

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT Génie de l'environnement.

PROJET DE FIN D'ETUDES

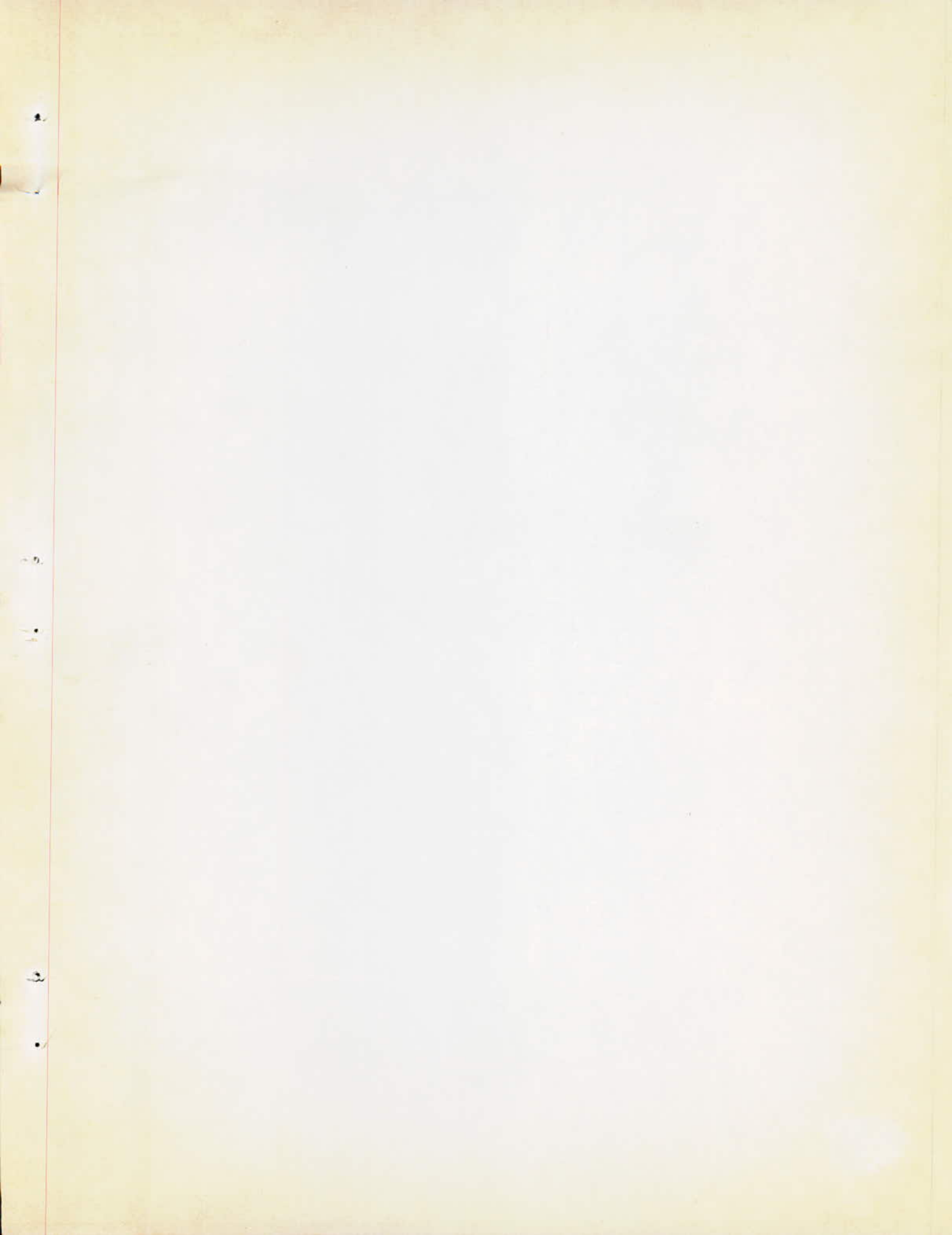


SUJET

Etude des eaux résiduaires d'une
industrie agro-alimentaire et moyens
de leur épuration : cas de la laiterie
de Birkhadem.

Proposé par : D.R. LA.C Etudié par : LARIBI L. Dirigé par : REHI R.

PROMOTION : Février 86.



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

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

الدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

Proposé par :

Etudié par :

Dirigé par :

PROMOTION :

REMERCIEMENTS



Mes remerciements vont à tous ceux qui de près où de loin m'ont aidée moralement et matériellement à réaliser ce travail, en particulier :

- Monsieur REHI R., mon promoteur, pour ses conseils et ses orientations.
- Monsieur NAKIB pour ses orientations.
- Monsieur NAAMANE chef de département du génie de l'environnement pour sa complaisance.
- Monsieur BILEKTAR , de l'ORLAC qui m'a permis de travailler à l'unité.
- Monsieur BENBOUALI de l'ORLAC pour les renseignements et les documents qu'il m'a fourni.
- Monsieur BENHACINE Directeur des études à l'E.N.S.H.
- Monsieur MOSTEFAI Directeur de l'A.N.P.E. qui m'a autorisée à faire mes analyses à l'agence.
- Monsieur KHELIFI Y. responsable du camion-laboratoire, pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée lors des manipulations.
- toutes les personnes de la loge de gardiennage de l'ORLAC pour m'avoir aidé à prélever mes échantillons.
- je n'oublierai pas la promptitude de Monsieur SELMI à me fournir les réactifs.
- Les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

// D I C A C E S.
+-----+

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

- * A mes parents qui n'ont pas cessé de m'aider et m'encourager à poursuivre mes études.
- * A mes beaux parents.
- * A mon fiancé Mohamed, pour son soutien moral et sa patience.
- * A mes frères et soeurs.
- * A mes amies.

// E I L A.

P L A N D E T A I L L E



INTRODUCTION.....

CHAPITRE I

I.-GENERALITES.

- 1.1. Objectif de l'étude
- 1.2. Présentation de l'unité de production.....
 - 1.2.1. Les procédés de fabrication
 - 1.2.2. L'eau dans l'unité.....

CHAPITRE II

II.-DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES RELATIVES A L'EPURATION DES
EAUX RESIDUAIRES D'UNE INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE.

- 2.1. Les effluents laitiers.....
 - 2.1.1. Origine des effluents de laiterie.....
 - 2.1.2. Composition des effluents de laiterie.....
 - 2.1.3. Volume.....
 - 2.1.4. Propriétés biologiques et composition du lait..
- 2.2. Caractéristiques principales des effluents laitiers.
 - 2.2.1. Température
 - 2.2.2. Ph.....
 - 2.2.3. Couleur.....
 - 2.2.4. D.C.O.
 - 2.2.5. D.B.O.₅
 - 2.2.6/ M.E.S.....
 - 2.2.7. Eq. HA.

2.3. Procédés d'épuration et de traitement.....	
2.3.1. Prétreatment physique	
2.3.2. Dégriillage	
2.3.3. Dessablage	
2.3.4. Déshuilage	
2.3.5. Traitement primaire.....	
2.3.6. Traitement secondaire.....	
2.3.7. Irrigation par aspersion.....	

CHAPITRE III

III-ANALYSES EXPERIMENTALES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS.

3.1. Analyse des paramètres caractéristiques de l'effluent.	
3.1.1. Méthodologie.	
3.1.1.1. Mesure de débit.....	
3.1.1.2. Echantillonnage.....	
3.1.2. Expérimentation.....	
3.1.2.1. Détermination de la D.B.O.	/
3.1.2.2. Détermination de la D ₅ C.O.	
3.1.2.3. Détermination des M.E.S.	
3.1.2.4. Détermination du Ph.....	
3.1.2.5. Détermination de l'azote ammoniacal.....	
3.1.2.6. Détermination des orthophosphates.....	
3.1.2.7. Détermination des chlorures.....	
3.1.2.8. Détermination de la température	



3.1.3. Interpretation des résultats.....

CHAPITRE IV

IV-CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES.

- 4.1.1. Les caractéristiques hydrauliques.....
- 4.1.2. Calcul des charges polluantes.....
- 4.1.3. Composition des M.E.S.....
- 4.1.4. Choix du procédé.....
- 4.2. Dimensionnement.....
- 4.2.1. Dégrillage fin.....
- 4.2.2. Dessablage-dégrillage.....
- 4.2.3. Bassin d'aération.....
- 4.2.4. Besoins en oxygène
- 4.2.5. Bilan des boues.....
- 4.2.6. Clarificateur.....
- 4.2.7. Epaissement.....
- 4.2.8. Devenir des boues.....

