390
Grille					
Données de base					
Écartement entre barreaux	e	mm	15	15	15
Épaisseur du barreau	s	mm	10	10	10
Angle d'inclinaison	θ	degré	75	75	75
Coefficient de section (Kirschmer)	B	-	2,42	2,42	2,42
Taux de colmatage	η	-	0,75	0,75	0,75
Dimensionnement					
Perte de charge section libre (Kirschmer (1926))	h	m	0,011	0,02	0,028
$h = B \cdot ((s/e)^{4/3}) \cdot (v^2 / (2g \cdot s \cdot \sin \theta))$					
Perte de charge colmatage	h	m	0,008	0,01	0,021
$h = \eta \cdot B \cdot ((s/e)^{4/3}) \cdot (v^2 / (2g \cdot s \cdot \sin \theta))$					
a) Largeur du canal de grille requis, tot. (sans	b _{sc}	m	0,82	0,82	0,82

Annexes

colmatage) $b_{sc} = ((b_G/e)-1)*(s+e)+e$					
Nombre de barreaux requis $n = (b_G/e)-1$	n	-	32	32	32
b) Largeur du canal de grille requis (colmatage partiel) $b = Q*(e+s)/(h*v*e*\eta)-s$	b	m	1,10	1,10	1,10
Largeur du canal, choisi	b	m	1,10	1,10	1,10
Vitesse de l'eau (colmatage partiel) $v = Q/(b_G*h*\eta)$	v	m/s	0,53	0,72	0,82
Calcul de la quantité des matières de dégrillage					
Equivalents-habitants	EH	EH	45000	45000	45000
Quantité spécifique	r	l/ (EH*a)	5	5	5
Quantité matières de dégrillage $R = r * EH/1000$	R	m ³ /a	225	225	225
		m ³ /j	0,61	0,61	0,61
Durée de stockage	t _p	j	2	2	2
Volume de stockage requis	V _{creq}	m ³	1,23	1,23	1,23
Volume d'un conteneur	V _c	m ³	2	2	2
Volume d'un conteneur existe	V _c	m ³	1	1	1
Nombre de conteneurs requis	N _{creq}	n	2	2	2

Annexes

Solution 1					
Projet:		Extension STEP Hassi R'mel			
Dimensionnement de:		Dessableurs/Déshuileurs			
Dimensionnement selon :		Norme Allemagne (DIN 19551-3,2002)			
			n+25	n+25	n+25
Horizon du projet	a		2040	2040	2040
DONNE ES DE BASE					
Débits de dimensionnement	Q		Q _{min}	Q _{mov}	Q _{ph}
		m ³ /h	160	360	630
		l/s	20	100	175
		m ³ /s	0,02	0,1	0,175
Répartition n sur x filières	n	-	2	2	2
Debit existante T ₁	Q _{T1}	m ³ /h	80	125	240
Debit extension T₂	Q_{T2}	m³/h	80	235	390
		l/s	22	65	110
DIMENSIONNEMENT					
<i>Critères de dimensionnement</i>					
Temps de séjour au Q	t _s	min	20	15	10
Largeur/Profondeur	B/P ≥	-	0,8	0,8	0,8
	B/P <	-	1	1	1
Vitesse maximale horizontale	v _{max hor}	m/s	0,04	0,04	0,04
Surface transversale minimale	A _{min}	m ²	1	1	1
Surface transversale maximale	A _{max}	m ²	7	7	7
Energie spécifique	E	W/m ³	5	5	5
Volume existant	V _{exist}	m ³	45,8	45,8	45,8
Surface transversale existant	A _{exist}	m ²	6,57	6,57	6,57
Dimensionnement bassin T₂					
Volume requis $V = Q_{T2} * (t_{SF} / 60)$	V _{totreq}	m ³	26,66	58,75	65
Volume requis			65	65	65
Dimensions requis pour extension					
Nombre de bassins ajouté	n		1	1	1
Volume tranche T ₂	V _{reqT2}	m ³	65	65	65
Dimensions choisies pour extension					
Section transversale	A _Q	m ²	5,95	5,95	5,95
Largeur choisie	B	m	2,06	2,06	2,06
Profondeur choisie	P	m	2,5	2,5	2,5
Longueur requise par bassin $L_{reqT2} = V_{reqT2} / A_Q$	L _{reqT2}	m	4,48	9,87	10,92
Longueur par bassin choisie	L _{T2}	m	11	11	11
Volume tranche T ₂ $V_{T2} = n * L * A_Q$	V _{extension}	m ³	65,45	65,45	65,45
Largeur des déshuileurs	B	m	10,5	10,5	10,5
Longueur des déshuileurs	L	m	0,5	0,5	0,5
Vérification					
Vitesse $v_{T2} = Q_{T2} / A_Q$	v _{max}	m/s	0,007	0,016	0,029
Temps de séjour $t_s = V / Q$	t _s	min	49	16,7	10,06
Dimensionnement de l'aération T₂					
Profondeur d'insufflation $Pe = 0,875 * (A_Q)^{(1/2)}$	P _e	m	2,13	2,13	2,13
Apport d'air requis $q_L = (0,07 + 0,76 * \ln(P_e))^{(-1,33)}$	q _L	Nm ³ /(m ³ *h)	1,78	1,78	1,78
		Nm ³ /(m ³ *min)	0,029	0,029	0,029
Apport d'air requis $Q = q_L * V$	Q	Nm ³ /h	117	117	117
		Nm ³ /min	1,94	1,94	1,94
Nombre de supprimeurs	n	-	1	1	1
Capacité par supprimeur requise		Nm ³ /mn	1,94	1,94	1,94
Puissance	P	w	350	350	350
Volume total	V _{tot}	m ³	111	111	111
Puissance total	P _{tot}	w	579	579	579
Production de sable					
Equivalents-habitants	EH	EH	45000	45000	45000
Quantité spécifique	r	l/EH/a	4,2	4,2	4,2

Annexes

Quantité de sables $S=r*EH/1000$	S	m ³ /a	189	189	189
		m ³ /j	0,51	0,51	0,51
Volume de stockage requis $V_s = S * I_j$	Vs	m ³	0,3	0,3	0,3

