

10/89

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

26x

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

RECYCLAGE DES EAUX USEES INDUSTRIELLES
DU COMPLEXE TEXTILE DE (D.B.K).

Proposé par :

F. HAMDI

Etudié par :

A. HERIDI

Z. BENMAAMAR

Dirigé par :

A. MAZIGHI

F. HAMDI

PROMOTION : JUIN 89

CHAPITRE VII : CONCEPTION D'UNE STATION DE PURIFICATION DES EAUX
 USEES INDUSTRIELLES DE L'USINE TEXTILE DE DBK

| | |
|--|----|
| 7.1 Introduction | 69 |
| 7.2 Puit de stockage des eaux destinées au traitement | 70 |
| 7.2.1 Généralités | 70 |
| 7.2.2 Critères de dimensionnement du puit de stockage d'eau | 70 |
| 7.3 Mélangeur rapide | 74 |
| 7.3.1 Choix du mélangeur rapide | 74 |
| 7.3.2 Dimensionnement d'un mélangeur rapide | 74 |
| 7.4 Flocculateur | 78 |
| 7.4.1 Généralités | 78 |
| 7.4.2 Dimensionnement d'un flocculateur | 79 |
| 7.5 Décanteur | 83 |
| 7.5.1 Généralités | 83 |
| 7.5.2 Dimensionnement d'un décanteur | 84 |
| 7.6 Filtre à sable rapide | 87 |
| 7.6.1 Généralités | 87 |
| 7.6.2 Dimensionnement d'un filtre à sable rapide | 87 |
| 7.6.3 Equipement du filtre à sable rapide | 87 |
| CONCLUSION GENERALE | 90 |
| ANNEXE : Méthodes d'analyse. | |
| BIBLIOGRAPHIE. | |

o-o-o-o LISTE DES TABLEAUX o-o-o-o-o

| | <u>page</u> |
|---|-------------|
| Tableau 4.1 -- Caractéristiques des eaux d'alimentation des industries textiles -- | 11 |
| Tableau 6.1 -- Résultats d'analyse des eaux usées traitées --. | 48 |
| Tableau 6.2 -- Evolution de la transmittance (T) de l'eau en fonction des teneurs en $FeCl_3$ et en bentonite-- | 51 |
| Tableau 6.3 -- Valeurs d'analyse de l'eau coagulée -- | 54 |
| Tableau 6.4 -- Caractéristiques granulométriques du sable utilisé -- | 57 |
| Tableau 6.5 -- Evolution de la perte de charge à travers la colonne de filtration en fonction du temps--.. | 61 |
| Tableau 6.6 -- Evolution de la turbidité de l'effluent du filtre lors de la filtration | 61 |
| Tableau 6.7 -- Variation de la DCO, des MES des huiles en fonction de la filtration--..... | 65 |
| Tableau 7.1 -- Possibilités de refoulement par les pompes à bas niveau--..... | 73 |
| Tableau 7.2 -- Valeur de K pour différents types d'agitateurs -- | 77 |
| Tableau 7.3 -- Caractéristiques du mélangeur rapide -- | 78 |
| Tableau 7.4 -- Caractéristiques du flocculateur -- | 82 |

o-o

o-o-o-o-o LISTE DES FIGURES o-o-o-o-o

| | Page |
|---|------|
| Figure 5.1 -- Double couche d'une particule colloïdale -- | 23 |
| Figure 5.2 -- Variation du potentiel électrostatique en fonction de la distance de la particule -- | 23 |
| Figure 5.3 -- Variation du potentiel de repulsion en fonction de la distance qui sépare deux particules -- | 26 |
| Figure 5.4 -- Variation du potentiel de répulsion en fonction de la distance qui sépare deux particules, après compression de la double couche -- | 26 |
| Figure 5.5 -- Bassin de décantation idéal -- | 35 |
| Figure 5.6 -- Bassin de décantation idéal à 3 paliers -- | 35 |
| Figure 5.7 -- Décanteurs à tubes inclinés -- | 38 |
| Figure 5.8 -- Décanteur à lamelles -- | 38 |
| Figure 6.1 -- Evolution de la transmittance en fonction des doses de $FeCl_3$ et de bentonite -- | 53 |
| Figure 6.2 -- Variation de ϕ en masse d'échantillon en fonction du diamètre moyen des grains -- | 59 |
| Figure 6.3 -- Evolution de la turbidité en fonction du temps de filtration -- | 63 |
| Figure 6.4 -- Evolution des pertes de charge lors de la filtration -- | 64 |
| Figure 6.5 -- Evolution des MES lors de la filtration -- | 66 |
| Figure 6.6 -- Evolution de la DCO lors de la filtration -- | 67 |

| | |
|---|----|
| Figure 7.1 -- Puit de stockage , Vue de dessus -- | 72 |
| Figure 7.2 -- Puit de stockage , vue en coupe A-A -- | 72 |
| Figure 7.3 -- Mélangeur rapide , vue de dessus -- | 76 |
| Figure 7.4 -- Mélangeur rapide, vue en coupe A-A -- | 76 |
| Figure 7.5 -- Flocculateur , vue de dessus -- | 80 |
| Figure 7.6 -- Flocculateur , vue en coupe A-A -- | 80 |
| Figure 7.7 -- Décanteur , vue de dessus -- | 85 |
| Figure 7.8 -- Tube de décantation -- | 85 |
| Figure 7.9 -- Décanteur , vue en coupe A-A -- | 86 |
| Figure 7.10 -- Filtre à sable rapide en periode de filtration-- | 89 |
| Figure 7.11 -- Busélure en periode de lavage -- | 89 |

CHAPITRE I

o-o-o-o-INTRODUCTION-o-o-o-o

1.1 PREAMBULE

A 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.

L'augmentation de la demande de produits finis et leur consommation démesurée entraîne des rejets industriels très importants et nous sommes confrontés à des problèmes de pollution divers, dont les conséquences sont aussi nombreuses que variées.

En parallèle, la population active délaissant les campagnes s'est rapprochée et développée autour des centres industriels, créant ainsi de grandes villes dont les habitants déversent quotidiennement leur flux polluant dans un milieu récepteur.

Cette double pollution urbaine et industrielle tendra irréversiblement à limiter nos ressources en eau, en effet, par simple infiltration, les eaux résiduaires peuvent modifier la qualité de l'eau souterraine, qui constitue pour l'homme une source sûre de vie.

L'altération de ces eaux naturelles par les effluents industriels se manifeste entre autre par une coloration, un épuisement d'oxygène, un dépeuplement biologique et une toxicité grandissante.

L'eau est une ressource spécifique de grande valeur qui ne saurait être remplacée par aucune autre ; c'est pourquoi, les problèmes

liés à sa régénération ont pris une importance primordiale et sont devenus une source de profonde préoccupation.

Il s'ensuit que le processus de régénération devrait être précédé par un traitement défini dans tous ses détails et destiné à rendre à l'eau ses propriétés naturelles. La qualité de l'eau ainsi régénérée devra répondre à l'utilisation que l'on se propose de lui affecter ultérieurement, les activités visant à obtenir de l'eau propre devraient être encouragées et contrôlées par l'adoption de normes qualitatives.

1.2 POSITION DU PROBLEME

Un projet de recyclage d'eaux usées industrielles reste un projet d'utilisation d'eau : le fait que cette eau soit usée n'apporte en effet que des compléments ou correctifs techniques au projet :

- épuration complémentaire éventuelle avant usage ;
- précautions sanitaires ;
- précautions d'emploi liées à certains composants (risques d'obstruction liés aux matières en suspension).

Dans ce cas nous évoquerons seulement la façon dont les choix peuvent être faits entre l'utilisation d'une ressource naturelle et la réutilisation des eaux usées pour faire face à une nouvelle demande (ou même d'une action permettant de couvrir la nouvelle demande en réduisant la demande actuelle).

Cé choix d'une éventuelle solution (recyclage des eaux usées) pour couvrir une nouvelle demande en eau est essentiellement

économique, tant pour l'investissement que pour le fonctionnement.

Dans ce qui suit, on se basera strictement sur le meilleur plan économique en cherchant à déterminer la meilleure solution pour la couverture des besoins en eau.

Ainsi, c'est dans cet optique que s'inscrit notre étude, en effet, le recyclage des eaux usées traitées par la (STEP) du complexe textile de DBK semble être la solution la plus en vue pour résoudre le problème de pollution de l'Oued Sebaou, causée par les rejets liquides du complexe, et de contribuer à approvisionner le complexe en eau ce qui limitera l'utilisation des eaux souterraine en grandes quantités.

La première partie de cette étude consistera à déterminer les caractéristiques des effluents d'eau à recycler, et la deuxième étape de notre travail sera consacrée à trouver les moyen de traitement ou d'épuration les plus efficaces, qui permetterons d'obtenir une eau qui puisse être réutilisée dans une partie du complexe, on présentera en parallèle, les méthodes de conception des ouvrages assurant cette épuration.

CHAPITRE II

PRESENTATION GENERALE DU COMPLEXE DE D-B-K

2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le complexe textile de D-B-K est situé à 11 km à l'Ouest de Tizi-ouzou, est étendu sur une plaine se trouvant dans un secteur à vocation agricole.

Le complexe occupe une superficie de 280 000 M² dont 114,438 M² de surface couverte. L'effectif actuel est de 4500 employés.

2.2 MATIERE PREMIERE UTILISEE

La matière première utilisée à la COTITEX de D-B-K est soit naturelle comme le coton, soit synthétique chimique comme le polyester ou la fibre. La consommation en chiffres est la suivante :

| <u>Désignation</u> | <u>Consommation</u> | <u>Provenance</u> |
|--------------------|---------------------|-------------------|
| Coton | 5500 tonnes/an | Syrie-Mali |
| Viscose | 300 tonnes/an | Yougoslavie |
| Polyester | 600 tonnes/an | Japon-Allemagne |

2.3 PRODUCTION DE L'USINE

L'unité produit des tissus en coton, les produits sont spécifiés en filature, tissage et finissage.

Les capacités de production, avant extension et après sont les suivantes :

| | Production avant extension (1967 - 1979) | Production après exte- nsion (1979-1982) |
|-----------|--|--|
| Filature | 5330 tonnes/an | 7400 tonnes/an |
| Tissage | 30590000 metre/an | 47156000 mètre/an |
| Finissage | 35000000 metre/an | 38000000 mètre/an |

CHAPITRE III

DESCRIPTION DU PROCÉDE DE FABRICATION DU TEXTILE

Le procédé de fabrication du textile suit trois étapes principales : la filature, le tissage et le finissage.

3.1 FILATURE

Les différentes étapes de la filature sont les suivantes :

- L'ouvraison ;
- le cardage ;
- l'étirage ;
- le bobinage ;
- le stockage du fil.

La matière première arrive en balles, elle est déchargée et dirigée vers la première section (ouvraison-battage), et de là elle passe par toutes les étapes de filature pour aboutir à la fin au fil qui sera utilisé ultérieurement.

3.2 LE TISSAGE

Ils utilisent deux sortes de fils disposés l'un longitudinalement (le fil de chaîne) et l'autre transversalement (le fil de trainé).

3.2.1 Fil de chaîne

Pour l'obtenir, le fil à l'état brut doit passer par les trois opérations suivantes :

a°/ L'ourdissage : Cette opération permet d'enrouler les fils de chaîne sous une même tension tout en les maintenant rigoureusement parallèles et sur une même longueur.

b°/ L'encollage : C'est l'imprégnation des fils par un produit laissant un dépôt superficiel qui leur permet de diminuer les frottements et d'augmenter la rigidité en leur conférant un aspect lisse.

Parmi les produits d'encollage utilisés, on cite les amidons, les colles, les cires, etc..

d°/ Le rentrage : C'est le passage des fils dans les maillons de harnais qui sont des cadres portant des cordes verticales appelées lisses. Chaque lisse contient un maillon dans lequel passe un fil de chaîne.

3.2.2 Le fil de trainé

Il est obtenu par canettage (les canettes sont remplies par les fils de bobines).

3.3 FINISSAGE

Le finissage comporte trois étapes principales.

3.3.1 Le flambage :

Il consiste à détruire, en brûlant, tous les duvets et les fibres de la surface de certaines qualités de filés ou de tissu afin d'améliorer leur aspect et d'éviter que ces duvets ne créent des inégalités dans l'imprégnation des marchandises par le bain de traitement.

3.3.2 Le désencollage :

Il permet d'enlever les substances adhésives. Il se fait par trempage en eau tiède dans le cas des cires et par acidage dans le cas de l'amidon.

L'acidage est la neutralisation par l'acide chlorhydrique (HCl) des restes de soude qui ont été déjà neutralisés.

3.3.3 Débouillissage ou cuisson :

Le but principal est d'éliminer les cires et les graisses du coton afin de les rendre hydrophiles, c'est-à-dire, rapidement perméables aux traitements de blanchiment et de teinture, il se fait en solution de soude à 3 % .

3.3.4 Blanchiment :

Le blanchiment consiste à faire **disparaître** la teinte naturelle du coton.

Il y a plusieurs types de blanchiment utilisés à la COTITEX de D-B-K parmi lesquels :

- Blanchiment aux hypochlorites ;
- Blanchiment aux peroxydes ;
- Blanchiment aux chlorites .

Les eaux de blanchisseries doivent être pauvres en sels de calcium et de magnésium et exemptes de fer.

3.3.5 Teinture :

Le tissu obtenu après blanchiment sera partagé en trois parties :

- Une partie reste blanche ;
- la seconde partie subit une teinture ;
- la troisième partie est conduite vers l'impression.

a°/ La teinture : Le but de la teinture est de donner aux tissus une couleur différente de leur couleur initiale (naturelle) suivant la demande du marché.

b°/ L'impression : L'impression est une teinture localisée limitée à certains niveaux de la surface du tissu. La couleur est répartie suivant les dessins. Elle se fait souvent sur une seule face du tissu.

Pour les deux procédés précédents, les mêmes colorants sont utilisés, mais souvent, avant de procéder à la teinture ou à l'impression, le tissu subit un traitement par des produits chimiques appelés mordants dont le but est d'augmenter son affinité pour le colorant. (27)

CHAPITRE IV

BESOINS EN EAU ET REJETS LIQUIDES

4.1 TOLERANCE DE QUALITE DE L'EAU

Les industries textiles utilisent, dans leur procédé de fabrication, une eau de qualité trop exigeante, et on peut même dire qu'elle dépasse de loin celle d'une eau potable.

Les caractéristiques d'une telle eau sont regroupées dans le tableau " 4-1" .

4.2 BILAN D'EAUX D'ALIMENTATION DU COMPLEXE DE D-B-K

Les eaux brutes sont soutirées par un forage sur nappe alluviale nourrie par Oued SEBAOU.

La capacité du pompage du forage est de $900 \text{ m}^3/\text{h}$, mais actuellement, on ne soutire que 600 à $700 \text{ m}^3/\text{h}$.

L'eau brute, subit deux sortes de traitement avant d'être utiliser dans le complexe, à savoir, un traitement de décarbonatation qui aboutit à une eau dite " demi-douce " qui sera utilisée pour le finissage et le lavage du textile, et un traitement d'adoucissement qui fournit eau dite " douce " et qui servira à alimenter les chaudières.

Les autres parties de l'usine sont alimentées directement par l'eau brute. (12)

4.2.1 Traitement de décarbonatation :

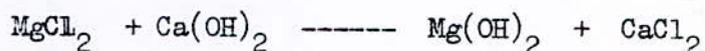
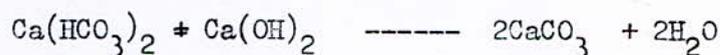
La décarbonatation est un adoucissement de l'eau brute par la chaux;

Tableau "4-1" -- Caractéristiques des eaux d'alimentation
des industries textiles -- (41)

| Type d'utilisation industrielle de l'eau | Industries textiles en général | Teintureries | Cardage de la laine | Travail du coton |
|--|--------------------------------|--------------|---------------------|------------------|
| Turbidité (*) | 0,3-5 | 5 | | 5 |
| Couleur (**) | 0-70 | 5-20 | 70 | 5 |
| Dureté °F | 0-50 | 20 | 20 | 20 |
| M-E-S mg/l | 0-5 | | | |
| Chlorures mg/l | 200 | | | |
| Sulfates mg/l | 100 | | | |
| Calcium mg/l | 10 | | | |
| Nitrates mg/l | 200 | | | |
| Fer mg/l | 0,1 | 0,25 | 0,1 | 0,2 |
| Manganèse mg/l | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Phénols mg/l | 0,002 | | | |

(*): unité turbidimétrique. (**): Unité cobalt-platine.

qui consiste en une précipitation partielle de la somme des ions calcium et magnésium, ainsi que la teneur en bicarbonates.



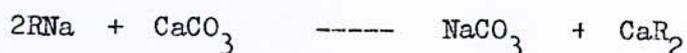
Cette mise en oeuvre s'effectue dans un décanteur, dans lequel, on ajoute du sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ qui sert comme coagulant. Ce dernier va rassembler toutes les particules de chaux et autres au fond du décanteur. Pour réduire le temps, que prend le carbonate de calcium pour se déposer, on a recourt à une agitation.

L'eau en haut du décanteur s'écoule et passe sur un lit de sable où elle est filtrée. Le sable retient la chaux et autres particules ayant échappées à la décantation. Le filtrat recueilli est l'eau demi-douce.

4.2.2 Le traitement d'adoucissement :

L'adoucissement se fait par échange d'ions. Il a pour but d'éliminer les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} responsables de la dureté de l'eau, en les échangeant contre des ions Na^+ .

Ce traitement se fait dans des adoucisseurs contenant des résines synthétiques qui ont la propriété de fixer les ions de calcium et de magnésium contenus dans l'eau.



L'adoucissement élimine donc la dureté, mais en revanche, il augmente la salinité, néanmoins il reste toujours avantageux, car les sels formés sont solubles et ne posent pas de problème d'entartrage dans les chaudières.

La station d'adoucissement du complexe de D-B-K possède trois adoucisseurs. Le diamètre de chacun est de 2500 mm et la hauteur est de 3,5 m.

La régénération de la résine, qui assure le traitement, se fait par une solution de chlorure de sodium à 15 %.

4.2.3 Les eaux potables :

Les brutes sont envoyées par le biais de deux pompes dans une citerne pour être stérilisées par ajout de l'eau de javel, de là elle est acheminée vers le château d'eau.

4.3 LES EAUX RESIDUAIRES

4.3.1 Généralités sur les eaux usées textiles :

Le rejet des eaux résiduares des industries textiles dans le milieu naturel (en général, les eaux de surface) peut causer de véritables problèmes de pollution, ceci est dû principalement à leur coloration intense et aux concentrations très élevées, et surtout très variables, en divers produits chimiques et polluants que présentent ces eaux. La composition de ces rejets varie d'une usine à une autre, et elle dépend en grande partie des trois paramètres suivants : des fibres traitées (naturelles, artificielles ou synthétiques), des produits chimiques utilisés (colorants en particulier) et finalement, des procédés de teinture.

4.3.1.1 Les fibres traitées :

La matière première textile est constituée de trois types de fibres : les fibres végétales (coton), les fibres animales (laine , soie) et les fibres chimiques (polyamides). (7)

4.3.1.2 Les produits chimiques utilisés :

a°/ Les colorants : ce sont des corps chimiques intensivement colorés et sont capables d'être fixés au sein de la fibre du textile.

Les colorants sont classés en trois catégories :

* Colorants solubles dans l'eau : parmi lesquels on distingue :

- les colorants acides ($R-SO_3Na$) ;
- les colorants basiques (renferment le groupement aminé $-NH_2$) ;
- les colorants directs ($R-SO_3Na$, mais le R est plus complexe).

* Colorants insolubles dans l'eau : Ils renferment deux groupes :

-Colorants insolubles qui se transforment en produits solubles sous l'action d'un agent réducteur ou solubilisant alcalin; dans cette catégorie on retrouve les colorants de cuve renfermant des groupements carboxyles et les colorants au soufre qui sont constitués par plusieurs noyaux aromatiques reliés entre eux par des atomes de soufre .

- Colorants insolubles renfermant les colorants dispersifs de structure simple et les colorants pigmentaires insolubles dans l'eau.

* Colorants formés sur la matière fibreuse : On en distingue :

- Colorants azoïques insolubles agissant en présence des produits chimiques incolores pour former des couleurs sur la fibre.

- Colorants d'oxydation qui résultent de la transformation des produits chimiques une fois mélangés dans le bain de teinture.

b°/ Autres produits chimiques : A part les colorants, le complexe utilise de multitude de produits chimiques dans son procédé de fabrication de textile, à savoir, des produits de lavage et du blanchiment (alcalis et oxydants), des produits de mercerisage (colles, amidon, cires,...), des mordants (sels de fer en général) , quelques acides et bases et une variété de sels.

Les quantités utilisées sont variables d'une journée à l'autre et ce en fonction de la nature de production.

4.3.1.3 Les procédés de teinture :

Cette phase constitue également un des plus importants facteurs qui participent à la forte pollution des rejets du complexe.

4.3.2 Caractéristiques des eaux usées du complexe de D-B-K

Les eaux résiduaires proviennent des différents ateliers de production, de la cantine, des sanitaires et des autres utilisations.

Ces rejets sont répartis en deux sortes d'effluents, à savoir :

- Des eaux dites " fortement polluées " provenant de la teinture, de l'impression et de la gravure, accusant de fortes variations de colorations, de température et du pH au cours de la journée.

- Des eaux dites " faiblement polluées " rassemblant les rejets de blanchiment, de mercerisage, de lavage ainsi que les effluents sanitaires .

La distinction entre les deux sortes d'effluents se fait par rap-

port à leur couleur, de sorte que plus la couleur est forte plus l'eau est dite polluée.

Le débit moyen des eaux résiduaires est estimé à $500 \text{ m}^3/\text{h}$.

4.4 LA STATION D'EPURATION DES EAUX USEES

La station d'épuration du complexe de D-B-K regroupe les éléments suivants :

- Une station de dégrossissage;
- Une station de relevage des eaux ;
- traitement physico-chimique des eaux fortement polluées ;
- Homogénéisation et mélange de toutes les eaux avec correction du pH;
- Traitement biologique à boues activées ;
- Station de traitement des boues.

4.4.1 Dégrossissage :

Cette opération est effectuée au moyen des grilles constituées de barres légèrement inclinées.

4.4.2 Station de relevage des eaux :

L'eau après avoir été dilacérée, s'écoule par gravité dans la station de relevage où sont installées des pompes immergées surélevatrices. La commande y est asservie, le débit de chaque pompe est de $135 \text{ m}^3/\text{h}$.