CHAPITRE V

V-RECOMMANDATIONS ETC CONCLUSION.....

Bibliographie.....

I N T R O D U C T I O N

L'industrie agro-alimentaire est caractérisée principalement par la transformation de produits d'origine agricole, en produits élaborés nécessaires à l'alimentation humaine et animale.

A une époque où il est souvent question des risques que court l'humanité du fait d'un manque de ressources en eau, il est intéressant de signaler que l'industrie agro-alimentaire consomme une grande quantité d'eau et rejette donc, des eaux supérieures en volume aux eaux de consommation (ex: fromagerie, beurreurie).

L'industrie laitière s'est développée progressivement : ainsi, de la coopérative laitière de Birkhadem qui s'occupait essentiellement de la distribution du lait frais, nous avons actuellement l'Unité de production laitière n° 1 qui fabrique une gamme variée de produits laitiers.

L'augmentation de la production est fonction de la croissance de la société consommatrice qui devient de plus en plus exigeante.

La dernière extension de la laiterie de Birkhadem date de l'année 1983, et l'on envisage pas de projet concernant l'agrandissement du complexe laitier.

D'une manière générale, le but de notre étude consiste à étudier les eaux résiduaires de la laiterie afin de déterminer le procédé d'épuration le mieux adapté.

Dans ce cadre, nous avons adopté pour notre étude les objectifs suivants:

- . Présenter brièvement le complexe laitier.
- . Rappeler les caractéristiques des effluents laitiers.

- . Exposer les résultats des analyses.
- . Proposer un mode de traitement des rejets
- . Et enfin, faire des recommandations et conclure.

Les directives gouvernementales concernant les rejets urbains et industriels ont imposé à chaque usine l'épuration et le traitement de leurs rejets en vue de préserver l'environnement.

La laiterie de Birkhadem, projette de récupérer la petite partie de lactosérum rejetée à l'égout par synérèse.

CHAPITRE I

I. G E N E R A L I T E S

1.1. Objectif de l'étude.

Cette étude a pour but d'étudier les caractéristiques des eaux résiduaires de la laiterie de Birkhadem afin de proposer un procédé d'épuration. Celui-ci évitera l'apport de grandes charges polluantes au réseau d'assainissement de la ville de Birkhadem.

1.2. Présentation de l'Unité de production.

L'Unité de production laitière N°1 (U.P.L. 01) de Birkhadem est située à une dizaine de kilomètres d'Alger, plus précisément à l'Est du chef lieu de la commune de Birkhadem.

Elle s'étend sur une superficie d'environ deux hectares sur lesquels se trouvent :

- . les bureaux administratifs,
- . les ateliers de recombinaison du lait en poudre et de fabrication des produits laitiers,
- . Le poste de réception du lait frais,
- . Les cuisines et le réfectoire.

L'Unité est en activité depuis 1958.

Son effectif est de 1.114 personnes réparties à travers les différentes structures.

La laiterie est polyvalente car elle produit une gamme de produits laitiers.

1.2.1. Les procédés de fabrication.

Processus de fabrication du lait

La fabrication du lait consiste à mélanger la poudre de lait écrémé avec de l'eau portée à la température de 45° C. Le mélange passe dans un dégazeur pour éliminer les gaz et odeurs. La M.G.L.A. préalablement fondue est additionnée au mélange. Le lait reconstitué passe dans un homogénéisateur de pression de 200 bars pour obtenir une émulsion stable. Le lait ayant une température de 60° C passe dans un réfrigérant à plaques muni d'un échangeur à eau de ville et d'un refroidisseur à eau glacée.

Le lait sort à une température de 10° C et est stocké dans des tanks de 30.000 l. Après sa pasteurisation, le lait est conditionné dans des sachets en polyéthylène.

Processus de fabrication des Yoghourts.

La fabrication des yoghourts passe par plusieurs phases :

- . Addition de sucre au lait reconstitué pasteurisé,
- . Traitement thermique comprenant un chauffage à 90-95° C pendant 2 mn puis un refroidissement à 45-50° C,
- . Addition d'arôme et de ferments lactiques thermophyles,
- . Conditionnement en pots,
- . Etuvage à 45° C pendant 45-75 mn,
- . Stockage dans la chambre froide à une température de 11-12° C.

Processus de fabrication des fromages.

Le complexe laitier de Birkhadem fabrique uniquement des pâtes fraîches.

Le lait reconstitué pasteurisé subit une coagulation, un décaillage, un égouttage centrifuge pour évacuer le lactosérum. La pâte est réengraissée, refroidie, conditionnée puis stockée.

Processus de fabrication du beurre.

Le beurre est obtenu à partir de la crème provenant de l'écémage du lait frais. La fabrication du beurre comporte plusieurs phases :

- . Ecrémage centrifuge,
- . Pasteurisation, refroidissement,
- . Maturation,
- . Malaxage de la crème puis lavage du beurre,
- . Homogénéisation, raffermissement,
- . Moulage,
- . Conditionnement en plaquettes.

1.2.2. L'eau dans l'Unité.

. Eau potable

L'industrie agro-alimentaire consomme de grandes quantités d'eau car celle ci intervient de façon prépondérante dans le cycle de transformation des produits d'origine agricole en produits alimentaires.

La laiterie de Birkhadem consomme annuellement 637.000 m³ d'eau. Le volume journalier moyen est estimé à 1.769 m³, ce qui correspond à 5 litres d'eau par litre de lait traité.

. Eau résiduaires

La connaissance des produits laitiers fabriqués à Birkhadem nous a permis de connaître les caractéristiques des effluents de l'Unité.

Ce sont des eaux très riches en matières biodégradables.

Au collecteur communal principal est raccordé le réseau d'assainissement de type unitaire de la laiterie. Donc, les eaux polluées sont directement rejetées dans le collecteur communal.

CHAPITRE II

II. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES RELATIVES A L'INDUSTRIE AGRO-ALIMENTAIRE

2.1. Les effluents laitiers :

2.1.1. Origine des effluents de laiterie.

les effluents de laiterie sont de trois types :

- . Les eaux résiduaires industrielles polluées provenant des installations de réception et de traitement du lait frais.
- . Les eaux de rinçage et de nettoyage des ateliers, des appareils de pasteurisation ou stérilisation, des récipients et des camions citernes. Les eaux résiduaires provenant des différents types de fabrication des produits laitiers, telles que la beurrerie et la fromagerie.
- . Les eaux usées domestiques correspondant à la présence du personnel.
- . Les eaux de refroidissement et de condensation ne sont pratiquement pas polluées.

2.1.2. Composition des effluents de laiterie.

Les eaux résiduaires de laiterie sont polluées par :

- . Des traces de lait dues aux pertes de lait (joints non renouvelés à temps),
- . Par les produits chimiques utilisés lors du nettoyage (acide nitrique et soude) et de la désinfection (eau de javel) des appareils,
- . Les rejets domestiques dus au personnel,
- . La beurrerie et la fromagerie,
- . Par la température élevée des eaux de refroidissement.

2.1.3. Volume des eaux résiduaires de laiterie.

Il est fonction du type et de l'importance de la laiterie. Il s'accroît en été.

2.1.4. Propriétés biologiques et composition du lait.

Le lait constitue un excellent élément nutritif pour l'homme, les animaux et les micro-organismes.

Sa composition moyenne d'après (Meinck) est la suivante :

Eau.....	88,0 %
Caséine et autres albumines.....	3,2 %
Graisses.....	3,5 %
Lactose.....	4,5 %
Cendres.....	0,8 %

Les caractéristiques fondamentales des effluents laitiers sont dus aux propriétés d'instabilité biologique du lait complet et du petit lait.

En effet, le lactose qu'il contient se décompose rapidement en acides lactiques et butyrique et en dioxyde de carbone avec une baisse du PH jusqu'à trois, la température influant la dégradation des matières organiques.

(Casays) et (Surun) estiment les charges de DBO₅ par litre de :

-Lait entier à.....	95.000 + 110.000 mg,
-Lait écrémé à.....	60.000 + 70.000 mg,
-Le babeurre (petit lait) à.....	50.000 + 60.000 mg,
-Le lactosérum à	30.000 + 40.000 mg.

2.2. Caractéristiques principales des effluents laitiers.

Les eaux résiduaires de laiterie sont caractérisées par un certain nombre de paramètres physico-chimique et biologique.

2.2.1. La température :

La température des effluents joue un rôle important dans la dégradation des matières organiques.