Annexes

Solution 1								
Projet:		Extension STEP Hassi R'mel						
Dimensionnement de:		Bassins d'aération						
Dimensionnement selon:		ATV-DVWK A 131,2000						
Horizon du projet	a		n	n+5	n+10	n+15	n+20	n+25
			2015	2020	2025	2030	2035	2040
DONNEES DE BASE								
Population	P	EH	25000	2800	31500	35500	40000	45000
Température		°C	13	13	13	13	13	13
<i>Charges de dimensionnement</i>								
Débit de pointe total	Q_{ph}	m ³ /h	370	410	455	510	565	630
Débit de pointe T ₂	Q_{phT2}	m ³ /h	130	170	215	270	325	390
Débit journalier moyen T ₂	Q_{moyT2}							
DBO ₅ total	DBO _{5tot}	kg/j	1350	1512	1701	1917	2160	2430
DBO ₅ clarificateur existant	DBO _{5exis}	kg/j	810	810	810	810	810	810
Charge DBO ₅ bassins projetées	DBO _{5proj}	kg/j	540	702	891	1107	1350	1620
$C_{DBO5T2} = C_{DBO5tot} - C_{DBO5 \text{ clarificateur existant}}$								
DCO total	DCO _{tot}	kg/j	3000	3360	3780	4260	4800	5400
Charge DCO bassins projetées	DCO _{proj}	kg/j	1200	1560	1980	2460	3000	3600
MES total	MES _{tot}	kg/j	1750	1960	2205	2485	2800	3150
Charge MES bassins projetés	MES _{proj}	kg/j	700	910	1155	1435	1750	2100
<i>Concentrations moyennes dimensionnement</i>								
DBO ₅		mg/l	300	295	292	290	288	287
DCO		mg/l	666	656	649	644	641	638
MES		mg/l	388	382	378	376	373	372
DIMENSIONNEMENT								
<i>Objectifs de traitement</i>								
DBO ₅		mg/l	30	30	30	30	30	30
DCO		mg/l	90	90	90	90	90	90
MES		mg/l	30	30	30	30	30	30
<i>Critères de dimensionnement</i>								
Teneur en MS du bassin d'aération	MS _{BA}	kg MS/m ³	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Teneur en MS boue en retour	MS _{BR}	kg MS/m ³	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82
Charge massique	C _m	kg DBO ₅ /(kg MS*j)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Charge volumique	C _v	kg DBO ₅ /(j*m ³)	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315
$C_v = MS_{BA} * C_m$								
Âge des boues minimal	t _b	j	20	20	20	20	20	20
<i>Production des boues</i>								
Facteur F	F		0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
$F = 1,072^{(T-15)}$								
Taux de production des boues biologique	b _{bio}	g MS/g DBO ₅	0,746	0,746	0,746	0,746	0,746	0,746
$b_{bio} = 0,75 + 0,6 * (C_{MES} / C_{DBO5}) - [(1 - 0,2) * 0,17 * 0,75 * t_b * F] / [1 + 0,17 * t_b * F]$								
Taux production boues bio, choisi	b _{bio}	g MS/g DBO ₅	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Production des boues en excès	Q _{Bproj}	kg MS/j	405	526,5	668,25	830,25	1012,5	1215
$Q_{Bproj} = DBO_{5proj} * b_{bio}$								
<i>Dimensionnement des bassins</i>								
Volume BA requis	V _{BAatreq}	m ³	1800	2340	2970	3690	4500	5400
<i>Dimensions choisies Extension tranche 2</i>								
Nombre bassin, extension tranche 2	n	-	1	1	1	1	1	1
Profondeur moyenne bassin 1	P	m	4	4	4	4	4	4
Longueur choisie bassin 1	L	m	60	60	60	60	60	60
Largeur choisie bassin 1	B	m	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
<i>Volumes</i>								
Volume projeté	V _{BAproj}	m ³	5400	5400	5400	5400	5400	5400
$V_{BAproj} = n * V_{BAproj}$								
<i>Âge des boues</i>								
Age des boues	t _B	j	60	46	36,3	29,2	24	20

Annexes

Temps de séjour à Q_{mov}	t_{smov}	j	3	2,2	1,7	1,4	1,15	0,95
Temps de séjour à Q_{ph}	t_{sph}	j	1,73	1,3	1	0,83	0,69	0,57
Vérifications								
La charge volumique $C_v = \text{charge DBO}_5 / V_{\text{ Bassin d'aération}}$	C_v	kg DBO ₅ / m ³ .j	0,1	0,13	0,165	0,205	0,25	0,3
Charge massique $C_m = C_v / MS_{BA}$	C_m	kg DBO ₅ / (kg MS*j)	0,022	0,028	0,036	0,045	0,055	0,066
DBO₅ total sortie								
Débit moyen								
DBO ₅ ad 2h $\text{DBO}_{5\text{ad}} = \text{DBO}_{5\text{e}} * (1 - (0,5 * (1 + \text{EXP}(C_m)))^{0,5}) * 1000 / Q_{\text{mov}}$		mg/l	2,87	3,7	4,74	5,89	7,18	8,62
DBO ₅ dur $\text{DBO}_{5\text{dur}} = 0,05 * \text{DBO}_{5\text{e}} * (2,5 / (V_{\text{bassin}} * 24 / Q_{\text{mov}})) * 1000 / Q_{\text{mov}}$		mg/l	0,5208	0,677	0,859	1,06	1,302	1,562
DBO ₅ total Sortie (moyen horaire)		mg/l	3,41	4,44	5,63	6,99	8,53	10,23
DBO ₅ éliminé		mg/l	296	291	286	283	279	277
Rendement (moyen horaire)		%	98,8	98,4	98	97,5	97,0	96,4
Débit de pointe								
DBO ₅ ad 2h		mg/l	6,8	8,75	10,9	13,65	16,3	19,5
DBO ₅ dur		mg/l	1,3	1,45	1,6	1,8	2	2,3
DBO ₅ total Sortie (pointe)		mg/l	8,13	10,25	12,6	15,5	18,4	21,9
DBO ₅ éliminé		mg/l	291	285	279	274	269	265
Rendement (pointe)		%	97,2	96,5	95,6	94,6	93,5	92,3
Aérateurs à installer								
Besoin en oxygène	O_b	kg O ₂ / kg DBO ₅	3	3	3	3	3	3
Oxygène requis $O_2 = O_b * \text{DBO}_5$	O_{tot}	kg/j	1620	2106	2673	3321	4050	4860
		kg/h	68	88	111	138	169	203
Oxygène par kWh	O_k	kg O ₂ / kWh	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Puissance à installer	P	kw	45	58,5	74,25	92,25	112,5	135

Annexes

Solution 1								
Projet:		Extension (Hassi R'mel)						
Dimensionnement de:		Clarificateurs						
Dimensionnement selon:		ATV-DVWK A 131,2000						
Horizon du projet	a		n	n+5	n+10	n+15	n+20	n+25
			2015	2020	2025	2030	2035	2040
DONNEES DE BASE								
<i>Débîts de dimensionnement</i>								
Débit de pointe total	$Q_{max\text{tot}}$	m^3/h	370	410	455	510	565	630
$Q_{max\text{T}2}$ à traiter par les bassins à examiner $Q_{max} = Q_{max\text{tot}} - Q_{max\text{ clarificateur existant}}$	$Q_{max\text{T}2}$	m^3/h	130	170	215	270	325	390
Débit moyen horaire total	$Q_{mov\text{tot}}$	m^3/h	200	224	252	284	320	360
Débit moyen horaire tranche 2 $Q_{T2} = Q_{mov\text{tot}} - Q_{mov\text{ clarificateur existant}}$	Q_{T2}	m^3/h	75	99	127	159	195	235
DIMENSIONNEMENT								
<i>Critères de dimensionnement</i>								
Teneur en MS du bassin d'aération	MS_{BA}	$\text{kg MS}/\text{m}^3$	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Indice de boue maximal (Mohlmann)	$IV_{B\text{max}}$	l/kg	100	100	100	100	100	100
Temps de concentration	t_c	h	2	2	2	2	2	2
Volume de charge de boues	q_{VBm}	$\text{l}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	450	450	450	450	450	450
Coefficient de perte système de raclage								
- Racler de boue	c_R	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
- Aspirateur de boues	c_A	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Coefficient de perte choisi	c	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
<i>Teneurs en matière sèche</i>								
MS au fond du bassin $MS_{FB} = (1000/IVB) \cdot (t_c)^{1/3}$	MS_{FB}	kg/m^3	12,59	12,59	12,59	12,59	12,59	12,59
MS en boues retour $MS_{BR} = c_R \cdot MS_{FB}$	MS_{BR}	kg/m^3	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82
Taux de recirculation $R = MS_{BA} / (MS_{BR} - MS_{BA})$	R	-	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Débit de recirculation $Q_{BR} = R \cdot Q_{ph}$	Q_{BR}	m^3/h	135	177	224	281	338	400
<i>Dimensionnement de la superficie</i>								
Volume de boues de comparaison $V_{SV} = I_{SV} \cdot MES_{BA}$	V_{SV}	ml/l	450	450	450	450	450	450
Charge surfacique max $q_A = q_{VBm} / V_{SV}$	$q_{A\text{max}}$	m/h	1	1	1	1	1	1
Nombre des bassins choisis	n	-	1	1	1	1	1	1
Q par bassin $Q = Q_{max} / n$	Q	m^3/h	130	170	215	270	325	390
Surface d'un bassin requise $A_{unit} = Q_{max} / q_A$	A_{requit}	m^2	130	170	215	270	325	390
Diamètre du bassin requis $D = (4 \cdot A_{unit} / \pi)^{0,5}$	D	m	12,86	14,71	16,54	18,54	20,34	22,28
<i>Dimensions choisis/existants</i>								
Diamètre choisi	D	m	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Surface d'un clarificateur	A	m^2	397,40	397,40	397,40	397,40	397,40	397,40
Charge de surface existant (vitesse) $q_{A\text{exist}} = Q/A_{\text{exist}}$	$q_{A\text{exist}}$	m/h	0,3271	0,427	0,541	0,679	0,817	0,981
<i>Profondeur du clarificateur requise</i>								
Zone d'eau clarifiée choisie	P_1	m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Zone de séparation $P_2 = 0,5 \cdot q_A \cdot (1+R) / (1 - V_{SV} / 1000)$	P_2	m	0,607	0,794	1,004	1,261	1,517	1,82
Zone de stockage $P_3 = 0,45 \cdot q_{VB} \cdot (1+R) / 500$	P_3	m	0,270	0,353	0,447	0,561	0,676	0,811
Zone d'épauisement/évacuation $P_4 = MS_{BA} \cdot (1+R) \cdot q_{A\text{exist}} / MS_{FB}$	P_4	m	0,23	0,311	0,394	0,495	0,596	0,72

