REPUBLIQUE **A**LGERIENNE **D**EMOCRATIQUE ET **P**OPULAIRE
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Media Dr Yahia farés
Faculté de technologie

En vue de l'obtention du diplôme deMasteren Génie des Procédés
Option : Génie d'environnement

La réutilisation des eaux usées domestiques et la valorisation des boues de la station d'épuration de Hassi R'mel



Proposé par:
Mr. ZIDANE Mohamed**Dirigé par:**
Mr. BELAISSA Yahia

Présenté par :
Mr.MERILI Fouad

Soutenu publiquement le 13 /06/2018, devant le jury composé de :

Mr KERCHICHE Yacine	MCA/Université de Médèa	Président
MrBELAISSAYahia	MAA / Université de Médèa	Promoteur
Mr RAHAL Sofiane	MCB/Université de Médèa	Examinateur

2017/2018

REMERCIEMENT

En premier lieu, nous remercions allah, le tout puissant de nous avoire permis de mener à bien ce modeste travail.

Notre profonde reconnaissance et notre gratitude vont à monsieur BELAISSA Yahia , pour avoir proposer,dirigé et suivi ce mémoire , et pour son soutien permanant.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des membres jury.Pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de participer au jury.

Et à tous ceux qui nous aidés de prés ou de loin pour finaliser ce travail.

DEDICACE

En toute modestie et avec des simples mots pleins de gratitude et sincérité, je dédie ce travail à:

- *Mes chères parents.*
- *Mes frères et mes sœurs.*
- *Toute ma famille et surtout ma grand-mère.*
- *Mon binôme Fouad et toute la famille Merili.*
- *Tous mes amis.*
- *Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*
- *Tous ceux que j'aime.*

ABDERREZAK

Dédicace

Je rends grâce à ALLAH le tout Puissant qui m'a permis d'arriver à ce but.

Je dédie ce modeste travail à :

- ✓ *Mes parents, pour leurs soutient moral.*
- ✓ *Mes sœurs et frères.*
- ✓ *Mes chers amis.*
- ✓ *Toute ma promotion.*

Tous ceux qui me sont chers.

FOUAD

Liste des figures

Figure I.1 : Carte géographique de la région de HR…….…….. 2
Figure I.2 : Répartition des zones industrielles dans le champ de Hassi R'mel…….. 5
Figure I.1 : Schéma de la station d'épuration des eaux usées de Hassi R'mel……. 12
Figure II.1 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement... 16
Figure II.2 : schéma représente la méthanisation ……. 22
Figure III.1 : Evolution du PH de L'eau Brute……. 27
Figure III.2 : Evolution de la Conductivité de L'eau Brute…….. 27
Figure III.3 : Evolution des MES de L'eau Brute…… 28
Figure III.4 : Evolution de la DCO de l'eau brute…… 28
Figure III.5: Evolution de la DBO_5 de L'eau Brute…….. 28
Figure III.6 : Evolution du PH de la Boue en Aération…… 30
Figure III.7 : Evolution des MES de la Boue en Aération……... 30
Figure III.8: Evolution des MS de la boue en aération…… 30
Figure III.9: Evolution du volume de la boue en aération…...……. 31
Figure III.10 : Evolution de l'oxygène dissous de la boue en aération…...……. 31
Figure III.11 : Evolution du ph de la boue recirculée…….. 32
Figure III.12 : Evolution des mes de la boue recirculée…….……... 33
Figure III.13 : Evolution des MS de la boue recirculée…… 33
Figure III.14 : Evolution du volume de la boue recirculée…….. 33
Figure III.15 : Evolution du pH de l'eau épurée……... 35
Figure III.16 : Evolution de la conductivité de l'eau épurée……...……. 35
Figure III.17 : Evolution des MES de l'eau épurée……...……... 35
Figure III.18 : Evolution de la DCO de l'eau épurée……...…… 36
Figure III.19 : Evolution de la dbo_5 de l'eau épurée……. 36
Figure III.20: Le schéma général du chromatographe en phase gazeuse…….… 41
Figure III.21 dispositif expérimental…….. 42
Figure III .22 les bioréacteurs dans l'incubateur à 37°c…….. 42
Figure III.23 : variation du pH en fonction du temps (boue sans dilution)…… 44
Figure III.24 : variation du pH en fonction du temps (boue diluée à 50 %)……. 45
Figure III.25: variation du pH en fonction du temps (boue diluée à 20 %)…… 45
Figure III.26: variation du de matière sèche pendant la digestion pour les trois dilutions ……..... 46

Figure III.27: la production du biogaz cumulée pour la boue sans dilution a 100% 47
Figure III.28 variation de quantité du biogaz en fonction du temps (boue sans dilution …… 47
Figure III.29 : variation de quantité du biogaz en fonction du temps (boue diluée à 50%)…….. 48
Figure III.30 : variation de quantité du biogaz en fonction du temps (boue diluée à 20%) …… 48
Figure III.31 : variation de quantité du biogaz en fonction du temps (boue sans dilution) avec un pH initial ajusté à 8.56…… 49
Figure III.32 l'évolution et la composition du biogaz pendant la digestion pour l'échantillon à boue sans dilution……. 52
Figure III.33 l'évolution et Composition du biogaz pendant la digestion pour l'échantillon à (boue sans dilution) avec un pH =8.56……. 52

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Survie des différents agents pathogènes dans l'environnement……. 20
Tableau II.2: Classification des eaux d'irrigation …….……. 21
Tableau III.1: Résultats d'analyse physico-chimiques de l'eau usée brute de la station d'épuration de Hassi R'mel……... 26
Tableau III.2: Résultats d'analyses de la boue aérée de la station d'épuration de Hassi R'mel……... 29
Tableau III.3: Résultats d'analyses de la boue recirculée, de la station d'épuration de Hassi R'mel……... 32
Tableau III.4: Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau usée épurée de la station d'épuration de Hassi R'mel……... 34
Tableau III.5: Moyennes des résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau épurée de la station d'épuration…… 37
Tableau III.6: Analyses chimiques de l'eau purée…….. 38
Tableau III.7 : Analyses des métaux lourds……. 39
Tableau III.8 : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau usée épurée de la station de Hassi R'mel……... 39
Tableau III.9 : récapitulatif des résultats du suivi de température et du PH et de quantité de biogaz quotidienne et cumulé. ……. 43
Tableau III.10 variation de matière sèche ……. 46
Tableau III.11 récapitulatif des résultats de chromatographie illustrant les relèves quantitatives et qualitatives du biogaz produit dans les quatre digesteurs ……. 50
Tableau III.12 Composition du biogaz pour l'échantillon à 50% de dilution…… 53
Tableau III.13 Composition du biogaz pour l'échantillon à 20% de dilution…… 53

Nom : *Merili*
Prénom : *Fouad*
Option : *Génie del'environnement.*
Matricule : *172010001*

Résumé

Ce mémoire porte sur la réutilisation des eaux usées traitées de la station d'épuration des eaux usées domestiques de la région de Hassi R'mel. Après traitement, ces eaux seront destinées à l'irrigation des espaces verts et plantes ornementales.
Le but de cette étude est de déterminer d'une part les caractéristiques qualitatives et quantitatives des eaux usées traitées de la STEP de Hassi R'mel, de les comparer aux normes et recommandations internationales en matière de valorisation de ces rejets dans le domaine agricole. D'autre part, vérifier une éventuelle réutilisation moyennant des recommandations pratiques, permettant de préserver l'environnement d'une façon générale et la santé publique en particulier de tout impact négatif, engendré par une telle réutilisation.

Abstract:
This thesis focuses on the reuse of treated wastewater treatment plant for domestic wastewater in the region of Hassi R'Mel. After treatment, these waters will be used for irrigation of green spaces and ornamental plants.
The purpose of this study is to determine the one hand the qualitative and quantitative characteristics of wastewater treated in the STEP Hassi R'Mel, compare them to international standards and recommendations relating to the recovery of these releases in the agricultural sector. On the other hand, to verify a possible reuse through practical recommendations for preserving the environment in general and public health in particular from any negative impact caused by such reuse.

الخلاصة
هذه الرسالة تركز على إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي المنزلي لمنطقة حاسي الرمل ,بعد العلاج سيتم استخدام هذه المياه لري المساحات الخضراء و نباتات الزينة.
و الغرض من هذه الدراسة هو تحديد جهة الخصائص النوعية و الكمية من المياه العادمة المعالجة في حاسي الرمل لمقارنتها مع المعايير و التوصيات الدولية ذات الصلة في استعادة هذه البيانات في القطاع الزراعي و من جهة أخرى للتحقيق توصيات عملية للحفاظ على البيئة بشكل عام والصحة العامة و بخاصة من أي أثر سلبي بسبب إعادة استخدام من هذا القبيل.

Introduction générale

L'eau est le milieu interne, universel, essentiel à toute vie qu'elle soit animale, végétale ou humaine. Ce milieu malheureusement subi des modifications ; c'est la pollution des eaux Son importance ne cesse de croitre en raison de la croissance démographique et le développement accéléré des techniques industrielles, cette croissance de la pollution causée par les eaux usées domestiques et les résidus industriels, entrainent des phénomènes toxiques ainsi que des modifications des caractères organoleptiques des eaux des nappes phréatiques et des sources.

En Algérie, la rareté de l'eau, la sécheresse ainsi que l'inégalité de la répartition de l'eau rendent de plus en plus aigue la nécessité de faire face à une demande croissante en eau.

Une gestion rationnelle des ressources en eau ramène à considérer les eaux usées traitées comme une ressource valorisable dans plusieurs domaines, notamment dans le secteur agricole qui est le secteur le plus consommateur d'eau.

Particulièrement à Hassi R'mel, où la diminution des niveaux de réserves de la nappe aquifère du turonien (représentant le réservoir d'accumulation des eaux de pluie) par manque de la pluviométrie en ces deux décennies et la surexploitation pour les diverses utilisations, a orienté la direction régionale de Hassi R'mel vers d'autres sources à savoir :

- Le forage des eaux profondes (barrémien).
- La valorisation des eaux usées traitées de la station d'épuration de Hassi R'mel.

Cette dernière a pour rôle d'éliminer la pollution contenue dans les effluents domestiques, avant leur rejet dans le milieu naturel. Si l'eau, en fin est effectivement épurée, la pollution initiale se trouve en partie stockée et concentrée dans les boues issues des diverses étapes de traitement de l'eau. Ces boues étant alors considérées comme étant un déchet valorisable, qu'il faut éliminer tout en respectant certaines contraintes réglementaires.la gestion, les valorisations et l'élimination de ces boues est problématique au niveau de la STEP de Hassi R'mel. Une solution technique peut permettre de repondre à cette problématique énergétique et environnementale. Il s'agit de la « digestion anaérobie »ou « méthanisation » des boues.

L'objectif de cette étude est donc, d'analyser les différents paramètres physico-chimiques qui régissent les eaux de la station d'épuration (STEP), de vérifier une éventuelle valorisation des boues et des eaux traitées.

I.1 Aperçue de la région de Hassi R'mel :

Hassi R'mel, qui représente la porte du désert algérien, se trouve à 550 km au sud de la capitale, à une altitude moyenne de 760 m. Cette région se situe sur un vaste plateau rocailleux où ne pousse qu'une faible végétation composée essentiellement de buissons et de B'toums (pistachiers géants).

Le climat est caractérisé par une faible pluviométrie (140 mm/an), une humidité moyenne de 19% en été et de 34% en hiver. Les températures varient de –5 °C en hiver à 45 °C en été et les vents dominants sont de direction nord-ouest pouvant atteindre des vitesses de 100 km/h **[1]**.

