

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

25x

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

DIMENSIONNEMENT ET INSTALLATION D'UNE
STATION DE TRAITEMENT DES EAUX
USEES URBAINES AU NIVEAU DU LABORATOIRE

Proposé Par :
Mr S-MAHIOUT

Etudié par :
L-DJEKAOUA
M- HENNI

Dirigé par :
Mr S-MAHIOUT
Mr M-NAKIB

PROMOTION :

JANVIER 1988

Ministere de l'enseignement Supérieur
Ecole nationale polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Departement genie de l'environnement
Promoteur Docteur. S. MAHIOU
Eleve ingenieur L. DJEKAOUA - M. HENNI

المختصر : يهدف مشروعنا الى دراسة منظومة لمعالجة المياه
الحضرية المستعملة بوقد يرب انشاء هذه المنظومة في البحر
وتسمح لنا هذه المنظومة بمعالجة تلوث الكميات الصغيرة
من المياه الحضرية المستعملة قبل رميها في الوسط المائي
مع اضافة بعض الاقتراحات بغية تحسين هذه المعالجة

Resume : Notre projet a pour but, dimensionnement et
installation d'une station de traitement des
eaux usées urbaines au niveau du laboratoire.
celles ci nous permettent de traiter la pollution
de petites quantités d'eaux usées avant le rejet
dans le milieu receveur et d'apporter quelque
recommandations pour un aménagement global.

Abstract: the aim of this subject is to study the
dimension of the traitement installation of
waste urban waters in the laboratory. With
these installations, we are able to treat
little quantity of waste urban waters, before
the throwing out in the receiving environment.
this study give us some recommandations:

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

à

Mon père
Ma mère
Mes frères
Mes sœurs
A toute la famille
A tous mes amis

Mon regretté CHAHID père
Ma mère
Ma grand-mère
Mes sœurs
A toute la famille
A tous mes amis

Laid

Yakmoud

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous remercions vivement monsieur le docteur « S. MAHIOUR », notre sympathique promoteur qui a su nous guider dans l'élaboration de cette thèse.

Nos remerciements, vont également à ceux ou celles qui de près ou de loin ont contribué à notre formation et à la réalisation de ce travail, en particulier,

Monsieur M. NAKIB, notre copromoteur pour ses bons conseils

Monsieur le docteur R. KERBACHI, chef de département de Génie de l'environnement.

A tous les enseignants du département de Génie de l'environnement

Nos respects, vont de même, aux membres du jury, qui nous feront l'honneur de juger notre travail.

SOMMAIRE

CHAPITRE I . INTRODUCTION

I-1. Avant propos 1
 I-2. Position du problème et but du travail . . . 3

CHAPITRE II . ETUDE THEORIQUE DES EAUX USEES

II-1. définition 4
 II-2. Origine et quantité des eaux usées 4
 II-2-1 les eaux ménagères 4
 II-2-2 les eaux industrielles 5
 II-2-3 les eaux d'infiltration 8
 II-2-4 les eaux de pluie 9

CHAPITRE III . CARACTERISTIQUES DE LA POLLUTION ET TECHNIQUE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

III-1. Généralités 12
 III-2. Caractéristiques des eaux usées 12
 III-2-1. paramètres physiques 12
 III-2-2 paramètres chimiques 14
 III-2-3 paramètres biologiques 18
 III-3. Technique de traitement des eaux usées . . . 20
 III-3-1 schéma du traitement 21

III-3-2	prétraitement physique	23
III-3-3	traitement physique	28
III-3-4	traitement physico-chimique	32
III-3-5	épuration biologique	34

CHAPITRE IV TRAITEMENT DES BOUES

IV-1.	définition	40
IV-2.	Origine des boues	40
IV-3.	Age de la boues	40
IV-4.	Constitution des boues	41
IV-5.	Caractéristiques des boues	42
IV-6.	Classification des boues	44
IV-7.	traitement des boues	44
IV-8.	devenir des boues	45

CHAPITRE V DIMENSIONNEMENT ET CONSTRUCTION D'UNE STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES URBAINES AU NIVEAU DU LABORATOIRE

V-1	présentation du processus	49
V-2	Caractéristiques hydrauliques	51
V-3	Calcul des différents paramètres de chaque ouvrage	55

CHAPITRE VI - ETUDE EXPERIMENTALE

VI-1 Conception	76
VI-1-1 matériaux utilisés	76
VI-1-2 préparation des matériaux	76
VI-1-3 démarche du montage	77
VI-2 Vérification	77
VI-3 traitement d'une eau usée urbaine au niveau de la station réalisée	81
VI-3-1 Protocole expérimental	81
VI-3-2 étude expérimentale	83
VI-4 interprétation	89
CONCLUSION	91
RECOMMANDATIONS	93
ANNEXES	
BIBLIOGRAPHIE	

NOTIONS

UTILISEES

D.C.O	demande chimique en oxygène
D.B.O	demande biochimique en oxygène
pH	potentiel d'hydrogène
T	température
M.E.S	matière en suspension
t_s	temps de séjour
S_v	surface verticale
S_h	surface horizontale
J	jour
l	largeur
L	longueur
H	hauteur
S	surface
V	volume
v	vitesse
η	rendement.
C_v	charge volumique
C_m	charge massique.
M.v.s	matière volatile en suspension
X_t	masse des m.v.s contenue dans le bassin.
M.M	matière minérale.

CHAPITRE I

INTRODUCTION

I.1 AVANT PROPOS

À notre époque où le développement de la démographie et de la croissance industrielle conditionnent notre environnement et notre manière de vivre, il importe plus que jamais de nous inquiéter de tout ce qui peut nuire à notre bien être et à nos conditions de vie.

Il est vrai que l'accroissement industriel comporte d'immenses bénéfices aussi bien sur le plan économique et social et apporte une nette amélioration du niveau social.

Cependant, le revers de la médaille fait que cet essor industriel s'accompagne des nuisances de nature biologiques, physiques et chimiques (pesticides, additifs alimentaires, hydrocarbures etc...) qui se répercutent à court terme ou à long terme, sur notre organisme à travers la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons. Le progrès engendre une menace qui ne cesse de croître.

La lutte contre la pollution de l'air, de l'eau et de la protection du sol peuvent devenir des problèmes d'importance vitale pour l'avenir.

Le traitement et les problèmes de réutilisation de l'eau ainsi que la valorisation des boues pour des besoins industriels et agricoles sont passés de sujets de réflexion à la réalisation pratique. (2)

Bertes comme la station d'épuration forme un tout avec un réseau soit de distribution soit de récupération, on peut considérer que dans l'avenir, elle ne sera plus seulement

Conduite pour aboutir au respect de nombreux guides
mais devra être poussée jusqu'au niveau le plus élevé permis
par la technique la plus évoluée, ceci dans le but très
général de réaliser tout effort raisonnable pour conduire à un
abaissement du niveau des nuisances dans leur ensemble. (3)

En fin on peut dire que le traitement de l'eau est le signe
du développement économique à tous les niveaux et dans tous
les pays, comme le notre ou d'énormes efforts restent à
fournir. (4)

I.2 POSITION DU PROBLEME ET BUT DU TRAVAIL

Ce travail s'inscrit, dans le cadre de la recherche scientifique de l'école nationale polytechnique « ENP ALGER » en vue de lutter contre la pollution, de nature physique, chimique et biologique.

Ainsi notre objectif est le dimensionnement et la construction d'une installation de traitement des eaux usées urbaines au niveau du laboratoire, de département du génie de l'environnement.

Dans notre travail, il s'agit en un premier temps d'étudier théoriquement toutes les techniques de traitement des eaux usées en un deuxième temps de faire les calculs des dimensions de l'installation.

La troisième et dernière partie est consacrée à l'identification et l'explication des démarches de construction de la station et aussi bien la représentation et l'interprétation des résultats de l'essai sur le traitement d'une eau usée urbaine de l'oued d'EL-HARRACH qui est effectuée par l'installation.

Cette installation a pour but de faire des stages pratiques aux étudiants et de traiter certaines eaux usées urbaines ; Elle donne aussi une idée précise sur le déroulement de la chaîne de traitement à l'échelle industrielle.

CHAPITRE III

ETUDE THEORIQUE

DES

EAUX

USEES

II.1 DEFINITION

- 4 -

Dans les agglomérations et dans l'industrie l'eau est utilisée, polluée et devient alors eau usée.

Les eaux usées sont donc tous les déchets liquides obtenus lors de l'extraction et de la transformation des matières premières, produits industriels ainsi que lors de l'utilisation provenant de ces produits pour la fabrication d'articles de consommation.

II.2 ORIGINE ET QUANTITE DES EAUX USEES

L'eau que l'homme retire de la nature, soit sous forme de souterraine, soit sous forme de l'eau de surface, est rendue de façon ou d'une autre sous forme d'eau résiduaire, ceci signifie que la quantité de l'eau soustraite est globalement égale à la quantité d'eau rejetée.

Dans les villes nous trouvons différentes sortes d'eaux usées

- les eaux ménagères
- les eaux industrielles
- les eaux de pluie
- les eaux d'infiltration

Ces différentes catégories forment la totalité des eaux usées à évacuer hors des agglomérations.

II.2.1 Les eaux ménagères

Les eaux de ménage trouvent leur origine dans les agglomérations, les eaux doivent être rassemblées de façon hygiénique dans les terrains et être ensuite évacuées.

- Les eaux de ménage peuvent être divisées selon leur origine
- Les eaux de toilette.
 - Les eaux de vaisselle, de lavage, de bain et de douche.
 - Les eaux de cours.

Ces eaux sont rassemblées dans des installations prescrites par la loi. Elles ont toutes les mêmes normes, c'est à dire qu'on a fixe selon le type de leurs dimensions et leur maniement. En général ces eaux sont évacuées dans l'égoût (5)

II.2.2. Les eaux industrielles

Se sont les eaux des usines, souvent elles contiennent de substances chimiques toxiques et nécessitent un traitement selon le type de polluant. Cependant beaucoup d'industries ont leur propre forage ou utilisent de l'eau de surface.

La quantité et la composition des eaux usées industrielles sont très variées. On doit toujours selon le cas, décider, si les eaux doivent être traitées ou non avant leur évacuation dans les canalisations.

Les eaux usées industrielles doivent répondre aux exigences suivantes

- Les eaux ne doivent pas être chaudes (au dessous de 35°C).
- Elles ne doivent pas contenir des éléments corrosifs comme les acides, les bases ou le gaz qui attaquent les matériaux de construction.
- Les eaux usées ne doivent pas contenir de matières solides qui peuvent détériorer par frottement par exemple : les parois

des canaux.

- Elles ne doivent pas dégager une odeur insupportable.
- Elles ne doivent pas contenir de matières volatiles qui empoisonnent l'air des canaux ou qui le rendent explosible.
- Elles ne doivent pas contenir de matières toxiques ou radioactives qui rendent plus difficile leur traitement dans la station d'épuration ou qui nuisent à la santé des surveillances de cette station.
- Les eaux doivent passer dans la canalisation de façon régulière et non par à-coup.

En général le besoin d'eau d'une entreprise est plus grand que la quantité d'eau polluée produite, car une partie des quantités d'eau potable est utilisée lors de la fabrication des produits par exemple:

Brasserie	1 m ³ de bière	quantité d'eau nécessaire : 24 m ³	quantité d'eau usée produite : 20 m ³
-----------	---------------------------	---	--

Une idée de quantité et de degré de pollution des eaux usées industrielles est donnée par le tableau (II-1) par unité de production de plusieurs unités. (5)

Quantité et degré de pollution des eaux usées industrielles Tableau II-4-

Classification d'industrie	Natures des Produits	unité de production	consommation d'eau par unité	coefficient d'équivalence moyen au nbre d'hab et u	besoin d'eau m ³ /employé/an
Industries alimentaires	Produits alimentaires sucrieries	1 t de céréales	1,5 - 8 m ³	500	50
		1 t de marchandises	6 - 26 m ³	40 - 150	150
Industries du cuir et des textiles	chaussures lavage de laines	1 paire	5 l	0,3	5
		1 t de laine	20 - 70 m ³	2000 - 3000	390
Industrie de dégraissage	lavage à la main lavage à la machine	1 t de linge	30 - 60 m ³	700 - 2300	320
		1 t de linge	5 m ³	700 - 2300	670
Industrie du bois et du papier	usine de laine artificielle fabrique de papier	1 t de laine art	400 - 1300 m ³	500 - 700	4500 - 7500
		1 t de papier	125 - 1000 m ³	100 - 300	6500
Industrie chimique	laques et agents de peinture savons et détergents	1 employé	110 l/jour	20	35
		1 t de savon	15 m ³	1000	300
Produits finis	mécanique de précision construction métallique	1 employé	20 - 40 l/jour	1	8 - 14
		1 employé	40 - 200 l/j	1	10 - 70
Exploitation des mines, usines métallurgiques aciéries	exploitation des mines de charbon usine métallurgique	1 t de charbon	2 - 10 m ³	/	1650
		1 t d'acier brut	65 - 220 m ³	/	1750

Les valeurs données sont des valeurs de référence. Elles dépendent du procédé de production utilisé et de l'usage qu'on a fait de l'eau (réutilisation en circuit fermé)

II.2.3 Les eaux d'infiltration

Ces eaux constituent pour la plus grande partie en eaux souterraines qui affluent pas de fontes dans les conduites et les regards, souvent aux de petites ruisseaux etc... ou bien le trop plein des fontaines publiques reliées par inadvertance à la canalisation. Les eaux d'infiltration sont par conséquent essentiellement des eaux non polluées qui passent dans la canalisation. La quantité de ces eaux souterraines est très difficile à estimer. Elle dépend de :

- la situation du canal par rapport au niveau des eaux souterraines
- perméabilité du sol
- qualité de matériaux de tuyaux
- qualité de travaux de construction. (5)

Le calcul approximatif de la quantité d'eaux d'infiltration dans la canalisation est possible quand on mesure leur quantité pendant les périodes où la production en eaux usées est peu importante.

La quantité d'eaux d'infiltration dans la canalisation des eaux usées varie d'une ville à l'autre.

on distingue ci-dessous quelques exemples de villes d'Allemagne :

- Hambourg	80 l/hab .jour
- Baden - Baden	165 "
- Ludwigshafen	118 "

II.2.4 Les eaux de pluie

Les recherches actuelles sur le traitement des eaux pluviales conduisent à la mise en œuvre de grands bassins de retenue, les eaux de pluie sont alors traitées après l'orage par les installations d'épuration disponibles, traitement in situ par tamisage, décantation, chloration, etc.

Compte tenu des critères de qualité future des eaux, les eaux pluviales deviendront dans les régions fortement urbanisées une source de pollution très importante.

Les eaux de ruissellement agricoles sont principalement responsables de l'eutrophisation des rivières et des lacs naturels.

Pour ces problèmes on doit encore développer des mesures efficaces de protection.

La présence des pesticides dans ces eaux reçoit également une attention accrue.

Comme les eaux usées domestiques et industrielles font l'objet de traitement d'épuration, un effort particulier a porté sur l'étude des effets polluants des eaux de ruissellement en zones urbaines et agricoles. (6)

Les caractéristiques de ces eaux sont données au tableau (II-2).

Caractéristiques des eaux de ruissellement (6)
tableau II-2

C O N S T I T U A N T (mg/l)		ZONE URBAINE (eau de pluie)	ZONE AGRICOLE
Matières en suspension	M.E.S	5 - 1200	/
Demande chimique en oxygène	D.C.O	20 - 6100	/
" biologique "	D.B.O	1 - 173	/
Phosphore total		0,02 - 7,3	0,1 - 0,65
Azote nitrique		/	0,03 - 5,0
Azote total		0,3 - 7,5	0,5 - 6,5
Chlorures		3 - 3,5	/

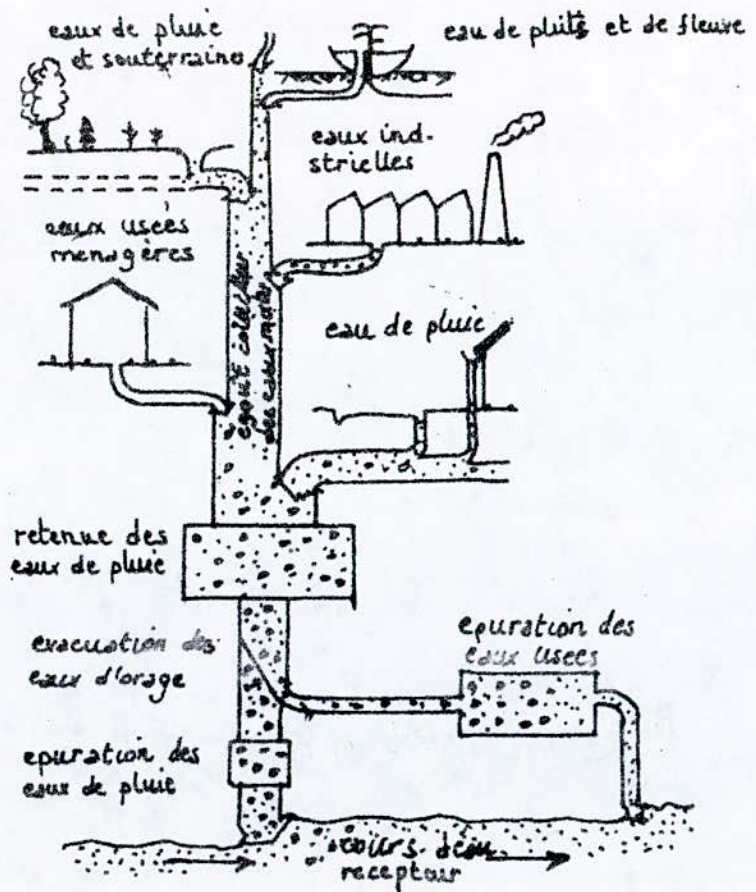
L'eau de pluie, des toits, des cours et des rues est conduite vers l'égout collecteur. Les précipitations sur lesquelles le calcul de l'égout collecteur est basé, dépend des conditions hydrologiques. Les variations mensuelles des quantités moyennes de précipitations pour ALGER sont réunies dans le tableau (II-3). (5)

quantités moyennes de précipitations mensuelles à ALGER
tableau II-3-

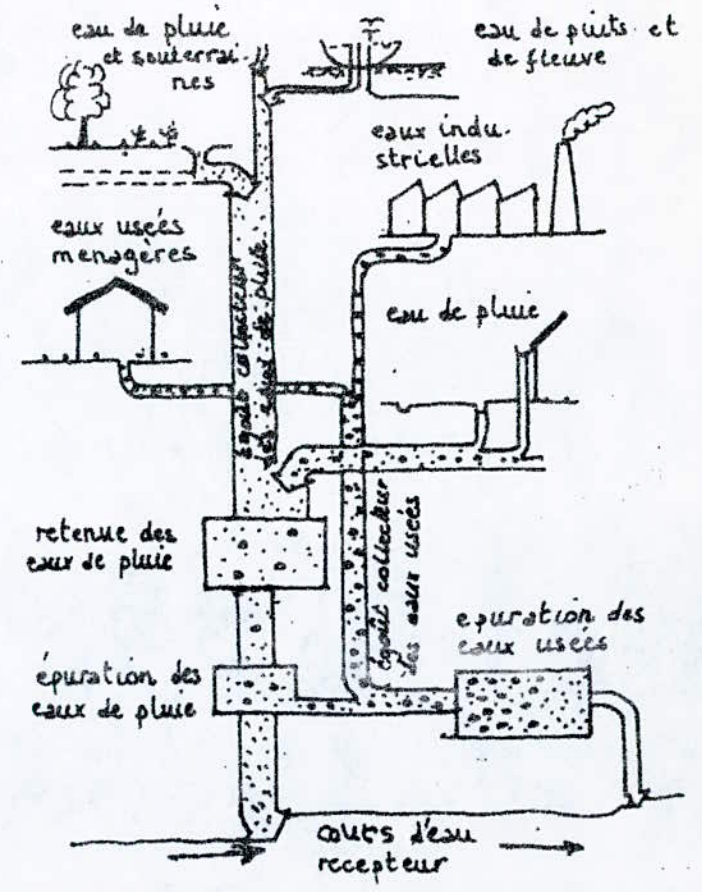
MOIS	PRÉCIPITATIONS MOYENNES (mm/mois)
AVRIL	55
JUILLET	03
OCTOBRE	80
JANVIER	110

Fig : II-1- Systemes d'evacuation des eaux usees. (5)

- 11 -



système unitaire



système séparatif

CHAPITRE III

CARACTERISTIQUES DE LA

POLLUTION ET TECHNIQUE

DE TRAITEMENT DES EAUX

USEES

III-1 GENERALITES :

Pour épurer l'eau, il faut généralement combiner plusieurs traitements élémentaires dont les bases peuvent être physiques chimiques ou biologiques et dont l'effet est d'éliminer tout d'abord les matières en suspension ensuite les substances colloïdales, puis les substances dissoutes (minérales ou organiques).