Les eaux faiblement polluées sont directement envoyées par des conduites dans le bassin d'homogénéisation.

4.4.3 Traitement physico-chimique des eaux fortement polluées :

Ces eaux sont envoyées dans le bac de floculation, ce dernier ayant un volume de 55 m^3 , permet un temps de permanence de 16,5 min pour un débit moyen et 12 min pour un débit maximum.

Les coagulants utilisés sont le sulfate d'aluminium et le chlorure de fer (ferrique). Le dosage de ces coagulant est obtenu de façon automatique par commande asservie à un pH-metre installé dans le bac.

4.4.4 DECANTATION PRIMAIRE

Le flocon qui s'est formé dans le flocculateur est envoyé par gravité dans le décanteur primaire de volume de 1000 m^3 , ce dernier reçoit aussi les eaux faiblement polluées mais séparément.

Les boues s'entassent au fond du décanteur est sont envoyées par gravité jusqu'à la station de relevage des boues primaires.

4.4.5 Homogénéisation et neutralisation :

Les eaux clarifiées dans le décanteur primaire sont envoyées dans le bassin d'homogénéisation.

Ce bassin permet l'alimentation de la section biologique à débit constant. Ainsi il est assuré un environnement adéquat pour le développement des micro-organismes.

Le volume du bassin est de 4000 m^3 , ce qui permet une homogénéisation pendant au moins 8 heures.

La correction du pH est effectuée à l'aide du CO_2 gazeux. Ce dernier qui est acheminé depuis la chaufferie.

4.4.6 Traitement biologique :

Le traitement par boues activées est de type à oxydation étendue avec recyclage continu de la boue.

L'établissement des conditions optimales pour la boue biologique est assuré par l'apport de l'urée synthétique et de l'acide phosphorique.

L'oxygène est fourni par trois aérateurs de surface qui assurent aussi une bonne homogénéisation eau-boue.

L'effluent du bassin d'aération gravite vers le sédimentateur secondaire. Dans ce dernier les boues s'amassent au fond et sont envoyées par un système à rotation dans un tremier central. Quant à l'eau surnageante passe dans le deverssoir et est rejetée vers l'Oued.

4.4.7 Traitement des boues :

Le traitement de la boue issue de la station de traitement des eaux se fait en deux étapes :

a°/ Epaississement : Une partie des boues du bassin de sédimentation finale sont recyclées dans le bac d'oxydation biologique et l'autre partie est évacuée vers la station de relevage des boues où sont mélangées les boues provenant du bac de coagulation-floculation, les boues issues du bassin de décantation et celles de décarbonatation.

Les boues sont pompées de la station de relevage et envoyées dans un épaisseur de 18 m de diamètre. Les boues s'entassent au fond de l'épaisseur, et une extraction de $190 \text{ m}^3/\text{j}$ se fait automatiquement par l'ouverture d'une soupape pneumatique. Les boues extraites sont déchargées dans un bac à boue et de là acheminées vers le filtre presse.

b°/ Filtrage des boues :

Les boues épaissies sont déshydratées par filtre presse de capacité de 12 m³/h. Avant de passer dans la presse, la boue est additionnée d'un polyélectrolyte qui améliore la déshydratation. (28)

La boue déshydratée de 30 à 40 % est envoyée au moyen d'une boucle transporteuse directement dans les bennes d'évacuation.

CHAPITRE 5

PROCEDES DE RECYCLAGE DES EAUX USEES TEXTILES

Le choix de la filière de traitement des eaux usées textiles, qui ont déjà subi au préalable un traitement de décantation et une épuration biologique, dépend essentiellement des caractères physico-chimiques des eaux à traiter tel que : la turbidité, la couleur,....

Les procédés qui ont été utilisés jusqu'à présent avec succès sont les suivants ::

- Coagulation-floculation + filtration rapide sur sable.
- Coagulation-floculation + filtration sur sable + ozonation;
- ozonation.
- Alcalinisation au moyen d'hydroxyde de calcium + floculation et sédimentation. (21)

Pour notre cas, nous avons trouvé qu'une coagulation-floculation suivie d'une filtration rapide sur sable pourrait répondre d'une manière très efficace et surtout moins onéreuse, aux exigences du complexe, quant à la qualité de l'eau demandée.

5.1 COAGULATION-FLOCCULATION

5.1.1 Généralités :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales, ces particules qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues

periodes de temps. Pour pouvoir éliminer ces particules, on a recours au procédé de coagulation-floculation.

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques appelés coagulants.

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration.

Il est important que les procédés de coagulation et de floculation soient utilisés correctement. En effet, la production d'un floc trop petit ou trop léger entraîne une décantation insuffisante : lorsque les eaux arrivent sur les filtres, elles contiennent une grande quantité en particules de floc, qui encrassent rapidement ces filtres, ce qui nécessite des lavages fréquents. Par ailleurs, lorsque le floc est fragile, il se brise en petites particules, qui peuvent par la suite traverser le filtre et par conséquent, altérer la qualité de l'eau produite. (10)

5.1.2 Caractéristiques des particules en suspension :

5.1.2.1 Taille des particules :

On peut classer les particules en fonction de leur taille. Ainsi, les particules dont le diamètre est supérieur à 1 micron mètre, se déposent facilement, alors que celles dont le diamètre est inférieur à 1 micron

metre, qui sont de nature colloïdale, se déposent très lentement.

5.1.2.2 Affinité des particules colloïdales pour l'eau :

Les particules colloïdales sont soit hydrophiles, soit hydrophobes. Les particules hydrophiles déshydratées se dispersent spontanément dans l'eau et sont entourées de molécules d'eau qui préviennent tout contact ultérieur entre ces particules. Les particules hydrophobes ne sont pas entourées de molécules d'eau; leur dispersion dans l'eau n'étant pas spontanée, on doit la faciliter à l'aide de moyens chimiques ou physiques.

Les particules hydrophobes sont en général des particules de matières inorganiques, alors que les particules hydrophiles sont des particules de matières organiques. (10)

5.1.2.3 Charge électrique et doubles couche :

Les particules colloïdales possèdent habituellement une charge électrique négative située à leur surface. Ces charges dites primaires, attirent les ions positifs en solution dans l'eau, lesquels adhèrent fortement à la particule et attirent à leur tour des ions négatifs accompagnés d'une faible quantité d'ions positifs. (Fig. 5.1)

Les ions qui adhèrent fortement à la particule et se déplacent avec elle forment la couche liée, alors que les ions qui y adhèrent faiblement constituent la couche diffuse; il y a donc un gradient électrostatique entre la surface de la particule et la solution. La figure 5.2 illustre graphiquement la variation du potentiel électrostatique en fonction de la distance de la surface de la particule.

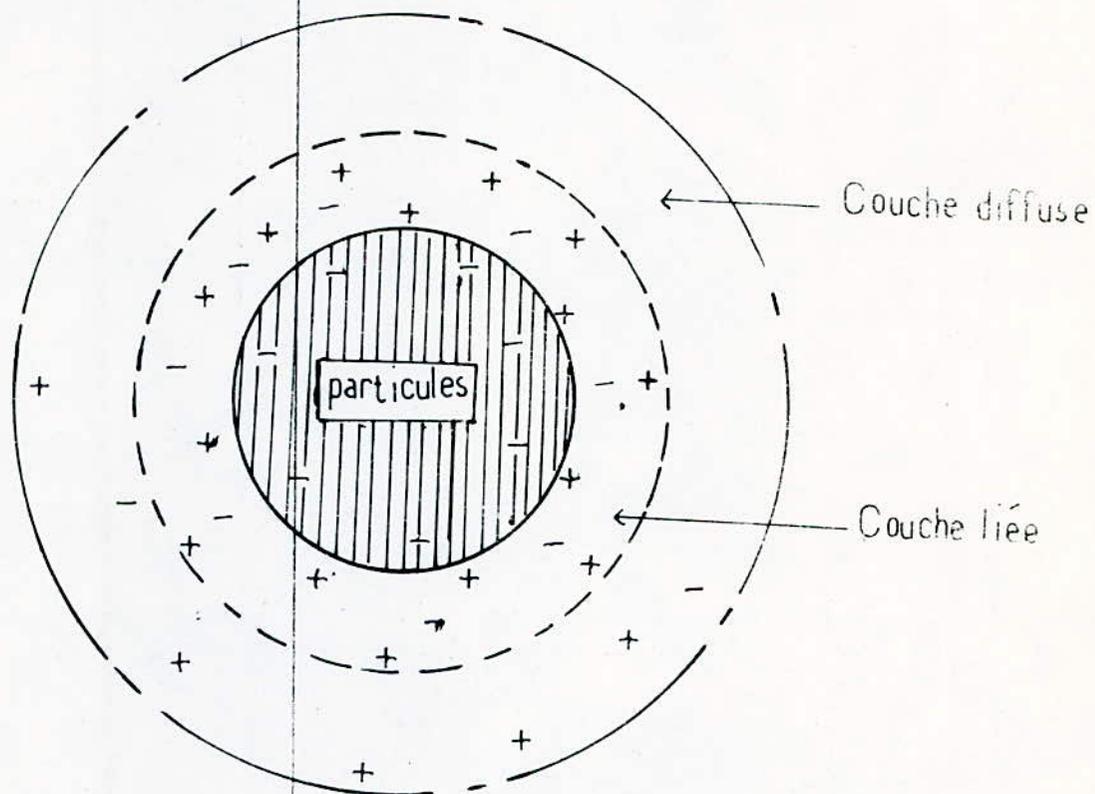
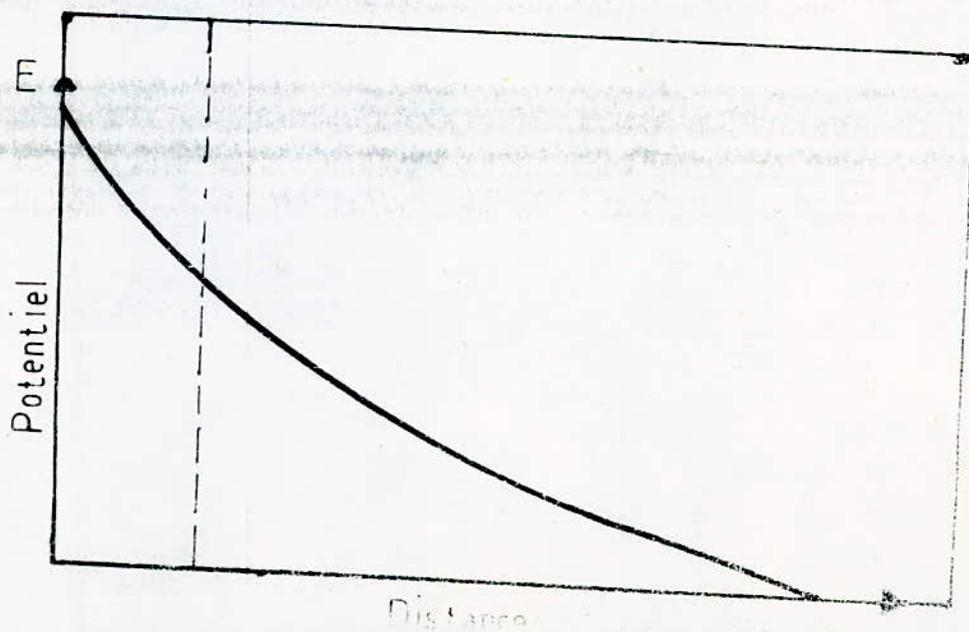


Figure N° 5.1 - Double couche d'une particule colloïdale :-



Le potentiel électrostatique mesuré au plan de cisaillement (la limite entre la partie de la solution qui se déplace avec la particule et la partie de la solution qui se déplace indépendamment de la particule) est appelé potentiel Zéta. Le potentiel Zéta est responsable du comportement électrocinétique des particules.

La formule qui permet de calculer ce potentiel est la suivante :

$$Z = \frac{4 \cdot e \cdot q}{D}$$

- Z : potentiel Zéta ;
- D : constante diélectrique ;
- q : charge mobile par unité de surface ;
- e : épaisseur effective de la couche diffuse. (39)

5.1.3 Coagulation :

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent la particule hydrophile tendent à éloigner les particules les unes des autres et, par conséquent, à les stabiliser dans la solution. Le but principale de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération. On peut obtenir cette déstabilisation par compression de la double couche.

Lorsqu'on rapproche deux particules colloïdales semblables, leurs couches diffuses interagissent et générant une force de répulsion. La figure 5.3 illustre la variation du potentiel de répulsion, E_R , en fonction de la distance qui sépare deux particules. Tout comme le potentiel électrostatique, le potentiel de répulsion chute plus rapidement en

fonction de la distance lorsque la force ionique est élevée.

Il existe par ailleurs un potentiel d'attraction, ou force d'attraction, E_a , entre les particules. Ces forces appelées forces de VAN derWA. . , dépendent des atomes qui constituent les particules et de la densité de ces dernières. Contrairement aux forces de répulsion, les forces de Van der Walls ne sont pas affectées par les caractéristiques de la solution.

L'effet global, entre deux particules, est représenté par la résultante de ces deux forces, E . Lorsque la distance qui sépare les particules est supérieure à une certaine distance critique, (fig. 5.3), la force de répulsion l'emporte : les particules colloïdales en suspension sont continuellement en mouvement; les particules dont l'énergie cinétique est suffisante pour surmonter le potentiel de répulsion s'agglomèrent, alors que les autres demeurent dispersées. Afin de favoriser l'agglomération des particules , on peut soit augmenter l'énergie cinétique des particules, soit réduire le potentiel de répulsion entre les particules. (10)

Pour réduire le potentiel de répulsion entre les particules, on peut augmenter la force ionique de la solution. On a observé que l'addition d'ions de charge opposée à la charge initiale était d'autant plus efficace que la charge de ces ions était élevée. Par ailleurs, en augmentant la force ionique d'une eau, on comprime la couche diffuse vers la particule. Dans la zone située près de la particule, les forces de Van derWalls sont alors assez importantes pour neutraliser les forces de répulsion (fig.5.4) .

D'autre part, pour déstabiliser les particules colloïdales, on

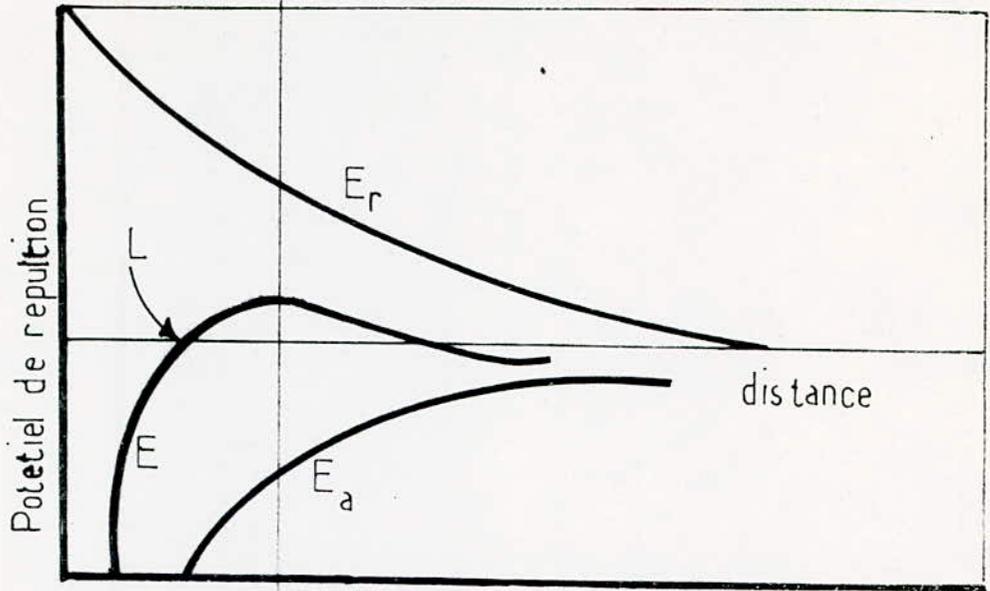


Figure N° 5.3 — Variation du potentiel de repulsion en fonction de la distance qui sépare deux particules.

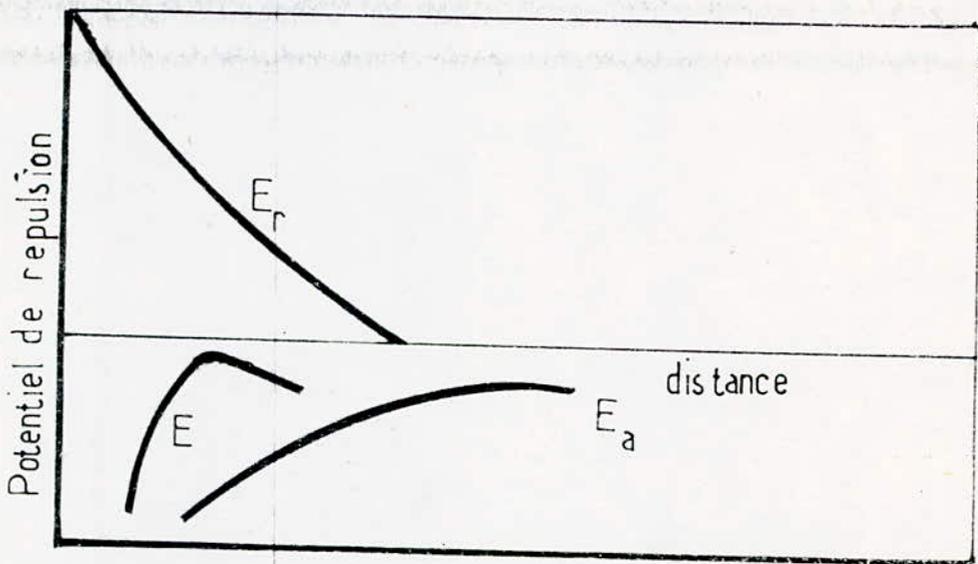


Figure N° 5.4 — Variation du potentiel de repulsion en fonction de la distance qui sépare deux particules, après compression de la double couche.

peut en outre les emprisonner dans une particule de floc. Lorsqu'on ajoute en quantité suffisante des coagulants, habituellement des sels de métaux trivalents, on obtient un précipité appelé floc. La présence de certains anions et de particules colloïdales accélère la formation du précipité.

5.1.3.1 Coagulants utilisés :

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et pour produire un floc sont : Le sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O$, le chlorure d'aluminium $AlCl_3$, le chlorure ferrique $FeCl_3$, le sulfate ferreux $FeSO_4$, le sulfate ferrique $Fe_2(SO_4)_3$, le sulfate de cuivre $CuSO_4$ et les polyélectrolytes.

Les produits les plus utilisés pour la purification des eaux sont les sels de fer et d'aluminium.

5.1.3.2 Facteurs influençant la coagulation :

Afin d'optimiser la coagulation, il faut tenir compte de plusieurs variables en interrelations, comme le pH, les sels dissous, la température de l'eau, le coagulant utilisé, les conditions de mélange, la turbidité et la couleur.

a°/ Influence du pH : Le pH est la variable la plus importante à prendre en considération au moment de la coagulation. Pour chaque eau, il existe une plage de pH pour laquelle la coagulation a lieu rapidement, plage qui est fonction de coagulant utilisé, de sa concentration et de la composition de l'eau à traiter.

b°/ Influence des sels dissous : Les sels contenus dans une eau exercent les influences suivantes sur la coagulation et la floculation:

- modification de la plage du pH optimale;
- modification du temps requis pour la floculation;
- modification de la quantité du coagulant requis;
- modification de la quantité résiduelle de coagulant dans l'effluent. (10)

c°/ Influence de la température de l'eau : On dispose de peu d'informations en ce qui concerne l'influence de la température de l'eau sur la coagulation. Toutefois, l'expérience révèle que durant l'hiver, lorsque la température de l'eau baisse, le floc décante plus difficilement et a tendance à pénétrer plus profondément dans le filtre.

Une diminution de la température de l'eau entraîne une augmentation de sa viscosité; ce qui explique les difficultés de décantation du floc. (10)

d°/ Influence du coagulant : Le choix du coagulant peut influencer les caractéristiques de la coagulation. En général, on ne peut choisir un coagulant et en déterminer la concentration optimale, pour une eau donnée, qu'après avoir effectué des essais au laboratoire. La théorie qui explique les différents mécanismes de déstabilisation des particules colloïdales n'est pas suffisamment développée pour qu'on puisse résoudre un problème aussi complexe. (10)

e°/ Influence du mélange : Au cours de la coagulation et de la floculation, on procède au mélange de produits chimiques en deux étapes: A la première étape, le mélange est énergique et de courte durée, c'est le mélange rapide; il a pour but de disperser les produits dans la totalité du volume d'eau à traiter. A la deuxième étape, le mélange est lent, et a

pour but de favoriser les contacts entre les particules de floc, de turbidité et de couleur. (10)

f°/ Influence de la turbidité : Les particules colloïdales responsables de la turbidité de l'eau sont généralement considérées comme de grosses particules (0,2 à 5 microns), pour cette raison leur coagulation est une opération facile à réaliser lorsqu'on maintient le pH dans sa plage optimale.

Lorsque la turbidité est due à des particules de diamètres variés, il est plus facile d'effectuer la coagulation que lorsqu'elle est imputable à des particules de diamètres sensiblement égaux.

Lorsque la turbidité est trop élevée, la quantité du coagulant nécessaire est relativement faible, car la probabilité de collision entre les particules est élevée. (10)

g°/ Coagulation de la couleur : Les particules responsables de la couleur d'une eau, ont en général, un diamètre beaucoup plus faible que celui des particules responsables de la turbidité. D'autre part, ces particules colorées sont de nature organique, hydrophiles, petites et chargées négativement.

Les mécanismes qui permettent l'élimination de la couleur ne sont pas les mêmes que ceux utilisés pour la turbidité. Le pH optimal pour l'élimination de la couleur varie entre 4 et 6, alors que celui pour l'élimination de la turbidité est situé entre 5,5 et 7,5. (10)

5.1.4 FLOCCULATION

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité de contact et de l'efficacité de ce dernier. La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules, lesquelles sont provoquées par la différence de vitesse entre ces particules. Cette différence de vitesse peut être imputable :

- Au mouvement Brownien des particules (floculation péricinétique);
- au déplacement d'une partie du fluide (floculation orthocinétique).

(10)

5.1.4.1 Floculation péricinétique :

En cas de floculation péricinétique, F_p , les contacts entre les particules sont causés par le mouvement aléatoire de celles-ci, dit mouvement Brownien. On peut exprimer le taux de variation de la concentration des particules à l'aide de l'équation suivante :

$$F_p = \frac{dN}{dt} = - \frac{4LKT(N)^2}{3n} \quad (5.1)$$

où N = Concentration totale des particules en suspension au temps t (nombre de particules par m^3).