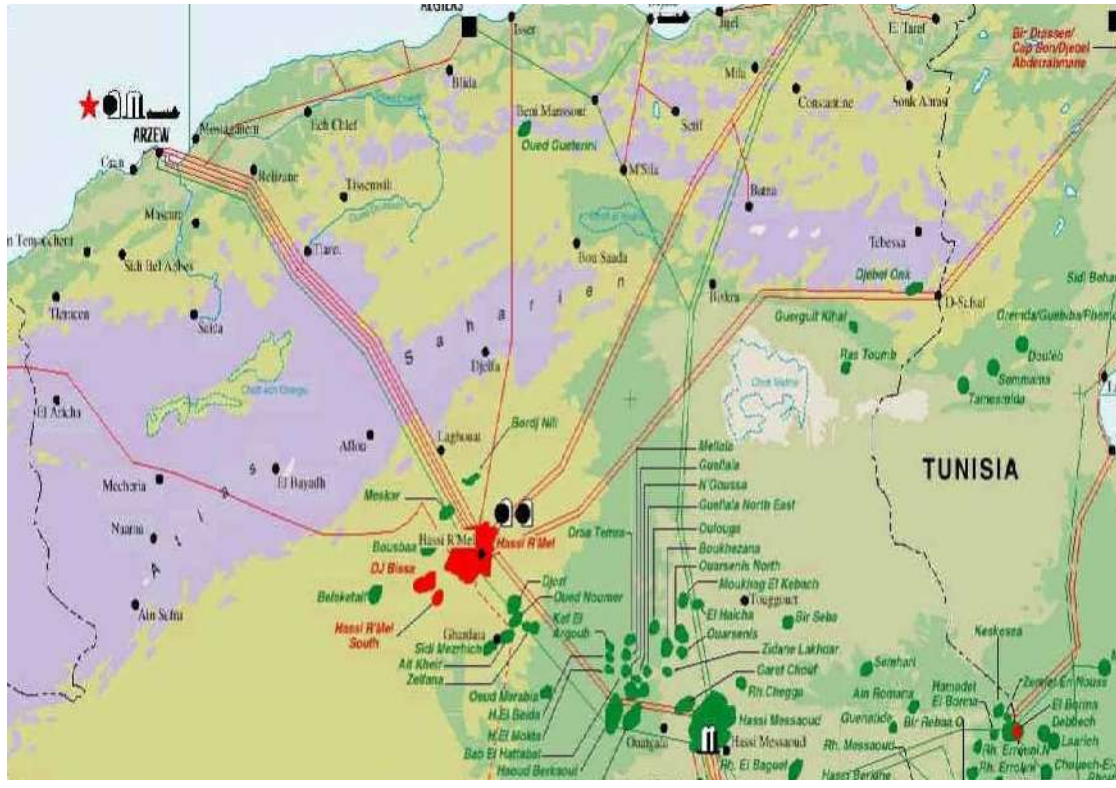


Figure I.1 : Carte géographique de la région de Hassi R'mel(HRM) **[1]**.

I.1.1 Historique du développement du champ de Hassi R'mel

Le gisement de Hassi R'mel a été découvert en 1956 suite au forage du premier puits HR-1, à une profondeur de 2132 m et qui révéla la présence d'un réservoir de gaz humide sous une forte pression (309 bars au fond).

De 1957-1960 furent forés huit autres puits pour la délimitation du gisement et l'évaluation des réserves estimées initialement à 2800 milliards de m^3, sous une superficie de 3500 kilomètres carrés. En 1961, il y a eu la réalisation d'une petite unité de traitement de gaz de 1,3 milliards de m^3 par an. Cette réalisation a coïncidé avec la construction d'une nouvelle usine de liquéfaction de gaz en 1964 dont la capacité était portée à 4,4 milliards de m^3 par an.

Le 24/02/1971 a connu la nationalisation historique des hydrocarbures qui a permis l'augmentation de la capacité de traitement de Hassi R'mel à 14 milliards de m^3 par an.

En 1975, SONATRACH a mis en œuvre un plan directeur de développement pour augmenter la capacité de production à 94 milliards de m^3 par an et maximiser la récupération des hydrocarbures liquides par un recyclage partiel du gaz. La réalisation de ces objectifs a nécessité la mise en œuvre de :

- Quatre usines de traitement de gaz de capacité nominale unitaire de 20.10^9 Sm^3/an de gaz sec, nommées modules (1,2, 3 et 4).
- Deux stations de réinjections de gaz de capacité nominale unitaire de 30 milliards de m^3/an de gaz sec (station nord et sud).
- Un centre de stockage et de transfert du condensât et du GPL (CSTF) avec une capacité de 80000 m^3 de GPL et 285000 m^3 de condensât.
- Mise en place d'un réseau de collecte de plus de 2000 km.
- Construction d'un réseau routier de plus de 400 km pour desservir les puits et les installations de surface.

1985 a connu la réalisation et la mise en œuvre de l'usine des communs pour récupérer les gaz moyenne et basse pression et produire le GPL à partir des modules Zéro et Un.

1981-1993 : Réalisation et mise en œuvre de cinq centres de traitement d'huile brut dénommés CTH 1-2-3-4 pour l'exploitation de l'anneau d'huile de Hassi R'mel.

2000 : Réalisation et mise en œuvre du centre de traitement de gaz HR-SUD.

Le développement final du champ de Hassi R'mel a permis d'atteindre les capacités de production suivantes :

- 100 milliards de m3 de gaz /an.
- 12 milliards de tonnes de condensât /an.
- 2,5 millions de tonnes de GPL /an.
- 700 milles tonnes de pétrole brut /an. **[2]**

La première compagnie géographique inversant dans la région a en lieu en 1951. En 1952 le premier forage de puits d'exploitation proche du Beriane mis en évidence la présence de d'un TRIAS gréseux qui a des caractéristiques d'un excellent réservoir avec une large couverture de TRAIS salifère.

En 1956, la réalisation de sondage de HR1, à une profondeur de 2133 m prouva l'existence d'un gaz humide sous forte pression.

Les sondages qui ont suivi ont confirmé l'existence d'un anti-clinal permettant ainsi d'étudier avec plus de précision les niveaux géographiques, et la nature des fluides in situ.

Pour remédier à la chute de pression due au soutirage, et pour augmenter la production de condensât, un certains nombres de puits injecteurs ont été implanté, au Nord et au Sud de la zone centrale, dont le premier à été fait en 1976.

La présence d'huile à Hassi R'mel fut décelée très tôt avec le forage du puits HR8 en 1958 dans le secteur Sud-ouest du champ.

En 1978, la direction a penché sur le problème de limitation du champ.

Certains puits ont été implantés sur le flanc Sud - Est du champ à Djebel Bissa et Bousdaa ainsi que le puits BSB1à donné des résultats satisfaisants d'huile (12,2 m^3/h) dans les grés argilo gréseux de TRIAS.

En 1970, le puits HR38 sur la périphérie, et dont le but était le développement du gaz, mis en évidence la présence d'une colonne d'huile de 9,5 m d'épaisseur utile dans le niveau A.

Les puits HR5 (154, 166,165) ont confirmé l'existence d'un anneau d'huile économiquement exploitable. **[2]**

I.1.2 Zones Industrielles

Le champ de HRM est réparti en 03 zones : Nord, Sud, et Centre qui représente le chef lieu de la commune et de la daïra de Hassi R'mel. 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 :

a) **Zone Nord : comporte ;** Module 3, Station compression nord, CTH 2, CTH 4, Station déshuilage nord et Station Boosting nord (SBN).
b) **Zone Centre :** comporte; la STEP, Module 0, Module1, Module 4, SRGA, CTH 1, CTH 3, Station déshuilage centre, CSTF, Station Boosting centre (SBC) et le CNDG.

c) **Zone Sud** : comporte ; Module 2, Station compression Sud, HR Sud, Djebel Bissa, CTH Sud, Station déshuilage sud et Station Boosting sud. **[2]**

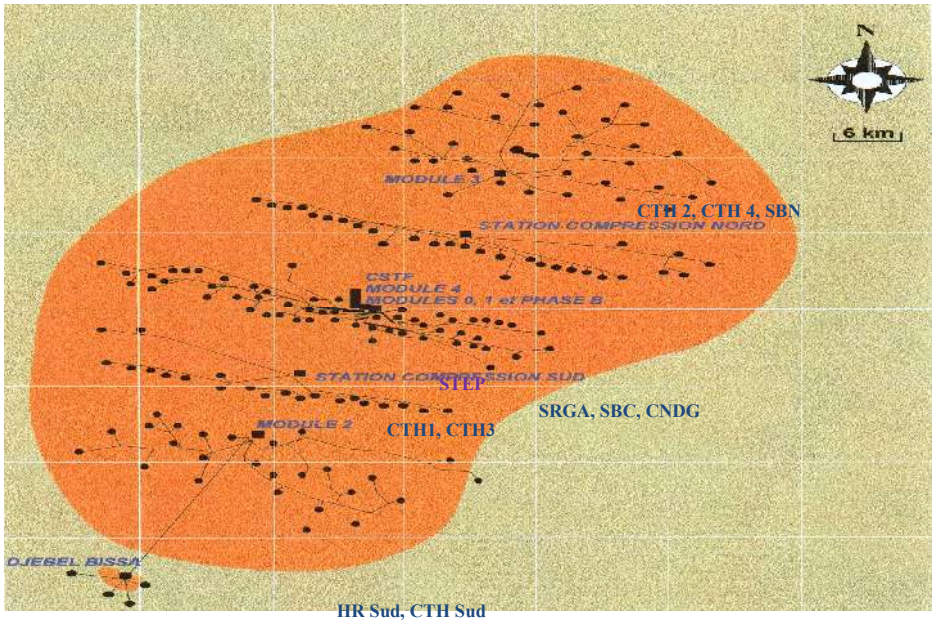


Figure I.2 : répartition des zones industrielles dans le champ de Hassi R'mel. **[2]**

I.2 PRESENTATION DE LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES URBAINES DE HASSI R'MEL

Dans le cadre de la mise en application de la politique de la société nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures (SONATRACH) relative à la protection de l'environnement, la direction régionale de Hassi R'mel a mis en œuvre un programme élevé à éliminer ou à réduire au maximum les nuisances causées par ses activités et services. Pour ce faire, une station d'épuration des eaux usées urbaines a été implantée.

Cette station a été mise en service en 2001, conçue pour 15000 équivalent habitants et concernant les objectifs suivants : Eviter la prolifération des maladies à transmission hydrique, Protéger les milieux récepteurs, Se conformer à la législation et réglementation en matière de la protection de l'environnement, Valoriser les eaux épurées.

I.2.1 Données de base de la station d'épuration de Hassi R'mel

La conception d'une station d'épuration d'eaux usées urbaines est fixée selon un calcul technique et économique comparatif en tenant compte de tous les aspects : ouvrages, appareils, installations, coûts économiques et procédés; ce dernier est choisi en relation avec le degré d'épuration voulu. Les données de base pour la conception de cette station d'épuration sont:

- **Nombre d'habitant**

Il est utilisé pour établir une relation d'équivalence entre les différentes sources de pollutions et le nombre d'habitant. Il est exprimé en équivalent habitant (Eqha).

L'équivalent habitant est définit comme la pollution produite par habitant et par jour**. [3]** Le nombre équivalent habitants est de 15.000.

- **Consommation en eau potable**

C'est la quantité d'eau conventionnelle consommée exprimée en mètre cube par jour, elle est estimé de 3750 m^3 /j.

- **Coefficient de rejet**

C'est le rapport de la consommation d'eau potable sur le débit moyen journalier. Il est exprimé en pourcentage, il est estimé à 80%.

- **Débit moyen (journalier ou horaire)**

C'est la quantité d'eaux usées produites en moyenne qui s'écoulent en un point, exprimée en mètre cube en un temps donnée : soit en 1 heure (débit moyen horaire) qui est estimé à 125 m^3 /h.

- **Coefficient de pointe**

C'est une échelle indiquant amplitude plus ou moins forte de la production d'eau usée pour chaque jour de l'année, il est estimé à 1,92.

- **Débit de pointe horaire**

C'est le produit du débit moyen par le coefficient de pointe, il estimé de 240 m^3 /h.

- **Pollution journalière en (DBO_5 ou MES)**

Elle est définit par la relation qui suit: $C= DBO_5 \times Q$

Avec C : charge de pollution exprimée en Kilogramme de DBO_5 par jour et qui est de 810 kg DBO_5/j.

$C= MES \times Q$

Avec C : charge de pollution exprimée en Kilogramme de MES par jour et qui est de 1,05kg/j.

Q : Débit moyen journalier des eaux usées.

- **Concentration en DBO_5**

C'est la teneur en charge polluante déterminée par la demande biochimique en oxygène pendant cinq jours exprimée en milligramme par litre, elle est estimée à 270 mg/l.

- **Concentration en MES**

C'est la teneur en charge polluante des matières en suspension exprimée en milligramme par litre, elle est estimée à 350 mg/l.

- **Notion de charge**

Celle-ci définit les caractéristiques du réacteur ou turbines.

- **Charge massique**

C'est le rapport de la pollution apportée par unité de masse de boue. Elle est estimée à 0,1.

- **Charge volumique**

C'est le rapport de la pollution entrante par unité de volume du bassin, elle est de 0,351kg/DBO_5/m^3/J.

I.2.2 Description de la procédure de traitement de la station de Hassi R'mel

La procédure du traitement des eaux usées urbaines est définit comme l'ensemble des processus biogéochimiques par lesquels un biotope aquatique pollué retrouve après l'arrêt des rejets et après un laps de temps variable sa pureté initiale. **[3]**

Le but du traitement est obtenir un effluent épuré pour lequel la pollution soit limitée à un degré, tel que le rejet ne crée aucune nuisance à la faune ni à la flore du milieu récepteur

La station d'épuration de Hassi R'mel, qui traite les eaux usées domestiques urbaines de la région centrale, est une station à traitement par boues activées à faible charge et aération prolongée. Ce n'est autre que la reproduction du phénomène d'autoépuration naturel des cours d'eau à l'échelle d'un bassin, qui consiste à la dégradation des charges organiques polluantes sous l'action des micro-organismes et qui exige une quantité d'oxygène, appelée DBO_5 et que l'on exprime en mg d'O_2/l.

