UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

DOMAINE SCIENCES ET TECHNOLOGIES

FACULTE DES SCIENCES

MENTION : CHIMIE

PARCOURS: INGENIERIE EN SCIENCES ET TECHNIQUES DE L'EAU

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Licence d'Ingénierie en Sciences et Techniques de l'Eau

Contribution à l'amélioration du traitement des eaux usées (Cas de la SOMACOU)

Présenté le 08 Juillet 2016,

par : RASELISON Hasina Meva Harilanto

HIAJARIVOLA Landrisoa Mélanie

Membres du jury :

Président: M[r] RAJAOARISOA Andriamanjato, Maître de conférences à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo

Examinateur : M[r] RAVELONA Andry, Assistant d'ESR à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo

Encadrante: M[me] RABETOKOTANY Monique, Enseignante à la Formation ISTE

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu notre Créateur car, avec son aide, nous avons toujours eu la force, le courage et la santé qui nous ont permis de réaliser cette ouvrage.

Nous remercions également :

-Le Professeur RAZANAMPARANY Bruno, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Responsable de la formation ISTE ;

-Tous les membres de jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail :

**MonsieurRAJAOARISOA Andrianjatovo, Maître de conférences à la Facultés des Sciences de l'Université d'Antananarivo d'avoir présidé l'examen de ce mémoire.*

** MonsieurRAVELONA Andry, Assistant d'ESR à la Facultés des Sciences de l'Université d'Antananarivo, d'accepter d'examiner notre ouvrage*.

**Madame RABETOKOTANY Monique, Enseignante dans la formation ISTE qui a bien voulu nous encadrer dans cette étude malgré ses multiples occupations ;*

-Tout le personnel enseignant dans le parcours ISTE ;

-Tout le corps administratif de la SOMACOU

-Monsieur RAKOTOARIVELONANAHARY Bruno, Chef de Service Contrôle Qualité Physico-Chimique des Eaux du Département Gestion et Qualité Eau et Monsieur RAFARALAHY Lalaina, Responsable Méthode et Analyse des eaux au sein de la JIRAMA, pour leurs précieux conseils dans la réalisation des analyses et essais de traitement durant notre passage au laboratoire de la JIRAMA.

-Tout le personnel administratif de la formation ISTE ;

-Nos ami(e)s étudiant(e)s de la formation ISTE;

-Nos chers parents et toute notre famille, qui nous ont soutenu moralement et matériellement durant nos années d'étude, et tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Du fond du cœur, merci à tous et que Dieu vous bénisse

Liste des abréviations :

DCO : Demande Chimique en Oxygène

JIRAMA : Jiro sy Rano Malagasy

MECIE : Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement

MES: Matière en suspension

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

ONE : Office National pour l'Environnement

PAT: Produit Auxiliaire de Teinture

PA : Produit Adoucisseur

SOMACOU : Société Malgache de Couverture

S.A.R.L : Société à Responsabilité Limitée

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Listedes différents produits et clients potentiels

Tableau 2 : Matières brutes et leurs lieux d'origine

Tableau 3 : Normes de rejet liquide pour les facteurs organoleptiques et physiques

Tableau 4: Normes de rejet liquide pour les facteurs chimiques

Tableau 5 : Valeur du pH des différents bains selon l'étape de la teinturerie

Tableau 6 : Caractéristiques de l'eau usée non traitée de la SOMACOU

Tableau 7 : Concentration et taux des différents réactifs utilisés pour le traitement des eaux usées à la SOMACOU

Tableau 8: Consommation journalière des réactifs de traitement des eaux usées

Tableau 9: Caractéristiques de l'eau usée traitée

Tableau 10: Taux des réactifs utilisés à l'usine

Tableau 11 : Caractéristiques de l'eau décantée

Tableau 12 : Doses des réactifs pour le premier essai

Tableau 13 : Résultats du premier essai

Tableau 14 : Doses des réactifs pour le deuxième essai.

Tableau 15 : Résultats du deuxième essai

Tableau 16 : Résultatsdu troisième essai

Tableau 17 :Quantité d'acide H_2SO_4 (1N) pour diminuer le pH

Tableau 18: Essais préliminaires de coagulation -floculation à l'aide du sulfate d'alumine

Tableau 19 : Ordre et doses d'injection des réactifs pour le cinquième essai

Tableau 20 : Résultats du cinquième essai

Tableau 21 : Ordre et doses d'injection des réactifs pour le sixième essai

Tableau 22 : Résultats du sixième essai

Tableau 23 : Ordre et doses d'injection des réactifs pour le septième essai

Tableau 24 : Résultats du septième essai

Tableau 25 : Taux optimaux des réactifs de traitement

Tableau 26 : Caractéristiques de l'eau décantée après optimisation des taux de traitement