Plusieurs principes peuvent être mis en œuvre pour chaque étape selon le but recherché. Les importants d'entre eux vont être examinés successivement. (7)

III-2. CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES :

III-2-1. parametres physiques :

Les matières pondérales présentes dans l'effluent se subdivisent en divers formes que l'on peut représenter par :

III-2-1-1 Les matières en suspension (MES).

Il s'agit de matières qui ne sont ni solubilisées ni colloïdales. On peut considérer qu'elles représentent un intermédiaire entre les particules minérales du type sable ou poussière de charbon et les particules minérales du type mucilagineuse. (8)

Elles comportent des matières organiques et des matières minérales. Les teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter par conséquent le développement de la vie aquatique.

Pour la détermination de la teneur la méthode utilisée est la filtration (2)

III.2.2.2 Les matières volatiles en suspension (M.V.S)

Elles représentent la fraction organique des MES, elles sont mesurées par calcination à 550 °C d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles constituent environ 70 à 80 % des MES.

III.2.1.3 Les matières minérales

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent donc le résidu de la calcination et correspondent à la présence des sels, silice, poussière par exemple.

III.2.1.4 Les matières décantables

Les matières décantables constituent le dépôt obtenu au bout de deux heures dans une éprouvette conique graduée (cône d'Imhoff) d'une contenance d'un litre.

III.2.1.5 substances colorantes

pour mémoire on signalera que le déversement des seules eaux résiduaires urbaines n'est pas susceptible de modifier durablement la coloration des milieux récepteurs.

III.2.1.6 Les agents tensioactifs

On regroupe principalement les détergents utilisés pour des besoins industriels ou domestiques. Leur recherche et leur dosage peuvent être nécessaires pour expliquer les causes de certains désagréments observés sur les milieux récepteurs ou dans les stations d'épuration (mousses par exemple).

La concentration moyenne des effluents domestiques varie entre 5 et 15 mg/l (détergents anioniques). (8)

on doit tenir compte aussi des facteurs tels que :
la turbidité, la température et le pH.

a* La turbidité : tenant à la présence plus ou moins importante des matières en suspension, d'origine minérale ou organique.

b* La température : c'est un facteur qui favorise la fermentation et qui agit comme une pollution additionnelle, sans oublier la diminution de la teneur en oxygène dissous dans l'eau.

le fonctionnement de certains ouvrages de la chaîne de traitement (dégraisseurs) nécessite que l'effluent présente une température inférieure à 30°C. (8)

c* Le pH : le pH montre le degré d'acidité de l'eau usée et décrit le caractère agressif ou incrustant d'une eau.

un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du béton ou des métaux de canalisations. Un pH plus élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les réseaux d'évacuation.

les mesures du pH ont été faites au laboratoire à l'aide d'un pH-mètre. (9)

III-2-2 Paramètres chimiques

III-2-2-1 demande théorique en oxygène (D.T.O)

Le gaz et la vapeur produits par la combustion catalytique de l'échantillon sont piégés et la quantité d'oxygène consommée est mesurée par l'intermédiaire d'une cellule galvanique.

La courbe d'étalonnage obtenue sur des produits purs conduit à la valeur de la D.T.O.

La demande théorique en oxygène d'un produit $C_xH_yO_z$ est suivante :



La demande en oxygène théorique en g d'oxygène par mole de produit est :

$$32 \cdot \frac{4x + y - 2z}{4} \cdot g \cdot O_2 / \text{mole}$$

III.2.2.2 Demande chimique en oxygène (D.C.O)

La demande chimique en oxygène traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques contenues dans l'effluent. (1) La mesure de la D.C.O s'impose lorsque les eaux contiennent des polluants qui ne peuvent être oxydés par voie bactérienne. (10)

La méthode normalisée pour les eaux usées utilisera le bichromate de potassium en milieu sulfurique, oxydant puissant qui conduit à la D.C.O. Sa durée est fixée à deux heures. (7)

III.2.2.3 Demande biochimique en oxygène (D.B.O)

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par l'eau usée pendant une certaine durée. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation et avec l'intervention des bactéries, les matières organiques de l'eau usée.

La D.B.O est un phénomène évolutif dans la mesure où elle permet d'étudier le comportement d'une charge organique (et plus généralement celui d'un échantillon). L'évolution d'un échantillon

Montre pour les eaux urbaines une représentation toujours identique des matières organiques en deux stades successifs. En fait des travaux on aboutit à une loi mathématique d'évolution de la D.B.O telle que : $DBO_t = DBO_{\infty} (1 - e^{-kt})$ où DBO_{∞} et DBO correspondant à la minéralisation totale de la matière organique carbonée. K : est un facteur variable de l'ordre de 0,2 pour les eaux d'égout⁽¹⁾.

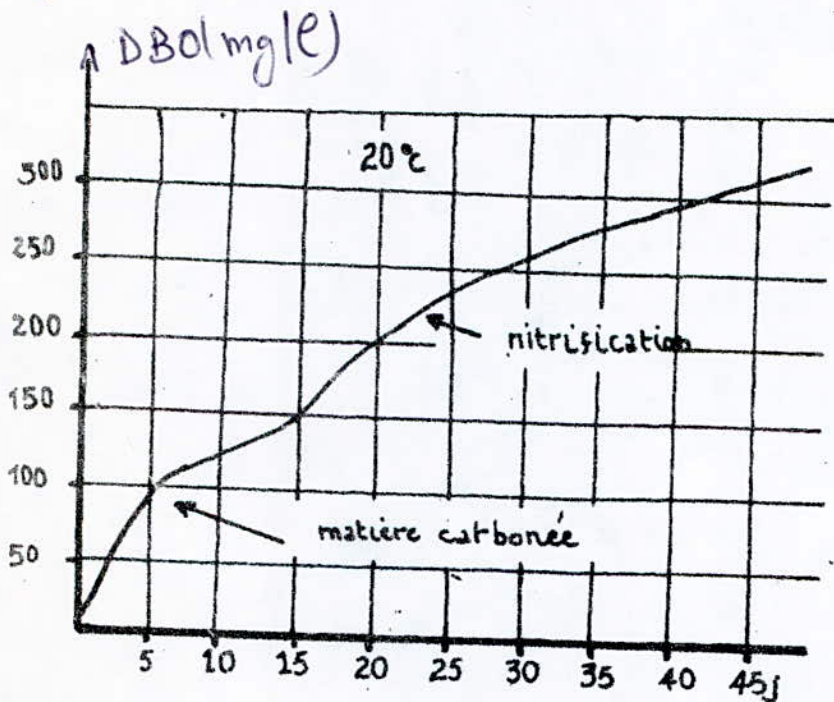


fig : III.1. évolution de la DBO à 20°C⁽¹⁾

Par convention la DBO est la valeur obtenue après cinq (05) jours d'incubation (DBO₅)⁽⁶⁾

Cette quantité d'oxygène, exprimée en mg/l est consommée dans les conditions de l'essai (incubation à 20°C) pendant un temps donné⁽⁷⁾

Pour la détermination de la DBO on utilisera une méthode instrumentale.

III.2.2.4 Le carbone organique total (COT) :

Il correspond à une approche de la matière organique, dont le carbone est le constituant essentiel.

Le principe le plus courant de la mesure du COT repose sur la combustion des matières organiques carbonées d'un effluent après passage au four à 950°C sous un courant d'oxygène.

III.2.2.5 Les chlorures :

L'inconvénient des chlorures est la saveur désagréable donnée à l'eau, surtout lorsqu'il s'agit des chlorures de sodium, par contre la saveur peut être moins marquée en présence de calcium (Ca) et de Magnésium (Mg). La corrosion, dans les canalisations et les réservoirs, en particulier pour les éléments en acier inoxydable, est due à la présence des chlorures à partir d'une teneur de 50mg/l .⁽⁹⁾

III.2.2.6 L'azote :

L'azote peut être présent dans les eaux sous de nombreux états de valence :

- forme réduite : azote ammoniacal NH_4^+
- forme moléculaire : azote dissous ($\approx 20\text{mg/l}$ à T° ambiante).
- forme oxydée : azote nitreux (NO_2^-) et azote nitrique (NO_3^-)

Il convient donc de surveiller attentivement le déversement de différentes formes azotées pour diverses raisons.

- limiter le développement de la flore aquatique.
- préparer une désinfection, par chloration notamment (influence de la présence de NH_4^+).

- Limiter les risques pour la santé publique (méthémoglobinémie du nourrisson due à un excès de nitrates, (1)

III-2-2-7 Le phosphore.

Le phosphore est présent dans les eaux sous forme de sels minéraux et sous forme organique d'origine industrielle ou biologique.

- Le terme phosphore total englobe le phosphore organique et le phosphore minéral. Ces différents composés se trouvent soit à l'état dissous dans la phase liquide, soit fixés sur les matières en suspension et colloïdales.

Dans les bassins d'aération des stations de traitement biologique, le phosphore organique et les polyphosphates sont rapidement transformés par les microorganismes en orthophosphates.

Une partie de ceux-ci (10% environ) est utilisée pour la synthèse de nouvelles cellules, tandis que l'autre fraction est évacuée avec l'effluent de sortie. Dans la pratique on se limitera donc de contrôler périodiquement la concentration en orthophosphates des rejets. (1)

III-2-3 paramètres biologiques

Les eaux usées évacuent les matières fécales et les urines des populations, elles sont chargées de germes commensaux habituels de l'homme et en germes pathogènes en provenance de porteurs sains ou de malades.

Les microorganismes pathogènes présents dans les eaux usées peuvent être classés en quatre groupes principaux.

III-2.3.1 Les bactéries pathogènes

Essentiellement des enterobactéries : salmonelles (Fiebre typhoïde et paratyphoïdes, toxic-infection), shigelles (bâcilles dysentériques) colibacilles, auxquels il faut ajouter les léptospires, les mycobactéries (bâcilles de la tuberculose). (11)

III-2.3.2 Les virus : représentés par :

- les entérovirus : poliovirus, coxsachie A et B echovirus (meningites),
A ce sujet, il convient de signaler que le virus polio rencontré habituellement est désormais le virus vaccinal (inoffensif) et non la forme sauvage.
- les réovirus et les adénovirus (affections respiratoires).
- les rotavirus (diarrhées du jeune sujet).
- les virus de l'hépatite A.

III-2.3.3 Les parasites : œufs de vers (tenia, ascaris, etc...) kystes d'amibes, de giardia, etc...

III-2.3.4 Les champignons : encore assez mal connus

La mise en oeuvre des agents pathogènes est difficile en raison de la faiblesse de leur nombre dans les eaux usées, des techniques de recherche et le dénombrement souvent complexes, longues et fastidieuses. Trois principaux sont couramment utilisés dans ce but (games témoins de contamination fécale. G.T.C.F).

- les coliformes fécaux
- les streptocoques fécaux.
- les clostridium sulfito-réducteurs.

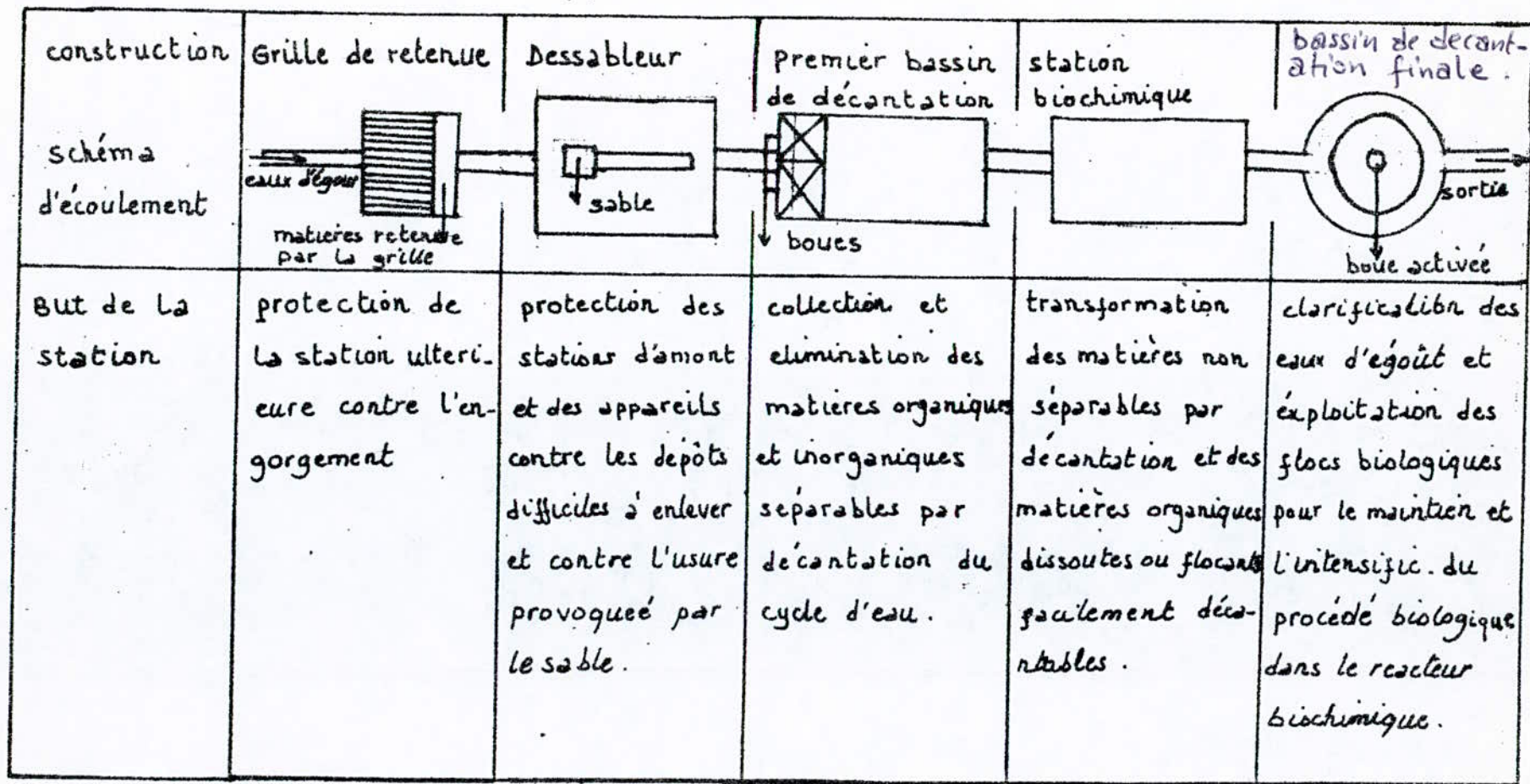
En plus des germes témoins de contamination fécale, on démontre fréquemment les germes totaux (à 22°C et 37°C), cultivés sur un milieu aussi peu spécifique que possible (extrait de levure). Cette appellation, consacrée par l'usage, est en fait impropre, divers phénomènes pouvant inhiber la croissance de germes pourtant présents et révélés par des milieux plus sélectifs. (8)

III-3 TECHNIQUE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

Il existe un grand nombre de procédés de traitement des eaux usées dont l'application dépend à la fois des caractéristiques des eaux à traiter et du degré d'épuration désirée. (6)

III-3-1 schéma du traitement

fig. III.2. schéma d'épuration des eaux usées dans une station de boue activée. (5)



Les procédés généralement utilisés pour l'élimination de polluants spécifiques sont présentés au tableau suivant.

Polluant	Procédé
Matières organiques biodégradables	- procédé biologique, aérobie (boues actives, lagunes aérées, lits ou filtres bactériens, bassin de stabilisation). - procédé biologique anaérobie (lagunes, digesteur anaérobie). Injection en nappe profonde.
M.E.S	Décantation, flottation, tamisage.
Matières organiques réfractaires (A.CO, COT)	adsorption sur charbon injection en nappe profonde.
Azote	Lagunage, strippage, nitrification, dénitrification Echange d'ions
Phosphore	précipitation à la chaux, aux sels de fer ou d'alumine co-précipitation biologique, échange d'ions
Métaux lourds	Echange d'ions, précipitation chimique.
Matières organiques dissoutes	Echange d'ions, osmose inverse, électrodialyse

Tableau III.1. Procédés de traitement des eaux usées.⁽⁶⁾

Le choix d'un procédé de traitement ou d'une chaîne de plusieurs procédés dépendra :

1 - Des caractéristiques de l'eau résiduaire

- 2 - De la qualité de l'effluent requise
- 3 - Du coût et de la disponibilité des terrains
- 4 - De l'évolution des normes des rejets

Il faut reconnaître que pour un problème d'épuration donné il y aura plusieurs possibilités de traitement qui fournissant l'effluent souhaité, parmi ceux-ci, un seul cependant se revelera le plus économique. (6)

III - 3 - 2 - Prétraitement physique

III - 3 - 3 - 1 Définition : on entend par « prétraitement physique » une série d'opération 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. on range sous ce vocable les opérations suivantes :

- Dégrillage
- Dilacélation
- Dessablage
- Dégraissage - déshuilage
- Tamisage. (8)

a * Le dégrillage : Il s'agit de séparer des eaux brutes, les matières les plus volumineuses en faisant passer l'effluent d'entrée à travers les barreaux dont l'espacement est déterminer en fonction de la nature de l'effluent.

on distingue :

un pré-dégrillage

un dégrillage moyen

un dégrillage fin

Il existe différents types de grilles selon la conception des fabricants et la nature de l'effluent à traiter.