Les procèdes par boues activées comportent essentiellement une phase de mise en contacte de l'eau avec le floc bactérien en présence d'O_2 (aération), suivie par une phase de séparation de ce floc. Les eaux usées contiennent généralement une population microbienne naturelle variée.

I.2.3 Les étapes de traitement

- **Prétraitement**

On entend par (prétraitement physique) une série d'opérations qui ont pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules entraînées et de retirer de l'effluent des matières susceptibles de gêner les traitements ultérieurs**.**

a) Arrivée des eaux brutes

Les eaux brutes sont expédiées à partir des deux stations de relevages principales (Hay-Ezouhour et OPGI), acheminées vers les ouvrages de la STEP par deux collecteurs principaux et relevés à l'entrée de la station.

b) Dégrillage

De la station de relevage, 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 m de largeur et comporte deux étapes :

- Dégrillage grossier (à nettoyage manuel) : assuré par une grille d'un espacement entre deux barreaux de 05 cm.
- Dégrillage fin (à nettoyage automatique) : assuré par une grille automatique rotatif de 1,5 mm de passage avec une capacité hydraulique de 430 m^3 /h, et actionné par un moteur de 0,55 kW.

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

c) Dessablage-Déshuilage

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

Cette phase de prétraitement est réalisée dans un canal avec configuration rectangulaire dont la hauteur est de 3,61m, le volume de 45,8 m^3, la vitesse d'écoulement est maintenue à environ 0,3 m/s.

L'eau est aérée par insufflation permettant d'une part la séparation aisée du sable de l'eau qui se dépose au fond puis relevé jusqu'à la trémie et enfin vers les lits de séchage et d'autre part, favorisant l'accumulation des graisses et des huiles en surface, qui sont récupérées dans une zone de tranquillisation et sont déversées dans un puisard à graisses pour être acheminées par pompe au lit de séchage.

- **Traitement biologique**

Un grand nombre de micro-organismes sont capables de métaboliser la matière organique et, par conséquent de conduire à l'épuration des eaux usées chargées en matières organiques biodégradables. On peut classer les micro-organismes en germes aérobies, facultatifs et germes anaérobies.

La majorité des micro-organismes présents dans l'épuration biologique sont de types facultatifs (métabolisme aérobie en présence d'oxygène et anaérobie en absence d'oxygène).

Le traitement biologique permet la réduction de la pollution par l'action d'une masse bactérienne, il est réalisé dans un ensemble complet qui comprend :

- Le bassin d'aération,
- Le bassin de clarification,
- Le poste de recirculation.

a) Bassin d'aération

Les eaux prétraitées sont évacuées gravitairement vers la station de pompage des eaux usées ou ils seront relevés au bassin d'aération.

Le bassin d'aération est de forme circulaire de 28 m de diamètre, sa surface est de 637,6 m^2 la hauteur d'eau prévue est de 3,6 m, il est équipé de trois aérateurs de surface "turbine" à axe vertical

reposant sur une passerelle métallique 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.

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. La puissance d'un aérateur est de 35 kW et la performance des aérateurs est de 92%.

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.

b) Bassin de clarification

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 de 20,5 m de diamètre, sa surface est de 330 m^2et son volume de 977 m^3, la hauteur d'eau prévue est de 2,96 m.

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.

Le floc se sépare de l'eau interstitielle est se dépose sur le radier de l'ouvrage de clarification, tandis que l'eau clarifiée est évacuée par sur verse dans une rigole périphérique.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 dernière seront reprises par l'intermédiaire de

tuyauterie vers la station de pompage et d'un racleur de surface pour l'élimination des flottants.

c) 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 des boues pour être recirculer ou dirigées vers le traitement des boues en fonction de la destination des boues produites.

- **Boues de recirculation**

L'efficacité des procèdes 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 m^3 /h.

Le recyclage des boues permet de maintenir une concentration de micro-organismes nécessaires 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.

❖ **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 m^3/h, soit un volume journalier de 96 m^3/j, sont évacuées vers la filière de traitement des boues.

- **Désinfection des eaux**

L'utilisation ultérieure de l'effluent épuré impose une épuration plus poussée pour l'élimination des germes pathogènes, et des mauvaises odeurs.

L'eau décantée est introduite dans un bassin de stérilisation où s'opère une désinfection par injection de l'hypochlorite de sodium à 47°, provenant d'une unité de chloration qui est constituée par un groupe de dosage comprenant deux pompes doseuses et des cuves de stockage placées dans un local séparé. La concentration en désinfectant est de 1,2 mg/l.

- **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, à cet effet les étapes de la filière de traitement des boues sont comme suit :

a) Epaississement

C'est le premier stade, le plus simple de réduction du volume des boues sans dépense d'énergie notable.

L'épaississeur est destiné à concentrer les boues avant leurs refoulements vers les lits de séchage.

La suspension boueuse est introduite dans un épaississeur équipé de racleur, dont le temps de séjour est élevé (23 heures) de façon à provoquer le tassement des boues. Leur évacuation se fait gravitairement par le fond vers les lits de séchage tandis que le liquide interstitiel est évacué par le haut d'où il retourne vers la station de pompage des eaux usées.

L'ouvrage se présente sous forme d'un cylindre à fond conique et à faible pente, de 5,5 m de diamètre, et d'une hauteur de 3,80 m, sa surface est de 32,75 m^2 et son volume de 91,7 m^3. L'équipement se compose essentiellement:

- D'un groupe de commande posé sur une passerelle,

- D'un arbre vertical tournant à faible vitesse et portant des herses d'épaississement et des raclettes de fond,
- D'un tube central solidaire de la passerelle qui permet l'alimentation en boues de l'épaississement**[4].**

b) 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 m^2.

- Production annuelle des boues : 936 m^3/an.
- Hauteur du lit de boues : 0,4 m.
- Durée de séchage des boues : 20 jours.
- Nombre de rotation annuelle des lits de séchage : 18.

La commande de la station d'épuration peut se faire à distance à partir de la salle de contrôle, équipé d'un PC muni d'un logiciel de commande à distance avec les paramètres de surveillance et de contrôle, ainsi que les schémas du procédé pour la bonne fin d'exploitation de la station d'épuration.

I.2.4.Particularité de la station d'épuration de Hassi R'mel

A l'instar des autres stations d'épuration existantes en Algérie et utilisant un procédé de traitement biologique par boues activées à faible charge. La station de Hassi R'mel respecte les normes préconisées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).Cependant, elle se distingue des autres stations à travers ses installations et ouvrages (modernisés), méthodes d'analyses ainsi que l'automatisation du procédé.

En effet, cette dernière est dotée d'un système de gestion programmable, représenté schématiquement par (La figure I.3)

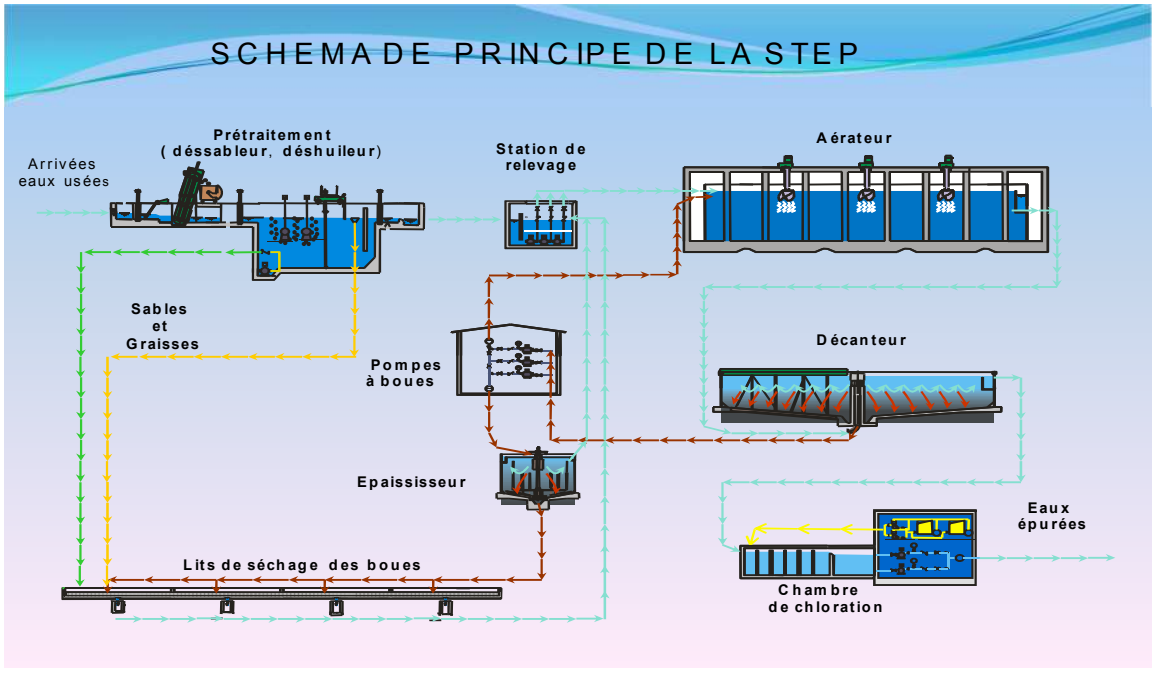


Figure I.3 : schéma de la station d'épuration des eaux usées de Hassi R'mel.

I.2.5 Paramètres de mesures

Pour une meilleure appréciation de la composition des eaux usées, differents paramétre sont mesurés et qu'on classe de la manière suivant :

- **Paramètres physico-chimiques**

a)Température

C'est un paramètre souvent négligé dans les collecteurs urbains, mais qui devrait être plus souvent mesuré surtout dans le cas de rejets industriels dans le réseau. Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration est très sensible à des températures trop élevées, ainsi tout rejet doit être inférieur à 30°C **.**

b) pH

Le pH est un paramètre qui permet d'exprimer le degré d'acidité des eaux usées, sa mesure est très importante pour juger le bon fonctionnement d'une étape de traitement.

b) **Conductivité**

C'est une mesure simple, qui se pratique avec une électrode et fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous. Par comparaison avec la conductivité de l'eau potable, il est ainsi possible de juger rapidement si des apports importants, en particulier industriels, ont lieu dans le réseau d'assainissement**.**

d) Turbidité

La turbidité est la propriété d'une eau d'être d'aspect trouble, sa mesure donne une indication sur la teneur en matières solides en suspension.

e) Les Matières en suspension (MES)

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal.

Les MES, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel.

f) Les Matières Volatiles en Suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles sont mesurées par calcination à 620 °C d'un échantillon, dont on connaît déjà la teneur en MES, elles constituent environ de 70% à 80% des MES **[5].**

g) Les Matières Minérales (MM)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est à dire son extrait sec, constitué à la fois par les matières minérales en suspension et les matières solubles (chlorures, phosphates, etc…)

h) La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène DCO est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau dans des conditions opératoires définies**.**

Le rapport entre DCO/DBO_5 renseigne sur la qualité de la biodégradation, un rapport DCO/DBO_5 inférieur à 2,5 indique une bonne biodégradable.

i) La demande biochimique en oxygène (DBO)

Elle représente la quantité d'oxygène dépensé par les phénomènes d'oxydation chimique, d'une part, et d'autre part la dégradation des matières organiques par voie aérobie, nécessaire à la destruction des composés organiques. En effet, dans un effluent complexe, ces deux types d'oxydation se superposent, d'où le nom de "biochimique". Notons que dans les eaux usées domestiques, ce sont les phénomènes biologiques qui prédominent. La mesure de la DBO reste le paramètre le plus utilisé dans le domaine de l'eau.

- **Les paramètres chimiques (indicateurs de pollution)**

a) Azote

L'azote est mesuré sous différentes formes, les type d'analyses dépendant des formes chimiques recherchées, on peut les diviser en deux grandes familles (pour ce qui concerne l'épuration) : l'azote réduit et l'azote oxydé. Le premier correspond à l'azote organique que l'on trouve dans les eaux

usées provenant notamment des déchets métaboliques (protéines, urée) d'origine humaine.L'azote oxydé se retrouve de façon marginale dans les eaux usées, il s'agit des nitrites (NO_2^-) et des nitrates (NO_3^-), produits de la transformation chimique (oxydation) de l'azote réduit.

b) Phosphore

Le phosphore peut se trouver sous forme minérale ou organique, ces différents composés se trouvent soit à l'état dissous dans la phase liquide, soit fixer sur les matières en suspension et colloïdales .