Tableau 27 : Comparaison des caractéristiques de l'eau décantée et de l'eau filtrée

Tableau 28 : Caractéristiques des eaux usées brute et traitée et rendement de l'épuration

Liste des figures et des photos :

Figure 1 : Traitement de la fumée

Figure 2. Cycle **eau-fumée** pendant le chauffage

Figure 3 : Plan de masse de la station d'épuration des eaux usées de la SOMACOU

Photo 1 : Des colorants dilués pour l'essai de teinture au laboratoire

Photo 2 : Turbidimètre

Photo 3 : pH-mètre

Photo 4 : Conductimètre

Photo 5 : Eau usée brute

Photo 6 : Dégrillage

Photo 7 : Deux bassins d'homogénéisation

Photo 8 : Bassin d'ajustement de pH

Photo 9 : Point d'injection des produits coagulant et adjuvant de la floculation

Photo 10 : Bassin mélangeur

Photo 11 : Bassin de décantation

Photo 12 : Bassin de filtration

Photo 13 : Eau décantée du second essai non concluant

Photo 14 : Eau décantée du 7ème bécher du troisième essai

Photo 15 : Eau décantée du cinquième essai

Photo 16:Eau décantée du sixième essai

Photo 17: Eau coagulée et floculée du septième essai

Photo 18: Eau pendant la décantation du septième essai

Photo 19 : Eau décantée du septième essai

Liste des produits chimiques :

H_2O_2 : Peroxyde d'hydrogène

Na_2SO_4 : Sulfate de sodium

NaClO : Hypochlorite de sodium

CH_3COONa : Acétate de sodium

CH_3COOH : Acide acétique

NaOH : Soude liquide

Na_2CO_3 : Carbonate de sodium

CO_2: Gaz carbonique ou dioxyde de carbone

NO_2: Dioxyde d'azote

SO_2: Dioxyde de soufre

H_2S: Sulfure d'hydrogène

$K_2Cr_2O_7$: Dichromate de potassium

Ag_2SO_4. : Sulfate d'argent

H_2SO_4 : Acide sulfurique

$(NH_4)_2\ Fe(SO_4)_2\ ,6\ H_2O$: Sel de Mohr

KC_8HSO_4 : Hydrogénophalate de potassium

Fe_2SO_4, $7H_2O$: Ferroïne

$Ca(ClO)_2$: Hypochlorite de calcium

$Ca(OH)_2$: Chaux

Al_2SO_4 : Sulfate d'Alumine

SOMMAIRE

Remerciements……a

Liste des abréviations……I

Liste des tableaux……..II

Liste des figures et des photos……..III

Liste des produits chimiques……IV

INTRODUCTION 3

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....4

I.Présentation de l'usine : [1].....4

I.1-Historique : 4

I.2-Activités exercées : 6

II. Cadres politiques, institutionnelles et réglementaires de l'eau : [2].....6

II.1-Principes constitutionnels, charte de l'environnement et cadres institutionnels : 6

II.2-Cadre réglementaire et législatif portant sur l'environnement, l'exploitation industrielle et la pollution : 7

Chapitre II : DESCRIPTION DU SYSTEME EXISTANT.....9

I. Domaine d'application :.....9

I.1-Essai de teinture :..... 9

I.2-Teinture : 9

I.3 -La chaudière : 17

Chapitre III : TRAITEMENT DES EAUX USEES.....19

I. Caractéristiques des eaux usées brutes: 19

I.1-Origine :..... 19

I.2-Caractérisation des eaux usées avant traitement :..... 19

II. Traitement existant dans l'usine: 23

II.1-Dégrillage :..... 23

II.2-Homogénéisation :..... 23

II.3-Traitement primaire : 24

II.4-Traitement secondaire :..... 27
II.5-Traitement facultatif : Neutralisation..... 27
II.6-Calculs des taux de traitement appliqués à l'usine :..... 29
III. Caractéristiques des eaux usées traitées : 31
III.1- Caractérisation des eaux usées à la sortie de station d'épuration : 31
III.2–Interprétation des résultats : 31
IV. Essais d'amélioration du traitement d'eau usée :.....32
IV.1-Essais de confirmation de taux: 32
IV.2 - Recherche des taux optimaux sur JAR-TEST :[3]..... 34
IV.3-Taux optimaux : 44
IV.4- Essai de filtration au laboratoire : 45
V. Recommandations diverses :.....47
V.1- Recommandations d'entretien des ouvrages de traitement :..... 47
V.2-Recommandations sur la conduite de traitement : 47
V.3. Recommandations pour un meilleur suivi des eaux : 48
CONCLUSION.....49

Bibliographie……..i

Webographie……...i

Annexe 1……ii

Annexe 2……..iii

Annexe 3……iv

INTRODUCTION

La consommation d'eau industrielle est extrêmement variable d'un pays à l'autre car elle dépend beaucoup du niveau de développement de chaque nation .L'industrie textile est une grande consommatrice d'eau particulièrement au niveau de la teinturerie.