- grilles manuelles
- grilles mécaniques
- grilles droites
- grilles courbes.

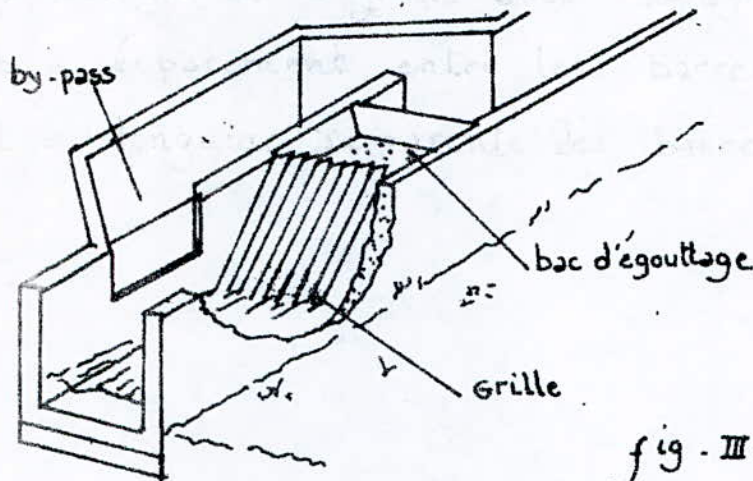


fig - III-3. schéma d'un dégrilleur (B)

calcul des dégrilleurs

KIRSCHNER a établi une relation entre la perte de charge, le coefficient de forme de barreaux et l'angle de la grille avec l'horizontale.

$$\Delta H = \beta \left(\frac{l}{b} \right)^{\frac{4}{3}} h_0 \sin \theta$$

θ = angle de la grille avec l'horizontale

b = espacement entre les barreaux

l = longueur apparente des barreaux

β = coefficient de forme de barreaux

h_D = un terme en $\frac{v^2}{2g}$ en amont des barreaux

les valeurs de β dependent de la forme des barreaux

. pour une section rectangulaire : $\beta = 2,42$.

Il existe une autre relation plus simple conduisant à la détermination de la section de la grille.

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

β : représente la fraction de surface occupée par les barreaux

δ : est le colmatage de la grille. Il est de 0,5 pour un

dégrillage automatique et de 0,25 pour un dégrillage manuel

h_{\max} : est la hauteur maximum d'eau admissible sur une grille.

l : largeur

α : angle d'inclinaison de la grille.

b * la dilacélation : Il s'agit d'une opération de broyage des déchets qui sont évacués avec l'eau brute. Ce système nécessite beaucoup d'impératifs liés à la nature des déchets, et à l'efficacité de ce traitement. Les broyeurs sont de deux types : broyeurs à marteaux et tambours à râteau. L'utilisation de la dilacélation revient cher à une station, par la maintenance délicate de ce système et également par les conséquences d'un mauvais fonctionnement (obstruction des canalisations, égorgement des pompes). (1)

c * le dessablage :

L'élimination des sables présents dans l'effluent brut est indispensable si on veut protéger les conduites et les pompes contre la corrosion et aussi éviter le colmatage des canalisations par une sédimentation au cours du traitement.

Les vitesses de sédimentation des particules est fonction de leur nature, de leur diamètre et de la viscosité du liquide dans lequel elles se trouvent. Le tableau ci-dessous montre une idée de la vitesse de sédimentation de quelques matériaux.

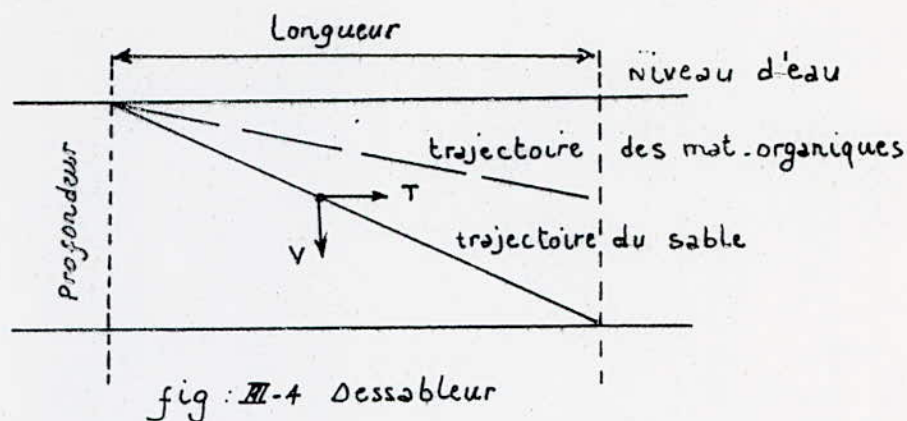
Matériaux	Diamètre (m)	Masse Spécifique (g/cm ³)	Vitesse de Sédimentation (cm/s)
sable fin	0,02 - 2,0	2,65	2,00 - 1,00
limons	0,002 - 0,02	2,65	0,04 - 2,0
argile	0,002	2,65	0,005 - 0,04
mat. organiques	0,01 - 0,4	1,01	0,3 - 0,200

Tableau : III-2 - vitesses de sédimentation de matériaux.⁽¹⁾

Il s'agit donc d'une décantation sélective des particules à haute densité. Il faut que la vitesse ascensionnelle soit inférieure à la vitesse de chute de particules et également à la vitesse de dessableurs. Un dimensionnement correct doit permettre d'éviter le dépôt simultané des matières organiques.

On recommande, en vue d'éviter le dépôt des matières organiques, des vitesses de 0,2 à 0,4 m/s. La longueur du chenal est

calculé sur la base de la vitesse de passage (0,3 m/s) et la vitesse de décantation comme indique la figure.



La section transversale est calculée en tenant compte du débit à traiter et de la vitesse de passage. Celle-ci peut être maintenue à la valeur souhaitée de (0,3 m/s) pour une gamme de débits donné grâce à un profil judicieusement étudié par la section du chenal. (6)

d* Dégraissage - déshuilage :

C'est une opération destinée à réduire les huiles et les graisses non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface. (1)

Il est évident que les huiles et graisses présentent de multiples inconvénients, qui se manifestent à plusieurs niveaux :

- Envahissement des décanteurs par des flottants
- Diminution de la capacité d'aération en boues activées dans les systèmes àérateurs de surface.
- Diminution des possibilités d'assimilation en lit bactérien, le matériau étant recouvert d'une pellicule huileuse isolant la zooglé

- mauvaise sédimentation dans le décanteur secondaire de boues alestées par les globules de graisse
- bouchage des canalisations de pompes.

un dégraisage efficace impose une température des eaux inférieurs à 30°C. Un refroidissement spécial pourra donc s'imposer. (8)

e * tamissage:

le tamissage est en fait un dégrillage poussé, et consiste en une filtration sur toile mettant en oeuvre de différentes dimensions.

Il existe un macrotamissage (mailles supérieures à 0.3 mm) et un micro-tamissage (mailles inférieures à 100 µ).

- Le macrotamissage est le stade le plus important et est destiné à retenir les MES flottantes, les débris végétaux, les herbes, insectes etc. La charge de la pollution est ainsi réduite et allège la station d'épuration.

- les dispositifs du micro-tamissage sont de deux types :

* Le tamis à lavage sous pression

* le tamis à évacuation mécanique des déchets. (8)

III-3-3 Traitement physique

III-3-4-1 La décantation

L'élimination des matières en suspension présentes dans le milieu liquide est réalisée par sédimentation, en utilisant uniquement les forces de gravité. La sédimentation peut se faire aussi bien des dessableurs comme nous l'avons déjà vu ou encore dans des décanteurs.

Les matières en suspension susceptibles d'être sédimentées correspondent à divers états physiques. En effet, l'examen d'une courbe de sédimentation laisse apparaître différentes évolutions des particules, ces évolutions sont particulières à la nature physico-chimique de ces particules. (1)

La figure III-5 illustre les différents aspects de la sédimentation.

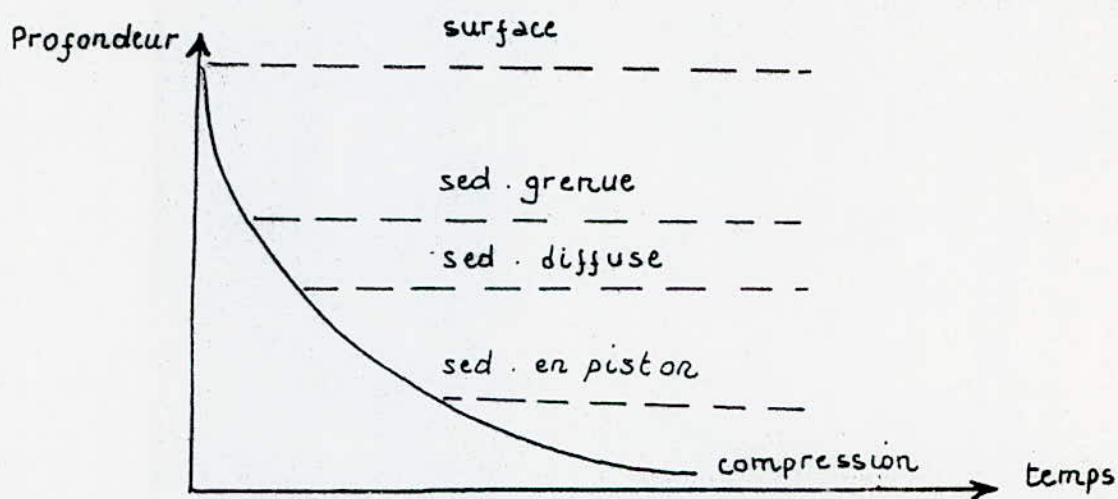


fig III-5- types de sédimentation. (1)

III-3-4-2 Décantation primaire

les eaux résiduaires domestiques dégrillées, partiellement dessablées contiennent encore des matières minérales et colloïdes restant en suspension représentant une proportion importante de la charge en D.C.O des eaux (45 à 80%, 65% en moyenne) et DBO₅ (30 à 40%). la décantation primaire a pour but de séparer de l'eau usée, les matières dont la densité est supérieure à un.

c'est une simple décantation qui réduit la charge polluante.

Pour une eau usée domestique, on attend de la décantation primaire qu'elle élimine 30 à 35% de la DBO₅ de l'effluent dégrossi, 60% environ des matières en suspension et 90% des matières décantables.

la forme des ouvrages de décantation est commandée par le choix du dispositif des boues déposées et la capacité de traitement. (B)

III-3-4-3 Décantation secondaire

Elle assure la séparation et un premier épaissement des boues entraînées par l'effluent traité, issu de l'ouvrage de traitement biologique. Ces deux fonctions sont très importantes.

- la première assure la protection du milieu contre les pollutions résiduelles contenues dans les congglomérats biologiques.

- la deuxième consiste l'épaississement rapide des boues séparées, permet d'autre part, d'assurer une quantité importante de boues en retour dans un bon état de fraîcheur et d'autre part, si la teneur en eau est réduite, de réduire l'importance des

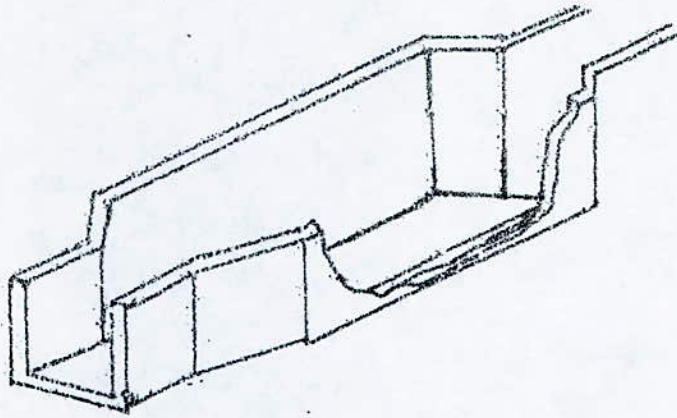


fig III-6 : dessableur longitudinal

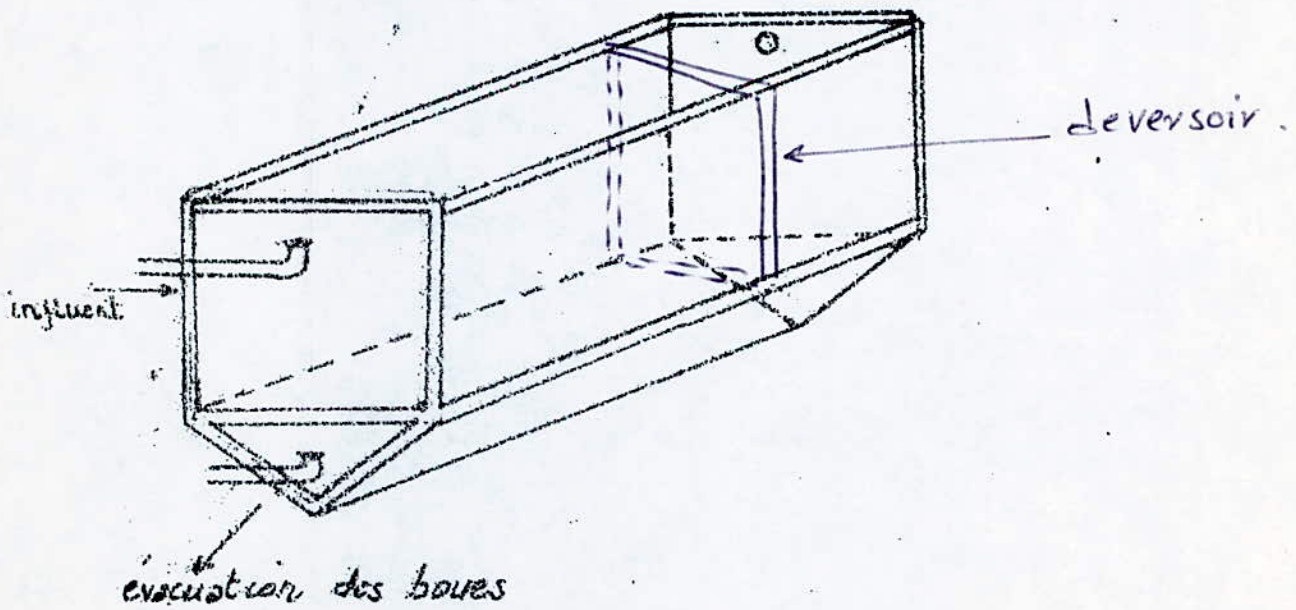


fig III-7 Désanteur à fond incliné

ouvrages destinés au traitement final des boues en excès. Le principe de calcul des décanteurs secondaires n'est pas sensiblement différent de celui des primaires, néanmoins ils doivent être dimensionnés de façon à pouvoir arrêter efficacement les conglobats biologiques les plus fins qui sont souvent plus légers que les matières en suspension contenues dans l'effluent brut entrant dans un décanteur primaire. (8)

III-3-4 Traitement physico-chimique.

Un traitement d'épuration physico-chimique peut être défini comme étant un traitement permettant l'élimination de matières polluantes non épurées par les procédés biologiques conventionnelles, (boues activées, lits bactériens, lagunes aérées etc...).

Ces procédés visent essentiellement à l'élimination des matières en suspension, de la D.S.O (généralement inférieure à 10-15 mg/l) des composés organiques réfractaires (évalués par la D.C.O et le C.O.T) des nutriments (azote et phosphore) et des métaux lourds. (6)

III-3.5-1 coagulation floculation :

un liquide contenant des matières solides peut être nommé selon les dimensions de ces particules solides, une solution colloïdale ou une suspension.

les matières colloïdales sont à l'origine de l'aspect trouble de l'eau. la coagulation et la floculation sont des procédés d'élimination de matières colloïdales.

vu les dimensions de ces particules la décantation ne se fait pas,

En plus, les particules colloïdales portent une charge superficielle et les forces de répulsion empêchent la formation de particules plus grandes.

la neutralisation de ces charges par des solutions d'électrolytes s'appelle la coagulation. Ce qui suit, donc la croissance des floccs s'appelle la floculation.

Le tableau ci-dessous rend compte des principales caractéristiques des coagulants les plus usités en matière de traitement des eaux résiduaires urbaines.

Produits	formule chimique	forme commerciale	pH optimal de floculation	dose requise en mg/l.
chlorure ferrique	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	solution orangée à 40 % en poids	7,5 - 8	150 - 250
sulfate ferreux	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	cristallisé	9 - 10	/
chlorosulfate Ferrique.	$FeClSO_4$	/	/	/
chlorure d'Al	$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	/	/	/
sulfate d'alumine	$Al_2SO_4 \cdot 18H_2O$	poudre cristallisée	6,5 - 7,5	250 - 300
chaux *	$Ca(OH)_2$	poudre blanche	10,5 - 11,5	600 - 800

tableau: III.3. principaux réactifs minéraux de coagulation. (8)

III-3-5 épuration biologique :

III-3-5-1 effluents à épurer biologiquement :

- Il est intéressant de recourir à l'épuration biologique, lorsque celle-ci est possible, car ce traitement permet la précipitation de matières dissoutes ou colloïdales et la destruction d'une partie de la pollution, mais aussi l'adsorption et l'élimination d'éléments peu biodégradables, inertes, ou même toxiques, s'ils sont en faible proportion.
- L'épuration biologique peut être envisagée dans tous les cas de pollution organique biodégradable dissoute, colloïdale, ou en suspension peu décantable. La biodégradabilité peut être appréciée au premier examen par le rapport DBO_5/DCO .
- Si ce rapport est supérieur à 0,5 ou 0,6, l'effluent peut être considéré comme biodégradable. Au dessous de 0,4 ou 0,3 il faut envisager, d'une part, des prétraitements chimiques susceptibles d'améliorer la biodégradabilité, et d'autre part, une compensation des carences alimentaires éventuelles par ajout d'éléments minéraux (azote, phosphore, etc) ou organiques (effluents urbaines, enzymes, etc).
- Dans certains cas, il est possible d'améliorer la prolifération bactérienne et le rendement d'épuration. (12)

* on différencie les procédés suivants :

- les procédés extensifs ou naturels : les étangs
- les procédés intensifs ou artificiels : lits bactériens
boues activées

III-35-2 Les procédés extensifs ou naturels :

Les étangs : les procédés par lagunage sont les méthodes de traitement les plus communes lorsqu'on dispose de grandes surfaces de terrain et lorsqu'on ne désire pas assurer en permanence une haute qualité de l'effluent.⁽⁶⁾

on classe généralement les étangs en trois catégories :

- les étangs aérobie
- les étangs anaérobies
- les étangs facultatifs

a * les étangs aérobie : Ils sont caractérisés par le fait que seules les organismes aérobie présentent une activité.