Il est à noter qu'elle varie entre 15 + 30° C favorisant ainsi, le développement des bactéries mésophiles.

Elle influe sur l'efficacité des décanteurs et des processus d'épuration. Plus la température est élevée, plus la concentration en oxygène dissous est faible.

2.2.2. Le PH.

Le PH nous renseigne sur l'acidité ou l'alcalinité de l'effluent.

A titre d'information, les micro organismes tolèrent une gamme de PH relativement réduite :

- . 5 - 9 en milieu aérobie avec zone optimale comprise entre 6 et 8
- . 6 - 8 en milieu anaérobie.

2.2.3. Couleur.

Les effluents laitiers sont caractérisés par leur couleur blanchâtre indiquant la présence de lait ou produits laitiers.

2.2.4. La demande chimique en oxygène (D.C.O.)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire par oxydation des matières organiques.

2.2.5. La demande biochimique en oxygène (D.B.O.)

Par définition la D.B.O. est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation, des matières organiques présentes dans l'eau usée, pendant un certain temps et à une température donnée.

Par convention la DBO_5 est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation à une température de 20° C.

2.2.6. Les matières en suspension (M.E.S.)

Les eaux résiduaires sont caractérisées par l'importance des matières en suspension qu'elles contiennent.

On considère comme matières décantables, celles qui ont été sédimentées en deux heures.

2.2.7. L'équivalent-habitant

La pollution des effluents industriels est exprimée en fonction de celle des eaux usées domestiques, exprimée par habitant, en utilisant la comparaison des demandes biochimiques en oxygène.

On obtient donc, un coefficient d'équivalence entre l'unité de produit et l'habitant.

2.3. Procédés d'épuration et de traitement :

La charge polluante peut être réduite par une série d'opérations de transformations allant de l'effluent brut à l'effluent épuré.

Le prétraitement, le traitement primaire et enfin, le traitement secondaire, forment la chaîne de traitement des eaux usées de laiterie.

2.3.1. Prétraitement physique.

Cette technique de traitement consiste en l'élimination des matières flottantes ou en suspension, constituant une gêne pour les traitements ultérieurs.

2.3.2. Dégrillage.

Le principe du dégrilleur est basé sur la séparation et l'évacuation des matières volumineuses qui pourraient amener des risques de bouchage et nuiraient donc, au bon fonctionnement de la station.

Les dégrilleurs sont classés en fonction de l'écartement entre les barreaux, on distingue alors :

- . Le , prédégrilleur a pour écartement 50 à 100 mm
- . dégrilleur moyen a pour écartement 10 à 25 mm
- . dégrilleur fin a pour écartement 3 à 10 mm.

2.3.3. Dessalage.

Les dessableurs ont pour but d'éliminer les particules grenues, tels que sable, graviers afin d'éviter l'abrasion des corps des pompes et des équipements mécaniques, le colmatage de la tuyauterie et leur accumulation dans les réservoirs à boues et les digesteurs.

2.3.4. Le déshuilage.

Ce procédé de traitement est basé sur l'élimination des huiles libres et des matières grasses flottantes des eaux usées par séparation gravitaire. En effet, les huiles qui ont une densité inférieure à celle de l'eau viennent flotter à la surface du deshuileur, d'où, elles sont éliminées par écumage. Le deshuileur permet d'éviter le colmatage des équipements, de traitements suivants.

2.3.5. Traitement primaire.

La décantation constitue le principal processus du traitement primaire. La décantation est caractérisée par un rendement important car, elle permet la réduction de la pollution.

Elle peut être associée à des procédés physico-chimiques, telles que la floculation, la flottation.

2.3.6. Traitement secondaire.

Il est basé sur des procédés d'épuration biologique.

On distingue, les procédés biologiques naturels et les procédés biologiques artificiels.

Les procédés biologiques naturels utilisés par les laiteries sont les étangs de stabilisation.

Les procédés biologiques artificiels les plus utilisés en épuration des effluents laitiers sont les lits bactériens, boues activées, les chenaux d'oxydation.

Ces procédés permettent la réduction de la pollution organique par les micro-organismes.

2.3.7. Irrigation par aspersion.

Les effluents de laiterie sont également utilisés en agriculture pour irriguer des terrains ayant une assez bonne perméabilité.

Cette technique consiste à arroser le sol par aspersion.

C'est un des procédés les moins coûteux, car, les effluents sont utilisés directement, sans qu'ils aient subi un traitement quelconque.

Le choix d'un procédé de traitement dépendra :

- . Des caractéristiques des eaux résiduaires.
- . De la qualité de l'effluent requise.
- . Du coût et de la disponibilité des terrains.
- . De l'évolution des normes de rejets.

CHAPITRE III

III. ANALYSES EXPERIMENTALES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS

Le contrôle et la gestion des eaux usées sont basés sur les analyses et mesures des rejets.

Connaissant la composition de l'effluent, nous pourrions concevoir les moyens d'épuration les plus adéquats.

3.1. Analyse des paramètres caractéristiques de l'effluent.

Les paramètres à analyser découlent directement du type d'industrie.

Pour le cas de l'industrie agro-alimentaire de Birkhadem, nous avons adopté le programme d'analyse des effluents de laiterie donné par (Eckenfelder) et qui tient compte de :

- . Couleur
- . PH
- . Température
- . Chlorures
- . Phosphore
- . Azote ammoniacal
- . Matières en suspension
- . DBO_5

Nous avons analysé également :

- . D.C.O.

3.1.1. Méthodologie.

3.1.1.1. Mesure de débit

Devant l'absence de comptage des eaux résiduaires et l'impossibilité de mesurer le débit, nous avons été amenés à estimer le volume des effluents sur la base des eaux consommées par l'Usine.

3.1.1.2. Echantillonnage :

Deux conduites d'assainissement débouchent dans le regard de visite situé à la sortie du complexe et relié au collecteur communal de Birkhadem.

Les échantillons ont été pris au niveau de chaque conduite d'assainissement.

Les prélèvements ont été faits à l'aide d'un seau muni d'un tamis car nous étions dans l'impossibilité de prélever directement, compte tenu, des dimensions du regard (80x80cm).

Le débit des eaux étant relativement constant durant la journée et par manque de moyens, nous nous sommes limités à un échantillonnage composite de 7 heures.

Les échantillons ont été conservés à 4 °C.

L'oxygène dissous, la température et le PH de chaque échantillon prélevé ont été mesurés in situ.

L'échantillon composite reflètera la composition des eaux résiduaires de 8h30 mn à 15h 30 mn.

3.1.2. Expérimentation

3.1.2.1. Détermination de la D.B.O.

La mesure de la demande biochimique en oxygène est basée sur la méthode manométrique de Warburg et Sierp.

Le principe de la mesure est le suivant :

Une quantité connue d'eau à tester, contenant des matières organiques dissoutes et bactériologiquementensemencée, est agitée doucement avec une quantité connue d'air dans un flacon bouché, maintenu à température constante pendant un temps déterminé.

Le développement microbien, aux dépens des matières organiques, consomme de l'oxygène, ce qui provoque dans l'atmosphère du flacon, une baisse de pression qui lui est proportionnelle, si le gaz carbonique, simultanément libéré, est fixé par quelques gouttes de lessive de potasse.

Le D.B.O. mètre consiste à une armoire frigorifique munie de flacons en verre, de barreaux aimantés, de manomètre à colonne de mercure, de capsules pour lessive de potasse, de deux échelles graduées de 0-30 et 0-60 mg O/1.

. Le mode opératoire :

Les flacons ont été chargés des quantités d'eau suivantes en fonction des D.B.O. attendues ainsi que de barreaux magnétiques téflonnés.

D.B.O. attendue	eau	eau	précision	échelle
mgd ' O ₂ / l	à tester	distillée	mini	
	ml		+ 1-ml	mg O ₂ /l
500 - 5.000	10,2	+ 91,8	0,5	0-60x100

Au bout de 120 heures à 20^o, nous avons eu sur l'échelle correspondante, la DBO₅ pour chaque charge.

Pour les charges identiques, nous avons fait la moyenne arithmétique.

Les résultats figurent dans le (tableau N°1)

3.1.2.2. Détermination de la D.C.O.

Pour la mesure de la demande chimique en oxygène, nous avons adopté la norme "Afnor" (NF T 90 - 101 Sept 71).

. Principe -

Oxydation par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et à l'ébullition, des matières, oxydables dans les conditions de l'essai, contenues dans l'eau, en présence de Sulfate d'argent (jouant un rôle de catalyseur d'oxydation) et de Sulfate de mercure (agent complexant des chlorures).