L = Facteur qui rend compte de l'efficacité des collisions (nombre de collisions effectives/le nombre de collisions totales, une collision effective étant une collision qui entraîne l'agrégation des deux particules).

K = Constante de Boltzman ($1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$)

T = Température (K).

n = Viscosité dynamique de l'eau (Pa.s).

Après intégration, et en posant $N=N_0$ à $t=t_0$ on obtient :

$$N = \frac{N_0}{1 + (4LKTN_0/3n).t} \quad (5.2)$$

Par ailleurs on pose $t_{\frac{1}{2}} = 3n/(4LKTN_0)$ (5.3)

En combinant les équations (5.2) et (5.3), on a

$$N = \frac{N_0}{1 + (t/t_{\frac{1}{2}})} \quad (5.4)$$

$t_{\frac{1}{2}}$ = temps nécessaire pour la concentration des particules en suspension soit réduite de moitié. (10)

5.1.4.2' Floculation orthocinétique :

On appelle floculation orthocinétique, F_0 , la floculation provoquée par l'agitation de l'eau. L'agitation facilite l'agrégation en augmentant la probabilité de collision entre les particules. La vitesse du fluide varie dans l'espace et dans le temps. On caractérise la variation de la vitesse du fluide dans l'espace à l'aide de gradient de vitesse G. On peut alors décrire le taux de la floculation à l'aide de l'équation suivante :

$$F_0 = \frac{dN}{dt} = - \frac{2LGd^3(N)^2}{3} \quad (5.5)$$

où d = Diamètre des particules (m).

G = Gradient de vitesse (s^{-1}).

Après intégration on trouve :

$$\ln(N/N_0) = -4/3 \cdot \text{I.G.t} (d^3 N_0 / 6) \quad (5.6)$$

On remarque que $(d^3 N_0 / 6)$ est le volume total de particules par unité de volume de solution. (10)

5.2 DECANTATION

La décantation, procédé qu'on utilise pratiquement dans toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer ou du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée située près de la surface est dirigée vers l'unité de filtration. (10)

5.2.1 Différents types de décantation :

Selon la concentration en solides et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation : la décantation des particules discrètes, la décantation de particules floculantes, la décantation freinée et la décantation en compression de boues.

5.2.1.1 Décantation de particules discrètes :

Ce type de décantation est caractérisé par le fait que les particules

conservent leurs propriétés physiques initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute. La vitesse de chute est indépendante de la concentration en solides; c'est pourquoi, les lois classiques de Newton et de Stokes s'appliquent ici. On retrouve ce type de décantation dans les dessableurs.

5.2.1.2 Décantation de particules flocculantes :

Ce type est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Les propriétés physiques de ces particules sont donc modifiées pendant le processus. On retrouve ce type de décantation dans les usines de traitement des eaux et dans les décanteurs des usines d'épuration.

5.2.1.3 Décantation freinée :

Cette décantation est caractérisée par une concentration élevée en particules, ce qui entraîne la formation d'une couche de particules, et par conséquent, l'apparition d'une démarcation nette entre les solides décantés et le liquide surnageant. On retrouve ce type de décantation dans la partie profonde des décanteurs.

5.2.1.4 Décantation en compression des boues :

Les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures. Dans cette zone le phénomène de consolidation est relativement lent. On retrouve ce type de décantation dans les épaisseurs de boues par gravité. (10)

5.2.2 Différents types de décanteurs :

Dans un décanteur idéal, une particule est éliminée lorsqu'elle atteint la zone de boues. Dans le décanteur illustré à la figure 5.5, cette particule doit parcourir une distance verticale H . On peut aisément montrer que, si on réduit de moitié la hauteur du bassin sans modifier le temps de rétention, on n'obtient aucune élimination supplémentaire de particules, puisque, pour conserver ce même temps de rétention, on doit doubler la longueur du bassin. Or, dans ce nouveau bassin, la section d'écoulement est réduite de moitié, par conséquent la vitesse horizontale est doublée.

Par contre, on peut accroître considérablement la capacité d'un décanteur en augmentant la surface de décantation. Pour ce faire, il suffit d'ajouter des paliers dans le décanteurs (fig. 5.6). En effet, alors que dans un décanteur dépourvu de paliers, les particules dont la vitesse de décantation est supérieure ou égale à V_0 sont complètement éliminées, dans un décanteur doté de trois paliers, les particules dont la vitesse de décantation est supérieure ou égale à $V_0/3$ sont éliminées.

En théorie, pour augmenter la capacité d'un décanteur, on peut réduire à l'infini la hauteur qui sépare les paliers. En pratique toutefois, on doit laisser entre chaque palier une distance suffisante pour qu'une certaine quantité de boues s'accumule. En générale, la hauteur qui sépare chaque palier est de l'ordre de 5cm. Les principaux décanteurs mis au point à partir de ces principes sont :
les décanteurs à tubes et les décanteurs à lamelles. (10)

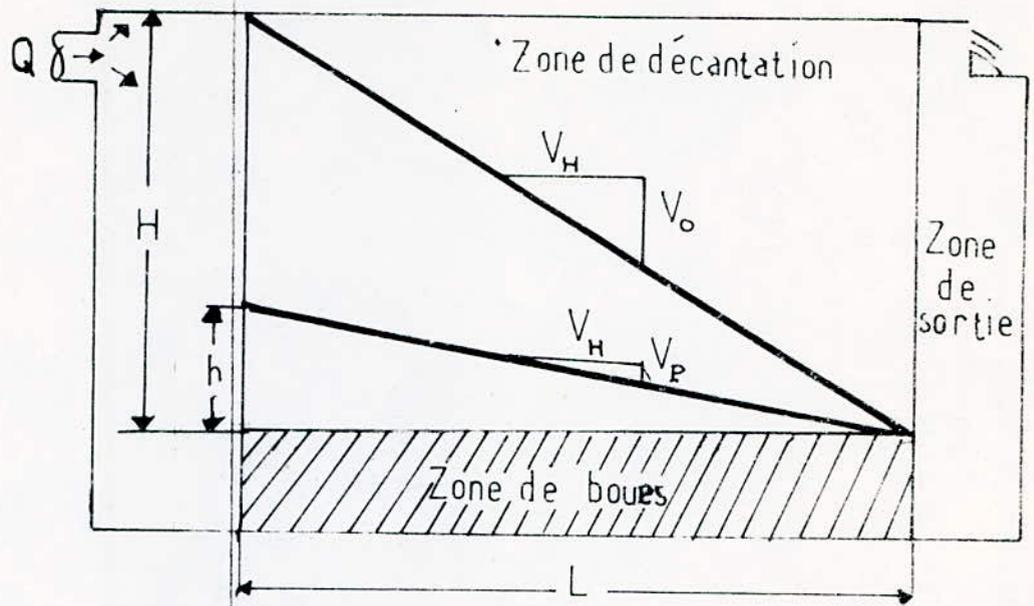


Figure N° 5.5 — Bassin de décantation idéal —

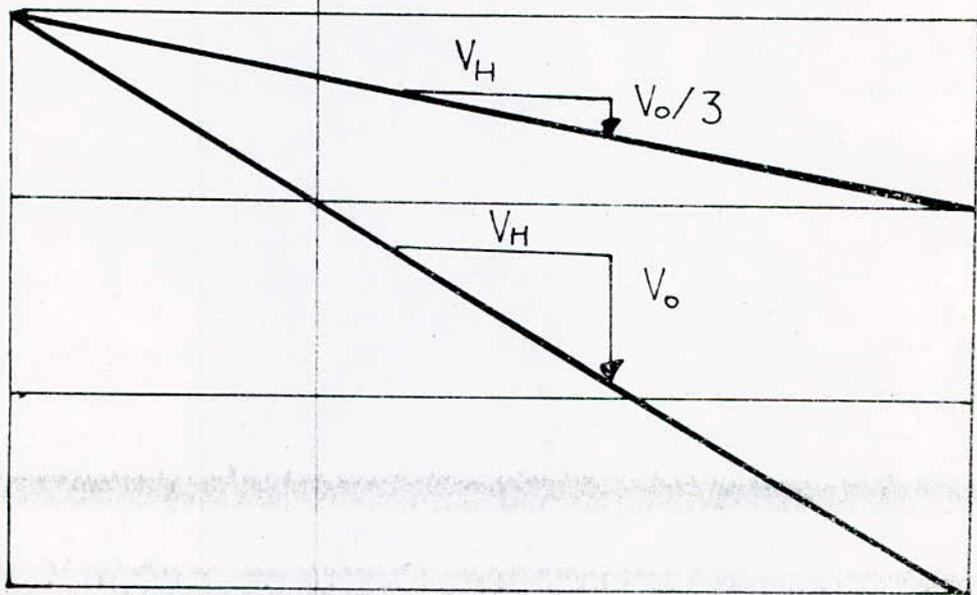


Figure N° 5.6 — Bassin de décantation idéal avec 3 paliers —

5.2.2.1 Décanteurs à tubes :

On trouve sur le marché deux types de décanteurs à tubes, ceux dont les tubes sont légèrement inclinés par rapport à l'horizontale (7°), et ceux dont les tubes sont fortement inclinés (60°). Ces deux types de décanteurs sont habituellement constitués d'un empilement de tubes de section carrée de 5 cm de côté.

Les tubes inclinés à 7° ont une longueur allant de 0,6 à 2,4 m. Leur fonctionnement est associé à celui des filtres. Ainsi, lorsque l'eau flocculée pénètre dans le décanteur, les particules de flocc s'y déposent et s'y accumulent, alors que le liquide surnageant est acheminé vers les filtres. L'accumulation des solides dans les tubes réduit la section d'écoulement, ce qui augmente la vitesse de l'eau, lorsque cette vitesse devient suffisamment élevée, les solides sont remis en suspension dans l'eau et entraînés vers les filtres. Les pertes de charges à travers les filtres augmentent, jusqu'à ce qu'elles atteignent une valeur de consigne, à ce moment on lave les filtres à contre-courant. Une partie des eaux de lavage des filtres est acheminée vers le décanteur, ce qui permet d'entraîner vers l'épandage la totalité des solides accumulés. Ce nettoyage étant facilité par l'inclinaison de 7° . (figure 5.7)

On utilise les décanteurs à tubes inclinés de 7° dans les usines dont la capacité de traitement est inférieure à $400 \text{ m}^3/\text{j}$. Dans les usines plus importantes, on utilise de préférence les tubes inclinés de 60° .

Les tubes inclinés de 60° , quant à eux, fonctionnent indépendamment des filtres. De plus leur forte inclinaison permet d'obtenir un auto-nettoyage continu. Comme le montre la figure 5.9, l'eau s'écoule de bas

en haut, et les solides se déposent sur les parois inférieures pour glisser ensuite jusqu'au fond du bassin. L'eau clarifiée est acheminée vers des goulottes situées près de la surface et déversée sur les filtres.

5.2.2.2 Décanteurs à lamelles :

Dans les décanteurs à lamelles, constitués d'un empilement de plaques inclinées à 35° par rapport à l'horizontale, l'eau s'écoule de haut en bas (figure 5.8). Les solides s'accumulent sur la plaque inférieure et glissent jusqu'au fond du bassin de décantation, tandis que l'eau clarifiée (près de la plaque supérieure) est acheminée par un tube vers une goulotte située au-dessus des lamelles et qui déverse son contenu dans les filtres.

Les décanteurs à lamelles sont plus coûteux que les décanteurs à tubes, dont la construction est plus simple. On choisit en général le type de décanteur en fonction des caractéristiques des particules à éliminer. Ainsi les particules de floc sont lourdes, on opte pour un décanteur à tubes. Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque les particules à éliminer sont légères, on utilise un décanteur à lamelles.

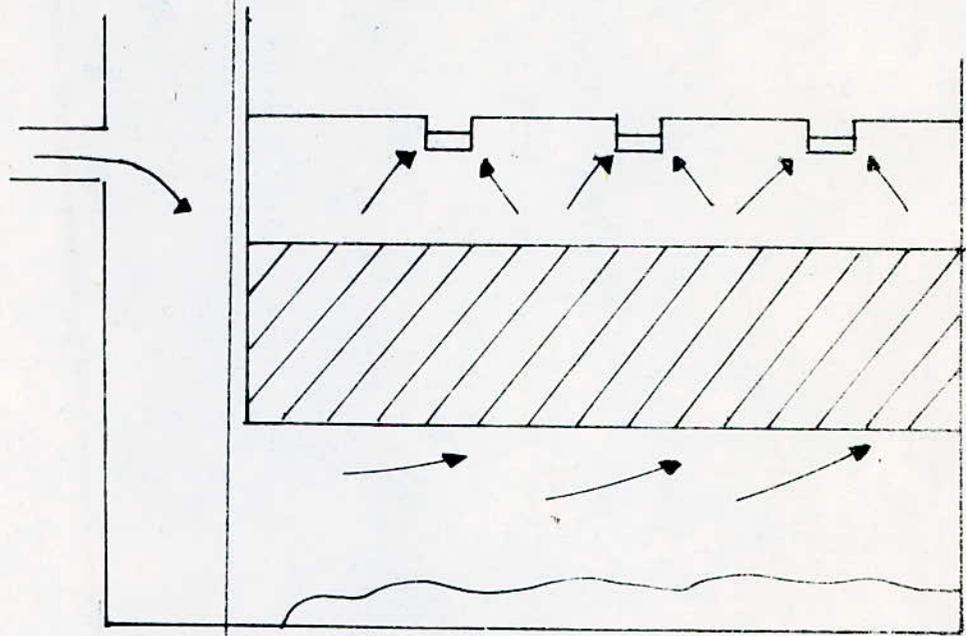


Figure N° 5.7 — Décanteur à tubes inclinés (60°) —

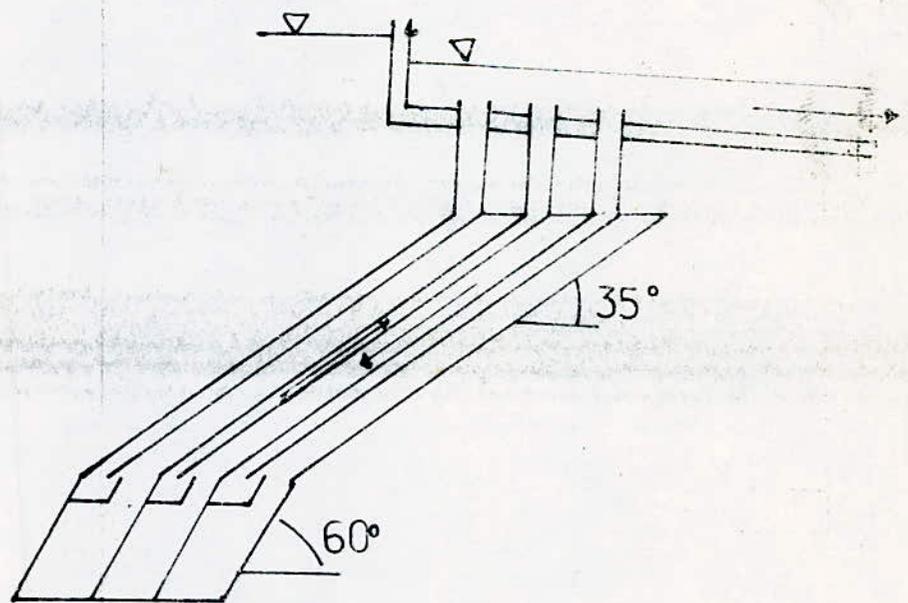


Figure N° 5.8 — Décanteur à lamelles —

5.3 FILTRATION

La filtration a pour but de retenir des matières minérales ou organiques en suspension résultantes du traitement préalable.

Il existe trois types de filtres à eau :

- Les filtres à sables lents;
- les filtres à sable rapides;
- les filtres sous pression. (30)

5.3.1 Filtres à sable lents :

Les filtres à sable lents sont construits de telle sorte que l'eau traverse la couche filtrante à une vitesse très faible de l'ordre de 2,5 à 10 m/j.

Ils occupent pour cela de grandes étendues de terrains et un volume de sable important demandant un personnel d'entretien élevé.

D'une manière générale, les avantages de ces filtres (membrane biologique et simplicité de fonctionnement) justifient leur utilisation dans les petites agglomérations où l'on ne traite que les eaux de surface relativement claires. (41)

5.3.2 Filtres à sables rapides :

Le filtre à sable rapide est le type de filtre le plus utilisé dans le traitement des eaux de consommation. Le matériau filtrant est maintenu en place par gravité et l'écoulement de l'eau é lieu de haut en bas. Lorsque le milieu filtrant est encrassé, on lave le filtre en inversant le sens de l'écoulement de l'eau; le milieu filtrant est alors

en expansion, et les particules d'impuretés, beaucoup moins denses que les grains de sable, sont décollées et évacuées vers l'égoût à l'aide des goulottes de lavage.

5.3.2.1 Fonctionnement d'un filtre à sable rapide :

Un filtre à sable rapide est peu efficace lorsqu'il doit traiter une eau n'ayant pas bénéficiée d'une coagulation et d'une floculation. Un tel filtre élimine en effet difficilement les particules non absorbées par le floc, et ce même s'il est constitué d'une épaisse couche de sable fin.

Le floc contenu dans l'eau doit par ailleurs résister aux forces de cisaillement qui s'exercent dans le filtre, faute de quoi il se brise et pénètre plus profondément dans le milieu filtrant. En plus de la résistance du floc, les facteurs suivants peuvent altérer la qualité de l'eau filtrée :

- Caractéristiques granulométriques du milieu filtrant;
- Porosité du milieu filtrant;
- épaisseur du milieu filtrant;
- charge superficielle.

Le diamètre des particules de floc qui arrivent sur un filtre varie de 0,1 à 2 mm. La grosseur des interstices dans un milieu filtrant constitué de sable (diamètre effectif 0,5 mm) varie de 0,1 à 0,2 mm. Les grosses particules de floc sont donc arrêtées à la surface du filtre, tandis que les particules les plus petites pénètrent dans le filtre avant d'être arrêtées. Sauf lorsque le floc est exceptionnellement

fort, les grosses particules sont brisées sous l'action des forces de cisaillement; il est donc inutile d'essayer de ne pas briser le floc dans les eaux décantées. En fait la plupart des particules de floc sont arrêtées dans les 10 premiers cm du filtre.(10)

5.3.2.2 Evolution de la turbidité et des pertes de charge :

La turbidité de l'effluent d'un filtre et la perte de charge sont les deux facteurs qui permettent de contrôler le fonctionnement d'un filtre. Ainsi lorsque la perte de charge atteint une valeur de consigne prédéterminée ou que la turbidité de l'effluent du filtre dépasse une certaine valeur, on isole le filtre en question et on procède à un lavage. La période d'utilisation d'un filtre correspond donc à la durée de son utilisation entre deux lavages.

Généralement, la valeur maximale de turbidité tolérable est 1 unité néphélométrique. Alors que les pertes de charges à travers un filtre sont limitées par une valeur maximale située entre 1,8 et 2,4 m, ce qui permet d'éviter la formation d'une zone de pression négative à l'intérieur du filtre. Une zone de pression négative est une zone dans laquelle la pression est inférieure à la pression atmosphérique. Dans les zones de pression négative, il y a formation de bulles d'air, ce qui réduit la surface filtrante et entraîne une augmentation de la vitesse d'écoulement dans le filtre et, par le fait même, une augmentation des pertes de charge ; il y a donc risque de détérioration de la qualité de l'eau. (10)

5.3.2.3 Lavage des filtres :

Lorsque la perte de charge, la turbidité, ou les deux, atteignent leurs valeurs maximales, on lave le filtre en injectant de l'eau par le fond.

a°/ Mécanisme de lavage : Lorsque l'eau de lavage est injectée par le fond, le milieu filtrant prend de l'expansion et libère les particules arrêtées par le filtre. Ces particules beaucoup moins denses que les grains de sable, sont aisément entraînées vers les goulottes de lavage. Le niveau maximal de sable en expansion atteint 8 à 30 cm au-dessus de son niveau au repos.

Le degré d'expansion du milieu filtrant dépend :

- du diamètre des grains de sable;
- de la densité des grains de sable;
- de la charge superficielle, ou vitesse, de l'eau de lavage;
- de la température de l'eau de lavage.

La charge superficielle la plus utilisée est de 37 m/h. Il est important de signaler que, si l'eau de lavage est injectée brusquement dans un filtre, la totalité de la couche de sable peut être soulevée au-dessus de la couche de gravier, ce qui peut entraîner le déplacement du gravier de support.

b°/ Mécanismes de brassage auxiliaires :

La plupart des impuretés qui encrassent un filtre adhèrent aux grains de sable; elles ne sont pas donc éliminées par un simple lavage à l'eau. Pour décoller ces impuretés, il faut augmenter la turbulence

dans le milieu filtrant en expansion. Or on ne peut pas augmenter la charge superficielle au-delà d'une certaine limite, en effet une charge superficielle trop élevée provoque une expansion excessive du milieu filtrant et, par le fait, même, des pertes de sable; de plus, il faut alors utiliser des quantités plus importantes d'eau de lavage. Donc, pour augmenter la turbulence dans le milieu filtrant en expansion sans accroître la charge superficielle, on peut soit injecter de l'air, soit utiliser des agitateurs de surface.

c°/ Lavage à l'eau et à l'air : On injecte simultanément, par le fond du filtre, de l'air et de l'eau. L'eau entraîne les impuretés vers les goulottes de lavage alors que l'air assure un brassage suffisant pour décoller ces impuretés. La charge superficielle (AIR) doit être supérieure à 5 m/h. Signalons qu'il n'est pas nécessaire que le milieu filtrant soit en expansion pour que le lavage soit efficace.

d°/ Lavage à l'eau seule : Lorsqu'on lave un filtre rapide uniquement avec de l'eau, le brassage est assuré par des laveurs de surface, qui peuvent être soit fixés, soit rotatifs. En général, on met en action les laveurs de surface avant d'injecter l'eau de lavage par le fond du filtre, car cela permet de briser la croûte d'impuretés qui s'est formée à la surface du filtre.(10)

5.3.3 Filtres fermés ou sous pression :

Les filtres sous pression fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapides, sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage, sont situés dans des cylindres horizontaux ou verticaux, lesquels sont conçus pour supporter 1000KPa.
(10)

5.3.3.1 Inconvénients et avantages des filtres sous pression :

Parmi les inconvénients que présente le filtre sous pression, on peut citer :

- On ne peut pas observer l'eau et la couche de sable lors de la filtration, ni l'efficacité des lavages et le degré d'agitation du milieu filtrant.