Dans les eaux résiduaires urbaines le phosphore provient du métabolisme et des détergents, mais cette dernière origine tend à diminuer par la réduction des composées phosphorées dans les lessives

- **Les paramètres biologiques**

La boue activée est constituée essentiellement de bactéries et de protozoaires et parfois de champignons de rotifères et de nématodes.

a) Bactéries

Constituent le groupement le plus important responsable principal de l'élimination de la pollution d'une part, et de la formation des flocons d'autre part.

De très nombreuses espèces de bactéries peuvent participer à la formation des boues activées. La nature des composés organiques qui constituent la pollution influent sur la nature du genre dominant ainsi que les conditions du milieu : pH, T°C, O2 dissous, etc.…

b) Protozoaires

Ce sont des métazoaires microscopiques très connus dans le plancton des eaux douces. Ils possèdent dans la région apical un appareil rotateur, formé de couronnes ciliaires, leur corps comprend trois régions : la tête couronnée par l'appareil rotateur, le tronc, est très souvent couvert d'une cuticule transparente, la lorica, le pied est rétractif qui se termine soit par deux doigts, soit par une sorte de ventouse. Les couronnes ciliaires servant à la nage et à diriger les aliments vers la bouche. Parmi les genres qui existent dans la station d'épuration on a : Keratella cochlearis, ploimides.

c) Nématodes

Ce sont des vers filiformes non segmentés, recouvert d'une couche chitineuse transparente.

II.1GENERALITE SUR LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES

La raréfaction des ressources en eau et la dégradation de leur qualité, constituent un défi majeur pour le XXI^{e} siècle.

La zone industrielle de Hassi R'mel, qui possède des réserves en eau souterraines peu importantes, semble être une région défavorisée (abaissement considérable des niveaux de réserves du Turonien et Barrémien).

Cependant, de même que la plupart des zones industrialisées, elle consomme beaucoup d'eau, et la qualité de ces nappes phréatiques n'est pas toujours bonne (cas du Barrémien).

Afin de préserver la qualité des masses d'eau et pour diminuer les prélèvements dans le milieu naturel, il convient de chercher des approvisionnements alternatifs. La réutilisation des eaux usées épurées, peut constituer l'un de ces approvisionnements, elle recouvre deux notions complémentaires : le traitement puis la réutilisation proprement dite des eaux usées.

Les eaux usées sont toutes les eaux parvenant dans les canalisations des eaux usées dont les propriétés naturelles sont transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe aussi les eaux de pluies qui s'écoulent dans les canalisations, et qui sont acheminées vers la station d'épuration afin d'être traitées **[6]**.

Après traitement, on les appelle communément "eaux usées épurées", dans le cycle d'assainissement de l'eau classique, celles-ci sont rejetées dans le milieu naturel (recharge de la nappe souterraine).

La réutilisation des eaux usées épurées propose de récupérer directement ces eaux usées épurées, de les traiter éventuellement une nouvelle fois et de s'en servir pour toutes sortes d'usages.

La figure II.1 schématise la réutilisation des eaux usées épurées, et montre que celle-ci agit à deux niveaux :

- Evite les rejets des eaux issues de stations d'épurations dans le milieu naturel.
- Constitue un approvisionnement supplémentaire.

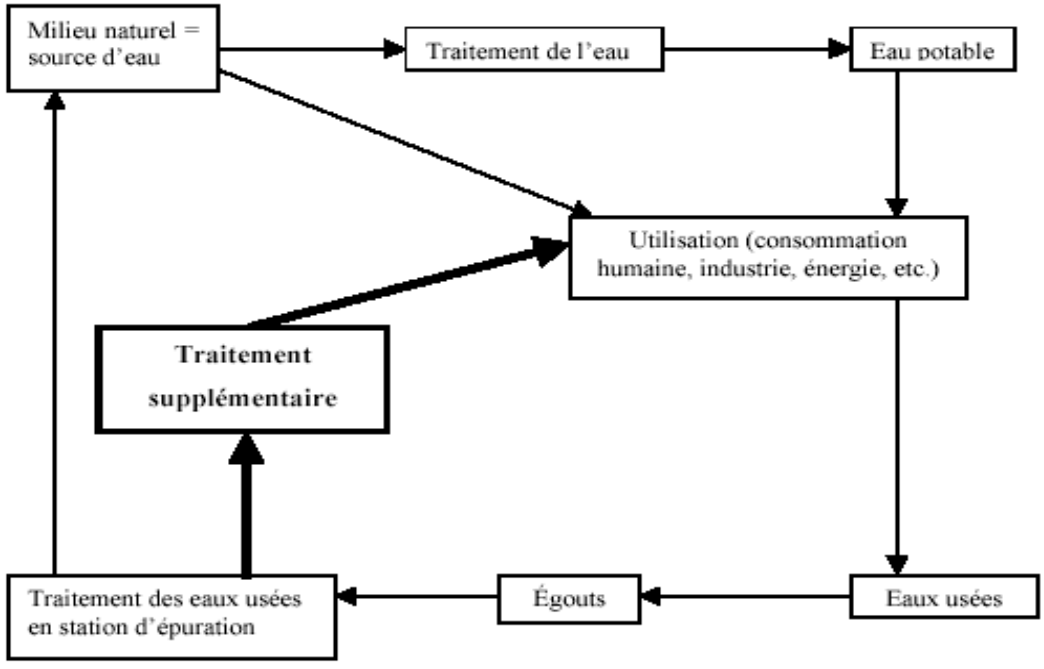


Figure II.1 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le cycle d'assainissement.

II.1.1 Les contraintes liées à la réutilisation des eaux usées épurées

L'utilisation des eaux usées nécessite une collecte, un traitement, un transport et une distribution. Le traitement doit être complété par l'adaptation de la qualité des eaux pour la rende compatible avec l'usage.

a) Les contraintes humaines

Les habitudes locales peuvent influencer l'acceptabilité et le bon déroulement d'un projet de réutilisation.

Les contraintes sociales proviennent aussi des craintes des risques de naissance des odeurs et des contaminations.

Pour la mise en œuvre d'un projet de réutilisation, un effort d'information adéquate et de vulgarisation est nécessaire, l'aspect législatif aussi doit être identifié**. [7]**

b) Les Contraintes liées à la qualité de l'effluent

Des normes commencent a être établies pour les divers usages de l'eau qui précisent les teneurs limites des différents composants qu'elle a dissous ou transportés pour permettre une utilisation sans risque, il en est de même pour de nombreux usages industriels pour lesquels en a établi la liste des corps a ne pas tolérer, et les teneurs à ne pas dépasser. Ces normes guides ou impératives édictées par les organisations internationales (O.M.S-F.A.O) ou par les gouvernements qui fixent l'objectif à obtenir grâce à des traitements appropriés.

Les eaux usées urbaines contiennent des éléments minéraux utilisables en agriculture comme élément fertilisant.

Un excès de fertilisation peut avoir des conséquences néfastes pour les sols, pour cela, les analyses chimiques d'eau usée ne doivent pas être interprétées en tant que telles mais par rapport au sol et aux cultures.

c) Les contraintes liées aux risques infectieux des eaux usées

Les risques infectieux des eaux usées sont dus à la forte charge en micro-organismes très divers introduits dans les eaux usées, cette flore entérique est accompagnée de germes pathogènes.

L'OMS a publié en 1987 des recommandations pour l'utilisation des eaux usées, elles sont basées sur des niveaux de pollution non décelables dans le milieu naturel soit :

- Un œuf de nématode dans un litre d'effluent ou son absence,
- Coliformes fécaux dans 100ml.

Les recommandations de l'OMS ont été arrêtées en fonction du groupe d'individus exposé et le traitement adéquat de l'eau usée à prévoir pour atteindre l'objectif fixé **[7]**.

d) Les contraintes liée au milieu naturel

L'étude du sol est nécessaire pour tout projet de réutilisation, elle permet de :

- Inventorier les principaux types des sols,
- Connaître leurs caractéristiques physiques, hydrodynamiques et chimiques,
- Adapter les doses d'irrigation pour la maîtrise de l'apport d'eau pour les besoins des végétaux **[7]**.

e) Les contraintes lies au réseau de distribution

Un projet de réutilisation des eaux usées traitées, exige parfois l'installation d'un réseau double, pour prendre en charge séparément l'eau potable et l'eau épurée.

Il existe des problèmes spécifiques aux réseaux de distribution qui sont la formation d'un biofilm, la prolifération de légionnelles, et dans une moindre mesure, une contamination au plomb.

Il y a aussi un certain nombre de précautions à prendre pour éviter les confusions entre le réseau d'eau potable et le réseau d'eau réutilisée.

Par définition, la réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles consiste à récupérer les eaux de rejets, suite à un traitement approprié subit dans une station d'épuration, à les stocker et à les utiliser pour irriguer certaines cultures **[6]**.

En sachant que la réutilisation des eaux usées traitées permet la mobilisation d'une ressource potentielle, la valorisation des nutriments qu'elles renferment, l'économie de l'eau potable et surtout la protection des milieux récepteurs, SONATRACH a songé en premier lieu à traiter les eaux usées de la région de Hassi R'mel et en second lieu à les valoriser. L'utilisation des eaux usées traitées est une pratique très répandue dans le monde et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries des ressources en eau.

Dans le bassin méditerranéen, l'utilisation agricole des eaux usées traitées existe et largement répandue aujourd'hui sur le pourtour Sud de la Méditerranée, allant de l'Espagne vers la Syrie**.**

L'élaboration d'un projet de réutilisation des eaux usées traitées repose sur les points suivants

- ✓ le type d'assainissement.
- ✓ le procédé du traitement.
- ✓ la qualité de l'eau et le mode d'irrigation.

On peut citer l'importance de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles dans les cas suivants :

- La réutilisation des eaux usées traitées peut compenser la rareté des ressources,
- Leur affectation à l'usage agricole permet de consacrer les eaux de meilleure qualité aux consommations domestiques,
- La réutilisation des eaux améliore les rendements des cultures car ils sont riches en éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) qui sont importants pour la croissance des cultures,
- La réutilisation des eaux épurées dans l'irrigation apporte des bénéfices financiers (elle peut apporter des fertilisations aux cultures) au lieu de l'utilisation des engrais chimiques (élimination des recours aux engrais chimiques).

II.1.2 Critères de qualité des eaux pour l'irrigation

a) Critères Physico-Chimiques

Les principaux critères pour évaluer la qualité des eaux d'irrigation sont : salinité, Sodium, alcalinité et dureté, concentrations des éléments qui peuvent être toxiques, le pH de l'eau d'irrigation et le fertilisant.

Les deux premiers critères sont d'importance majeure car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol, et provoque des conditions empêchant les racines d'absorber

l'eau, ces condition provoquent une sécheresse physico-chimique, même si le sol semble avoir beaucoup d'humidité, les plantes flétrissent parce que les racines n'absorbant pas suffisamment d'eau pour remplacer celle perdue par évapotranspiration.

- **Salinité**

La quantité et le type de sels présents sont importants pour évaluer si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont le calcium, le magnésium, les sulfates et les bicarbonates. Elle s'exprime en concentration pondérale (mg/l ou ppm) ou en conductivité (µS/cm).

Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par les plantes, une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires **[8]**.

- **Sodium**

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation, le problème principal est qu'une grande quantité de sodium peut dégrader les propriétés physico-chimiques des sols ce qui influe sur la perméabilité du sol et l'infiltration de l'eau.

Le sodium et le magnésium sont exprimés en meq/l.

- **Alcalinité et Dureté**

L'alcalinité est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, en d'autre termes, l'alcalinité mesure la résistance à tout changement de pH, le pouvoir neutralisant de l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonate de calcium et de magnésium dissous dans l'eau, lorsque on ajoute de l'acide pour neutraliser l'alcalinité. La réaction produit de l'eau, du dioxyde de carbone qui se libère dans l'air, ainsi que les cations accompagnateurs (Ca^{++}et Mg^{++}). Donc il est très important de casser cette alcalinité qui empêche le calcium et le magnésium d'être disponibles à la plante.

- **Fertilisant**

Les fertilisant sont les composés de l'eau usées qui sont indispensables à la croissance des végétaux. L'eau apporte de l'azote, du phosphore et du potassium.

- **Les MES et les Graisses**

La perméabilité d'un sol peut être affectée par la présence des MES et des graisses dans l'eau d'irrigation, qui peuvent colmater en surface les pores du sol.

b) Critères de qualité biologique

Les critères de qualité de l'eau traitée et les directives de son utilisation sont les bases essentielles d'une installation réussie de tout projet de recyclage d'eau usée traitée.

