

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

17/88

2 EX

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE DE LA DECOLORATION DES EAUX USEES
TRAITEES DE L'UNITE TEXTILE DE DRAA BEN KHEDDA

1 PLANCHE

Proposé par Melle HAMDI.F

Etudié par : Mr OKAT.M

Dirigé par : Melle

Melle KHELIFA.Z.

HAMDI.F

PROMOTION JUIN 1988

0

EXTRA - 100

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE DE LA DECOLORATION DES EAUX USEES
TRAITEES DE L'UNITE TEXTILE DE DRAA BEN KHEDDA

Proposé par Melle HAMDI.F

Etudié par Melle KHELIFA.Z
Mr OKAT.M

Dirigé par : Melle
HAMDI.F

PROMOTION JUIN 1988

وزارة التعليم العالي
المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT مملكة: جيني البيئة
PROMOTEUR : Dr Ing Melle HAMDI.F موجه: دكتورة مهندسة
ELEVES INGENIEURS : Melle KHELIFA.Z& Mr OKAT.M حمدي. ف
التلاميذ المهندسين: خليفة. ز
عكات. م.

الموضوع: دراسة: إزالة اللون الثابت للمياه المعالجة من طرف المؤسسة الوطنية
للأنسجة القطنية لبلدية ذراع بن خدة.
الملاحظ: لكي نتحصل على معلومات خاصة بإعادة المياه إلى حالتها الأولى.
توجهنا إلى إزالة اللون الثابت للمياه المعالجة من طرف المؤسسة
الوطنية للأنسجة القطنية لبلدية ذراع بن خدة، وهذا بإستعمال
وسائل فيزيوكيميائية من بينها: التجميد، التصفية، الامتصاص.
في الأخير إستخلصنا أن المرادود العالي لإعادة هذه المياه إلى وضعها
الأصلي هو إستعمال التجميد، التصفية، الامتصاص في وقت
واحد.

SUJET : Etude de la décoloration des eaux usées traitées de l'unité textile de DRAA BEN KHEDDA.

RESUME: Pour avoir des connaissances, des renseignements sur le recyclage, nous avons été amenés à décolorer des eaux traitées de l'unité textile de DRAA BEN KHEDDA, par différents procédés à savoir: floculation, filtration, adsorption.
Il s'est avéré que le meilleur rendement est obtenu par le couplage des trois procédés (coagulation, filtration, adsorption).

SUBJECT: Study on the decoloration of treated waters of the DRAA BEN KHEDDA textil unit.

OBSTRACT: To get some knowledge and information on the recycling process, we had decolored treated waters from the DRAA BEN KHEDDA textil by different process: coagulation, filtration and absorption.
It turned out that the best efficiency is obtained by coupling the three processes (coagulation, filtration, adsorption).

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail:

- A ma mère, mon père, à la lumière de ma vie.
- A mes frères et soeurs.
- A LAMIA (MOUNA).
- A mes tantes et oncles.
- A tous mes soeurs et frères croyants.
- A tous ceux qui ont contribué à ma formation.
- A MUSTAPHA.

ZOHRÁ.

Je dédie ce modeste travail:

- A mes chers parents qui ne se sont à aucun moment de ma carrière d'étudiant, avisés à me créer des obstacles.
- A mes soeurs et frères.
- A tous mes frères et soeurs croyants.
- A tous ceux qui ont contribué à ma formation.
- A ZOHRÁ.

MUSTAPHA.

R E M E R C I E M E N T S

Il nous aurait été impossible de mener à bien ce travail sans l'assistance et les conseils précieux du Dr Ing HAMDIF enseignante au département du genie de l'environnement; qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nos remerciements vont également au deux sympatiques laborantins NOUAR, MAHFOUD et la secretaire LEILA, ainsi qu'à tout le corps enseignant du département du genie de l'environnement.

Nos remerciements vont en outre, à l'adresse du président et des membres du jury, lesquels ont bien voulu honorer de leur présence en vue de juger ce modeste projet de fin d'étude. Enfin, que tous nos amis(es) croyants ainsi que ceux qui de prés ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail y trouvent l'assurance de notre profonde reconnaissance.

LEGENDE DES SYMBOLES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

GRANDEUR	SYMBOLE	UNITE
DBK	DRAA BEN KHEDDA	
QEBIT	Q	m ³ /s
DIAMETRE	∅	mm
TEMPERATURE	T	°C
TEMPS	t	s
CONCENTRATION	C	mg/l
HAUTEUR	h	m
VITESSE	V	m/s
VOLUME	v	m ³
VISCOSITE DYNAMIQUE	μ	Pa.s
VISCOSITE CINEMATIQUE	ν	m ² /s
POTENTIL ZETA	Z	mv
DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE	DCO	mgO ₂ /l
DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE	DBO	mgO ₂ /l

LISTE DES TABLEAUX

- TABLEAU N° 1 : Consommation des produits chimiques pour l'année 1986.
- TABLEAU N° 2 : Consommation en kilogramme de produits d'encollage et de désencollage pour l'année 1986.
- TABLEAU N° I : Evolution de l'efficacité d'élimination de la couleur en fonction de la concentration de sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$.
- TABLEAU N° II : Effet du coagulant sur l'élimination de la D.C.O.
- TABLEAU N° III : Résultats de la filtration.
- TABLEAU N° IV : Élimination de la couleur en fonction du temps pour une vitesse de 0,02cm/s.
- TABLEAU N° V : Élimination de la couleur en fonction du temps pour une vitesse d'écoulement de 0,05cm/s.
- TABLEAU N° VI : Élimination de la couleur en fonction du temps pour une vitesse d'écoulement de 0,12cm/s.
- TABLEAU N° VII : Influence de la vitesse d'écoulement sur le rendement de décoloration.
- TABLEAU VIII : Élimination de la couleur en fonction du temps une hauteur de 10cm.
- TABLEAU N° IX : Élimination de la couleur en fonction du temps pour une hauteur du lit de 20cm.
- TABLEAU N° X : Élimination de la couleur en fonction du temps pour une hauteur du lit de 30cm.
- TABLEAU N° XI : Élimination de la couleur en fonction du temps pour hauteur de lit de 40cm.
- TABLEAU N° XII : Rendement d'élimination de la couleur en fonction des différentes hauteurs du lit.
- TABLEAU N° XIII : Essai de filtration seul.
- TABLEAU N° XIV : Essai de couplage coagulation+filtration.
- TABLEAU N° XV : Essai d'adsorption seul.
- TABLEAU N° XVI : Essai de couplage coagulation+adsorption.
- TABLEAU N° XVII : Essai de couplage filtration+adsorption.
- TABLEAU N° XVIII : Essai de couplage des trois procédés.

TABLEAU N° XIX : Diminution de la D.C.O et du pH pour chaque procédé.

TABLEAU N° XX : Resultats d'essai avec l'hychlorite de sodium.

TABLEAU N° XXI : Effet de l'augmentation du volume de l'echantillon.

TABLEAU N° XXII: Resultats de décoloration avec un temps infini.

TABLEAU N° XXIII: Effet des concentrations élevées de l'hypochlorite de sodium.

TABLEAU N° XXIV: Resultat après 2 Heures.

TABLEAUX N°XXV : Effet du peroxyde d'hydrogène sur l'eau usée traitée.

LISTE DES FIGURES

- FIG 1: Determination de la meilleure dose de $Al_2(SO_4)_3$.
- FIG 2: Evolution du pH en fonction des doses de $Al_2(SO_4)_3$.
- FIG 3: Rendement d'elimination de la couleur en fonction du temps pour differentes vitesses.
- FIG 4: INFLUENCE DE la vitesse sur le rendement de la coloration.
- FIG 5: Influence de la hauteur du charbon sur le rendement de décoloration.
- FIG 6: Influence de la hauteur du lit sur le rendement d'épuration.
- FIG 7: Taux d'elimination de la couleur en fonction du temps pour coagulation-filtration-adsorption combinées.
- FIG 8: Rendement, Ph, concentration de NaClO en fonction du temps.
- FIG 9 : Influence de l'hypochlorite de sodium sur l'élimination de la couleur.
- FIG 10: Elimination de la couleur par H_2O_2 à 40%.
- FIG 11: Diminution du pH avec l'augmentation de la teneur en H_2O_2 .

S O M M A I R E
==*==*==*==*==*==*

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PARTIE THEORIQUE

- Introduction

CHAPITRE I : Présentation générale du complexe textile
(COTITEX) de DRAA BEN KHEDDA.

I.1 Description du procédé de fabrication.

I.1.1. Matière première.

I.1.2. Etapes de fabrication.

I.2. Les colorants utilisés dans la fabrication textile

I.2.1. Classification des colorants.

I.3. Besoins en eau.

I.3.1. Les eaux brutes.

I.3.2. Les eaux de décarbonatation.

I.3.3. Les eaux adoucies.

I.3.4. Les eaux de consommation ou eaux potables.

I.4. Etude des eaux résiduaires de l'usine.

I.4.1. Station d'épuration des eaux de rejets.

I.4.2. Paramètres chimiques.

I.4.3. Les différents éléments de la station d'épuration
"STEP".

CHAPITRE II: Principaux procédés physico-chimiques de recyclage.

II.1. Théorie de la coagulation-floculation.

II.1.1. La double couche.

II.1.2. Le potentiel zéta.

II.1.3. Déstabilisation des colloïdes

II.1.4. Mode opératoire de la coagulation-floculation.

II.1.5. Les paramètres de l'eau influençant la
coagulation-floculation.

II.2. La filtration.

II.2.1 La filtration sur sable dans l'utilisation
des eaux et le contrôle de la qualité.

II.2.2. Caractéristiques essentielles des sables
filtrants.

II.2.3. Critère de puretes des ~~sables~~ filtrants.

II. 2.4 Régénération des masses filtrantes.

II.3. Les charbons actifs.

II.3.1. Généralités sur l'adsorption.

II.3.2. Généralités sur le charbon actif.

CHAPITRE III: RESUME BIBLIOGRAPHIQUES SUR LE RECYCLAGE.

III.1. Methode de récupération des eaux utilisées dans la sucrerie d'EPPEVILLE.

III.2. Utilisation des résines pour la réutilisation des eaux .

III.3. Filtration.

III.3.1. Filtration sur lit profond pour le recyclage de l'eau dans la fabrication du papier.

III.3.2. Filtration sur lit de tourbe.

III.3.3. Ultrafiltration automatisée dans l'industrie textile.

III.3.4. Recyclage des eaux d'immeubles.

III.4. Traitement des eaux de recyclage industrielles par rayonnement U.V.

PARTIE EXPERIMENTALE

- Introduction

1. Essai de coagulation-floculation.

2. Essai de filtration.

3. Adsorption.

3.1. Préparation du charbon actif.

3.2. Caractéristiques du charbon actif.

3.3. Dynamique d'adsorption.

4. Couplage des trois procédés étudiés séparément.

4.1. Filtration.

4.2. Adsorption.

4.3. Coagulation+Filtration.

4.4. Coagulation+Adsorption.

4.5. Coagulation+Filtration+Adsorption.

5. Autres methodes d'analyses chimiques.

5.1. Action de l'hypochlorite de sodium(eau de javel)

5.2. Action du peroxyde d'hydrogene.

- Conclusion générale .
- Annexes.
- Bibliographie.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Une vaste gamme d'activités d'origine humaine menace la santé de l'homme, le bien-être des animaux et la bonne croissance des végétaux, en d'autres termes la qualité de notre environnement naturel. Il n'est pas douteux que l'homme fasse partie de l'écosystème et en soit tributaire pour sa survie. De tous les êtres vivants, il est cependant le seul à détruire consciemment et, d'autre part, à collaborer non moins consciemment avec la nature.

Avec la croissance rapide de la population mondiale, l'inquiétude se répand partout concernant la mobilisation des ressources en eau suffisantes. L'eau pour l'alimentation humaine est bien sûr le besoin prioritaire, mais la demande des industries est de loin plus importante en volume.

Parmi les industries qui consomment d'énormes quantités d'eau, et engendrent en parallèle une grande pollution de l'environnement, l'industrie textile a retenu notre attention. Pour remédier à cette nuisance les industriels adoptent la méthode du recyclage des eaux. La réflexion sur un éventuel recyclage n'est pas un objet de pure spéculation, intellectuelle, mais il constitue une source importante de l'alimentation en eau dans l'avenir, en augmentant l'approvisionnement déjà existant.

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

La régénération des eaux usées peut-être décidée après une étude approfondie des éléments suivants : efficacité et rendements techniques nécessaires, règles de gestion, aspects économiques et financement.

L'unité textile de DRAA BEN KHEDDA (DBK) consomme d'énormes quantités d'eau provenant d'une nappe souterraine. L'insuffisance pluviométrique a engendré deux problèmes causés par la diminution du niveau de l'eau. Si le niveau de la nappe diminue, l'apport d'eau pour l'usine diminue, et si le niveau de l'Oued SEBAOU diminue, la dilution des eaux des effluents rejetés diminue.

Le recyclage des eaux usées traitées semble être la solution la plus en vue pour les responsables de l'unité, pour résoudre le problème d'approvisionnement d'eau et le problème de pollution.

Le meilleur recyclage doit se faire directement à la sortie de la source polluante, de chaque section de l'unité dans le but de valoriser ou de récupérer certains produits. Pour cela il faut avoir des données précises sur l'eau usée, et sur l'eau propre utilisée. Mais le recyclage sera plus facile, s'il se fait directement sur les eaux traitées par la station de traitement des eaux de l'unité. En absence de données précises sur la pollution de l'unité, et comme le principal inconvénient des rejets réside dans la couleur, nous nous sommes intéressés à la décoloration des eaux traitées. Nous sommes conscients que c'est un travail préliminaire mais nécessaire à l'étude de la faisabilité d'un recyclage.

En nous basant sur la bibliographie, nous avons essayé différents procédés tels que floculation, filtration, adsorption et autres.

(HAI)

**PRESENTATION
GENERALE
DU
COMPLEXE
TEXTILE DE
(I-B-K)**

I. PRESENTATION DE L'UNITE TEXTILE :

L'entreprise Nationale des Industries Textiles et cotonnières (COTITEX) de DRAA BEN KHEDDA (DBK) est l'une des Entreprises issues de la restructuration de la SONITEX (Société Nationale des Industries Textiles).

Le complexe textile de (DBK) Wilaya de TIZI-OUZOU est étendue sur une plaine se trouvant dans un secteur à vocation agricole, occupant une superficie de 28 hectares dont 144.438 m² de surface couverte et emploie 4500 travailleurs.

Cette unité a débuté en 1965 avec une production :

-Filature	:	5330 t/an.
-Tissage	:	30.590.000 ml/an.
-Finissage	:	35.000.000 ml/an.

La capacité actuelle de production après l'extension en 1979-1982 est de l'ordre de :

-Filature	:	7400 t/an.
-Tissage	:	47.156.000 ml/an.
-Finissage	:	38.000.000 ml/an.

I.1. DESCRIPTION DU PROCEDE DE FABRICATION:

I.1.1. Matière première:

La matière première utilisée à la COTITEX de (DBK) est soit naturelle comme le coton, soit synthétique chimique comme le polyester ou la fibranne.

Cette matière première est importée (le coton provient du PAKISTAN et d'EGYPTE, le polyester et la fibranne proviennent de FRANCE, d'ITALIE et du JAPON).

I.1.2. Etapes de fabrication:

Le procédé de production des textiles suit 3 étapes à savoir: la filature, le tissage et enfin le finissage.

a) Filature:

Elle est constituée par différents procédés tel que l'ouvraison, le cardage, l'étirage, et le bobinage et enfin le magasin de 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 pour aboutir à la fin au fil qui sera utilisé ultérieurement.

b) Tissage:

Ils utilisent deux sortes de fils disposés l'un longitudinalement qui est le fil de chaîne, et l'autre transversalement qui est le fil de trame.

- Fil de trame: est obtenu par canetage (les canettes sont remplies avec le fil des bobines).

- Fil de chaîne: pour l'obtenir, ils doivent faire passer le fil à l'état brute par trois opérations, qui sont les suivantes:

* L'ourdissage: opération permettant d'enrouler les fils de chaîne sous une même tension tout en les maintenant rigoureusement parallèles et sur une même longueur.

* L'encollage: c'est l'impregnation 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. Les produits d'encollage sont des amidons, colles, cires, féculés...etc.

* Le rentrage: c'est le passage des fils dans les maillons du harnais qui sont des cadres portant des cordes verticales appelées lisses. Chaque lisse contient un maillon dans lequel passe un fil de chaîne(1).

c) Finissage:

Est une étape très importante si ce n'est la plus importante dans la production textile, il comporte 4 étapes: Flambage, désencollage, débouillissage, blanchiment, teinture.

1- Flambage :

Consiste à détruire, en brûlant, tous les duvets et les fibrilles de la surface de certaines qualités de filés ou de tissu à fin d'améliorer leur aspect et d'éviter que ces duvets ne créent des inégalités dans l'imprégnation des marchandises par les bains de traitement (1)

2- Désencollage :

C'est enlever les substances adhésives constituées généralement par une préparation à base de produits amylicés. Il se fait par trempage en eau tiède dans le cas des cires et par acidage dans le cas de l'amidon.

L'acidage c'est la neutralisation par l'acide chlorhydrique (HCl) des restes de soude qui ont été déjà neutralisés. Au cours des traitements en milieu aqueux, ces produits d'encollage absorbent de l'eau, gonflent, se gélifient et s'opposent à la pénétration des réactifs ou des colorants dans les tissus. Il est donc nécessaire de les éliminer auparavant c'est le but de l'opération de désencollage (2)

3- Débouillissage ou cuisson :

Le but principal est d'éliminer les cires et les graisses du coton à fin de le rendre hydrophile c'est à dire rapidement perméable aux traitements de blanchiment et de teinture, il se fait en solution de soude à 3% (2)

4- Blanchiment : (1)

Le blanchiment consiste à faire disparaître la teinte naturelle du coton. Selon l'intensité de la coloration initiale de la fibre et selon que l'on désire un blanc éclatant et stable, le traitement de blanchiment doit être plus ou moins énergique. Il y a plusieurs types de blanchiment utilisés à la COTITEX pour cela nous citons 3 sortes :

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

* Azurage : c'est la neutralisation du très faible ton jaunâtre qui subsiste après le blanchiment.

* Mercerisage : le but espéré de ce traitement est de conférer du brillant et un aspect soyeux à la fibre de coton; et il a en outre l'avantage d'en accroître la résistance mécanique. Il consiste aussi à imprégner la fibre de coton sous tension pendant un court instant, avec une lessive concentrée de soude caustique maintenue froide; par la suite la fibre de coton est rincée à l'eau chaude d'abord et à l'eau froide ensuite, et enfin la fibre de coton subira une neutralisation accompagnée d'un rinçage.

* Caustification : Le but est d'atténuer certaines inégalités d'affinité du coton pour les colorants et celles qui sont dues à la présence du coton mort.

Les fibres ainsi désignées sont celles qui n'étaient pas arrivées à maturité au moment de la cueillette. Elles n'ont que peu d'affinité pour les colorants et paraissent en tâches claires sur les marchandises teintés. La caustification pallie à ce défaut mais elle est suivie d'une bonne neutralisation.

5- Teinture :

Le tissu obtenu après blanchiment sera partagé en 3 parties: une partie reste blanche, la seconde partie subit une teinture et la troisième partie subira l'impression.

-Teinture : le but de la teinture est de donner aux tissus une couleur différente de leur couleur naturelle suivant la demande du marché.

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

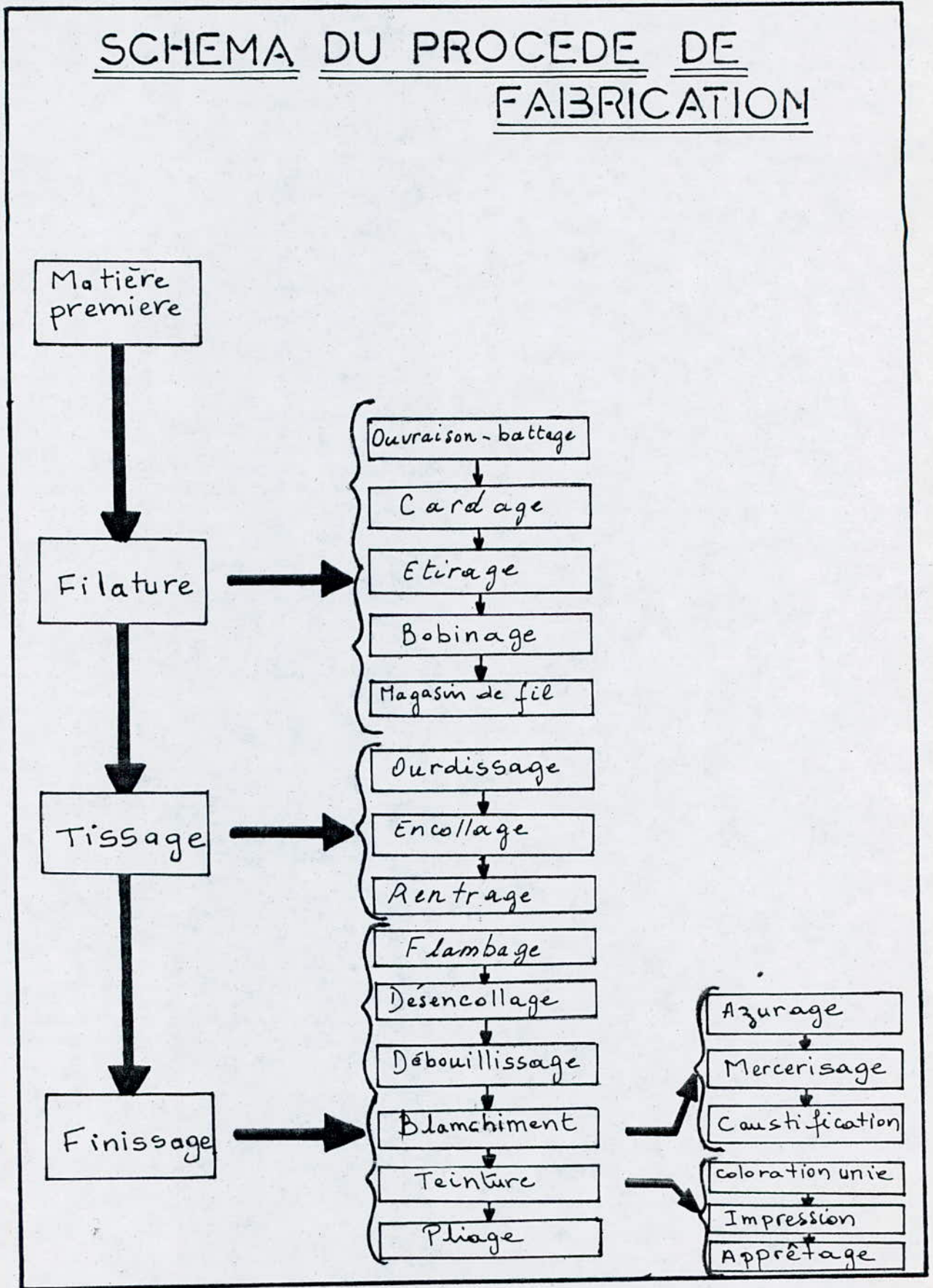
Pour la teinture et l'impression les mêmes colorants sont utilisés mais souvent avant de procéder à la teinture ou à l'impression, le tissu subit un traitement par des produits chimiques appelés mordants dont le but est d'augmenter son affinité aux colorants (2).

-Apprêtage : C'est l'utilisation en général (d'amidon, de dextrine, colle, cire, etc....) qui donne au tissu de la raideur, de la densité du poids ainsi qu'un aspect plus agréable. Cet apprêt peut être utilisé aux tissus soit après le tissage, soit après la teinture ou l'impression.

I.1.3. Pliage :

Une fois le tissu est passé par toutes les étapes et vérifié, il subit la dernière étape qui est le pliage accompagné d'un emballage et dépôts dans le magasin, jusqu'à distribution au marché.

SCHEMA DU PROCEDE DE FAIBRICATION



I-2 LES COLORANTS UTILISES DANS LA FABRICATION DES TEXTILES :

Un colorant est toute matière colorée qui, mise en contact de manière appropriée avec un support, se fixe sur ce dernier de façon durable, en lui communiquant de la couleur.

Les premières matières colorantes étaient d'origine végétale (Indigo). A l'heure actuelle, la presque totalité des matières colorantes employées sont synthétisées à partir des dérivés des hydrocarbures contenus dans le goudron de houille.

I.2.1. Classification des colorants (3).

Du point de vue pratique les colorants sont classés comme suit :

2.1.1. Colorants directs :

Se sont des colorants à caractères anionique, solubles dans l'eau et utilisés en solutions aqueuses. La solubilité de ces colorants dans l'eau est réduite par l'addition des sels neutres de métaux alcalins (sulfate de sodium, chlorure de sodium...etc), après fixation. Les caractéristiques tinctoriales d'un colorant direct sont définies par la vitesse et le taux de sa fixation sur le coton, qui déterminent son affinité pour la fibre.

2.1.2. Colorants azoïques :

Ces colorants sont insolubles dans l'eau sont directement formés sur les fibres végétales. Ils complètent la gamme des colorants "grand teint", notamment les jaunes, orangés, écarlates, rouges, grenats et bordeaux. Leur emploi est moins indiqué en nuances claires car leur solidité à la lumière et aux intempéries diminue rapidement avec les faibles intensités.

2.1.3. Colorants de cuves :

Se présentent sous la forme de pigment insoluble dans l'eau pour les appliquer, il est nécessaire de le transformer au moyen, d'un agent réducteur (l'hydrosulfite de soude) en milieu alcalin, en leur "leuco-dérivés" sodiques ou potassiques solubles et doués d'affinité pour les fibres cellulosiques. Les caractéristiques tinctoriales des colorants de cuves concernent :

- La facilité de réduction en leuco-dérivés alcalins et solubilité de celui-ci.
- La vitesse de montée sur la fibre et par le taux de fixation maximum, lesquels dépendent de la température.
- La facilité d'oxydation des leuco-dérivés.
- La température de fixation maximale, celle où l'affinité est la plus grande.