-La forme des filtres sous pression ne **facilite** pas l'installation de canalisations d'eau de lavage bien conçues, qui pourraient **garantir** que les matières éliminées du sable soient bien rejetées (et non refoulées dans d'autres parties du milieu filtrant.

- Il est difficile d'examiner, de nettoyer et de remplacer le sable, le gravier et les drains inférieurs des filtres sous pression.

Le fonctionnement des filtres sous pression favorise l'aspiration ou l'injection d'eau dans le milieu filtrant à vitesse excessive.

Les avantages des filtres sous pression sont cependant suffisants pour qu'on continue de les utiliser dans les petits postes de traitement, car on peut les monter entièrement en usine et les expédier sur place, où leur installation est aisée.(10)

5.4 TRAITEMENT DES EAUX PAR OZONATION

L'ozone est un gaz instable composé de molécules d'oxygène triatomique, O_3 . Puisque l'ozone se décompose rapidement en oxygène, on doit le produire immédiatement avant son utilisation.

5.4.1 Propriétés physiques de l'ozone :

L'ozone est un gaz bleu instable qui dégage une odeur irritante caractéristique. Puisque l'ozone est un oxydant très puissant, on doit choisir avec soin les matériaux avec lesquels il entre en contact; le verre et la porcelaine résistent bien à l'ozone, ce qui n'est pas le cas pour le caoutchouc.

La solubilité de l'ozone dans l'eau est de 570 mg/l à 2° c, soit 12 fois moindre que celle du chlore dans les mêmes conditions. (9)

5.4.2 Propriétés chimiques de l'ozone :

L'ozone est à la fois un oxydant puissant et un désinfectant.

5.4.2.1 Pouvoir oxydant de l'ozone :

Le pouvoir oxydant très élevé de l'ozone est la caractéristique qui rend ce produit si intéressant pour le traitement des eaux. En effet, l'ozone permet de réduire la couleur, les goûts et les odeurs, de détruire les produits à base de phénol et d'oxyder les ions ferreux et manganéux solubles, ce qui les transforme en ions insolubles. (10)

5.4.2.2 Pouvoir désinfectant de l'ozone :

Le pouvoir désinfectant de l'ozone est de 10 à 100 fois supérieur à celui du chlore, et ce pour tous les types de microorganismes.

Etant donné le faible nombre d'études effectuées à ce sujet, on connaît mal le comportement de l'ozone en fonction des variations du pH de l'eau ainsi que celles de la température. (10)

5.4.3 Principe de la production de l'ozone :

L'ozone est obtenu par l'action ionisante sur l'oxygène d'un champ électrique dérivant d'un potentiel élevé, le phénomène se manifeste par l'apparition d'un fleuve violet.

En pratique, l'ozone s'obtient industriellement en faisant passer un courant d'air, ou également d'oxygène, entre deux électrodes soumises à une différence de potentiel alternative. (8)

5.4.4 Différents types d'ozoneurs :

Il existe actuellement deux types d'appareils de production d'ozone : les ozoneurs à plaques et les ozoneurs tubulaires.

a°/ Les ozoneurs à plaques : Ils sont constitués de diélectrique et d'électrodes métalliques plans. L'ensemble est généralement placé dans une enceinte étanche et dispose d'un système de refroidissement.

b°/ Ozoneurs tubulaires : Un élément d'ozoneur tubulaire est constitué de deux électrodes concentriques et d'un tube diélectrique.

Les ozoneurs tubulaires diffèrent entre eux par la position verticale ou horizontale des électrodes, ainsi que par la position du diélectrique par rapport à l'eau de refroidissement. (8)

CHAPITRE : VI

PARTIE EXPERIMENTALE

6.1 BUT DU TRAVAIL

Il est évident qu'au fure et à mesure qu'augmenteront la demande et le coût de l'eau douce, le recyclage des eaux résiduaires deviendra une alternative attrayante du point de vue économique pour l'industrie dans un nombre de cas croissant.

De même la réutilisation constitue la solution en vue de l'usage efficace et rationnel des ressources limitées en eaux douces parce qu'elle rend disponible une nouvelle source importante de l'alimentation en eau dans l'avenir.

Les avantages d'un traitement des eaux usées et de leur réutilisation ne résident pas uniquement dans une production supplémentaire de ressource en eaux douces, mais également dans la réduction du problème de la pollution.

Ainsi, c'est dans cet optique que s'inscrit notre étude présente; en effet pour un éventuel recyclage des effluents du complexe textile de D-B-K, qui en demeurant parmi les plus grands consommateurs d'eau douce.

D'autres part, l'oued Sébaou où sont rejetés les effluents après traitement, communique avec la nappe phréatique; cette dernière, qui alimente à son tour le complexe ainsi que la ville de D-B-K en eau, pourra être contaminée par les rejets du complexe et par la suite présenter un danger pour le consommateur de ses eaux.

Dans le but de trouver un moyen de recyclage des eaux usées traitées

par la STEP, car il va sans dire que dans l'industrie textile on impose des conditions particulièrement dure quant à la qualité de l'eau, une expérimentation a été décidée en vue d'explorer différents procédés physico-chimiques de traitement.

6.2 GENERALITES SUR LES EAUX TRAITÉES DE LA COTITEX :

La COTITEX de D-B-K traite actuellement la majorité de ses rejets liquides par le biais de la station d'épuration (STEP) qui existe depuis la date d'installation du complexe. Le débit d'eau traitée est estimé à quelques 500 m³/h.

Les eaux usées traitées possèdent une qualité très mauvaise comparée à celle exigée par les industries textiles, ce qui ne leur permet pas d'être réutiliser directement dans le complexe sans avoir subi un traitement supplémentaire d'affinage.

Des analyses faites sur des échantillons d'eaux usées traitées nous ont permis de déterminer les principaux paramètres de pollution ainsi que leurs concentrations. (voir tableau 6.1)

Tableau N° 6.1 -- Résultats d'analyse des eaux usées traitées--

| Paramètre | T°c | pH | Couleur (*) | Turbidité (**) | DCO mg/l | MES mg/l | Huiles mg/l | Chlorures mg/l | T _{AC} (F) |
|----------------|-----|-----|-------------|----------------|----------|----------|-------------|----------------|---------------------|
| Valeur moyenne | 23 | 8,6 | 94,2 | 2,5 | 115 | 74 | 54 | 130 | 35 |

(*) : Valeur de la tra,smittance (%).

(**) : Unité turbidimétrique.

Les résultats obtenus montrent que ces eaux ont une température pratiquement égale à celle ambiante; de même pour le pH, il est dans la majorité du temps comparable à celui des eaux potables. A part la température et le pH, tous les autres paramètres (DCO, Huiles, MES, couleur et turbidité) sont présents à des doses relativement élevées si on les compare avec les limites maximales tolérables dans les eaux d'alimentation des industries textiles.

Pour pouvoir réduire ces paramètres de pollution et améliorer la la qualité de l'eau, plusieurs procédés de traitement s'offrent à notre disposition, d'où la nécessité d'en choisir le procédé le plus efficace et surtout le moins onéreux.

6.3. CHOIX DU PROCÉDE DE RECYCLAGE :

Le recyclage des eaux usées textiles a été déjà pratiqué avec succès dans plusieurs pays.

Ces eaux une fois épureés, pourraient être utilisées dans le même genre d'industries ou servir à des usages sanitaires, agricoles ou même comme eau potable.

Les procédés qui permettent d'obtenir une eau ayant une qualité répondant bien aux exigences des industries textiles ne sont pas nombreux et se résument en deux ou trois chaînes de traitement :

- coagulation-floculation + filtration sur sable;
- coagulation-floculation + filtration sur sable+ ozonation;
- ozonation.

Pour ce qui est de nos eaux usées traitées, nous avons choisit

La première chaîne de traitement (coagulation-floculation + filtration rapide sur sable) comme traitement d'affinage , ce qui va nous permettre d'arriver à une eau de qualité répondant aux normes exigées par les industries textiles.

6.4 TRAITEMENT DE COAGULATION-FLOCCULATION

Les résultats d'analyses, faites sur les eaux traitées par la (STEP), montrent qu'elles présentent une turbidité moyenne et une couleur plus ou moins intense et surtout difficile à éliminer.

Dans cette partie, nous avons procédé à un traitement de coagulation-floculation afin d'arriver à décolorer notre eau et d'éliminer sa turbidité.

Le coagulant que nous avons utilisé est le chlorure de fer(ferrique) : $FeCl_3 \cdot 5H_2O$, ce choix a été fait pour la simple raison de sa disponibilité au niveau du complexe. Or, il se trouve que les particules responsables de la couleur de l'eau, forment avec le coagulant des floccs qui sédimentent difficilement, pour remédier à ce problème et rendre le procédé plus efficace, nous avons ajouté un aide coagulant, pour augmenter la densité des floccs formés, et par la suite, de faciliter leur décantation . L'aide coagulant utilisé est la Bentonite, étant donné qu'elle est très répandue dans l'Ouest Algérien.

La Bentonite a un pouvoir de fixation des métaux lourds ainsi que les hydrocarbures et les huiles.

Les études menées en différents laboratoires, ont mis en évidence les propriétés efficaces de la Bentonite dans le traitement des eaux par

coagulation-floculation en vue d'éliminer la couleur, la turbidité et certains micro-polluants organiques et minéraux.

6.4.1 Détermination des doses optimales en coagulants :

Dans cette étape nous nous sommes intéressé à la détermination de la dose optimale en coagulant ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) et aide coagulant (Bentonite) pour laquelle on a la meilleure élimination de la couleur.

Pour ce faire, nous avons suivi l'évolution de l'absorbance (transmittance) de l'eau en fonction de l'augmentation des concentrations de coagulants.

Les résultats obtenus sont notés dans le tableau (6.2).

Tableau N°=6.2 --Evolution de la transmittance (%) de l'eau en fonction des teneurs en $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ et en Bentonite--

| Bentonite (mg/l) | $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (mg/l) | Transmittance (%) | | | | | |
|---------------------|---|-------------------|------|------|------|------|------|
| | | 10 | 20 | 30 | 50 | 80 | 100 |
| 0 | | 96,5 | 97,7 | 98,4 | 98,1 | 95,8 | 95,1 |
| 1 | | 97,1 | 97,9 | 99,0 | 98,5 | 96,4 | 95,5 |
| 3 | | 98,0 | 99,7 | 100 | 99,9 | 97,2 | 96,4 |
| 5 | | 97,5 | 98,4 | 99,6 | 98,8 | 97,2 | 96,2 |
| 10 | | 95,6 | 96,4 | 97,5 | 97,4 | 95,4 | 94,1 |

- Interprétation :

La représentation graphique de l'évolution de la transmittance en fonction de la dose en coagulants (Fig. 6.1) nous a permis de conclure quant à la dose optimale en coagulant qui donne le meilleur rendement d'élimination de la couleur; en effet, la bonne clarification de l'eau est jugée par la mesure de sa transmittance, de sorte que l'échantillon qui présentera la plus grande valeur de transmittance sera qualifié par l'échantillon le mieux épuré.

La dose avec laquelle, nous avons obtenu une bonne clarification se situe entre 30 et 35 mg/l de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pour une teneur de 3mg/l en Bentonite.

Il y a lieu de signaler que nous avons procédé à un ajustement du pH de l'eau, entre 6 et 6,5, avant d'effectuer la coagulation.

6.4.2 Analyse de l'eau traitée par coagulation-floculation :

Une fois arrivés à établir la dose en coagulants permettant d'atteindre la plus grande élimination de la couleur, nous avons procédé à la détermination quantitative de certains paramètres de pollution (MES, Turbidité, DCO, Chlorures, Huiles, ...) d'un échantillon d'eau coagulée par 30 mg/l en $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ et 3 mg/l de bentonite. Les résultats ainsi obtenus sont regroupés dans le tableau (6.3).

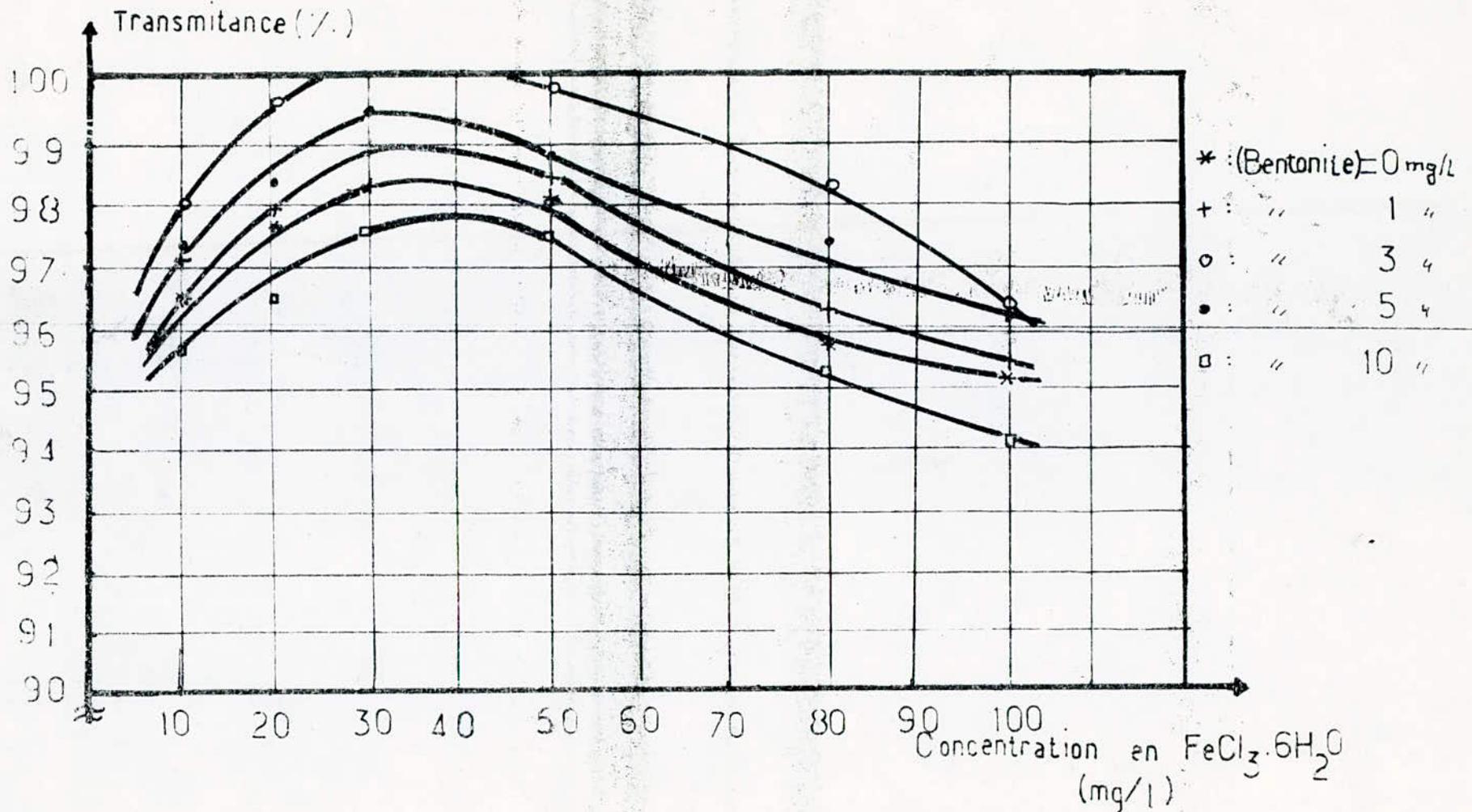


Figure N° 6.1 — Evolution de la transmittance en fonction des concentrations

de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ et de Bentonite —

Tableau N°= 6.3 -- Valeurs d'analyses de l'eau coagulée --

| Paramètre | pH | Couleur (*) | Turbidité (**) | DCO mg/l | Huiles mg/l | Cl ⁻ mg/l | T _{Ac} (°F) |
|-----------|-----|----------------|-------------------|-------------|----------------|-------------------------|----------------------|
| Valeur | 5,4 | 100 | 1,4 | 52 | 48 | 135 | 15 |

(*) : Transmittance de l'eau en (%), voir annexe.

(**) : Unités turbidimétriques.

- Interprétation :

L'utilisation du chlorure ferrique et la Bentonite comme coagulants, permet d'avoir une élimination totale de la couleur; en revanche, la turbidité de l'eau se trouve à moitié réduite, ceci est dû au fait qu'on a travaillé à un pH favorable à l'élimination de la couleur, mais qui ne permet pas une bonne coagulation des particules turbides.

Le rendement d'abattement de la DCO est de 50%, les 50% de matières organiques qui restent sont représentées par les huiles, ces dernières qui ne sont que très faiblement éliminées au cours de la coagulation.

Le pH de l'eau coagulée se trouve déplacé vers les zones acides; en effet, la formation des hydroxydes de fer lors de la coagulation s'accompagne d'une libération des protons H^+ , ces derniers vont abaisser le pH de l'eau, cet abaissement est fonction de la quantité de coagulant introduite.

6.5 TRAITEMENT PAR FILTRATION RAPIDE SUR SABLE

6.5.1 Dispositif de filtration :

Le filtre utilisé pour élaborer notre traitement de filtration est une colonne en verre de 2 m de hauteur et de 2,4 cm de diamètre.

La colonne est remplie à une hauteur de 90 cm par le matériau filtrant (sable).

L'écoulement de l'eau se fait par gravité de haut en bas. Le débit d'alimentation est fixé à partir de la charge superficielle; cette dernière qui est, en général, prise égale à 5 m/h. En effet, le débit (Q) est égale au produit de la surface d'écoulement ou surface de la colonne (A) par la charge superficielle (v).

$$Q = v.A$$

avec : $v = 5$ m/h et $A = 9$ cm², il vient que: $Q = 76$ ml/min.

Pour le milieu filtrant, nous avons choisis le sable étant donné qu'il est disponible et facile à manipuler.

6.5.1.1 Caractéristiques du milieu filtrant.

Les principales caractéristiques du matériau de filtration sont le diamètre effectif (D_e), le coefficient d'uniformité (C_u) et la porosité.

a°/ Le diamètre effectif : Il correspond à la grosseur des mailles du tamis qui laissent passer 10% de la masse de l'échantillon, ainsi pour une masse de matériau donnée, il y a 90 % de grains qui possèdent un

un diamètre supérieur à D_e .

b°/ Coefficient d'uniformité : C'est le rapport entre le diamètre qui laisse passer 60% des particules et celui qui en laisse passer 10%.

$$C_u = D_{60}/D_{10}$$

c°/ La porosité : C'est le rapport entre le volume non occupé par la matière solide (V_v) et le volume totale (V_t).

$$p = V_v/V_t$$

6.5.1.2 Détermination pratique du diamètre effectif, du coefficient d'uniformité et de la porosité :

On pèse une certaine quantité de matériau filtrant, préalablement débarrassé de toute humidité, et on la fait passer par une série de tamis dont les mailles sont de plus en plus petites. On soumet l'ensemble à une vibration pendant quelques minutes, et on pèse ensuite la quantité du matériau filtrant retenue par chaque tamis, on en déduit ainsi les pourcentages de l'échantillon qui ont traversés chaque tamis. Les valeurs obtenues sont notées dans le tableau 6.4.

Méthode de calcul :

La masse de départ est prise égale à $m=785,6$ g

- le pourcentage de l'échantillon retenu = $\frac{\text{masse de l'échantillon}}{\text{masse totale du sable}}$

$$= \frac{m_e}{m_t}$$

- pourcentage cummulatif retenu par un tamis x = pourcentage retenu au tamis 1 + pourcentage retenu au tamis 2 ++ pourcentage retenu au tamis x.
- pourcentage qui traverse chaque tamis = 100 - pourcentage cummulatif retenu à ce même tamis.

Tableau N°= 6.4 --- Caractéristiques granulométriques du sable utilisé ---

| Diamètres des mailles (mm) | Masse retenue (g) | % de l'échantillon retenu (%) | % cummulatif retenu (%) | % de l'échantillon non retenu (%) |
|----------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1,60 | 9,3 | 1,18 | 1,18 | 98,82 |
| 0,85 | 171,6 | 21,84 | 23,02 | 76,98 |
| 0,60 | 280,00 | 35,64 | 58,66 | 41,34 |
| 0,50 | 108,20 | 13,77 | 72,43 | 27,57 |
| 0,42 | 86,50 | 11,00 | 83,43 | 16,57 |
| 0,31 | 116,70 | 14,85 | 98,22 | 1,72 |
| 0,21 | 12,20 | 1,55 | 99,83 | 0,17 |
| 0,16 | 1,1 | 0,14 | 99,97 | 0,03 |
| 0,15 | 0,20 | 0,03 | 100,00 | 0 |

Pour déterminer le diamètre effectif, et le coefficient d'uniformité, nous avons tracé sur papier semi-logarithmique la variation du pourcentage de l'échantillon qui a traversé le tamis en fonction du diamètre de ce dernier. La courbe ainsi obtenue (figure 6.2) permet de lire directement la valeur de D_e et celle de D_{60} .

Les valeurs trouvées sont :

$$D_e = D_{10} = 0,36 \text{ mm}$$

$$D_{60} = 0,72 \text{ mm}$$

Il vient que l'uniformité $C_u = D_{60}/D_{10} = 2,01$

En ce qui concerne la détermination de la porosité, nous avons procédé de la façon suivante : Nous avons pris un certain volume du sable ($V = 100 \text{ cm}^3$) dans une éprouvette graduée, auquel on a ajouté de l'eau distillée goutte à goutte jusqu'à saturation totale, le volume d'eau ajouté est $V_o = 38 \text{ cm}^3$.