Les eaux usées traitées contiennent tous les micro-organismes (bactéries fécales, virus, protozoaires intestinaux, œuf d'helminthes intestinaux).

Les temps de survie des agents pathogènes en eaux usées et dans les sols à une température comprise entre 20°C et 30°C est très élevé pour certain (tableau III.1) **[9]**.

La résistance des micro-organismes aux facteurs environnementaux varie selon les espèces

Tableau II.1 : Survie des différents agents pathogènes dans l'environnement.

Agents pathogènes	Temps des survies (en jours)	
	Dans les eaux usées 20°C à 30°C	Dans les sols à 20°C
VIRUS ENTÉROVIRUS	〈 50	120
BACTERIES COLIFORMES FECAUX SALMONLLA SHIGEHLLA	 〈 30 〈 30 〈 10	 60 60 30
PROTOZOIRES ENTAMOEBAHISTOLYTICA (KYSTES)	〈 15	30
HELMINTHES ASCARIS LUMBRICOIDES (ŒUFS)	Plusieurs mois	〉 une année

II.1.3 Classification des Eaux pour L'irrigation

Pour caractériser les eaux d'irrigation qui repose sur deux critères:

- Le premier est la conductivité électrique CE, ce critère vise à quantifier la charge en sel de solution et par voie de conséquence le risque de salinisation. Les eaux sont classées de C_1 à C_5 selon le risque croissance de salinisation.
- Le second est le SAR (Sodium adsorption Ratio, qui rend compte du rapport entre les concentrations en sodium et en alcalino-terreux, et la conductivité de l'eau appliquée.),

permet d'évaluer le risque de sudation du sol par l'eau d'irrigation. Les eaux sont classées de S_1 à S_4, selon le risque croissant de sodisation.

Ce digramme est très utile et fiable pour caractériser une eau, mais il ne peut pas prendre en compte l'évaluation des caractéristiques de l'eau lorsque sa minéralité augmente dans les sols

Tableau II.2: Classification des eaux d'irrigation **[10]**.

Degré	Qualité	Classes	Observation
1	Excellente	C1-C2	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, et la plupart des sols.
2	Bonne	C2-C1 C2-C2	Utiliser pour l'irrigation des plantes moyennement Tolérantes au sel sur sol ayant une bonne perméabilité. Le problème principal est relatif aux plantes trop sensibles, au Sodium et aux sols à forte capacité d'échange d'ions.
3	Admissible	C3-C1	En général, eau convenant à l'irrigation des plantes tolérantes au sel, sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée. Le problème principal est lié aux plantes trop sensibles au sodium et sures des sols à faible perméabilité.
4	Médiocre	C4-C1 C4-C2 C3-C3	En général, eau fortement minéralisée pouvant être utilisée à l'irrigation de certaines, espèces bien drainée et lessivés.
5	Mauvaise	C3-C4 C4-C3 C4-C4	Eau ne convient généralement pas à l'irrigation, mais pouvant être utilisée dans certaines conditions.

II.2 valorisation des boues

II.2.1Méthanisation

La méthanisation est le processus naturel biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène. Il se retrouve dans les sédiments, les marais, les rizières, ainsi que dans le tractus digestif de certains animaux (termites, ruminants,…). La matière organique dégradée se retrouve principalement sous la forme de biogaz (à plus de 90%). Le reste est utilisé pour la croissance et la maintenance des micro-organismes. La méthanisation joue un rôle important dans le cycle du carbone et pourrait contribuer aux modifications climatiques. Les grandes quantités de méthane présentes sous forme d'hydrate de méthane dans les pergélisols et

dans les sédiments marins, pourraient si elles étaient relarguées brutalement accélérer le réchauffement climatique.

II.2.2Processus biologique :

La méthanisation est assurée grâce à l'action concertée de microorganismes appartenant à différentes populations microbiennes en interaction constituant un réseau trophique. On distingue classiquement trois phases successives : L'hydrolyse et l'acidogénèse ; L'acétogenèse La méthanogenèse .

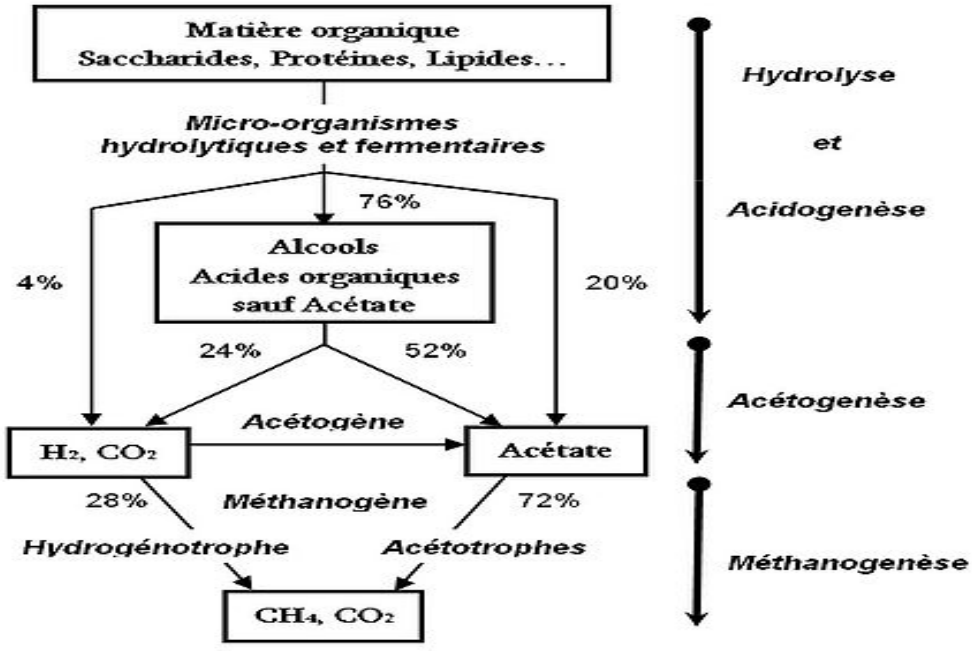


Figure II.2 : schéma représente la méthanisation.

***a)l'hydrolyse et acidogenèse* :**

La matière organique complexe est tout d'abord hydrolysée en molécules simples. Cette décomposition est réalisée par des enzymes exocellulaires et peut devenir l'étape limitante dans le cas de composés difficilement hydrolysables tels que la cellulose, l'amidon ou les graisses. Ensuite, ces substrats sont utilisés lors de l'étape d'**acidogenèse** par les espèces microbiennes dites acidogènes, qui vont produire des alcools et des acides organiques, ainsi que de l'hydrogène et du dioxyde de carbone.

b)L'acitogénèse :

L'étape d'acétogenèse permet la transformation des divers composés issus de la phase précédente en précurseurs directs du méthane : l'acétate, le dioxyde de carbone et l'hydrogène. On distingue deux groupes de bactéries acétogènes:

- Les bactéries productrices obligées d'hydrogène, anaérobies strictes, également appelées OHPA (« Obligate Hydrogen Producing Acetogens »). Elles sont capables de produire de l'acétate et de l'H_2 à partir des métabolites réduits issus de l'acidogenèse tels que le propionate et le butyrate. L'accumulation d'hydrogène conduit à l'arrêt de l'acétogenèse par les bactéries OHPA. Ceci implique la nécessité d'une élimination constante de l'hydrogène produit. Cette élimination peut être réalisée grâce à l'association syntrophique de ces bactéries avec des microorganismes hydrogénotrophes.
- Les bactéries acétogènes non syntrophes dont le métabolisme est majoritairement orienté vers la production d'acétate. Elles se développent dans les milieux riches en dioxyde de carbone. Les bactéries « homo-acétogènes » font partie de ce groupe, elles utilisent l'hydrogène et le dioxyde de carbone pour produire de l'acétate. Elles ne semblent pas entrer en compétition pour l'hydrogène avec les *Archaea* méthanogènes hydrogénotrophes et sont présentes en quantité beaucoup plus faible dans les biotopes anaérobies.

c)La méthanogenèse :

La méthanogenèse est assurée par des micro-organismes anaérobies stricts qui appartiennent au domaine des *Archaea* . Cette dernière étape aboutit à la production de méthane. Elle est réalisée par deux voies possibles : l'une à partir de l'hydrogène et du dioxyde de carbone par les espèces dites hydrogénotrophes, et l'autre à partir de l'acétate par les espèces acétotrophes. Leur taux de croissance est plus faible que celui des bactéries acidogènes.

$$CO_2 + 4\ H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$$

$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2$$

II.2.3Conditions physico-chimique :

La méthanisation est un processus biologique complexe qui nécessite la mise en place de certaines conditions physico-chimiques pour lesquelles la réaction biologique est optimisée. Les *Archaea* méthanogènes sont des organismes anaérobies stricts. Elles se développent de façon satisfaisante lorsque le potentiel d'oxydo-réduction par rapport à l'électrode normale à l'hydrogène (Eh) du milieu est très bas (-300 mV). La méthanisation a généralement lieu en régime mésophile (30-40°C) ou thermophile (45-60°C), dans une gamme de pH comprise entre 6 et 8 avec un optimum entre 6,5 et 7,2. Les *Archaea* méthanogènes ont des besoins en oligo-

éléments particuliers comme le fer, le molybdène, le nickel, le magnésium, le cobalt, le cuivre, le tungstène et le sélénium. La pression partielle d'hydrogène doit rester en dessous de 10^{-4} bars en phase gazeuse.

II.2.4Méthanisation et dépollution :

La méthanisation, en tant que bioprocédé, peut être mise en œuvre dans un digesteur, pour dépolluer des rejets chargés en matière organique tout en produisant de l'énergie sous forme de méthane. La méthanisation permet de traiter des rejets aussi divers que les eaux usées, les boues de stations d'épuration, les déjections animales, les déchets de l'industrie agro-alimentaires, les ordures ménagères, les déchets agricoles, etc. La méthanisation avec valorisation du biogaz produit (production d'énergie thermique et/ou électrique par combustion du méthane) a toute sa place parmi l'ensemble des diverses solutions de production d'énergie renouvelable en permettant d'atteindre deux objectifs complémentaires : produire de l'énergie tout en réduisant la charge polluante des déchets et des effluents organiques et également, selon la nature du produit de départ, produire un digestat stabilisé utilisable comme fertilisant ou amendement organique.

Aujourd'hui les principales applications industrielles bénéficiant des apports de la méthanisation pour le traitement de leurs rejets sont identifiées par l'Agence gouvernementale De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) comme étant : la digestion agricole (déjections animales), la digestion des déchets solides ménagers et assimilés (biodéchets), la digestion des boues d'épuration urbaines et la digestion des effluents industriels. Concernant ce dernier domaine d'application, la méthanisation est un traitement très compétitif par rapport à l'épuration aérobie. Elle est appliquée principalement pour traiter les effluents des industries agroalimentaires fortement chargés et les effluents de la fermentation.

L'utilisation du méthane, produit à partir de la méthanisation des boues de station d'épuration, pour le fonctionnement des bus urbains connaissent un essor important. L'amélioration et la réduction des coûts des techniques de séparation membranaires des gaz devraient permettre d'envisager la possibilité d'une purification du biogaz sur le site de production.

II.2.5Méthanisation des effluents liquides:

La méthanisation permet de traiter les effluents liquides, même lorsqu'ils sont chargés en matière en suspension. C'est par exemple le cas des effluents d'élevage, et des boues d'épuration (souvent des boues mixtes qui rassemblent les boues primaires et les boues biologiques). La méthanisation est également largement appliquée au traitement des effluents agro-alimentaires[2]. Ces matières de base dont on dispose en général de façon régulière peuvent être complétées de divers déchets organiques, et en particulier de graisses dont le pouvoir méthanogène est fort (issues par exemple d'abattoirs, ou du prétraitement des stations d'épuration). L'état liquide du mélange permet un brassage pour obtenir une bonne homogénéité de la matière et de la température. La méthanisation des effluents s'est appuyée sur le développement des procédés granulaires, dans lesquels la biomasse anaérobie est structurée en agrégats très denses, les granules.

II.2.6La méthanisation des déchets solides :

La méthanisation des déchets solides s'applique à la plupart des déchets organiques :

- Municipaux : déchets alimentaires, journaux, emballages, textiles, déchets verts, sous-produits de l'assainissement urbain ;
- Industriels : boues des industries agroalimentaires, déchets de transformation des industries végétales et animales, fraction fermentescible des déchets industriels banals
- Agricoles : déjections d'animaux, substrats végétaux solides.