Pour la SOMACOU, l'eau est nécessaire à tous les niveaux de production des différents secteurs d'activités, ses problématiques résident dans le coût de l'eau rationalisée et la qualité de ses effluents. D'une manière générale, l'eau est consommée, altérée par des centaines de produits polluants, traitée de façon routinière et rejetée dans les rivières et les nappes avoisinantes. Ce qui peut causer de nombreux problèmes environnementaux en cas de non-respect des normes de qualité des eaux.

C'est pour cette raison que nous avons choisi le thème « ***contribution à l'amélioration du traitement des eaux usées*** » au niveau de la SOMACOU.

Pour mener à bien l'étude, le présent ouvrage est divisé en trois grands chapitres : le premier rapporte la synthèse bibliographique où sont présentés l'usine et les cadres politiques, institutionnelles et règlementaires de l'eau, le second décrit le système de production existant, et le dernier représente le traitement des eaux usées dans lequel sont mentionnés les caractéristiques des eaux usées et du traitement existant ; et des essais d'amélioration avec les recommandations y afférentes.

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.Présentation de l'usine : [1]

I.1-Historique :

La société SOMACOU (SOciété MAlgache de COUverture) est une industrie textile. Elle est fondée en 1960 à Tanjombato et à Ilafy en 1962 au capital de 6 600 000 Fmg. C'est une société à responsabilité limitée (S.A.R.L) suivant les coordonnées ci-après :

- Capital: 1 320 000 000 Ar
- RC Antananarivo 4868
- Adresse: BP. 1032 -Tel: 034 02 424 82 -Fax 261 (20) 22 424 86
- E-mail : somacou@moov.mg site web : www.somacou.com
- Identification statique : 172 311 119 600 00005
- NIF : 105006934

En tant qu'industrie textile, elle comporte deux départements dont l'usine et le magasin. Les différents produits et les clients potentiels sont cités dans le tableau 1.

Tableau 1 : Liste des différents produits et clients potentiels

Désignation	Clients
Couverture -de luxe -ordinaire Suivant les dimensions qui suivent l'évolution humaine (bébé-adolescent-adulte)	Tout le monde
Fil à coudre suivant les coloris à la demande des clients	Entreprise Franche Secteur textile : SAMAF-COTONA Société : Kanto-Ultra maille -P.M.E
Mèche à bougie	Groupe SIPROMAD Simples artisans
Fil à tricoter : SOMACRYL, MADACRYL, Or blanc, fil d'écosse	Artisans locaux et exportateurs Communautés des sœurs

Désignation	Clients
Produits pharmaceutiques : -coton hydrophile -gaze hydrophile ou compresse gaze	Hôpitaux Dispensaires Pharmacies Tout public
Lingerie de maison : Serpillère, couvre lit, nappe de table, rideaux, serviette, gant de toilette, essuie tout, essuie vaisselle, couette, housse de couette-articles brodés	Grands hôtels (1 à 5 étoiles) Tout public

Les différentes origines des matières premières nécessaires à la production sont mentionnées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Matières brutes et leurs lieux d'origine

Genres	Lieux d'origine
Coton brut ou coton neuf	Port Bergé-Tuléar
Fibres synthétiques, fibre acrylique, fibre polyester	Inde -Espagne - Chine - Afrique du Sud - Japon
Déchets de récupération des chûtes de confection (triées par coloris ou non-triées)	Entreprise Franche- Secteur textile- Maurice
Déchets locaux, Déchets de laine, Déchets COTONA	SOMACOU-Entreprises Franches secteur textile-COTONA

La plupart des produits de la SOMACOU sont sur commande mais elle a un magasin d'usine et un show-room où elle exerce des ventes en gros et en détail. Les ventes se différencient selon les cas :

- pour le personnel, elles sont à crédit ou au comptant
- pour les clients elles sont dites collectives

I.2-Activités exercées :

L'industrie SOMACOU exerce plusieurs activités selon le type de produits :

- production de couverture : filature, tissage, coupage, enroulage, emballage, vente
- production de fil : battage, lavage, filtrage, cardage, étirage, banc de brochage, filage, bobinoir, retordage, rembobinage ; teinture (demi-blanchiment, blanchiment), vente
- production de tissu : tissage de fil en coton, teinture du tissu (demi-blanchiment, blanchiment); vente
- production de coton hydrophile : hydrophilisation, blanchiment, cardage, mise en sachet, vente
- production des mèches à bougie : filage en bobine, tresseuse, mise en bobine, vente
- production des compresses à gaz : filage, tricotage, teinture ou demi-blanchiment, vente

II. Cadres politiques, institutionnelles et réglementaires de l'eau : [2]

Tous rejets d'eau usée devraient suivre une norme. Dans cette partie les cadres politiques, institutionnelles et règlementaires de l'eau existant à Madagascar seront considérés.