Comme nous l'avons déjà cité, la porosité est donnée par le rapport du volume du vide (dans notre cas c'est le volume de l'eau versée) rapporté au volume total (volume du sable plus celui des vides). Ainsi, on trouve que :

$$p = V_o/V = 0,38$$

En comparant les caractéristiques de notre sable avec celles du matériau qui permet d'atteindre le meilleur rendement d'épuration, nous voyons clairement qu'elles sont presque les mêmes

(%) en masse

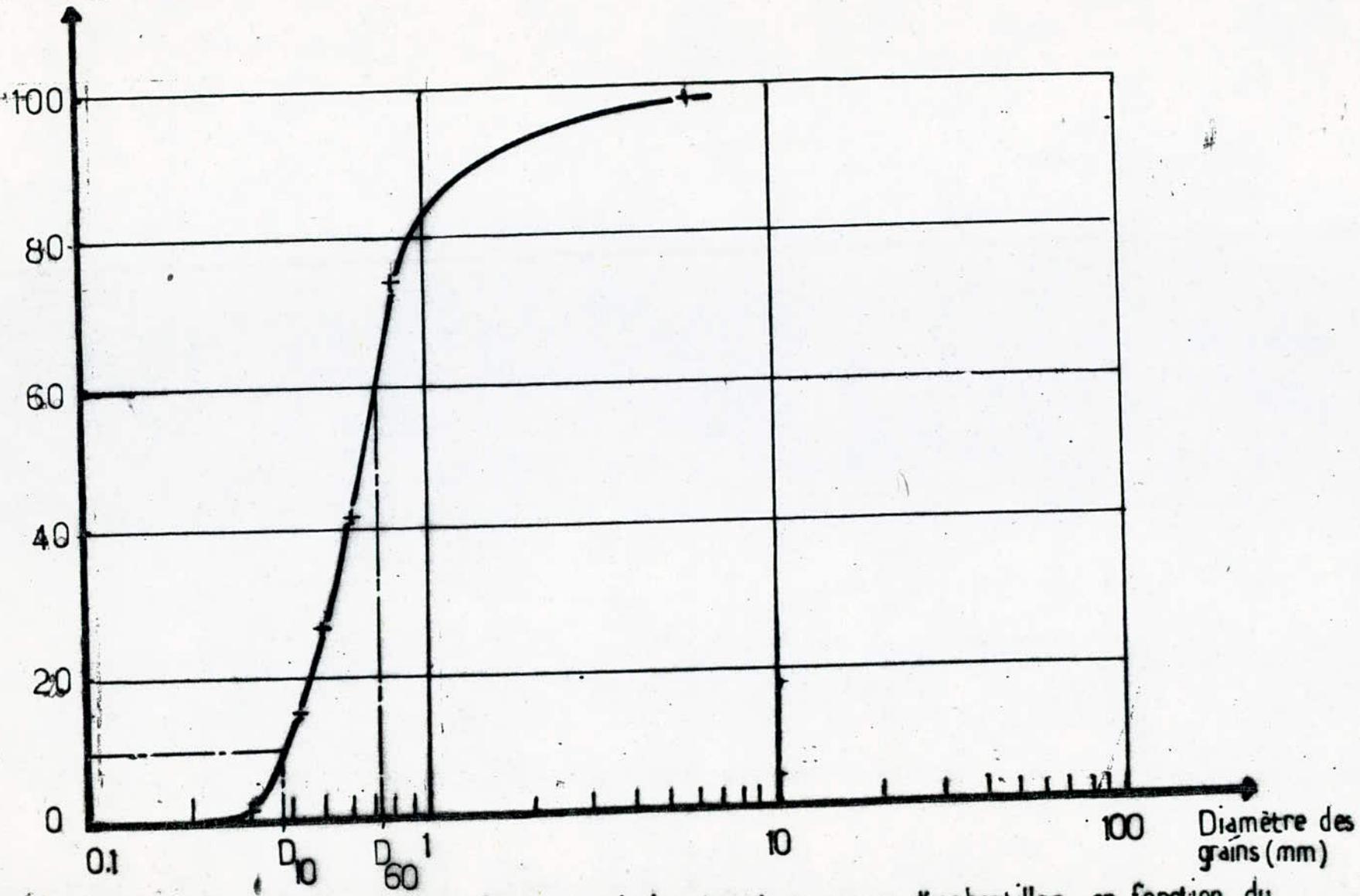


Figure N° 6.2 — Variation du % en masse d'échantillon en fonction du diamètre moyen des grains —

6.5.2 Essais de filtration :

L'eau à traiter passe à travers une couche de matériau granulaire (sable), ce qui élimine la quasi totalité de la couleur et des matières en suspension. Si les particules à retenir sont de dimensions supérieures à celles des pores du filtre, elles seront retenues par la couche supérieure du filtre, et la filtration est dite "en surface" ou "en gâteau"; par contre, si les particules sont petites, elles pénétreront à l'intérieur du matériau filtrant, où elles seront retenues, et la filtration est dite "en masse".

6.5.2.1 Fonctionnement d'un filtre à sable rapide :

La perte de charge à travers un filtre et la turbidité de son effluent sont les deux principaux facteurs qui permettent de contrôler le fonctionnement du filtre. Ainsi, lorsque la perte de charge atteint une valeur maximale, ou lorsque la turbidité de l'effluent dépasse une certaine limite, on isole le filtre et on procède à son lavage.

a°/ Evolution de la turbidité et de la perte de charge lors de la filtration :

En considérant ces deux importants paramètres, la turbidité et la perte de charge, et en déterminant leur évolution en fonction du temps de filtration, on pourra par la suite estimer le temps d'encrassement du filtre ou ce qu'on appelle encore le temps de lavage.

Les résultats d'un essai de filtration fait dans ce but sont regroupés dans les tableaux 6.5 et 6.6.

Tableau N°= 6.5 --- Evolution de la perte de charge à travers la colonne de filtration en fonction du temps---

| Temps de filtration(h) | Hauteur d'eau sur le sable(cm) |
|------------------------|--------------------------------|
| 0 | 9 |
| $\frac{1}{2}$ | 19 |
| 1 | 30 |
| 1,5 | 39 |
| 2 | 42 |
| 2,5 | 45 |
| 3 | 48 |
| 3,5 | 49 |
| 4 | 50 |
| 4,5 | 50 |
| 5 | 50 |
| 5,5 | 50 |
| 6 | 50 |
| 6,5 | 50 |
| 7 | 50 |
| 7,5 | 50 |
| 8 | 55 |
| 9 | 56 |
| 10 | 58 |
| 11 | 59 |
| 12 | 61 |
| 13 | 68 |
| 14 | 71 |
| 15 | 73 |

64

Tableau N°=6.6 --- Evolution de la turbidité de l'effluent du filtre lors de la filtration ---

| Temps de filtration(h) | Turbidité (*) |
|------------------------|---------------|
| 0 | 0,38 |
| $\frac{1}{2}$ | 0,20 |
| 1 | 0,20 |
| 1,5 | 0,18 |
| 2 | 0,15 |
| 2,5 | 0,14 |
| 3 | 0,15 |
| 3,5 | 0,15 |
| 4 | 0,15 |
| 4,5 | 0,16 |
| 5 | 0,15 |
| 5,5 | 0,17 |
| 6 | 0,16 |
| 6,5 | 0,16 |
| 7 | 0,15 |
| 8 | 0,17 |
| 9 | 0,17 |
| 10 | 0,16 |
| 11 | 0,18 |
| 12 | 0,20 |
| 13 | 0,21 |
| 14 | 0,23 |
| 15 | 0,25 |

(*) : unité turbidimétrique.

Interprétation :

La variation de la turbidité de l'effluent du filtre en fonction du temps de filtration est représentée par la figure 6.3.

Au début de la période d'utilisation du filtre, la turbidité relativement élevée, diminue rapidement pour atteindre un plateau. Ce plateau, maintenu plusieurs heures est suivi d'un accroissement rapide de la turbidité.

La valeur importante de la turbidité au début du cycle de filtration peut être expliquée de la façon suivante : Au début, les petites particules de floc traversent facilement le filtre ; après une certaine période d'utilisation, les particules de floc arrêtées par le filtre adsorbent les particules fines.

La valeur maximale de la turbidité qu'on tolère est d'1 unité néphélogométrique; s'il arrive un moment où on dépasse cette valeur, il faut arrêter le fonctionnement du filtre et procéder à son lavage.

La courbe 6.3 permet de déterminer, par extrapolation, le moment qui correspond à une valeur de turbidité de 1, ce temps exprimera la durée maximale qui doit séparer deux lavages successifs.

La variation des pertes de charges totales, à travers le filtre, en fonction du temps de filtration peut, à son tour, nous renseigner quant à la période qui intercale deux lavages, cette dernière qui est déterminée par extrapolation de la courbe donne cette variation. (fig. 6.4)

La période, qui sépare deux lavages successifs, estimée, dans notre cas, varie entre 20 et 24 heures.

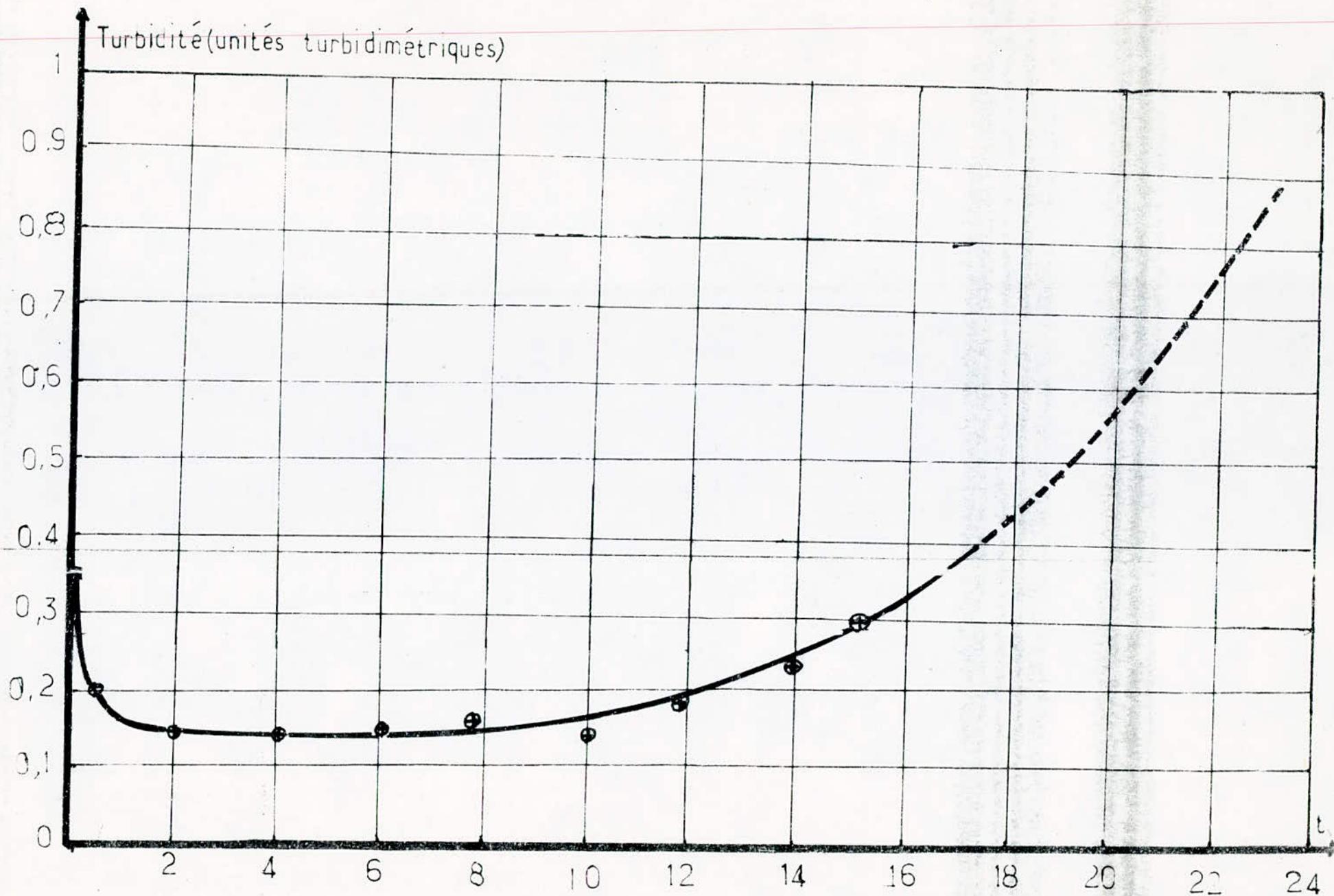


Figure N° 6.3

—Evolution de la turbidité en fonction du temps de filtration—

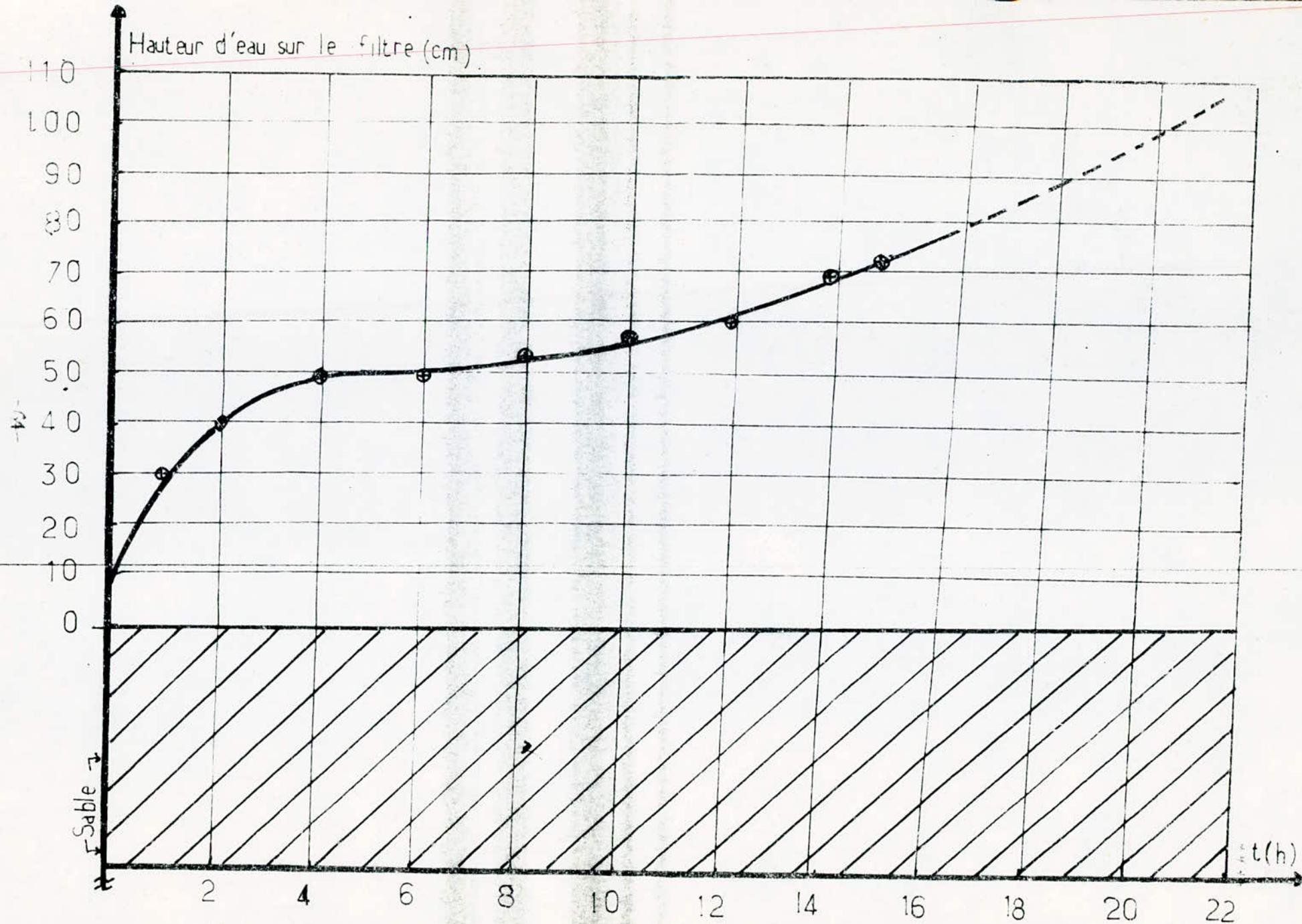


Figure N° 64 — Evolution des pertes de charge en fonction du temps de filtration —

b°/ Evolution des autres paramètres de pollution lors de la filtration :

Parallèlement des opérations de détermination des pertes de charge et de la turbidité, lors d'un essai de filtration, nous avons procédé à des analyses de certaines autres paramètres, comme les MES, La DCO et les huiles. Les valeurs ainsi obtenues sont regroupées dans le tableau N°=6.7.

Tableau N°=6.7 ---Variation de la DCO, des MES et des huiles en fonction du temps de filtration ---

| Temps de filtration(h) | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |
|---------------------------|-----|---------------|-----|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|
| DCO (mgO ₂ /l) | 19 | 12 | 10 | 9 | 12 | 11 | 7 | 9 | 10 | 12 |
| MES (mg/l) | 3,5 | 1,4 | 0,9 | 1,2 | 1 | 0,6 | ND | 1,2 | 0,8 | 1,5 |
| Huiles(mg/l) | 4 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 2 | ND | -- |

Les courbes donnant les variations de la DCO et des MES (voir figures 6,5 et 6,6) possèdent la même allure que celle des courbes de l'évolution de la turbidité lors de la filtration. De sorte qu'au début de la filtration, on assiste à une chute rapide de la DCO et des MES pour arriver à un plateau qui se maintient pendant plusieurs heures.

Quant aux autres paramètres, en particulier les huiles, celles qui, avant filtration, étaient présentes à des teneurs inquiétantes, leur présence dans l'effluent à la sortie de la colonne de filtration est pratiquement indécélable.

Les chlorures persistent toujours et ne sont éliminés par aucun de ces traitements envisagés, mais heureusement, leur teneur est faible et ne cause pas de problèmes : en ce qui concerne la réutilisation de l'eau dans le complexe.

L'alcalinité de l'eau, qui était réduite presque à moitié après coagulation, suite à la chute du pH, est restée la même après le traitement de filtration, le $T_{\Delta c}$ mesuré est aux environs de 13 °F.

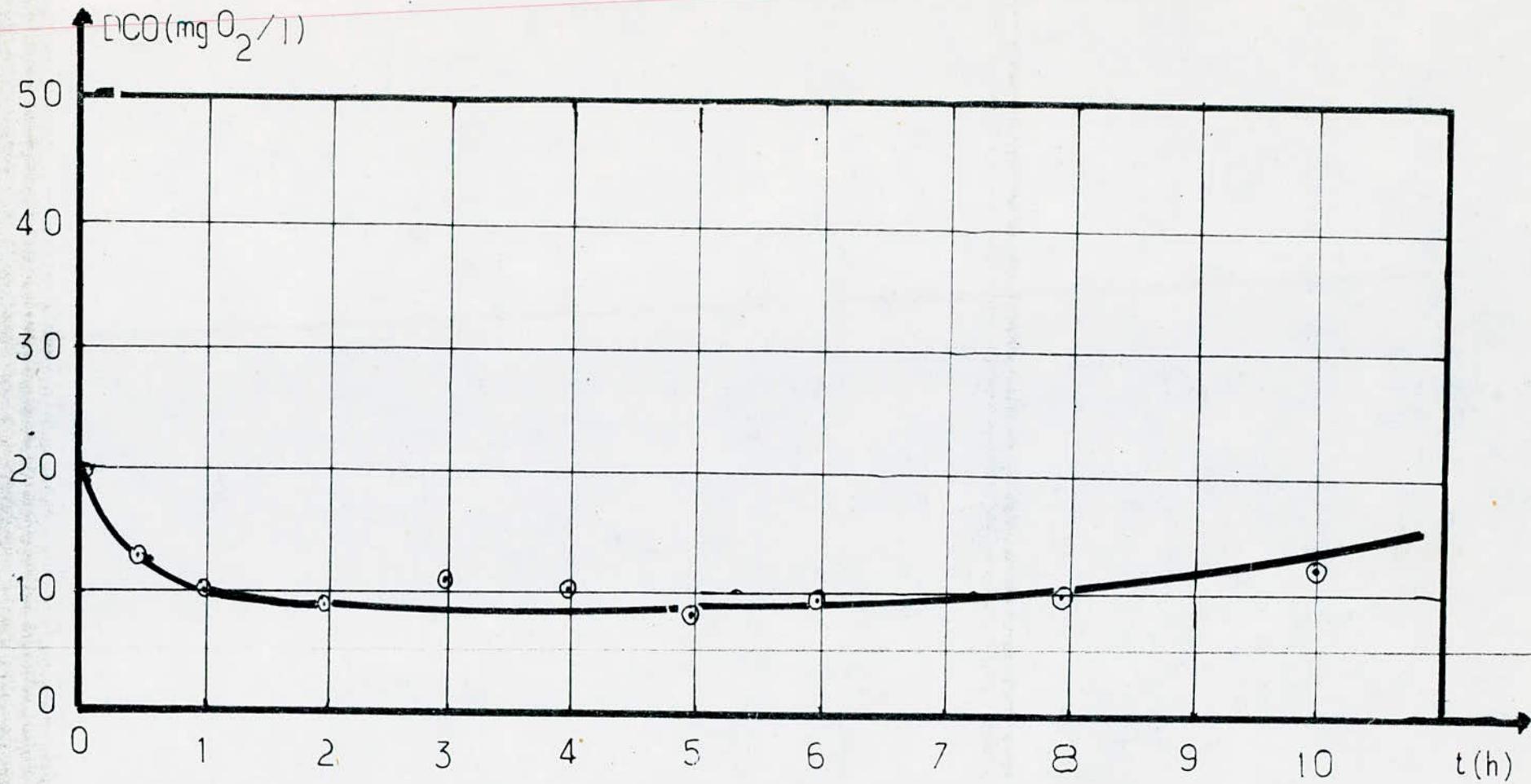


Figure N° 6.6 Evolution de la DCO lors de la
filtration

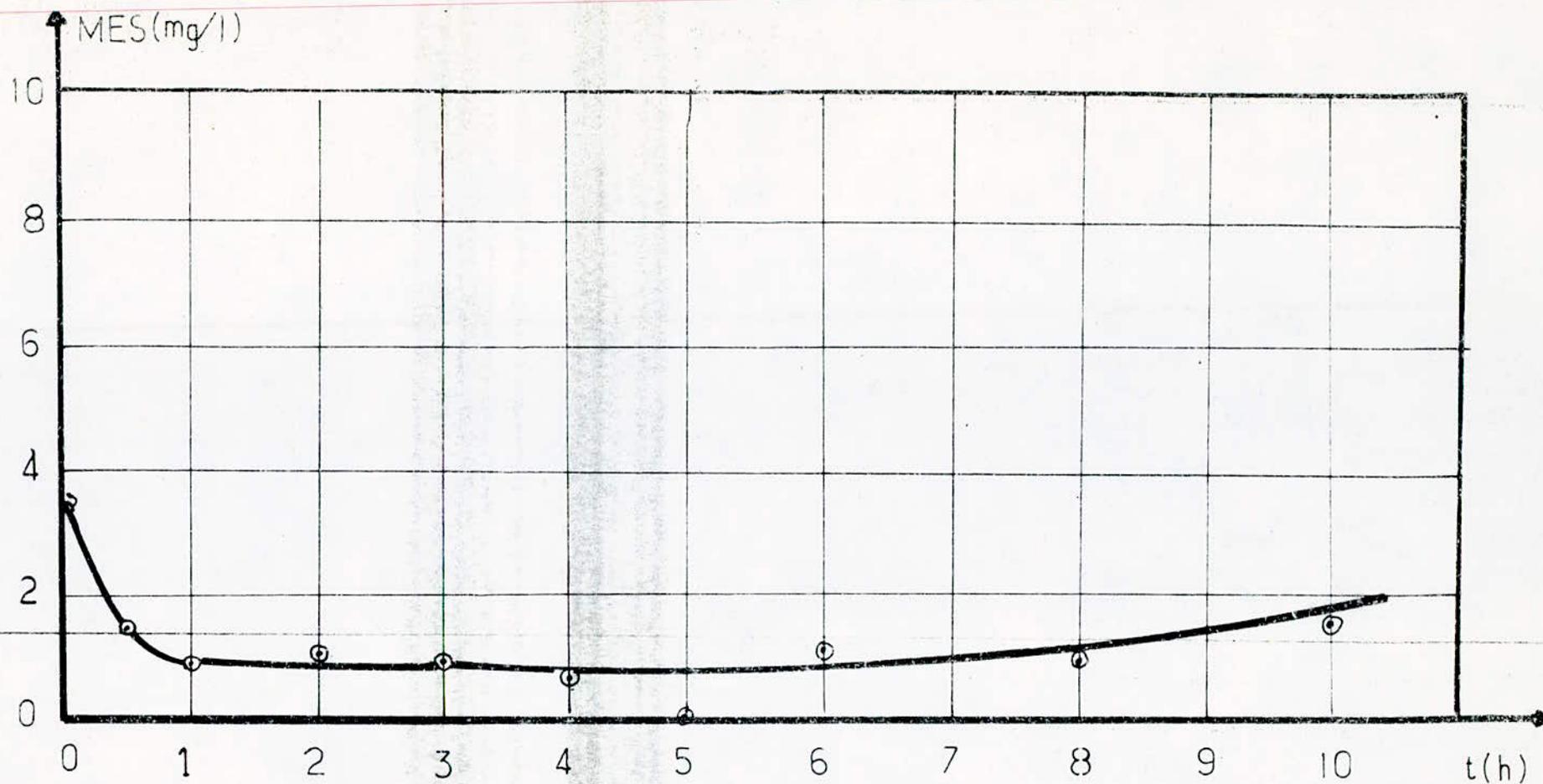


Figure N° 6.5 Evolution des MES en fonction du
temps de filtration

CHAPITRE VII

CONCEPTION D'UNE STATION DE PURIFICATION DES EAUX USEES INDUSTRIELLES DU COMPLEXE TEXTILE DE DBK

7.1 INTRODUCTION

Bien que le domaine de purification des eaux offre tout un éventail de choix technologiques, seuls quelques procédés peuvent satisfaire pleinement aux besoins spécifiques des pays en voie de développement.