2.1.4. Colorants au soufre :

Sous cette appellation, ils regroupent les colorants ayant la particularité de n'acquies de l'affinité pour les fibres cellulosiques, qu'après avoir subi une modification chimique provoquée le plus souvent par l'action de sulfure de sodium qui agit comme réducteur alcalin. Cette modification chimique rend soluble dans l'eau en milieu alcalin, ceux qui ne le sont pas naturellement.

Les caractéristiques tinctoriales de ces colorants sont définies par :

- La rapidité de montée sur la fibre.
- La valeur du taux de fixation maximum à diverses températures.
- Le pouvoir de migration du colorant monté sur la fibre.

La plupart de ces colorants sont amorphes, insolubles dans l'eau, dans les acides et généralement dans les alcalis. Ils teignent le coton comme les colorants de cuves. Leur solidité au lavage et à la lumière est bonne, en revanche, ils résistent mal au chlore, ils fournissent des nuances allant du jaune au brun d'une part, au violet, bleu, vert et noir d'autre part.

2.1.5. Colorants réactifs :

Les colorants réactifs se fixent sur les fibres cellulosiques en réagissant avec les groupes hydroxyles de la cellulose. Il se crée une liaison covalente entre le colorant et la fibre. La réaction entre le colorant et la cellulose est provoquée par un agent alcalin (soude caustique, carbonate de sodium), qui absorbe l'atome ou le groupement réactif électronégatif du colorant pendant que l'ion coloré se lie à la cellulose.

2.1.6. Colorant dispersifs (dispersés) :

Ils sont importants pour la teinture de l'acétate de cellulose et des fibres synthétiques et ne renferment pas de groupe solubilisants ($-SO_3Na$).

Ils portent des noms commerciaux tel que Artisil (sandoz), Celiton (BASF), Cibacet (CIBA), Duranol (ICI), Sétacyl (Geigy), Acétoquinone (FMC).

Exemple : rouge, violet, bleu....etc.

Le tableau ci-dessous représente la consommation en colorant par kilogramme (Kg) pour l'année 1986.

APPELLATION	CONSOMMATION (Kg)
Colorants Directs	445
Colorants Azoïques	14090
Colorants de Cuves	1583
Colorants au Soufre	10722
Colorants Réactifs	8199
Colorants Dispersifs	8075

I.2.2. Toxicité des colorants:

Les colorants sont classés en deux catégories :

- *Les colorants toxiques.
- *Les colorants non toxiques.

Les colorants toxiques, leur toxicité est due à la teneur en groupement concerigènes tel que les groupements phtalogènes, cyanuré, sels de barium et de plomb.

Les colorants non toxiques sont utilisés dans la fabrication de certaines boissons, et certains aliments(4).

I.3 Les produits chimiques utilisés :

En plus des colorants utilisés dans les procédés de teinture et d'impression, l'unité (COTITEX) utilise toute une série de produits chimiques à tout les niveaux de fabrication ainsi qu'au niveau du département fluide.

Le tableau N° 1 englobe tout les produits que la COTITEX utilise, et indique la consommation en kilogramme pour l'année 1986.

I.4. Autres produits :

Comme nous l'avons indiqué dans la chaîne de fabrication des tissus qu'il est important de procéder à l'encollage et au désencollage pour aboutir à des produits de bonne qualité. La COTITEX utilise à côté des colorants et produits chimiques, une série très importante de matières servant à ces deux étapes.

Le tableau N° 2 indique la consommation en kilogramme, toujours pour l'année 1986.

APPELLATION	FORMULE CHIMIQUE	CONSUMMATION (KG)	APPELLATION	FORMULE CHIMIQUE	CONSUMMATION (KG)
Acide acétique	CH ₃ COOH	10948	Sulfure de sodium	Na ₂ S	15000
Acide chlorhydrique	HCL	20755	Sulfate de cuivre	CuSO ₄	1700
Acide nitrique	HNO ₃	1350	Trioxyde de chrome	Cr ₂ O ₃	500
Acide stéarique	(CH ₃) ₁₆ (CH ₂) ₄ CO ₂ H	1060	Triethanola- mine	(CH ₂ OHCH ₂) ₃ N	400
Acide sulfurique	H ₂ SO ₄	9670	Urée technique	NH ₂ CONH ₂	2600
Acide tartrique	HO ₂ C(CHOH) ₂ CO ₂ H	540	Sulfate de sodium	Na ₂ SO ₄	1000
Acétate de chrome	Cr(CH ₃ COO) ₃	-	Sulfate de fer	FeSO ₄	26000
Acétate de sodium	Na CH ₃ COO	1750	Chlorure de sodium	NaCl	195600
Acétate de plomb	Pb (CH ₃ COO) ₂	-			
Ammoniaque	NH ₄ OH	750			
Borax	Na ₂ B ₄ O ₇	1400			
Bicarbonate de soude	Na HCO ₃	1000			
Carbonate de potassium	K ₂ CO ₃	1000			
Chaux hydratée	Ca (OH) ₂	300900			
Eau oxygénée	H ₂ O ₂	74570			
Hydrazine	N ₂ H ₄ 2H ₂ O	800			
Hypochlorite de sodium	NaClO	73930			
Metabisulfite de sodium	NaS ₂ O ₅	1880			
Nitrite de sodium	Na ₂ SO ₃	2540			
Phosphate trisodique	Na ₃ PO ₄	2500			
Phosphate d'ammonium	(NH ₄) ₃ PO ₄	300			
Silicate de sodium	Na ₂ SiO ₂	15600			
Soude caustique	Na OH	33800			
Sulfate d'aluminium	Al ₂ (SO ₄) ₃	71000			

TABLEAU N° 1

CONSUMMATION EN PRODUITS CHIMIQUES
POUR L'ANNEE 1986.

! APPELLATION	! CONSOMMATION	! APPELLATION	! CONSOMMATION
!	! (Kg)	!	! (Kg)
! Acrafix M	! 1200	! Invadine LU	! 1200
! Acramine SLN	! 5600	! Irgazol Na	! 50
! Alginate de sodium	! 4000	! Irgazol QAM	! 20000
! Amidon de maïs	! 150000	! Perapret HVN	! 5000
! Amidon de riz	! 5500	! Polyron 1020	! 1600
! Anthraquinone	! 200	! Polyron T	! 1200
! Aquazin 60	! 14000	! Prestogen PC	! 2500
! Appretam EM	! 3000	! Primenit CO	! 1300
! Betamaphtol	! 9000	! Rongalite C	! 1900
! Biolase PCI	! 100	! Samdozine MIT	! 14000
! Decrolin	! 200	!	!
! Décol S	! 1500	!	!
! Diagum P8 WM	! 50	!	!
! Indelca AG	! 500	!	!
! Indelca UG	! 200	!	!
! Levogen BF	! 200	!	!
! Liant Helizarim	! 900	!	!
! Ludigol A	! 7000	!	!
! Encollage CB	! 50000	!	!
! Perapret VA	! 2000	!	!

TABLEAU N° 2

CONSOMMATION EN KILOGRAMME DE PRODUITS D'ENCOLLAGE
ET DE DESENCOLLAGE POUR L'ANNEE 1986.

I.5. BESOINS EN EAU :

5.1. Les eaux brutes :

Le choix de l'implantation de l'usine sur une plaine, se trouvant dans un secteur à vocation agricole, est dû aux potentialités des réserves hydriques contenues dans la nappe phréatique. Les eaux brutes de l'unité de (DBK) sont soutirées par un forage sur nappe alluviale nourrie par Oued SEBAOU. L'ouvrage est réalisé avec des buses de diamètre 1000mm sur une profondeur de 25 mètres. La capacité de pompage du forage est aux environs de 900m³/h. Actuellement la capacité de pompage pratiquée (besoins de l'usine) est de 650m³/h.

Cette eau brute sera traitée en :

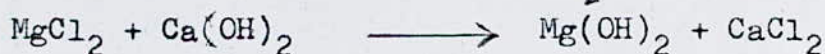
- Eau demi-douce pour le finissage, lavage.
- Eau douce pour les chaudières.
- Eau potable pour la consommation et le réseau d'incendie.

NB :

Une eau demi-douce est une eau exempte des ions bicarbonatés.
Une eau douce est une eau exempte des ions calcaire et magnésique.

5.2. Les eaux de décarbonatation :

La décarbonatation est un adoucissement de l'eau brute par la chaux; qui consiste en la précipitation partielle de la somme des ions calcium et magnesium; ainsi que la teneur en bicarbonate.



Cette mise en oeuvre s'effectue dans un décanteur dans lequel ils ajoutent du sulfate d'aluminium ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) qui est un coagulant. Ce dernier va rassembler toutes les particules de chaux et autre au fond du décanteur, pour réduire le temps que prend le carbonate de calcium pour se déposer, ils ont recouru 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. C'est l'eau demi-douce (5).

5.3. Les eaux adoucies :

Une partie de l'eau demi-douce sera acheminée vers le château d'eau et l'autre partie subira un adoucissement plus poussé, qui a pour but d'éliminer les restes des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} responsables de la dureté de l'eau. Une eau très dure facilite la dissolution de l'oxygène et fournit une des causes essentielles de la corrosion dès que le pH est inférieur à 9.

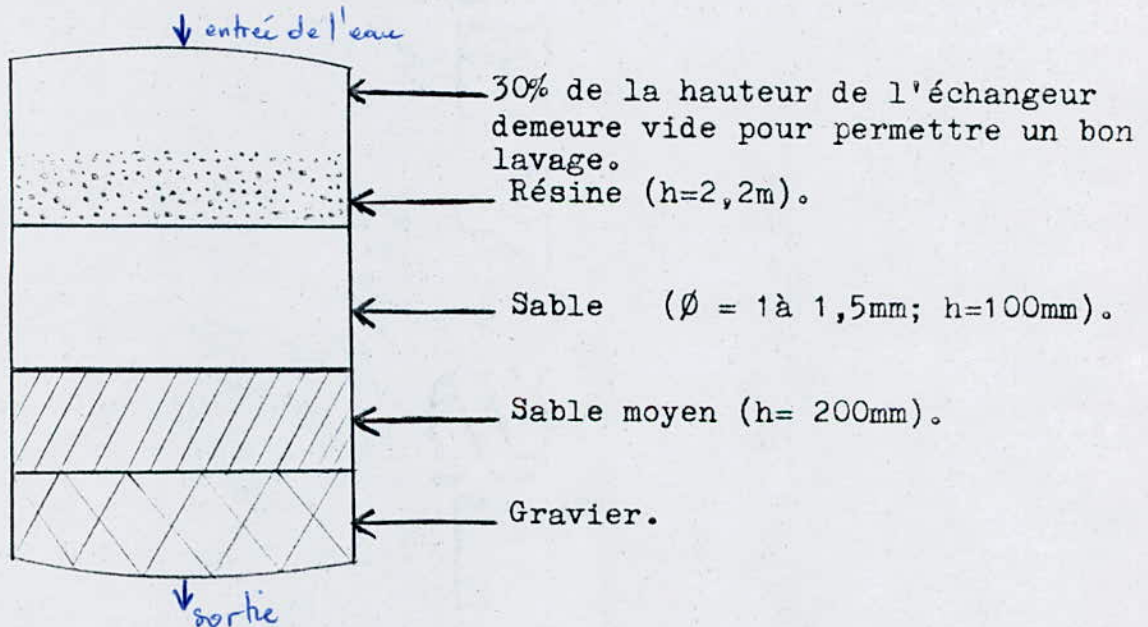
Ils procèdent à l'adoucissement par des résines échangeuses d'ions du type DUOLITE forme Na C2O, qui ont la propriété de fixer les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} contenus dans l'eau et de les échanger contre les ions Na^+ .



Ce traitement élimine la dureté due aux ions alcalino-terreux mais augmente la salinité. Seulement les nouveaux sels formés sont solubles et ne forment pas de tartre dans les chaudières. La station de traitement des eaux de la COTITEX dispose de trois adoucisseurs ($\phi = 2500\text{mm}$, $h = 3500\text{mm}$). Chacun d'eux rempli de 3500 litres de résine.

Lorsque la résine est saturée, elle est régénérée avec une solution de sel chlorure de sodium (NaCl) à 15%. Le passage de la saumure ne doit pas être rapide sinon il y a des pertes de sels.

Comme la résine est très fine, ils mettent du sable au fond des adoucisseurs pour éviter que la résine ne passe dans les conduites d'alimentation en eau.



5.4. Les eaux de consommation ou eaux potables :

Deux pompes envoient l'eau brute dans une citerne pour être stérilisée par ajout de l'eau de Javel, par la suite elle sera acheminée vers le chateau d'eau : c'est l'eau potable.

NB :

Le chateau d'eau contient trois compartiments réservés aux trois qualités d'eaux eau douce, demi-douce et potable.

	Eau potable	Eau demi-douce	Eau douce
Janvier	78418	62400	93600
Fevrier	51903	50304	75456
Mars	53000	56960	84550
Avril	56705	53248	79872
Mai	58700	61200	32000
Juin	58800	64000	96000
Juillet	69505	50720	78080
Septembre	87200	108800	93240
Octobre	58060	60640	90960
Novembre	79780	55890	85220
Decembre	82420	58265	88090

CONSOMMATION D'EAU POUR L'ANNEE 1987 (m3)

I.6. ETUDE DES EAUX RESIDUAIRES DE L'USINE

6.1. Station d'épuration des eaux de rejet :

L'unité COTITEX de (DBK) possède une grande station d'épuration des eaux de rejet provenant des différentes phases du processus de fabrication, des cuisines et des sanitaires.

Les eaux de rejet présentent 2 sortes d'effluents à savoir :

- Des eaux dites fortement polluées.
- Des eaux dites faiblement polluées.

*Les eaux dites fortement polluées :

Ces eaux viennent principalement de l'atelier de finissage, teinture et l'impression.

Qmoy	=	200m ³ /h	DBO ₅	=	160mgO ₂ /l
Qmax	=	382m ³ /h	DCO	=	480mgO ₂ /l
Qexceptionnel	=	590m ³ /h			

*Les eaux faiblement polluées :

Ces eaux proviennent des cuisines, des sanitaires et du lavage des tissus.

Qmoy	=	248m ³ /h	DBO ₅	=	357mgO ₂ /l
Qmax	=	328m ³ /h	DCO	=	740mgO ₂ /l
Qexcept	=	387m ³ /h			

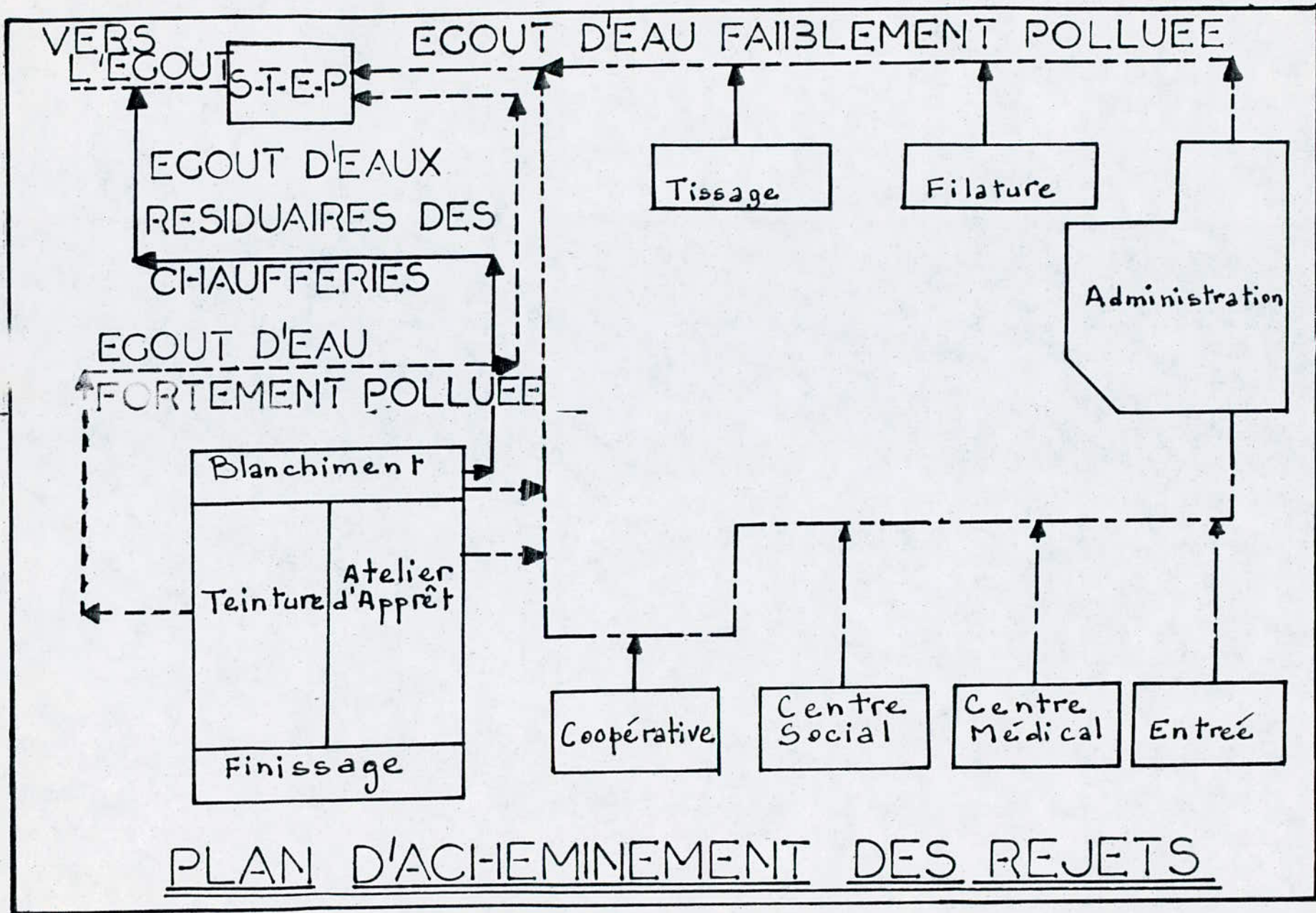
La distinction entre les 2 catégories d'eau se fait par rapport à leur teneurs en colorants.

6.2. Paramètres chimiques :

Les matières organiques telle que les lipides, protides, glucides, et autres substances de réserves, dont certaines jouent le rôle de catalyseur ou d'inhibiteur, nécessitent de l'oxygène pour leur métabolisation par les micro-organismes.

Cette demande en oxygène peut-être représentée biologiquement ou chimiquement suivant divers paramètres, telque la DBO et la DCO.

La DBO (demande biochimique en oxygène) est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentés dans l'eau usée. Par convention la DBO est la valeur obtenue après cinq (5) jours d'incubation (DBO₅) et à 20°C. L'essai de la DBO est une mesure du carbone organique biodégradable.



La DCO représente la consommation d'oxygène lors de l'oxydation de la charge polluante par un oxydant fort, le bichromate de potassium.

Les substances qui réduisent le bichromate interfèrent avec la réaction de la DCO et pour éviter l'interférence des ions Cl^- , il faut ajouter du sulfate de mercure à l'échantillon avant le chauffage (6).

6.3. Les différents éléments de la station d'épuration "STEP":

La station d'épuration est constituée de :

- Dégrilleur automatique.
- Bassin de coagulation-floculation.
- Décanteur primaire.
- Bassin d'homogénéisation et correction du pH (neutralisation)
- Traitement biologique (aérobie).
- Décanteur secondaire.
- Epaississeur des boues.
- Filtration des boues sur filtre press.
- Station de relevage des eaux en cas d'inondation.

CHAP.

**PRINCIPAUX
PROCÉDES
PHYSICO)-CHIMIQUES
DE
RECYCLAGE**

II.1. THEORIE DE LA COAGULATION-FLOCCULATION :

La coagulation et la floculation sont des traitements physico-chimiques de l'eau. Ils ont pour effet de créer des agrégats facilement séparables. Le choix du coagulant est déterminé par la nature de l'eau à traiter, le résultat recherché, le mode de séparation utiliser, (par exemple : la filtration), et surtout le coût qu'il représente (7).

1.1. La double couche :

Les particules sont souvent chargées négativement; charge primitive dans la nature, dont l'origine peut-être :

- Adsorption d'ions, préférentiellement les anions.
 - Ionisation de groupes chimiques à la paroi de la particule.
 - Ions formés par réaction entre la particule et le liquide.
- Autour d'une particule chargée, les charges électriques se répartissent en deux couches :

- Une couche fixe d'ions de signe contraire à celui de la particule appelée couche de STERN.

- Une couche diffuse de contre ions se raréfiant avec la distance déformable et mobile, c'est la couche de GOUY.

L'importance relative de ces deux couches dépend, d'une part de la charge primitive et d'autre part de l'agitation thermique, donc de la température. Cette agitation tend à réduire l'importance de la couche fixe et à dilater la couche diffuse (8).

1.2. Le potentiel Zêta :

C'est le potentiel que prend une particule ou plus généralement un colloïde lorsqu'il est mis en suspension dans un milieu aqueux. Ce potentiel est créé par l'environnement du colloïde, et c'est une caractéristique de la stabilité de la suspension (9).

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

$$m = \frac{e q}{\mu}$$

Z : Potentiel zêta.

D : Constante diélectrique.

q : Charge mobile par unité de surface.

e : épaisseur effective de la couche

m : Mobilité électrophorétique.

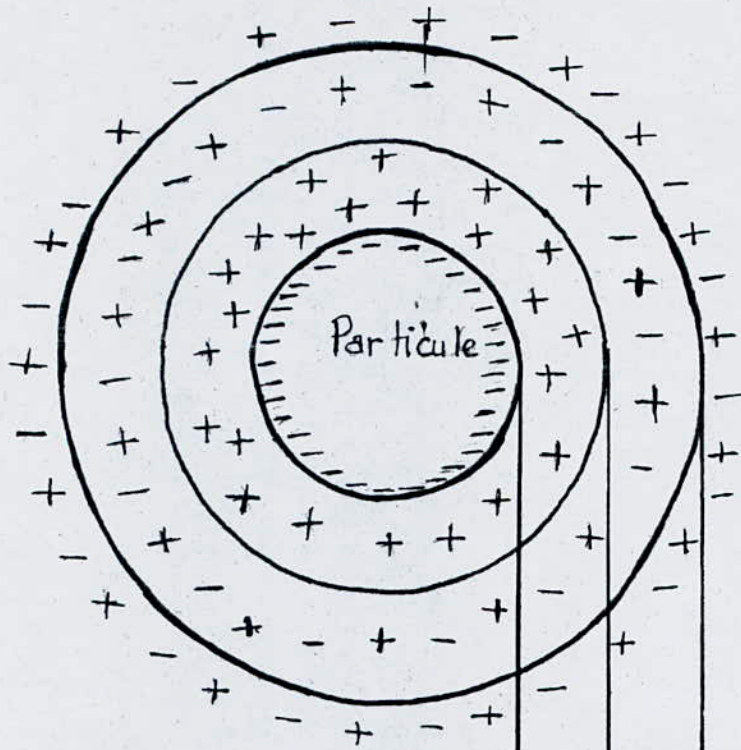
μ : Viscosité dynamique.

1.3. Déstabilisation des colloïdes :

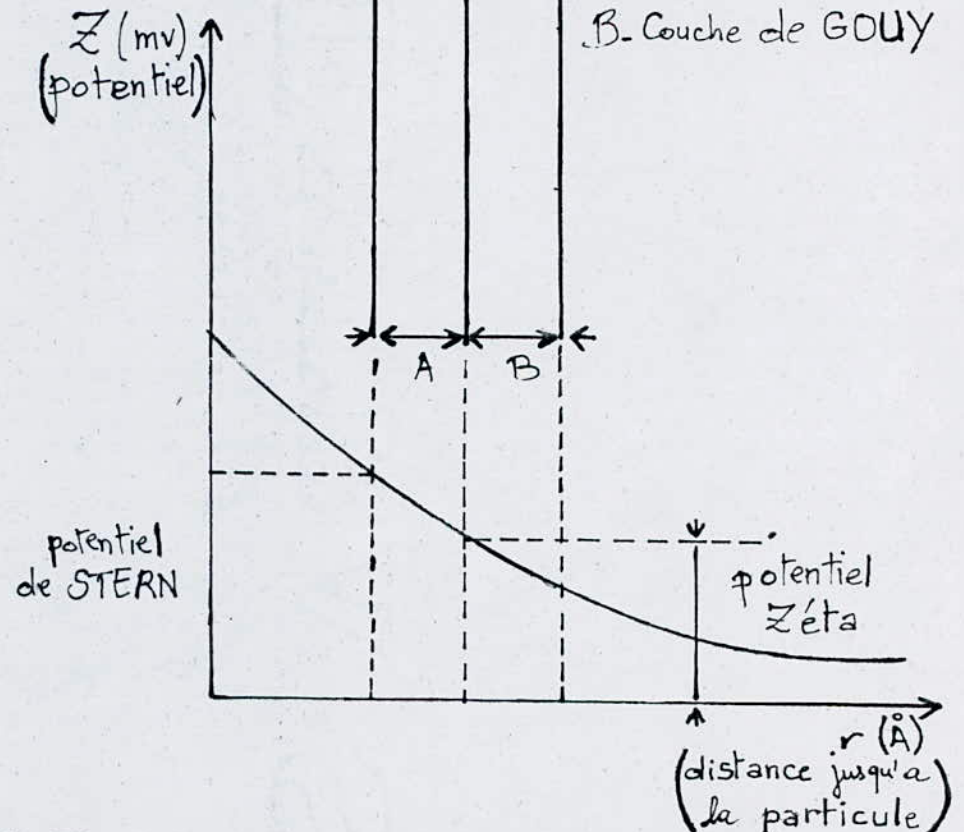
Le principe fondamental de la déstabilisation des colloïdes réside dans la faculté de réduire, voir annuler le potentiel Zêta des particules (8).

Pour vaincre ce potentiel, il existe deux possibilités :

- En ajoutant des réactifs minéraux contenant des cations multivalents qui seront adsorbés au niveau de la surface colloïdale. Nous assistons à une neutralisation de charge électrique appelée coagulation.