La dégradation des matières organiques est réalisée par des bactéries et des algues en utilisant les facteurs physiques tels que le vent et la lumière.⁽¹⁾ Il s'agit de bassins peu profonds (= 1m).⁽¹³⁾

Dans ces bassins les algues produisent par photosynthèse d'importants volumes d'oxygène permettant de maintenir le milieu en anaérobie.⁽¹⁾

b * les étangs anaérobies : Ils sont caractérisés par une absence d'oxygène dans le milieu. La dégradation des matières organiques est assurée par des bactéries anaérobies.

La profondeur des bassins peut atteindre 4 à 5 m. L'accumulation des boues au fond du bassin favorise le processus de digestion qui se traduit par la formation et le dégagement de bulles de gaz vers la surface du bassin.

c * Les étangs facultatifs : résultent en une combinaison des deux étangs précédents. La profondeur des bassins est de l'ordre de 1 à 2,5 m. Deux zones sont ainsi observées : une zone aérobie dans la zone supérieure du bassin et une zone anaérobie dans la partie inférieure. (1)

III-3-5-3 Les procédés intensifs ou artificiels :

a - Lits bactériens : cette technique de traitement s'inspire de la filtration par le sol. Il était déjà connu que le pouvoir auto-épurateur des sols permettait une biodégradation des matières organiques. (1)

Un lit bactérien est constitué d'une couche de matériau, dit de garnissage, recouvert d'un biofilm sur lequel ruisselle l'eau résiduaire. Au cours de la percolation de l'eau au travers du lit, les matières organiques sont éliminées par le biofilm. (6)

Traditionnellement, deux technologies peuvent être développées : les lits à faible charge, où la culture microbienne est limitée du fait de la rareté de l'aliment et les lits à forte charge où le film se développe abondamment, mais où le débit admis est tel que l'excès de zoogléé est éliminée par le courant, évitant ainsi le colmatage.

Dans le premier cas, la charge "massique" est limitée à $0,3 \text{ Kg DBO}_5 / \text{m}^3 / \text{jour}$ alors que la charge "hydraulique" oscille entre 1 et 5 $\text{m}^3 / \text{m}^2 / \text{j}$

les lits à forte charge sont caractérisés par des valeurs de celle-ci

plus importantes : $0,5 - 1 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 / \text{j}$. L'autocurage est assuré par un débit de $0,8 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$, mais le lit sera délavé si celui-ci dépasse $1,6 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$. (13)

b - boues activées : Le procédé à boues activées est un système fonctionnant en continu dans lequel, des micro-organismes sont mis en contact avec les eaux usées contenant des matières organiques. De l'oxygène est injecté dans le mélange, permettant, de fournir aux bactéries cet élément vital à leur besoins respiratoires. En fait on peut considérer que le système à boues activées est une extension artificielle des phénomènes d'épuration naturels.

Dans un cours d'eau ou une rivière, les phénomènes entrant en jeu sont identiques à ceux présents dans les systèmes à boues activées, seule varie la concentration en micro-organismes dans le milieu et, à fortiori, la vitesse de la réaction de dégradation⁽¹⁾.

- L'épuration par boues activées : Dans l'épuration par boues activées une attention toute particulière doit être portée à l'aération.

Le contrôle de cette aération peut se faire soit par la mesure de l'oxygène dissous, de l'indice de Mohlman, de la densité apparente ou de la D.B.O_5 . L'odeur, la couleur et l'aspect des boues sont également des tests de fonctionnement de la station. (14)

- L'aération : but : une eau privée d'air dissous et par conséquent d'oxygène à une saveur "plate", qui fait place à une sensation de "fraicheur" lorsqu'elle est aérée.

L'aération a surtout pour objet d'apporter à l'eau l'oxygène de l'atmosphère pour oxyder le fer et le manganèse et éliminer l'hydrogène sulfuré et le dioxyde de carbone, ainsi, l'aération contribue à prévenir la corrosion. (3)

pour dégrader les matières organiques et se maintenir en vie, les bactéries consomment une certaine quantité d'oxygène apportée au moyen d'appareils appelés aérateurs.

On admet cependant, que les micro-organismes aérobie en suspension dans l'eau n'utilisent pas directement l'oxygène gazeux, et que celui que l'on se propose de leur fournir doit être au préalable dissous dans l'eau. (1)

-Principes : Dans une eau aérée les gaz sont dissous ou éliminés jusqu'à ce qu'il ait équilibre entre la teneur de différents gaz dans l'atmosphère et dans l'eau.

La concentration des gaz dissous dans l'eau est inversement proportionnelle à la température de l'eau, par conséquent les eaux froides dissolvent plus de gaz que les eaux chaudes.

La diffusion d'un gaz dans l'eau est très lente, à moins que les surfaces d'eau exposées ne soient vastes et que l'eau ne soit agitée de sorte que ses différentes parties soient mises en contact avec le gaz. Les gaz sont donc absorbés par l'eau lorsque leur concentration dans l'eau est inférieure à la valeur d'équilibre. Inversement ils sont libérés lorsque leur concentration est supérieure à la valeur d'équilibre. (3)

types d'aérateurs : d'après les principes qui viennent d'être exposés, il est clair que les aérateurs doivent être conçus de manière à ménager une surface de séparation aussi grande que possible entre l'atmosphère et l'eau, Ils doivent en outre agiter l'eau pour faciliter la diffusion et assurer la libre circulation de l'air de manière à évacuer les gaz et les substances volatiles dégagées par l'eau.

En pratique, on est arrivé à mettre au point deux principaux types d'aérateurs : ceux où l'eau est exposée à l'atmosphère sous forme de gouttelettes ou de minces lames, et ceux dont lesquels on fait barboter dans l'eau de l'air divisé en fines bulles. Le premier type comprend les aérateurs par pulvérisation et ruissellement ou cascade, le second les aérateurs par diffusion d'air. (3)

CHAPITRE IV

TRAITEMENT

DES

BOUES

IV.1 DEFINITION :

Il n'existe pas de traitement d'épuration qui aboutisse à la production de résidus contenant les matières de pollution et les produits de transformations insolubles. Ces résidus sont qualifiés du terme général de boue. Elles constituent un déchet comme tout déchet et en diverses origines. (1)

IV.2 ORIGINE DES BOUES :

Dans une installation de traitement d'eau résiduaire, la production de boues a lieu à divers points de la chaîne de traitement :

- Lors de la traversée du décanteur primaire et secondaire.
- par toutes réactions physico-chimiques de coagulation-floculation.
- lors de l'action du traitement bactérien (biologique).

Selon leur origine, les boues ont une composition différente, qu'elles proviennent d'un traitement d'eau potable, d'un procédé physico-chimique ou biologique, d'une eau usée urbaine ou industrielle. (2)

IV.3 Age de la boue :

L'âge de la boue est la durée subie par les boues avant son élimination par purge. Il est convenu de le définir comme étant le rapport entre la quantité totale de boues (matières sèches volatiles) et la production de boues dans le bassin.

on définit l'âge de la boue par la notation suivante :

$$\hat{\text{age}} = \frac{\text{boues}}{\Delta(\text{boues})} = \frac{\text{boues}}{\alpha(\text{DBO}_5) - \beta(\text{boues})}$$

$$\hat{\text{age}} = \frac{1}{\alpha(\text{charge massique}) - \beta}$$

- (boues) : étant la quantité totale (supposée constante) de boues biologiquement actives contenues dans le réacteur. Cette valeur est exprimée dans la pratique en poids de boues organiques.
- Δ (boues) : accroissement des boues qui se serait normalement produit au sein du réacteur pendant l'unité de temps de référence choisie.
- DBO_5 : exprimée en poids d'oxygène par unité de temps (Kg/j)
- α : coefficient numérique reliant l'abattement de DBO_5 à la quantité de boues formées.
- β : coefficient numérique reliant l'autooxydation à la quantité de boues détruites. (14)

IV-4. CONSTITUTION DES BOUES :

- L'aspect la couleur et l'odeur des boues donnent généralement de premiers renseignements sur leur état.
- les boues fraîches des effluents urbains ont une couleur grise ou jaunâtre, elles contiennent des matières fécales, des papiers, des débris de légumes faciles à reconnaître.
- Ces boues apparaissent comme malodorantes et difficiles à essorer. (15)
- les boues produites dans les installations de détoxification et de neutralisation se composent essentiellement d'hydroxydes métalliques et de sels basiques peu solubles de métaux lourds. Ces boues sont peu riches en matières organiques (16). Les boues dont la digestion est achevée ont une couleur noire (à cause de la présence des sulfures de fer) et sentent le goudron.
- la teneur en eau des boues représente, du point de vue technique,

Leurs caractéristiques essentielles.

Elle se détermine par la perte en poids que subit la boue par dessiccation complète à l'étuve ou au bain-marie. (15)

IV.5 CARACTERISTIQUES DES BOUES :

Une boue est caractérisée par divers paramètres dépendant de son origine et de sa nature.

• IV.5.1 siccité : elle définit la concentration en matières sèches d'une boue, et s'exprime en (g/l) ou en pourcentage massique. Si on appelle R le pourcentage d'eau dans une boue, la masse d'eau (kg) est :

$$\text{rapportée à } 1\text{m}^3 \quad M = \frac{R}{100-R}$$

IV.5.2 volume des boues :

L'élimination de l'eau d'une boue se traduit par une diminution de son volume. Celui-ci se définit en fonction de sa teneur initiale, et de son pourcentage initial en eau : R

le volume après traitement s'écrit :

$$V_t = \frac{1-R}{1-R_t} \cdot V$$

R_t : le % d'eau restant après traitement

V_t : le volume après traitement.

R et V : représentent les mêmes facteurs avant traitement.

Si on appelle D_b , la densité de la boue et D_s la densité des solides présents dans la boue, on a :

$$D_b \equiv \frac{D_s}{1-R(1-D_s)} \quad \text{soit} \quad D_s \equiv \frac{D_b(1-R)}{1-RD_b}$$

En tenant compte la densité des solides D_s , le volume de la boue peut s'écrire :

$$V_t = \frac{\{1 + R_e (D_s - 1)\} (1 - R)}{[1 + R (D_s - 1)] (1 - R_e)} \cdot V$$

La densité D_s varie entre 1,01 et 1,04.

IV.5.3 viscosité :

La viscosité d'une boue varie de 10 à 30 centipoises. Elle dépend de l'aptitude de l'épaississement de la boue.

IV.5.4 combustibilité :

Il s'agit de déterminer si les calories produites par une fraction combustible des boues est supérieure à l'évaporation de l'eau et celle perdues lors de la combustion.

IV.5.5 valorisation :

La valorisation de la boue trouve son intérêt lorsque celle-ci présente une composition chimique intéressante pour l'agriculture.

Il est logique que la valeur fertilisante d'une boue soit mesurée par son pourcentage d'azote. Les valeurs suivantes sont généralement obtenues (exprimées en % de MES) ⁽¹⁾ tableau IV.1. ⁽¹⁾

éléments	boues fraîches (%)	boues digérées (%)
AZOTE (N)	3 - 5	2 - 3
PHOSPHORE (P)	1 - 5	1 - 2
POTASSE (K)	0,5 - 1	0,2 - 0,5
MAT. ORGANIQUES	60 - 80	40 - 65
CARBONE (C)	30 - 45	/

IV.6. CLASSIFICATION DES BOUES :

La classification des différentes boues est fonction de leur origine et de leur matière colloïdale

- classe organique hydrophile : elle est caractérisée par une fraction importante de colloïdes hydrophiles
- classe minérale hydrophile : ces boues contiennent des hydroxydes métalliques.
- classe huileuse : elle est caractérisée par les huiles émulsionnées ou adsorbées aux particules boueuses hydrophiles ou hydrophobes.
- classe minérale hydrophobe : ces boues sont caractérisées par un tout prépondérant de matières particulaires à teneur en eau liée faible ou nulle (sable, limon, scories, sels cristallisés). (7)

IV.7. TRAITEMENT DES BOUES :

La plupart des procédés de traitement utilisés normalement dans la maîtrise de la pollution de l'eau, produisent de la boue provenant d'un procédé de séparation solide-liquide. Ces matières subissent une série de traitement comprenant, l'épaississement, le conditionnement, la déshydratation et l'évacuation finale. (17)

IV.7.1 épaississement :

C'est un moyen simple de séparation de l'eau industrielle des particules des boues, soit par flottation soit par gravité. (8)

Après épaississement les boues présentent des taux d'humidité de 90 à 95%. (18)

IV-7-2 conditionnement : Il permet de modifier les forces de cohésion internes de la boue pour libérer l'eau liée aux particules. Le conditionnement peut se faire chimiquement ou thermiquement.

IV-7-3 Déshydratation : a pour but, en éliminant l'essentiel de l'eau, d'obtenir un produit de volume réduit et facilement pelletable. Ce séchage peut se faire par l'air ou des procédés mécaniques :

- Déshydratation naturelle, sur lit de séchage
- Déshydratation mécanique par
 - filtration sous vide
 - filtration sous pression
 - centrifugation

IV-7-4. Evacuation :

L'évacuation des boues résiduaires apparaît comme la phase la plus délicate de l'épuration des eaux. Il s'agit de se débarrasser de ces résidus par des procédés provoquant le minimum de nuisances tout en éliminant les frais de l'opération. (19)

IV-8 DEVENIR DES BOUES :

Pour cela on distingue :

IV-8.1. récupération agricole :

La boue sèche constitue un excellent fertilisant, la boue digérée séchée sur des lits de séchage, mécaniquement ou par la chaleur, a sensiblement la même valeur fertilisante que le fumier de ferme. séchée à l'air la distance d'utilisation est de l'ordre d'une

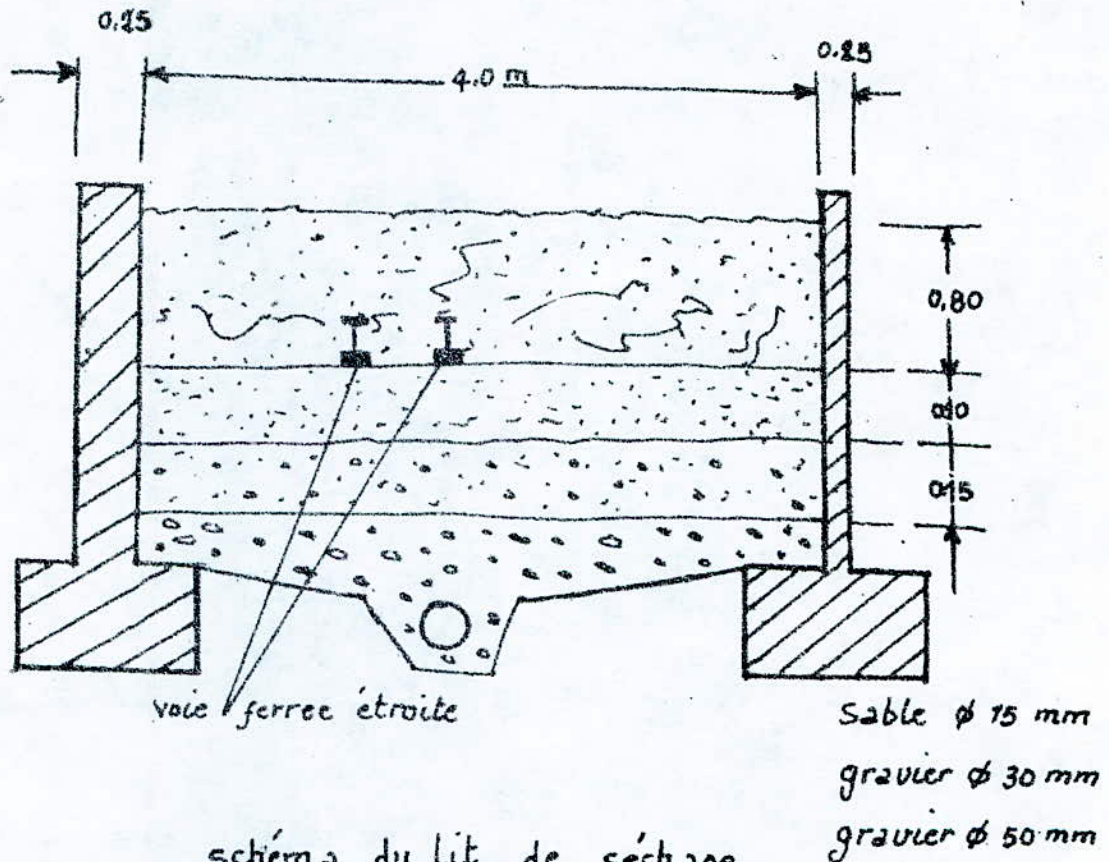


schéma du lit de séchage

fig III.1. (5)

La boue peut glisser sur environ 40 m avec cette inclinaison.

dizaine de kilomètres. Séchée à la chaleur, à moins de 10% d'humidité, elle peut être transportée beaucoup plus loin. (14)

IV.8.2 récupération des produits :

Elle ne concerne que certains éléments contenus dans les boues par exemple les produits coagulants, les métaux lourds, des boues de traitement de surface etc.

IV.8.3 récupération d'énergie :

On récupère surtout du méthane par fermentation (digestion) surtout des boues riches en matières organiques. (20)

IV.8.4. injection dans le sol :

Cette technique consiste essentiellement à injecter les boues à l'état liquide dans les poches poreuses du sous-sol, isolées entre des couches continues d'argile. (19)

IV.8.5 fixation des boues :

Dans la même, où il est difficile, voire impossible, de faire disparaître un composé gênant ne serait-il pas possible de transformer les boues en un matériau inerte, analogue somme toute aux roches minérales dont beaucoup sont sortis ?

cette technique se base sur la solidification des boues par addition d'un mélange de réactifs liquides avec adjonction de réactifs solides qui joue un rôle analogue aux liants hydrauliques employés dans la fabrication du béton. (21)

IV-B-6 Mise en décharge :

C'est la désinfection finale la plus fréquente des boues.