Faire la conception d'ouvrage de purification des eaux, c'est à l'auteur du projet qu'il incombe de transformer ses objectifs théoriques en une conception réaliste et économique, tenant compte des circonstances et des disponibilités locales. En exécutant ce travail lourd de responsabilité, l'auteur de projet sera constamment amené à prendre des décisions sur des points importants concernant les structures et les dimensions d'ouvrages prévus pour le traitement. En ce qui nous concerne, et après avoir effectué des analyses et des essais expérimentaux en laboratoires, afin de pouvoir choisir les procédés de purification les plus adéquats pour l'eau usée du complexe de DBK, nous avons jugé nécessaire de faire une étude de conception des ouvrages qui permettent d'assurer ce traitement.

La station que nous proposons de dimensionner comportera un puit de stockage des eaux brutes (eaux destinées au traitement), une filière de coagulation-floculation associée à une phase de décantation

et une chaîne de filtration sur sable rapide.

7.2 PUIT DE STOCKAGE DES EAUX DESTINÉES AU TRAITEMENT

7.2.1 Généralités :

Les eaux issues de la station de traitement des eaux (STEP) sont rejetées, actuellement, directement dans l'Oued Sebaou à l'aide d'une conduite située à 1 m de profondeur Sous-sol.

Si nous envisageons un traitement de recyclage pour ces eaux, il faut pouvoir arriver à les pomper et les réintroduire dans l'ouvrage de purification considéré. Or, il se trouve que le refoulement d'eau à partir d'une conduite est une chose impossible à réaliser en pratique, ceci amène souvent les auteurs de conception à penser à une installation d'un puit situé au dessous de la conduite qui ramène l'eau à traiter, et, où le pompage à partir duquel est facile à faire et à contrôler.

7.2.2 Critères de dimensionnement du puit de stockage :

Puisque l'eau à traiter doit alimenter le puit de stockage par gravité, ce dernier est toujours installé sous-sol.

Les dimensions du puit de stockage sont évaluées à partir de l'espace requis pour installer les pompes de refoulement ou ce qu'on appelle encore, les pompes à bas niveau.

La profondeur du puit est estimée à 2,5 m sous-sol, on fait ces 2,5 m comprennent : 1 m (la profondeur de la conduite d'alimentation),

1,2 m (la longueur du tuyou émergé dans l'eau) et 0,3 m (la distance qui doit séparer la cripine d'aspiration et le fond du bassin). Fig. 7.1

La surface du puit est déterminée en connaissance du nombre de pompes requises pour refouler un débit horaire maximum estimé à $700 \text{ m}^3/\text{h}$.

- Choix des pompes :

Les principaux critères sur lesquels on se base pour choisir les pompes à bas niveau sont les suivants :

* On ne choisit jamais une seule pompe, selon les règles, il faut au moins deux;

* Normalement, on vise quatre à cinq pompes;

* on suppose toujours que la plus grosse est en panne;

* on essaye d'avoir des pompes identiques;

* en cas de panne, électrique, ^{doit} pouvoir refoulé 50% du débit;

* il faut toujours éviter de placer les pompes dans un seul couloire. (9)

En se basant sur ces critères, nous proposons de placer Quatres pompes à bas niveau ayant des débits de refoulement, respectivement, 5000, 7000, 5000, 7000 m^3/j . Ces quatre pompes sont placées deux à deux dans les deux parties du puit. (Voir fig. 7.2)

Pendant l'emplacement de ces pompes, on doit prévoir des espaces pour les panneaux de distribution électriques et également pour la circulation du personnel d'entretien. (Fig. 7.2)

Ces espacements vont nous permettre d'évaluer la largeur et la longueur du puit, et qui sont respectivement de 2,5 et 5 m pour chaque puit

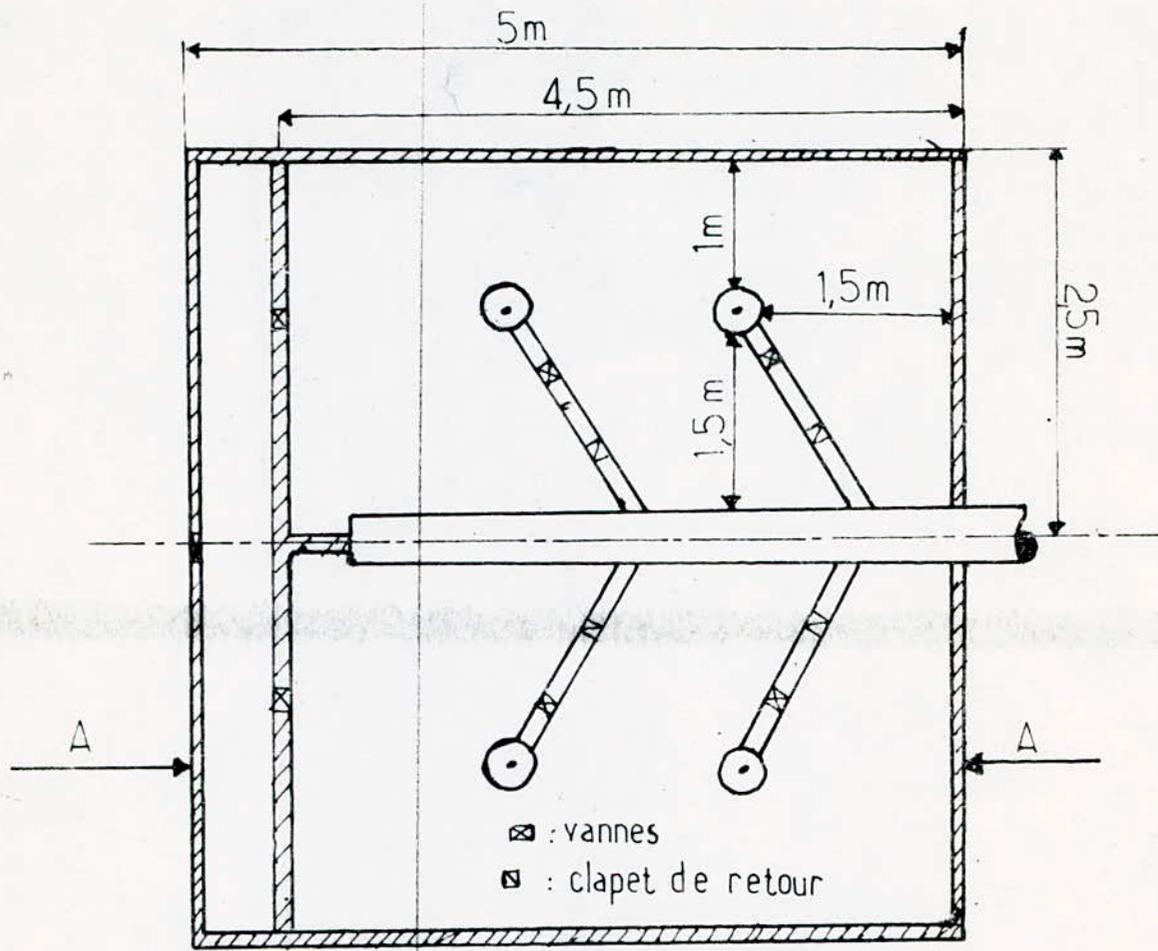


Fig. 7.1 → Puit de stockage d'eau à traiter, vue de dessus—

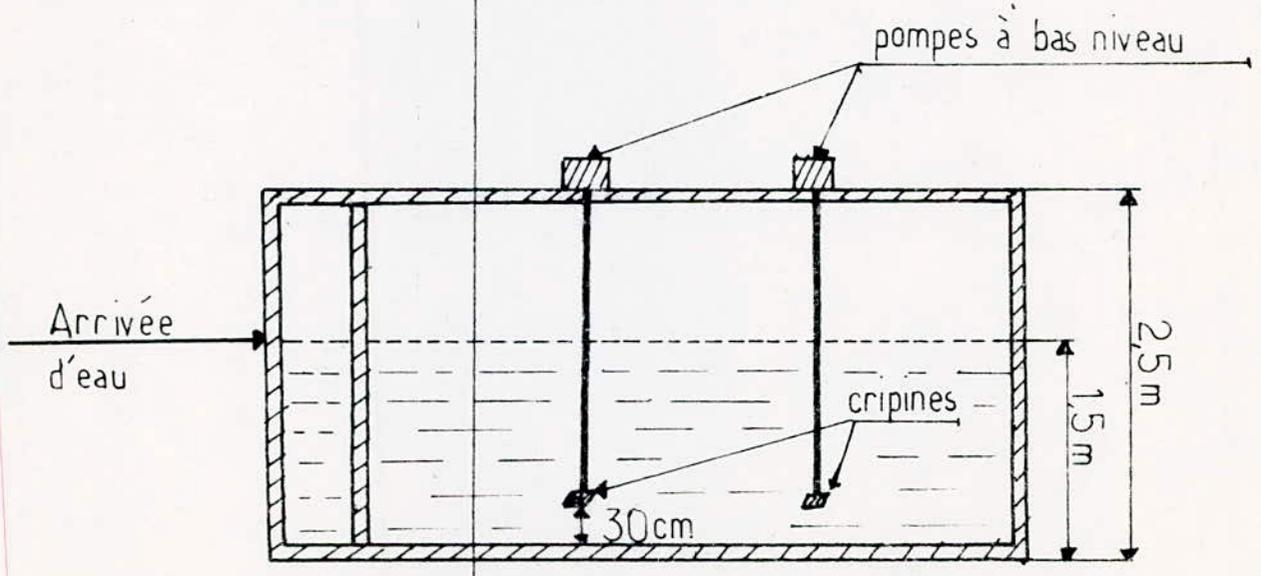


Fig. 7.2 — Puit de stockage, vue en coupe A-A—

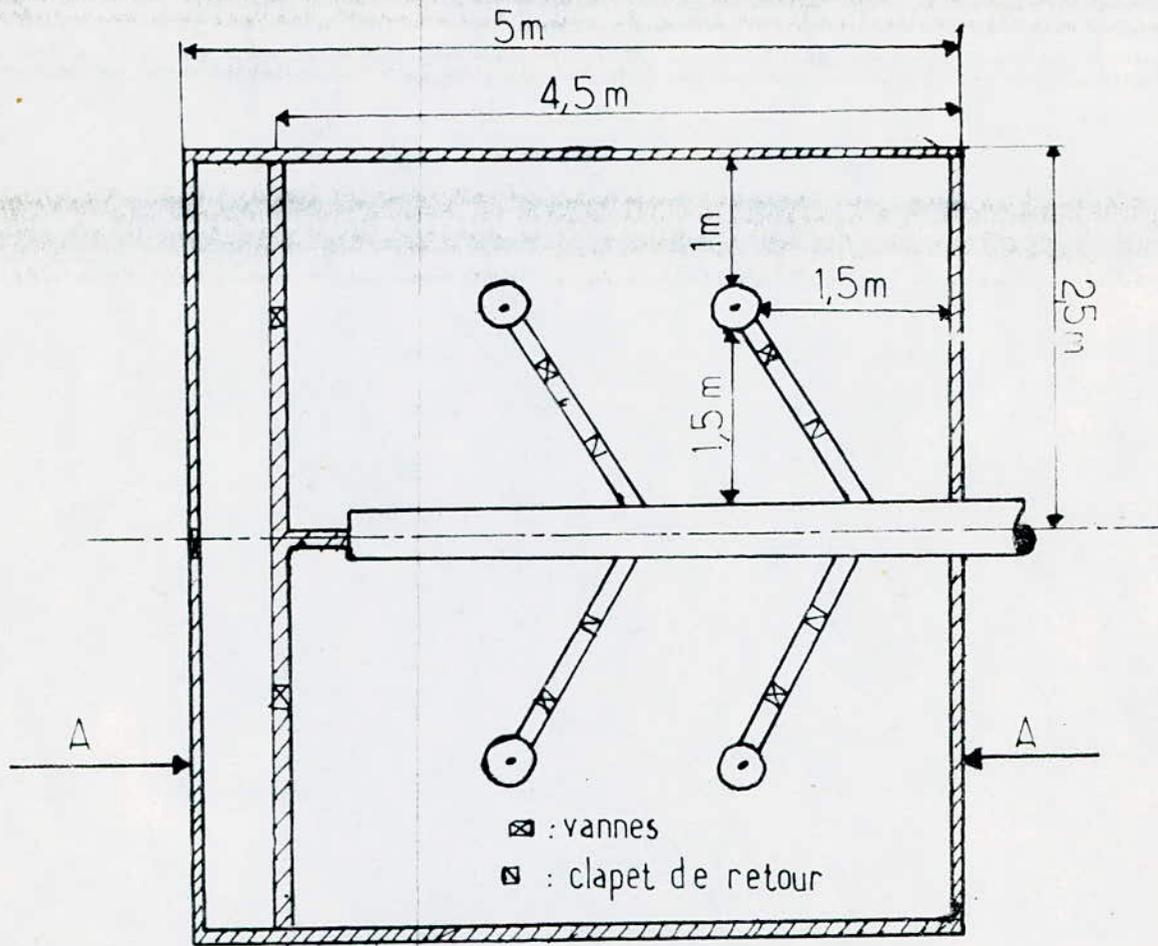


Fig. 7.1 → Puit de stockage d'eau à traiter, vue de dessus—

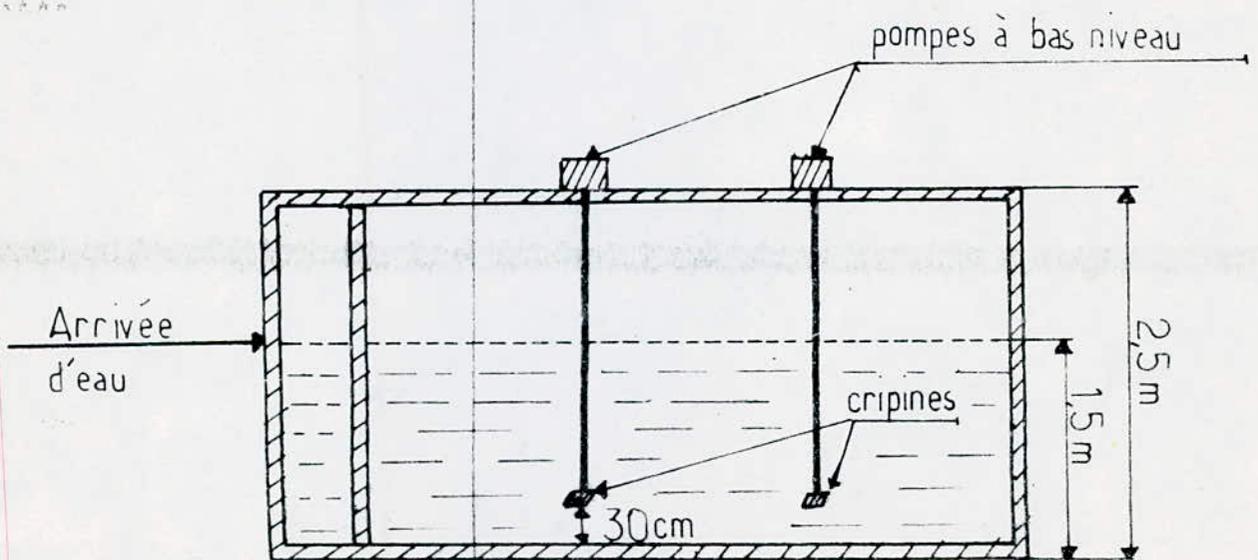


Fig. 7.2 — Puit de stockage, vue en coupe A-A—

- Fonctionnement des pompes :

Les quatre pompes choisies peuvent refouler un débit d'eau allant de 5000 m³/j jusqu'à 24000 m³/j, Cette large gamme est obtenue par plusieurs combinaisons de fonctionnement de ces pompes. Voir Tableau N°= 7.1

Tableau N°= 7.1 --- Possibilités de refoulement offertes par les pompes à bas niveau---

| Pompe 1 (5000 m ³ /j) | Pompe 2 (5000 m ³ /j) | Pompe 3 (7000 m ³ /j) | Pompe 4 (7000 m ³ /j) | Total refoulé (m ³ /j) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| + | - | - | - | 5000 |
| - | - | + | - | 7000 |
| + | + | - | - | 10000 |
| + | - | + | - | 12000 |
| - | - | + | + | 14000 |
| + | + | + | - | 17000 |
| + | - | + | + | 19000 |
| + | + | + | + | 24000 |

(+) : pompe en fonctionnement; (-) : pompe en arrêt.

Le débit que reçoit notre station est de 16800 m³/j, cette valeur est obtenue lorsqu'on fait fonctionner les trois pompes de 5000, 5000 et 7000 m³/j, cette combinaison se trouve en bon accord avec les critères cités cidessus.

7.3 MELANGEUR RAPIDE (BASSIN DE COAGULATION)

Le mélangeur rapide constitue l'endroit d'injection des produits chimiques qui entrent dans la phase de coagulation. Le coagulant doit être injecté et reparti dans toute la masse d'eau, c'est l'objet du mélangeur rapide. (9)

7.3.1 Choix du mélangeur rapide :

Il existe plusieurs types de mélangeurs rapides :

- Mélangeurs avec chicanes;
- mélangeurs de conduites (injection des produits coagulants dans des endroits bien déterminés dans les conduites;
- mélangeurs avec agitateurs mécaniques.

Le type le plus répandu dans les stations de traitement des eaux est celui avec agitation mécanique.

Pour assurer une bonne flexibilité dans le bassin il faut pouvoir jouer sur le temps de rétention et sur l'intensité de brassage. (9)

a°/ Le temps de rétention : En général, il faut assurer un temps de séjour dans le mélangeur rapide de 2 à 5 min.

b°/ L'indice de brassage : Le mélangeur rapide est caractérisé au moyen d'un gradient de vitesse G . Pour avoir un meilleur brassage, on se contente d'avoir un indice de brassage G compris entre 700 et 1000 s^{-1} . (9)

7.3.2 Dimensionnement d'un mélangeur rapide :

Le volume du bassin de mélangeage rapide sera déterminé par le

biais des données suivantes :

- temps de rétention: $t_s = 2$ min;
- Débit d'eaux à traiter : $Q=700$ m³/h.

Le volume du bassin sera donc : $V=Q.t_s = 24$ m³.

- Généralement, tous les ouvrages de traitement des eaux possèdent une hauteur constante allant de 2,5 à 4 m, pour notre cas, on prend une hauteur $H=4$ m.

La surface utile du mélangeur sera donc : $S = V/H = 6$ m².

Pour assurer une bonne flexibilité de fonctionnement, on partage ce volume entre, au moins, deux unités. (Voir fig. 7.3)

Le gradient de vitesse est choisi égale à 800 s⁻¹.

La puissance d'agitation P est donnée par la relation :

$$G = (P/(\mu.V))^{\frac{1}{2}}$$

: viscosité dynamique de l'eau à traiter en Pa.s;

V : volume du mélangeur rapide (m³);

G : gradient de vitesse (s⁻¹);

P : puissance (W).

Si on considère deux bassins de 12 m³ de volume chacun, la puissance descipée dans chaque bassin sera donc :

$$P = G^2 . V_1 = 7680$$
 W

avec : - $\mu = 10^{-3}$ Pa.s

- $V_1 = 12$ m³.