A. Couche de STERN
B. Couche de GOUY



DOUBLE COUCHE + POTENTIEL ZETA

-En ajoutant des réactifs, de haut polymères organiques appelés polyélectrolytes qui permettent de rassembler les colloïdes non seulement par réduction de charge électriques, mais également par des effets de pontage entre colloïdes (4) c'est la floculation.

* Les coagulants sont des produits qui neutralisent la charge de surface des matières en suspension. Les composés les plus fréquemment utilisés comme coagulant, sont des minéraux, les sels de fer et d'alumine et ce pour des raisons économiques (10).

* Les floculants sont des produits susceptibles de former des ponts interparticulaires, conduisant à l'agglomération des flocons et la capture des fines particules. Parmi les floculants utilisés, nous citons : la silice activée, polymères organiques ect.... (10).

1.4. Mode opératoire de la coagulation-floculation :

La coagulation-floculation est un traitement fondamental dans le traitement tertiaire des eaux industrielles, en particulier celle des textiles. Quand le test est bien mené d'importantes informations peuvent être retenus pour aider l'Ingénieur de process à proposer un nouveau mode de traitement, à améliorer un procédé déjà existant ou à optimiser un traitement de coagulation-floculation et clarification (11).

L'essai de coagulation-floculation s'effectue en 3 étapes :

- Un mélange rapide pour la déstabilisation.
- Une agitation lente pour la floculation.
- Une décantation des flocs au fond.

a) Détermination de la bonne dose de coagulants (ou floculant):

C'est un paramètre essentiel pour la déstabilisation des colloïdes; une sûre dose peut empêcher la formation des flocs.

b) Temps et Vitesse d'agitation :

En introduisant le coagulant dans l'eau, on procède à une agitation rapide pour la dispersion et l'homogénéisation de la suspension. Une agitation très intense empêche l'agrégation des particules tandis qu'une agitation prolongée conduit systématiquement à la réstabilisation du système agrégé.

La durée et l'intensité de l'agitation doivent être déterminées expérimentalement pour chaque eau, avec ses propres caractéristiques physico-chimiques.

1.5. Les paramètres de l'eau influençant la coagulation-fluculation:

La coagulation-floculation sont conditionnées par l'eau à traiter et sa composition, cela nous conduit à montrer les différents paramètres qui rentrent en jeu :

-Le pH joue un rôle très important et détermine la nature du coagulant à employer, influe sur la dose procurant un effet donné, et recherché, influe également sur la quantité résiduelle de coagulant restant dans l'eau après traitement et conditionne la cinétique de la formation des flocons (en bref dans chaque cas donné et pour chaque coagulant il existe un pH optimal ou tout au

moins des zones de pH optimal).

-Une température élevée favorise le processus.

-La présence de boues préformées ne jouent pas le rôle favorable au premier stade de l'hydrolyse des réactifs et de leur actions complexes sur les matières à éliminées.

-La nature des matières à éliminer joue un rôle très important, les suspensions minérales étant aisément flocculées à partir d'un certain seuil minimal dont la valeur n'est pas proportionnelle à la quantité de matières en suspension, par contre les colloïdes organiques, les matières organiques, la coloration demandent des quantités importantes de réactifs qui croissent à peu près proportionnellement à la quantité de matières indésirables à extraire. Les suspensions minérales sont peu solubles à l'emploi de réactifs oxydants, alors que l'application de ces derniers est quelques fois indispensables à un stade préliminaire à l'introduction de réactifs de coagulation proprement dits (12).

II.2. FILTRATION :

Le but d'une opération de filtration est la séparation d'une phase continue (liquide ou gazeuse) et d'une phase dispersée (solide ou liquide) initialement mélangées.

Suivant les cas nous chercherons à récupérer soit la phase continue débarrassée au maximum de la phase dispersée, soit la phase dispersée, soit l'une et l'autre phase, si leur intérêt économique le justifie.

Après filtration des mélanges liquides-solides, nous obtenons un mélange, ou suspension au dessus du filtre et au delà du filtre, ainsi nous récupérons un liquide plus ou moins purifié, appelé filtrat. La filtration est l'un des processus les plus importants dans l'ensemble des traitements des eaux (13).

2.1. La filtration sur sable dans la réutilisation des eaux et le contrôle de la qualité :

La filtration est une technique physico-chimique de séparation et de fractionnement des matières plus particulièrement, la phase liquide de la phase solide (14).

2.1.1. Filtration sur sable :

Cette filtration dans les stations d'épuration est en quelque sorte une initiation de l'opération naturelle de percolation des eaux des précipitations à travers les sols sablonneux par laquelle se constituent notamment les nappes d'eau souterraines. Généralement la fonction principale du sable dans la filtration et considérée comme celle du tamis.

Nous distinguons les filtres lents et les filtres rapides.

2.1.1.1. La filtration lente (15) :

La filtration lente sur sable consiste à éliminer les matières en suspension et/ou dissoutes dans l'eau par la percolation à vitesse lente. A l'échelle industrielle le filtre lent est un volume délimité dans le sol dans lequel le sable de filtration est placé à une profondeur suffisante pour permettre l'écoulement libre de l'eau au travers du lit.

Cette profondeur est habituellement de l'ordre de 1 m à 1,50m. Quand la perte de charge causée par des dépôts biochimiquement actifs et le colmatage des lits atteint la limite physique de l'ordre d'un mètre, le filtre doit être mis hors service, drainé et nettoyé.

L'épaisseur de cette couche biologiquement active peut atteindre 0,3 à 0,4m. Néanmoins, la partie colmatée proprement dite est nettement plus faible et de l'ordre de 2 à 3cm. C'est cette épaisseur de masse qu'il faut remplacer lors du renouvellement du lit filtrant.

a). Paramètres de construction des filtres lents :

Sur le plan technique, et selon les recherches du Dr W.J MASSCHELEIN (15), la masse filtrante est déposée sur un ensemble de graviers à perméabilité croissante.

La perméabilité peut-être calculée selon la loi de DARCY :

$$Q = K.A. \frac{\Delta H}{L}$$

K : Coefficient de perméabilité
A : Aire de la couche mesurée perpendiculairement au mouvement.

L : L'épaisseur de la couche.
 ΔH : La chute totale de la pression à travers la couche exprimée en mètre d'eau.

$$K = \frac{k}{\eta}$$

k : Perméabilité intrinsèque
 η : Viscosité cinématique.

Chaque couche a une épaisseur de l'ordre de 10 à 25cm et la couche inférieure peut atteindre une épaisseur totale de 50 à 60cm.

Toujours selon le même auteur, la profondeur totale du bassin filtrant peut-être estimée comme suit :

- L'épaisseur de la couche d'eau surnageante : 1,25m.
- L'épaisseur du milieu filtrant : 1,20m.
- La couche support : 0,30m.
- Le fond du filtre aménagé en briques ou en dalles poreuses : 10 à 15cm.

Au-dessus de la couche d'eau, il est nécessaire de prévoir une zone de sécurité de l'ordre de 20 à 30 cm. La profondeur totale du filtre lent atteint dès lors 3 à 3,50 m. L'enlèvement de l'eau filtrée peut se faire par un système de drains situé en-dessous du lit filtrant.

b). Entretien des filtres lents :

Le nettoyage du sable filtrant se fait par l'enlèvement de quelques centimètres de la couche colmatée, et par le lavage de cette dernière dans une installation séparée.

Bien entendu l'enlèvement du sable peut se faire manuellement ou avec des moyens mécanisés ou selon le matériel disponible.

En pratique nous ne pouvons remplacer le sable enlevé, par du sable frais car si nous remplaçons les quelques centimètres enlevés par du sable frais, le lit filtrant ne fonctionnera pas normalement car il faut du temps à cette couche fraîche pour former un dépôt biochimiquement actif. La mise en place du sable préconditionné lavé est préférable.

Si pour des raisons de fonctionnement il y a lieu d'avoir recours à du sable frais, il faudra tenir compte d'une période de constitution après l'opération de nettoyage.

Le lavage du sable peut se faire à grande eau dans un hydrocyclone ou similaire.

c). Performances de la filtration lente sur sable :

Si au départ l'eau ne contient pas beaucoup de matières en suspension, la filtration lente peut-être mise en oeuvre directement sans coagulation préalable.

Si toutefois l'eau de départ est chargée de particules argileuses en suspension, un prétraitement par coagulation-floculation est indispensable.

Une oxydation appropriée préalable de l'eau, en l'occurrence, une préozonation produisant des dérivés organiques biodégradables et métabolisables des substances dissoutes, peut-être favorable à cause de l'action biochimique dans les filtres lents.

d). Les inconvénients des filtres lents :

Ils occupent une grande surface et un volume important, et peuvent demander des coûts d'investissement considérables.

L'exploitation présente des problèmes :

* En période hivernale l'eau libre en surface peut se congeler.

* En été, si les filtres sont situés à l'air libre, il peut y avoir développement d'algues contribuant à un colmatage rapide.

Les résultats de la filtration lente sont généralement peu satisfaisants, voir mauvais, pour des eaux non prétraitées, colorées ou riches en algues.

2.1.1.2. La filtration rapide (15) :

La filtration rapide peut-être opérée soit dans des filtres ouverts à écoulement gravitaire, soit dans des filtres fermés, sous pressions.

Les vitesses ou charges superficielles s'élèvent de 4 jusqu'à 20m par heure. Dans des cas exceptionnels elles peuvent atteindre 50m/h.

a). Filtres à écoulement gravitaire :

Ces filtres sont généralement construits en béton, leur masse filtrante est déposée sur un fond filtrant, qui est doté d'un système de drainage approprié comprenant les perforations nécessaires à l'écoulement des eaux filtrées mais également à l'introduction à contre-courant de l'eau et, éventuellement, de l'air de lavage.

Si le système a l'avantage d'une construction simple; il est néanmoins soumis aux inconvénients résultant d'incrustation, spécialement dans le cas d'eau contenant du fer ou du manganèse.

b). Filtres sous-pression :

Les filtres sous-pression sont généralement installés sous forme de cylindres en acier posés verticalement.

Le fond filtrant des filtres sous-pression est constitué le plus souvent d'un ensemble de grilles ou tamis à mailles décroissantes de bas en haut ou, de tôles perforées supportant un gravier.

La technologie actuelle fait appel le plus souvent à un fond filtrant constitué d'une plaque de support munie de crépines filtrantes, adoptées hydrauliquement aux conditions de vitesses de filtration accrue dans les filtres sous-pression.

Ces filtres présentent l'avantage d'être intercalés dans le système de refoulement même, autorisant ainsi l'utilisation d'une charge effective plus élevée.

D'autre part, les risques de percement du lit filtrant sont plus grands. Ainsi la filtration sous pression est moins efficace que la filtration à écoulement gravitaire.

c). Lavage des filtres :

Les principales méthodes utilisées dans les stations de traitement, et les plus économiques sont soit le lavage à contre courant, soit le lavage à l'air et à l'eau.

Pour le lavage à contre courant, il est nécessaire de disposer d'une source appropriée capable de délivrer, un débit et une pression, d'eau suffisante. Cette eau peut-être obtenue par une station de pompage refoulant de l'eau traitée, soit par un réservoir surélevé.

Pour le lavage à l'air et à l'eau, il est d'abord nécessaire de combattre les croûtes superficielles sur le sable filtrant par un lavage à l'air puis par un lavage à l'eau.

Les débits d'air nécessaires s'élèvent de 40 à 60 m³/h.

2.2. Caractéristique essentielles des sables filtrants :

Les performances hydrauliques imposées au sable des filtres lents sont inférieures à celles des filtres rapides.

Dans le cas de filtres lents nous pouvons nous contenter de sable fin puisque la vitesse moyenne de filtration requise est de l'ordre de 2 à 5m/j. Exceptionnellement, la fourchette se situe entre 0,6 et 12m/j.

Dans ce type de filtration, une bonne partie de l'effet est obtenue par la formation d'une couche de filtration comprenant les matières extraites de l'eau.

Au début de l'opération, ces matières comprenant notamment des micro-organismes capables de réaliser, outre la filtration, une dégradation biochimique des matières organiques. Cet effet dépend aussi de la surface totale des grains constituant le matériau filtrant.

En fait, la probabilité de contact entre les constituants indésirables de l'eau et la surface du milieu filtrant augmente proportionnellement à la grandeur de la surface totale des grains.

D'après l'auteur Dr W.J. MASSCHELEIN (14) :

Une hauteur de 0,6m de sable à grains de 0,15mm de diamètre présente la même surface qu'une hauteur de 1,4m, constituée de grains de 0,35mm de diamètre.

Il apparaît qu'il n'y a pas d'intérêt, dans le cas de la filtration lente à accroître inconsiderablement, la dimension des grains.

- Dans le cas de la filtration rapide des performances hydrauliques plus importantes que dans la filtration lente sont requises, la granulométrie du milieu revêt dès lors une importance de premier ordre.

- Le diamètre réel des sables employés dans la filtration lente se situe entre 0,15 et 0,35mm, il est souhaitable que le coefficient d'uniformité soit inférieur à 3, si possible à 2. L'épaisseur minimale de couche requise est de 0,3 à 0,4mm, quoique l'épaisseur efficace ne soit que de l'ordre de 2 à 3cm.

2.3. Critères de puretés des sables filtrants (14) :

Le sable d'un filtre devra être exempt d'argile, de poussières et de débris de toute autre nature. La proportion de chaux, calcaire et de magnésie devra être inférieure à 5%.

Dans une station de traitement, la pureté du sable utilisé devra être examinée régulièrement. Le filtrat sortira plus ou moins pur suivant la texture de cette masse, la forme des particules à retenir la répartition granulométrique, les propriétés physico-chimiques des particules, l'épaisseur de la couche filtrante, le temps, et le débit de suspension.

Il faut faire attention à la formation d'agglomérats, car ils résultent d'un mauvais lavage.

Ces derniers favorisent la formation de zones de développement microbiologiques indésirables dans le lit filtrant.

2.4. Régénération des masses filtrantes :

Outre le nettoyage par lavage, aussi bien pour les filtres lents que pour les filtres rapides, une masse dégradée contenant des agglomérats ou des zones de fermentations, peut-être régénérée par un traitement approprié.

Parmi les techniques de régénération, nous pouvons distinguer :

- * Le traitement au sel marin.
- * Régénération au moyen de chlore.
- * Régénération au permanganate de potassium.
- * Régénération au peroxyde d'hydrogène.
- * Régénération à la soude caustique.

Les produits chimiques utilisés dans ces méthodes sont facilement accessibles à (DBK).
Nous citons deux méthodes de régénération qui a notre avis pourront être utiliser au sein de l'unité.

2.4.1. Régénération à la soude caustique :

Elle élimine essentiellement l'argile fine, les hydrocarbures et les blocs gélatineux qui auraient pu se former dans les bassins de filtration. Après que le filtre ait été soigneusement lavé selon sa technologie spécifique au moyen d'air et d'eau ou d'eau seulement. Ils utilisent une solution comprenant 5 à 10kg de soude/m² de surface de filtre qui sera dispersée dans une couche d'eau de l'ordre de 30cm d'épaisseur au-dessus du lit filtrant. Cette solution est ensuite diffusée dans la masse par infiltration lente. L'action peut-être prolongée pendant 6 à 12 heures et le filtre est ensuite très soigneusement lavé.

2.4.2. Régénération au peroxyde d'hydrogène :

Cette méthode est utilisée dans le cas des filtres colmatés. A cet effet, il faut disperser à la surface une solution de peroxyde d'hydrogène à une concentration de 3 à 5%. La solution est amenée à y agir pendant 24 heures, après le filtre est soigneusement lavé.

L'adjonction de phosphates ou de polyphosphates facilite le dégagement de dépôts ferrugineux.

Exple : une concentration de 10 à 100 ppm est efficace pour l'élimination des bactéries colmatantes du type *Sphaerotilus*.

2.5. Conclusion :

La filtration sur sable constitue un moyen de séparation économique de première importance dans les stations de traitement d'eau. Cette opération s'intègre dans un ensemble d'opérations de traitement comprenant en plus la désinfection, la stérilisation, la coagulation-floculation.

Comme nous l'avons souligné, la filtration sur sable est subdivisée en filtration lente et en filtration rapide.

La filtration lente est une initiation plus précise des processus naturels d'infiltration et peut par ailleurs constituer une étape préparatoire à la réalisation artificielle des nappes.

Par contre la filtration rapide sur sable, généralement sans effet biologique est un moyen plus artificiel, plus économique et plus souvent utilisé dans les stations de traitement.

II.3. LES CHARBONS ACTIFS :

3.1. Généralités sur l'adsorption :

L'adsorption peut-être définie comme étant le phénomène d'enlèvement, des molécules d'une phase gazeuse ou liquide par la surface d'un solide (16).

3.1.1. Les phénomènes d'adsorption

Un trait caractéristique de l'adsorption par les surfaces solides est que si l'on sépare le solide de la phase avec laquelle il était en contact, tout se passe comme si le solide emportait avec lui la substance adsorbée, cette adhérence plus ou moins profonde des corps adsorbés, sur les surfaces solides, tient à l'importance même des champs de forces moléculaires à la surface des solides.

Ces champs de forces sont beaucoup plus intenses à la surface des solides, qu'à la surface des liquides : c'est la conséquence de la non mobilité des particules solides qui, n'ayant pas la majeure partie de leur liaisons satisfaites, exercent de plus grandes forces attractives (17).

3.1.2. Dynamique d'adsorption :

On appelle adsorption dynamique, l'étude de l'évolution du phénomène d'adsorption dans un lit d'adsorbant traversé en continu par un courant d'adsorbat (16), en parallèle il existe l'adsorption statique.

En pratique, on cherche à connaître l'évolution en cours de réaction de la quantité d'adsorbat sortant du lit d'adsorbant d'une part, et des phénomènes d'échanges entre le liquide et l'adsorbant qui est appelé front d'adsorption de l'autre part.

La connaissance de la courbe de percée est indispensable pour le calcul d'un adsorbant. C'est une courbe pour laquelle la concentration C en adsorbat à la sortie du lit a été portée en ordonnée, et le temps en abscisse fig (18).

Cette dernière nous montre quatre (04) étapes successives de l'évolution de la concentration au cours de l'adsorption.

La première couche de l'adsorbant reçoit une solution de concentration initiale C_0 , les couches suivantes reçoivent un mélange appauvri, par l'adsorption dans les couches précédentes. Par suite la concentration du liquide diminue, quand on s'éloigne de l'entrée, et l'intensité d'adsorption de la couche, qui se trouve près de l'entrée diminue, du fait de la saturation.

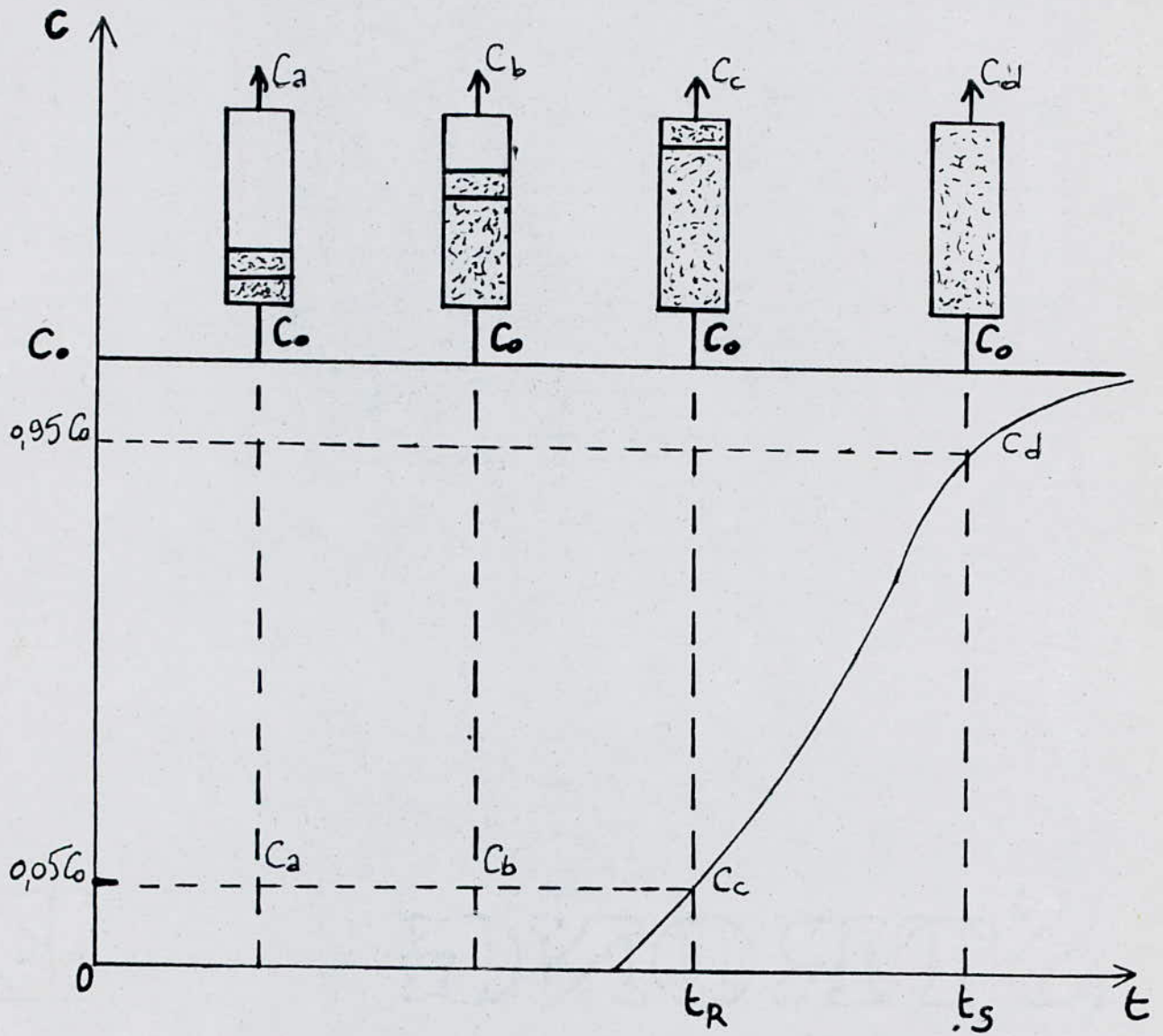
A un instant voisin de l'état précédent, les couches suivantes du lit commencent à se saturer progressivement.

Lorsque le front d'adsorption atteint la fin de la colonne, on commence à voir le soluté dans l'effluent, et cela correspond à t_R (temps de rupture).

Si on continue, d'envoyer le fluide dans la colonne, tout l'adsorbant finit par être en équilibre avec la charge et on arrive au temps de saturation (t_s).

3.2. Généralité sur le charbon actif :

On définit le charbon actif comme un charbon animal ou végétal ayant été traité spécialement lors de sa carbonisation en vue de lui faire acquérir la propriété d'adsorber des gaz et vapeurs ainsi que des liquides et des solutés.



Fig(1)' COURBE DE PERCEE

C'est l'extrême finesse de ses pores, le grand développement de sa surface interne qui confèrent ces propriétés au charbon. Le charbon actif peut-être préparé à partir des matières premières suivantes :

Houilles, bois, pâte à papier et noix de coco, ce sont les végétaux ou les parties des végétaux dont le tissu est très serré et très dense qui conviennent le mieux pour subir ce traitement, et donner de meilleurs capacités adsorbantes, les noix de coco, et les nayaux de pêches en sont des exemples (4).

3.2.1 . Différents aspects du charbon actif :

Les charbons actifs sont disponibles sous deux formes: en poudre et en grains, le choix de la forme se fait suivant le mode et le domaine d'utilisation.

Le charbon en poudre a une surface directement accessible, la cinétique d'adsorption est très rapide, il est aussi beaucoup moins cher que le charbon en grain, mais le fait qu'il soit impossible de le régénéré; lorsqu'il est récupéré mélangé avec les hydroxydes, empêche son utilisation étendue.

Comme utilisation nous citons les travaux des auteurs SNYDER et FERGUSON () qui ont montré que le charbon actif en poudre protège les bactéries d'une éventuelle présence d'éléments toxiques. Ils ont traité une eau usée urbaine par l'association, charbon actif-boues activées, en y ajoutant des doses d'ions métalliques tel que le Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{2+} , Zn^{2+} , à des doses d'environ 3mg/l. Les résultats comparatifs avec et sans charbon actif ne laissent aucun doute sur l'avantage de ce support (18).

Le charbon en grain est utilisé en lit fixe, une fois saturé il peut-être régénéré d'où son intérêt économique. Cette régénération provoque une perte de 5% du charbon actif.

Exemple d'utilisation : A l'usine de LAYOUT (18), le traitement d'eau de l'industrie textile sur quatre colonnes de charbon actif montées en série conduit, les auteurs aux conclusions suivantes:

Le charbon actif peut-être régénéré biologiquement dans la mesure où le produit adsorbé est biodégradable. Il existe un phénomène continu d'adsorption-régénération dans les colonnes permettant pendant 4 mois d'obtenir un effluent décoloré à 99% est une réduction de la DCO de 50%

3.2.2 . Activation du charbon : (19)

La matière première est carbonisée à des températures de l'ordre de 600°C puis activé par oxydation ménagée en présence d'air de gaz carbonique, de vapeur d'eau ou d'acide nitrique.

La carbonisation permet d'éliminer les matières volatiles afin de ne conserver qu'un squelette carboné, alors que l'activation proprement dite permet de développer la structure poreuse.

Il faut remarquer que les traitements thermiques peuvent créer des pores mais de grands diamètres, ces procédés d'activation des charbons actifs se rattachent à l'une des 2 catégories à savoir:

Activation chimique : qui consiste à un chauffage à 800°C sans carbonisation préalable et en présence d'un agent oxydant comme les chlorures de zinc, de calcium, l'acide sulfurique, et phosphorique. Cette méthode qui a l'inconvénient d'introduire des impuretés dans les produits préparés et de moins en moins utilisée.

Activation par le gaz : qui utilise l'action de la vapeur d'eau à température élevée sur le charbon, suivant la réaction.



Cette étape se fait à 900°C, et entraîne une combustion du carbone, qui lui communique une grande porosité. Les diamètres des pores sont de l'ordre de 15 à 20 Å.