On parle généralement de méthanisation solide lorsque les déchets à digérer ont un taux de matière sèche au-dessus de 15-20%. Depuis une trentaine d'années, les installations industrielles traitant ce type de déchet ont montré leur rentabilité économique. Selon leur provenance, les déchets peuvent subir un prétraitement tel que : séparation, triage, réduction de la taille par broyage, criblage par la taille ou pasteurisation.

Le « digestat » sortant du digesteur ou réacteur est un déchet traité et stabilisé. L'amendement organique de ce résidu issu de la méthanisation de déchets fermentescibles est comparable à un compost et peut être utilisé pour des cultures alimentaires ou non alimentaires comme les espaces verts selon la réglementation, la nature des produits traités et les analyses de ce digestat. Les normes ; encadrent la valorisation agronomiques des digestats "urbains" (déchets verts, biodéchets issus des ordures ménagères) et des digestats de boues d'épuration.

III. Description de l'unité gaz plant (Unité 300) [1]

III.1 Section de déethanisation et de séparation de propane, butane

Cette unité permet d'obtenir le propane et le butane commerciaux. Sont alimentation est un mélange de gaz liquéfiés provenant du colonne de stabilisation de l'unité de Distillation Atmosphérique et de l'unité de Reforming Catalytique. Elle est constituée par des produits légers tels que le méthane, le propane, le butane et une très légère quantité de pentane. Du réservoir de stockage D-301, la pompe P-301 refoule dans l'alimentation du dééthaniseur C-301 par l'une des 3 trois entrées de cette colonne qui se situent au niveau des plateaux 11 , 13 ou de la section conique . La séparation effectuée consiste à enlever la charge des composés dits incondensables, c'est – à - dire H_2, CH_4 et principalement C_2H_6, pour ne laisser au fond de la tour qu'un mélange de propane et de butane dont la séparation ira s'effectuer dans la colonne C-302.

L'apport de chaleur nécessaire à l'opération de déethanisation est assurée par le rebouilleur E 302 chauffé par le solvant lourd refoulé par la pompe P-106, alors que l'équilibre thermique de la colonne est obtenu en envoyant vers cette tour un reflux froid au moyen de la pompe de reflux P 302.

Le produit de tête de la colonne se condense partiellement dans le condenseur E-301 A/B avant d'être recueilli dans le ballon D 302. La partie liquide est renvoyée comme reflux froid, alors que la partie vapeur se dirige vers le réseau de gaz de chauffe des unités.

Du fond de la colonne C-301 sort le mélange C3 , C4 dééthanisé pour aller vers le splitter (C3 , C4) de C 302 où s'effectuera la séparation propane , butane . La colonne C - 302 contient 30 plateaux avec deux entrées d'alimentation possibles au niveau des plateaux 17 et 13.

Le propane quitte la colonne à l'état vapeur, se condense totalement dans le condenseur E-303, et est recueilli dans le ballon de recette D-303 pour être envoyé ensuite dans la section des tamis moléculaires par la pompe P-305. Le butane soutiré du rebouilleur E-304, refroidi dans E-305 AR, est envoyé à la section des tamis moléculaires voir la **figure III.1**.

III.2 Section des tamis moléculaires

Le rôle de cette section est de débarrasser le propane et le butane des produits sulfureux et de l'eau éventuellement entraînée pour les rendre utilisables dans le commerce .Les tamis moléculaires se présentent sous forme de lits adsorbants qui fixent sélectivement l'eau et les composés sulfurés.

Deux réacteurs sont prévus pour chaque produit à désulfurer, dont un seul est en opération alors que l'autre est en régénération. Le cycle de l'opération peut être résumé ainsi :

Le propane ou le butane, est admis de haut en bas et à 38°C dans le réacteur en opération C303A ou D305 pour C3, C303 B ou D307 pour le C4.

A la sortie du réacteur, le propane ou le butane, se trouve débarrassé des produits sulfurés et de l'eau, et est envoyé au stockage sous contrôle de pression PC-302 pour le propane et PC- 301 pour le butane.

La régénération des lits des réacteurs se fait au moyen d'un gaz chaud exempt d'oxygène. Le gaz utilisé ici est de Hassi-R'mel. Il sera chauffé successivement dans E-307 par échange avec l'effluent chaud de la régénération et dans E-308 par échange avec le résidu chaud venant de la distillation atmosphérique.

L'adsorbant régénéré est ensuite refroidi par vaporisation, obtenue par détente dans le réacteur, du propane ou du butane épuré.

Pour terminer il est à signaler que lorsque l'analyse d'échantillons de propane et de butane révèle que ces produits n'obéissent plus aux spécifications requises ils sont envoyés dans le vaporisateur E- 218 chauffé à la vapeur et de là vers le réseau de fuel gaz.

III.3. Condition de contrôle

III.3.1 Dééthaniseur C-301

- **Alimentation**

Le débit d'alimentation est contrôlé par l'enregistreur et régulateur de débit FRC-301 placé sur le refoulement de la pompe P-301 de charge de la colonne.

- **Condition de fond**

La température est contrôlée manuellement en fixant le point de consigne de l'enregistreur et régulateur de température TRC 302.

Lors de l'arrêt de l'unité de distillation, la température sera fixée par le FRC-306 placé sur la ligne de vapeur d'eau à basse pression.

La température du plateau 4 est vérifiée par l'enregistreur de température TR-302. Le niveau est contrôlé par l'enregistreur régulateur de niveau LRC-301 dont la vanne est placée sur la ligne de fond alimentant le splitter C3, C4.

- **Equilibre thermique**

L'équilibre thermique est contrôlé par l'enregistreur et régulateur de débit FRC-302 placé sur le refoulement de la pompe de reflux P-302.

- **Pression**

Le contrôle de la pression est assuré par l'enregistreur et régulateur de pression PRC-301 dont la vanne est placée sur la ligne de sortie des gaz du ballon D-302. Le contrôle de

niveau dans ce ballon est réalisé par LIC-301 qui permet à une partie du gaz de la colonne de by passer le condenseur E-301 A/B.

III.3.2 Splitter C3-C4

- **Condition de fond**

La température du fond de la colonne est contrôlée manuellement en fixant le point de consigne de l'enregistreur et régulateur de débit FRC-308.

Ce régulateur est placé sur la ligne d'arrivée du kérosène chauffant le rebouilleur E-304.Lors d'un arrêt de l'unité de distillation atmosphérique cette température sera réglée par le régulateur FRC-307 placé sur la ligne d'arrivée de vapeur d'eau à basse pression. La température du plateau 5 est constamment vérifiée par l'enregistreur de température TR-304.
Le fond de la colonne ne contient pas de liquide .C'est dans le rebouilleur E-304 qu'est contrôlé le niveau du butane par le régulateur LC-302. La vanne régulatrice se trouve sur la ligne 0.32 006BA de butane liquide allant vers la section des tamis moléculaires.

- **Équilibre thermique**

L'équilibre thermique est assuré par le FRC-305 placé sur le refoulement de la pompe de reflux P-303.

- **Pression**

La pression est contrôlée par le PRC-302, du type Split range à deux vannes régulatrices une de ces vannes, la PRCV-302A est placée sur le by-pass de gaz chaud allant vers le ballon D-303, l'autre, la PRCV-302 B se trouve sur la ligne de gaz de purge de ce ballon. En cas de diminution de pression la vanne de by-pass s'ouvre pour amener du gaz chaud et rétablir la pression, alors que dans le cas d'une augmentation de pression les incondensables sont purgés par la vanne PRCV-302 B.

Le niveau dans le ballon D-303 est contrôlé par l'indicateur et régulateur de niveau LIC-302. La vanne régulatrice est placée sur le refoulement de la pompe P-305.

Un enregistreur de débit FR-303 permet de surveiller le débit du propane allant vers la section des tamis moléculaires.

III.3.3 Tamis moléculaires

Le contrôle des différents circuits dans cette section est le suivant :

- **Réacteur en adsorption**

- Température :

Aucun contrôle n'est prévu pour la température .l'opération d'adsorption des produits sulfurés a lieu à la température des produits sortants des réfrigérants.

- Pression :

La pression est contrôlée par les régulateurs de pression PC-301,pour le butane épuré, et PC-302 , pour le propane .les vannes régulatrices sont placées sur les lignes qui vont vers le stockage des produits.

- **Réacteurs en régénération**

- Température :

La température du gaz de régénération (gaz Hassi-R'mel) est contrôlée par l'indicateur et régulateur de température TIC-351 dont la vanne régulatrice est placée sur la ligne de résidu chaud de la distillation atmosphérique.

- Débit :

Le débit de gaz de régénération est contrôlé par les enregistreurs et régulateurs de débit FRC-351 pour le butane et FRC-352 pour le propane placés sur les lignes amenant ce gaz vers le réacteur. Le débit de butane utilisé pour le refroidissement est contrôlé par HCV-353, celui du propane par HCV-354.

- Pression :

La pression du gaz de purge éliminant les produits restant dans les réacteurs est contrôlée par les indicateur et régulateur de pression PIC-351 pour le butane PIC-352 pour le propane.

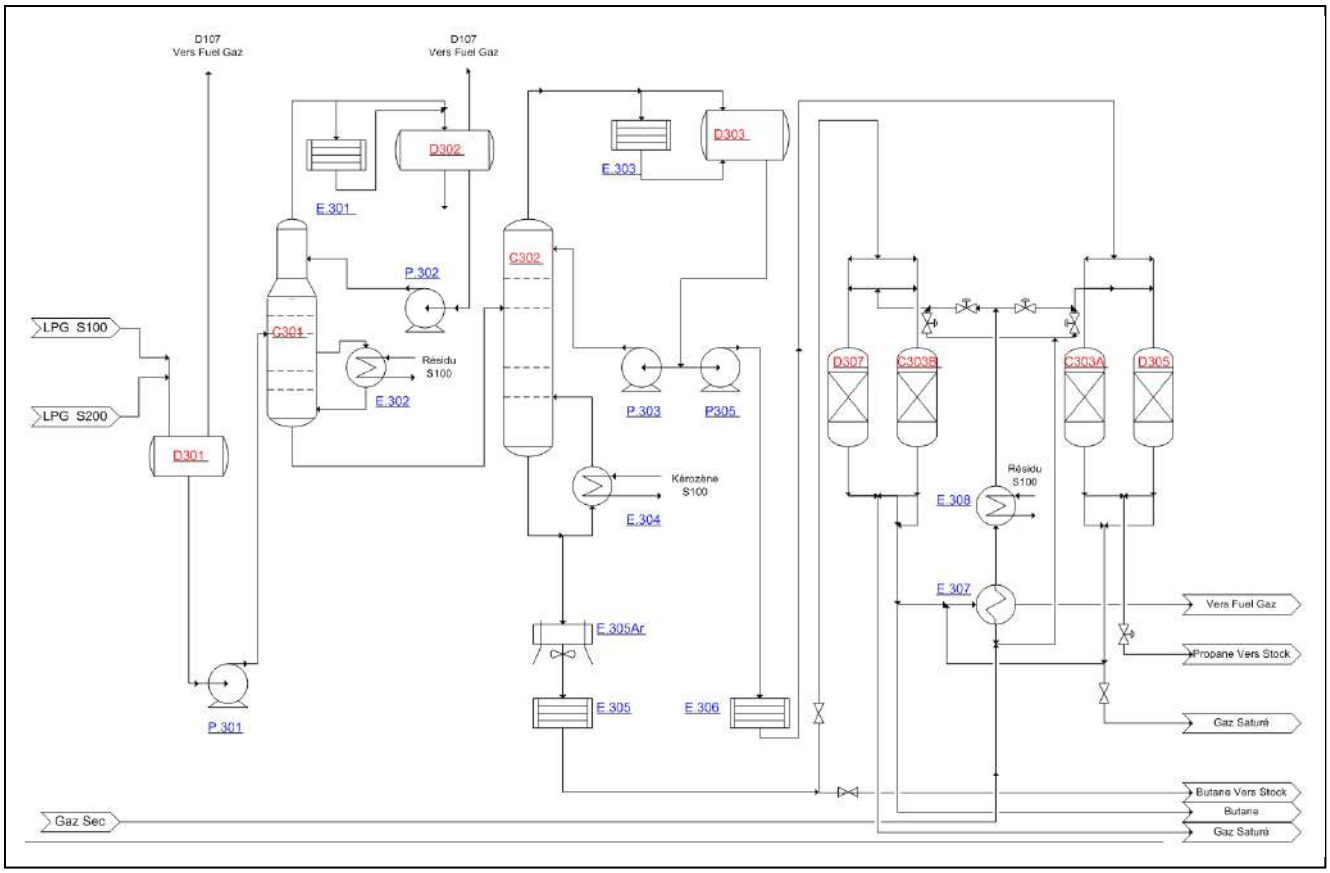


Figure III.1 : *Schéma de l'Unité Gaz plant*

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMENDATIONS

Compte-tenu des éléments présents dans les eaux usées, la réutilisation d'une eau de mauvaise qualité peut présenter des risques pour la santé et l'environnement, et poser des problèmes d'ordre technique en colmatant les conduites et les systèmes d'irrigation.