D'autres part, la puissance P est fonction de la vitesse de rotation de l'axe (N) et du diamètre des pales (D). Fig. 7.4

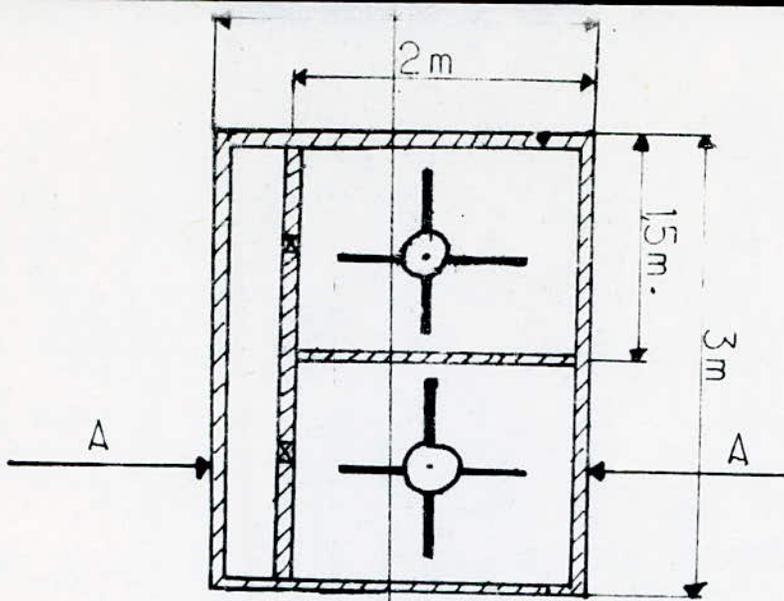


Fig. 7.3 — Mélangeur rapide, vue de dessus —

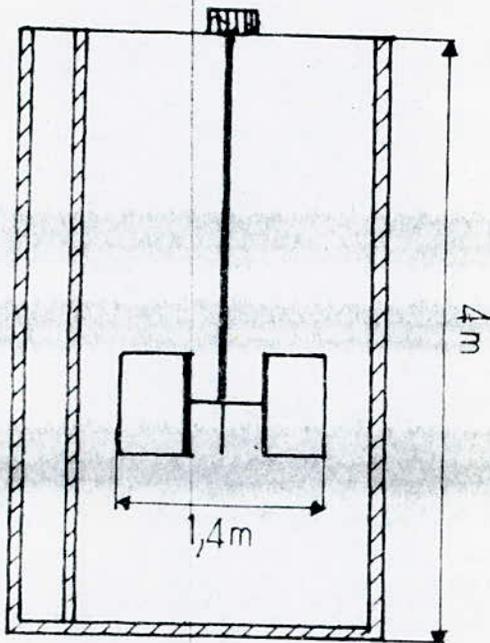


Fig. 7.4 — Mélangeur rapide, vue en coupe A-A —

En régime turbulent : $P = K \cdot N^3 \cdot D^5$

En régime laminaire : $P = K \cdot N^2 \cdot D^3$ (43)

avec : -N: nombre de tour par minute (généralement pris 100tr/min).

-K: constante dépendant de la nature de l'agitateur utilisé,

voir tableau N°= 7.2

Tableau N°= 7.2 --- Valeurs de K pour différents types d'agitateurs ---
(43)

| Impeller | Laminer range | Turbulent rang |
|---|---------------|----------------|
| Propeller, square pitch, 4 blades | 41 | 0,32 |
| Propeller, pitch of two, 3 blades | 43,5 | 1,00 |
| Turbine, 6 flat blades .. | 71 | 6,30 |
| Turbine, 6 curved blades. | 70 | 4,80 |
| Fan turbine, 6 blades ... | 70 | 1,65 |
| Turbine, 6 arrowhead blades | 71 | 4 |
| Flat paddle, 6 blades ... | 36,5 | 1,70 |
| Shrouded turbine, 2 curved blades | 97,5 | 1,08 |
| Shrouded turbine with stator(no baffles) | 172,5 | 1,12 |

Exemple :

Si on choisit un agitateur à quatre pales carrées, et si on suppose qu'on est en régime turbulent ($K=0,32$), nous pouvons calculer le

le diamètre de l'agitateur .

$$P = K \cdot N^3 \cdot D^5$$

On trouve $D = 1,4$ m

Les caractéristiques du mélangeurs rapide conceptionné sont regroupées dans le tableau N°= 7.3.

Tableau N°= 7.3 --- Caractéristiques du mélangeur rapide---

| |
|--|
| Temps de sejour : $t_s = 2$ min |
| Volume de chaque demi-bassin : $V_1 = 12$ m ³ |
| Hauteur du mélangeur : $H = 4$ m |
| Surface de chaque demi-bassin $S_1 = 3$ m ² |
| Longeur * Largeur = $2 * 1,5$ m*m |
| Indice de brassage : $G = 800$ s ⁻¹ |
| Puissance descipée : $P = 7600$ W |
| Agitateur à quatres pales carrées |
| Diamètre des pales : $D = 1,4$ m |

7.4. FLOCULATEUR

7.4.1 Généralités :

La floculation doit se poursuivre pendant un laps de temps allant de 15 à 30 minutes. La grosseur du floc est liée au temps de floculation, à la dose du floculant et à l'intensité de l'agitation.

Le brassage dans le flocculateur ne doit pas être le même dans tous les endroits du bassin, de sorte qu'il doit être plus faible à la sortie qu'à l'entrée.

Les flocculateurs existant à l'échelle industrielle sont en nombre de deux : des bassins avec chicanes, bassins avec agitateurs (agitateurs horizontaux, verticaux et balanciers).

La caractéristique commune pour tous les bassins est le temps de séjour. On essaye toujours d'avoir un indice de brassage de 100 s^{-1} à l'entrée et aux environs de 5 s^{-1} à la sortie.

Le flocculateur que nous avons choisi est de type à agitation horizontale, dont les pales sont construites de planches en bois.

7.4.2 Dimensionnement du flocculateur :

Le volume du flocculateur est estimé à partir du temps de séjour, $t_s = 30 \text{ min}$, le débit à traiter est de $700 \text{ m}^3/\text{h}$. Le volume sera donc :
 $V = Q \cdot t_s = 349,2 \text{ m}^3$.

Ce volume sera réparti entre deux bassins de 4 m de hauteur et ayant un volume de 176 m^3 chacun. La surface occupée par chaque bassin sera $S = 44 \text{ m}^2$.

Les pales sont placées sur un seul axe muni d'une vitesse constante (N) égale à $10^t/\text{min}$. Pour pouvoir varier le gradient de vitesse le long de l'axe, on doit jouer sur la section des planches constituant les pales. Le nombre d'agitateurs sur l'axe est choisi égale à quatre.

fig. 7.5

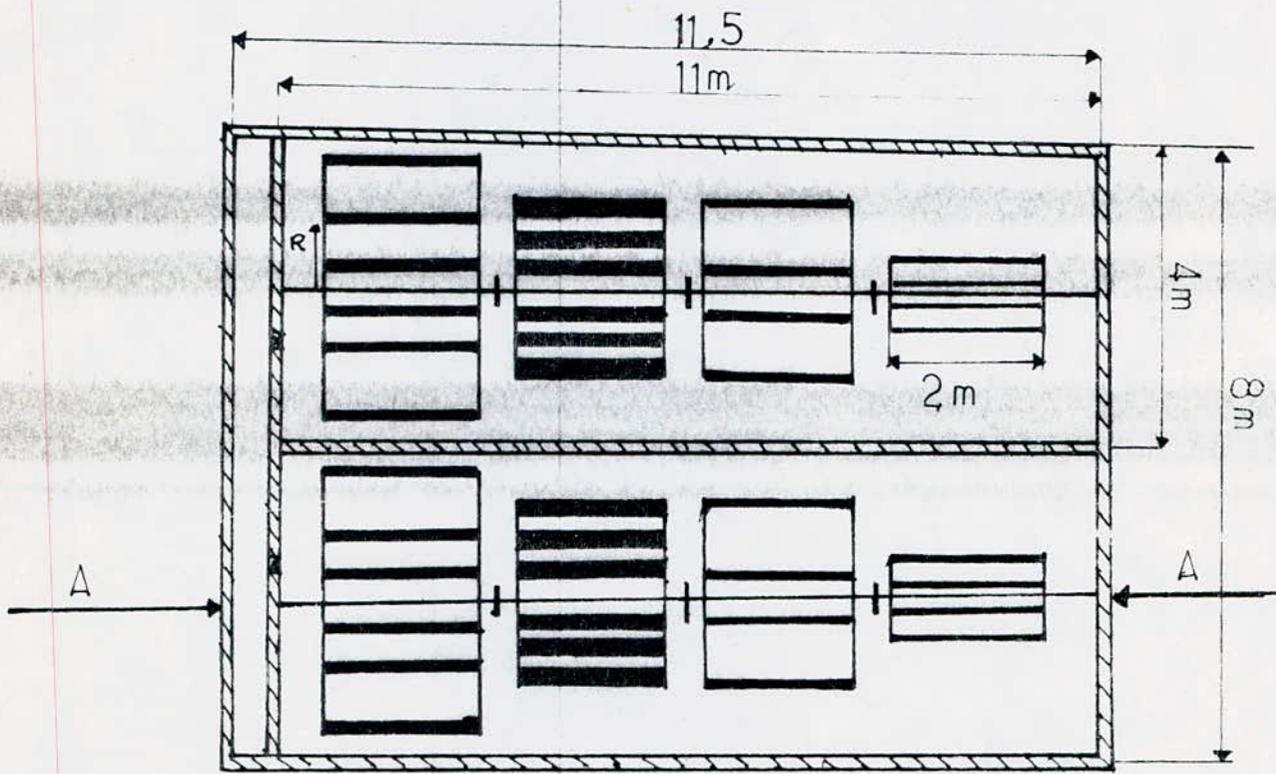


Fig. 7.5 — Floculateur, vue de dessus —

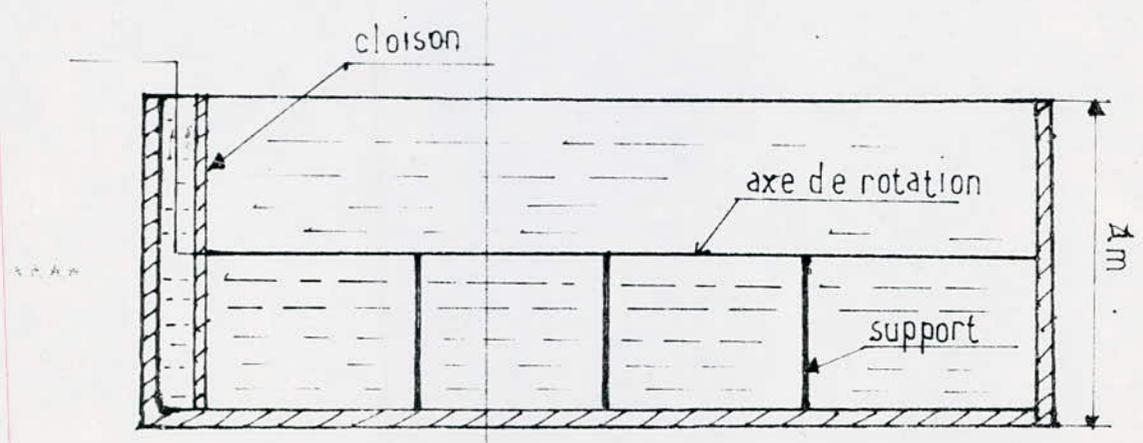


Fig. 7.6 — Floculateur, vue en coupe A-A —

La détermination des surfaces des pales se fait à partir de la puissance descipée P, cette dernière est donnée par la formule:

$$P = \frac{1}{2} C_t A \rho V_r^3$$

avec : C_t : coefficient de trainé, $C_t = 1,8$ pour les pales plates.

A : La surface totale offerte par l'agitateur.

V_r : vitesse relative de rotation, $V_r = V_a \cdot 0,75$, V_a étant la vitesse absolue.

$V_a = 2 R.N$ avec R : la distance qui sépare l'axe de rotation au centre de gravité de la pale.

Si on fixe une valeur de G (indice de brassage), on pourra calculer la puissance descipée par un agitateur dans un volume bien déterminé du flocculateur, et par la suite estimer la surface utile des pales.

$$G = (P / (\rho V'))^{\frac{1}{2}}$$

Si on place quatre agitateurs, chacun d'entre eux va brasser un volume V' égale à $V/4$.

exemple de calcul :

- $G = 100 \text{ s}^{-1}$, la puissance descipée sera égale à 440 W .
- On fixe un rayon de pales $R=0,9 \text{ m}$, la vitesse de rotation sera donc égale à, $V_r = 0,71 \text{ m/s}$.
- La surface totale offerte par les pales est alors $S=1,38 \text{ m}^2$.
- si on répartie cette surface sur deux pales de part et d'autre de l'axe de rotation, et chaque pale comprend 3 planchers de 2 m de

de longueur (largeur de la pale), la surface d'un seul plancher sera donc $S_0 = S/2/3 = 0,23 \text{ m}^2$, la largeur de chaque planchet sera donc égale à $0,23/2 = 0,11 \text{ m}$.

Le premier agitateur comprend donc : 2 pales, chaque pale est formée de 3 planchers de 2 m de longueur et de 10 cm de largeur, l'emplacement de ces planchers sur la pale se fera de telle sorte que le centre de gravité de l'ensemble tombe en un point situé à une distance $R=0,9\text{m}$ de l'axe de rotation.

On recalcule de nouveau G et la puissance dissipée P , pour ces valeurs de surface, on trouve $G=93 \text{ s}^{-1}$ et $P=380 \text{ W}$.

Pour les autres agitateurs, le calcul des surfaces utiles se fera de la même façon que pour le premier. Les résultats ainsi obtenus sont regroupés dans le tableau 7.4.

Tableau N°= 7.4 --- Caractéristique du flocculateur---

| Temps de séjour $t_s = 30$ minute. | | | | |
|--|---------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| Volume de chaque bassin $V = 176 \text{ m}^3$. | | | | |
| Hauteur " " " $H = 4 \text{ m}$. | | | | |
| Longueur " " " $L = 11 \text{ m}$. | | | | |
| Largeur " " " $l = 4 \text{ m}$. | | | | |
| Nombre d'agitateurs : 4. | | | | |
| Vitesse de rotation de l'axe principal : $N = 10 \text{ tr/min}$. | | | | |
| Caractéristiques | Agitateurs | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Indice de brassage (G) | 93 s^{-1} | $74,8 \text{ s}^{-1}$ | 24 s^{-1} | 5 s^{-1} |

suite du tableau N°= 7.4

| Caractéristiques | Agitateurs | | | |
|--|------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Puissance(W) | 380 | 226 | 27 | 1.09 |
| Nombre de pales | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Nombre de planchers par pale | 3 | 3 | 2 | 2 |
| Largeur de la pale (m) | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Largeur de chaque plancher (m) | 0,1 | 0,15 | 0,06 | 0,04 |
| Distance entre l'axe de rotation et le centre de gravité de la pale (R) en (m) | 0,9 | 0,5 | 0,6 | 0,2 |

7.5. DECANTEUR

7.5.1 Généralités :

Après la phase de coagulation-floculation, l'eau se trouve chargée de flocons qu'il faudra éliminer pour ne pas perturber le traitement de filtration. (43)

Les principaux décanteurs utilisés pour assurer une bonne décantation dans le cas des eaux peu chargées sont les décanteurs à lamelles et les décanteurs à tubes inclinés.(9)

En ce qui concerne notre station, nous avons choisit un décanteur à tubes inclinés de 60° par rapport à l'horizontal, parce que le débit d'eau que nous envisageons traiter est important.

7.5.2 Dimensionnement du décanteur :

La détermination de la surface du décanteur se fait en connaissance de la charge superficielle (C_s), cette dernière est prise égale à 4,5 m/h.

La surface S sera donc égale à $Q/C_s = 155,6 \text{ m}^2$

Pour assurer une bonne flexibilité, il est nécessaire d'installer deux décanteurs de $77,8 \text{ m}^2$ de surface chacun au lieu d'un seulement. Cette surface sera répartie sur une longueur de 15,6 m et une largeur de 5 m.

Le décanteur est recouvert sur toute sa surface ~~par~~ des tubes inclinés de 60° . (voir figure 7;7)

Les tubes disponibles au marché sont standards, et possèdent les caractéristiques suivantes :

- Longueur $L_0 = 1,8 \text{ m}$
- Surface carrée de 5 cm de côté et 0,5 cm d'épaisseur.
- Lorsque ces tubes sont inclinés de 60° , la surface latérale traversée par l'eau sera donc égale à $S_0/\cos 30$. (fig.7.9)

Ces données vont nous permettre d'estimer le nombre de tubes que peut contenir chaque décanteur:

$$- n = S/S_0 = \frac{\text{surface du décanteur}}{\text{surface offerte par chaque tube}}$$

$$n = 18524 \text{ tube par décanteur.}$$

La figure 7.7 montre comment sont tassés les tubes, ainsi que l'écoulement de l'eau dans un décanteur à tube inclinés.

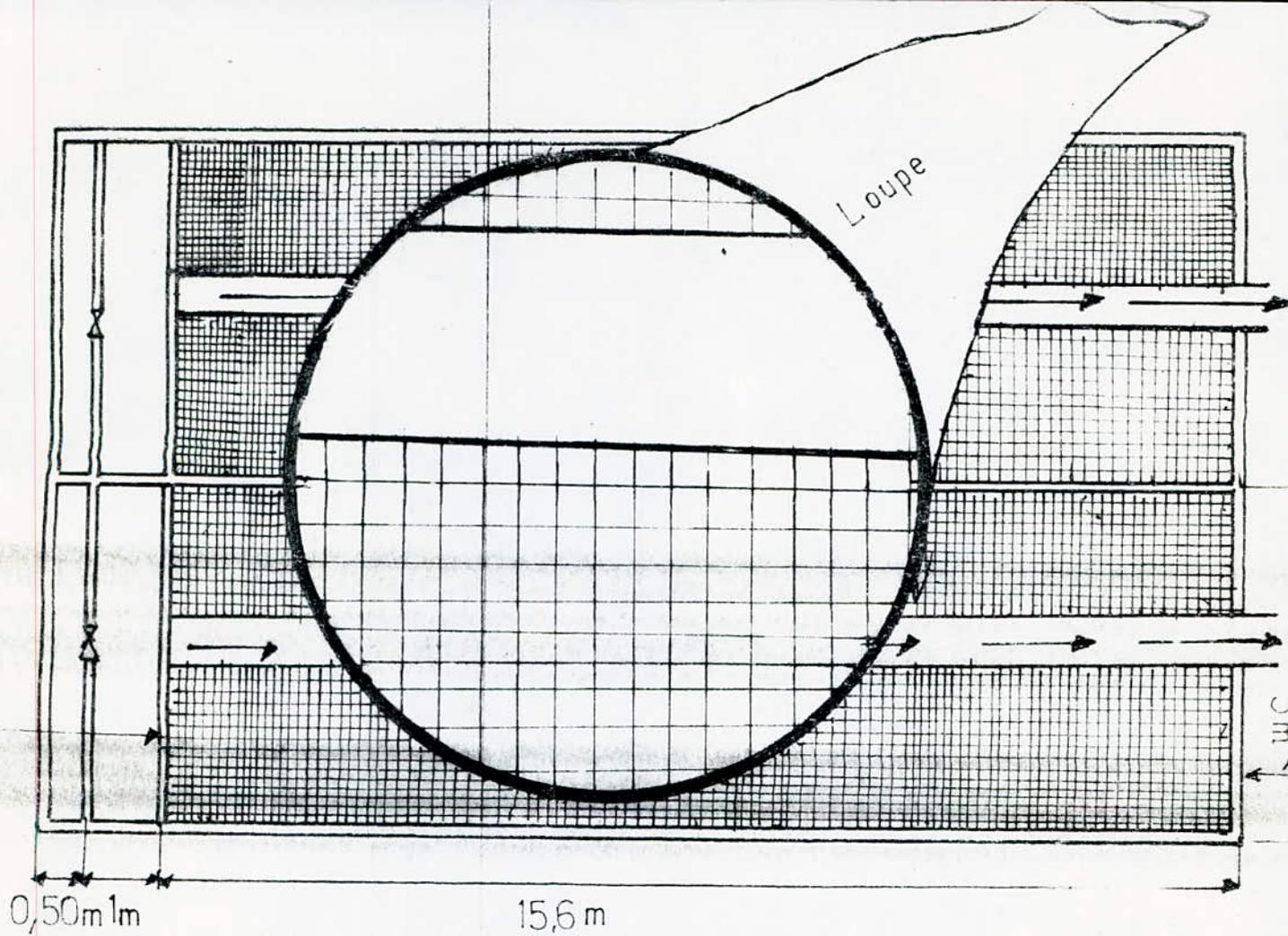


Fig. 7.7 — Décanteurs, vue de dessus —

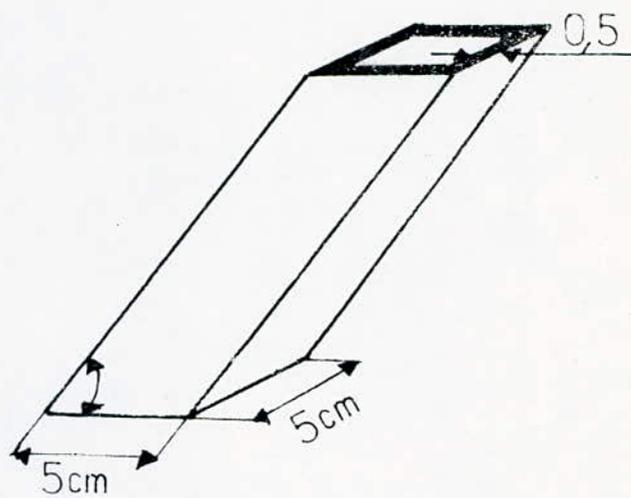


Fig. 7.8 — Tube de décantation —

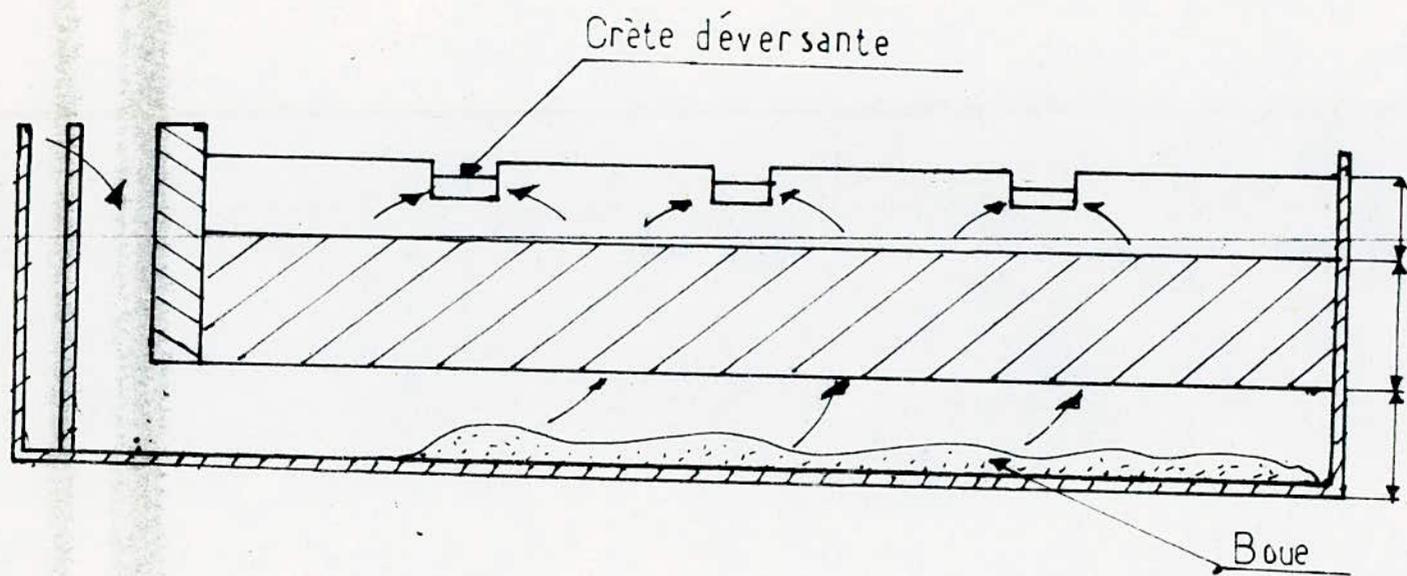


Fig 7.9 — Décanteur vue en coupe AA —

7.6. FILTRE A SABLE RAPIDE

7.6 1 Généralités.