Annexes

Profondeur total(H_{tot}) $P=P_1+P_2+P_3+P_4$	P_{tot}	m	1,61	1,9	2,3	2,8	3,29	3,84
Profondeur 2/3 D choisie	W	m	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Volume								
Inclinaison du fond du bassin	I_S	%	5	5	5	5	5	5
Profondeur d'eau à la périphérie $h_{per} = W - (1/3 * I_S * D)$	$h_{pér}$	m	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Profondeur d'eau intérieure $h_{inter} = W + (2/3 * I_S * D)$	h_{inter}	m	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Profondeur d'eau au milieu $h_m = (h_{per} + h_{inter})/2$	h_m	m	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
Volume d'un bassin projeté $V_{unitaire} = h_m * A$	V_{unit}	m ³	1650	1650	1650	1650	1650	1650
Vérifications								
Temps de séjour débits moyen $t_{sh} = V / Q_{T2}$	t_{smoy}	h	21,6	16,4	12,7	10,2	8,3	6,9
Temps de séjour débit de pointe $t_{sph} = V / Q_{max}$	t_{sph}	h	12,4	9,5	7,5	6	5	4,1
Charge surfacique, débits moyen	q_{moy}	m/h	0,188	0,25	0,32	0,40	0,49	0,59
Charge surfacique, débit de pointe	q_{ph}	m/h	0,32	0,42	0,54	0,68	0,81	0,98
MES total sotrie								
MES sorties débit moyen $MES_{smoy} = 30 * (q_{moy} / q_{Amax})^{0,7}$	MES_{smoy}	mg/l	9,33	11,3	13,4	15,79	18,22	20,76
MES sortie débit pointe $MES_{sph} = 30 * (q_{ph} / q_{Amax})^{0,7}$	MES_{sph}	mg/l	13,7	16,5	19,5	22,8	26,0	29,60

Annexes

Solution 1								
Projet:			Extension (Hassi R'mel)					
Dimensionnement de:			Epaississeur des boues brutes					
Dimensionnement selon:			CEMAGREF, FNDAE N°9					
Horizon du projet	a		n	n+5	n+10	n+15	n+20	n+25
			2015	2020	2025	2030	2035	2040
DONNEES DE BASE								
Masses de dimensionnement								
Boues pour épaisseurs projetés T2	MB _{tot}	kgMS/j	405	526,5	668,25	830,25	1012,5	1215
Teneur en eau en amont de l'épaississeur (boues en excès)								
Boue en excès : % eau	w _{BE1}	%	99,10%	99,10%	99,10%	99,10%	99,10%	99,10%
Boue en excès : % matière solide	MS _{BE1}	%	0,90%	0,90%	0,90%	0,90%	0,90%	0,90%
Volumes de boue en amont de l'épaississeur								
BE: Volume des boues en excès $VB_{1proj} = Q_{bproj} / (1-w_1)$	VB _{E1tot}	m ³ /j	45	58,5	74,25	92,25	112,5	135
DIMENSIONNEMENT								
Critères de dimensionnement								
Temps de séjour	t _s	j	3	3	3	3	3	3
Dimensionnement								
Volume projeté requis $V_{proireq} = VB_{1proj} * t_s$	V _{proireq}	m ³	135	175,5	222,75	276,75	337,5	405
Dimensions choisies								
Nombre d'épaisseurs choisi	n	-	2	2	2	2	2	2
Diamètre choisi	d ₂	m	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
Profondeur P1	P ₁	m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Profondeur P2	P ₂	m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Profondeur P3 choisi	P ₃	m	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Profondeur P4	P ₄	m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Profondeur P $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$	P	m	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Surface d'un épaisseur	A _{unit}	m ²	70,8462	70,84	70,84	70,84	70,8	70,84
Surface des épaisseurs projetés $A_{proj} = n * A_{unit}$	A _{proj}	m ²	141,69	141,69	141,69	141,69	141,69	141,69
Volume des épaisseurs projetés $V_{proj} = n * V_{unit}$	V _{proj}	m ³	410	410	410	410	410	410
Vérifications								
Temps de séjour boues brutes $t_{rojs} = V_{tot} / VB_{1proj}$	t _s	j	9	7	5,5	4,4	3,6	3
Temps de séjour boues épaissies $t_{rojs} = V_{tot} / VB_{2proj}$	t _s	j	10	7,8	6,1	14,8	4	3,3
Volume des boues épaissies								
Teneur en eau après l'épaississeur	w ₂	%	97%	97%	97%	97%	97%	97%
Volume des boues pour épaiss.proj $VB_{2proj} = V_{1proj} * (1-w_1) / (1-w_2)$	VB _{2proj}	m ³ /j	30	39	50	62	76	91