Détermination de l'excès de dichromate à l'aide d'une solution titrée de Sulfate de Fe (II) et d'ammonium.

Les résultats figurent dans (le tableau N° 1).

3.1.2.3. Détermination des matières en suspension

Nous avons également utilisé la méthode (AFNOR) (T 90 - 105 Mars 72) pour la détermination des matières en suspension.

Nous avons utilisé la troisième méthode : méthode par centrifugation.

. Principe -

Séparation des matières en suspension par centrifugation - séchage à 105° C et pesée.

L'accélération moyenne de la centrifugeuse est de 2.800 g pendant 15 minutes.

Pour déterminer les matières volatiles en suspension, nous avons calciné ensuite le culot à 525° C \pm 25° C pendant 2 heures et nous avons pesé à nouveau.

Les résultats ont été portés sur le tableau N° 3.

3.1.2.4. Détermination du PH.

Devant l'absence de solution étalon au laboratoire de contrôle du lait de Birkhadem, nous avons utilisé le papier PH.

3.1.2.5. Détermination de l'Azote ammoniacal.

Il a été déterminé selon la norme belge (NBN 489).

Le réactif de Nessler en présence d'ions ammonium est décomposé avec formation d'iodure de dimercuriammonium qui permet le dosage colorimétrique des ions NH_4^+ .

Nous avons effectué les lectures au spectrophotomètre J Y 101. La courbe d'étalonnage établie préalablement - densité optique en fonction de la concentration en azote ammoniacal () en mg/l - nous a permis de tirer la valeur de l'effluent.

Les lectures ont été effectuées à la longueur d'onde 420 nm.

Nous avons porté les résultats au tableau N° 2.

3.1.2.6. Détermination des orthophosphates

Ils ont été déterminés par la méthode colorimétrique indiquée par (Rodier).

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage colorimétrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, l'émétique, tartrate double d'antimoine et de potassium.

Les lectures ont été faites au spectrophotomètre à la longueur d'onde 690 nm en cuve de 1 cm.

A partir de la courbe d'étalonnage nous avons tiré les concentrations en mg/l de phosphore.

Pour les résultats, se reporter au tableau N° 2.

3.1.2.7. Détermination des chlorures.

Les chlorures ont été déterminés par la méthode donnée par (Rodier).

La méthode utilisée est celle de Mohr.

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Les résultats figurent dans le tableau N° 2.

3.1.2.8. Détermination de la température et de l'oxygène dissous.

La température et l'oxygène dissous ont été mesurés à l'oxythermomètre portatif. Celui-ci nous a permis de lire directement la mesure par l'affichage à cristaux liquide.

Il est du type O₂ T - CE.

3.1.3. Interprétation des résultats

- D.B.O₅ et D.C.O.

Les valeurs trouvées notent que les eaux résiduaires de la laiterie sont très chargées en matière organique biodégradable.

Le rapport $\frac{D.C.O}{D.B.O_5}$ nous a permis de faire le choix du traitement à suivre, pour notre cas, nous aurons un traitement biologique.

- M. E. S.

La quantité de M.E.S. correspond également à la composition des effluents laitiers de Birkhadem qui se composent de rejets domestiques et laitiers.

- PH

Généralement le PH des eaux rejetées par la laiterie est neutre (varie entre 6 et 7). Cependant, lors des opérations de lavage, nous avons trouvé un PH qui variait de 3 à 13.

- Azote Ammoniacal

En se basant sur les valeurs trouvées, on peut dire que les eaux résiduaires de la laiterie sont pauvres en azote ammoniacal. Celui-ci proviendrait essentiellement des rejets domestiques. L'urine contient 25 g/l d'urée, 0,6 g/l d'acide urique, 1,5 g/l de créatinine et 0,6 g/l d'azote ammoniacal (Rodier).

La majeure partie de ces composés s'hydrolyse et se transforme en ammoniaque.

- Phosphore

Les eaux de la laiterie ne sont pas riches en phosphore.

Pour le bon fonctionnement de la station d'épuration, onensemencera le bassin d'activation avec de l'eau usée urbaine, riche en N et P.

- Chlorure

Les valeurs trouvées indiquent que la pollution par les chlorures provient des produits de désinfection.

- Température et O₂ dissous

Les eaux que rejettent la laiterie sont relativement chaudes, leur température varie de 15 à 32 ° C donc l'oxygène dissous est très faible.

- Couleur

Les eaux résiduaires ont généralement une couleur blanchâtre avec parfois une couleur blanc jaunâtre.

Nous avons analysé les paramètres qui pouvaient nous aider à connaître les caractéristiques des effluents de la laiterie de Birkhadem.

En fonction des résultats, nous avons opté pour un procédé biologique permettant l'épuration des rejets et la minéralisation des boues.

CHAPITRE IV

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES PROCÉDES D'ÉPURATION

Sur la base des enquêtes préalablement faites et des résultats expérimentaux, nous pourrions concevoir et dimensionner une station d'épuration et de traitement des effluents de la laiterie de Birkhadem.

4.1.1. Les caractéristiques hydrauliques

Sachant que le volume annuel consommé par l'usine est de 636.638 m³ on calculera le volume journalier Q_J :

$$Q_J = \frac{\text{volume consommé annuellement}}{\text{nombre de jours de l'année}}$$

$$Q_J = \frac{636\ 638}{365} = 1\ 744,21 \text{ m}^3/\text{J}$$

$$Q_J = 1\ 744,21 \text{ m}^3 / \text{J}.$$

Le volume journalier des eaux usées est estimé à 80 % du volume des eaux consommées soit :

$$Q_{\text{Jeu}} = \frac{1744,21 \times 80}{100} = 1\ 395,36 \text{ m}^3 / \text{J}.$$

Soit un volume de 1 400 m³/J environ.

Ce chiffre concorde bien avec le chiffre avancé par les responsables des services de la laiterie de Birkhadem.

Calcul de l'équivalent habitant.

Nous prendrons pour base le chiffre indiqué par (Imhoff) :

54 g DBO₅ / jour / habitant.

La $D.BO_5$ maximale durant cette période est de 3 200 mg/l soit 3,2 kg/J.

Connaissant le débit des eaux usées, nous déterminerons la charge en $D.BO_5$ par J soit : $L = 1.400 \times 3,2 = 4480 \text{ kg } DBO_5/J$.

le nombre d'équivalent sera donc égal à :

$$n \text{ Eq ha} = \frac{4\,480 \times 103}{54} = 8\,296,96$$

$$n \text{ Eq ha} \approx 83\,000$$

. Débit moyen

Connaissant le débit Journalier, on calculera le débit moyen :

$$Q_m = \frac{Q \text{ Jeu}}{24} = \frac{1\,400}{24} = 58,33 \text{ m}^3/\text{h.}$$

. Débit diurne

$$Q_d = \frac{Q \text{ Jeu}}{16 + 24} = \frac{1\,400}{16} = 87,5 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$Q_d = 87,5 \text{ m}^3/\text{h.}$$

. Débit de pointe par temps sec.

$$Q_p = C_p \cdot Q_m.$$

où Q_m est le débit moyen en l/s.

et C_p : le coefficient de pointe donné par l'expression suivante :

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}}$$

$$Q_m = \frac{58,33 \times 1000}{3\,600} = 16,20 \text{ l/s.}$$

$$C_p = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{16,20}} = 2,12$$

$$\text{d'où } Q_p = C_p \cdot Q_m = 2,12 \times 58,330 = 123,72 \text{ m}^3/\text{h.}$$

4.1.2. Calcul des charges polluantes

Les valeurs moyenne de D.B.O₅ et du M.E.S. sont de l'ordre de :

$$\text{D.B.O}_5 = 2\ 135 \text{ mg/l.}$$

$$\text{M.E.S.} = 532 \text{ mg/l.}$$

Les charges polluantes auront des valeurs de :

$$\text{D.B.O}_5 = 1\ 400 \times 2\ 135 = 2\ 989 \text{ kg/J.}$$

$$\text{M.E.S.} = 1\ 400 \times 532 = 744,8 \text{ kg/J} \approx 744 \text{ kg/J.}$$

Ces résultats correspondent aux charges polluantes arrivant à la S.T.E.P.

4.1.3. Composition des M.E.S.

Les matières en suspension sont composées de 80 % de matières volatiles en suspension (M.V.S.) et de 20 % de matières minérales (M.M.).