C'est le type de filtre le plus utilisé dans les usines municipales à production d'eau potable. Généralement, il est utilisé pour épurer une eau très peu chargée en matières polluantes .

La filtration rapide sur **sable exige un prétraitement** de floculation-décantation.

La vitesse de filtration est assez rapide (5 m/h pour les filtres à sable et 9,8 m/h pour les filtres à sable et anthracite.

7.6; 2 Dimensionnement d'un filtre rapide sur sable:

Le débit d'eau à traiter est estimé à $700 \text{ m}^3/\text{h}$, cette quantité d'eau exige une surface de matériau filtrant égale à Q/C_s , avec C_s : la charge superficielle de filtration (5 m/h); on trouve $S=140 \text{ m}^2$.

Pour avoir plus de flexibilité pendant l'opération de filtration, il est préférable de partager cette surface entre deux filtres ayant 70 m^2 de surface chacun.

Le matériau filtrant utilisé est le sable (diamètre effectif $D_e = 0,37 \text{ mm}$ et le coefficient d'uniformité $C_u=2.$). La hauteur du milieu filtrant est prise égale à 1 M.

7.6.3 Equipement du filtre :

Les principaux équipements requis au bon fonctionnement d'un filtre sont le fond du filtre, la pompe de lavage, les goulottes de lavage,

les conduites d'alimentation, de drain, de lavage et d'eau traitée.(8)

a°/ Fond du filtre : Son but est de supporter le milieu filtrant, collecter les eaux traitées et distribuer uniformément les eaux de lavage. Les principaux fond de filtre utilisés sont :

- réseau de conduite;
- fond Leopol;
- fond de Weller;
- plaques poreuses;
- fond à busettes.

Le fond à busettes est celui le plus utilisé actuellement dans les filtres rapides.

Le plancher (fond) est équipé d'un réseau très dense de buselures à longue queue, environ 55 par m^2 , qui assurent un drainage optimal de toute la surface du lit filtrant ainsi qu'une parfaite équirépartition de l'eau filtrée comme de l'eau et de l'air de lavage. (7) voir fig.7.11)

Ces busélures en matière plastique ont une large section de fente collectrice d'eau dont la largeur est nettement inférieure à la taille des plus fines particules de sable. Aucun passage du sable sous le plancher n'est donc à craindre.

b°/ Pompe de lavage : La pompe de lavage doit avoir une capacité suffisante pour fluidiser le milieu filtrant et assurer ainsi son nettoyage. La capacité de la pompe est donc fonction des caractéristiques du milieu filtrant. Les vitesses de lavage courantes sont de 35 à 50 m/h. Un lavage bien mené dure exactement 15 minutes. (9)

Le lavage se fait à l'aide de l'eau déjà filtrée, de sorte que 2% de l'eau filtrée est réservé pour nettoyer le milieu filtrant.

c°/ Goulottes de lavage : Leur rôle principal est de collecter les eaux de lavage du filtre. Le nombre de goulottes installées dans un filtre est déterminé en se basant sur la règle suivante : une goutte d'eau ne doit pas parcourir une distance horizontale supérieure à 0,9 m. La distance qui séparera deux goulottes successives sera donc de 1,8m au maximum.

Pour notre cas, on installera quatre goulottes dans chaque filtre.

d°/ Les vannes : Le filtre doit être muni de quatre vannes principales :

- la vanne de sortie d'eau filtrée;
- la vanne d'entrée d'eau de lavage;
- la vanne d'entrée d'air de lavage;
- la vanne d'évacuation d'eau de lavage.

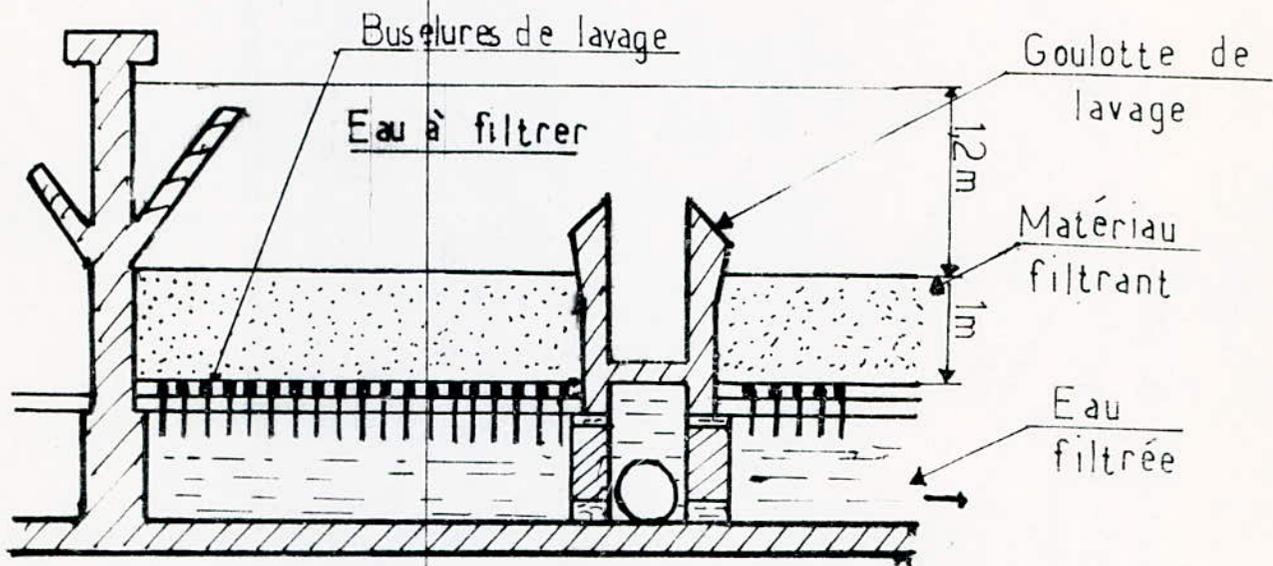


Fig. 7.10 — Filtre à sable rapide en période de filtration —

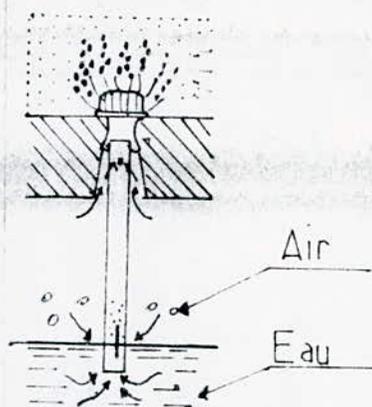


Fig 7.11 — Buselure en période de lavage —

o-o-o-o-o-- CONCLUSION GENERALE --o-o-o-o-o

L'étude qui nous a été proposée consistait en un recyclage des eaux usées traitées du complexe textile de DBK afin de parvenir à limiter la sur-consommation d'eau de la nappe phréatique, et de participer, par ailleurs, à protéger l'oued Sebaou, où sont rejetés les eaux usées du complexe, d'une contamination certaine et incessante.

Pour accomplir cette étude, une connaissance générale et détaillée des caractéristiques physico-chimiques des eaux issues de la station d'épuration (STEP), s'avérait nécessaire pour pouvoir choisir les procédés de traitement assurant une épuration poussée, et permettent ainsi d'obtenir une eau qui puisse être utilisée une nouvelle fois pour alimenter le complexe.

Les analyses faites sur des échantillons d'eau à recycler ont permis de sélectionner les paramètres de pollution les plus importants, et qui doivent être éliminés d'un moyen ou d'un autre, à savoir, la couleur, les matières turbides et celles en suspension; la DCO, les huiles et l'alcalinité.

En se référant aux travaux faits sur l'établissement des procédés de recyclage des eaux usées textiles, nous nous sommes décidés à procéder à un traitement de coagulation-floculation suivie d'une filtration rapide sur sable, ce moyen d'épuration a été pratiqué avec succès dans beaucoup d'usines de production de textiles en RFA.

Par le traitement de coagulation-floculation, on visait principalement à éliminer la couleur de l'eau, car les particules qui en sont responsables ont une taille très petite et forment avec le coagulant des floes difficiles à décarter, donc si on arrive à éliminer ces floes, on est sûr et certain que toutes les particules de taille supérieure à celle des particules responsables de la couleur (particules turbides, MES) seront totalement éliminées.

Une coagulation d'un échantillon d'eau, à recycler, avec du FeCl_3 comme coagulant et quelques milligrammes de bentonite servant comme aide coagulant, a donné des résultats très satisfaisants : une élimination totale de la couleur et des matières en suspension; quant aux matières turbides, nous n'avons pas pu les décarter totalement, parce que le pH n'était pas optimal.

L'étape suivante consistait à faire passer l'eau coagulée et décantée, à travers une colonne remplie de sable de granulométrie connue, la filtration s'est effectuée à une vitesse de 5 m/h.

Le filtrat obtenu était totalement débarrassé de toute sorte de pollution : une turbidité presque nulle, une demande chimique en oxygène et des teneurs en matières en suspension négligeables et les huiles étaient indécétables par gravimétrie.

Nous venons donc de vérifier l'efficacité, de ces deux procédés (coagulation-floculation et filtration rapide sur sable), dans l'épuration poussée des eaux usées textiles préalablement traitées par la (STEP), comme nous avons présenté les méthodes de conception

d'ouvrages permettant d'assurer ces traitements pour un débit d'eau équivalent à celui des eaux rejetées par le complexe.

o-o-o-o-o ANNEXE o-o-o-o-o

o-o-o METHODES DE DOSAGE o-o-o1°) DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION (M.E.S)

Les M.E.S comportent des matières organiques et des matières minérales qui ne sont ni solubilisées ni à l'état colloïdal.

La détermination des M.E.S se fait par filtration. L'eau est filtrée et le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

2°) DETERMINATION DE LA TURBIDITE

La turbidité de l'eau est due à la présence dans l'eau des matières finement divisées : argiles, limons grains de silice, matières organiques, etc.. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité.

La détermination de la turbidité se fait par néphélométrie, pour cela, on utilise un turbidimètre qui permet d'avoir directement la valeur de la turbidité d'une eau exprimée en unité néphélométrique.

3°) DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

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

II

Méthode par le dichromate de potassium

- Principe : Dans les conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure.

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

- Réactifs :

- Eau distillée.
- Sulfate de mercure cristallisé.
- Solution de sulfate d'argent (dissoudre 6,6 g d' Ag_2SO_4 dans 1 litre d' H_2SO_4 concentré).
- Solution de dichromate de potassium (0,025N).
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium (0,025 N).
- Solution de ferroïne (dissoudre 1,435 g de phénanthroline et 0,695 g de sulfate de fer dans 100 ml d'eau distillée).

- Mode opératoire : Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un ballon de 500 ml. Ajouter 1g de sulfate de mercure et 5 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Chauffer, si nécessaire, jusqu'à parfaite dissolution. Ajouter 25 ml de solution de dichromate de potassium (0,025N) puis 70 ml de solution sulfurique de sulfate d'argent. Porter à ébullition pendant 2 heures sous réfrigérant à reflux adapté au ballon. Laisser refroidir. Diluer à 350 ml avec de l'eau distillée. Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne. Déterminer la quantité nécessaire de solution de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacé. Procéder aux mêmes opérations avec 50 ml d'eau distillée

La demande chimique en oxygène exprimée en mg d'O₂/l est donnée par la formule suivante :

$$DCO = \frac{(V_0 - v) 8000}{V_1} \cdot T$$

V₀ = Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire pour le titrage de l'essai à blanc.

V = Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

V₁ = Volume de la prise d'essai.

T = Le titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

Remarque : la méthode décrite ci - dessus est très satisfaisante pour des teneurs en chlorures exprimées mg de Cl⁻, inférieures à 1,5 g/l.

4°) Dosage des chlorures :

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 d'une teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Réactifs :

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium cristallisé
- Solution de chromate de potassium (10 %).
- Solution de nitrate d'argent (0,1N).

IV

- Mode opératoire : Introduire 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur et une pincée de carbonate de calcium, le pH de l'eau ainsi obtenue doit être aux environs de 7. Ajouter 3 gouttes de chromate de potassium. Titrer à l'aide d'une solution de nitrate d'argent N/10 jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui persistera quelques minutes. Soit V le volume nécessaire pour le titrage.

La teneur en chlorures exprimée en mg Cl^- /l est donnée par la relation suivante :

$$\text{Cl}^- = V \cdot 10 \cdot 3,55$$

5°) DETERMINATION DU TITRE ALCALIMETRIQUE TOTAL (COMPLET)

Le titre alcalimétrique complet ou T_{Ac} d'une eau, correspond à sa teneur en alcalis libres, en carbonates et en bicarbonates.

La détermination du T_{Ac} se fait par volumétrie. Elle est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minérale dilué en présence d'un indicateur coloré approprié.

- Réactifs :

- Acide sulfurique N/50.
- Solution alcoolique de méthyle orange.
- Eau distillée exempte d'anhydride carbonique libre.

- Mode opératoire : Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une capsule de porcelaine blanche. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de méthyle orange. Verser ensuite doucement l'acide dans la capsule à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à apparition de la

couleur rose. Soit V le nombre de millilitres d'acide versés depuis le début du titrage. Le T_{Ac} exprimé en degré Français est donné par :

$$T_{Ac} = V$$

6°) DOSAGE DES HUILES PAR GRAVIMÉTRIE

Les graisses sont extraites de l'échantillon, acidifié à pH 5, par du trichloréthylène et dosées gravimétriquement après évaporation du solvant.

- Mode opératoire : Dans une ampoule à décantier de 2 litres, prélever 1 litre d'eau à analyser et acidifier jusqu'à pH 5 par de l'acide chlorhydrique, pour hydrolyser les savons et casser les émulsions éventuelles. Ajouter 100 ml de trichloréthylène dont 25 ml serviront au rinçage du flacon ayant contenu l'échantillon. Agiter 2 minutes et laisser décanté. Récupérer la phase organique dans un petit flacon prépesé. Répéter l'extraction deux autres fois sur la phase aqueuse en utilisant que 50 ml de trichloréthylène. Réunir les trois phases organiques. Distiller le solvant (la température du bain ne doit dépasser 70°C). On termine l'évaporation sous vide et on pèse à poids constant.

La différence entre le poids du flacon après distillation et le poids de sa tarre donne directement la teneur en matières grasses exprimée en mg/l.

7°) DETERMINATION DE LA COULEUR

La coloration d'une eau peut être mesurée soit par la méthode Cobalt-Platine, soit par spectrophotométrie d'absorption.

-Méthode spectrophotométrique :

Cette méthode utilise la propriété, qu'ont les solutions colorées, d'absorber une partie de lumière incidente monochromatique. La longueur d'onde à laquelle absorbe la solution colorée est fonction de la nature des substances responsables à SA coloration.

Soit: I_0 l'intensité de la lumière incidente monochromatique,

I l'intensité de la lumière émise.

Beer-Lambert a mis en évidence la relation qui existe entre la quantité de lumière absorbée et la concentration de la solution en matières colorantes. cette relation s'exprime comme suite :

$$T = I/I_0 \quad \text{et} \quad \text{Log } I/I_0 = e.C.d = E$$

avec : -T : la transmittance (%);

-E : extinction moléculaire ou densité optique;

-e : coefficient d'extinction. (caractéristique de la solution);

-C : la concentration de la solution;

-d : diamètre de la cellule traversée par le faisceau lumineux.

En pratique, on mesure soit la densité optique, soit la transmittance de la solution qui sont toutes les deux fonction de la concentration de la solution.

o-o-o-o-o-o-o-BIBLIGRAPHIE o-o-o-o-o-o-o

1. - BAUDE P. - Traité de chimie industrielle. t.III. Paris, 1970.
2. - BEAUDRY J. P. - Traitement des eaux. Ed Griffont d'argile. 1980.
3. - BECHAC J. P. et BOUTIN P. - Traitement des eaux usées. Ed F...
1983.
4. - BRUNET - Optimal conditions for applying an ozone and hydrogène
peroxyde oxidizing system. Ed Water research. January 1988. Volume
22, N°=22.
5. - Bulletin scientifique de l'industrie textile. 1985. Volumes 4,
N°= 53,54,55,56,57.
6. - CHARPIN M. - Etude de traitement des eaux de teinture, d'
et de blanchiment textile. Nuisance et environnement. Décembre
1977. N°= 66.
7. - DEGREMONT - Mémento technique de l'eau. Paris, 1978.
8. - DESJARDINS R. - Conception d'ouvrages de purification des
Ecole polytechnique de Montréal. 1984.
9. - DESJARDINS R. - Cours de perfectionnement de traitement des
de consommation. ENPA. 1989.
10. - DESJARDINS R. - Le traitement des eaux. Edition de l'Ecole
technique de Montréal, Canada, 1988.
11. - DOCUMENT DE LA COTITEX - La teinture du coton. Française des
matières colorantes. S.A. 1969.
12. - DOCUMENT DE COTITEX - Rapport concernant les rejets des effluents
liquides. 1984

13. - ECKENFELDER W. W. - Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Technique et documentation Lavoisier. Paris, 1982.
14. - EDELINE F. - L'épuration physico-chimique des eaux. Edition CEBEDOC, Liège? 1985.
15. - ELLER et FORD - Journal de l'association Américaine du génie hydraulique. Mars 1970.
16. - FRANCAISE DES MATIERES COLORANTES - Manuel d'application des matières colorantes et produits spéciaux pour la teinture et l'impression du coton. Paris, 1978.
17. - FRANK N. - Manuel de l'eau. Technique et documentation Lavoisier.
18. - GAID A. - Epuration biologique des eaux usées urbaines. "t I,II. Office des publications universitaires. Alger, 1984.
19. - GILBERT E. - Biodegradability of ozonation products as a function of COD and DOC élimination by the example of humic acids. Ed Water research. JANUARY 1988. Volume 22, N°= 1.
20. - GINICCHIO J. C. - Les technologies modernes dans le domaine de la récupération des eaux usées. OMS, Novembre 1983.
21. - GINICCHIO J. C. - Quelques aspects de la décoloration d'eau usée communale. TMS. 1985. N°=25.
22. - GOMELLA C. et GUERRES - Le traitement des eaux publiques industrielles et privées. Eyrolles, Paris, 1978.
23. - HEDAYATULLAH M. - Les colorants synthétiques. 4^e trimestre, 1986.
24. - IDEL'CIK I. E. - Mémento des pertes de charge. Eyrolles. Paris, 1979.

25. - KETTAB A. - Cours de traitement des eaux. ENPA.
26. - KETTAB A. - Etude technico-économique du sulfate d'aluminium et des sels ferriques comme agents coagulants à la station de traitement des eaux potables d'Annaba. Thèse d'ingénieur d'état. INA. Alger, 1977.
27. - LEFUSTEC M. - Technologie des matieres et industries textiles. Edition Eyrolles. 1979.
28. - LOUNICI H, et MAZIGHI A. — Quantification de la pollution engendrée par le complexe textile de DBK. Thèse d'ingénieur d'état, ENPA. Alger, 1988.
29. - MAES M. - Les résidus industriels: traitement, valorisation et législation. Entreprise moderne d'edition technique et documentation. Paris.
30. - MASSCHELEIN W. J. - La filtration sur sable dans le contrôle de la quantité des eaux. L'eau et l'industrie. JUIN 1979. N°=36
31. - MEINCK F. STOFF H. - Les eaux résiduaires industrielles. 2^e Edition Masson. 1977
32. - MESTRIUS P. - Valorisation énérgitique des eaux de lavage de la laine. L'eau, l'industrie et les nuisances. Janvier 1986. N°=97.
33. - MOHELLEBI F. - Contribution à l'étude de la bentonite de Mostaganem et échange des cations Cu^{2+} et Zn^{2+} . Thèse de magister, ENPA. Alger, 1983.
34. - PERMO - La pratique de l'eau. Edition du moniteur. Paris, 1981.
35. - RODIER J. - L'analyse de l'eau, eaux résiduaires, eaux naturelles et eaux de mer. 6^e ed Dunod technique.

36. - TANDIA C. T. - Conception des ouvrages d'épuration des eaux.
Partie II. Ecole polytechnique de Montréal. Canada, 1976.
37. - TECHNIQUE DE L'INGENIEUR - Les eaux industrielles. A 2074 -1;
A 2074-2.
38. - TEINTEX - Revue internationale des techniques textiles. Mars 1981.
39. - TOURE O. - Elimination des MES et recyclage des eaux de refroidissement. Projet de fin d'étude. Juin 1986.
40. - VALIRON F. - La réutilisation des eaux usées. Edition technique et documentation. Paris, 1983.
41. - VAN DIJK - La filtration lente sur sable. Document technique. Novembre 1981. N°= 11.
42. - WESLEY J. - L'eau dans l'industrie. Edition technique et documentation. Paris, 1972.
43. - YEDDOU N. - Etude de la conception d'une station de traitement d'eau potable à Mohammadia. Projet de fin d'étude. Juin 1985. ENP.
44. - RAW-HILL - Series in water resources and environmental engineering: wastewater engineering treatment. Second édition Metcalf et eddy, INC.