Cette technique applicable aux boues toxiques condamne une surface importante des sols et comporte des risques de contamination des eaux souterraines.

IV-B-7 incinération :

L'incinération des boues est le moyen permettant une réduction maximale des solides résiduels. (14)

Dans l'incinération, les paramètres à considérer sont la teneur en humidité et en matières volatiles du gâteau de boues ainsi que le pouvoir calorifique de la boue. La teneur en humidité est de toute première importance car elle déterminera si le processus de la combustion pourra s'entretenir de lui-même ou si un combustible d'appoint sera nécessaire.

L'incinération comprend le séchage et la combustion. Divers types d'unités d'incinérations sont disponibles pour réaliser les réactions dans des appareils simples ou combinés. (6)

Le pouvoir calorifique de plusieurs boues est indiqué au tableau :

	matières combustibles (%)	cendres (%)	pouvoir calorifique kcal/kg MES
MES d'eaux usées	74,0	26,0	5700
boue primaire fraîche	/	/	4900
boue primaire digérée	59,6	40,4	2940
résidu du dessableur "sables"	33,2	66,8	2220

pouvoir calorifique des boues résiduelles

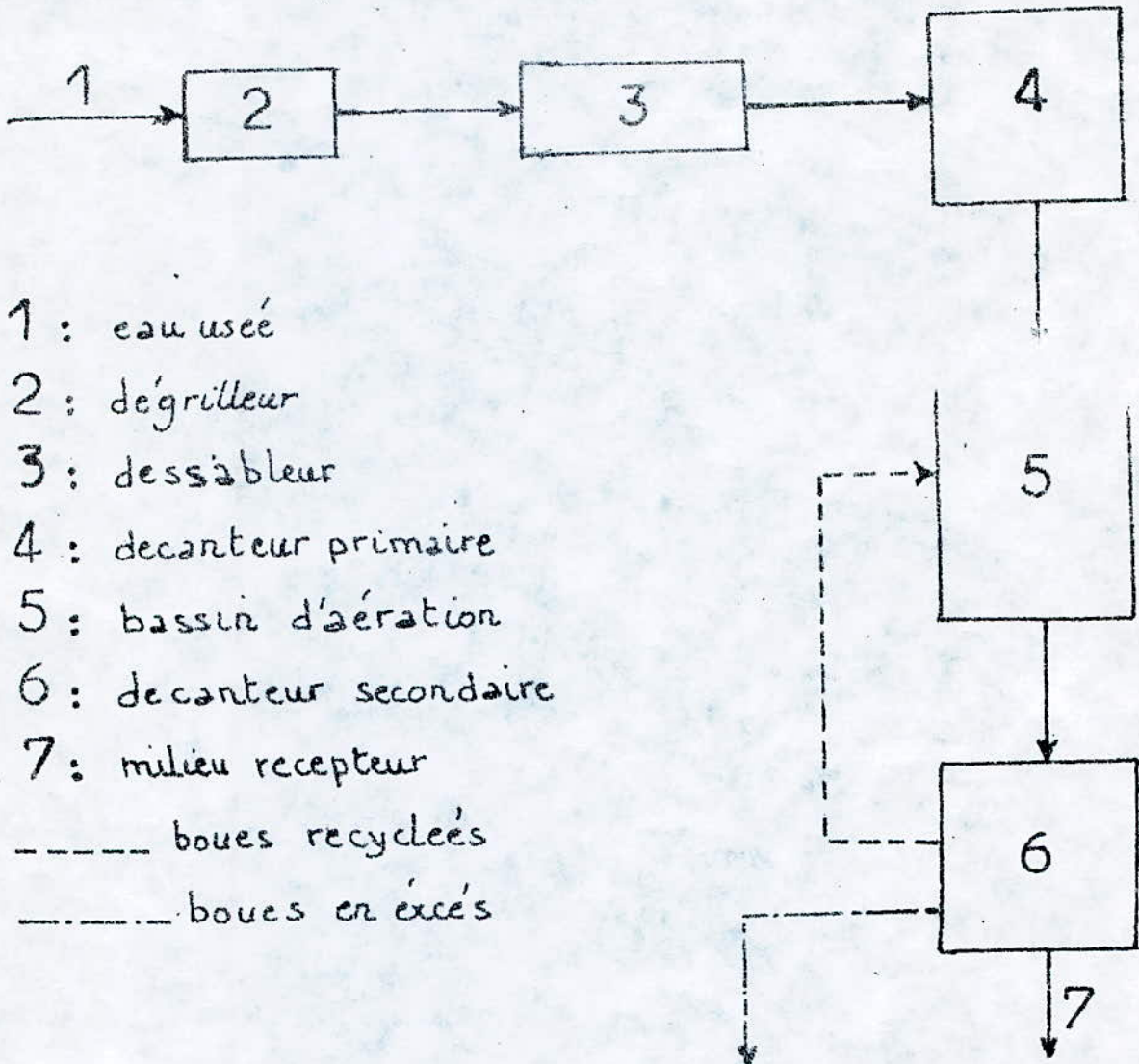
tableau IV.2. (6)

CHAPITRE V

DIMENSIONNEMENT ET
CONSTRUCTION D'UNE
STATION DE TRAITEMENT
DES EAUX USEES
URBAINES AU NIVEAU
DU LABORATOIRE

V-1 PRESENTATION DU PROCESSUS

schéma d'une installation de traitement au niveau du
Laboratoire . fig.V-1



- 1 : eau usée
- 2 : dégrilleur
- 3 : dessableur
- 4 : decanteur primaire
- 5 : bassin d'aération
- 6 : decanteur secondaire
- 7 : milieu receptr
- boues recycleés
- boues en excés

Cette installation est composée de plusieurs phases :

- La première phase étant le dégrilleur, qui a pour but d'éliminer les corps les plus volumineux afin de faciliter le traitement. Il convient ensuite le rôle du dessableur, en effet l'élimination des sables ou particules fines, présents dans l'effluent est indispensable, si on veut protéger les conduites et pompes contre

La corrosion et aussi éviter le colmatage des canalisations par une sédimentation au cours du traitement.

La troisième phase de notre installation, a pour but de séparer de l'eau, les matières minérales et organiques dont la densité est supérieure à un, c'est la décantation primaire, qui réduit la charge polluante.

La quatrième phase, de la chaîne de traitement est composée d'un bassin d'aération à boues activées, de surface afin d'apporter l'oxygène et assurer le brassage.

ramène la pollution des eaux usées à un niveau très bas.

Une décantation secondaire est prévue après le bassin d'aération au niveau de notre installation, afin d'assurer la séparation nous terminons notre installation de traitement par évacuation des boues en excès au milieu récepteur. (22)

Composition des eaux usées synthétiques :

Ces eaux usées synthétiques sont représentatives aux eaux usées urbaines. Les données de base des eaux usées synthétiques sont rassemblées au tableau suivant

Tableau V-1: Composition des eaux usées synthétiques
(d'après Docteur MAHIOUT.S)

Réactifs	Concentration (mg/l)
Glucose	1000
Uree	227
KH_2PO_4	527
K_2HPO_4	1070
$CaCl_2$	100
$MgSO_4$	1000
$FeCl_3$	5

V-2 CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES

Dans, ce chapitre le calcul suivant nous permet de dimensionner les différents ouvrages de l'installation de traitement des eaux usées synthétiques au niveau du laboratoire.

Remarque :

Le rapport $\frac{D.C.O}{D.B.O_5}$; nous permet de savoir l'origine des eaux usées .

$$\frac{D.C.O}{D.B.O_5} = \frac{450}{200} = 2,25 . \text{ Il est inférieur à } 2,5 , \text{ ce qui, confirme}$$

le caractère d'une eau usée urbaine (eau usée domestique)

Tableau V-2. Données de bases des eaux usées synthétiques

D.B.O ₅	200 mg/l
M.E.S	25 mg/l
D.C.O	450 mg/l
pH moyen	7,5
Température moyenne	22 °C

V-2-1 Le débit d'eaux usées synthétiques

Le volume journalier des eaux usées synthétiques, est estimé au niveau du laboratoire à $Q_j = 80 \text{ m}^3/\text{j}$ (D'après Docteur S. Mahiout).

V-2-2 Détermination de la charge en D.B.O₅ par jour.

on prend pour base le chiffre suivant $54 \text{ g D.B.O}_5/\text{j}/\text{habitant}$ (chiffre donné par K. Imhoff)

Au niveau du laboratoire, on a estimé la $\text{D.B.O}_5 = 200 \text{ mg/l}$ soit $0,2 \text{ kg/m}^3$

or le débit des eaux synthétiques $Q_j = 80 \text{ m}^3/\text{jour}$

d'où la charge en D.B.O_5 ; $L_0 = 80 \cdot 0,2 = 16 \frac{\text{m}^3}{\text{j}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$L_0 = 16 \text{ kg D.B.O}_5/\text{jour}$

V-2-3 Le débit moyen :

le débit moyen horaire journalier est donné par : $Q_m = \frac{Q_j}{24}$
 connaissant le débit journalier des eaux usées synthétiques,

on calculera le débit moyen : $Q_m = \frac{Q_{\text{jour}}}{24} = \frac{80}{24} = 3,33 \text{ m}^3/\text{h}$

soit $Q_m = 0,925 \text{ l/s}$

V-2-4 Le débit diurne :

Le débit diurne correspond à la période diurne de 16 heures consécutives au cours de laquelle, la station reçoit le plus grand volume d'eaux usées. Elle s'étend généralement de 8 h à 24 h. Le débit diurne est donné par $Q_d = \frac{Q_J}{16} = \frac{80}{16}$
soit $Q_d = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ on détermine Q_d

V-2-5 Le débit de pointe :

Il conduit à définir, un coefficient de pointe, comme étant le rapport du débit moyen de l'heure, le plus chargé au débit moyen journalier. Ce coefficient de pointe peut être calculé à partir du débit moyen journalier Q_m (l/s) par la formule suivante :

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}} \quad \text{pour } Q_m > 2,8 \text{ l/s}$$

$$C_p = 3 \quad \text{si } Q_m < 2,8 \text{ l/s}$$

Le débit de pointe est donné par : $Q_p = C_p \cdot Q_m$

or $Q_m = 0,925 \text{ l/s}$, alors on prendra $C_p = 3$. ($Q_m < 2,8 \text{ l/s}$).

dou $Q_p = C_p \cdot Q_m = 3 \cdot 0,925 = 2,77 \text{ l/s}$

soit $9,972 \text{ m}^3/\text{h} \approx 10 \text{ m}^3/\text{h}$

$$Q_p = 10 \text{ m}^3/\text{h}$$

V-2-6 calcul des charges polluantes :

les valeurs fixées des D.B.O₅ et M.E.S, données par les eaux usées synthétiques au niveau du laboratoire, sont de l'ordre :

$$\left. \begin{array}{l} \text{D.B.O}_5 = 200 \text{ mg/l} \\ \text{M.E.S} = 25 \text{ mg/l} \end{array} \right\} \text{ ces charges polluantes sont égales à :}$$

$$\text{D.B.O}_5 = 80 \cdot 0,2 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{J}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 16 \text{ kg/J}$$

$$\text{M.E.S} = 80 \cdot 0,025 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{J}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2 \text{ kg/J}$$

soit

$$\text{D.B.O}_5 = 16 \text{ kg/J} \quad \text{et} \quad \text{M.E.S} = 2 \text{ kg/J}$$

V-2-7 composition des M.E.S :

Les matières en suspension renferment les matières organiques qui sont, des matières volatiles en suspension et les matières solides (matières minérales). Les MES sont composées de 80% de matières volatiles en suspension (M.V.S) et de 20% de matières minérales (M.M).

A l'entrée de poids domestiques en suspension :

M.E.S = 2 kg/J ; seront composés de :

$$\text{M.V.S} = \frac{2 \cdot 80}{100} = 1,6 \text{ kg/J}$$

$$\text{M.M} = \frac{2 \cdot 20}{100} = 0,4 \text{ kg/J}$$

soit

$$\boxed{\text{M.V.S} = 1,6 \text{ kg/J}}$$

et

$$\boxed{\text{M.M} = 0,4 \text{ kg/J}}$$

V-2-8 Paramètres de dimensionnement

le calcul des caractéristiques hydrauliques et des charges polluantes nous amène aux données de dimensionnement suivantes.

tableau V-3. Paramètres de dimensionnement :

Désignation	Données Caractéristiques
Volume des eaux usées Urbaines à traiter (m ³ /J)	80
D.B.O ₅ (mg/l)	200
D.B.O ₅ (kg/J)	16
M.E.S (mg/l)*	25
M.E.S (kg/J)*	2

M.E.S : pourront être des matières synthétiques changeant de granulométrie . concentration usuelle .

V-3 CALCUL DES DIFFERENTS PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT DE CHAQUE OUVRAGE :

V-3-1 Dimensionnement des ouvrages de prétraitement :

Les prétraitements visent essentiellement à l'élimination des matières flottantes ou en suspension , dans les prétraitements on distingue :

- le dégrilleur
- le dessableur

V-3-1-1 Dégrilleur

le choix des grilles , c'est porté, sur les grilles manuelles , qui sont conçues pour les petites installations (au niveau de laboratoire).

La vitesse maximale de l'eau à travers les grilles doit être comprise entre 0,60 et 1,00 m/s.

les grilles créent de pertes de charge comprises entre 0,10 et 0,40 m pour les eaux résiduaires.

Pour le calcul de la grille on applique la formule suivante :

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

S : surface de la grille

h_{\max} : hauteur maximum d'eau admissible

l : largeur de la grille

α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale.

β : représente la fraction de surface occupée par les barreaux

δ : est le colmatage de la grille.

$\delta = 0,50$ pour un dégrillage automatique

$\delta = 0,25$ pour un dégrillage manuel

La fraction de surface est donnée par la formule suivante :

$$\beta = \frac{e_1}{e_1 + e_2} \quad ; \quad \text{avec } e_1 : \text{épaisseur des barreaux ; } e_1 = 5 \text{ mm}$$

e_2 : espacement entre les barreaux ; $e_2 = 5 \text{ m}$

$$\text{d'où } \beta = \frac{5}{5+5} = \frac{5}{10} \quad \text{soit } \beta = 0,5$$

le choix du dégrilleur, étant les grilles manuelles, donc, le colmatage de la grille, $\delta = 0,25$.

le coefficient du vide sera égal à : $(1 - \beta) = (1 - 0,5)$ soit $1 - \beta = 0,5$

- calcul de la surface de la grille :

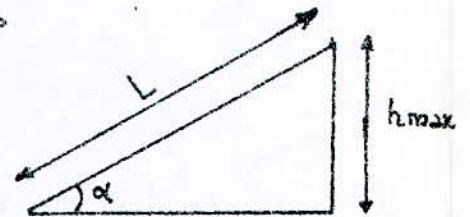
La section de la grille se calcule avec une vitesse d'écoulement suffisant pour éviter les dépôts, mais relativement faible, pour retenir les matières. La surface de la grille, se calcule à partir du débit de pointe Q_p .

pour cela on se fixe une vitesse d'écoulement maximale $V_e = 0,6 \text{ m/s}$

$$S_1 = \frac{Q_p}{V_e} = \frac{10}{0,6 \cdot 3600} \approx 4,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \quad \text{soit } \boxed{S = 46 \text{ cm}^2}$$

on doit déterminer la largeur de dégrilleur, par la relation suivante on fixe $H = 0,5 \text{ m} = 50 \text{ cm}$ et $\alpha = 60^\circ$

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



application numérique

$$l = \frac{46,30 \cdot \sin 60}{50 \cdot 0,5 \cdot 0,25} = 6,41 \text{ cm} \quad \text{soit } \boxed{l = 7 \text{ cm}}$$

- longueur mouillée de la grille : L

la longueur mouillée de la grille est la longueur oblique baignée par la lame d'eau. La longueur mouillée L , est le rapport entre la hauteur d'eau maximale dans le canal et le sinus de l'angle d'inclinaison α de la grille par rapport à l'horizontale.

$$L = \frac{h_{\max}}{\sin \alpha} = \frac{0,50}{\sin 60} = \frac{0,50}{0,866} = 57,73 \approx 58 \text{ cm}$$

- caractéristiques de la grille :

Il sera réalisé d'un dégrilleur manuel, ayant les dimensions suivantes :

$$l = 7 \text{ cm}$$

$$V_e = 0,6 \text{ m/s}$$

$$L = 98 \text{ cm}$$

$$e_1 = 5 \text{ mm}$$

$$H_{\text{max}} = 50 \text{ cm}$$

$$e_2 = 5 \text{ mm}$$

V-3-1-2 Dessableur

Il est réalisé après le dégrilleur, le dessableur retiendra les particules de granulométrie supérieure à 200μ .

Le choix du dessableur au niveau du laboratoire sera de type rectangulaire aéré.

Dans ce dessableur, une vitesse d'écoulement de $0,2 \text{ m/s}$ permet le dépôt de la majeure partie des sables dans un temps d'environ 1 mn et une charge hydraulique variant de 10 à $40 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$.