Annexes

Solution 1								
Projet:		Extension (Hassi R'mel)						
Dimensionnement de:		Lits de séchage						
Dimensionnement selon:		CEMAGREF(FNDAE N°9)						
Horizon du projet	a		n	n+5	n+10	n+15	n+20	n+25
			2015	2020	2025	2030	2035	2040
DONNEES DE BASE								
<i>Volume des boues</i>								
Boues a sécher totales	VB _{2tot}	m ³ /j	30	39	50	62	76	91
Teneur en eau boues épaissies	w ₂	%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%	97,0%
Teneur en MS boues épaissies	MS ₂	%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%
		kg MS/m ³	30	30	30	30	30	30
DIMENSIONNEMENT								
<i>Critères de dimensionnement</i>								
Epaisseur de boues	P	m	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
% d'eau après séchage	w ₃	%	65,0%	65,0%	65,0%	65,0%	65,0%	65,0%
% de MS après séchage	MS ₃	%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%
		kg MS/m ³	350	350	350	350	350	350
Temps de séjour	t _s	j	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
<i>Dimensionnement de la superficie</i>								
Volume projeté requis $V_{projreq} = VB_{2proj} * t_s$	V _{projreq}	m ³	637	829	1052	1307	1594	1913
Surface requise $A_{projreq} = V_{projreq} / P$	A _{projreq}	m ²	1594	2073	2631	3269	3986	4784
<i>Dimensions choisis</i>								
Nombre des lits choisis	n	-	16	16	16	16	16	16
Longueur	L	m	34	34	34	34	34	34
Largueur	B	m	9	9	9	9	9	9
Profondeur	P	m	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Volume d'un lit	V _{unit}	m ³	122	122	122	122	122	122
Volume projete $V_{proj} = n * V_{unit}$	V _{proj}	m ³	1960	1960	1960	1960	1960	1960
Surface d'un lit	A _{unit}	m ²	310	310	310	310	310	310
Surface projetée	A _{proj}	m ²	4900	4900	4900	4900	4900	4900
<i>Volume des boues sèches</i>								
Volume boues sèches lits proj. $VB_{3proj} = VB_{2proj} * MS_2 / MS_3$	VB _{3proj}	m ³ /j	2,6	3,3	4,29	5,3	6,50	7,8
Temps de séjour existant $t_s = V_{proj} / VB_{2proj}$	t _s	j	64,4	49,6	39	31,4	25,8	21,5

Annexes

Solution 2					
Projet:		Nouvelle Station D'épuration (Hassi R'mel)			
Dimensionnement de:		Dégrilleurs			
Dimensionnement selon :		Norme Allemagne (DIN 19551-3,2002)			
			n+25	n+25	n+25
Horizon du projet	a		2040	2040	2040
DONNE ES DE BASE					
Débits de dimensionnement	Q		Q _{min}	Q _{moy}	Q _{ph}
		m ³ /h	160	360	630
		l/s	44	100	175
		m ³ /s	0,044	0,1	0,175
Répartition n sur x filières	n	-	2	2	2
Debit par filiere	Q _x	m ³ /h	80	180	315
		l/s	22	50	87
DIMENSIONNEMENT					
Canal en amont de la grille					
Donné es de base					
Largeur	b _G	m	0,4	0,4	0,4
Niveau d'eau	h _w	m	0,135	0,25	0,38
Pente du canal	I _S	‰	1	1	1
Coefficient de Strickler	K _{St}	-	70	70	70
Hauteur du canal	h	m	1	1	1
Talus la téral	m	-	0	0	0
Dimensionnement					
Section canal plein <i>A = b*h + m*h²</i>	A	m ²	0,4	0,4	0,4
Périmètre hydraulique <i>P = b + 2h*(1+m²)^{0,5}</i>	P	m	2,4	2,4	2,4
Rayon hydraulique <i>R = A/P</i>	R	m	0,16	0,16	0,16
Vitesse d'eau <i>v = K_{st} * (R^{2/3}) * (I^{1/2})</i>	v	m/s	0,67	0,67	0,67
Débit plein d'un canal	Q	m ³ /s	0,268	0,268	0,268
		l/s	268	268	268
		m ³ /h	965	965	965
Section d'eau <i>A = b*(h_w) + m*(h_w)²</i>	A	m ²	0,054	0,1	0,152
Périmètre hydraulique <i>P = b + 2h*(1+m²)^{0,5}</i>	P	m	0,67	0,9	1,16
Rayon hydraulique <i>R = A/P</i>	R	m	0,080	0,11	0,13
Vitesse d'eau en amont <i>v = K_{st} * (R^{2/3}) * (I^{1/2})</i>	v ₀	m/s	0,41	0,51	0,57
Débit partiel d'un canal	Q	m ³ /s	0,022	0,051	0,086
		m ³ /h	80	184	312
Grille					
Données de base					
Écartement entre barreaux	e	mm	15	15	15
Épaisseur du barreau	s	mm	10	10	10
Angle d'inclinaison	θ	degré	75	75	75
Coefficient de section(Kirschmer)	B	-	2,42	2,42	2,42
Taux de colmatage	η	-	0,75	0,75	0,75
Dimensionnement					
Perte de charge section libre (Kirschmer (1926)) <i>h = B*((s/e)^(4/3)) * (v²/(2g*s in θ))</i>	h	m	0,012	0,019	0,024
Perte de charge colmatage <i>h = η * B*((s/e)^(4/3)) * (v²/(2g*s in θ))</i>	h	m	0,0095	0,014	0,018
c) Largeur du canal de grille requis, tot. (sans colmatage) <i>b_{sc} = ((b_G/e)-1)*(s+e)+e</i>	b _{sc}	m	0,65	0,65	0,65
Nombre de barreaux requis <i>n = (b_G/e)-1</i>	n		26	26	26

Annexes

d) Largeur du canal de grille requis (colmatage partiel) $b = Q^*(e+s)/(h*v*e*\eta)-s$	b	m	0,88	0,88	0,88
Largeur du canal, choisi	b	m	0,9	0,9	0,9
Vitesse de l'eau (colmatage partiel) $v = Q/(b_G*h*\eta)$	v	m/s	0,550	0,68	0,76
Calcul de la quantité des matières de dégrillage					
Equivalents-habitants	EH	EH	45000	45000	45000
Quantité spécifique	r	1/(EH*a)	5	5	5
Quantité matières de dégrillage $R = r * EH/1000$	R	m3/a	225	225	225
		m3/j	0,61	0,61	0,61
Durée de stockage	t _p	j	2	2	2
Volume de stockage requis	V _{creq}	m ³	1,23	1,23	1,23
Volume d'un conteneur	V _c	m ³	2	2	2
Nombre de conteneurs requis	N _{creq}	n	1	1	1

Annexes

Solution 2					
Projet:	Nouvelle STEP Hassi R ² mel				
Dimensionnement de:	Dessableurs/Déshuileurs				
Dimensionnement selon :	Norme Allemagne (DIN 19551-3,2002)				
			n+25	n+25	n+25
Horizon du projet	a		2040	2040	2040
DONNE ES DE BASE					
Débits de dimensionnement	Q		Q _{min}	Q _{mov}	Q _{ph}
		m ³ /h	160	360	630
		l/s	44	100	175
		m ³ /s	0,044	0,1	0,175
DIMENSIONNEMENT					
<i>Critères de dimensionnement</i>					
Temps de séjour au Q	t _s	min	20	15	10
Largeur/Profondeur	B/P>		0,8	0,8	0,8
Vitesse maximale horizontale	v _{max hor}	m/s	0,04	0,04	0,04
Surface transversale minimale	A _{min}	m ²	1	1	1
Surface transversale maximale	A _{max}	m ²	7	7	7
Energie spécifique	Enet	W/m ³	5	5	5
Dimensionnement					
Volume requis total $V = Q*(t_{SF}/60)$	V _{totreq}	m ³	53	90	105
Volume existant	V _{exist}	m ³	0	0	0
Volume requis			53	90	105
Dimensions requis par bassin					
Nombre de bassins choisi	n		2	2	2
Volume requis par bassin $V_{requit} = V_{totreq}/n$	V _{requit}	m ³	13	45	53
Dimensions choisies					
Section transversale	A _Q	m ²	6	6	6
Largeur choisie	B	m	2,52	2,52	2,52
Profondeur choisie	P	m	3	3	3
Longueur requise par bassin $L_{totreq} = V_{requit}/A_Q$	L _{req}	m	2,08	7,5	8,75
Longueur par bassin choisie	L	m	9	9	9
Volume total $V = n * L * A_Q$	V	m ³	108	108	108
Largeur des déshuileurs	B	m	0,5	0,5	0,5
Longueur des déshuileurs	L		8,5	8,5	8,5
Vérification					
Vitesse $v_{max} = Q/A_Q$	v _{max}	m/s	0,0017	0,008	0,014
Temps de séjour $t_s = V/Q$	t _s	min	86,4	18	10,28
Dimensionnement de l'aération					
Profondeur d'insufflation $Pe = 0,875 * (Aq^{(1/2)})$	P _e	m	2,14	2,14	2,14
Apport d'air requis $q_L = (0,07 + 0,76 * \ln(P_e))^{(-1,33)}$	q _L	Nm ³ /(m ³ *h) Nm ³ /(m ³ *min)	1,77 0,029	1,77 0,029	1,77 0,029
Apport d'air requis $Q = q_L * V$	Q	Nm ³ /h Nm ³ /min	191 3,20	191 3,20	191 3,20
Nombre de supprimeurs	n	-	2	2	2
Capacité par supprimeur requise		Nm ³ /mn	1,60	1,60	1,60
Puissance	P	w	540	540	540
Production de sable					
Equivalents-habitants	EH	EH	45000	45000	45000
Quantité spécifique	r	l/EH/a	6	6	6
Quantité de sables $S = r * EH / 1000$	S	m ³ /a	270	270	270
		m ³ /j	0,73	0,73	0,73
Volume de stockage requis $V_s = S * I_j$	V _s	m ³	1	1	1