M.E.S. = 744 kg/J seront composées de :

$$\text{M.V.S.} = 744 \times 0,8 = 595,2 \text{ kg/J.}$$

et

$$\text{M.M.} = 744 \times 0,2 = 148,8 \text{ Kg/J.}$$

4.1.4. Choix du procédé

En fonction des résultats obtenus et des données bibliographiques, nous avons opté pour le traitement biologique par boues activées.

Ce procédé de traitement est remarquable par le peu de place qu'il occupera, par la facilité de son exploitation et de sa maintenance et surtout, par son coût peu élevé par rapport aux autres procédés.

La station d'épuration comprendra :

. Prétraitement

- .. Dégrillage fin
- .. Dessablage - Dégraissage.

. Traitement biologique

- .. Bassin d'activation
- .. Décanteur secondaire.

. Traitement des boues

- .. Epaissement
- .. Epandage.

Les données caractéristiques nécessaires pour le dimensionnement de la station d'épuration sont réunies dans le tableau suivant :

DESIGNATION	DONNEES CARACTERISTIQUES
Nombre d'équivalent Habitant n E	83 000
Volume des eaux résiduaires (m ³ /J)	1 400
D.B.O ₅ (Kg / J)	2 989
D.B.O ₅ (Mg / l)	2 135
M.E.S. (Kg / J)	744
M.E.S. (Mg / l)	532

4.2. Dimensionnement

4.2.1. Dégrillage fin

Les eaux résiduaires de la laiterie n'étant pas chargées en matières volumineuses, nous avons opté directement pour un dégrilleur fin. Celui-ci arrêtera les matières en suspension ayant des dimensions supérieures à 10 mm.

L'effluent arrivera dans un canal muni d'une grille courbe automatique.

La vitesse maximum de passage de l'eau par la grille doit être de l'ordre de 0,60 à 1,00 m/s.

En débit maximal, elle peut atteindre 1,40 m/s (Dégrément).

. Calcul de la surface minimum de la grille :

$$S = \frac{Q_p}{V_e}$$

ou Q_p : le débit de pointe.

S : Surface minimum de la grille.

V_e : Vitesse maximum de passage de l'eau

on prend $V_e = 0,7$ m/s.

on aura donc :

$$S = \frac{123,72}{3600 \times 0,70} = 0,049 \text{ m}^2$$

La largeur de la grille sera déterminée par l'expression suivante :

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{h_{\max} (1-f)}$$

où α : angle d'inclinaison de la grille $\alpha = 60^\circ$

Hmax : Hauteur maximale d'eau dans le canal, nous la fixons à 0,70 m.

β : Fraction de surface occupée par les barreaux.

β : est donnée par la formule suivante :

$$\beta = \frac{e'}{e' + e}$$

où e' : épaisseur des barreaux : $e' = 10$ mm.

e : espacement entre les barreaux fixé à 10 mm.

$$\text{d'où } \beta = \frac{10}{10 + 10} = 0,50$$

Le coefficient du vide ($1 - \beta$) sera égal à :

$$(1 - \beta) = (1 - 0,50) = 0,50.$$

La largeur sera égale à :

$$L = \frac{S \cdot \sin \alpha}{H_{\max} \times (1 - \beta)} = \frac{0,049 \times \sin 60^\circ}{0,70 \times 0,50} = 0,120 \text{ m.}$$

La longueur mouillée de la grille :

Elle est égale au rapport entre la hauteur Hmax dans le canal et le Sinus de l'angle d'inclinaison α de la grille par rapport à l'horizontale.

$$L = \frac{H_{\max}}{\sin \alpha} = \frac{0,7}{0,86} = 0,81 \text{ m}$$

• Caractéristiques de la grille

Hmax	=	0,70 m
Ve	=	0,70 m/s
e'	=	10 mm
e	=	10 mm
l	=	0,120 m.

4.2.2. Dessablage-- Deseuilage

L'élimination du sable et des matériaux lourds évitera l'abrasion des corps des pompes.

L'élimination des huiles et graisses évitera le colmatage des appareils et assurera une bonne aération de la surface de l'eau.

Les M.E.S. se composent généralement de 80 % de M.V.S. et 20 % de M.M.

- Quantité de M.E.S. totale = 744 kg/J.
- Quantité de M.V.S. totale = ...'..... 744 x 0,8 = 595,2 Kg/J.
- Quantité de M.M. totale = 744 x 0,2 = 148,8 Kg/J.

Le dessableur a un rendement de 80 % sur les matières minérales, la quantité de M.E.S. retenue dans le dessableur sera :

$$R = 148,8 \times 0,8 = 119,04 \text{ Kg/J.}$$

La quantité de M.M. restante dans l'eau sera donc :

$$\text{M.M. rest.} = 148,8 - 119,04 = 29,76 \text{ Kg/J.}$$

La quantité de M.E.S. qui restera dans l'eau sera donc :

$$\text{M.E.S.} = \text{M.V.S.} + \text{M.M.}_{\text{rest}} = 595,2 + 29,76 = 624,96$$

$$\text{M.E.S.} = 624,96 \text{ Kg/J.}$$

Le sable et les matières lourdes seront recueillis au fond du dessableur.

Les graisses et huiles seront évacuées de la surface du dessableur-deshuileur par déversement dans des goulottes.

• Calcul du dessableur deshuileur

Ce dispositif sera calculé avec un temps de séjour variant de 3 à 5 mn, une charge hydraulique maximale variant de 30 à 70 m³/m²/h, une vitesse d'entraînement égale à 0,2 m/s, pour qu'il y ait une bonne sédimentation.

Connaissant le débit de pointe Q_p = 123,72 m³/h on calculera :

• Le volume du dispositif

$$V = Q_p \times t_s = \frac{123,72 \times 3}{60} = 6,19 \text{ m}^3$$

• La surface verticale

$$S_v = \frac{Q_p}{V_e} = \frac{123,72}{0,2 \times 3600} = 0,17 \text{ m}^2$$

• La surface horizontale

$$S_h = \frac{Q_p}{C_h} = \frac{123,72}{30} = 4,12 \text{ m}^2$$

• Hauteur du dispositif

$$H = \frac{V}{S_h} = \frac{6,19}{4,12} = 1,50 \text{ m}$$

• Largeur du dispositif

La hauteur d'eau H_{max} dans le canal est fixée à :

$$H_{\text{max}} = 0,40 \text{ m.}$$
$$i = \frac{S_v}{H_{\text{max}}} = \frac{0,17}{0,40} = 0,42 \text{ m.}$$

• Longueur du dispositif

$$L = \frac{Sh}{1} = \frac{4,12}{0,42} = 9,8 \text{ m} \approx 10$$

• Vérification des paramètres :

calcul de la charge hydraulique sur Q_m :

$$C_H = \frac{Q_m}{S_H} = \frac{58,33}{4,12} = 14 \text{ m}^2 / \text{m}^2 / \text{h}$$

calcul de C_H sur Q_p :

$$C_H = \frac{Q_p}{S_H} = \frac{123,72}{4,12} = 30 \text{ m}^2 / \text{m}^2 / \text{h}$$

le temps de séjour sur Q_m :

$$t_s = \frac{V}{Q_m} = \frac{6,19 \times 60}{58,33} = 6,36 \text{ mn}$$

$$t_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{6,19 \times 60}{123,72} = 3 \text{ mn}$$

Caractéristique du dessableur.

Le dessablage s'effectuera dans un bassin dont les caractéristiques sont les suivantes :

Longueur : 10 m
largeur : 0,42 m

Surface : 4,2 m²
Volume : 6,3 m³
Charge hydraulique: Sur $Q_p = 30\text{m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$
 $Q_m = 14\text{m}^3 / \text{m}^2 / \text{h}$

Temps de séjour : 3 mn

Vitesse d'entraînement : 0,2 m/s

4.2.3 Le bassin d'aération

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

Désignation	D.B.O ₅	M.E.S
Charge des eaux brutes (kg/j)	2989	744
Charge retenue dans le dessableur(kg/j)	/	119,04
Charge à l'entrée du bassin d'aération(kg/j)	2989	624,96
Concentration en (mg/l)	2135	446,40

Sachant que les effluents de la laiterie sont très chargés en matières biodégradables, nous avons choisi l'aération prolongée pour les traiter biologiquement.

L'aération prolongée est caractérisée surtout par un temps de séjour long favorisant la dégradation et la minéralisation des boues évitant ainsi, le dégagement d'odeurs désagréables.

Ce procédé est avantageux du fait que la station d'épuration pourra fonctionner avec un minimum de surveillance et aura un bon rendement de dépollution.