En admettant ; $V_s = 0,02 \text{ m/s}$ (vitesse de sédimentation)

$V_e = 0,20 \text{ m/s}$ (vitesse de passage de --)

$Q_p = 10 \text{ m}^3/\text{h}$ (débit de pointe)

- La surface verticale S_v :

$$S_v = \frac{Q_p}{V_e} = \frac{10}{0,20 \cdot 3600} = 0,014 \text{ m}^2 \quad \text{soit } \boxed{S_v \approx 0,014 \text{ m}^2}$$

- La surface horizontale S_h :

$$S_h = \frac{Q_p}{V_s} = \frac{10}{0,02 \cdot 3600} = 0,138 \text{ m}^2 \quad \text{soit } \boxed{S_h = 0,14 \text{ m}^2}$$

- Largeur du dessableur, l

on fixe la hauteur maximale d'eau dans le canal à :

$$H = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

$$S_v = l \cdot h \Rightarrow l = \frac{S_v}{H} = \frac{0,014}{0,10} = 0,14 \text{ m}$$

- longueur du dessableur : L

Elle est donnée par la formule suivante :

$$L = \frac{S_h}{\ell} = \frac{0,14 \text{ m}^2}{0,14 \text{ m}} = 1 \text{ m} \quad \text{soit} \quad \boxed{L = 100 \text{ cm}}$$

- caractéristiques du dessableur :

Le dessableur s'effectuera dans un bassin de longueur $L = 100 \text{ cm}$ et de largeur $\ell = 14 \text{ cm}$.

les dimensions du dessableur rectangulaire sont donc les suivantes :

- surface verticale : $S_v = 0,014 \text{ m}^2$

- surface horizontale : $S_h = 0,14 \text{ m}^2$

- hauteur : $H = 10 \text{ cm}$

- $v_e = 0,2 \text{ m/s}$ - $\ell = 14 \text{ cm}$ - $v_s = 0,02 \text{ m/s}$ - $L = 100 \text{ cm}$

- calcul de la charge hydraulique Ch :

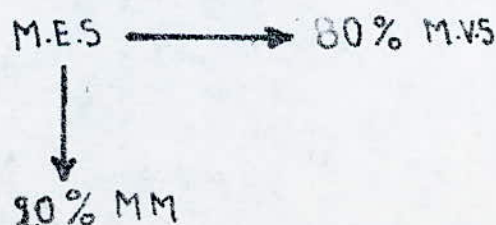
$$Ch = \frac{Q_p}{S_h} = \frac{10}{0,14} \approx 71,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

- calcul du temps de séjour

$$t_s = \frac{v}{Q_p} = \frac{L \cdot \ell \cdot H}{Q_p} = \frac{1 \cdot 0,14 \cdot 0,1}{10} = 0,0014 \text{ h} = 5,04 \text{ s}$$

Soit $\boxed{t_s = 5 \text{ s}}$

L'opération de dessablage, a pour but d'éliminer 80% des matières minérales. Sachant que les M.E.S se décomposent comme suit



La quantité de MES à l'entrée du dessableur est de 2 Kg/l

Elle contient : $M.V.S = 2 \cdot 0,80 = 1,6 \text{ Kg/l}$

$M.M = 2 \cdot 0,20 = 0,4 \text{ Kg/l}$

Sachant que le dessableur a généralement un rendement de 80% sur les M.M, donc la quantité des MES retenue dans le dessableur sera

$MES_{\text{retenue}} = \frac{0,40 \cdot 80}{100} = 0,32 \text{ Kg/l}$

La quantité des matières minérales restantes dans l'eau, sera donc :

$M.M_{\text{restante}} = 0,40 - 0,32 = 0,08 \text{ Kg/l}$

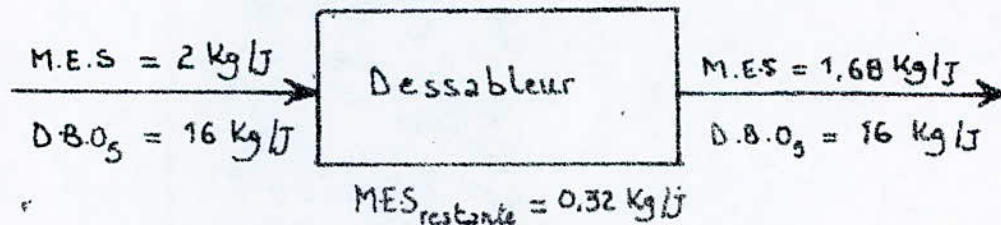
- La quantité des MES entrante dans le bassin de décantation sera :

$MES = M.V.S + M.M_{\text{restante}}$

$MES = 1,60 + 0,08 = 1,68 \text{ Kg/l}$

$MES_{\text{entrante}} = 1,68 \text{ Kg/l}$

L'extraction des boues sableuses se fera par transport, elles seront ensuite évacuées vers la décharge publique après égouttage.



V-3-2 Décanteur primaire :

La décantation primaire garde toujours l'avantage essentiel du coût d'élimination, le plus faible de la D.B.O5 en exploitation :

Sur une eau usée, la décantation primaire permet d'éliminer :

- 90% des matières décantables

- 50 à 65% des M.E.S et de 25 à 40% de la D.B.O5.

calcul du décanteur primaire :

A l'entrée du décanteur primaire, les charges polluantes sont évaluées à :

- Une D.B.O₅ de 76 Kg/J
- Une M.E.S de 1,68 Kg/J

En considérant, une réduction pour la décantation primaire de :

- 40 % de D.B.O₅
- 60 % de M.E.S

Le décanteur primaire abattra en :

- D.B.O₅ = $76 \times 0,40 = 6,4 \text{ Kg/J}$
- M.E.S = $1,68 \times 0,6 = 1,008 \text{ Kg/J}$

La quantité retenue par le décanteur primaire sera :

- D.B.O₅ = 6,40 Kg/J
- M.E.S = 1,008 Kg/J

Le décanteur primaire laissera échapper en :

- D.B.O₅ = $26 - 6,4 = 9,6 \text{ Kg/J}$
- M.E.S = $1,68 - 1,008 = 0,672 \text{ Kg/J}$

La quantité sortante de ce décanteur sera de :

- D.B.O₅ = 9,6 Kg/J
- M.E.S = 0,672 Kg/J

soit en concentration :

- D.B.O₅ = $\frac{9,6 \cdot 10^3}{80} = \boxed{120 \text{ mg/l}}$
- M.E.S = $\frac{0,672 \cdot 10^3}{80} = \boxed{8,40 \text{ mg/l}}$

Dimensionnement d'un décanteur primaire :

On se fixe un temps de séjour sur le débit de pointe Q_p à $t = 2 \text{ mn}$.

Volume de l'ouvrage :

$$V = Q_p \cdot t_s = \frac{10 \cdot 2}{60} = 0,33 \text{ m}^3 \quad \text{soit } \boxed{V = 0,33 \text{ m}^3}$$

Dans ce cas on peut déterminer la hauteur du décanteur primaire

$$H = t_s \cdot V_a$$

on adopte ; $V_a = 18 \text{ m/h} = 0,005 \text{ m/s}$, sur Q_p

$V_a = 7,2 \text{ m/h} = 0,002 \text{ m/s}$, sur Q_m

sur Q_p : $H = t_s \cdot V_a = 2,60 \cdot 0,005 = 0,60 \text{ m}$ soit $H = 60 \text{ cm}$

Surface nécessaire du décanteur primaire :

$$S = \frac{V}{H} = \frac{0,333}{0,60} = 0,55 \text{ m}^2 = 5500 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } \boxed{S = 5500 \text{ cm}^2}$$

on fixe une longueur admissible et réalisable, $L = 80 \text{ cm}$

$$\Rightarrow S = L \cdot l \Rightarrow l = \frac{S}{L} = \frac{5500}{80} = 68,75 \text{ cm}$$

tel que la surface reste constante : $S = 5500 \text{ cm}^2$.

La hauteur du bassin n'a pas d'influence sur la sédimentation, ceci est démontré par :

$$V = \frac{Q}{H \cdot l}$$

d'après la figure :

$$\frac{V_a}{V_c} = \frac{L}{H} = \frac{Q}{H \cdot l \cdot V_c}$$

$$\text{d'où } \frac{Q}{V_c} = \frac{L \cdot l \cdot H}{H} = L \cdot l = S \text{ en m}^2$$

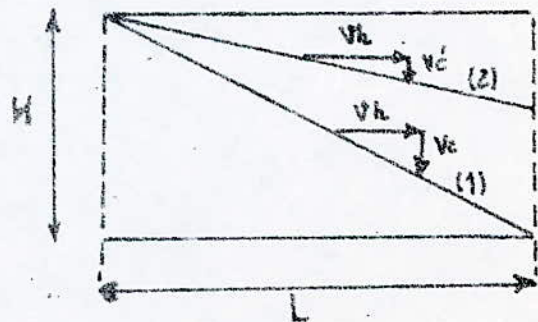


fig : IX-2

V_c : vitesse de chute d'une particule, trajectoire (1), (m/s).

V'_c : vitesse de chute d'une particule, trajectoire (2), (m/s).

V_h : vitesse horizontale de l'eau, (m/s).

l : largeur du bassin

L : longueur du bassin

Q : débit d'eau entrant (m^3/s)

H : Hauteur du bassin. (m)

- Caractéristiques du décanteur primaire :

- on a conseillé, un décanteur rectangulaire

- hauteur du décanteur $H = 0,60 \text{ m}$ à fond incliné de 30° /horizontale

- volume $V = 0,33 \text{ m}^3$

- surface $S = 0,55 \text{ m}^2$

- temps de séjour $t_s = 2 \text{ mn}$.

- longueur $L = 0,80 \text{ m} = 80 \text{ cm}$

- largeur $l = 68,75 \text{ cm}$.

II-3-3. Dimensionnement de l'installation de traitement biologique

Le traitement biologique des eaux est essentiellement développé comme moyen adapté à l'épuration des eaux usées urbaines.

Il repose alors sur le principe de la dégradation des matières organiques à l'aide des microorganismes.

V-3-3-1 Bassin d'aération : boues activées à forte charge :

les eaux usées du décanteur primaire seront acheminées vers l'entrée du bassin d'aération.

En considérant un abattement pour la décantation primaire qui est de l'ordre :

- 40 % de D.B.O₅
- 60 % des M.E.S

à l'entrée du bassin d'aération, les eaux usées auront les caractéristiques suivantes :

Tableau V.4. caractéristiques des différentes charges

DESIGNATION	D.B.O ₅	M.E.S
charges des eaux brutes (Kg/j)	16	1,68
charge retenue en décantation I (Kg/j)	6,40	1,008
charge à l'entrée du bassin d'aération (Kg/j)	9,6	0,672
concentration (mg/l)	120	8,40

Les paramètres de dimensionnement : ⁻⁶⁵⁻

Les paramètres de dimensionnement que nous devons prendre au niveau Laboratoire sont :

$C_v > 1,5 \text{ Kg D.B.O}_5 / \text{m}^3 \text{ J}$ (charge volumique)

$C_m > 0,5 \text{ Kg D.B.O}_5 / \text{Kg m.v.s J}$ (charge massique)

ceci est pour un système à forte charge.

t_s (temps de séjour) peut atteindre 5 à 10 mn

D.B.O₅ à l'entrée du bassin est $L_0 = 9,6 \text{ Kg/l J}$

Le rendement dépasse généralement 80% .

- Le rendement

$\eta = \frac{L_0 - L_f}{L_0}$; où L_0 : D.B.O₅ à l'entrée

L_f : D.B.O₅ de rejet

Application numérique :

$L_0 = 120 \text{ mg/l}$ on se fixe $L_f = 20 \text{ mg/l}$

d'où $\eta = \frac{120 - 20}{120} = \frac{100}{120} \Rightarrow \eta = 83\%$

pour le rendement à forte charge, le rendement d'épuration, se situe aux alentours de 85%

- Le volume du bassin d'aération :

on a $C_v = \frac{L_0}{V}$; d'où $V = \frac{L_0}{C_v}$

on fixera une charge volumique, $C_v = 28 \text{ Kg D.B.O}_5 / \text{m}^3 \text{ J}$

d'où le volume du bassin : $V = \frac{9,6}{28} \approx 0,343 \text{ m}^3$

soit $V = 0,343 \text{ m}^3$

temps de séjour sur Q_p :

$t_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{0,343}{10} = 0,0343 \text{ h}$ soit $t_s = 2 \text{ mn}$

Effectivement, pour les traitements à forte charge, le temps de séjour étant faible.

Surface du bassin d'aération:

Elle est donnée par la formule suivante : $S = \frac{V}{H}$ (m²).

on se fixe une hauteur $H = 0,50$ m $\Rightarrow H = 50$ cm.

d'où $S = \frac{V}{H} = \frac{0,343}{0,50}$ soit $S = 0,686$ m²

Les dimensions du bassin :

Pour avoir une bonne homogénéisation, les variations du rapport

$\frac{L}{l} = 2$; d'où $L = 2l$ or $S = L.l = 2l^2$

$\Rightarrow l^2 = \frac{S}{2} \Rightarrow l = \sqrt{\frac{S}{2}}$; $l = \sqrt{\frac{0,686}{2}} = 0,58$ m

- Longueur du bassin d'aération L

$L = 2l = 2.58 = 116$ cm

Caractéristiques du bassin d'aération

Le procédé qui puisse exister, au niveau du Laboratoire, étant le bassin d'aération à boues activées ayant les dimensions suivantes :

Hauteur $H = 0,50$ m = 50 cm

Volume $V = 0,343$ m³

Surface $S = 0,686$ m²

largeur $l = 0,58$ cm

longueur $L = 116$ cm

V.3.3.2 Décanteur secondaire :

Il a pour rôle la séparation de l'eau traitée et des boues.

le débit à traiter est $Q' = Q_m + rQ_m$

on fixe le temps de séjour, $t_s = 3$ mn, et la hauteur $H = 0,60$ m,

La vitesse ascensionnelle est donnée par la relation suivante :

$$v_a = \frac{H}{t_s} \quad (\text{m/s})$$

application numérique :

$$v_a = \frac{0,60}{3 \times 60} = 0,003 \text{ m/s} \quad \text{soit } \boxed{v_a = 0,3 \text{ cm/s}}$$

Le débit à traiter : $Q' = 3,33 + 0,78 \times 3,33 = 5,93 \text{ m}^3/\text{h}$ soit $Q' = 6 \text{ m}^3/\text{h}$
avec $Q_m = 3,33 \text{ m}^3/\text{h}$ et $r = 78\%$.

volume du clarificateur :

le produit du débit à traiter par le temps de séjour

$$V = Q' \cdot t_s = \frac{5,93 \cdot 3}{60} \approx 0,296 \text{ m}^3 \quad \text{soit } V \approx 0,3 \text{ m}^3$$

surface du décanteur :

$$S = \frac{V}{H} = \frac{0,296}{0,60} = 0,493 \text{ m}^2$$

$$Q' = 3,33 + 0,78 \cdot 3,33 = 5,93 \text{ m}^3/\text{h} \text{ on fixe } H = 60 \text{ cm}$$

$$S = L \cdot l \Rightarrow S = 4930 \text{ cm}^2$$

$$\text{on fixe } L = 80 \text{ cm} \Rightarrow l = \frac{S}{L} = \frac{4930}{80} = 61,62 \text{ cm}$$

- caractéristique du décanteur secondaire :

Il sera réalisé d'un décanteur secondaire à fond incliné par rapport à l'horizontale de 30° et de forme rectangulaire.

Surface du clarificateur $S = 0,493 \text{ m}^2 = 0,5 \text{ m}^2$

volume du décanteur $V = 0,296 \text{ m}^3 = 0,3 \text{ m}^3$

hauteur $H = 60 \text{ cm}$

largeur $l \approx 61,62 \text{ cm}$

longueur $L = 80 \text{ cm}$

- Calcul des charges hydrauliques :

sur Q' : $Ch = \frac{Q'}{S} = \frac{5,93}{0,493} = 12,03 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} \approx 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

sur Q_p : $Ch = \frac{Q_p}{S} = \frac{10}{0,493} = 20,28 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} \approx 20,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

tableau V-5. Caractéristiques de chaque ouvrage

dimension	Dégrilleur	Dessableur	Decanteur I	Aérateur	Decanteur II
$L_{(cm)}$	60	100	80	120	80
$l_{(cm)}$	7	15	70	60	60
$H_{(cm)}$	50	10	60	50	60

* Estimation finale des calculs et choix des éléments convenables :

les grandeurs trouvées sont peu élevées, on ne peut pas donc effectuer la construction des dispositifs, ceci est dû à certains facteurs mis en évidence :

- l'occupation d'une grande surface au labo
- le coût est très élevé (plexi-glass...)
- le manque de matériel nécessaire
- la demande des produits chimique élevée pour l'expérience.

Pour avoir des paramètres admissibles de ces ouvrages et qu'on peut les réaliser au niveau du laboratoire, on multiplie

chaque dimension par le coefficient : $\frac{1}{2}$.
 c'est à dire on utilise au calcul initial l'échelle $\frac{1}{2}$ qui nous permettra de construire les ouvrages convenables de la station.
 les paramètres sont résumés dans le tableau récapitulatif suivant :

tableau V-6. paramètres des ouvrages à l'échelle: $\frac{1}{2}$

dimension	Dégrilleur	Dessableur	Decanteur I	Aérateur	Decanteur II
L (cm)	30	50	40	60	40
ℓ (cm)	10	10	35	30	30
H (cm)	30	75	30	30	30

remarque : A chaque dimension d'un ouvrage, on ajoute un coefficient de sécurité de telles façons qu'elles soient normalisées.

V-3-3-3 L'aération :

- Détermination de la masse MVS contenue dans le bassin d'aération

La teneur en M.V.S est : $X_e = \frac{C_v}{C_m} \text{ [Kg/m}^3\text{]}$

on fixe : $C_m = 10 \text{ Kg.DBO}_5 / \text{Kg.MVS.J}$

$C_v = 28 \text{ Kg.D.B.O}_5 / \text{m}^3.\text{J}$

d'où $X_e = \frac{28}{10}$; $X_e = 2,8 \text{ Kg.MVS/m}^3$.

donc la masse des MVS contenue dans le bassin sera :

$X_t = X_e \cdot V = 2,8 \times 0,045$ soit $X_t = 0,126 \text{ Kg}$ avec $V = 0,045 \text{ m}^3$

- Les besoins en oxygène :

La quantité d'oxygène théorique est déterminée par la formule :

$$q_{O_2} \text{ théorique} = a' L_e + b' X_t$$

a' et b' étant les coefficients respirométriques

L_e = Pollution (DBO_5) éliminée : q_{O_2} théorique : q_{O_2} / t

X_t = masse des MVS contenue dans le bassin

on se fixe : $a' = 0,45 \text{ kg d'O}_2 / \text{kg} \cdot \text{MVS} \cdot \text{J}$

$b' = 0,05 \text{ kg d'O}_2 / \text{kg} \cdot \text{MVS} \cdot \text{J}$

or, $L_e = L_0 - L_f = 9,6 - 1,6 = 8 \text{ kg/J}$

et $X_t = 0,126 \text{ kg}$.

- La quantité d'oxygène à fournir théoriquement sera :

$$q_{O_2} / \text{théo} = a' L_e + b' X_t = 0,45 \cdot 8 + 0,05 \cdot 0,126 = 3,6 \text{ kg d'O}_2 / \text{J}$$

$$q_{O_2} / \text{théo} = 3,6 \text{ kg d'O}_2 / \text{J}$$

- La quantité d'oxygène théorique par heure : q_{O_2} / heure

$$q_{O_2} / h = \frac{3,6}{24} = 0,15 \text{ kg d'O}_2 / \text{heure}$$

- La quantité théorique horaire à fournir en pointe q_p : q_{O_2} / pointe

on calculera par mesure de sécurité, la quantité d' O_2 à fournir pendant la période du débit de pointe :

$$q_{O_2} / p = a' \frac{L_e}{18} + b' \frac{X_t}{24} = \frac{0,45 \cdot 8}{18} + \frac{0,05 \cdot 0,126}{24} = 0,2 + 0,00026$$

$$q_{O_2} / p = 0,2 \text{ kg d'O}_2 / h$$

le passage aux conditions réelles d'utilisation :

Il s'effectue à l'aide d'un coefficient correctif $T = 0,7$, qui est à la valeur théorique de la quantité d'oxygène à fournir.