Du point de vue sanitaire, la quantité de contaminants qui parvient dans l'environnement est appelée la charge excrétée, sa composition dépend de la population à l'origine de la production des eaux usées, et notamment de la proportion d'individus infectés et des conditions d'hygiène.

Pour les eaux traitées de la station d'épuration de Hassi R'mel, la charge excrétée est considérablement réduite, grâce à la performance des installations de traitement.

Les résultats d'analyses de l'effluent traité, respectent les normes les plus rigoureuses en matière de valorisation dans le domaine urbain et/ou agricole. A cet effet, nous suggérons la réutilisation de ses eaux dans :

- L'irrigation des espaces verts et terrains de sport, et les bases de vies SONATRACH.
- Les eaux sanitaires des bases de vies SONATRACH.
- Lavage des voiries.
- Les travaux de construction en génie-civil.
- Réseaux anti-incendie des bases de vies et installations industrielles.
- Recharge de la nappe du turonien.

A chaque usage possible, il ya un risque sanitaire particulier, pour ce, nous recommandons les précautions suivantes :

- Pour prévenir le risque légionnel, il faut surveiller le système de distribution (éviter la présence de conduites près de chaudières par exemple) et veiller à maintenir la température de l'eau au-dessous de 25°C ou au-dessus de 60°C, températures limites de leur développement.
- Maintenance périodique des réseaux (nettoyage, débouchage,…).
- L'irrigation par aspersions à bannir, car elle favorise la dispersion des germes pathogènes (l'irrigation de surface et/ou souterraine, est la plus recommandée).

- Information du public (du non potabilité de l'eau par des panneaux (arabe, français).
- Marquage du réseau (dans certains états américains, les réseaux d'eau réutilisée sont peints systématiquement en violet (on peut également colorer l'eau elle-même).
- La maintenance des réseaux d'irrigation doit être assurée par des professionnels (on doit limiter au maximum l'accès du public au réseau).
- L'accès aux conduites et aux canalisations doit être strictement réservé au personnel qualifié (qui connaît les règles d'hygiènes et de sécurité).
- Les zones accessibles au public doivent être arrosées de nuit, ou en dehors des heures d'ouverture.
- Eviter les connexions accidentelles entre le réseau d'eau potable et le réseau de réutilisation des eaux traitées de la station d'épuration (la ségrégation entre les deux réseaux doit être complète).
- Des contrôles réguliers de la qualité de l'eau doivent être faits pour détecter ces connexions accidentelles.
- La qualité esthétique est importante : la présence de mousse, d'algues, etc. est à éviter (mauvaise perception de la part du public).
- Le contrôle de performances des ouvrages d'épuration doit être réalisé par des laboratoires compétents et devront porter sur les paramètres microbiologiques et sur les substances nutritives, (ils doivent avoir lieu au moins une fois par trimestre).
- Le contrôle des règles d'hygiène fixées en irrigation sera assuré par un audit environnemental (interne et externe à SONATRACH).
- La recherche d'autres micropolluants sera effectuée en fonction de la nature des déversements en amont.
- La formation des exploitants et des contrôleurs (les personnels d'exploitation des réseaux), les agents chargés du contrôle ou de l'assistance technique aux exploitants de station d'épuration et éventuellement les agents de laboratoire agréés devront recevoir une formation adaptée (hygiène, risque sanitaire, qualité des eaux, autocontrôle, analyse…).

Références bibliographiques

[1] Fiche technique de la région de Hassi R'mel, 2002.

[2] Revue information SONATRACH, 2004.

[3] Slim Zekri,Lamia Ghezal ,Tahar Aloui,Kamel Djebbi. « Les externalités négatives de l'utilisation des eaux usées traitées en agriculture », Séminaires Méditerranéen, (2002).

[4] Gaid Abdelkader « Epuration biologique des eaux usées urbaines », Tome 1, 1984.

[5] JEAN RODIER « L'analyse de l'eau, les eaux résiduaires, eau de mer », DUNO ,8éme édition, PARIS ,1996.

[6] Mechkour Naceredine « La réutilisation des eaux usées en irrigation », Mémoire de troisième cycle, France.

[7] Office international de l'eau « La réutilisation des eaux usées en irrigation », juin 1994.

[8] Innovation « le traitement des eaux résiduaires urbaines et industrielles », Tech tendances, étude technologique édition : 1992.

[9] Techniques de l'ingénieur. Ed. ISTRABL, France.

[10] DEGREMONT Mémento technique de l'eau, 9ème édition Lavoisier, paris, 1989.

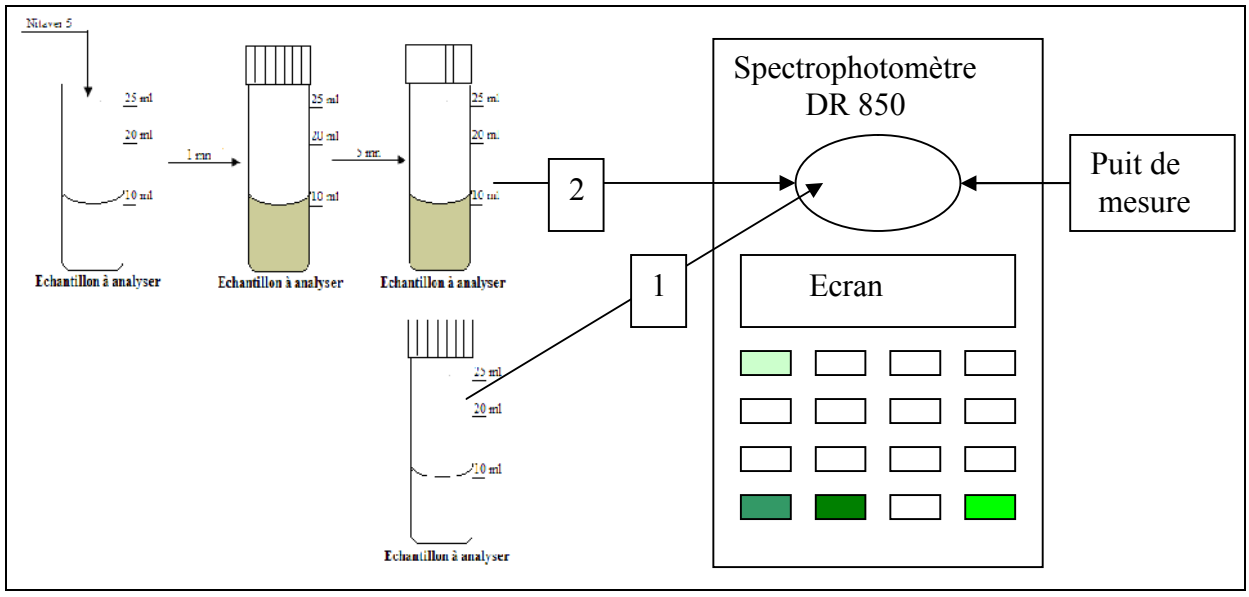


Schéma-1 : Mode opératoire pour la détermination des nitrates (NO_3^-)

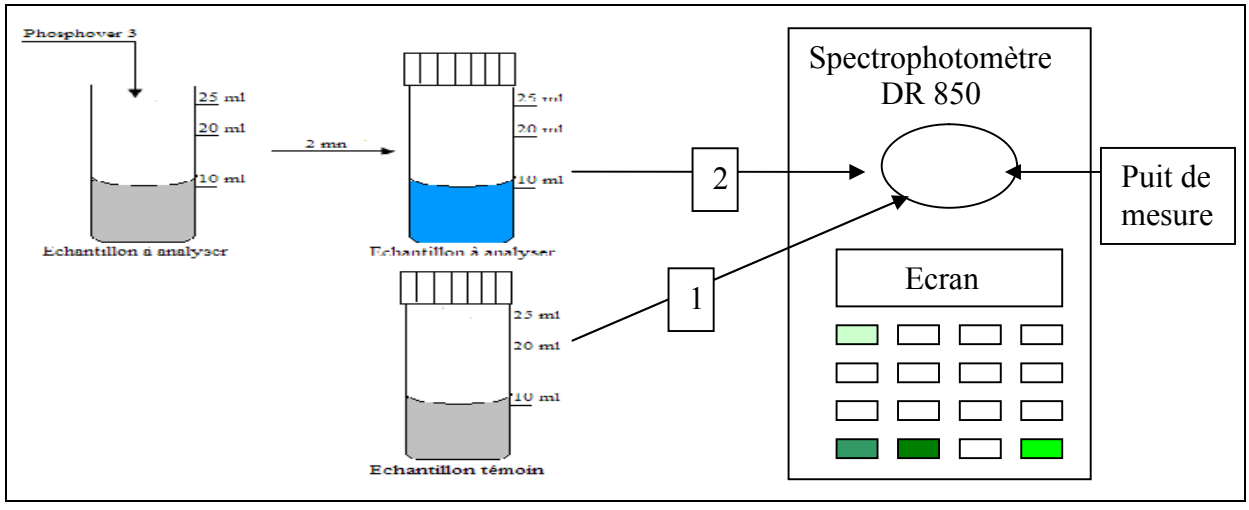


Schéma-2 : Mode opératoire pour la détermination des phosphates (PO_4^{3-})

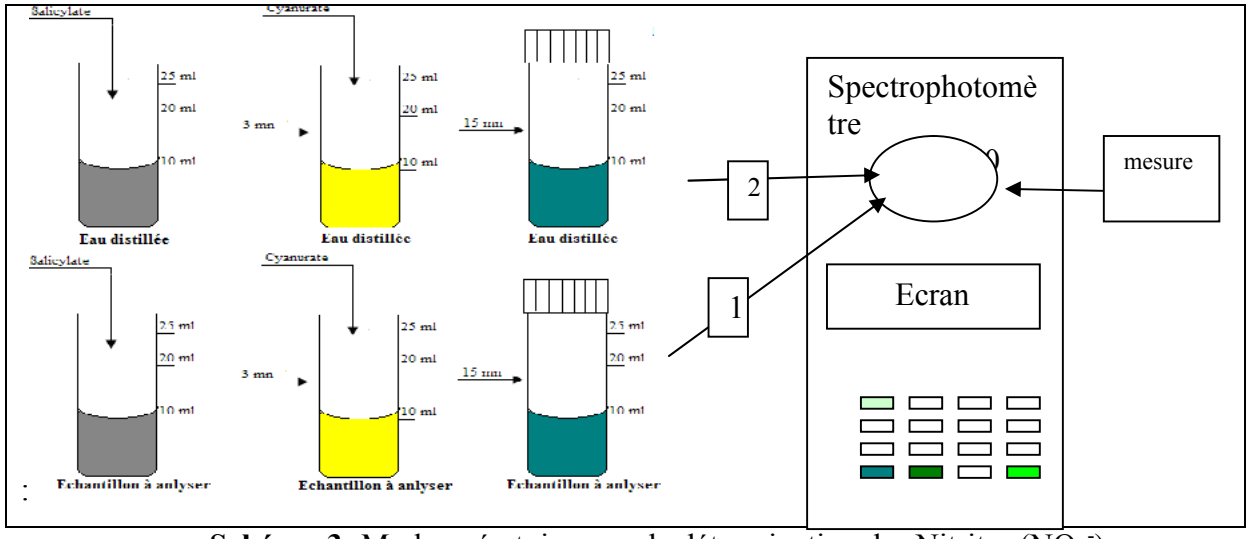


Schéma-3: Mode opératoire pour la détermination des Nitrites (NO_2^-)