3.2.3. Capacité d'adsorption :

Le choix de la taille des grains est un compromis entre le désir d'assurer un bon contact entre le charbon et le liquide, ce qui demande une granulométrie fine, et de permettre le passage du liquide avec le minimum de perte de charge.

La possibilité, pour le charbon actif de retenir des produits volatils résulte de l'adsorption qui dépend de sa surface spécifique et de la condensation capillaire, fonction des volumes et diamètres des pores créés dans le charbon par l'activation.

L'économie d'un traitement sur charbon actif est essentiellement fonction de la capacité utile du charbon, exprimée en (g) de DCO fixée par kg de charbon actif.

La capacité d'adsorption est liée à plusieurs facteurs tel que :

- La concentration du liquide: plus elle est élevée, plus la capacité est grande.
- La température : plus elle est grande plus la capacité diminue.
- La profondeur du lit : plus un lit est profond, plus il tolère des fronts d'adsorption allongés sans fuites excessives, tout en assurant une parfaite saturation de la couche supérieure.
- La vitesse de passage : l'expérience montre que l'on peut rarement excéder 3 volumes d'eau par volume de charbon, et par heure pour les cas de pollutions élevées (20).

3.2.4. Régénération du charbon actif :

Après un traitement sur charbon actif, celui-ci devient saturé et nécessite donc régénération.

La régénération consiste à libérer les pores du solide soit par chauffage à 900°C par apport de vapeur, soit par un lavage sodique, la méthode de régénération étant choisie en fonction du contaminant retenu (11).

3.2.5. Intérêt de l'utilisation :

Le charbon actif reste de loin l'adsorbant le plus utilisé dans le domaine industriel, du fait de son importante surface spécifique (600-1500 m²/g) (19), et de sa capacité d'adsorption s'il est humide, car les corps adsorbables déplacent l'eau.

C'est un adsorbent à très large spectre, vu que la plus part des molécules organiques se fixent à sa surface, on peut citer les composés aromatiques et hydrocarbures substitués etc....

Dans l'industrie, il est utilisé pour l'élimination des produits toxiques ou pour la récupération de produits chers.

D'autres industries l'utilisent pour l'amélioration de l'odeur et du goût, ainsi que la réduction de couleur.

Il est aussi utilisé comme barrière de protection en cas de pollution accidentelle.

CHAPITRE III

**RESUME
BIBLIOGRAPHIQUE
SUR
LE RECYCLAGE**

INTRODUCTION :

La rareté de l'eau constitue l'un des obstacles majeurs qui s'opposent au développement économique, de certains pays. Pour ne citer qu'elles, les industries textiles, papetières et alimentaires consomment d'énormes quantités d'eau, qui peuvent être réutilisées après un traitement adéquat.

Une fois épurées, ces eaux pourraient être réutilisées dans le même genre d'industries ou servir à des usages sanitaires, agricoles, ou même comme eau potable. D'autant que les méthodes de traitement et les installations modernes permettent d'atteindre des normes d'épuration élevées avec des coûts qui restent d'un niveau acceptable. Le traitement des eaux usées peut ainsi constituer un moyen propre à la réalisation d'économies ou à la protection de l'environnement dans les pays industrialisés, mais il constitue aussi un élément vital dans les pays qui ne disposent pas de ressources en eau suffisantes (22).

Dans le tableau ci-dessous sont classés quelques industries qui par leur pollution et leur débits d'eau utilisée ont poussé à la réflexion sur le recyclage de ces eaux et à la récupération de certains produits :

INDUSTRIES	PROCEDES UTILISES
-Sucrerie (D'EPPEVILLE)	-Evaporation-Cristallisation
-Ateliers de Galvanoplastie	-Echangeurs d'Ions.
-Papeterie	-Filtration sur lit profond pour le recyclage de l'eau.
-Rejet d'abattoir de volailles	-Filtration sur lit de tourbe.
-Traitement des eaux de recyclage industrielles	-Par rayonnement ultra-violet.
-Eau d'immeubles	-Recyclage de ces eaux (ultra-filtration).
-Textile	-Ultra-filtration automatisée.

III.1. METHODE DE RECUPERATION DES EAUX UTILISEES DANS LA SUCRERIE D'EPPEVILLE (23):

La sucrerie d'EPPEVILLE utilise comme matière première les betteraves qui subissent des modifications jusqu'à obtention d'un extrait appelé jus vert.

Ce jus est chargé de sucre, de sels minéraux et de composés organiques qui vont être éliminés par un traitement calco-carbonique. Ce procédé consiste à précipiter par de la chaux les matières constituant le non-sucre, et par filtration les grains de carbonate retenant prisonnières les impuretés, pour obtenir le jus clair, tout en s'assurant que les pertes de sucres dans le carbonate de chaux éliminé soient aussi faibles que possibles. Le jus épuré contenant environ 12% de sucre et 88% d'eau est, après décalcification et déminéralisation, concentré en continu par évaporation, pour obtenir un sirop épuré. Les 2 premières opérations consistent à retenir sur résines échangeuses d'ions une partie des non-sucres n'ayant pas été fixés à l'épuration calco-carbonique, et de produire à la fin des opérations de cristallisation le maximum de sucre cristallisé et le minimum de mélasse (sucre non cristallisé).

La pollution causée par cette industrie apparaît lors du passage du jus dans les colonnes de résines qui retiennent Na, Fe, H_2SO_4 , Ca, betaine, acides aminés, NH_4^+ , SO_4^{2-} , acides organiques, sulfates, chlorures, phosphates, qui se retrouveront dans les eaux de rinçage des résines après régénération.

Les eaux de lavages de résines sont recyclées par passage sur 5 préchauffeurs, évaporisateurs. Les eaux condensées des 5 effets sont refroidies et envoyées pour le lavage des résines de la déminéralisation.

Les traitements pratiqués sont :

* Les eaux boueuses de transport et de lavage des betteraves sont décantées partiellement dans 2 décanteurs. Ces eaux décantées sont recyclées au lavoir, stockées et les rejets vers les égouts sont aussi supprimés.

* La condensation des vapeurs de cuite s'effectue dans un condenseur par surface sans contact avec les eaux de refroidissement, qui restituées dans le milieu naturel après passage dans un réfrigérant atmosphérique.

* Les eaux condensées obtenues par évaporation et celles du condenseur par surface sont refroidies et acidifiées pour alimenter les machines d'extraction du sucre. Le reste, épandues sur des terrains de culture.

* Les écumes sont sorties à sec, stockées dans un bassin spécial et livrées en culture, à titre d'amendement calcaire.

Le traitement des eaux résiduaires de déminéralisation :

A chaque opération de rinçage, qui a lieu toutes les heures, c'est un volume d'environ 50 m³/h d'eaux (à 4% MS) chargées des impuretés qu'il faut traiter.

III-2. UTILISATION DES RESINES POUR LA REUTILISATION DES EAUX (24):

Comme la consommation de l'eau et sa pollution sont devenues depuis quelques années des problèmes de plus en plus préoccupants pour cela les autorités sont amenés à prendre des mesures pour les rejets pollués et limiter la consommation d'eau dans certains cas.

L'industrie du traitement de surface est l'une des plus touchées par ces mesures. C'est pourquoi elle est de plus en plus amenée à traiter ses effluents et à les recycler au moyen de techniques modernes et fiables. Les échangeurs d'ions (résines) représentent une des solutions de ce problème.

Types d'eaux rencontrées :

Les eaux résiduelles des ateliers de traitement de surface se répartissent normalement en quatre types :
eaux de rinçage acides, basiques, chromatées et cyanurées.

Ily a peu d'année encore, ils pouvaient sur une seule installation traiter ces quatre eaux mélangées. Actuellement la législation Française interdit le mélange des eaux acides et des eaux basiques. Le recyclage de ces eaux se fait donc nécessairement sur deux installations distinctes :

*Installation de traitement des eaux acides (mélange eaux acides et eaux chromatées).

-Echangeur de cations fortement acide.

-Echangeur d'anions moyennement basique.

*Installation de traitement des eaux basique (mélange eaux basiques et eaux cyanurées).

-Echangeur de cations fortement acide.

-Echangeur d'anions moyennement basique.

-Echangeur d'anions fortement basique.

Dans ce cas l'échangeur d'anions fortement basique est obligatoire car lui seul est capable de retenir les anions d'acides faibles comme les bicarbonates, carbonates, silicates, borates et surtout à cause de leur toxicité, les cyanures. D'autre part, l'échangeur d'anions moyennement basique est indispensable pour assurer la protection de l'unité fortement basique. En réalité, ils ne peuvent laisser une solution contenant des cyanures complexes métalliques, des détergents anioniques, ou des sels complexes de l'EDTA passer directement sur l'échangeur fortement basique. Le résultat serait rapidement désastreux car la difficulté d'éluer des corps pendant la régénération entraînerait un blocage irréversible de la capacité, rendant la résine plus ou moins rapidement inutilisable.

Installation de recyclage :

La capacité utile d'un échangeur d'ions est limitée. Elle est de l'ordre de 0,5 à 1,5 eq/l de résine, soit approximativement 20 à 40 g/l de métaux pour un échangeur fortement acide. Pour la régénération des résines, et les rinçages il faut de grandes quantités d'eaux (eaux de service égale deux à dix fois le volume de résine).

En premier lieu, les eaux résiduaires, de la déminéralisation qui contiennent environ 4% de matières sèches sont homogénéisées dans 2 bacs puis réchauffées par l'eau condensée de l'appareil d'évaporation dans un échangeur.

Les eaux résiduaires obtenues après une cristallisation :

Le produit concentré obtenu après évaporation est aspiré dans un appareil à cuire dans lequel va se poursuivre la concentration de ce dernier et se produit la formation des cristaux. La durée d'une opération de cuisson est d'environ 4h30mn, une fois la cuisson terminée la masse cuite obtenue (magma de cristaux plus l'eau mère) environ 6000l est coulée dans le malaxeur, d'où elle sera reprise par une pompe qui la refoulera dans l'essoreuse centrifuge continue, où s'effectuera la séparation des cristaux et de l'eau mère.

Dans l'essorage, les cristaux sont lavés par un courant d'eau chaude, l'égout obtenu sera repris dans l'appareil à cuire en fin d'opération et les sels dissous qu'il contient se déposeront sur les cristaux existants. A leur sortie de l'essoreuse les cristaux (sels binaires) sont prêts pour leur utilisation comme fertilisants.

Récupération des sous produits :

C'est la cristallisation de la phase minérale (finale) qui permet de récupérer un sel binaire (sel double de sulfate de potassium et de sulfate d'ammoniaque), utilisé en agriculture pour la fertilisation des sols, ainsi qu'un autre produit (non-sucre recon-stitué), utilisé pour l'alimentation du bétail.

Dans ces conditions, on peut comprendre l'intérêt de n'admettre sur l'installation de recyclage que les effluents présentant une pollution inférieure à 10meq/l.

Plus cette valeur est dépassée, plus la quantité d'eau traitée est faible, plus le nombre de régénérations est important.

Les résines mises en oeuvre dans l'installation doivent être capables :

-D'éliminer la pollution (ionique).

-de purifier une certaine quantité d'eau brute d'appoint destinée à compenser les pertes (en général 3 à 10% du débit).

Le calcul du volume de résines est effectué soit sur la base d'une pollution moyenne connue, soit si la pollution n'est pas connue, sur la base d'un débit spécifique.

Qualité de l'eau obtenue :

La résistivité de l'eau fournie par l'installation de recyclage est de l'ordre de 50000 ohm/cm; cette qualité est parfaitement satisfaisante pour la plupart des cas.

Le contrôle de la qualité est fait essentiellement par des résistivimètres et des réomètres, le premier cité contrôlant la teneur en acides forts, le second, en cyanures.

Problèmes rencontrés sur l'installation de recyclage :

Un certain nombre de problèmes peuvent se présenter au niveau de l'installation de recyclage par échangeurs d'ions. Certains sont accidentels (vidange d'un bain dans l'eau de rinçage) qui peuvent être évités, d'autres sont liés au système lui-même.

En conclusion le traitement des eaux de rinçage ne représente qu'une faible partie des possibilités offertes au traicteur de surface par les échangeurs d'ions.

Les échangeurs d'ions modernes sont un moyen fiable et économique pour lutter contre la pollution, diminuer la consommation d'eau, mais également récupérer des matières premières coûteuses.

III.3. FILTRATION.:

3.1. Filtration sur lit profond pour le recyclage de l'eau dans la fabrication du papier(25):

Le recyclage de l'eau dans le circuit de fabrication du papier est étroitement lié à la récupération des fibres, de l'énergie et des produits chimiques. La filtration sur lit profond représente un moyen de recyclage efficace.

Cette technique dans laquelle le mécanisme de filtration s'étend sur la totalité de la profondeur du lit filtrant permet, avec une chute de pression minimale et à peu de frais, de retenir de grandes quantités de matières en suspension et amener la concentration dans l'eau des fibres restantes, ainsi que des matières en suspension, à des valeurs inférieures à 1 ppm.

Plusieurs cas d'application de la filtration sur lit profond de matériau granuleux au recyclage d'eau en circuit peuvent être utilisés, pour cela nous citons ces 2 exemples de possibilités de filtration des eaux dans la fabrication du papier.

Exemple 1 : La filtration après flottation :

Après fermeture du circuit d'eau au niveau de la machine à papier, ils procèdent au traitement de l'eau du circuit après récupération des fibres. Cette récupération se fait par le procédé de flottation : Les fibres sont entraînées vers le haut par les micro-bulles produites et peuvent être évacuées comme boues flottantes avec une consistance supérieure à 4%, l'élimination des fibres peut atteindre plus de 99%; elle est très fortement dépendante des conditions d'exploitation de la flottation.

L'eau issue de la flottation contient cependant encore une petite quantité de fibres. Les changements qualitatifs et quantitatifs dans l'eau du circuit peuvent en outre conduire momentanément à une augmentation de sa teneur en matières solides. Une filtration correctement dimensionnée et raccordée en série, peut alors retenir toutes ces fibres, de façon que l'eau puisse être recyclée dans la machine à papier sans risque de colmatation. Il est possible de coupler la filtration à un autre procédé physico-chimique, amenant une réduction supplémentaire des matières solides.

DATE	19.8.80	19.8.80	15.10.80	16.10.80
Vitesse de passage (m ³ /m ² .h)			38!16!16	
Eau brute (mg MES/l)	1620	76	210!15!202!217	150!
Eau filtrée (mg MES/l)	1350/850	15/17	139!15!38	73 43!
Elimination (%)	17 48	81 78	34!90!81	66 71!

TABLEAU 3: ELIMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION PAR UN FILTRE A DEUX COUCHES, APRES RECUPERATION DES FIBRES PAR FLOTTATION (DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION AVEC FILTRE DE 8μ).

Ce dernier tableau indique les résultats d'exploitation obtenus après flottation-filtration. Les concentrations en matières solides relativement élevées à l'entrée du filtre sont dues; en plus des fibres, à la présence des particules plus fines et colloïdales, celles-ci étant en partie restées accrochées à la membrane filtrante, lors de l'analyse de la concentration des matières en suspension. Elles sont également présentes dans l'eau filtrée qui ne contenait plus aucune fibre. En exploitation continue, ce procédé apporte une eau impeccable à la machine.

Exemple 2 : La filtration après floculation-sédimentation :

Lorsque la papéterie dispose d'une station d'épuration des eaux usées il est avantageux de recycler l'eau après qu'elle soit passée par différents traitements. Si l'eau est floculée au moyen de minéraux adsorbants ou avec des polyélectrolytes, la salinité s'élève très peu. Ce procédé permet une élimination presque intégrale de la couleur et une élimination jusqu'à plus de 35% de la DCO. Les matières en suspension résiduelles sont présentes en petite concentration. Des résultats typiques de la filtration sont représentés sur le tableau 4.

Date	4	5	6	9	10	11	12	13	16	17	18
Juillet 1979											
Eau brute (mgMES/l)	19	18	118	22	5	17	30	150	40	120	45
Eau filtrée (mgMES/l)	6	7	7,3	4,7	3	6	8	5	4,5	3,5	4,5
Elimination (%)	69	61	94	79	40	65	73	97	89	97	90

TABLEAU 4 : ELIMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION PAR UN FILTRE A DEUX COUCHES, APRES FLOCCULATION-SEDIMENTATION (DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION AVEC FILTRE DE 1 μ).

Il apparaît que la concentration en matières en suspension, après la floculation-sédimentation se situe à des valeurs relativement basses (10-40mgMES/l).

A la sortie du filtre, la concentration en matières en suspension est inférieure à 7mg/l et aucune fibre n'est plus présente.

En conclusion la filtration est la base du retraitement de l'eau en circuit dans la fabrication du papier. Elle peut être exploitée et optimisée, en vue de l'élimination des matières solides avec ou sans floculation additionnelle sur le filtre. Lorsque la filtration est placée dans le circuit tertiaire, c'est à dire après traitement central des eaux usées, il en résulte un fonctionnement stable et de bonnes conditions pour ramener l'eau épurée biologiquement dans l'exploitation.

Une telle eau contient moins de substances organiques solubles est peut-être épurée jusqu'à obtention d'un nombre de germes très faible. Dans de tels cas la filtration est le procédé de base rendant possible le raccord avec des procédés d'affinage supplémentaires tels l'adsorption, les échangeurs d'ions, en vues de l'élimination de certaines substances solubles.

3.2. Filtration sur lit de tourbe (26):

La première station d'épuration d'eau résiduaires de laiterie par filtration sur lit de tourbe fut construite dans les années 1955 en NORMANDIE.

Après neutralisation et coagulation, les eaux étaient décantées dans des bacs, le surnageant et les boues étaient envoyés séparément en alternance sur les lits de tourbe. Les eaux clarifiées partaient directement à la rivière. Pour traiter jusqu'à près de 240m³/j (10m³/h). Ils disposaient de 120m² de ce filtre naturel dont 40m² seulement en service journalier. Plusieurs travaux concluent à la valeur épuratoire étonnante de la tourbe sur de nombreux effluents issus des industries des métaux lourds ou du pétrole, effluents contenant des colorants en provenance de l'industrie textile, effluents contenant des matières oxydables en provenance d'eau urbaines ou d'eau résiduaires d'abattoirs, avec une fixation moyenne de pollution atteignant 13% en poids. Pour la régénération biologique de la tourbe, il suffit de disposer de deux lits en alternance pour assurer le succès de l'opération globale, avec éventuellement implantation de végétaux. De ces expériences apparait la nécessité de disposer d'une filtration préalable très fine et d'un dégraissage poussé pour éviter un colmatage de la surface des lits.

3.3. Ultra-filtration automatisée dans l'industrie textile (27):

L'usine de RHONE-POULENC TEXTILE D'ARRAS cherche depuis de nombreuses années la meilleure solution pour le traitement et la réutilisation de ses eaux résiduaires afin de diminuer les frais d'investissement, d'exploitation, et d'améliorer les rendements d'épuration. Cette pollution sera traitée plus près de sa source avec, si possible, des traitements s'intégrant dans le processus de fabrication. L'effluent engendré par cette usine est principalement des huiles, des émulsions et des eaux de lavage. Pour remédier à cette pollution, l'usine a envisagé et étudié de nombreux procédés tel que :

- La décantation.
- Le cassage thermique de l'émulsion suivi d'une décantation.
- L'adsorption.
- L'ultrafiltration.

Le procédé pour lequel a opté cette usine pour le recyclage de son eau est l'ultrafiltration automatisée. Cette dernière est une méthode de séparation moléculaire et de concentration, par séparation tangentielle, ne peut intervenir que dans la mesure où :

-Les matières polluantes à éliminer sont sous forme insoluble, colloïdale ou soluble, mais de poids moléculaire de l'ordre de 5 à 10.000.

-Il n'y a pas "colmatage" des membranes et que leur "nettoyage" rend possible une exploitation de longue durée.

L'ULTRAFILTRATION : se fait à travers des modules travaillant à une température entre 25-40°C et la partie essentielle de l'ultrafiltre est une membrane qui laisse passer l'eau et qui retient les corps gênants. Cette fine pellicule filtrante serait amenée à se colmater instantanément, pour éviter ce colmatage le fluide balaie tangentiellement et à grande vitesse la membrane. (voir schéma).

Après un fonctionnement de 6 heures et lorsque le débit de l'ultrafiltration est jugé insuffisant, ils se déclenchent automatiquement un cycle d'opérations :

- Remplissage en eau de l'ultrafiltre,
 - Envoi vers stockage du concentré
 - Lavage de membranes, suivi d'un ou plusieurs rinçages.
 - La mise à dispositions de l'installation pour l'opération suivante ou un lavage rinçage complémentaire.
- (tout est commandé par un automate programmable due au fonctionnement 24 heures sur 24 heures).

RESULTATS : Après 6 mois d'exploitation :
Elements techniques ultrafiltration.

Débit traité	2 à 5 m ³ /j.
DCO traité	570 kg/j.
DCO éliminé (incinération)	540 kg/j.
Rendement épuration DCO	95%.
Rendement épuration MES	100%.
Durée moyenne d'une opération	7 à 8 heures.
6m ³	

Nous pourrions dire que le traitement des eaux résiduaires de l'industrie textile par l'ultrafiltration, s'est montrée une technique de choix, tant par ses performances que par ses possibilités d'automatisation d'intégration facile dans un processus de fabrication et sa grande fiabilité d'exploitation.

3.4. Recyclage des eaux d'immeubles (28) :

Le champ d'application de l'ultrafiltration s'est élargi depuis ces dernières années par la mise en place de modules et de membranes performants et industriels.

A travers cet exemple l'auteur a essayé de répondre à la question suivante :

-Peut-on, après, traitement, réutiliser in situ une eau résiduaire (ayant en quelque sorte déjà « travaillé »)?

Actuellement la réglementation JAPONAISE impose aux constructeurs d'immeubles, la mise en place de dispositifs permettant une réutilisation d'au moins la moitié des eaux utilisées.

Concrètement, les dispositions adoptées sont : les eaux potables utilisées pour les lavages, la cuisine, la toilette, sont après utilisation, collectées, purifiées, stérilisées et renvoyées vers les chasses d'eau des W.C.

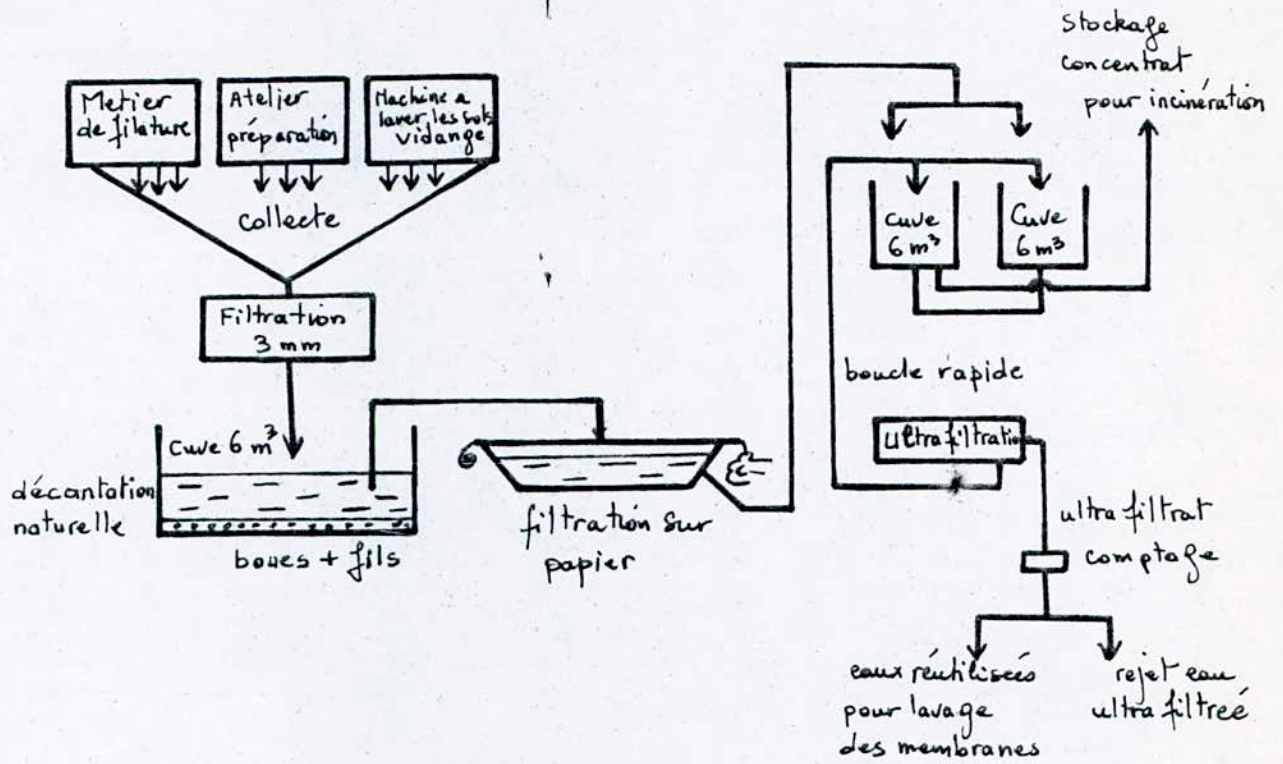


Schéma de traitement des eaux par Ultrafiltration Automatisée

Les eaux souillées ainsi obtenues retournent généralement vers les collecteurs pour être traitées dans la station municipale.

Les techniques mises en place :

Très souvent installés dans les sous-sols d'immeubles, les dispositifs retenus procèdent soit à l'oxydation biologique, soit au traitement physico-chimiques comme la filtration, floculation - décantation, l'adsorption, l'ultrafiltration, l'osmose inverse, Les contraintes de place, d'hygiène et d'efficacité condamnent l'oxydation biologique avec bassin ouvert, la floculation-décantation.

L'oxydation biologique des matières organiques dissoutes dans l'eau par les micro-organismes aérobies est bien connue, et les techniques d'ultrafiltration permettent de débarrasser une eau de tout éléments vivants : bactéries, champignons, virus.

Ces 2 méthodes associées permettent d'obtenir une eau de haute qualité et stérile, et d'autre part aboutissent à une installation complètement fermée (hygiène assurée).