II.1-Principes constitutionnels, charte de l'environnement et cadres institutionnels :

La Constitution érige en principe fondamental la protection de l'environnement. Elle confie à L'Etat la garantie de la liberté d'entreprise mais dans la limite du respect de l'environnement. Elle prévoit l'obligation individuelle de respecter l'environnement et charge l'Etat de sa protection.

La Charte de l'environnement fait de la promotion d'un développement durable par une meilleure gestion des ressources naturelles un objectif essentiel du Plan d'Action Environnemental. Elle dispose que la gestion de l'environnement, dont les outils doivent être constamment améliorés, est assurée conjointement par L'Etat, avec les collectivités

territoriales décentralisées, les Organisations Non Gouvernementales légalement constituées, les opérateurs économiques ainsi que tous les citoyens.

La Charte de l'Environnement institue une structure nationale appelée à gérer et à protéger l'environnement. En particulier, elle contribue à la lutte contre les pollutions industrielles.

II.2-Cadre réglementaire et législatif portant sur l'environnement, l'exploitation industrielle et la pollution :

1. Décret MECIE :

Le décret relatif à la Mise en Compatibilité des Investissements avec l'Environnement (MECIE) (décret 99 954 modifié par le décret 2004-167) fixe les règles et procédures à suivre en vue de la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement

2. Code de l'eau :

Les principaux articles de la loi n° 98 023 portant Code de l'eau, régit les prélèvements et les rejets. La Loi n°99021 sur la politique de gestion et de contrôle des pollutions industrielles est reportée en annexe 1.

3. La pollution des eaux :

Article 12 : « *Toute personne physique ou morale, publique ou privée exerçant une activité source de doit envisager toute mesure propre à enrayer ou prévenir le danger constaté ou présumé.* »

Article 13 : « *La* ***pollution*** *s'entend de tous déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et plus généralement de tout fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux, en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques et radioactives, qu'il s'agisse d'eaux de surface ou souterraines.* »

4. La conservation des ressources en eau et de la protection de l'environnement :

Article 24 : « *Pour la protection des rivières, lacs, étangs, tout plan et cours d'eau, eaux souterraines, il est interdit de jeter ou disposer dans les bassins versants des matières insalubres ou objets quelconques qui seraient susceptibles d'entraîner une dégradation quantitative et qualitative des caractéristiques de la ressources en eau .*»

II.3-Normes de rejet liquide :

Les normes de rejets liquides édictées par le ***Décret n° 99-954 du 15 décembre 1999 relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement*** sont données dans les tableaux 3 et 4.

Tableau 3 : Normes de rejet liquide pour les facteurs organoleptiques et physiques

PARAMETRES	UNITE	NORMES
Odeur	-	Inodore
Couleur	échelle Pt/Co	20
Turbidité	NTU	25
MES	$mg.L^{-1}$	60
pH	Sans unité	6,0 - 9,0
Conductivité	$\mu s.cm^{-1}$	200
Température	°C	30
DCO	$mg.L^{-1}$	150

Tableau 4: Normes de rejet liquide pour les facteurs chimiques

FACTEURS CHIMIQUES	UNITE	NORMES
Dureté totale comme $CaCO_3$	$mg.L^{-1}$	180,0
Azote ammoniacal	$mg.L^{-1}$	15,0
Nitrates	$mg.L^{-1}$	20,0
Nitrites	$mg.L^{-1}$	0,2
NTK (azote total Kjeldahl)	$mg.L^{-1}$-N	20,0
Phosphates comme PO_4^{3-}	$mg.L^{-1}$	10,0
Sulfates comme SO_4^{2-}	$mg.L^{-1}$	250
Sulfures comme S^{2-}	$mg.L^{-1}$	1,0
Huiles et graisses	$mg.L^{-1}$	10
Phénols et crésols	$mg.L^{-1}$	1,0
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	$mg.L^{-1}$	1,0
Agents de surface (ioniques ou non)	$mg.L^{-1}$	20
Chlore libre	$mg.L^{-1}$	1,0
Chlorures	$mg.L^{-1}$	250

Chapitre II : DESCRIPTION DU SYSTEME EXISTANT

I.Domaine d'application :

Dans la partie suivante, seules les activités utilisant l'eau seront considérées telles que l'essai de teinture au laboratoire, la teinturerie et la chaufferie.