Annexes

Solution 2								
Projet:		Nouvelle station d'épuration (Hassi R'mel)						
Dimensionnement de:		Bassins aérés						
Dimensionnement selon:		(MARA, 2003),						
Horizon du projet	a		n	n+5	n+10	n+15	n+20	n+25
			2015	2020	2025	2030	2035	2040
DONNEES DE BASE								
Population	P	EH	25000	2800	31500	35500	40000	45000
Température		°C	10	10	10	10	10	10
Débit vers la STEP	Q_{moy}	m^3/j	4800	5400	6100	6900	7700	8700
	Q_{mh}	m^3/h	200	225	260	290	320	360
Charges polluante								
DBO5		kg/j	1350	1512	1701	1917	2160	2430
DCO		kg/j	3000	3360	3780	4260	4800	5400
MES		kg/j	1750	1960	2205	2485	2800	3150
NTK		kg/j	175	196	220,5	248,5	280	315
P_{tot}		kg/j	75	84	94,5	106,5	120	135
Concentrations moyennes								
DBO5		mg/l	280	280	278	277	280	279
DCO		mg/l	625	622	619	617	623	620
MES		mg/l	364	362	361	360	363	362
NTK		mg/l	36	36	36	36	36	36
P_{tot}		mg/l	15	15	15	15	15	15
Germes pathogènes								
Coliformes fécaux (par 100 ml)	C_{coli}	$N_o/100\ ml$	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07
BASSINS AÉRÉS								
Coefficient cinétique K_{20} DBO ₅	K_{20}	$1/j$	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Constante d'enlèvement	K_T	$1/j$	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39
DBO5 en entrée	$DBO_{5,e}$	mg/l	280	280	278	277	280	279
DBO5 en sortie	$DBO_{5,s}$	mg/l	35	35	35	35	35	35
Rendement biologique	R	%	87,5	87,5	87,4	87,4	87,5	87,4
Charge volumique maximal	C_v	$g/(m^3*j)$	40	40	40	40	40	40
Dimensions requis								
a) Temps de séjour requis $t_s = (DBO_{5,e}/DBO_{5,s} - 1)/k$	$t_{s(A\ req)}$	j	5,9	5,8	5,8	5,8	5,9	5,8
Volume requis avec t_s $V = t_s * Q$	$V_{(AE, totreq)}$	m^3	28442	31856	35838	40388	45508	51197
b) Volume requis avec C_v $V = Charge/C_v$	$V_{(AE, totreq)}$	m^3	33750	37800	42525	47925	54000	60750
Volume requis choisi		m^3	34000	37800	43000	48000	54000	61000
Dimensions choisies								
Nombre de filières	n_{fil}	-	2	2	2	2	2	2
Nombre de bassins par filière	n_{bas}	-	2	2	2	2	2	2
Profondeur moyenne	P	m	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Surface requise totale $A_{AE, totreq} = V_{totreq}/P$	$A_{AE, totreq}$	m^2	9714	10800	12285	13714	15428	17428
Surface requise d'un bassin $A_{AE, unitreq} = A_{AE, totreq}/(n_{fil} * n_{bas})$	$A_{AE, unitreq}$	m^2	2428	2700	3071	3428	3857	4357
Longueur choisie 1 ^{er} bassin	L	m	94	94	94	94	94	94
Largeur choisie 1 ^{er} bassin	B	m	47	47	47	47	47	47
Longueur choisie 2 ^{eme} bassin	L	m	94	94	94	94	94	94
Longueur choisie 2 ^{eme} bassin	B	m	47	47	47	47	47	47
Surface d'une filière choisie	$A_{AE, unit}$	m^2	4 418	4 418	4 418	4418	4418	4418
Surface choisie (totale)	$A_{AE, tot}$	m^2	17672	17672	17672	17672	17672	17672
		ha	1,7672	1,7672	1,7672	1,7672	1,7672	1,7672
Volume (total)	$V_{AE, tot}$	m^3	61852	61852	61852	61852	61852	61852
Contrôle								
Temps de séjour	$t_{s, AE}$	j	13	12	10	9	8	7

Annexes

Charge volumique	C_v	g/ (m ³ *j)	22	14	19	25	32	39
Aérateurs à installer								
besoin spécifique oxygène		kgO ₂ /kg DBO ₅	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
concentration cellulaire $X = Y * (DBO_{5,e} - DBO_{5,s}) / (1 + b * t_s)$	X	mg/l	90	93	99	102	106	109
DBO total $DBO_{tot} = DBO_{5,s} + 0,94 * X$	DBO _{tot}	mg/l	100	103	112	117	124	130
Oxygène requis $O_2 = 1,5 (DBO_{5,e} - DBO_{tot}) * Q$	O _{tot}	g/j	1773000	1984500	2231250	2513250	2835750	3188250
		kg/h	74	83	93	105	118	133
Oxygène par kWh	O _c	kg O ₂ /kWh	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Puissance requise à la surface aérée (absorbée)	P _a	kW	110	110	110	110	110	110
Puissance installée avec rendement de moteur 80% $P_i = P_a / \cos\phi$	P _i	kW	138	138	138	138	138	138
Puissance de brassage de chaque bassin $P_b = P_a / V_{AE,tot}$	P _b	Wm ⁻³	2	2	2	2	2	2
Rendement								
Concentrations en aval bassins aérés $DBO_{5,s} = (k / (t_{s,AE} * DBO_{5,e})) - 1$	C _{DBO5}	mg/l	14	16	19	21	24	27
Rendement	R	%	94,84	94,38	93,19	92,4	91,4	90,1
Bassin de décantation								
Critères de dimensionnement								
temps de séjour	t _s	j	2	2	2	2	2	2
profondeur de bassin	P	m	3	3	3	3	3	3
Dimensionnement requis								
Volume requis $V = Q * t_s$	V	m ³	9600	10800	12200	13800	15400	17400
Surface requis $A = Q * t / P$	S	m ²	3200	3600	4066	4600	5133	5800
Dimensionnement choisie								
Nombre de bassins	n	-	4	4	4	4	4	4
Surface par bassin	S	m ²	1450	1450	1450	1450	1450	1450
Longueur choisie	L	m	68	68	68	68	68	68
Largeur choisie	B	m	22	22	22	22	22	22
Surface choisie (totale)	S	m ²	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Volume (total)	V	m ³	18000	18000	18000	18000	18000	18000
temps de séjour	t _s	j	3,74	3,32	2,94295	2,6	2,3	2,06
Lits de Séchage								
Production des boues dans le lagunage								
Production spécifique	b	l/(EH*a)	40	40	40	40	40	40
Volume des boues $Q_B = b * EH$	V _{1B}	m ³ /an	1000	1120	1260	1420	1600	1800
		m ³ /j	2,7	3	3,5	4	4,5	5
Taux des matières solides des boues évacuées	M _{S1}	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
		kg/m ³	100	100	100	100	100	100
Masse des matières solides	M	kg/j	274	307	345	389	438	493
		g/an	100	112	126	142	160	180
Critères de dimensionnement								
Epaisseur de boues	P	m	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
% d'eau après séchage	w ₂	%	65%	65%	65%	65%	65%	65%
% en MS boues séchées	M _{S2}	%	35%	35%	35%	35%	35%	35%
		kg MS/m ³	350	350	350	350	350	350
Temps de séjour	t _s	j	21	21	21	21	21	21
	t _s	Semaine	3	3	3	3	3	3
Dimensionnement du volume et de la surface								
Période de nettoyage (x/an)	x	x/an	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Volume à sécher		m ³	2000	2240	2520	2840	3200	3600
Volume projeté requis $V_{projreq} = V_{B2proj} * t_s$	V _{projreq}	m ³	2000	2240	2520	2840	3200	3600