En se basant sur cela et sur beaucoup d'autres facteurs, les JAPONAIS ont installés l'ensemble comprenant les postes suivants : Stockage des effluents, dégrillage grossier, dégrillage fin, un ensemble réacteur fermé-pompe de recyclage-module d'ultrafiltration, stockage des eaux propres avant renvoi pour eau sanitaire avec, si besoin, un poste de chloration.

Les performances réalisées :

Abattements :

-MES	100%
-Germe totaux, virus, bactéries	100%
-DBO ₅	95%
-DCO	90%
-Flux traité	100 l/h/m ² .
-Nettoyage des membranes	peut être programmé une fois par jour ou une fois par semaine.

Enfin après une étude économique il s'était avéré que c'est une réutilisation judicieuse de l'eau résiduaire domestique. en plus, cette méthode peut-être envisagée dans le cas de l'industrie agro-alimentaire, forte consommatrice d'eaux de lavage, lesquelles doivent souvent conserver leur aspect de stérilité, qualité garantie par l'ultrafiltration.

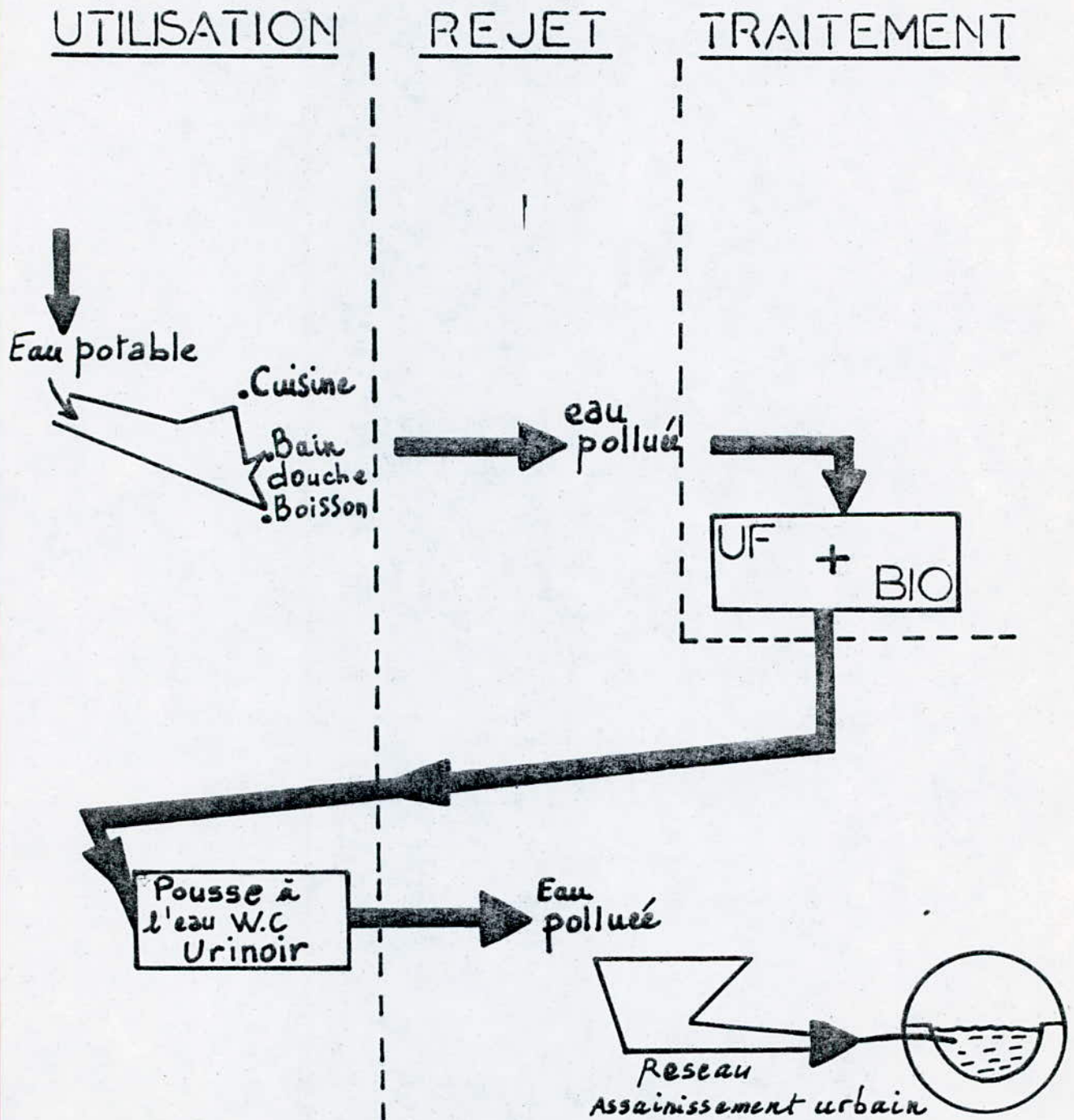


Schéma de principe de traitement des eaux résiduaires d'immeubles

III.4. TRAITEMENT DES EAUX DE RECYCLAGE INDUSTRIELLES PAR RAYONNEMENT U.V (19):

L'évolution technologique des équipements de traitement d'eau par rayonnement U.V permet d'envisager actuellement de nouvelles applications notamment dans le traitement des eaux de recyclage industrielles.

Dans de nombreuses applications industrielles où des liquides aqueux sont utilisés en recyclage dans un circuit fermé, l'un des problèmes essentiels qui se pose est la prolifération de micro-organismes, ce qui entraîne des dangers pour la santé, des changements dans la composition des produits chimiques nécessaires au bon fonctionnement du circuit, ainsi que des diminutions de son rendement. Pour combattre le développement de ces micro-organismes, ils utilisent comme moyen récent le rayonnement U.V qui n'entraîne aucun effet d'immunisation.

L'efficacité de ces rayonnements dépend de l'administration de la dose nécessaire pour inactiver les micro-organismes, et descendre ainsi au dessous du taux de concentration maximum admissible des germes en cause.

La finalité du traitement par rayons U.V :

Le but final d'un traitement par rayonnement U.V est la désactivation d'un nombre maximum des micro-organismes visés. Il peut se produire, outre les effets destructeurs causés par les rayons, phénomène appelé photo-réactivation : qui est une mutation de réparation souvent constatée, se produit sous l'influence d'enzymes formés par l'irradiation provenant de la lumière visible. La mutation peut avoir lieu dans les micro-organismes qui sont toujours vivants, mais détruits jusqu'au point où la reproduction n'est plus possible. L'administration de doses plus élevées diminue la concentration des survivants, de même que le taux des mutations par photo-réactivation.

Grâce aux progrès Technologiques réalisés, le traitement aux rayonnements U.V connaît un intérêt nouveau et poussé, dans des procédés nouveaux englobant le traitement bactériologique des eaux usées industrielles.

Il faut noter que les coûts d'utilisation de ces procédés sont dans la plus part des cas inférieurs à ceux des techniques classiques.

CHAPITRE

PARTIE

EXPERIMENTALE

INTRODUCTION

Dans le but de trouver un moyen de recyclage des eaux usées traitées de l'unité textile de DRAA BEN KHEDDA (DBK), nous avons choisi différentes filières physico-chimiques possibles.

Une expérimentation a été décidée en vue d'explorer une combinaison de filière coagulation-floculation, filtration, adsorption, ainsi que d'autres méthodes chimiques. Toutes les analyses ont été effectuées sur des prélèvements d'eau traitée, à la sortie de la station d'épuration et avant déversement dans l'Oued SEBAOU.

Par souci de clarté et de meilleure compréhension, nous présentons les résultats, suivis des interprétations.

INTRODUCTION

Dans le but de trouver un moyen de recyclage des eaux usées traitées de l'unité textile de DRAA BEN KHEDDA (DBK), nous avons choisi différentes filières physico-chimiques possibles.

Une expérimentation a été décidée en vue d'explorer une combinaison de filière coagulation-floculation, filtration, adsorption, ainsi que d'autres méthodes chimiques. Toutes les analyses ont été effectuées sur des prélèvements d'eau traitée, à la sortie de la station d'épuration et avant déversement dans l'Oued SEBAOU.

Par souci de clarté et de meilleure compréhension, nous présentons les résultats, suivis des interprétations.

1. ESSAI DE COAGULATION-FLOCCULATION :

Dans cette partie nous nous sommes intéressés à déterminer la meilleure dose du coagulant-floculant donnant une bonne élimination de la couleur, et de la DCO, sur les prélèvements effectués, à différentes dates, de l'eau de sortie de la station d'épuration. Nous nous sommes aussi intéressés à l'évolution de la densité optique (D.O) en fonction du temps car nous ne pouvions déterminer la concentration des colorants dans l'eau, et calculer la DCO pour la meilleure dose de coagulant.

Les méthodes de mesures de la DCO et de la coagulation-floculation sont décrites dans la partie Annexe. Quant à la densité optique (D.O) elle a été déterminée par la méthode colorimétrique avec un spectrophotomètre BECKMAN, pour une longueur d'onde d'absorption maximale ($\lambda_{max} = 380\text{nm}$) du soluté traité, se situant dans le visible dans le cas de solution colorée (voir annexe).

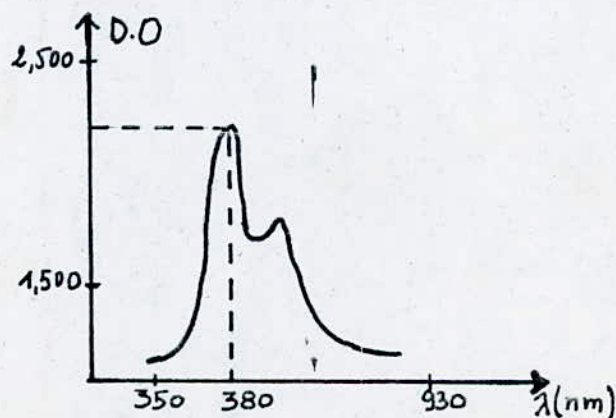
NB :

Comme nous ne connaissons pas la longueur d'onde maximale d'absorption de notre échantillon, nous étions obligés de la chercher pour chaque prélèvement effectué à différentes dates.

DETERMINATION DE LA LONGUEUR D'ONDE MAXIMALE D'ABSORPTION (λ_{max})

Les divers molécules et groupements fonctionnels possèdent des bandes d'absorption spécifiques. Pour trouver l'absorption caractéristique d'une particule en solution ou d'un composé en solution, nous mesurons la densité optique à différentes longueurs d'ondes (balayage du spectre).

Nous obtenons alors une courbe d'absorption. La longueur d'onde (λ) pour laquelle l'absorption est maximale est appelée λ_{max}



DOSES DE COAGULANT $Al_2(SO_4)_3$ (mg/l)	0	1000	2000	3000	4000	5000
D.O	0,053	0,035	0,022	0,021	0,015	0,017
E%	0	34	58,49	60,37	71,69	67,92
pH	8,5	8,2	7,9	7	6,7	6

* D.O : Densité Optique.

* E : Efficacité d'élimination de la couleur avec

$$E \% = \frac{DO_{\text{initiale}} - DO(C)}{DO_{\text{initiale}}} \times 100$$

où C est la concentration du coagulant $Al_2(SO_4)_3$

TABEAU I : EVOLUTION DE L'EFFICACITE D'ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DE LA CONCENTRATION DE SULFATE D'ALUMINIUM $Al_2(SO_4)_3$.

DOSES DE $Al_2(SO_4)_3$ (mg/l)	4000
D.O	0,015
DCO mgO ₂ /l	150

* D.O initiale = 0,053

* DCO initiale = 170mgO₂/l

TABEAU II : EFFET DU COAGULANT SUR L'ELIMINATION DE LA D.C.O.

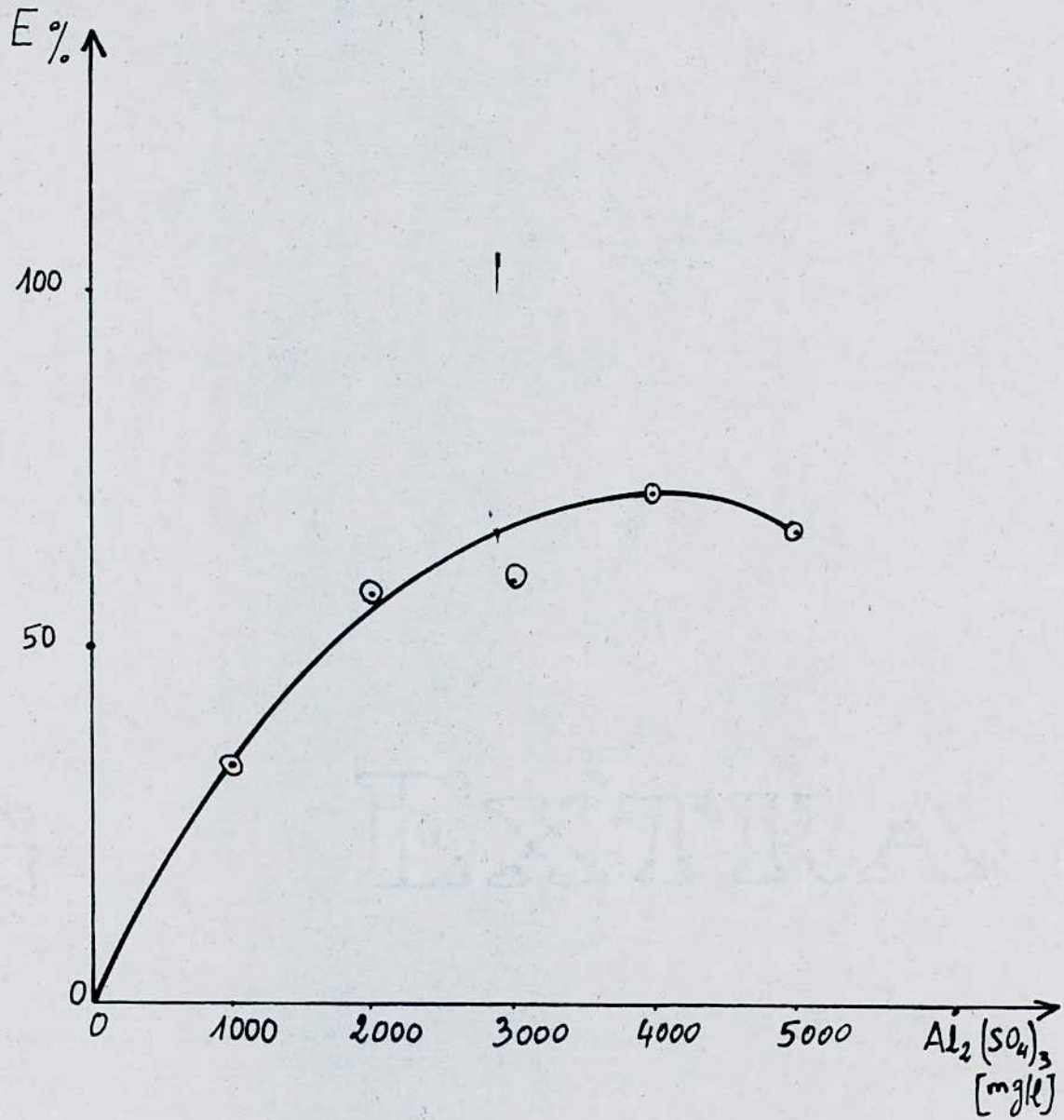


FIG 1 : DETERMINATION DE LA MEILLEURE DOSE DE $Al_2(SO_4)_3$

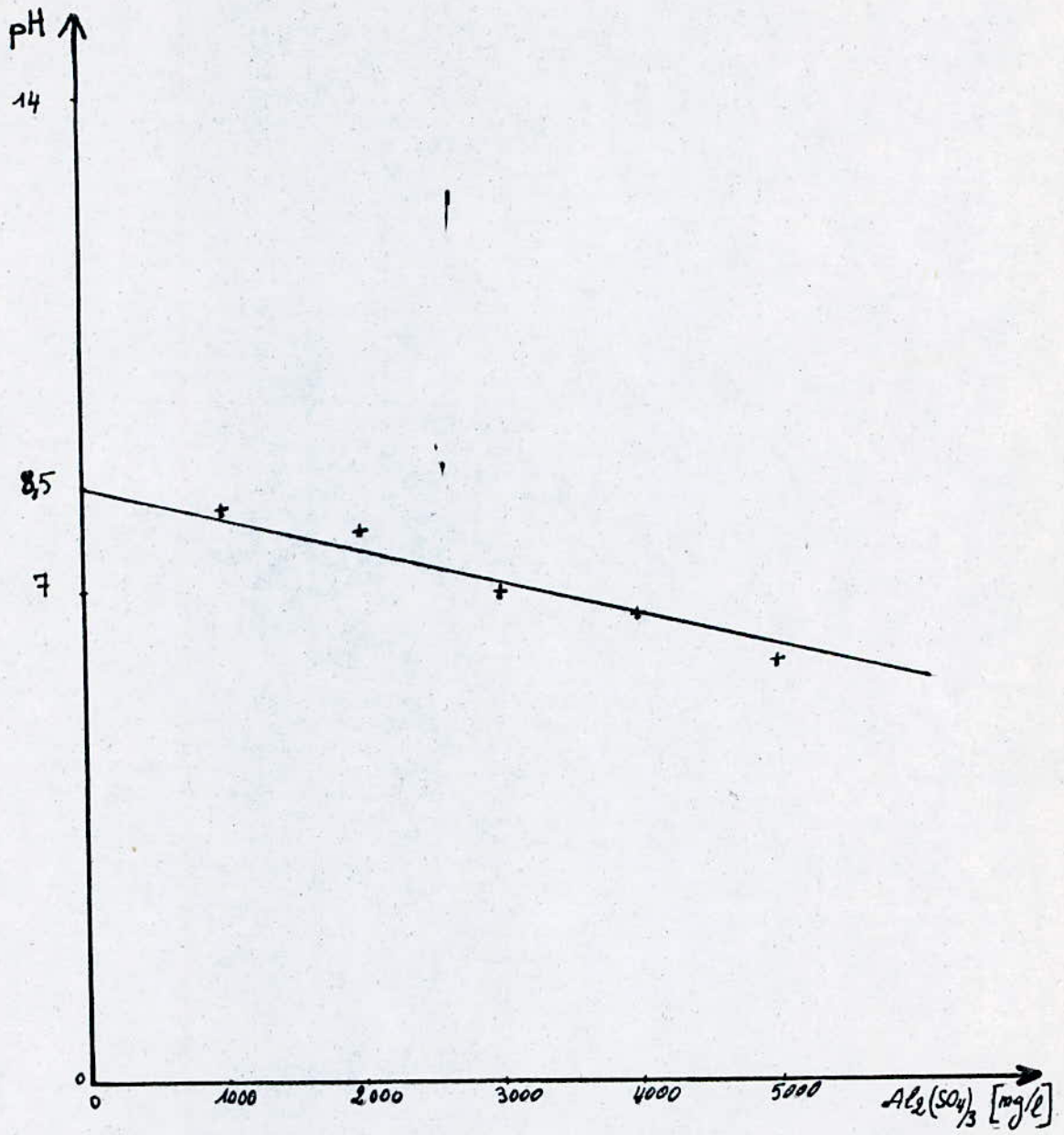


FIG 2 : EVOLUTION DU pH EN FONCTION DES DOSES DE $Al_2(SO_4)_3$.

L'effluent traité de l'unité textile de (DBK) est caractérisé par une couleur et une D.C.O faible. Pour déterminer les réactifs nécessaires à un bon rendement de coagulation-floculation, nous avons choisi au départ deux coagulants le sulfate d'aluminium ($Al_2(SO_4)_3$) et le sulfate de fer ($FeSO_4$) pour les comparer.

Les premières observations ont montré que le $FeSO_4$ nous colorait l'échantillon et augmentait la densité optique, alors que le sulfate d'aluminium diminue la couleur et la densité optique, ainsi ce dernier a été retenu et le $FeSO_4$ éliminé.

Nous pensons d'après les tableaux I, II, et la figure N° 1, que la meilleure dose qui a permis une formation très importante de flocons et une diminution de la couleur de 71,6%, ainsi qu'une D.C.O de 150mgO₂/l est bien 4000mg/l. C'est cette dernière concentration du coagulant-floculant qui sera utilisée dans les expériences ultérieures.

Selon la figure N° 2, nous remarquons qu'à chaque fois que nous augmentons la dose de $Al_2(SO_4)_3$, le pH diminue, cela vient de la libération des ions H⁺ lors de la formation d'hydroxyde d'aluminium.

2. ESSAI DE FILTRATION :

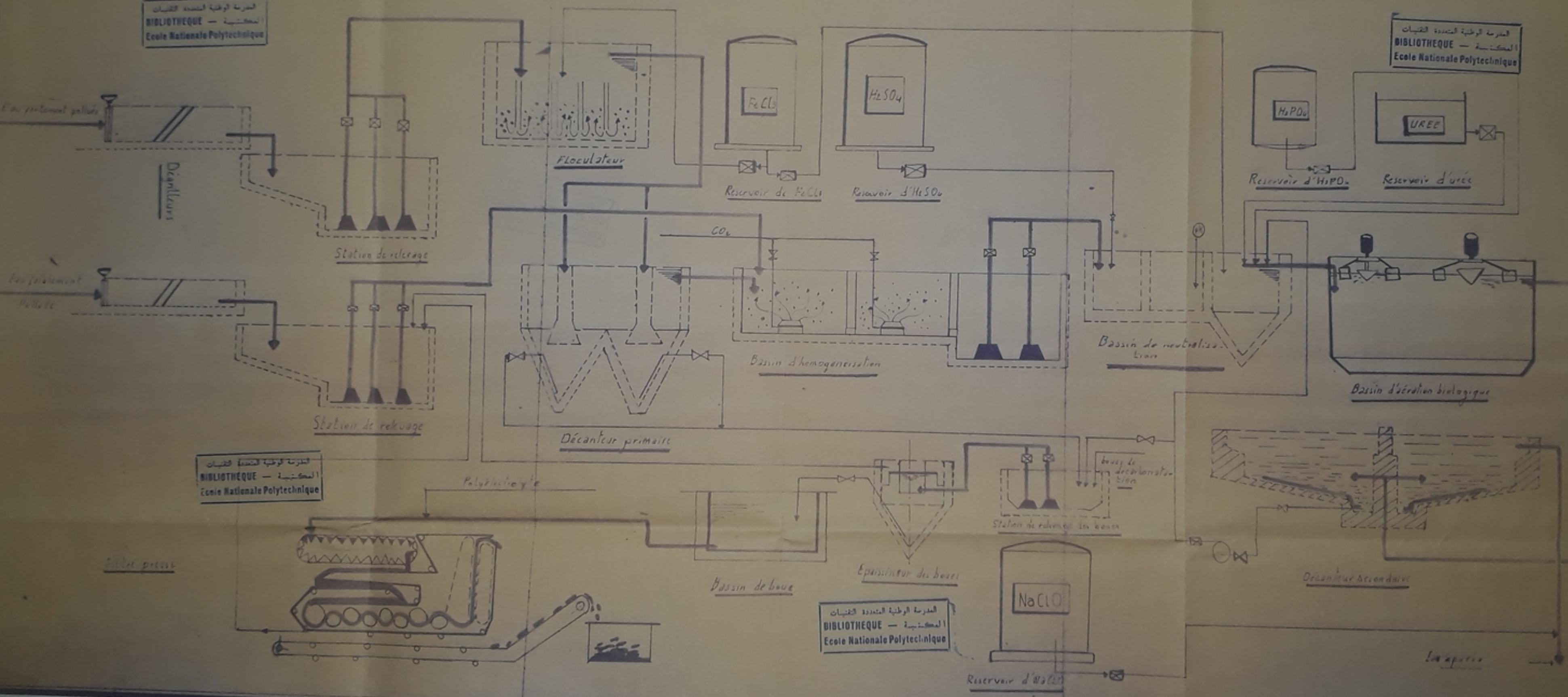
Nous nous sommes basés sur des travaux déjà effectués par le Dr W.J. MASSCHELEIN (15), pour choisir les paramètres opératoires. Le support du lit filtrant est un récipient circulaire de diamètre 18cm. Le fond qui retient la masse filtrante est une grille de tamis de diamètre 1mm. Cette dernière retient un ensemble de 2 couches, la première constituée, par du gravier de diamètre compris entre 0,5 et 1cm, et la seconde par du sable dont le diamètre varie entre 0,15 et 0,35mm. Le débit a été choisi le plus faible possible, (Q = 10ml/mn) de telle manière à ne pas perturber le lit filtrant et causer des chemins préférentiels (création de zones mortes), ainsi qu'un bon contact entre l'eau et le sable d'où une bonne élimination d'impuretés. Après la floculation nous récupérons l'eau partiellement décolorée, puis nous la mettons dans une bonbonne pour avoir le débit désiré. Nous avons préféré mesurer l'élimination de la couleur (D.O), pendant un temps de filtration fixé à 20mn, et de même pour la D.C.O.

PLAN DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX RESIDUAIRES DE LA COTITEX

PE 017/88
 Avant p. 5A

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة
 Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة
 Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة
 Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
 BIBLIOTHEQUE — المكتبة
 Ecole Nationale Polytechnique

Les résultats de cette manipulation sont indiqués sur le tableau III.

D.O	0,012
DCO $\text{mgO}_2/1$	100

DO_{initiale} = 0,015.
DCO_{initiale} = 150 $\text{mgO}_2/1$

TABLEAU III : RESULTATS DE LA FILTRATION.

Nous constatons d'après ce dernier tableau que la filtration n'élimine pas beaucoup la couleur, mais retient les particules échappées à la coagulation-floculation. Nous constatons aussi que la D.C.O diminue légèrement. La filtration est une méthode qui retient les grosses particules, est les micro-organismes mais élimine légèrement la couleur.

3. ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF :

3.1. Préparation du charbon actif :

Afin de réactiver le charbon, nous l'avons fait bouillir dans de l'eau distillée pendant 3 heures, pour évaporer tous les produits volatils susceptibles de l'avoir contaminé, il a ensuite été mis à sécher à l'étuve à une température de 110°C pendant 24 heures

Il est stocké dans un dessiccateur pour être tenu à l'abri de l'humidité de l'atmosphère. Cette opération est faite, dans le seul but d'augmenter autant que possible la surface spécifique de ce charbon, en débarassant ses pores des impuretés qu'ils peuvent contenir.