I.1-Essai de teinture :

Dans la vie quotidienne, on voit différentes sortes de couleur de tissu de différents types. Ces couleurs sont produites par des essais de teinture. Les essais de teinture sont effectués dans un laboratoire.

Pour assurer la bonne coloration des tissus ou des fils (à coudre et fil à tricoter) ou des serviettes selon la proposition des clients on fait d'abord des essais de teinture.

Les produits nécessaires et les étapes à suivre sont les mêmes que ceux mentionnés ultérieurement dans la partie teinture (paragraphe I.2). Mais ils sont seulement en petite quantité car l'essai se fait sur une portion de 10gde matière (fil ou tissu). On y emploie des petites machines appropriées à cette quantité de matière à teinter. Après l'essai, la coloration obtenue est appréciée si on obtient un bon résultat, on peut commencer la teinture mais si ce n'est pas le cas on refait l'essai en modifiant les quantités de produits.

Seule l'eau de la JIRAMA peut être utilisée pendant l'essai de teinture.

I.2-Teinture :

Les différentes couleurs des articles produits par l'industrie textile proviennent de la teinturerie. La coloration est de bonne qualité en employant des produits appropriés et s'il n'y a pas de changement de couleur au lavage après la production.

1. Produits nécessaires :

La teinture nécessite de l'eau et de différents produits : chimiques tels que colorants, auxiliaires de teintures et adoucisseurs pour atteindre une bonne coloration et une bonne fixation.

a) Eaux :

L'industrie textile utilise intensivement de l'eau. La SOMACOU emploie l'eau de puits pour la teinture et pour de nombreuses étapes de lavage pendant le processus de production, et celle de la JIRAMA pour le nettoyage des matériaux. Plus précisément, elles servent de solvant pour la préparation des bains de lavage des matériaux de teinture et ses accessoires, de demi-blanchiment et blanchiment, de débouillissage, de teinture, de rinçage, de savonnage et d'adoucissage. On utilise environ 1800L d'eau pour préparer un bain.

b) Colorants :

A chaque type de tissu ou fil à teinter correspond une famille de colorants. Les couleurs de base utilisées sont le bleu, le rouge et le jaune. La couleur du tissu ou du fil varie suivant les doses de ces colorants de base.

Il y a des colorants appropriés au type de matière à teinter tels que :

- REMAZOL (DYSTAR) pour le coton et lin
- CIBACRON, NOVACRON pour le coton et lin
- TERASIL pour le polyester

Les colorants ne se fixent jamais sur la matière à teinter s'ils n'appartiennent pas à la famille correspondante. C'est-à-dire, le TERASIL ne se fixe jamais sur un tissu coton.

c) Produits auxiliaires de teintures (PAT) :

Les PAT sont des produits utilisés pour bien fixer les colorants. A chaque type de matière correspond des PAT spécifiques:

-pour le coton ou lin : albaflow FFW 10‰, hosapolts 10%, albatex DBS 10%

-pour le polyester : univadine 10%

-pour les laines : acetate de soude 10%, albegal set 10%, albaflow FFW 10‰, acide acétique 3%

d) Produits adoucisseur (PA):

Ce sont des substances liquides, solides, créées par le mélange de différents produits chimiques. Leurs propriétés et leur apparence sont différentes des produits initiaux. Ils sont très utiles pour l'adoucissage du tissu ou du fil teinté et très nécessaires pour avoir une bonne fixation des colorants.

Les produits chimiques indispensables dans la teinture sont les suivants :

-Peroxyde d'hydrogène H_2O_2, Acide acétique glacial CH_3COOH pour le demi-blanchiment

-Acide Acétique glacial, Sulfate de Soude Na_2SO_4, Carbonate de Soude anhydre pour le Remazol coloris clair

-Sel marin, Carbonate de soude anhydre, Soude liquide 40%,Acide Acétique glacial pour le Cibacron foncé

-Soude liquide 40%, Peroxyde d'Hydrogène H_2O_2, Acide Acétique glaciale, hypochlorite de sodium NaClO pour le blanc optique ou le blanchiment.