Le rendement de dépollution "h"

$$h = \frac{L_0 - L_f}{L_0}$$

où L_0 : D.B.O₅ à l'entrée du bassin

L_f : D.B.O₅ de rejet.

$$h = \frac{2135 - 20}{2135} = 99 \%$$

$$h = 99 \%$$

Les éléments essentiels qui caractérisent un traitement par boues activées sont la charge massique C_m et la charge volumique C_v .

Pour la faible charge, ces facteurs varient de :

$$0,07 < C_m < 0,2$$

$$0,35 < C_v < 0,6$$

Nous fixerons :

$$C_m = 0,1 \text{ Kg D.B.O}_5 / \text{Kg. M.V.S.J}$$

$$C_v = 0,45 \text{ Kg D.B.O}_5 / \text{m}^3/\text{J.}$$

Calcul du bassin d'activation

- Volume :

$$C_v = \frac{L_0}{V}$$

où C_v : Charge volumique

L_0 : Poids total de D.B.O₅ à l'entrée du bassin d'aération.

V : Volume du bassin

$$V = \frac{L_0}{CV} = \frac{2989}{0,45} = 6642 \text{ m}^3$$

$$V = 6642 \text{ m}^3$$

• Temps de séjour

t_s sur le débit moyen

$$t_s = \frac{V}{Q_m} = \frac{6642}{58,33} = 5 \text{ Jours}$$

Le temps de séjour sur le débit de pointe.

$$t_s = \frac{V}{Q_p} = \frac{6642}{123,72} = 53,68 \text{ h} = 2 \text{ jours et } 6 \text{ heures.}$$

La hauteur du bassin varie de : $3 < H < 5\text{m}$.

on fixe $H = 4 \text{ m}$.

- La surface du bassin

$$S = \frac{V}{H} = \frac{6642}{4} = 1660 \text{ m}^2.$$

$$S = L \times l$$

Soit un rapport $\frac{L}{l} = 2,5 : 5$ pour avoir une bonne homogénéisation :

On fixe le rapport $\frac{L}{l} = 4$ d'où $L = 4l$.

$$S = L \times l = 4l \times l = 4l^2 \implies l^2 = \frac{S}{4}$$

$$l = \sqrt{\frac{S}{4}} = 20 \text{ m.}$$

donc le bassin aura une largeur de 20 m, sa longueur sera égale à :

$$L = \frac{S}{1} = \frac{1660}{20} = 83 \text{ m.}$$

$$L = 83 \text{ m.}$$

4.2.4. Besoins en Oxygène

Les micro-organismes aérobie ont besoin d'oxygène pour transformer la matière organique nécessaire à leurs croissances.

Théoriquement, les besoins en Oxygène sont calculés suivant la formule :

$$Q_{O_2}/t = a' \cdot L_e + b' \cdot X_t$$

où a' : fraction de substrat oxydé $[kg O_2 / Kg D.B.O_5]$

b' : consommation en Oxygène du métabolisme endogène
 $[Kg O_2 / Kg \text{ de M.V.S.}]$

L_e : D.B.O₅ à éliminer.

X_t : Matière de boues activées.

Q_{O_2}/t : Quantité d'Oxygène à fournir théoriquement $[Kg O_2/J.]$

$$L_e = L_0 - L_f$$

où L_f : norme de rejet fixée à 20 mg/l.

$$L_f = 20 \text{ mg/l} = 0,02 \text{ Kg/m}^3.$$

$$L_e = 2989 - (0,02 \times 1400) = 2961 \text{ Kg/J.}$$

$$L_e = 2961 \text{ Kg/J.}$$

X_A : Concentration moyenne en M.V.S. dans le bassin, $X_A = 3 \text{ g/l.}$

$$X_t = V \times X_A = 5642 \times 3 = 16926 \text{ Kg M.V.S./J.}$$

Les coefficients a' et b' sont déterminés en fonction de la charge mas-
sique.

Ayant fixé $C_m = 0,1$, les valeurs de a' et b' seront :

$$a' = 0,66$$

$$b' = 0,09$$

La quantité d'oxygène à fournir théoriquement sera égale à :

$$q_{O_2}/t = 0,66 \times 2961 + 0,09 \times 19926.$$

$$q_{O_2}/t = 3747,6 \text{ Kg } O_2/J.$$

quantité théorique d'Oxygène par heure

$$q_{O_2}/h = \frac{3747,6}{24} = 156,15 \text{ Kg } O_2 / h.$$

Quantité théorique horaire en pointe :

$$q_{O_2}/\text{pointe} = a' \cdot \frac{L_e}{18} + \frac{b' \cdot X_t}{24}$$

$$q_{O_2}/\text{pointe} = \frac{0,66 \times 2961}{18} + \frac{0,09 \times 19926}{24}$$

$$q_{O_2}/\text{pointe} = 183,29 \text{ kg } O_2/h.$$

Pour obtenir les besoins réels, nous devons tenir compte de la diffé-
rence de température et de pression (température = 10°C pour l'eau pure
et **760** mm de Hg), de la concentration en Oxygène dissous, etc...

On applique un coefficient correctif $T = 0,7$ à la valeur théorique de
la quantité d'Oxygène à fournir.

Quantité d'Oxygène à fournir réellement :

$$q_{O_2}/J = \frac{q_{O_2}/t}{T} = \frac{3747,6}{0,7} = 5353,7 \text{ Kg } O_2/J.$$

$$Q_{O_2} / J = 5353,7 \text{ Kg } O_2 / J.$$

soit : 223,07 Kg O_2 /h.

Quantité d'Oxygène nécessaire en pointe :

$$Q_{O_2/h} = \frac{183,29}{0,7} = 261,84 \text{ Kg } O_2/h.$$

$$Q_{O_2/h} = 261,84 \text{ Kg } O_2 /h$$

puissance des aérateurs

Il sera adopté des aérateurs de surface.

Leur rendement d'Oxygène varie de 1,5 à 1,8 Kg O_2 /kw h.

Ils sont plus économiques en investissement, secours d'avarie, entretien aisé et facilité de contrôle.

$$R = 1,5 \text{ à } 1,8 \text{ Kg d}'O_2 / \text{kw h}$$

on prendra $R = 1,5 \text{ Kg } O_2 / \text{Kw h}$

$$P \text{ (KW)} = \frac{P_{O_2/h}}{R} = \frac{156,15}{1,6} = 97,59 \text{ Kw}$$

La puissance en pointe :

$$P_p = \frac{183,29}{1,6} = 114,55 \text{ Kw.}$$

$$P_p = 114,55 \text{ Kw.}$$

pour assurer l'homogénéisation et éviter les dépôts dans le bassin d'aération, une puissance de brassage additive est nécessaire et qui varie selon les systèmes, de 25 à 30 w par m^3 . Le rendement d'Oxygénation est de l'ordre de 5 %.

Si on prenait $30 \text{ w/m}^3 = 0,03 \text{ Kw/m}^3$, la puissance de brassage P_b serait égale à :

$$P_b = 0,03 \cdot V$$

où V est le volume du bassin d'aération, on aura :

$$P_b = 0,03 \times 6642 = 199,26 \text{ Kw.}$$

La puissance totale à fournir sera donc :

. En moyenne

$$P_t = 97,59 + 199,26 = 296,85 \text{ Kw.}$$

$$P_{tp} = 114,55 + 199,26 = 313,81 \text{ Kw.}$$

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

Sachant qu'1,29 Kg d'air occupe un volume de 1 m^3 , on déterminera le débit d'air à fournir.

Débit d'air à fournir :

$$\text{. En moyenne} \quad - \int \text{O}_2/\text{h} \times \frac{100}{5} \times \frac{1}{1,29} = 1513 \text{ m}^3 \text{ d'air/h}$$

$$= 97,59 \times \frac{100}{5} \times \frac{1}{1,29} =$$

$$\text{. En pointe} \quad : 114,55 \times \frac{100}{5} \times \frac{1}{1,29} = 1776 \text{ m}^3 \text{ d'air/h}$$

Nous aurons par unité de volume les valeurs suivantes :

$$\text{. En moyenne} \quad \frac{1513}{6642} = 0,23 \text{ m}^3 \text{ d'air/m}^3 \cdot \text{h}$$

$$\text{. En pointe} \quad \frac{1776}{6642} = 0,27 \text{ m}^3 \text{ d'air/m}^3 \cdot \text{h}$$

4.2.5. Bilan des boues

Les boues produites sont composées de boues chimiquement inertes et de boues biodégradables. Les boues des eaux résiduaires de laiterie sont putrescibles et dégagent des odeurs désagréables. C'est pour cela, qu'il faut pousser leur minéralisation .