3.2. Caractéristiques du charbon actif :

Avant d'entamer l'étude de l'adsorption, il est nécessaire de déterminer les caractéristiques physico-chimiques du charbon actif. Le charbon actif en grains a été fourni sans aucune caractéristique, c'est pourquoi nous avons déterminé certaines d'entre elles à partir des méthodes de laboratoire.

Les propriétés physico-chimiques qui peuvent caractériser le charbon actif sont : l'humidité, la densité réelle, la densité du grain ou apparente, le volume poreux total, la porosité, la surface spécifique.

Le charbon utilisé est un charbon granulé dont les dimensions varient de 1,250mm à 1,60mm.

3.2.1. L'humidité :

Le charbon de masse M_0 est mis à l'étuve à 110°C, à sécher jusqu'à masse constante M_1 .

L'humidité est calculée par la relation

$$h = \frac{M_0 - M_1}{M_1} \quad (\%)$$

3.2.2. La densité réelle :

Les charbons actifs se mouillent irrégulièrement et tendent facilement à emprisonner de l'air. Nous avons pour éviter cet inconvénient adopté la méthode suivante pour mesurer la densité de notre échantillon:

Nous mettons le charbon actif dans une étuve à 110°C, pour le déshydrater. Une petite quantité de ce charbon actif sec est mise dans un picnomètre taré. Il est ensuite rempli de méthanol, ce dernier à la propriété de ne pas mouiller le charbon actif. Il est ensuite pesé. La connaissance de la tare et de la masse volumique du méthanol nous permet d'accéder au poids du charbon actif utilisé, et connaissant le volume du picnomètre, nous en déduisons la densité soit:

M_0 : La masse du produit à analyser en (g).

ρ : Masse volumique du méthanol = 0,792 g/cm³

P_1 : Poids de méthanol à ajouter à M_0 pour remplir le picnomètre.

P_2 : Poids de méthanol remplissant le picnomètre.

La densité réelle de l'échantillon est donnée par

$$d_{re} = \frac{M_0 \times \rho}{P_2 - P_1}$$

3.2.3. Densité apparente :

La méthode consiste à mettre une quantité de charbon actif correspondant à un volume V, dans une éprouvette préalablement lavée

et séchée. Il est nécessaire de secouer l'ensemble pour avoir un bon tassement des grains, et éviter l'adhésion des particules sur les parois de l'éprouvette. La connaissance de la tare et de la masse totale, nous permet de connaître la masse de l'échantillon m .

La densité apparente est calculée par :

$$d_{app} = \frac{\text{masse de l'échantillon}}{\text{volume qu'il occupe}} \quad (\text{g/cm}^3).$$

3.2.4. Volume poreux total : (V.P.T)

Il s'exprime par la relation suivante :

$$\text{V.P.T} = \frac{1}{d_{app}} - \frac{1}{d_{Re}} \quad (\text{cm}^3/\text{g})$$

3.2.5. La porosité :

La porosité est définie comme étant le rapport du volume du vide (V_1) sur le volume total (V_T). Pour la mesure de la porosité (ε), nous utilisons une éprouvette de 10ml que nous remplissons de charbon actif jusqu'à 1 volume de deux (O₂)ml, soit alors une masse totale M_1 ;

Nous ajoutons du méthanol jusqu'à 1 volume V_T de 4ml, soit alors la masse M_2 . La porosité se calcule par la relation suivante.

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_T} = \frac{M_2 - M_1}{\rho_{\text{méthanol}} \cdot V_T} - V_2$$

$$V_T = 4\text{ml}$$

$$V_2 = 4 - 2\text{ml}$$

$$\rho_{\text{meth}} = 0,792\text{g/cm}^3$$

3.2.6. Surface spécifique :

Les moyens de notre laboratoire ne nous ont pas permis de mesurer la surface spécifique, mais notons qu'elle est de l'ordre de $1000\text{m}^2/\text{g}$.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous:

L'HUMIDITE %	3,964
LA DENSITE REELLE (g/cm ³)	2,15
LA DENSITE APPARENTE (g/cm ³)	0,50
VOLUME POREUX TOTAL (cm ³ /g)	1,53
LA POROSITE	0,38

3.3. Dynamique d'adsorption :

Cette partie consiste à examiner l'élimination de la couleur par le charbon actif en colonne.

3.3.1. Influence de la vitesse d'écoulement sur la décoloration:

La vitesse d'écoulement, guide les phénomènes d'adsorption et intervient aussi dans le dimensionnement des filtres de charbon actif. Mais à l'échelle industrielle, la tendance actuelle est souvent de travailler à de grandes vitesses, tout en respectant les normes de rejets.

* Influence de la vitesse d'écoulement sur l'adsorption:

Nous constatons que les tableaux IV, V, VI, et la figure N°3, montrent que le rendement de décoloration augmente avec la diminution de la vitesse d'écoulement, du fait qu'une faible vitesse d'écoulement permet une plus grande fixation des molécules et un temps de contact prolongé sur les sites actifs du charbon.

Tandis que une élévation de la vitesse d'écoulement accélère l'augmentation de la température de l'adsorbant, et conduit à une rupture plus rapide du lit de charbon.

D'après ces derniers résultats, nous avons constaté qu'au temps $t = 40 \text{mn}$, la densité optique se stabilise, alors nous avons choisi ce temps pour comparer le ~~taux~~ de décoloration à différents débits. Les résultats sont indiqués dans le tableau VII, fig N° 4. Les faibles débits donnent **une très bonne décoloration**.

3.3.2. Influence de la hauteur du charbon actif sur l'élimination du colorant :

La colonne expérimentale utilisée a un diamètre de 21mm. Nous avons choisi différentes hauteurs du lit de charbon 10, 20, 30, 40cm et étudier pour une:

- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| * Vitesse de passage | $V = 0,002 \text{cm/s.}$ |
| * D.O initiale | $D.O = \cancel{0,008} \cdot 0,030$ |
| * Une température ambiante | $T = 18^\circ\text{C} .$ |

L'influence de la hauteur du charbon sur l'élimination de la couleur.

Le meilleur rendement de décoloration est obtenu pour la plus grande hauteur. Les résultats sont indiqués dans les tableaux VIII, IX, XI, ~~X~~ et la fig N°5.

Le rendement de décoloration augmente dans le même sens que la hauteur car en augmentant la hauteur du lit, nous augmentons par la même occasion la masse du charbon, et par conséquent la surface de contact et le nombre de pores du charbon.

D'après la fig N°6, le taux d'élimination de la couleur maximale est atteint beaucoup plus rapidement, lorsque le débit de la solution à décolorer est faible et lorsque la hauteur du lit de charbon est maximale, et ceci nous paraît tout à fait logique. Toutefois nous pensons qu'il existe un couple de valeur (débit, hauteur) pour lequel la décoloration est maximale, il faudrait plusieurs manipulations pour les déterminer. (Tableau N°XII)

INFLUENCE DE LA VITESSE DE PASSAGE SUR L'ADSOPTION

La colonne utilisée possède un diamètre de 21mm et le choix des vitesses est relatif au matériel utilisé.

Hauteur du lit $h = 10\text{cm.}$
 Masse du lit $m = 16,103\text{ g.}$
 Débit $Q = 5\text{ ml/mn.}$
 Température ambiante $T = 17^{\circ}\text{C.}$
 Vitesse d'écoulement $V = 0,02\text{ cm/s.}$

$$D.O_{\text{obtenue}} = D.O_{\text{initiale}} - D.O_{\text{lue}}$$

t(mn)	D.O _{lue}	D.O _{obt}	R %
0	0,030	0	0
5	0,025	0,005	16,66
10	0,016	0,014	46,66
15	0,010	0,016	66,66
20	0,006	0,024	80
25	0,003	0,027	90
30	0,002	0,028	93,33
35	0,001	0,029	96,66
40	0,001	0,029	96,66
45	0,000	0,030	100
50	—	0,030	100
60	—	—	—

* R : Rendement d'élimination de la couleur(%).

TABLEAU N° IV ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS POUR UNE VITESSE DE 0,02 cm/s.

RESULTATS OBTENUS POUR :

Hauteur du lit $h = 10 \text{ cm.}$
Masse du lit $m = 15,926 \text{ g.}$
Débit $Q = 10 \text{ ml/mn.}$
Température ambiante $T = 17^\circ\text{C.}$
Vitesse d'écoulement $V = 0,05 \text{ cm/s.}$

t (mn)	D.O _{lue}	D.O _{obt}	R %
0	0,030	0	0
5	0,027	0,003	10
10	0,021	0,009	30
15	0,017	0,013	43,33
20	0,016	0,014	46,66
25	0,010	0,020	66,66
30	0,008	0,022	73,33
35	0,005	0,025	83,33
40	0,003	0,027	90
45	0,003	0,027	90
50	0,002	0,028	93,00
55	0,001	0,029	96,66
60	0,001	0,029	96,66
65	0,000	0,030	100

TABEAU N°V ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS POUR VITESSE D'ÉCOULEMENT DE 0,05 cm/s

RESULTATS OBTENUS POUR :

Hauteur du lit $h = 10 \text{ cm.}$
 Masse du lit $m = 16,110 \text{ g.}$
 Débit $Q = 25 \text{ ml/mn.}$
 Température ambiante $T = 17^{\circ}\text{C.}$
 Vitesse d'écoulement $V = 0,12 \text{ cm/s.}$

t (mn)	D.O _{lue}	D.O _{obt}	R %
0	0,030	0	0
5	0,028	0,002	6,66
10	0,020	0,010	33,33
15	0,019	0,011	36,66
20	0,015	0,015	50
25	0,011	0,019	63,33
30	0,010	0,020	66,66
35	0,009	0,021	70
40	0,006	0,024	80
45	0,004	0,026	86,66
50	0,002	0,028	93,33
55	0,002	0,028	93,33
60	0,001	0,029	96,66
65	0,001	0,029	96,66
70	0,001	0,029	96,66
75	0,000	0,030	100

TABEAU N° VI ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS POUR UNE VITESSE D'ECOULEMENT DE 0,12cm/s.

Pour un temps fixer $t = 40\text{mn.}$

Rendement %	96,66	90,0	80
V(cm/s)	0,02	0,05	0,12

TABLEAU N° VII INFLUENCE DE LA VITESSE D'ÉCOULEMENT SUR LE RENDEMENT DE DECOLORATION.

INFLUENCE DE LA HAUTEUR DU CHARBON SUR L'ÉLIMINATION DE LA COULEUR.

Hauteur du lit $h = 30\text{cm.}$
 Masse du lit $m = 102,272\text{g.}$
 Débit $Q = 5\text{ml/mn.}$
 Température ambiante $T = 17^{\circ}\text{C.}$
 Vitesse d'écoulement $V = 0,02\text{cm/s.}$

t (mn)	D.O _{lue}	D.O _{obt}	R %
0	0,080	0	0
15	0,069	0,012	15
20	0,05	0,03	37,5
25	0,045	0,035	43,75
30	0,02	0,060	75
35	0,009	0,071	88,75
40	0,001	0,079	98,75
45	0,000	0,080	100
50	-	-	-

TABLEAU N° X ÉLIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS POUR UNE HAUTEUR DU LIT DE 30cm.

RESULTATS OBTENUS POUR :

Hauteur du lit	h	=	10cm.
Masse du lit	m	=	15,929g.
Débit	Q	=	5ml/mn.
Temperature ambiante	T	=	17°C.
Vitesse d'écoulement	V	=	0,02cm/s.

t (mn)	D.O _{lue}	D.O _{obt}	R%
0	0,080	0	0
5	0,076	0,004	5
10	0,071	0,009	11,25
15	0,071	0,009	11,25
20	0,062	0,018	22,5
25	0,053	0,027	33,75
30	0,049	0,031	38,75
35	0,038	0,042	52,5
40	0,021	0,059	73,75
45	0,019	0,061	76,25
50	0,019	0,061	76,25
60	0,020	0,060	75
65	0,015	0,065	81,25
70	0,010	0,070	87,5
75	0,009	0,071	88,75
80	0,005	0,075	93,75
90	0,002	0,078	97,5
100	0,001	0,079	98,75
120	0,000	0,080	100

TABLEAU N° VIII ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS POUR UNE HAUTEUR DU LIT DE 10cm.

RESULTATS OBTENUS POUR :

Hauteur du lit	h	= 20cm
Masse du lit	m	= 33,145g.
Débit	Q	= 5ml/mn.
Température ambiante	T	= 17°C.
Vitesse d'écoulement	V	= 0,02cm/s.

t (mn)	D.O _{lue}	D.O _{obt}	R %
0	0,080	0	0
10	0,070	0,010	12,5
15	0,063	0,017	21,25
20	0,050	0,030	37,5
25	0,045	0,035	43,75
30	0,033	0,047	58,75
35	0,022	0,058	72,50
40	0,010	0,070	87,5
45	0,006	0,074	92,5
50	0,002	0,078	97,5
60	0,001	0,079	98,75
70	0,000	0,080	100
75	-	-	-

TABEAU N° IX ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS
POUR UNE HAUTEUR DU LIT DE 20cm.

RESULTATS OBTENUS POUR :

Hauteur du lit $h = 40\text{cm.}$
 Masse du lit $m = 114,589\text{g.}$
 Débit $Q = 5\text{ml/mn.}$
 Température ambiante $T = 17^{\circ}\text{C.}$
 Vitesse d'écoulement $V = 0,02\text{cm/s.}$

t (mn)	D.O _{lue}	D.O _{obt}	R %
0	0,080	0	0
15	0,023	0,057	71,25
25	0,005	0,075	93,75
30	0,002	0,078	97,5
35	0,001	0,079	98,75
40	0,000	0,080	100
45	-	-	-

TABLEAU N° XI. ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS POUR UNE HAUTEUR DU LIT DE 40cm.

R %	h (cm)
44	10
70	20
82	30
96	40

TABLEAU N° XII. RENDEMENT D'ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DES DIFFERENTES HAUTEURS DU LIT.

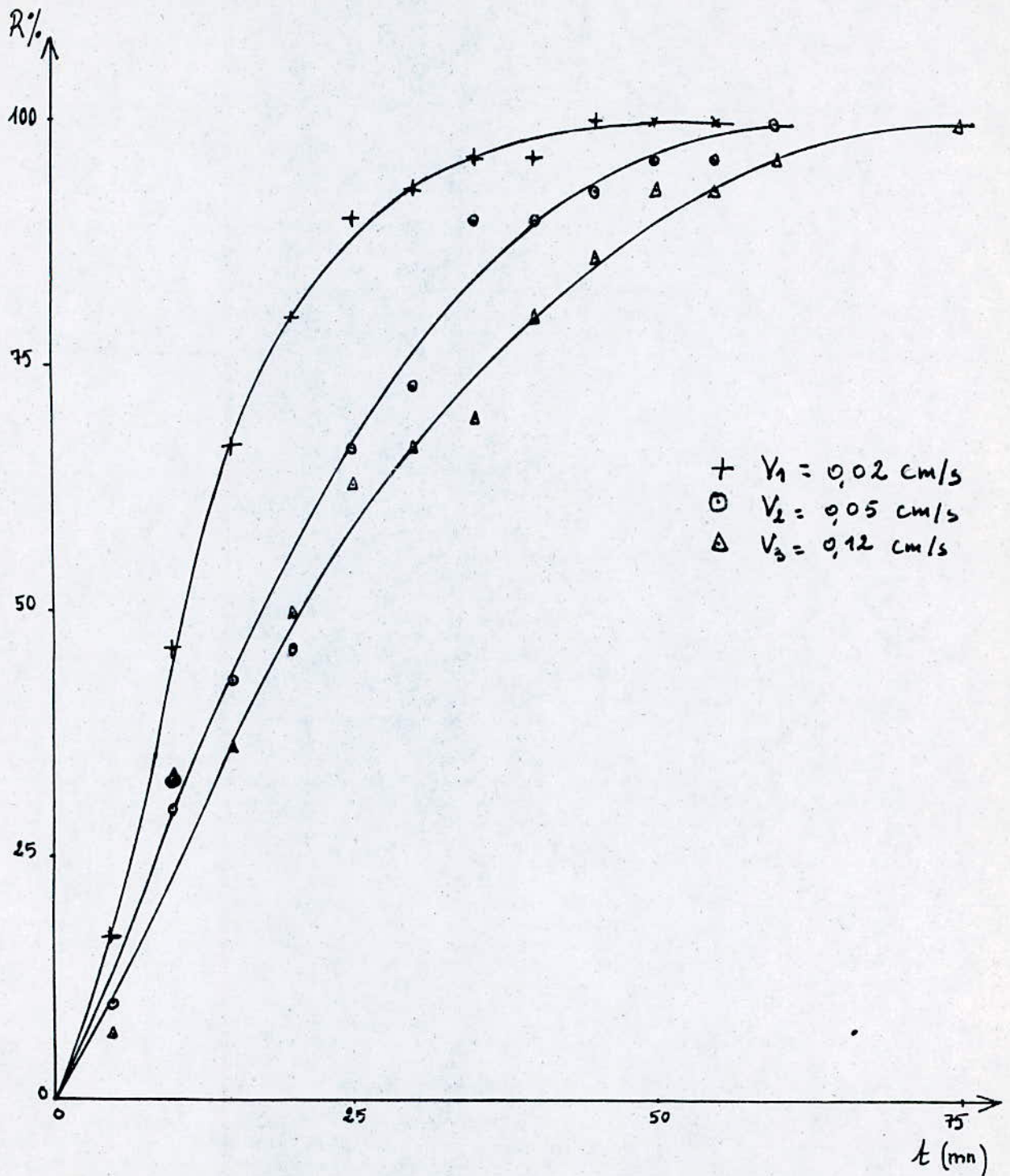


FIG 3 : RENDEMENT D'ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS POUR DIFFERENTES VITESSES.

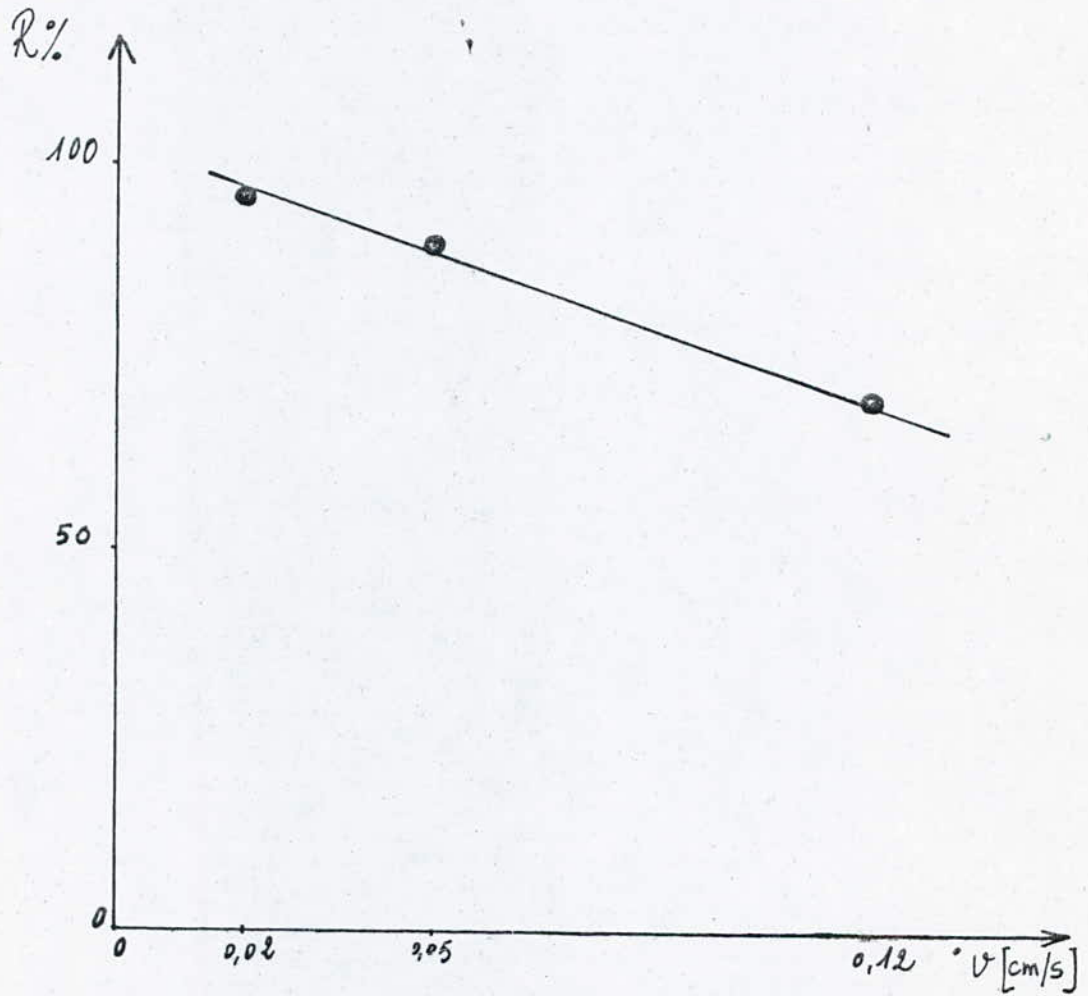


FIG 4 : INFLUENCE DE LA VITESSE D'ECOULEMENT SUR LE RENDEMENT DE DECOLORATION.

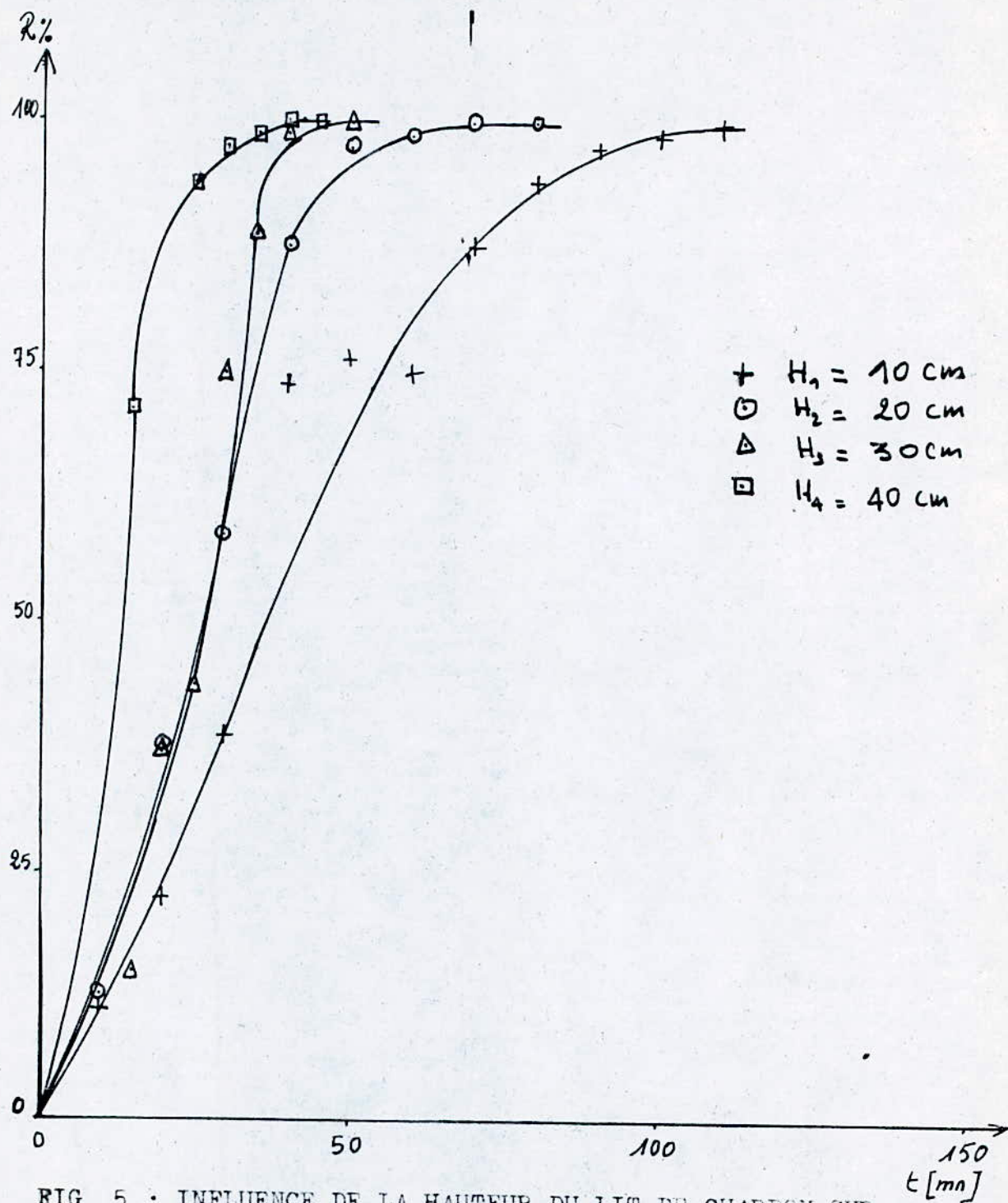


FIG 5 : INFLUENCE DE LA HAUTEUR DU LIT DE CHARBON SUR LE RENDEMENT DE DECOLORATION.