2. Mode opératoire de la teinture:

Puisque c'est un essai alors on ne teinte ici qu'une portion de tissu ou de fil. L'essai de teinture précède le procédé de teinture.

a) Etape avant la teinture :

Avant la teinture, il y a encore des étapes à suivre :

- le débouillissage
- le demi-blanchiment
- le blanchiment
- la préparation des colorants
- la préparation du bain
- l'humidification de la matière à teinter
- l'injection de la matière dans le bain

Le tissu ou le fil à teinter écru doit suivre une étape ou des étapes avant la teinture.

Pour une teinture foncée, le fil ou le tissu doit passer l'étape de demi-blanchiment, mais pour une teinture claire, un demi-blanchiment puis une coloration blanc optique ou blanchiment est obligatoire. Dans tous les cas, et avant tout un débouillissage est nécessaire.

- ***Débouillissage :***

C'est l'extraction d'impuretés présentes dans les fibres brutes ou captées à un stade ultérieur, à savoir :

-les pectines, la graisse et les cires, les protéines, les substances inorganiques telles que les sels métalliques d'alcali, les phosphates de calcium et de magnésium, les oxydes d'alumine et de fer. Le débouillissage peut être effectué lors d'une étape distincte du procédé ou en combinaison avec d'autre traitement comme le blanchiment ou le désencollage, sur les supports de toutes sortes : tissus (encollés ou désencollés), tricots et sur le fil.

Pour le fil et le tricot, le débouillissage consiste en un procédé discontinu, qui est réalisé dans les mêmes équipements que ceux de la teinture, principalement les autoclaves, les machines à teindre les écheveaux pour le fil et les appareils de teinture type Overflow, jet, etc. Le tissu est lavé en mode continu par Pad-Stream.

L'action de débouillissage est accomplie par l'alcali (hydroxyde de sodium NaOH ou carbonate de sodium) simultanément avec d'autre produit auxiliaire : les agents complexant à savoir l'acide acétique glacialCH_3COOH est utilisé pour éliminer les ions métalliques (en particulier les oxydes de fer qui catalysent la réaction de dégradation de la cellulose lors du blanchiment au peroxyde d'hydrogène H_2O_2. Le bain de débouillissage a un pH de 6,5 à 7.

- ***Demi-blanchiment :***

Le demi-blanchiment est une méthode indispensable avant la teinture. Il sert à demi-blanchir les matières à teinter. Il nécessite l'utilisation des produits suivant les étapes ci-après:

-au départ, à 50°C, on injecte le bain composant de TRAITEX OL, de SOUDE CAUSTIQUE, de TINOCLARITE GSM, de CIBAFLOW FFW et de PEROXYDE D'HYDROGENE H_2O_2; et on augmente la température jusqu'à 96°C enune heure. Puis, en gardant la température à 96°C, après 15mn on injecte de CROSOCOLOR OZ et on attend 20mn pour descendre enfin la température à 80°C en 35mn. On vide la cuve et on introduit les produits suivants :

-à 40°C, on injecte d'abord de l'eau. Après 10mn, on ajoute de CROSPREP KFP. Après 10min, on monte la température à 70°Cen50mn. A 70°C on attend 15mn pour introduire l'acide acétique CH_3COOH. Enfin, après 5mn on vide la cuve.

Notons bien que le bain de demi-blanchiment a souvent un pH de 6,5 à 7 et a du peroxyde d'hydrogène résiduel. Lors de la vidange de la cuve, le bain va être évacué vers la station d'eau usée.

- ***Blanchiment :***

Après le débouillissage, le coton devient davantage hydrophile. Toutefois, la couleur d'origine reste inchangée car la matière colorée ne peut être complètement éliminée par le lavage et l'extraction alcaline.

Si la matière doit être teintée dans des coloris foncés, la teinture est réalisée directement sans blanchiment. En revanche, l'étape de blanchiment est obligatoire si la fibre doit être teintée dans des coloris pastels, ou si elle doit être imprimée par la suite. Dans certains cas, même

pour des coloris foncés, une phase de pré blanchiment (demi-blanchiment) est nécessaire, sachant qu'il ne s'agit pas de traitement de blanchiment complet.

Le blanchiment peut être réalisé sur tous types de présentation (fils, tissu et tricot). Le bain de vidange pendant le blanchiment va être évacué directement vers la station d'eau usée.

❖ Blanchiment au peroxyde d'hydrogène H_2O_2 (eau oxygénée) :

Le blanchiment est réalisé sous forme d'un traitement ou combinaison avec d'autres traitements : le blanchiment /débouillissage ou le blanchiment/ débouillissage/ désencollage peuvent être réalisés en une seule opération.

Le textile est traité dans une solution contenant du peroxyde d'hydrogène, de la soude caustique et des stabilisateurs de peroxyde d'hydrogène à un pH de 10,5 à 12.