- La quantité d'oxygène réelle nécessaire en pointe sera donc :

$$q_{O_2} / h = \frac{q_{O_2} / P}{T} = \frac{0,2}{0,7} = 0,286 \text{ Kg d'O}_2 / h \approx 0,3 \text{ Kg d'O}_2 / h$$

le rendement en oxygène des aérateurs de surface varie entre 1,5 et 2,0 Kg d'O₂ / Kwh.

- La puissance minimale nécessaire sera :

$$P = \frac{q_{O_2} / h}{R} \text{ (kw)} \text{ on fixe : } R = 1,6 \text{ Kg d'O}_2 / \text{Kwh.}$$

- en moyenne la puissance minimale est de :

$$P_{\text{moyenne}} = \frac{0,15}{1,6} = 0,094 \text{ Kw.}$$

- La puissance à fournir par le brassage :

$$P_b = 0,03 v = 0,03 \cdot 0,045 = 0,00135 \text{ kw} \approx 0,001 \text{ Kw}$$

- La puissance totale à fournir :

$$P_T = P_{\text{moy}} + P_b = 0,094 + 0,00135 = 0,0953 \approx 0,1 \text{ Kw}$$

- En pointe : la puissance à fournir pour le transfert de l'oxygène :

$$P_{\text{moy}} = \frac{q_{O_2} / P}{R} = \frac{0,2}{1,6} = 0,125 \text{ Kw} \approx \boxed{0,1 \text{ Kw}}$$

- Puissance totale à fournir :

$$P_T = P_m + P_b = 0,125 + 0,00135 = 0,12635 \text{ Kw} \approx \boxed{0,13 \text{ Kw}}$$

pour satisfaire les besoins en oxygène, l'air insufflé dans le bassin sera soumis à une agitation mécanique.

- La détermination du débit d'air à fournir:

sachant que 1,29 kg d'air occupe un volume $V = 1 \text{ m}^3$

- en moyenne : considérant, un rendement d'oxygénation de l'ordre de 5%, c'est à dire que 95% du volume d'air traverse la couche liquide.

Débit d'air à fournir:

$$Q_{\text{air}}^{\text{moy}} = 0,094 \cdot \frac{100}{5} \cdot \frac{1}{1,29} = 1,46 \text{ m}^3 \text{ d'air/h} \approx 1,5 \text{ m}^3 \text{ d'air/h.}$$

- en pointe :

débit d'air à fournir

$$Q_{\text{air}}^{\text{P}} = 0,125 \cdot \frac{100}{5} \cdot \frac{1}{1,29} = 1,94 \text{ m}^3 \text{ d'air/h} \approx 2 \text{ m}^3 \text{ d'air/h.}$$

débit d'air par unité de volume :

$$\text{- en moyenne : } Q_{\text{air}}^{\text{moy}} = \frac{1,46}{0,045} = 32 \text{ m}^3 \text{ d'air / m}^3 \text{ h.}$$

$$\text{- en pointe : } Q_{\text{air}}^{\text{P}} = \frac{1,94}{0,045} = 43 \text{ m}^3 \text{ d'air / m}^3 \text{ h.}$$

Les boues primaires :

Ces boues sont issues de décanteur primaire, Elles sont extraites à des concentrations variant entre 15 et 20 g/l.

Pendant afin de limiter leur temps de séjour dans les ouvrages, il est préférable de réduire la concentration à 15g/l.

la quantité de boues primaires est égale à 1,008 Kg/J, représentant, un volume variant entre 0,04 et 0,067 m³/J, suivant la concentration d'extraction désirée. on prend pour notre cas, une concentration d'extraction de 15g/l.

le volume journalier des boues primaires sera donc :

-93-

$$V_{b_1} = \frac{1,008}{15} = 0,067 \text{ m}^3 / \text{J}$$

- les boues secondaires :

Il s'agit des boues secondaires en excès qui seront envoyées vers le traitement des boues.

- Bilan des boues :

Dans notre cas elles sont issues du clarificateur, la quantité de boues en excès est évacuée par le bilan :

$$\Delta x = x_{\text{min}} + x_{\text{dure}} + \Delta m \cdot l_e - b \cdot x_t - x_{\text{eff}}$$

x_{min} : boues minérales échappant à la décantation (kg/J).

x_{dure} : fraction de boues difficilement biodégradables évalués de 25 à 30% des M.V.S (kg/J).

Δm : coefficient lié au rendement cellulaire

l_e : Pollution organique éliminée (kg/J)

b : coefficient de respiration endogène (J^{-1})

x_t : masse des M.V.S, contenues dans le bassin d'aération

$b \cdot x_t$: boues détruites par auto-oxydation (kg/J).

x_{eff} : boues perdues par l'effluent.

A l'entrée du bassin d'aération :

M.E.S = 0,672 kg/J qui sont composés en :

$$- \text{M.V.S} = 0,672 \cdot 0,80 = 0,538 \text{ kg/J} \approx 0,54 \text{ kg/J}$$

$$- \text{M.M} = 0,672 \cdot 0,20 = 0,134 \text{ kg/J}$$

Donc, $X_{min} = 0,134 \text{ kg / J}$

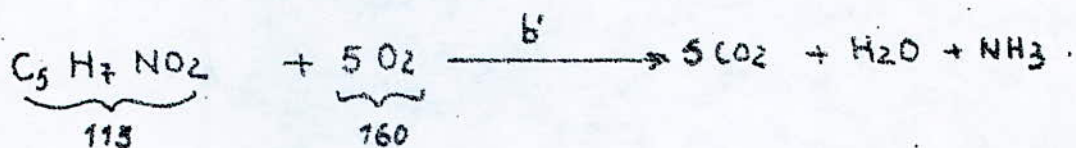
$X_{dure} = 30\% \text{ M.V.S} = 0,538 \cdot 0,30 = 0,162 \text{ kg / J} \approx 0,2 \text{ kg / J}$

exemple : boues synthétiques

on prendra $\Delta m = 0,015$ et on sait que $L_e = 8 \text{ kg / J}$

sachant qu'il faut $1,42 \text{ g d'O}_2$, pour réaliser la synthèse de 1 g de matière cellulaire.

La synthèse se réalise de la manière suivante :



Le rapport de la masse d'oxygène consommée à la masse des composés oxydés par la respiration endogène est :

$$b' = \frac{160}{113} \cdot b = 1,42 b$$

on fixera $b' = 0,05 \text{ kg d'O}_2 / \text{kg des M.V.S} \cdot J$

$$\text{d'où } b = \frac{b'}{1,42} = \frac{0,05}{1,42} = 0,035$$

donc $b \cdot X_e = 0,35 \cdot 0,126 = 0,0444 \text{ kg / J} \approx 0,05 \text{ kg / J}$

$$\Delta m = 0,015 \cdot 8 = 0,12 \text{ kg / J} \approx 0,12 \text{ kg / J}$$

pour maintenir le système en équilibre, on a négligé la quantité de boues (M.E.S) rejetée en milieu naturel donc l'effluent épuré; ($X_{eff} \approx 0$).

d'où la quantité de boues en excès :

$$\Delta X = 0,134 + 0,162 + 0,12 - 0,0444 = 0,412 \text{ kg / J}$$

$$\Delta X = 0,412 \text{ kg / J}$$

les boues sont extraites du décanteur secondaire avec une

-75-

certaine concentration telle que : $X_r = \frac{1200}{I_m}$

où I_m : l'indice de Mohlman est compris entre 100 et 150,
pour une bonne décantabilité, on prendra $I_m = 120 \text{ cm}^3/\text{mg}$.

d'où : $X_r = \frac{1200}{I_m} = \frac{1200}{120} \Rightarrow X_r = 10 \text{ mg/cm}^3$

le volume des boues journalier à extraire sera :

$$V_{\text{extraire}} = \frac{\Delta X}{X_r} = \frac{0,412}{10} = 0,0412 \text{ m}^3/\text{J}$$

$$V_{\text{extraire}} \approx 0,04 \text{ m}^3/\text{J}$$

CHAPITRE IV

ETUDE EXPERIMENTALE

VI-1 CONCEPTION

VI-1-1 Matériaux et outils utilisés:

Matériaux : Notre station a été construite principalement par du plexiglass et de la colle.

- Le plexiglass : est un genre de plastique, dur et transparent. Il se trouve dans des entreprises nationales (E.N.R.C) et dans des entreprises privées sous forme de plaques et de tubes de toutes épaisseurs et dimensions normalisées.

- La colle : est du type spécial appelée « ALTUGLASS » ou « ALTUFIXE » elle est incolore, visqueuse et assure une bonne étanchéité.

Les outils :

- une cisaille : sert à couper le plexiglass en dimensions voulues.

- perceuse : avec ses mèches nous a permis de trouser les dispositifs selon les diamètres nécessaires.

- seringue : pour poser la colle convenablement sur les endroits de collage.

remarque : concernant la grille, on a utilisé du fil de fer de 2,5mm de diamètre (diamètre pris à l'échelle $\frac{1}{2}$).

VI-1-2 Préparation des matériaux:

Après le calcul et l'évaluation définitive des dimensions et vu l'indisponibilité du plexiglass on a ramené 3m² de plexiglass d'épaisseur (3mm) et de la colle suffisante pour la construction de la station.

III-1-3 Démarche du montage :

Dans cette conception du montage de ces dispositifs on a suivi les étapes suivantes :

D'après notre conception on a cinq (05) dispositifs qui se composent en tout de 27 plaques différentes, - on a découpé les 3m² de plexiglass en plaques de différentes dimensions dont le nombre est connu pour chaque dispositif.

La deuxième étape consiste au collage. Au début on a commencé à coller le dégrilleur, on le laisse sécher durant 4 à 5 heures et en parallèle on continue le travail du collage pour le dispositif suivant,

(dessableur) et on le laisse aussi sécher pendant un temps suffisant.

Il est déconseillé de toucher ou de bouger les dispositifs durant le séchage. Pour avoir un bon collage il faut tenir les plaques

x les unes aux autres par des serres-joints.

Dans les quatre coins de chaque dispositif on a ajouté une tige en plexiglass qui assure un collage solide d'où une bonne étanchéité. on suit de même le travail jusqu'à la fin de la construction de la station.

VI-2 VERIFICATION :

D'après l'échelle de réalisation de la station, nous multiplions le débit qui est donné initialement par le coefficient $\frac{1}{2}$, pour obtenir le débit réel correspondant aux dimensions de l'installation, soit $Q_{\text{réel}}$ ce débit ; $Q_r = 80 \times \frac{1}{2} = 40 \text{ m}^3/\text{jour}$.

Donc le débit admissible à la station ne dépasse pas les $40 \text{ m}^3/\text{jour}$

a- Dégrilleur : corrections effectuées au niveau de :

- l'épaisseur des barreaux qui est $e_1 = 2,5 \text{ mm}$ est l'épauement entre les barreaux $e_2 = 3 \text{ mm}$ impliquent donc que :

$$\beta = \frac{e_1}{e_1 + e_2} = \frac{2,5}{2,5 + 3} = \frac{2,5}{5,5} \Rightarrow \beta = 0,45$$

- le colmatage de la grille reste $\delta = 0,25$

- le coefficient du vide sera égal à : $1 - \beta = 1 - 0,45 = 0,55$

- le dégrilleur est à base inclinée, ceci pour éviter la stagnation de l'eau.

b- Dessableur :

- la surface horizontale : $S_h = L \cdot l = 0,5 \times 0,1 = 0,05 \text{ m}^2$

- la surface verticale : $S_v = h \cdot l = 0,1 \times 0,1 = 0,01 \text{ m}^2$

- la vitesse de sédimentation : $v_s = \frac{Q}{S_h} = \frac{40}{0,05 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,00925 \text{ m/s}$

$$v_s = 0,00925 \text{ m/s} \approx 0,01 \text{ m/s}$$

$$v_s = 1 \text{ cm/s}$$

- la vitesse de passage : $v_e = \frac{Q}{S_v} = \frac{40}{0,01 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,046 \text{ m/s}$

$$v_e = 0,046 \text{ m/s} = 0,05 \text{ m/s}$$

$$v_e = 5 \text{ cm/s}$$

calcul du temps de séjour : $t_s = \frac{V}{Q} = \frac{0,05 \cdot 24 \cdot 3600}{40} = 10,8225 \text{ h}$

$$t_s = 10,822 \text{ h}$$

$$t_s = 10 \text{ h}$$

le volume possible pour le dessableur est : V

$$V = 0,005 \text{ m}^3 \quad \text{soit} \quad V = 5 \text{ l}$$

c - Décanteur primaire :

- calcul du temps de séjour : $t_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{0,0392}{40/24 \times 3600} = 84,672 \text{ s}$

$t_s = 1,4112 \text{ min} = 1,5 \text{ min}$

$t_s \approx 1 \text{ min } 30 \text{ s}$

- calcul de vitesse ascensionnelle : $v_s = \frac{H}{t_s} = \frac{0,20}{84,672} = 0,0031$

$v_s = 0,003 \text{ m/s}$

$v_s = 0,3 \text{ cm/s}$

le volume possible pour le décanteur primaire est V :

$V = 0,0392 \text{ m}^3 = 39,2 \text{ l} ; V \approx 39 \text{ l}$

on a proposé un décanteur primaire à fond incliné de 30° par rapport à l'horizontale ; le fond incliné accélère la sédimentation des particules et permet l'assemblage rapide des boues, qu'on peut les évacuer facilement après racleage.

d - Bassin d'aération :

- calcul du temps de séjour : $t_s = \frac{V}{Q} = \frac{0,045}{40/24 \times 3600} = 97,40 \text{ s}$

$t_s = 1,62 \text{ min}$

$t_s = 1 \text{ min } 36 \text{ s}$

le volume possible pour l'aérateur est $V = 0,045 \text{ m}^3$

$V = 45 \text{ l}$

L'aération est assurée par un compresseur qui aère le bassin par le bas et sur toute la surface.

e - Décanteur secondaire :

le débit à traiter est : $Q' = Q + rQ$ avec $r = 78\%$; $Q = 40 \text{ m}^3/\text{j}$

$$Q' = 40 + 0,78 \times 40 = 71,2 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$Q' = 71,2 \text{ m}^3/\text{j}$$

- calcul du temps de séjour : $t_s = \frac{V}{Q'} = \frac{0,336 \times 24 \times 3600}{71,2}$

$$t_s = 6,795 \text{ mn}$$

$$t_s = 6 \text{ mn } 48 \text{ s}$$

- calcul de la vitesse ascensionnelle : $v_a = \frac{H}{t_s}$

$$v_a = \frac{0,28}{60 \times 6,795} = 0,00066 \text{ m/s}$$

$$v_a = 0,00066 \text{ m/s}$$

$$v_a = 0,066 \text{ cm/s}$$

on a proposé un décanteur secondaire à fond incliné de 30° par rapport à l'horizontale, ce fond rend la décantation plus facile.

- le volume possible pour le décanteur secondaire est V :

$$V = 0,336 \text{ m}^3 = 33,6 \text{ l} ; \quad V \approx 34 \text{ l}$$

REMARQUE : à l'entrée de chaque décanteur on a utilisé un ~~un~~ déversoir qui oriente l'écoulement de l'eau vers le bas.

VI-3 TRAITEMENT D'UNE EAU USEE URBAINE AU NIVEAU DE LA STATION REALISEE

VI-3-1 Protocole expérimental :

notre étude a pour objectif la détermination du rendement d'épuration biologique dans l'installation réalisée. Notons que les prélèvements sont effectués à l'entrée d'un bassin d'aération et à la sortie après une décantation de 5 minutes dans le décanteur secondaire c'est à dire qu'on a effectué les tests avant épuration et après épuration biologique durant huit (08) jours.

L'expérience ayant lieu dans son intégralité au niveau du laboratoire ; nous avons jugé meilleur et plus prudent de synthétiser notre eau, ceci afin d'éviter tout éventuel risque sanitaire et tout facteur pouvant freiner le processus de dégradation.

Tout au long de cette procédure, on a veillé à reproduire au mieux la constitution physico-chimique ainsi que les caractères analytiques de notre eau conformément à la nature.

Dans cette optique et vu que notre milieu synthétique est chargé d'une pollution organique, l'ensemencement était facilité. Plusieurs lieux peuvent se servir comme source d'ensemencement et parmi ceux-ci on distingue, la station d'épuration et eau d'égout.

En effet pour ces tests on a choisi l'inoculation de notre

milieu synthétique par un échantillon d'eau prélevé d'un effluent d'eau résiduaire urbaine.

a. Milieu synthétique:

Il s'agit d'un milieu synthétique mixte, c'est à dire qui comporte de sels nutritifs nécessaires à la croissance des microorganismes. (23)

tableau. XI.1 - composition des eaux usées synthétiques

Composés		Concentrations (mg/l)
glucose	$C_6H_{12}O_6$	1000
sulfate de magnésium	$MgSO_4$	1000
Urée	$CO(NH_2)_2$	227
Trichlorure ferrique	$FeCl_3$	5
Chlorure de calcium	$CaCl_2$	100
Dihydrogenophosphate de potassium	KH_2PO_4	527
Hydrogénophosphate de potassium	K_2HPO_4	1070

b. Présentation du modèle:

L'eau usée synthétique ainsi constituée est encimée.

par une portion d'eau urbaine d'un rapport de 20%.
Lors de cette étude de biodégradabilité, le processus de dégradation aérobie sera établie sous l'influence d'aération du fond continu. L'aération du milieu se fera par insufflation d'air grâce à un compresseur à air.
La concentration en oxygène dissous sera maintenue dans tout le bassin, de telle sorte que le milieu travaille en phase aérobie. Le compresseur qui assure l'apport d'oxygène est mis en marche durant toute l'expérience.

VI-3-2 Etude expérimentale :

a. Introduction : L'eau usée synthétique contenue dans le bassin d'aération est aérée pendant un mois jour, ceci est pour permettre à l'ensemencement bactérien une bonne acclimatation. Après cela, on a procédé au premier prélèvement, la durée d'échantillonnage s'étalera sur une semaine, à raison d'un prélèvement par jour.

- pour cet essai on établit la cinétique du processus épurateur aérobie et on calcule le rendement d'épuration sous le seul effet de l'activité enzymatique des microorganismes purificateurs.