La quantité totale de boues produites est donnée par la relation :

$$\Delta X = X_{\min} + X_{\text{dure}} + a_m \cdot L_e - b \cdot X'_t - X_{\text{eff}}$$

où ΔX : quantité de boues produites [Kg/J]

X_{\min} : Boues minérales qui ne sont pas modifiées par leur passage dans l'épuration biologique [Kg/J]

X_{dure} : matières organiques difficilement biodégradables ; X_{dure} est évaluée à 30 % de M.V.S. [Kg/J]

$a_m \cdot L_e$: matières organiques formées par assimilation de la D.B.O₅ éliminée [Kg/J]

$b \cdot X'_t$: matières organiques détruites par respiration endogène [Kg/J]

X_{eff} : matières organiques et minérales qui sont éliminées avec l'effluent [Kg/J]

a_m : Coefficient lié au rendement cellulaire ; il varie avec la charge massique et est fixé à 0,56 Kg M.V.S./kg D.B.O₅

b : Coefficient de respiration endogène [J -1] fixé à 0,05 J - 1. à l'entrée du bassin d'activation :

$$\text{M.E.S.} = 744 \text{ Kg/J} \Rightarrow \begin{cases} 595,2 & \text{M.V.S.} \\ 148,8 & \text{M.M.} \end{cases}$$

$$X_{\min} = 148,8 \text{ Kg/J.}$$

$$X_{\text{dure}} = 0,3 \times 595,2 = 178,56 \text{ Kg/J}$$

$$a_m L_e = 0,56 \times 2961 = 1658,16 \text{ Kg/J}$$

$$X_t = 0,8 \quad X'_t \Rightarrow X'_t = \frac{X_t}{0,8} = \frac{199,26}{0,8}$$

$$X'_t = 24907,5 \text{ Kg/J}$$

Quantité de boues détruites par auto oxydation

$$b. X'_t = 0,05 \times 24907,5 = 1245,37 \text{ Kg/J.}$$

On considère que la quantité de boues sortant avec l'effluent est négligeable, le bilan sera le suivant :

$$\Delta X = 148,8 + 178,56 + 1658,16 - 1245,37$$

$$\Delta X = 740,15 \text{ Kg/J}$$

Concentration des boues

Les boues seront extraites du clarificateur avec une certaine concentration X_r telle que :

$$X_r = \frac{1,2 \times 1\,000}{I_M}$$

où I_M = Indice de Mohlman.

L'indice de Mohlman représente le volume en ml occupé par 1 gramme de M.E.S. après décantation d'une demi heure dans une éprouvette graduée.

Pour avoir une bonne décantabilité, l'indice de Mohlman est compris entre 80 et 150

On prendra $I_M = 150$

$$\text{d'où } X_T = \frac{1,2 \times 1000}{150} = 8 \text{ g/l.}$$

Recirculation des boues

Elle a pour but le maintien d'une quantité appréciable de micro-organismes dans le bassin d'activation.

Taux de recirculation

$$R = \frac{1}{C-1}$$

Où R : est le taux de recirculation.

C : taux de concentration

$$C = \frac{X_T}{X'_T}$$

X_T : concentration en M.E.S. dans le bassin

X'_T : concentration en M.V.S. (80 % de M.E.S.)

$$\text{d'où } X'_T = \frac{3,2}{0,80} = 4 \text{ g/l}$$

$$C = \frac{8}{4} = 2$$

$$R = \frac{1}{2-1} = 1 \text{ c'est à dire } 100 \%$$

Les boues doivent être recirculées à 100 %.

Age des boues

Il exprime la durée d'aération subie par les boues avant leur élimination. C'est le rapport entre les boues totales et la production de boues dans le bassin.

$$G = \frac{X'_t}{\Delta X} = \frac{24907,5}{740,15} = 33,65 \text{ J.} \approx 34 \text{ Jours.}$$

Boues stabilisées

Les boues sont évacuées du clarificateur à une concentration de 8g/l. La quantité totale des boues étant de 740,15 Kg/J on calculera le volume des boues journalier :

$$V_B = \frac{740,15}{8} = 92,5 \text{ m}^3/\text{J.}$$

Poste de pompage

Connaissant le pourcentage de recirculation des boues, on détermine le débit à recirculer $R. Q_m = 1 \times 58,33 = 58,33 \text{ m}^3/\text{h.}$

Le débit de recirculation doit être assuré par un groupe d'électropompes de capacité utile :

$$P = 1 \times \frac{58,33}{3600} \times 1000 = 16,20 \text{ l/s.}$$

4.2.6. Le clarificateur

Le clarificateur ou décanteur secondaire a pour rôle de séparer l'eau clarifiée de la liqueur de boues activées arrivant du bassin d'activation.

Les boues épaissies doivent être recirculées le plus rapidement possible pour préserver leur fraîcheur.

Le débit à traiter est $Q' = Q_m + R Q_m$

En fixant le temps de séjour à 2 h, le volume du clarificateur sera calculé en fonction du débit à traiter.

$$Q' = 58,33 + 58,33 \times 1 = 116,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

d'où le volume :

$$V_c = 116,66 \times 2 = 233,32 \text{ m}^3.$$

En raison du taux élevé de matières sèches, la vitesse ascensionnelle sera fixée à : $V_c = 1,5 \text{ m/h}$ et la hauteur à 3 m.

Surface du clarificateur :

$$S_c = \frac{V_c}{H_c} = \frac{233,32}{3} = 77,77 \text{ m}^2.$$

Le diamètre :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 9,95 \text{ m}$$

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

Charges hydrauliques

$$- C_H \text{ sur } Q' = \frac{116,66}{77,77} = 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h.}$$

$$- C_H \text{ sur } Q_m = \frac{58,33}{77,77} = 0,75 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h.}$$

$$- C_H \text{ sur } Q_p = \frac{123,72}{77,77} = 1,59 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{h.}$$

Calcul du temps de séjour pour les différents débits :

$$- t_s \text{ sur } Q' : t_s = \frac{V_c}{Q'} = \frac{233,32}{116,66} = 2 \text{ h.}$$

$$- t_s \text{ sur } Q_m : t_s = \frac{V_c}{Q_m} = \frac{233,32}{58,33} = 4 \text{ h.}$$

$$- t_s \text{ sur } Q_p : t_s = \frac{V_c}{Q_p} = \frac{233,32}{123,72} = 1,89 \text{ h} = 2 \text{ h.}$$

Il conviendrait de prévoir 3 pompes de recirculation : deux travailleront à raison de 29 m³/h chacune et une sera au repos.

Le clarificateur devra être muni de dispositifs de succion pour l'extraction des boues.

Traitement des boues

Les boues extraites subiront un traitement comprenant l'épaississement qui réduira leur volume.

Volume des boues à extraire du clarificateur avec une concentration de 8 g/l.

$$V_{B/3} = \frac{740,15}{8} = 92,51 \text{ m}^3/\text{l.}$$

4.2.7. L'épaississement

L'épaississeur assure l'élimination de l'eau interstitielle des particules de boues.

Il présente de nombreux avantages, notamment l'amélioration du rendement de la digestion au cas, où celle-ci est prévue, l'augmentation de l'économie des systèmes d'hydratation, la réduction du volume des boues.

L'épaisseur ramène la concentration des boues à 50 g/l.

Volume journalier de boues épaissies :

$$V = \frac{740,15}{50} = 14,80 \text{ m}^3/\text{J.}$$

On prend $t_s = 1$ jour.

Volume de l'épaisseur sera de :

$$V_e = V_B/t_s = 92,51 \times 1 = 92,51 \text{ m}^3$$

La surface de l'épaisseur

$$S_e = \frac{V_e}{H_e}$$

où H_e est la hauteur de l'épaisseur, on prendra $H_e = 3$ m.

$$S_e = \frac{92,51}{3} = 31 \text{ m}^2$$

Diamètre de l'épaisseur

$$S_e = \pi \frac{D_e^2}{4} \Rightarrow D_e = \sqrt{\frac{4 \cdot S_e}{\pi}}$$

$$D_e = \sqrt{\frac{4 \times 31}{\pi}} = 6 \text{ m.}$$

4.2.3. Devenir des boues

Les boues épaissies seront utilisées à des fins agricoles. Les terrains seront utilisés après observation d'une durée déterminée et qui sera nécessaire à la destruction des germes pathogènes.