Annexes

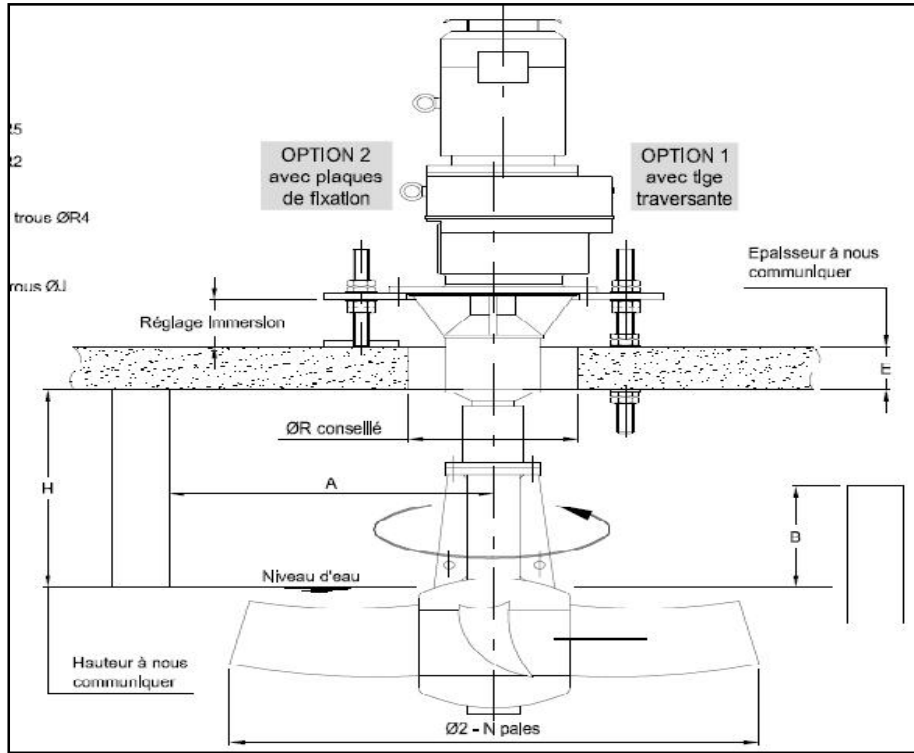
Surface requise $A_{proireq} = V_{proireq} / P$	$A_{proireq}$	m ²	5000	5600	6300	7100	8000	9000
Dimensions choisies								
Nombre des lits choisi	n	-	38	38	38	38	38	38
Longueur	L	m	30	30	30	30	30	30
Largeur	B	m	8	8	8	8	8	8
Profondeur	P	m	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Volume d'un lit	V_{unit}	m ³	96	96	96	96	96	96
Volume projeté $V_{proj} = n * V_{unit}$	V_{proj}	m ³	3648	3648	3648	3648	3648	3648
Volume total	V_{tot}	m³	3648	3648	3648	3648	3648	3648
Surface d'un lit	A_{unit}	m ²	240	240	240	240	240	240
Surface projetée	A_{proj}	m ²	9120	9120	9120	9120	9120	9120
Surface totale	A_{tot}	m ²	9120	9120	9120	9120	9120	9120
Projet:	Nouvelle STEP Hassi R'mel							
Dimensionnement de:	Bassins de maturation							
Dimensionnement selon:	Marais (1974) (pour T=13 °C)							
Horizon du projet	a		n	n+5	n+10	n+15	n+20	n+25
			2015	2020	2025	2030	2035	2040
DONNEES DE BASE								
Population	P	EH	25000	2800	31500	35500	40000	45000
Température		°C	13	13	13	13	13	13
Débit vers la STEP	Q_{moy}	m ³ /j	4800	5400	6100	6900	7700	8700
	Q_{mh}	m ³ /h	200	225	260	290	320	360
Temps de séjour des bassins précédents								
Bassins aères	$t_{S,BA}$	j	13	12	10	9	8	7
Bassins décantations	$t_{S,BD}$	j	7,4	6,5	5,8	5	4,6	4
Charges en aval bassins aérés								
Charge DBO ₅	C_{DBO5}	kg/j	70	85	116	145	186	23
Charge DCO	C_{DCO}	kg/j	160	195	264	332	422	544
Concentrations en aval bassins aérés								
DBO ₅	C_{DBO5}	mg/l	14	16	19	21	24	27
DCO	C_{DCO}	mg/l	33	36	43	48	55	62
Germes pathogènes								
Coliformes fécaux (par 100 ml)	C_{coli}	No/100 ml	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07
DIMENSIONNEMENT								
Coliformes fécaux (par 100 ml)	CF_0	No/100 ml	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07	1,00E+07
Constante d'enlèvement $K = 2,6 * (1,19)^{T-20}$	K_{Marais}	1/j	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Coliformes fécaux (par 100 ml) à émettre	CF_e	No/100 ml	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Temps de séjour nécessaire pour élimination des germes pathogènes dans le 1er bassin								
Nombre de filières	n_{ofil}	j	3	3	3	3	3	3
Nombre de cascades par filières choisie	n_{obas}	j	4	4	4	4	4	4
Profondeur moyenne du premier bassin	P_{MA1}	m	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Temps de séjour requis $t_{sMA1req} = (CF_0 / (CF_e * (1 + K * t_{S,BA}) * (1 + K * t_{S,BD})^{1/n} - 1)) / K$	$t_{s,MA1req}$	j	5,4	5,7	6,4	6,9	7,4	8
Surface premier bassins requise (tous filières) $A_{MA1totreq} = t_{sMA1req} * Q / P_{MA1}$	$A_{MA1totreq}$	ha	0,43	0,5	0,6	0,8	0,95	1,2
Surface du premier bassin maturation requise $A_{MA1unitreq} = A_{MA1totreq} / n_{ofil}$	$A_{MA1unitreq}$	m ²	1448	1732	2177	2658	3195	3914
		ha	0,14	0,17	0,2	0,2	0,32	0,4
Longueur du premier bassin choisie		m	101	101	101	101	101	101
Largeur du premier bassin choisie		m	39	39	39	39	39	39
Surface d'un premier bassin choisie	$A_{MA1unit}$	m ²	3939	3939	3939	3939	3939	3939
Surface des premiers bassins choisie	A_{MA1tot}	m ²	11900	11900	11900	11900	11900	11900
Volume d'un premier bassin	$V_{MA1unit}$	m ³	18000	18000	18000	18000	18000	18000
Temps de séjour 1er bassin	$t_{s,MA1}$	j	3,6	3,2	3	2,5	2,3	2
Temps de séjour nécessaire pour l'élimination des germes pathogènes dans les autres bassins								
Temps de séjour requis autres bassins $t_{sMAreq} = (CF_0 / (CF_e * (1 + K * t_{S,BA}) * (1 + K * t_{S,BD})^{1/(n-1)} - 1)) / K$	$t_{s,MA,2-n}$	j	3	3,3	4	4,4	5	5,5