- la source d'oxygène dans ce cas, sera l'oxygène dissous dans le milieu synthétique, ainsi que l'oxygène atmosphérique diffusant à travers la couche superficielle du milieu pollué. et l'oxygène ramené par le compresseur.

b. Expression des résultats :

Les résultats de nos différents dosages et analyses sont exprimés dans un tableau récapitulatif figurant sur la feuille qui suit .

Tableau VI.9. Résultats analytiques après épuration

jours de prélèvement	D.C.O (mg/l d'O ₂)	M.E.S (mg/l)	pH	T (°C)	observation sur l'échantillon
Jour 0	1126	50	8,3	18,2	eau turbide coloration jaune
Jour 1	1031	80	8,2	17,8	"
Jour 2	832	90	8,	18,1	"
Jour 3	770	85	8,1	17,5	"
Jour 4	654	65	8,2	18	"
Jour 5	/	/	/	/	/
Jour 6	582	54	8,3	18,2	eau peu turbide
Jour 7	544	40	8,1	18	eau claire
Jour 8	486	30	8,2	17	eau claire

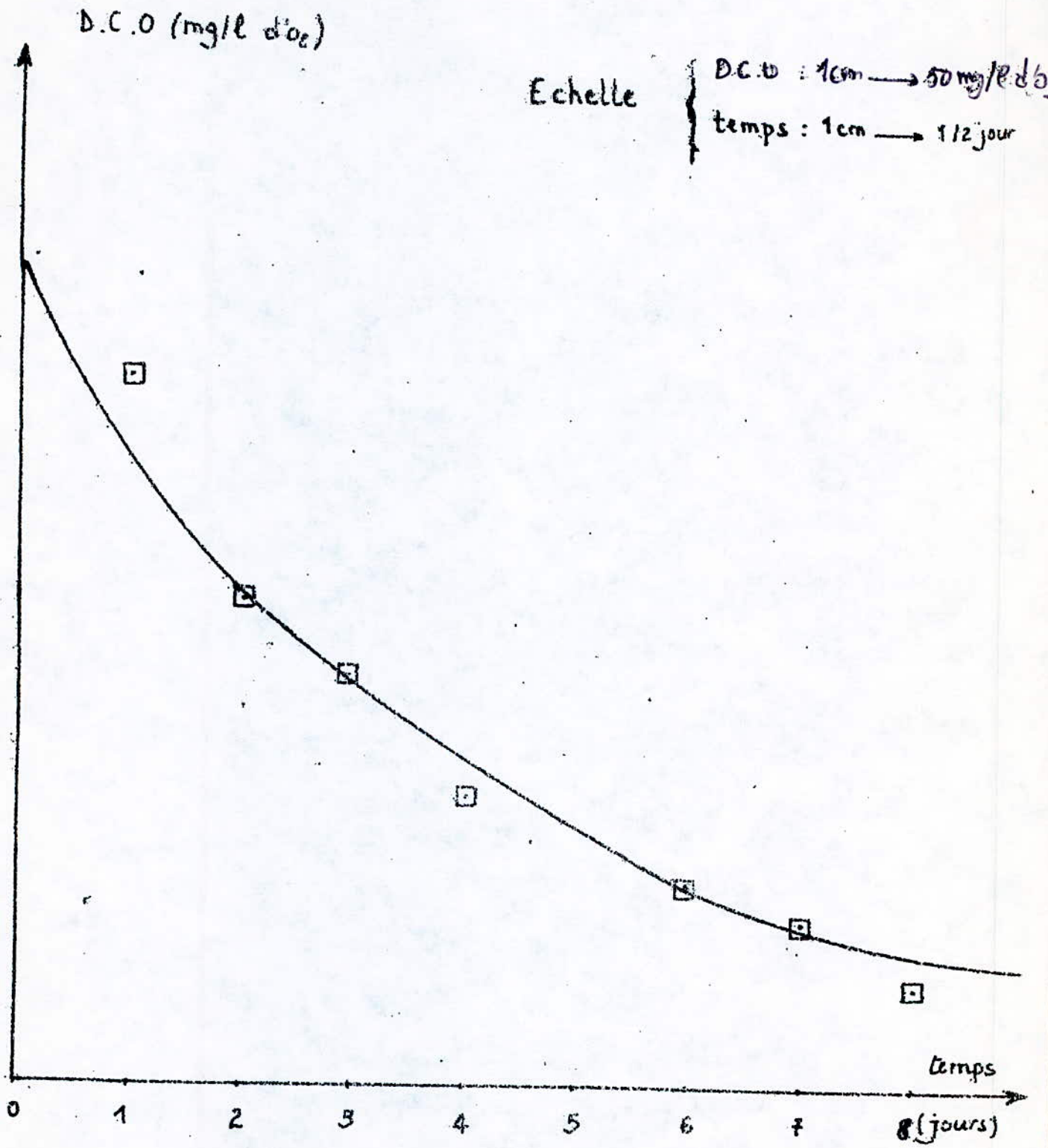


fig. VI-1 Variation de la D.C.O en fonction du temps.

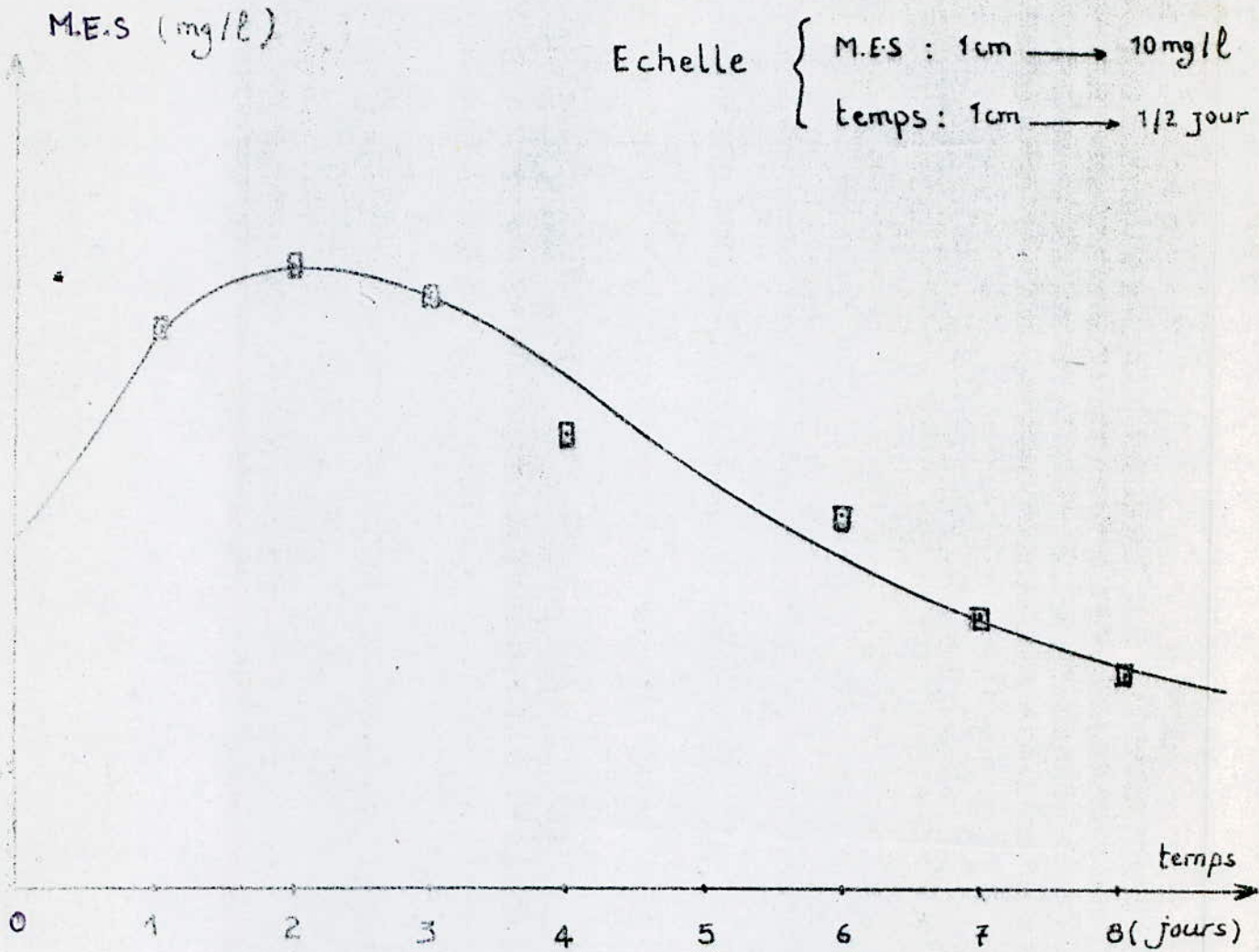


fig II-2: Evolution des M.E.S en fonction du temps

Calcul de la D.B.O₅ :

D'après les résultats de la "D.C.O", nous pouvons estimer la fraction correspondante à la "D.B.O₅".

La valeur de la D.B.O₅ est donnée par la formule suivante

$$D.B.O_x = D.C.O_0 - D.C.O_x$$

* avant épuration :

$$D.B.O_5 = D.C.O_0 - D.C.O_5$$

$$D.C.O_0 = 1152 \quad ; \quad D.C.O_5 = 600$$

$$\text{donc } D.B.O_5 = 1152 - 600$$

$$D.B.O_5 = 552 \text{ mg/l d' } O_2$$

* Après épuration

$$D.B.O_5 = D.C.O_0 - D.C.O_5$$

$$D.C.O_0 = 1126 \quad ; \quad D.C.O_5 = 582$$

$$\text{donc } D.B.O_5 = 1126 - 582$$

$$D.B.O_5 = 544 \text{ mg/l d' } O_2$$

Calcul du rendement d'épuration :

le calcul de ce rendement est donné par la formule suivante

$$\eta = \frac{D.C.O_{\text{initiale}} - D.C.O_{\text{finale}}}{D.C.O_{\text{initiale}}} \times 100$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{1152 - 486}{1152} \times 100 = 57 \%$$

$$\Rightarrow \eta = 57 \%$$

INTERPRETATION

pH : Pendant les prises des échantillons d'analyse les valeurs du pH sont voisines de 8. Notons que celui-ci est probablement tamponné par les solutions de phosphate (KH_2PO_4) et (K_2HPO_4).

Il est propice pour une bonne métabolisation bactérienne vis à vis de la matière organique. L'épuration biologique est possible entre le pH 6,5 et 8,5.

Température : elle est voisine de 18°C , remarquons qu'elle est inférieure à la norme fixe pour les essais biologiques (20°C à 26°C). Malgré ces valeurs (voir tableau) elle est tout de même propice pour une bonne activité des microorganismes. Si on se réfère aux conditions des stations d'épuration.

D.C.O : D'après le tableau de résultats d'analyse on remarque que la "D.C.O" est très élevée, ceci est dû à l'accumulation des matières minérales et organiques apportés par le milieu synthétique additionnées dans le bassin d'aération. D'après la figure VI-1. on constate que la "D.C.O" suit une allure décroissante, en effet cette chute de "D.C.O" correspond à la dégradation des matières organiques biodégradables.

Au fil des jours, la "D.C.O" prend une allure horizontale, celle-ci est due à l'épuisement de la matière organique biodégradable.

M.E.S : on constate quatre (04) phases différentes d'après la figure VII-2. Au cours de la première phase, la masse des "M.E.S" augmente alors que la masse d'oxygène présente dans le milieu décroît. Dans la seconde phase on observe alors un début de plafonnement de la masse de "M.E.S", c'est la phase dite de croissance ralentie.

La troisième phase correspond à une phase stationnaire. En fin, la dernière phase, la turbidité du milieu s'estampe légèrement. La masse des "M.E.S" diminue progressivement.

CONCLUSION

ET

RECOMMENDATIONS

CONCLUSION

La connaissance des problèmes multiples de l'eau, répond non seulement à une curiosité légitime et passionnante, mais elle est aussi une exigence vitale et un devoir pour tout le monde. (24)

Car, si elle est une source de vie et de bien être, elle peut aussi devenir par les pollutions et le gaspillage, une source de déséquilibre grave et de mort pour les individus et les peuples. Donc, il est le temps de protéger notre environnement en faisant un bilan global, pour bien connaître le problème et agir dans le bon sens. (25)

Pour cela, une installation de station d'épuration est indispensable, afin d'éliminer les nuisances causées par les eaux polluées.

Notre projet a consisté à l'étude de dimensionnement et construction d'une station de traitement des eaux usées urbaines au niveau du laboratoire

D'après les résultats obtenus, nous nous constatons que 60 % de la charge initiale en D.C.O se trouve éliminée au huitième (8^e) jour, cette diminution de D.C.O correspond à la métabolisation de la matière organique biodégradable ($D.B.O_x = D.C.O_0 - D.C.O_x$) par les microorganismes

Ainsi on peut conclure que notre station installée au niveau du laboratoire a un rendement admissible. De ce fait, nous pouvons dire que la réalisation d'une station d'épuration à l'échelle industrielle selon une extrapolation de celle du laboratoire pourra contribuer à un rendement efficace.

RECOMMANDATIONS

Après la réalisation de cette station, on laissera le soin aux futurs ingénieurs de faire les analyses et le traitement des eaux usées urbaines au niveau du laboratoire par l'intermédiaire de cette installation, pour optimiser les paramètres opérationnels.

Nous recommandons aux responsables et aux étudiants désirant travailler avec cette station, d'utiliser une pompe pour circuler l'eau, de placer aussi des robinets (vannes) entre les dispositifs, afin de régler le débit entrant et d'avoir un temps de séjour nécessaire pour les opérations de la chaîne de traitement.

Malgré les difficultés que nous avons rencontrées, au début de l'élaboration de ce projet, on est arrivé à réaliser cette station.

Nous espérons que ce humble travail sera utile pour faire les travaux pratiques sur le traitement d'une eau usée urbaine au niveau du laboratoire.

ANNEXES'

Détermination des M.E.S :

La détermination des M.E.S dans l'eau peut se faire par filtration ou par centrifugation. La méthode qui nous a permis de déterminer les MES lors de nos analyses est la méthode par filtration.

Principe : l'eau est filtrée et le poids de matières (séchées à 105 °C) retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

expression des résultats : la teneur de l'échantillon en

M.E.S est donnée par : $M.E.S = \frac{M - M_0}{V} \cdot 1000$

où V = prise d'essai utilisée (ml).

M = masse du filtre après filtration (mg)

M_0 = masse du filtre avant filtration (mg)

Détermination de la D.C.O :

Principe : certaines matières contenues dans l'eau, sont oxydées par un excès de bichromate de potassium en milieu acide et à l'ébullition et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure.

L'excès de bichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer ferreux et d'ammonium.

mode opératoire : introduire la prise d'essai dans un ballon, ajouter du bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) et de l'acide sulfurique H_2SO_4 enfin une solution de sulfate d'argent qui joue le rôle de catalyseur. L'interférence due aux ions chlorures (Cl^-) est évitée en ajoutant du sulfate de mercure $HgSO_4$.

Ainsi l'échantillon fortement acide est porté à l'ébullition pendant deux (02) heures, sous reflux. L'excès oxydant non consommé est ensuite déterminé par titrage en retour par le sel de Mohr (sulfate de fer et d'ammonium).

expression des résultats :

$$D.C.O = 8000 \cdot \frac{V_0 - V_1}{V} \cdot T \quad (\text{mg d'O}_2 \text{ l}^{-1})$$

V : volume de la prise d'essai

V_1 : volume de solution de sel de Mohr utilisé par l'eau à épurer. (ml).

V_0 : volume de solution de sel de Mohr nécessaire au dosage de l'essai à blanc.

T : le titre exprimé en normalité de solution de sel de Mohr.

Température et pH :

les mesures de la température et du pH ont été faites par méthodes instrumentales.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - A. GAÏD épuration biologique des eaux urbaines
édition O.P.U . ALGER (1984)
- 2 - J. ROBIER , L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux
residuelles et eau de mer, 7^e ed . PARIS (84)
- 3 - R. COX CHARLES . technique et controle de traitement
des eaux . O.M.S . GENEVE . (1967)
- 4 - REVUE , L'eau, L'industrie et les nuisances, les pompes
dans le traitement des eaux , N° 110 - MAI (1987)
- 5 - O. TARAÏAN cours d'assainissement urbain , université
de sciences et de techniques, 2^e édition O.P.U ALGER (80)
- 6 - W.W. ECKENFELDER . gestion des eaux usées urbaines
et industrielles , édition Lavoisier . FRANCE (1982)
- 7 - DEGREMENT - Memento technique de l'eau , PARIS (1978).
- 8 - J. P. BECHAC . P. BOUTIN . B. MERCIER ET . P. NUER
traitement des eaux usées, Edition Eyrolles
PARIS (1983).
- 9 - M. TARDAT HENRY , chimie des eaux, édition de
de Griffor , CANADA (1984)

10 - R. DUMONT, Encyclopedie de l'ecologie, Larousse
Paris (1977).

11 - P. GIVKA, Travaux scientifiques de l'institut
technologique de l'industrie alimentaire
PLOVDIV - BULGARIE.

12 - PAUL BROUZES, précis d'épuration biologique
édition Lavoisier Tec et Doc Paris (1973)

13 - R. THOMAZEAU, Station d'épuration, eaux potables
eaux usées édition Lavoisier Paris (1981)

14 - H. GUERREE ET C. GOMELLA, les eaux usées dans
les agglomérations urbaines ou rurales
édition Eyrolles, Paris (1983).

15 - K. IMHOFF, Manuel de l'assainissement urbain,
4^e édition, DUNOD Paris (1964)

16 - F. MEINK, H. STOFF, les eaux résiduaires industrielles
édition Masson, Paris (1977).

17 - F. BLONDEAU, le Traitement centralisé des boues
T.S.M : N° 06 (1975) P 231 - 238

18 - J.P. BEAUDRY, Traitement des eaux, édition Le
Griyon, CANADA (1984).

- 19 - C. LACEE , Analyse des boues , AFEE , Paris (1985)
- 20 - M. LÉGREY , les métaux lourds dans les boues de station d'épuration . Bull. Liaison Lab. P et ch N° 129 . (1984).
- 21 - J. B. LEROY . les déchets et leurs traitements , que sais-je . (1981).
- 22 - B. HAMRIOUI , étude et dimensionnement d'une installation de Traitement des eaux usées urbaines au niveau du laboratoire ; juin (87)
- 23 - F. EDELINÉ , Epuration biologique des eaux résiduaires CEBEDOC , Liege (1979)
- 24 - H. ROQUES , Fondements théoriques du traitement biologique des eaux , Tec et Doc Paris (1979)
- 25 - M. DJEDID , Analyse et traitement des eaux résiduaires de L'E.M.A.L. (REGHAÏA) JANVIER (1987) .