Les autres produits auxiliaires utilisés dans le cadre du blanchiment au peroxyde d'hydrogène sont les tensio-actifs qui possèdent des propriétés émulsifiantes, dispersantes et mouillantes. Les tensio-actifs normalement utilisés sont des mélanges de composés anioniques (sulfonates d'alkyl et sulfonates d'alkyls aryles) avec des composés non ioniques comme les éthoxylates d'alkylphénol ou les éthoxylates d'alcool gras biodégradables.

Le blanchiment du coton mélangé avec la laine (sensible à l'alcaline) est effectué à pH entre 6,5 et 8. Dans ces conditions de pH, des activateurs sont nécessaires pour provoquer le blanchiment.

Il est à noter qu'à un pH inférieur à 6,5 le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 se décompose en eau H_2O et O_2 ,et il perd son pouvoir de blanchir par production de gaz O_2 inactif.

❖ Blanchiment à l'hypochlorite de sodium :

Pour des raisons d'ordre écologique, l'utilisation de l'hypochlorite de sodium est maintenant réduite à seulement quelques cas particuliers liés au tissu maille et, parfois au blanchiment de filet, si un haut degré de blanc est exigé. En effet le blanchiment à l'hypochlorite de sodium conduit à des réactions secondaires qui forment des composés organiques halogénés.

- ***Cas particulier : Hydrophilisation : pour les cotons hydrophiles :***

Le coton hydrophile ou encore ouate hydrophile est un type de coton commercialisé après le blanchiment et autre traitement chimique qui enlève les substances résineuses et grasses des fibres les rendant ainsi très absorbantes.

En l'absence de traitement chimique, le coton ainsi obtenu prend le nom de coton cardé ou coton hydrophobe, utilisé dans le domaine du laboratoire pour son hydrophobie, ou pour la pose de sous bandage lors de la réalisation de pansement post-traumatique. Un

procédé de stérilisation le rend apte à son utilisation médicale bien qu'il soit aujourd'hui moins utilisé dans ce domaine. S'il est produit et confectionné en ambiance contrôlée et dans des conditions hygiéniques adéquates, par exemple sans contact direct avec le personnel, la condition de stérilisation n'est pas nécessaire pour son utilisation générique en cosmétique ou profession paramédical (coton tige).

Les produits chimiques utilisés pour l'hydrophilisation sont :

- HOSAPOLT
- SOUDE CAUSTIQUE
- CACLIFORT MR-JET
- PEROXYDE D'HYDROGENE 50%
- ACIDE SULFURIQUE DILUE

Avant de passer à la teinture il faut préparer les colorants et les bains, humidifier les matières à teinter.

- ***Préparation des colorants :***

Les colorants sont des poudres qu'il faut dissoudre dans de l'eau limpide à une concentration de 1% ou 1‰. La température de l'eau doit être en dessous de 60°C avec un pH entre 7 et 9. Au cas où l'eau est turbide une filtration est nécessaire.

Les colorants de base utilisés sont le bleu, le rouge et le jaune. Le mélange de ces colorants donne des couleurs très diversifiées (ex : orange, violet, marron, etc.) suivant la variation de la quantité de chaque colorant.

Photo 1 : Des colorants dilués pour l'essai de teinture au laboratoire

- ***Préparation du bain :***

La teinture est l'imprégnation des matières dans une solution appelée bain.

Le bain est un mélange d'eau avec des produits chimiques (colorants, PAT et/ou adoucisseur).

Il existe cinq sortes de bain :

- bain de fixation : eau + colorants + PAT(ex : ECOFIX BR)
- bain de rinçage : eau
- bain de neutralisation : eau + acide acétique glacial
- bain de savonnage : eau+ détergent (ex : pour la teinture foncée : HELITAN IK 300 et HOSAPOL TS; pour la teinture claire: CROZOCOLOR OZ)
- bain d'adoucissage : eau + PAT + PA (ex : pour la teinture foncée ; PA : ACIDE ACETIQUE GLACIAL, PAT : ECOSOFT TER ; pour la teinture claire ; PA : ACIDE ACETIQUE GLACIAL, PAT : DINASOFT 62 E)

Chaque bain est caractérisé par un pH défini selon le tableau 5.