Annexes

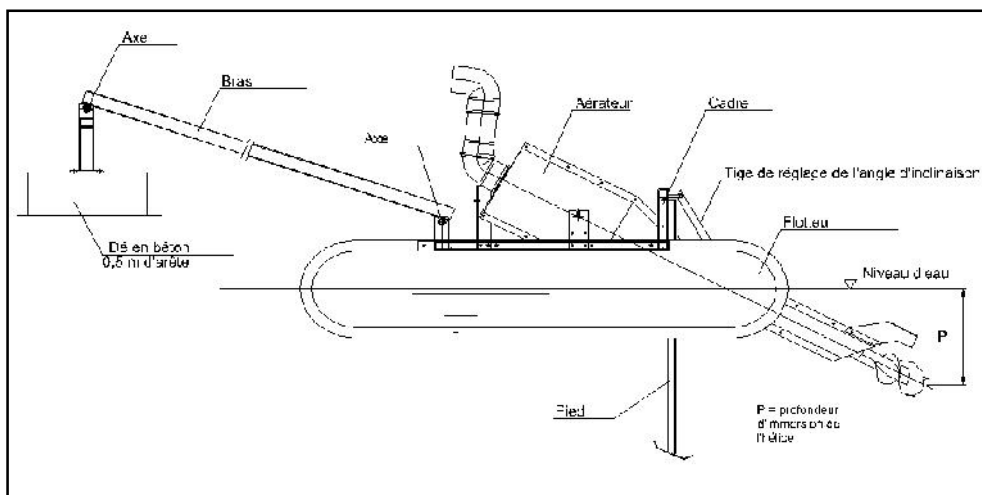
Profondeur moyenne	$P_{MA,2-n}$	m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Surface requise chaque autre bassin maturation	$A_{MA,2-n,rec}$	m ²	3200	4020	5320	6790	8459	10760
		ha	0,32	0,40	0,53	0,67	0,84	1,07
Longueur du premier bassin choisie	L	m	148	148	148	148	148	148
Largeur du premier bassin choisie	B	m	73	73	73	73	73	73
Surface d'un autre bassin	$A_{MA,2-n,unit}$	m ²	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800
Surface des autres bassins $A_{MA,2-n,tot} = n_{ofil} * (n_{obas} - 1) * A_{MA,2-n,unit}$	$A_{MA,2-n,tot}$	m ²	32 410	32 410	32 410	32 410	32 410	32 410
VOLUME d'un autre bassin $V_{MA,2-n,unit} = A_{MA,2-n,unit} * P$	$V_{MA,2-n,unit}$	m ³	16 200	16 200	16 200	16 200	16 200	16 200
VOLUME des autres bassins		m ³	48 620	48 620	48 620	48 620	48 620	48 620
Temps de séjour autres bassins $t_s = A_{MA,2-n,unit} * n_{ofil} * P / Q$	$t_{sMA,2-n}$	j	10	9	8	7	6,3	5,6
Surface total $A_{MA,tot} = A_{MA,2-n,tot} + (n_{obas} - 1) * A_{MA,2-n,unit}$	$A_{MA,tot}$	m ²	44 230	44 230	44 230	44 230	44 230	44 230
Contrôle								
Volume	$V_{MA,Total}$	m ³	66 340	66 340	66 340	66 340	66 340	66 340
SURFACE TOTALE NETTE (RECAPITULATION)								
Bassins aérés	$A_{A,Total}$	m ²	17 672	17 672	17 672	17 672	17 672	17 672
Bassin décantation	$A_{D,Total}$	m ²	5 984	5 984	5 984	5 984	5 984	5 984
Lits de séchage	$A_{LS,Total}$	m ²	9 120	9 120	9 120	9 120	9 120	9 120
Bassin de maturation	$A_{MA,Total}$	m ²	44 230	44 230	44 230	44 230	44 230	44 230
Total	A_{Total}	m²	77 000	77 000	77 000	77 000	77 000	77 000

Annexe VII : Les équipements pour les deux solutions

A. Aérateur de surface de nouveau bassin



B. Turbines rapides montées sur flotteur



Annexe VIII : Coût d'investissement des solutions

Solution 1 : Extension									
Détermination des coûts d'investissement									
Ouvrage			Génie civil			Equipement			Total
		Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA /HT)	Prix total DA HT	Quantité	Prix unitaire (DA) (H.T)	Prix total (DA) (H.T)	Prix total (DA) (H.T)
1 .Dégrillage (fin et grossière, y inclus transport, compacteur, etc.)	Q _{max}	m ³ /h	390	11 300	44 07 000	390	16 000	6 240 000	10 64 7000
2 .Dessableur/Déshuileur (y inclus classificateur, supprimeurs, etc.)	Q _{max}	m ³ /h	390	14 500	56 55 000	390	12 000	4 680 000	10 335 000
4 .Bassin d'aération	V	m ³	5 400	9 600	51 840 000	5 400	4 200	22 680 000	74 520 000
6 .Clarificateurs	V	m ³	1 650	12 000	19 800 000	1 650	5 000	8 250 000	28 050 000
7 .Stations de pompage des eaux usées	Q	m ³ /h	630	0	0	630	9 200	5 796 000	5 796 000
8 .Stations de pompage des boues (boues en retour, boues en excès, boues épaissies)	EH	EH	30 000	1	30 000	30 000	53	2 438 000	2 468 000
9 .Epaississeurs	V	m ³	410	26 300	10 783 000	410	38 000	15 580 000	26 363 000
11. Lits de séchage	V	m ³	1 952	6 500	12 688 000	1 952	1 900	3 708 800	16 396 800
12. Auxiliaires (ouvrage d'entrée, ouvrage de sortie, mesure de débit, échantillonneur, pièces de rechange, d'exploitation, clôture, etc.)	EH	EH	30 000	5	150 000	30 000	95	2 850 000	3 000 000
13. Partie électrique y inclus armoires, câblage et éclairage	EH	EH	30 000	0	0	30 000	600	18 000 000	17 760 000
14. Tuyaux entre les ouvrages	EH	EH	30 000	300	9 000 000	30 000	0	0	9 000 000
15. Aménagements extérieurs, revêtement etc.	EH	EH	30 000	200	6 000 000	30 000	0	0	6 000 000
16. Installation de chantier, topographie, géotechnique, assurances, etc.	Fft	Fft	1	21 550 000	21 550 000	1	0	0	21 550 000
17. Equipement mobile (Tracteur avec pelle chargeuse)	Fft	Fft		0	0	0	0	0	0
18. Piste d'accès	L	ml	1 000	2260	2 260 000	1 000	0	0	2 260 000
19. Acquisition du terrain	A	m ²	20000	270	5 400 000	20 000	0	0	5 400 000
Sous Total HT					129 763 000			89 982 800	219 745 800
Imprévus				17%	22 059 710		17%	15 297 076	37 356 786
TOTAL EN TTC					151 822 710		105 279 876		257 102 586