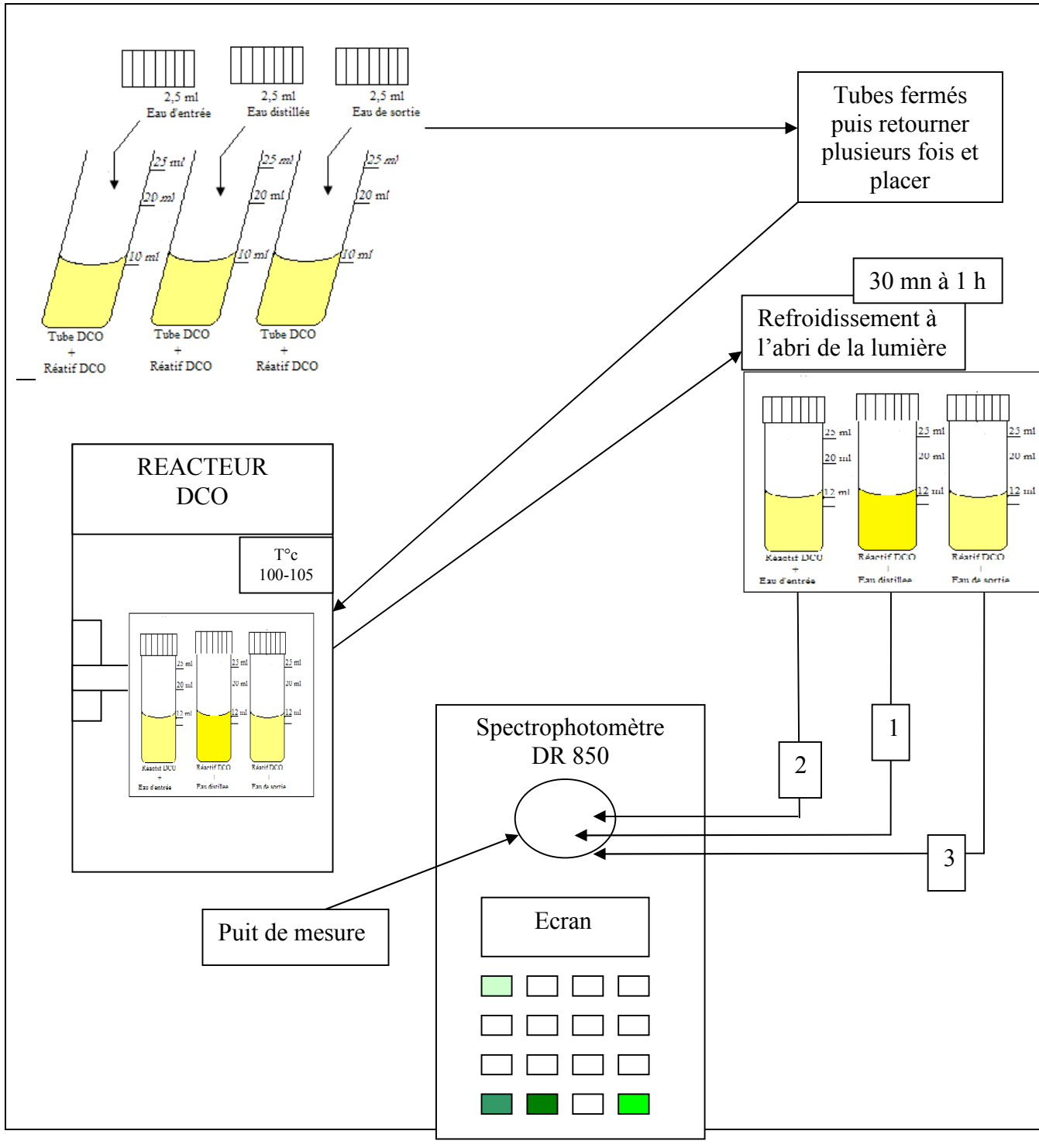


Schéma-4 : Mode opératoire pour la détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

Modes opératoires des analyses

1) mesure du pH par électrométrie:

Nous avons utilisé le pH-mètre.

Mode opératoire:

Préalablement, nous rinçons le bécher, la pipette ainsi que la sonde du pH-mètre à l'eau distillée.

- Nous homogénéisons le prélèvement.
- Nous prélevons à l'aide d'une pipette, une prise d'essai de 50 ml dans le prélèvement et l'introduisons dans le bêcher rincé.
- Nous rinçons abondamment la sonde (électrode) avec l'eau distillée.
- Nous introduisons la sonde (électrode) dans l'échantillon à analyser.
- Nous mettons en marche le pH-mètre en pressant la touche (Power), puis nous utilisons les touches de direction pour se déplacer dans le menu afin d'atteindre la commande mesure ensuite, nous appuyons la touche (Entrer) correspondant à la mesure de pH.
- Nous agitons verticalement la sonde dans l'échantillon d'analyse afin de chasser les bulles d'air entre les électrodes, ensuite, nous procédons à la lecture de la valeur affichée par le pH-mètre après stabilisation.

2) mesure de la conductivité:

Mode opératoire:

Pour cette analyse nous avons utilisé le conductimètre (Crison, CLP31-32), ce dernier permet de mesurer la conductivité ainsi que la température de l'échantillon à analyser. Il est équipé de deux sondes. Une sonde mesure la conductivité de l'échantillon à analyser l'autre mesure sa température.

Préalablement, nous rinçons le bécher à l'eau distillée.

- Nous homogénéisons les prélèvements.
- Nous prélevons à l'aide d'une pipette une prise d'essai de 50 ml pour chaque prélèvement et l'introduisons dans le bêcher.
- Nous rinçons abondamment la sonde (électrode) avec l'eau distillée.
- Nous Introduisons la sonde (électrode) dans la solution à analyser.

- Nous Pressons la touche POWER, puis nous utilisons les touches de direction pour se déplacer dans le menu ensuite nous choisissons le menu correspondant à la mesure de la conductivité en appuyant sur la touche ENTRER**.**
- Le conductimètre affiche le résultat en µ/S,

3) Détermination des matières en suspensions (MES):

Mode opératoire:

Préalablement, nous rinçons le matériel à l'eau distillée.

- Nous pesons un papier filtre pour un prélèvement : soit P_1
- Nous plaçons le corps de plaque poreux sur le matras KITASATO (1000 ml).
- Nous déposons le papier filtre sur le corps de plaque poreux de telle sorte qu'il soit centré.
- Nous plaçons l'entonnoir sur l'ensemble.
- Nous relions la pompe aspirante au matras par un tuyau et allumons la pompe aspirante.
- Nous homogénéisons un prélèvement.
- Nous prélevons une prise d'essai de dix (10) vingt ou (20) millilitre dans le même prélèvement.
- Nous versons la prise d'essai dans l'entonnoir.
- Nous attendons d'observer l'aspiration de toute l'eau de la prise d'essai et la formation de croûte sur le papier filtre.
- Nous plaçons le papier filtre à l'étuve pendant trente minutes à 1 heure.
- Nous plaçons le papier filtré au dessiccateur jusqu'à refroidissement.
- Nous pesons le papier filtre : soit P_2
- Nous rinçons le matériel.

Expression des résultats :

Le taux de matière en suspension est donné par la relation suivante.

Il est exprimé en milligramme par litre (mg/l) :

$$MES = \frac{P_2 - P_1}{V_E} . 1000 \quad (mg/l)$$

P_1 : le poids en milligramme du papier filtre.

P_2 : le poids en en milligramme du papier filtre plus le filtrat.

V_e : le volume de prise d'essai en ml.

Remarque **:** Pour la prise d'essai, il faut prélever en principe cent millilitres, mais dans la pratique, nous prélevons dix ou vingt millilitres.

Le résultat est par conséquent multiplié par dix ou par cinq.

4) Détermination de la teneur en nitrates (NO_3^-):

Mode opératoire:

Pour cette analyse nous utilisons le spectrophotomètre DR 850.

Au préalable, nous rinçons le matériel à l'eau distillée.

- Nous prélevons une prise d'essai de10 ml de l'eau à analyser et une autre prise identique qui sera utilisée comme témoin.
- Nous ajoutons le réactif Nitraver5 dans les deux tubes.
- Nous remuons puis nous attendons le premier temps de réaction préconisé à savoir une minute.

La réaction donne une coloration brune.

- Nous remuons une seconde fois et nous laissons agir durant le second temps de réaction préconisé à savoir cinq minutes.
- Nous procédons à la lecture au spectrophotomètre.
- Nous rinçons le matériel à l'eau distillée.

Les étapes de l'analyse sont schématisées dans le schéma 1 de l'annexe 1.

5) Détermination de la teneur en orthophosphates (PO_4^{3-}):

Mode opératoire:

Préalablement, nous rinçons le matériel à l'eau distillée.

- Nous prélevons une prise d'essai de dix (10) millilitres d'eau à analyser et une autre prise identique qui sera utilisée comme témoin que nous introduisons dans deux tubes.
- Nous ajoutons dans le tube contenant l'échantillon à analyser le réactif du type Phosphover
- Nous remuons puis nous attendons le temps de réaction préconisé à savoir deux (2) minutes.

La réaction donne une coloration bleue.

- Nous procédons à la lecture au spectrophotomètre DR850.

Le mode opératoire sera représenté dans le schéma 2 de l'annexe 1.

6) Détermination de la DCO:

Définition

La DCO est la consommation d'oxygène dans les conditions d'une réaction d'oxydation, en milieu sulfurique, à chaud et en présence de catalyseur.

Mode opératoire: Préalablement nous rinçons la pipette.

- Nous homogénéisons les prélèvements.
- Nous mettons en marche le réacteur DCO et nous le préchauffons à cent cinquante degré Celsius (150 °c).
- Nous disposons de trois tubes à DCO contenant chacune du réactif préparé pour la DCO.
- Nous retirons le bouchon de chaque tube.
- Nous tenons le tube à DCO incliné à quarante cinq degré et introduisons deux virgule cinq millilitres de prise d'essai de l'eau à analyser.
- Nous fermons le tube hermétiquement, nous le retournons plusieurs fois pour mélanger le contenu et nous le plaçons dans le portoir pour tube à DCO.

- Nous plaçons le portoir avec les trois tubes à l'intérieur du réacteur de la DCO pendant une heure.
- Nous laissons refroidir les tubes à l'abri de la lumière pendant une demi heures à une heure, puis nous procédons à la lecture au spectrophotomètre (DR 850).

Le mode opératoire est représenté dans le schéma 5 de l'annexe1.

7) Détermination de la DBO_5:

Définition

La DBO5 est la quantité d'oxygène dissous, en 05 jours à 20°C, nécessaire aux organismes ou microorganismes vivants pour la décomposition aérobie et à l'obscurité des substances organiques présentes dans l'eau.

Mode opératoire:

Prealablement, nous rinçons le materiel.

En fonction de la valeur de DCO obtenue, nous choisissons le volume de la prise d'essai pour la DBO et nous l'introduisons dans un flacon brun.

Remarque **:** Le résultat d'analyse de la DCO permet de choisir la plage de fonctionnement pour la détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO). Les plages de fonctionnement correspondent à des échelles manométriques, sur chaque échelle est inscrit le volume correspondant à la prise d'essai qu'il faut prendre.

- Nous introduisons le volume de la prise d'essai dans un flacon de 1000 ml.

Soit V_{eau} choisit en fonction de la valeur de DCO obtenue.

- Nous plaçons l' echélle manométrique correspondante.
- Nous introduisons un barreau magnétique dans le flacon.
- Nous Plaçons le col du flacon ainsi que le support en caoutchouc avec une à deux pastilles de NaOH.

Le bouchon du flacon est rélié à un tube capillaire contenant du mercure par un tuyau, ce qui permet le déplacement de l'air.

- Nous mettons le bouchon sans le serrer.
- Nous plaçons le flacon sur un agitateur et nous le mettons dans l'incubateur.
- Nous mettons en marche l'agitateur , ce qui entraîne la rotation du barreau magnétique, ensuite nous equilibrons la température de l'incubateur à 20°c.
- Après une démi heure , nous fermons le bouchon et le tube capillaire.
- Nous ajustons l'échelle au niveau du mercure dans le capillaire, puis nous notons la date et l'heure.
- Nous lisons quotidiennement la valeur indiquée sur l'échelle pendant cinq jours.

8) Analyses chimiques:

Ces analyses ont été faites au laboratoire du centre de recherche et de développent (CRD) de Boumerdes et ont concerné les ions Na^{+}, Ca^{++} et Mg^{++}.

Calcul du SAR: (sodium absorption ratio) après:

- Dosage du sodium (Na^{+})
- Dosage du calcium (Ca^{++})
- Dosage du magnésium (Mg^{++})

9) Méthode d'analyse pour les métaux lourds

Deux échantillons sont analysés pour la caractérisation minéralogique et détermination de la composition chimique par les techniques de rayons X (diffraction X et fluorescence X).

9-1) Principes d'analyse

L'échantillon réduit en poudre est mélangé à du tétraborate de lithium dans une proportion puis fondu à 1200°C afin d'obtenir un verre transparent homogène (perle boratée).

La perle obtenue est soumise à une source de rayonnement X secondaire de fluorescence caractéristique de la composition chimique de l'échantillon à analyser.

9-2) Perte au feu

Elle exprime la fraction volatile de l'échantillon (humidité, CO_2, matière organique etc.…)

La perte au feu (PAF) est obtenue par calcination de l'échantillon à analyser dans un four à 1050°C pendant deux heures.

10) Analyses bactériologiques:

Ces analyses ont été effectuées au niveau de l'institut PASTEUR le 22 janvier 2007 sur un échantillon de l'eau usée épurée et ont porté sur les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les Salmonelles