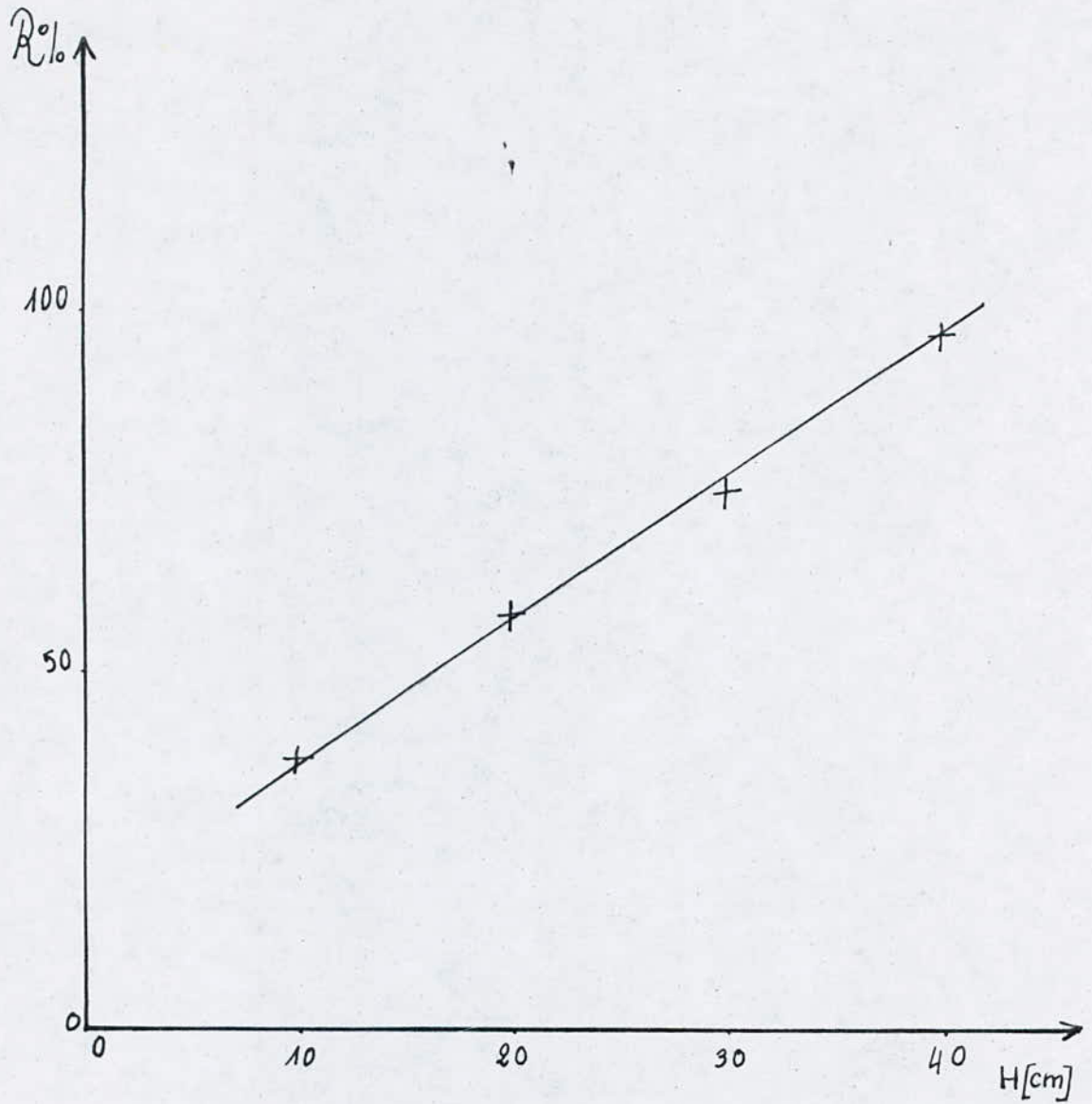


FIG 6 : INFLUENCE DE LA HAUTEUR DU LIT DE CHARBON SUR LE RENDEMENT D'EPURATION.

4. COUPLAGE DES TROIS PROCÉDES ETUDIÉS SEPARÉMENT :

Pour voir quel est le meilleur couplage des trois procédés (coagulation-filtration, adsorption) étudiés séparément auparavant permettant d'obtenir un rendement d'élimination de la couleur le plus important possible, au cours du temps et une diminution de la D.C.O; nous avons pensé à faire des combinaisons de ces procédés et comparer par la suite les résultats obtenus. Comme conditions opératoires nous avons utilisés les résultats obtenus pour chaque procédé, à savoir :

Dose de $Al_2(SO_4)_3$ optimale	C = 4000mg/l.
Hauteur du lit de charbon	h = 30cm.
Vitesse d'écoulement	V = 0,02cm/s.

RESULTATS OBTENUS :

4.1. Filtration :

Avant traitement de l'échantillon	pH = 8,2
	DO _i = 0,028
Après traitement	pH = 8

t(mn)	0	5	10	15	20	25	30	35
D.O _f	0,028	0,018	0,015	0,012	0,011	0,010	0,009	0,007
η %	0	35,71	46,43	57,14	60,71	64,28	67,85	71,43

TABLEAU N° XIII ESSAI DE FILTRATION SEULE .

4.2. Adsorption :

Avant traitement de l'échantillon	pH = 8,2
	DO _i = 0,028
Après traitement	pH = 7,7

t(mn)	0	5	10	15	20	25	30	35
DO _i	0,028	0,013	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003	0,003
η %	0	53,57	67,86	75,00	82,14	85,71	89,28	89,28

TABLEAU N° XIV ESSAI D'ADSORPTION SEULE.

4.3. Coagulation + Filtration :

Avant traitement de l'échantillon pH = 8,2.

DO_i = 0,028 .

Après traitement

pH = 7,9.

t(mn)	0	5	10	15	20	25	30	35
DO _i	0,028	0,019	0,016	0,014	0,012	0,011	0,009	0,009
η %	0	32,14	62,85	50,00	57,14	60,71	67,86	67,86

TABLEAU N° XV ESSAI DE COUPLAGE COAGULATION+FILTRATION.

4.4. Coagulation + Adsorption:

Avant traitement de l'échantillon pH = 8,2.

DO_i = 0,028.

Après traitement

pH = 6,9.

t(mn)	0	5	10	15	20	25	30	35
DO _i	0,028	0,022	0,014	0,010	0,003	0,001	0,000	0,000
η %	0	21,43	50,00	64,28	89,28	96,43	100	100

TABLEAU N°XVI ESSAI DE COUPLAGE COAGULATION + ADSORPTION.

4.5. Filtration + Adsorption :

Avant traitement de l'échantillon pH = 8,2.
 DO_i = 0,028.
 Après traitement pHⁱ = 7,6.

t(mn)	0	5	10	15	20	25	30	35
DO _i	0,028	0,010	0,007	0,005	0,003	0,002	0,002	0,001
η %	0	64,28	75,00	82,14	89,28	92,85	92,85	96,43

TABEAU N° XVII ESSAI DE COUPLAGE Filtration + ADSORPTION.

4.6. Coagulation + Filtration + Adsorption :

Avant traitement de l'échantillon pH = 8,2.
 DO_i = 0,028.
 Après traitement pHⁱ = 7,2 .

t(mn)	0	5	10	15	20	25	30	35
DO _i	0,028	0,015	0,010	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000
η %	0	46,43	64,28	82,14	96,43	100	100	100

TABEAU N°XVIII ESSAI DE COUPLAGE DES TROIS PROCÉDES.

A- Diminution de la couleur :

Pour interpréter les résultats nous avons préféré les représenter sur le même graphe fig 7. Chaque traitement présente des taux d'élimination croissants partant de la filtration seule jusqu'à la (coagulation + filtration+adsorption), ce dernier à permis d'avoir un taux d'élimination de 100% en un temps très faible, alors que les autres n'atteignent pas très vite ce taux.

La filtration est le couplage coagulation+filtration permetent l'élimination de la couleur mais nécessitent un autre traitement plus poussé, puisque les taux d'élimination (71,43% et 67,86%) sont faibles par rapport à celui souhaité, et de plus nous savons que la filtration et la coagulation+filtration ne sont pas suffisants, pour éliminer tous les composés restant dans l'eau après traitement par la STEP. La filtration n'est qu'une étape primaire du traitement tertiaire que doit subir notre eau.

Par contre le charbon actif utilisé seul peut atteindre les 90% d'élimination de la couleur sans passer par la coagulation-filtration, et cela est dû à sa grande affinité pour l'adsorption des molécules. De cette façon le procédé cité permet d'obtenir une eau ayant des qualités meilleurs que celle obtenue après les deux premiers procédés.

De plus comme nous le savons le charbon nous permet d'éliminer les micro-organismes et virus qui ont résisté à tout le procédé de traitement réalisé auparavant. Concernant cette idée nous avons fait un essai en se basant sur les résultats obtenus par nos camarades (32) sur l'étude microbiologique de l'eau traitée à la STEP de la COTITEX.

Sur cette eau traitée, nous avons fait un dénombrement de micro-organismes après adsorption sur charbon actif ($h = 30\text{cm}$, $V = 0,02\text{cm}^3/\text{s}$, $Q = 5\text{ml}/\text{mn}$), et nous avons obtenu les résultats suivants :

Avant adsorption de l'eau usée traitée	300.000germes/ml.
Après adsorption de l'eau usée traitée	.3715germes/ml. .7430germes/ml.

Les taux d'élimination des germes par le procédé sont de 98,76% et 97,52%. A partir de ces résultats nous pouvons affirmer que le charbon actif est nécessaire dans le traitement tertiaire.

L'eau obtenue après adsorption peut-être stériliser par l'utilisation d'eau de javel (économique) ou autres, pour éliminer les restes de micro-organismes de l'environnement qui peuvent résister à l'adsorption.

Quant au couplage des trois procédés le taux d'élimination de la couleur s'est montré très important et en un temps très court nous sommes arrivés à avoir une élimination de couleur de 100% dans le visible *par rapport à l'eau distillée.*

B- La diminution de la D.C.O :

En parallèle la D.C.O diminue, partant de la coagulation jusqu'à la coagulation-filtration-adsorption.

	pH traité	DCO (mgO ₂ /l)	E(%)
echantillon à traiter	8,2	170	-
Coagulation	6,7	150	11,76
Filtration	8,0	160	5,9
Adsorption	7,7	90	47,06
Coagulation + Filtration	7,9	100	41,17
Coagulation + Adsorption	7,9	20	88,23
Filtration + Adsorption	7,6	30	82,35
Coagulation + Adsorption + Filtration	7,9	10	94,12

*E: Efficacité

$$E\% = \frac{DCO_i - DCO_f}{DCO_i} \times 100$$

TABEAU N° XIX DIMINUTION DE LA D.C.O ET DU pH POUR CHAQUE PROCÉDE.

Le meilleur traitement qui nous permet d'obtenir une bonne élimination de la D.C.O, ainsi qu'un pH neutre, et réduction de la couleur est bien la coagulation-filtration-adsorption. Ce résultat confirme les travaux réalisés par de nombreux chercheurs

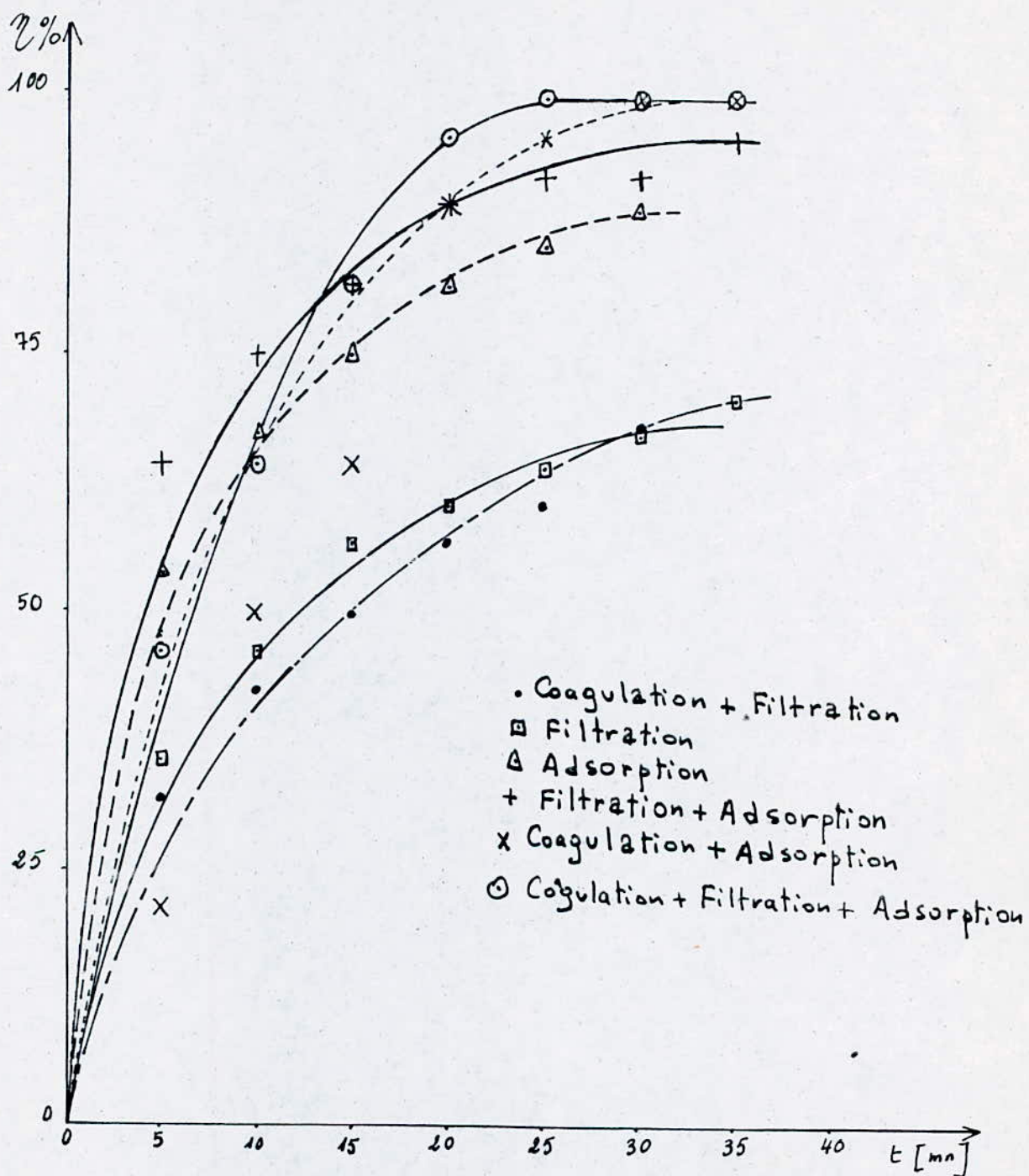


FIG 7 : TAUX D'ELIMINATION DE LA COULEUR EN FONCTION DU TEMPS POUR COAGULATION-FILTRATION-ADSORPTION COMBINEES.

5- AUTRES METHODES D'ANALYSES CHIMIQUES:

5.1. Action de l'hypochlorite de sodium(eau de javel):

Nous avons choisi l'hypochlorite de sodium pour l'élimination de la couleur à cause de son effet décolorant et désinfectant en même temps.

Tout d'abord nous avons commencé à travailler avec de faibles volumes d'eau usée traitée prélevée toujours à la sortie de la station d'épuration.

* Manipulation 1 :

Nous avons fixé le volume v_1 d'eau de javel et varié le volume v de l'échantillon de telle sorte à avoir des dilutions croissantes, les résultats sont classés dans le tableau N°XX

t(mn)	30	35	40	45	50	55	60
volum d'échantil- lon (ml)	9	19	29	39	49	89	99
volum d'eau de javel	1	1	1	1	1	1	1
C(gdeCl ₂ /l)	11,41	5,71	3,80	2,85	2,28	1,27	1,14
pH _f	10,9	11,2	11,1	10,5	10,4	9,9	8,7
DO _f	0,200	0,132	0,112	0,082	0,070	0,050	0,049
η %	-	-	-	-	-	21,87	23,44

TABLEAU N° XX : RESULTATS D'ESSAI AVEC L'HYPPOCHLORITE DE SODIUM.

Caracteristiques de l'échantillon

pH = 8,5
DO_i = 0,064

5- AUTRES METHODES D'ANALYSES CHIMIQUES:

5.1. Action de l'hypochlorite de sodium(eau de javel):

Nous avons choisi l'hypochlorite de sodium pour l'élimination de la couleur à cause de son effet décolorant et désinfectant en même temps.

Tout d'abord nous avons commencé à travailler avec de faibles volumes d'eau usée traitée prélevée toujours à la sortie de la station d'épuration.

* Manipulation 1:

Nous avons fixé le volume v_1 d'eau de javel et varié le volume v de l'échantillon de telle sorte à avoir des dilutions croissantes, les résultats sont classés dans le tableau N°XX

t(mn)	30	35	40	45	50	55	60
volum d'échantil- lon (ml)	9	19	29	39	49	89	99
volum d'eau de javel	1	1	1	1	1	1	1
C(gdeCl ₂ /l)	11,41	5,71	3,80	2,85	2,28	1,27	1,14
pH _f	10,9	11,2	11,1	10,5	10,4	9,9	8,7
DO _f	0,200	0,132	0,112	0,082	0,070	0,050	0,049
η %	-	-	-	-	-	21,87	23,44

TABLEAU N° XX : RESULTATS D'ESSAI AVEC L'HYPOCHLORITE DE SODIUM.

Caracteristiques de l'échantillon

pH = 8,5
DO_i = 0,064

Caracteristiques de l'eau de javel

pH = 10,5
DO_i = 1,425
C = 114,12gCl₂/l

NB :

- C : concentration du chlore libre dans un litre.
- DO_i : densité optique initiale.
- DO_f : densité optique finale.
- $\eta^{\%}$: taux d'elimination de la couleur.

Les solutions d'hypochlorite de sodium, appelées aussi eau de javel sont caractérisées par leur teneur en chlore actif qui s'évalue en degré chlorométrique (1 degré chlorométrique = 3,17g Cl₂ par litre d'eau)(9). Dans le commerce l'eau de javel est vendue à des concentrations variables. Celle utilisée possède une concentration de 36° équivalent à 114,12gdeCl₂ par litre. Nous calculons les concentrations de l'échantillon après ajout de l'eau de javel comme suit:

$$c_1 v_1 = c_2 v_T$$

$$c_2 = \frac{c_1 v_1}{v_T} = \frac{114,12 \times 1}{10} = 11,41 \text{ gCl}_2/\text{l.}$$

c_1 : concentration de l'eau de javel égale à 114,12gCl₂/l.
 v_1 : volume d'eau de javel (1ml).
 c_2 : concentration du Cl₂ dans le mélange eau de javel + eau d'échantillon.
 v_T : volume total (eau de javel + eau d'échantillon).

D'après les valeurs obtenues dans le tableau N°XX, pour les faibles volumes de l'échantillon(v) et pour un volume constant de 1ml d'eau de javel la décoloration est nulle; c'est à dire que l'hypochlorite de sodium n'a pas l'effet désiré, il augmente la densité optique pour les faibles volumes, mais en augmentant les volumes(v), la densité optique commence à diminuer jusqu'à 0,070 pour un volume égale à 50ml, cela vient peut-être du fait qu'il y a une grande concentration de chlore libre, et par conséquent il faut encore diluer ce volume v_1 . Cette dilution devient apparente et efficace à partir de $v_T = 90\text{ml}$.

A partir de là la densité optique finale (DO_{1ue}) de l'eau traitée diminue progressivement, et l'eau de javel commence à agir efficacement.

De la même manière le pH reste alcalin de l'ordre de 10,4 pour une DO_f égale à 0,070 puis avec la dilution croissante il tend à devenir neutre.

Pour voir clairement l'efficacité de cette dilution, nous avons poursuivi cette expérience en augmentant v et en gardant v_1 constant. Les résultats sont indiqués dans le tableau N° XXI.

t(mn)	35	40	45	50	55	60
v (ml)	149	199	249	299	349	399
v_1 (ml)	1	1	1	1	1	1
C(gCl ₂ /l)	0,76	0,57	0,45	0,38	0,33	0,28
pH _f	9,9	9,9	9,6	9,5	9,3	9,1
D.O _f	0,051	0,048	0,046	0,045	0,040	0,038
E	0,013	0,016	0,018	0,019	0,024	0,026
γ %	20,50	25	28,12	29,68	37,50	40,62

* E : La densité optique éliminée ($E=DO_i-DO_f$)

TABLEAU N° XXI EFFET DE L'AUGMENTATION DU VOLUME DE L'ECHANTILLON.

D'après la figure 8, on est représenté le taux d'élimination de la couleur (γ), le pH et la concentration du chlore libre en fonction du temps. Nous pouvons affirmer que l'augmentation de la dilution donne une décoloration atteignant un pourcentage de 40,62% pour un volume d'échantillon de 400ml, tandis que le pH ne subit aucune fluctuation. Comme notre but était de voir s'il y a élimination de la couleur pour un volume fixé et faible V_d d'eau de javel, nous avons préféré nous arrêter à un volume total de 400ml.

mais ce qui est remarquable c'est qu'au fur et à mesure que la concentration du chlore libre diminue par effet de dilution, la décoloration devient de plus en plus apparente (voir fig 9).

* Manipulation 2 :

Les volumes d'eaux choisissent les mêmes que ceux de la manipulation 1. Les caractéristiques de l'échantillon et de l'eau de javel sont aussi identiques que précédemment. Les résultats obtenus de cet essai sont indiqués dans le tableau XXII.

v (ml)	148	198	247	298	348	398
v ₁ (ml)	2	2	2	2	2	2
pH _f	8,9	9,0	8,9	9,0	9,0	9,0
D.O _f	0,039	0,035	0,038	0,031	0,033	0,034
C(gCl ₂ /l)	1,52	1,14	0,91	0,76	0,65	0,28
ζ %	39,06	45,31	40,6	51,56	48,44	46,87

TABLEAU N° XXII: RESULTATS DE DECOLORATION AVEC UN TEMPS INFINI.

Nous avons voulu mesurer la vitesse d'action de l'eau de javel, nous avons choisi comme temps infini $t_{\infty} = 3$ jours. Pour la concentration $C = 0,28 \text{ gCl}_2/\text{l}$, le ζ de décoloration est du même ordre de grandeur que celui de l'échantillon ou l'eau de javel agit pendant un temps très court. Donc le facteur temps n'est pas important puisque le chlore libre réagit avec tous les composés de l'eau et une fois les réactions terminées, la décoloration s'arrête.

* Manipulation 3:

D'autres essais ont été effectués pour faire ressortir l'importance de la concentration de l'eau de javel de l'échantillon (eau usée traitée) et après une heure d'action de l'eau de javel nous avons obtenus les résultats ci-dessous.

v(ml)	349	345	340	335	330
v ₁ (ml)	1	5	10	15	20
C(gCl ₂ /l)	0,33	1,63	3,26	4,89	6,52
pH	9,4	10	10,7	10,9	11
D.O _f	0,037	0,048	0,075	0,112	0,137
η %	42,18	2	-	-	-

Tableau N° XXIII : EFFET DES CONCENTRATIONS ELEVEES DE L'HYPOCHLORITE DE SODIUM.

Nous avons constaté que l'élimination de la couleur n'est pas proportionnelle à la concentration de l'eau de javel. La meilleure concentration qui nous a permis d'obtenir un taux d'élimination de l'ordre de 41% après une heure d'action C = 0,28gCl₂/l.

De même nous constatons que le paramètre temps n'a pas du tout d'influence sur les réactions entre l'eau de javel et les composés existant dans l'échantillon.

En poursuivant les mêmes expériences après 2 heures d'action nous avons obtenu les valeurs suivantes :

			(3)	(4)	(5)
D.O _f	0,033	0,046	0,072	0,089	0,137
η %	48,44	28,16	-	-	-

TABLEAU N° XXIV : RESULTATS APRES 2 HEURES.

Nous remarquons que la variation du pH est stable, il a varié en introduisant l'eau de javel puis il s'est stabilisé. Quant au taux d'élimination de la couleur, change légèrement pour les premières valeurs du tableau ci-dessus, de même la D.O_f a varié légèrement pour (3) et (4) bien qu'elle n'est pas devenue inférieure à celle de l'eau d'échantillon. Mais le (5) est resté constant et cela explique bien que l'eau de javel est en excès par rapport au autres.

5.2. Action du peroxyde d'hydrogène :

Nous avons choisi ce second essai en se basant sur des travaux qui avaient pour but de rechercher les possibilités que présentait l'intervention du peroxyde d'hydrogène, utilisé en parallèle avec une floculation-décantation (30).

Notre but était de suivre l'évolution de l'élimination de la couleur en fonction du temps et à des teneurs croissantes de H₂O₂ à 40%.

En fixant le volume total v_T à 50ml, et en faisant varier le volume de H₂O₂, nous obtenons les résultats. (voir tableau N°XXV)

Après avoir déterminé le taux d'élimination de la couleur η pour chaque teneur de H₂O₂, nous avons représenté η en fonction de la teneur H₂O₂ et nous avons obtenu l'allure indiquée dans la (figure 10)

L'élimination de la couleur est croissante pour les faibles volumes, nous arrivons à avoir un pourcentage d'élimination de l'ordre de 42,86% pour une teneur de 16% en H₂O₂, au delà de cette teneur un palier est obtenu, le rendement maximal est de 46,43%.

La décoloration de l'échantillon est importante bien que la teneur H₂O₂ utilisée est faible.

L'inconvénient de la méthode est la diminution très nette du pH, qui nécessite après traitement une neutralisation. Il est préférable d'utiliser, cette méthode en parallèle avec la coagulation-floculation, car le peroxyde d'hydrogène conduit à une oxydation qui entraîne la formation de MES (matières en suspensions éliminées par la coagulation), en plus de la décoloration.

t (mn)	0	20	40	60	80	100	120
volume d'eau d'échantillon	50	45	40	35	30	25	30
v_1 H ₂ O ₂ (ml)	0	5	10	15	20	25	20
pH	8,2	3,4	2,4	2,2	2	1,8	1,4
D.O _f	0	0,025	0,022	0,018	0,016	0,015	0,015
$\frac{v_1}{v} \times 40 \%$	0	4	8	12	16	20	24
η %	0	10,71	21,43	35,70	42,86	46,43	46,43

Exemple : de calcul de la teneur en H₂O₂ et du taux d'élimination.

$$\frac{v_1 \times 40}{v_T} = \frac{10 \times 40}{50} = 8\%$$

$$\eta \% = \frac{DO_i - DO_f}{DO_i} \times 100 = \frac{0,028 - 0,016}{0,028} \times 100 = 42,86\%$$

Tableau N° XXV : EFFET DU PEROXYDE D'HYDROGENE SUR L'EAU USEE TRAITEE.