Solution 2 : Nouvelle station d'épuration (Lagunage aère)										
Détermination des coûts d'investissement										
Désignations des travaux	Génie civil						Equipement			Total
	Unité	Quantité	Volume Unitaire environ!!	Volume total	Prix Unitaire (DA) (H.T)	Prix total (DA) (H.T)	Quantité	Prix unitaire (DA) (H.T)	Prix total (DA) (H.T)	Prix total (DA) (H.T)
1. Installation de chantier 1.1 Installation, repliement, topographie, géotechnique, aménagement du site etc Total instal. de chantier	Fft.	1		1	21 550 000	21 550 000			0	21 550 000
2. Prétraitement 2.1 Dégrillage 2.2 Dessableur Total prétraitement	Fft. Fft.	2 2			2 200 000 5 646 300	4 400 000 11 292 600	2 2	6 308 300 4 926 000	12 616 600 9 852 000	22468600 38 161 200
3. Bassins aérés 3.1 Déblais en masse (< 2,0 m) 3.2 Construction du corps de digues 3.3 Geomembrane (y inclus lit de sable) 3.4 Aérateurs+Oxymètres Total bassins aérés	m³ m³ m³	1 1 1	61 900 31 000 28 850	61 900 31 000 28 850	800 1 100 900	31 200 000 33 330 000 25 965 000	8	1 960 000	15 680 000	15 680 000 125 181 600
4. Bassins décantation 4.1 Déblais en masse(< 2,0m) 4.2 Construction du corps de digues 4.3 Geomembrane Total bassins aérés	m³ m³ m³	1 1 1	18 000 14 400 7 500	18 000 14 400 7 500	800 1100 1000	14 400 000 15 840 000 7 500 000			0 0 0	0 0 0 37 740 000
2. Bassins de maturation 2.1 Déblais en masse(< 1,0m) 2.2 Construction du corps de digues 2.3 Geomembrane (y inclus lit dessable) Total bassins de maturation	m³ m³ m	1 1 1	66 340 34 000 47 000	66 340 34 000 47 000	800 1100 1000	53 072 000 37 400 000 42 300 000				132 772 000
5. Equipement électrique 5.1 Equipement électrique Total auxiliaires	Fft.	1	1			0	1	15 800 000	15 800 000	15 800 000
6. Auxiliaires 6.1 Bâtiments, clôture, ouvrage de sortie... Total auxiliaires	Fft.	1	1	1	7 900 000	7 900 000	1	13 160 000	13 160 000	21 060 000
7. Tuyauterie etc. 7.1 Conduites de répartition et tuyauterie entre les ouvrages (y compris les ouvrages annexes) Total tuyauterie	ml	1	570	570	20 000	11 400 000			0	11 400 000
8. Evacuation des boues 8.1 Tuyauterie et installations 8.2 Lits de séchage Total boues	ml m³	1 1	400 9 120	400 9 120	15 800 6 600	6 320 000 60 192 000	1 9 120	105 300 2 000	105 300 18 240 000	18 345 300 84 857 300
9. Aménagements divers 7.1 Ligne électrique 7.2 Eclairage 7.3 Alimentation en eau potable 7.4 Piste d'accès 7.5 Pistes entre les ouvrages Total aménagement divers	ml no ml ml ml Fft.	1 1 1 1 1	1 000 1 000 1 000 1 000 1 000	1 000 1 000 1 000 1 000 1 000	2700 1 300 5 300 5 300	2700000 1 300 000 5 300 000 6 360 000	1 10	1 400 000 140 000	1 400 000 1 400 000	2 800 000 1 846 000
10. Acquisition du terrain 10.1 Acquisition du terrain Total acquisition du terrain	m²	1	1	80 000	270	21 600 000			0	8 100 000
11. Equipement mobile 11.1 Tracteur avec pelle chargeuse 11.2 Véhicule tout terrain Total équipement mobile	Fft. Fft.	1 2				0 0		4 800 000 600 000	4 800 000 1 200 000	6 000 000 6 000 000
Sous Total						440 328 200			94 253 900	534 582 100
Imprévus	Fft.	1			+17%	74 855 794		+17%	16 023 163	90 878 957
TOTAL EN TTC						515 183 994			110 277 063	625 461 057

Résumé :

La station d'épuration de la ville de Hassi R'mel est de type boues activées (aération prolongée). Elle a été conçue pour 15000 équivalents habitants pour démarrer en 2001. Après quelques années de fonctionnement conforme, actuellement un dysfonctionnement majeur s'est fait distinguer à savoir que la STEP n'arrive pas à couvrir la totalité des eaux usées dont une partie se déverse vers le milieu naturel (bourbier) et cela est due au taux démographique ; il a été fait le point sur l'état actuel de la STEP et son diagnostic ; ce qui a donné lieu à l'étude technico-économique de deux solutions (extension de la station existante et conception d'une nouvelle station). Après comparaison de ces deux solutions du point de vue du rendement technique, de l'environnement, ainsi que des frais d'investissement et d'exploitation, le choix a été porté sur la solution 1 (extension de la station existante) qui présente l'avantage d'être moins coûteuse en plus de son rendement épuratoire.

Mots clés : Taux démographique, technico-économique, extension, conception d'une nouvelle

Abstract:

The sewage treatment plant of Hassi R'mel city is activated sludge. It was designed for 15,000 population equivalent to start in 2001. After a few years of consistent, currently a major malfunction was made to distinguish that the Wastewater Treatment can not cover all wastewater discharges a portion to the natural environment (quagmire) because rate of expansion population growth; it was an update on the current status of the step and its diagnosis; this has resulted in the techno-economic study of two solutions (extension sewage treatment exist and development of a new station). After comparing these two solutions in terms of technical performance, environmental, thus as investment costs and operating, the choice has been focused on the solution 1 (extension) which has the advantage of be less expensive in addition to its treatment efficiency.

Keywords: Population growth, techno-economic, extension, development of a new station.

الملخص :

محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة حاسي الرمل تعتمد على طريقة الحمأة المنشطة (بوأكتيفي)- التهوية المديدة. تم تصميمها لنسبة سكانية تقدر بـ 15000 ساكن و تأسست في سنة 2001 م. بعد سنوات من العمل المنتظم لهذه المحطة أصبحت حاليا في وضعية لا يمكنها أن تغطي كامل مياه الصرف الصحي للمدينة بحيث جزء منها يرمى في البيئة الطبيعية (المستنقع). هذه الوضعية سببها راجع إلى زيادة في النمو الديمغرافي. قمنا بأخذ بمستجدات الوضع الراهن لهذه المحطة و تم تشخيص حالتها. اقترحنا دراسة الفنية و اقتصادي لحلين (تمديد المحطة القديمة و إنشاء المحطة جديدة) بعد دراسة الفنية و البيئية و كذلك التكاليف الاستثمار و التشغيل. سقط اختيارنا على الحل الأول الذي يتميز بأقل تكلفة و أفضل كفاءة.

الكلمات مفاتيح : النمو الديمغرافي ، دراسة الفنية و اقتصادي ، تمديد المحطة القديمة ، إنشاء المحطة جديدة