CHAPITRE V

RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

Nous avons essayé d'étudier les rejets de la laiterie, par manque de moyens nous nous sommes limités à étudier les facteurs les plus déterminants.

Les résultats des analyses nous ont conduits à choisir un traitement biologique par "boues activées" à faible charge. Le rendement de la station sera bon à long terme.

Les recommandations que nous devrions faire sont les suivantes :

- . Surdimensionner le bassin d'aération et utiliser complètement sa capacité tampon.
- . Les eaux résiduaires arrivantes, de façon discontinue, pénètrent dans une masse d'eau importante et s'y répartissent de façon uniforme. Les pointes de concentration et de volume sont ainsi retenues et compensées.
- . Eviter autant que possible, les sources de mauvaises odeurs, une préaération est recommandée dans le dessableur.
- . Prévoir un équipement de laboratoire pour mieux contrôler et gérer la station.
- . Prévoir des aérateurs de surface (turbines) pour le bassin d'activation.
- . Ensemencer le bassin d'activation par des boues urbaines, riches en azote et phosphore pour palier le manque existant dans les rejets laitiers.

TABLEAU N° 1

Période de Février 86	D.B.O ₅ (mg/l)	D.C.O (mg/l)	$\frac{D.C.O}{D.B.O_5}$
2 Février 86	900	2450	2,72
3 Février 86	1800	2500	1,38
4 Février 86	1600	2400	1,50
5 Février 86	1550	2350	1,51
6 Février 86	2100	3200	1,52
8 Février 86	3200	6000	1,87
9 Février 86	2900	6400	2,20
10 Février 86	3000	6500	2,16
Moyennes	2131,25	3975	1,86

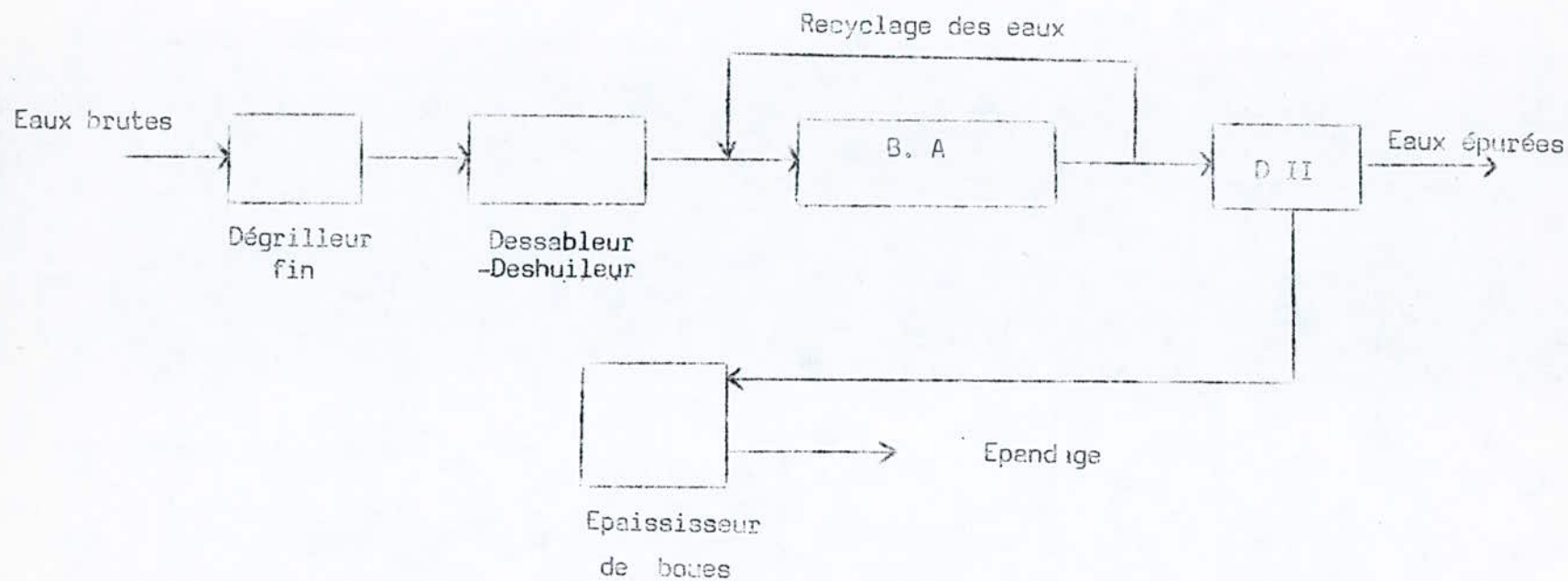
D'après les résultats de D.B.O₅ et de D.C.O., nous avons calculé le rapport $\frac{D.C.O}{D.B.O_5}$.

TABLEAU N° 2

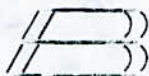
Période de Février 86	Chlorure (mg/l)	Azote ammonia- cal(mg/l)	Phosphore (mg/l)	t° (° C)	P H
2 Février 86	3,54	2,3	16,2	15-27°	variable
3 Février 86	3,54	2,6	18,5	17-30°	variable
4 Février 86	2,90	2	19,2	15-30°	variable
5 Février 86	3,84	2,7	18,3	15-25°	variable
6 Février 86	3,98	2,7	17,5	17-32°	variable
8 Février 86	3,20	3,4	17,6	16-29°	variable
9 Février 86	3,54	2,3	18,3	17-32°	variable
10 Février 86	3,54	2,6	15,5	17-32°	variable
Moyennes	3,51	2,575	17,63	15-32°	variable

TABLEAU N° 3

Période de Février 86	M E S T (105°C) (mg/l)	M E S T(mg/l) (600°C)	M V S T(mg/l)	pourcentage d'abattement.
1 Février 86	550	110	440	80 %
2 Février 86	520	100	420	80 %
3 Février 86	580	120	460	79 %
4 Février 86	530	120	410	77 %
5 Février 86	490	100	390	79 %
6 Février 86	500	100	400	80 %
7 Février 86	550	120	430	78 %
8 Février 86	540	120	420	77 %
Moyennes	532,5			



--oo00oo--



I B L I O G R A P H I E

--oo00oo--

- 1) - ECKENFELDER W.W. : GESTION DES EAUX USEES URBAINES ET INDUSTRIELLES.
" TEC - ET - DOC " PARIS - 1982.
- 2) - MEINCK, STOOF, LOHLSCHUTTER : LES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES.
PARIS - 1977 - Masson 2 ème Edition.
- 3) - VAILLANT J.R. : PROTECTION DE LA QUALITE DES EAUX ET MAITRISE DE LA
POLLUTION.
EYROLLES - PARIS - 1973.
- 4) - BORMANS (Rédigé par) : ANALYSE DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES.
EYROLLES CEBEDOC - LIEGE - 1974.
- 5) - COMELLA, GUERREE : LES EAUX USEES - 2 - LES TRAITEMENT,
EYROLLES - PARIS 1978.
- 6) - KNEESE A.V. : ECONOMIE ET GESTION DE LA QUALITE DES EAUX.
DUNOD - PARIS 1967.
- 7) - DEGREMONT. : MEMENTO-TECHNIQUES DE L'EAU.
8 ème Edition - 1978.
- 8) - BODIER J. : ANALYSE DE L'EAU.
DUNOD - 6 ème Edition 1978.
- 9) - PERMO. : PRATIQUE DE L'EAU.
MONITEUR - PARIS 1981.
- 10) - CASEIYS - SURUN : LES EAUX USEES DES INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMEN-
TAIRES.
T.S.M. - OCTOBRE 1967.

BIBLIOGRAPHIE (SUITE I).

- 11) - EVETTE J.C : LA FROMAGERIE.
- 12) - BLANIC R. : EAUX URBAINES, EAUX INDUSTRIELLES (TRAITEMENT ET EPURATION).
- 13) - ATEK M : CONTRIBUTION AU PROJET DELA STEP DU FUTUR BASSIN VERSANT EST - DE TIZI - OUZOU - THESE D'INGENIEUR E.N.P.A - ALGER - 1984.
- 14) - C.N.L.H. : POLLUTION ET TRAITEMENT DES EAUX - ALGER - 1975.
- 15) - YEDDOU : ETUDE DE LA CONCEPTION D'UNE STATION DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE A MOHAMMADIA - THESE D'INGENIEUR - E.N.A.P. - ALGER - 1985.
- 16) - DOCUMENTS O.R.L.A.C.
- 17) - IMHOFF K. : MANUEL DE L'ASSAINISSEMENT URBAIN. 1970 -.