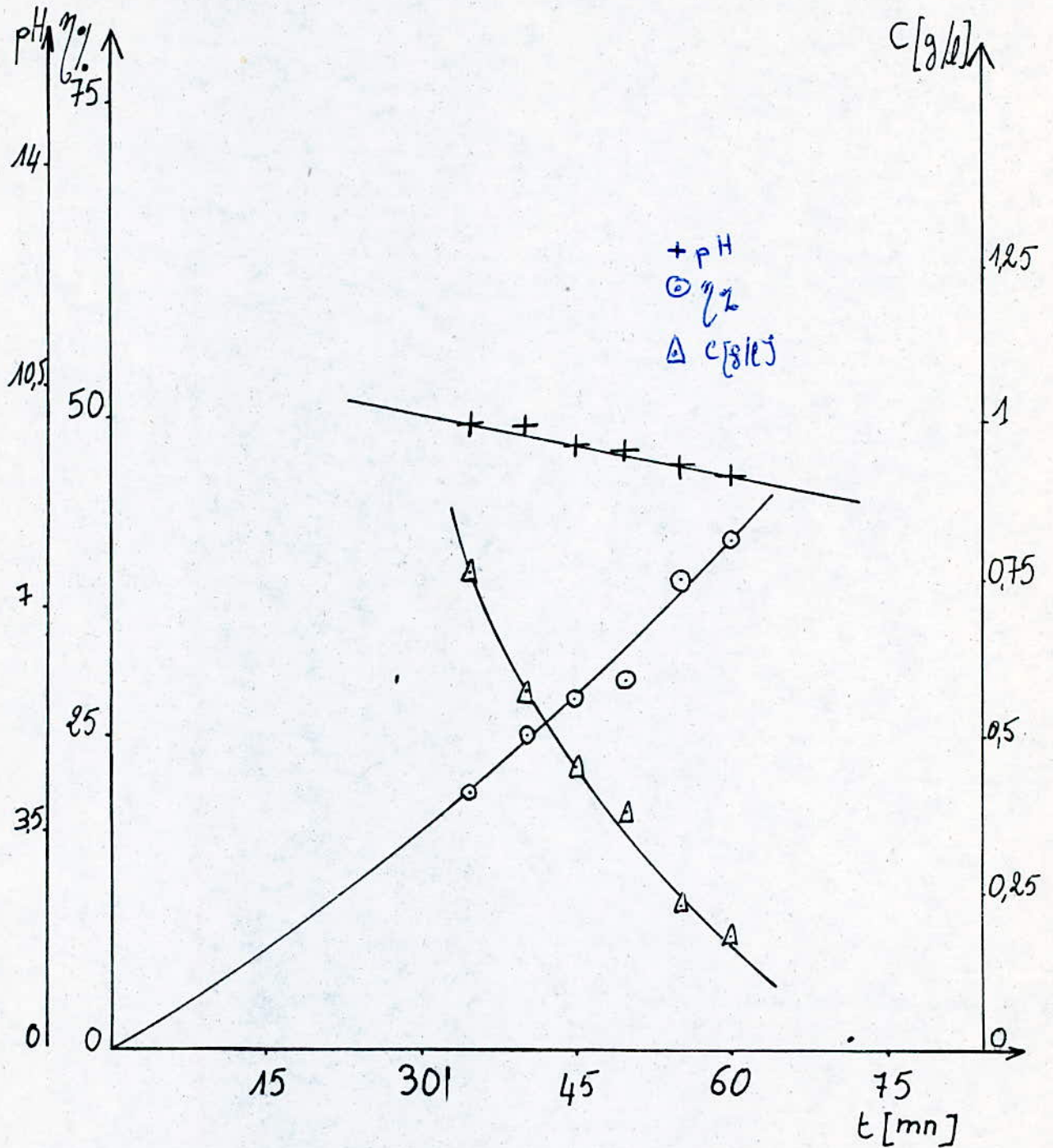


FIG 8 : RENDEMENT, pH, CONCENTRATION DE NaClO EN FONCTION DU TEMPS.

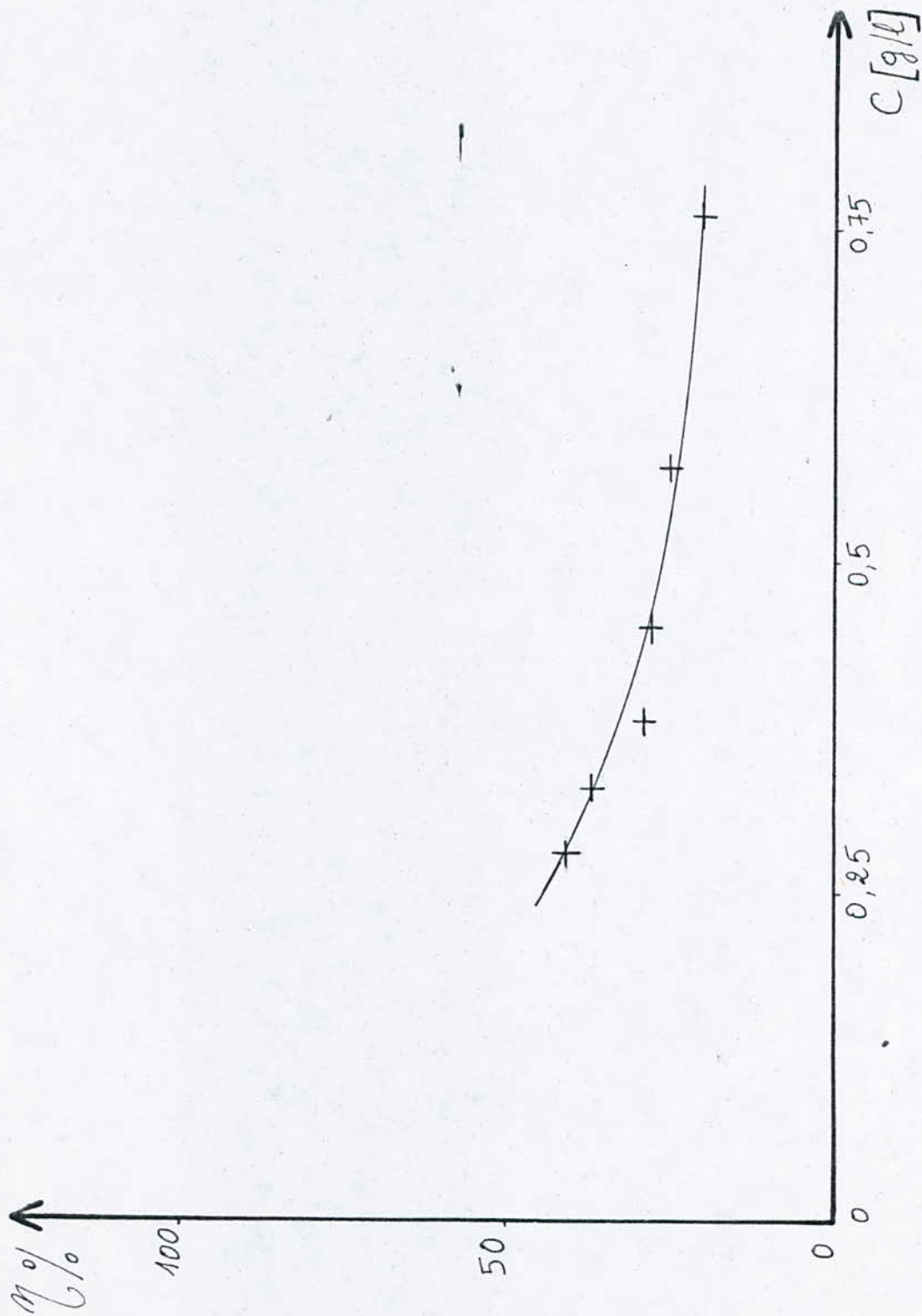


FIG 9 : INFLUENCE DE L'HYPOCHLORITE DE SODIUM SUR L'ELIMINATION DE LA COULEUR.

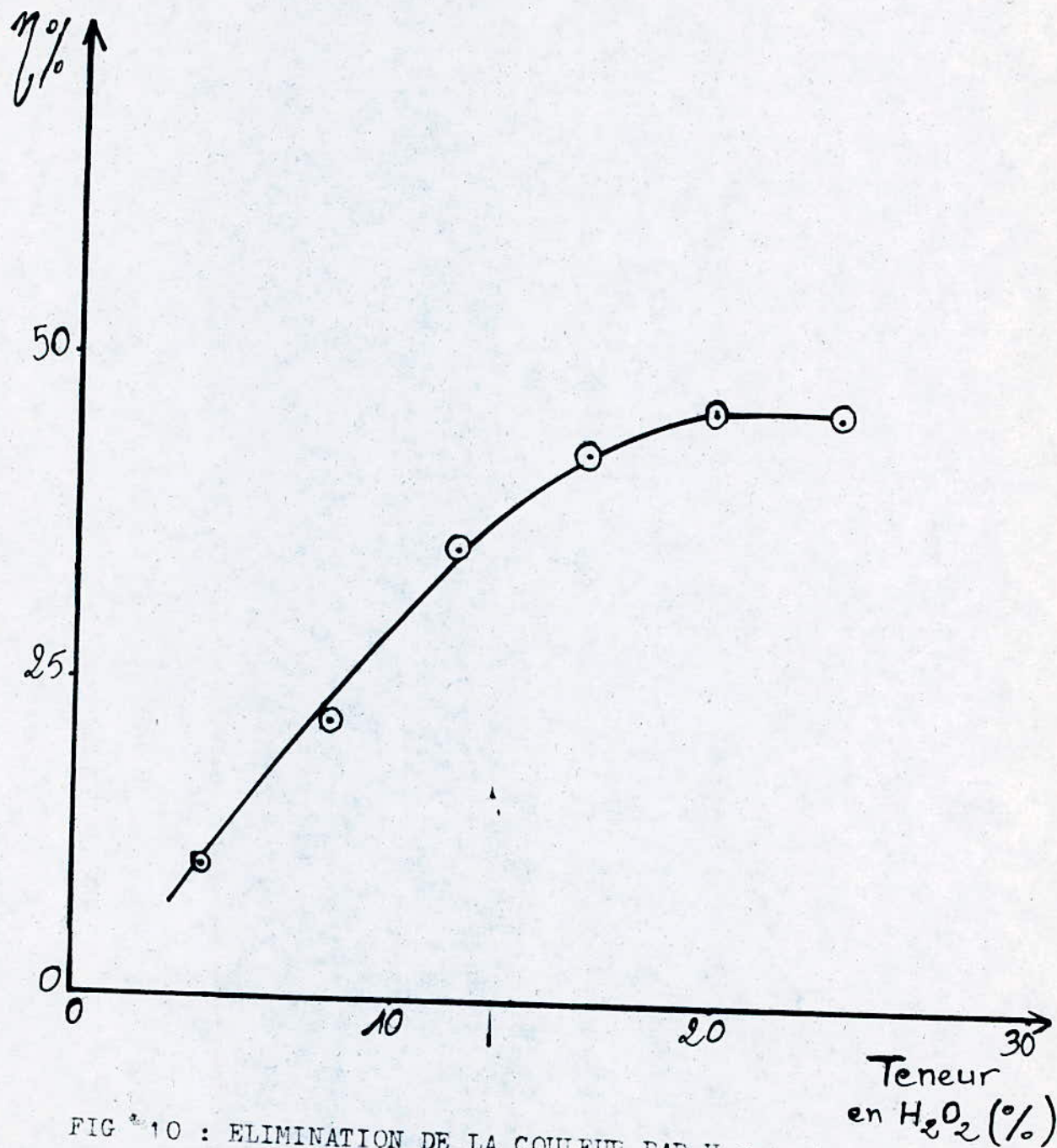


FIG. 10 : ELIMINATION DE LA COULEUR PAR H_2O_2 A 40%.

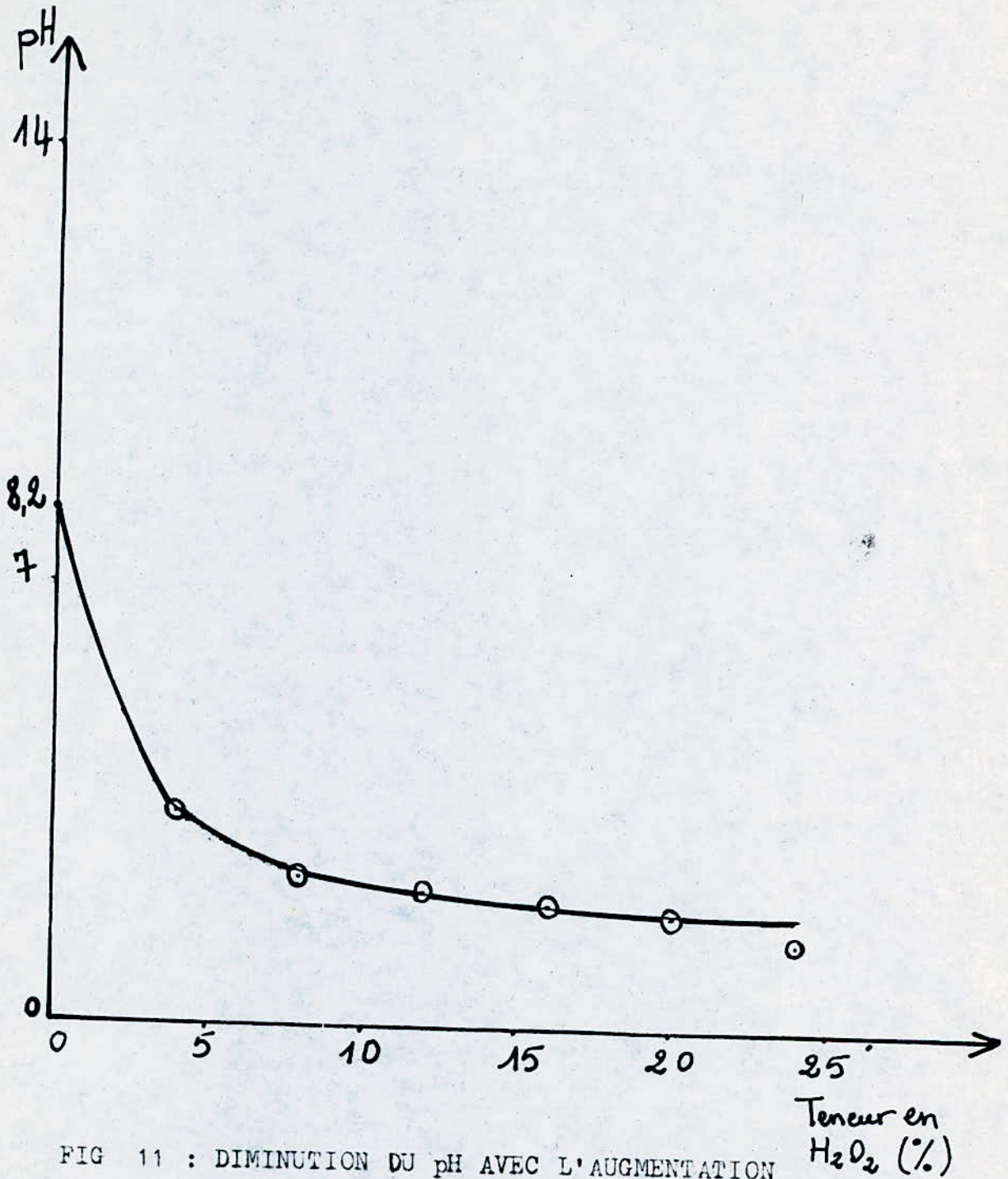


FIG 11 : DIMINUTION DU pH AVEC L'AUGMENTATION DE LA TENEUR EN H_2O_2 .

RECOMMENDATIONS

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

Ce travail à permis de donner quelques informations, d'une part sur les procédés physiques utilisés dans le domaine du recyclage tel que coagulation, filtration, adsorption; d'autre part sur leur effet lorsqu'ils sont couplés; ainsi que d'autres méthodes chimiques (hypochlorite de sodium, peroxyde d'hydrogène).

En premier lieu nous avons déterminé la meilleure dose du coagulant-floculant égale à 4000mg/l de $Al_2(SO_4)_3$, nous avons constaté qu'une coagulation-floculation effectuée sur l'eau traitée diminuait la couleur d'environ 72%.

La filtration permet d'éliminer légèrement la couleur seulement de 20%, mais abaisse la D.C.O à une valeur de 100mgO₂/l.

Les expériences faites sur le charbon actif ont donné une bonne décoloration (rendement de 100%).

Avant d'effectuer l'adsorption nous étions obligés de chercher les meilleures conditions opératoires, à savoir : débit d'écoulement (vitesse), hauteur du lit de charbon.

Le couplage de ces trois procédés, nous permet d'obtenir une très bonne décoloration. Nous signalons que le spectrophotomètre utilisé n'absorbait que dans le visible c'est à dire, que nous n'avons pas pu détecté les colorants n'absorbant pas dans le visible.

Le couplage des trois procédés abaissent la D.C.O à 10mgO₂/l.

Quant aux procédés chimiques proprement dits, l'utilisation de H₂O₂ uniquement s'avère insuffisante, le rendement atteint une valeur de 46%. Pour une meilleure efficacité un couplage serait nécessaire avec une coagulation, afin de permettre une agglomération des particules.

L'hypochlorite de sodium connu comme un bon désinfectant, élimine la couleur (rendement de 40%). Mais il agit nettement mieux à de faibles concentrations.

Parvenus à obtenir ces résultats qui permettent de redonner à l'eau usée traitée son aspect initial avant utilisation (état brut), nous pouvons consid^{er} ce mode de traitement comme étant un point de départ dans le but d'une réutilisation ultérieure, mais nécessitant des analyses plus poussés.

La réutilisation de cette énorme quantité d'eau peut-être envisagée pour le lavage, le réseau d'incendie, dans le processus de fabrication du tissu lui même, comme eau de refroidissement ou bien comme eau potable, mais chacun de ces usages nécessite un traitement spécifique et par conséquent une étude économique s'avère nécessaire pour réaliser ou rejeter ce genre de recyclage.

Il reste les eaux de chaudières auxquelles nous nous sommes intéressés au départ car elles sont rejetées, avec des quantités d'hydrazine importantes, vers l'extérieur. N'ayant pas trouvé un moyen d'élimination de cette hydrazine, qui est toxique (31), nous nous sommes occupés uniquement des eaux usées traitées, puisqu'elles sont plus importantes en volume que les eaux de chaudières, qui ne sont rejetées qu'une fois tous les deux jours.

A partir de cette étude préparatoire, nous suggérons une suite de travaux dans l'avenir qui permettront de trouver le procédé le plus fiable d'un recyclage des eaux de la STEP et l'élimination des rejets vers l'extérieur.

ANNEXES'

ANNEXE I

DETERMINATION DE LA DENSITE OPTIQUE :

PRINCIPE DE MESURE :

Il est basé sur la loi de BEER-LAMBERT. Soit un faisceau monochromatique d'intensité I_0 à l'entrée d'une cellule de longueur dL contenant une solution d'un constituant de concentration C absorbant à une certaine longueur d'onde. L'intensité du faisceau a diminué d'une quantité proportionnelle à l'épaisseur de la tranche, à la concentration de la substance absorbante et à la l'intensité d'arrivée sur la tranche.

$$\text{Soit } \frac{I}{I_0} = -K \cdot dL, \quad (1)$$

I : Intensité de la lumière.

dL : Epaisseur de la substance absorbante homogène.

K : Constante caractérisant la substance.

L'intégration de l'équation (1) donne $\log \frac{I_0}{I} = -K dL$

Comme le spectre d'absorption dans le visible ou l'U.V se fait habituellement dans un solvant non absorbant, le facteur K est fonction uniquement de la concentration de la substance.

$$K = \epsilon \cdot C$$

C : Concentration.

ϵ : Coefficient d'extinction moléculaire ou absorption moléculaire.

L'équation (2) devient $\log \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot C \cdot L = \text{DENSITE OPTIQUE.}$

ANNEXE II

ESSAIS DE COAGULATION-FLOCCULATION: JAR-TESTS

MATERIEL

5 bechers de 500ml
1 pH metre.
1 Pipettes de 100ml

PRODUITS

$Al_2(SO_4)_3$.
 $FeSO_4$.

Optomisation du traitement avec les coagulant-floculants

1- Recherche des conditions optimales de coagulation-flocculation

a)- Phase de l'agitation rapide:

Pour avoir une bonne répartition des produits au sein de l'eau, il faut que le coagulant-floculant soient introduit le plus rapidement possible et que l'agitation soit vigoureuse. Après des essais nous avons obtenu les conditions optimales de cette phase :

- * Vitesse d'agitation 200tr/mn.
- * Temps d'agitation 3mn.

b)- Phase d'agitation lente :

Pour avoir une bonne formation du floc et une bonne clarification de l'eau, il faut que l'agitation dure 20mn et que la vitesse qui produit une meilleure agrégation du floc soit égal à 30tr/mn.

c)- Phase de décantation:

La décantation la plus favorable est de 30mn.

2- Conclusion:

Dans nos essais ultérieurs de la coagulation-flocculation nous suivrons les conditions expérimentales optimales que nous avons déterminées :

- * Agitation rapide 3mn à 200tr/mn.
- * Agitation lente 20mn à 30tr/mn.
- * Décantation 30mn.

ANNEXE III

DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (D.C.O)

1). Réactifs utilisés :

- Eau distillée
- Sulfate de mercure cristallisé (HgSO_4)
- Sulfate d'argent (Ag_2SO_4)
- Sulfate de fer et d'ammonium.
- Bichromate de potassium.
- Solution de ferroïne.

La préparation des reactifs voir RODIER (Analyse de l'eau).

2). Mode Opérateur :

Introduire 20ml d'eau à analyser dans un ballon de 500ml ou, éventuellement, une même quantité diluée. Ajouter 0,4g de sulfate de mercure cristallisé et 30ml de solution sulfurique de sulfate d'argent, 20ml d'une solution de bichromate de potassium 0,25N. Porter l'ensemble à ébullition pendant 2 heures sous reflux. Laisser refroidir, Avec quelques jets d'eau distillée. Diluer à 140ml avec de l'eau distillée et puis ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne. Déterminer la quantité nécessaire de sulfate de fer et d'ammonium pour observer un virage rouge violacé. Procéder aux mêmes opérations sur un échantillon d'eau distillée pris comme référence.

3). Résultats :

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimé en milligramme d'oxygène par litre d'eau est égale à :

$$\frac{8000 (V_0 - V_1) T}{V}$$

V_0 : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc (ml).

V_1 : Volume de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage de l'échantillon (ml).

T : Titre de la solution de fer et d'ammonium.

V : Volume de la prise d'essai.

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

=====

- 1)_ DOCUMENT DE COTITEX : La teinture du coton, Française des matières colorantes S.A 1969.
- 2)_ FUSTEC. M : Technologie des matières et industries textiles edition Eyrolles (1979).
- 3)_ HEDAYATULLAH.M : Les colorants synthétiques
1ere edition, 4eme trimestre 1976.
- 4)_ SALEM.Z : Dynamique d'adsorption du procion rouge écarlate H₃B sur charbon actif, projet de fin d'étude, ENP, Alger Juin 1984.
- 5)- BAUDE. P : Traité de chimie industrielle, t III, 1970.
- 6)- BORMAN.J : Analyse des eaux résiduaires industrielles, ed 1974.
- 7)- TOURE.O : Elimination des MES & recyclage des eaux de refroidissement, projet de fin d'étude 1986 Juin.
- 8)- BECHAC.J. et BOUTIN.P: Traitement des eaux usées, ed Eyrolles 1983.
- 9)- DEGREMONT : Memento technique de l'eau, 8eme edition, PARIS, 1978.
- 10)- BEAUDRY .J.P: Traitement des eaux, 1ere edition, CANADA, 1984.
- 11)- ECKENFELDER.W.W : Gestion des eaux usées urbaines et industrielles, edition Lavoisier 1982.
- 12)- AFIR.D : Application et dimensionnement d'un procédé de coagulation-floculation pour le traitement des eaux résiduaires, papeterie de BABA ALI, projet de fin d'étude, Février 1984.
- 13)- TECHNIQUE DE L'INGENIEUR, Filtration, J.10, 1975. .
- 14)- MASSCHELEIN.J.W : l'Eau et l'Industrie, 1ere partie N° 34, Avril 1979.
- 15)- MASSCHLEIN.J.W : l'Eau et l'Industrie, 2eme partie N° 36, Juillet 1979.
- 16)- TERRADELLAS.J : Adsorption, publication de l'industrie du genie de l'environnement de LAUSANNE 1976.
- 17)- CHITOUR.S.E : Chimie des surfaces introduction à la calyse, O.P.U 2eme edition 1981.

- 18)- GAID.K : Modes d'elimination de composés sur filtres :
 - cas d'un support inerte et adsorbant.
 - cas d'un support consommable et non adsorbant.Thèse de Doctorat, Septembre 1981.
- 19)-JAMES.S et MATTSON : Activation carbone, surface chemistry and adsorption from solution, I.N.C, NEW YORK 1971.
- 20)-BARKAT.O : Recherche sur les courbes de réponse, projet de fin d'etude Juin 1984.
- 21)- VANLIER.W. : L'Eau et l'Industrie, N° 34, 1979.
- 22)- GINOCCHIO.J.C : L'Eau et l'Industrie, N° 78, Septembre 1983.
- 23)- BONNIER.M : L'Eau et l'Industrie, N° 10, Octobre 1976.
- 24)- MULLER.G : L'Eau et l'Industrie, N° 70, Mai 1983.
- 25)- SULZER.W : L'Eau et l'Industrie, N° 68, Octobre 1982.
- 26)- BON HOMME .E : L'Eau et l'Industrie N° 44, Avril 1980.
- 27)- LAMBERT.S : L'Eau et l'Industrie N° 47 ANNEE 1980.
- 28)- LAMBERT.S : L'Eau et l'Industrie N° 70, MAI 1983.
- 29)- ANDRESSEN.H / L'Eau et l'Industrie N° 102, Juin 1986.
- 30)- ARDITTI.D : L'Eau et l'Industrie, N° 40, Decembre 1979.
- 31)- POUILLOT.M : L'Eau et l'Industrie, N° 84, Septembre 1985.
- 32)- LOUNICI.H : Quantification de la pollution de la COTITEX de DRAA BEN KHEDDA, projet de fin d'étude, JUIN 1988.