Tableau 5 : Valeur du pH des différents bains selon l'étape de la teinturerie

pH / **Coloris**	**Au départ**	**Fixation**	**Savonnage**	**Après neutralisation**	**Adoucissage**
REMAZOL claire (coton-lin)	9 – 11	8-11	6-8	6-7, 5	3-5,5
CIBACRON claire moyen (coton-lin)	7–9	9-11,5	6-8	6-7,5	3-5,5
REMAZOL foncé (coton-lin)	9–11	9-11,5	6-8	6-7,5	3-5,5
CIBACRONE foncé (coton-lin)	5–8	9-11,5	6-8	6-8,5	3-3,5
Laine foncé , polyester moyen claire	3–5	3-5,5	6-8	5–7	3 – 6

- ***Humidification de la matière à teinter :***

C'est l'étape la plus importante avant la teinture : toute matière non mouillée, ne peut pas être teinté, car elle ne retient pas les colorants. Cette étape permet d'humidifier entièrement la matière par l'eau de puits filtrée.

b) Teinture :

C'est une des activités les plus importantes de l'usine. La teinture se déroule comme celui de l'essai au laboratoire mais la quantité de la matière à teinter est à grande échelle selon les commandes des clients.

- ***Appareils utilisés :***

La teinture nécessite des grands appareils spécifiques à chaque produit fini. La répartition de ces machines dans les différentes salles de teinture est donnée comme suit.

- Deux hydro bacs où se déroule la teinture, une machine repasseuse pour le séchage, l'étirage et l'enroulage des tissus dans la salle de teinture des tissus.
- Un bac de filtration par coton, trois cuves de teinturerie alimentées par une machine à vapeur , chaque cuve est dotée de trois bacs de préparation de colorant, de PAT et de PA, une cuve d'hydrophilisation pour les cotons hydrophiles, un arrondisseur de fil foncé embobiné et un séchoir au niveau de la salle de teinture des fils
- Huit machines de teinturerie (quatre WASH, un TAMBOUR et deux BROAD) pour une grande quantité de matière à teinter, un petit bac pour un échantillon de matière à teinter ; deux machines d'essorage, un malaxeur pour mélanger les produits de teinture et quatre séchoirs pour la teinture des serviettes.

Les produits nécessaires sont multipliés selon les matières à teinter. Pour chaque phase de teinture, on emploie 1800L d'eau. On peut dire alors que l'usine consomme une grande quantité d'eau par jour.

La partie suivante décrit les étapes à suivre en teinturerie.

- ***Injection du bain dans la cuve de teinture:***

La matière va être immergée dans cette solution pendant un temps donné : c'est le stade de fixation. Après elle va passer un rinçage avant d'être neutralisée. Puis on fait le savonnage sur un nouveau bain afin de réaliser un adoucissage sur un nouveau bain. Le déroulement de cette injection est décrit comme suit.

Après humidification, les matières mouillées vont être posées dans la cuve de teinture suivant les étapes ci-dessous :

- Fermer la cuve et injecter le premier bain
- Vider la cuve et injecter le second bain de fixation. C'est le moment de fixation des colorants à la matière.
- Vider la cuve et introduire le troisième bain de savonnage et évacuer.
- Puis injecter le bain de neutralisation pendant 10mn et rincer à l'eau froide
- Dans la phase finale, introduire le bain d'adoucissage et de fixation

- ***Réglage de température pendant la teinture:***

La teinture n'est assurée qu'avec une température élevée. A chaque phase de teinture correspond une température bien définie comme suit :

**Pour la teinture foncée :*

- pendant 30mn garder la température à 80°C
- diminuer progressivement la température à 60°C pendant 20mn c'est-à-dire diminution de 1°C mn^{-1}
- garder la température 60°C pendant 50mn

**Pour la teinture claire :*

- la température de départ est de 25°C
- garder cette température pendant 20mn
- monter la température jusqu' à 60°C pendant 29mn c'est-à-dire augmentation de 1,2°Cmn^{-1}
- garder la température 60°C pendant 45min

Après les phases de teinture, d'autres actions doivent être faites pour que les matières soient prêtes:

- Enlèvement des matières teintées de la cuve, en vue d'un séchage
- Examen de la prise de couleur de la matière
- Test de solidité au lavage dans le laboratoire.

I.3 -La chaudière :

La chaudière est un générateur de chaleur produisant de la vapeur pour le chauffage. Une chaudière comporte un corps de chauffe avec un circuit d'eau qui récupère la chaleur produite par un brûleur utilisant le bois comme combustible. L'eau chauffée (condensat provenant de la teinturerie) ajoutée d'antirouille (aquatreat) se vaporise. La vapeur fournit suit les conduites menant vers les cuves de teinturerie, tandis que les fumées du chauffage drainées par un tuyau dans un bassin d'eaux usées se débarrassent des étincelles et de quelque gaz par dissolution dans l'eau.

La chaudière génère des rejets liquides noirâtres et gazeux composés de CO_2, NO_2, SO_2, et H_2S... Les figures 1 et 2 suivants expliquent le système de traitement de la fumée et le cycle eau-fumée pendant le chauffage.

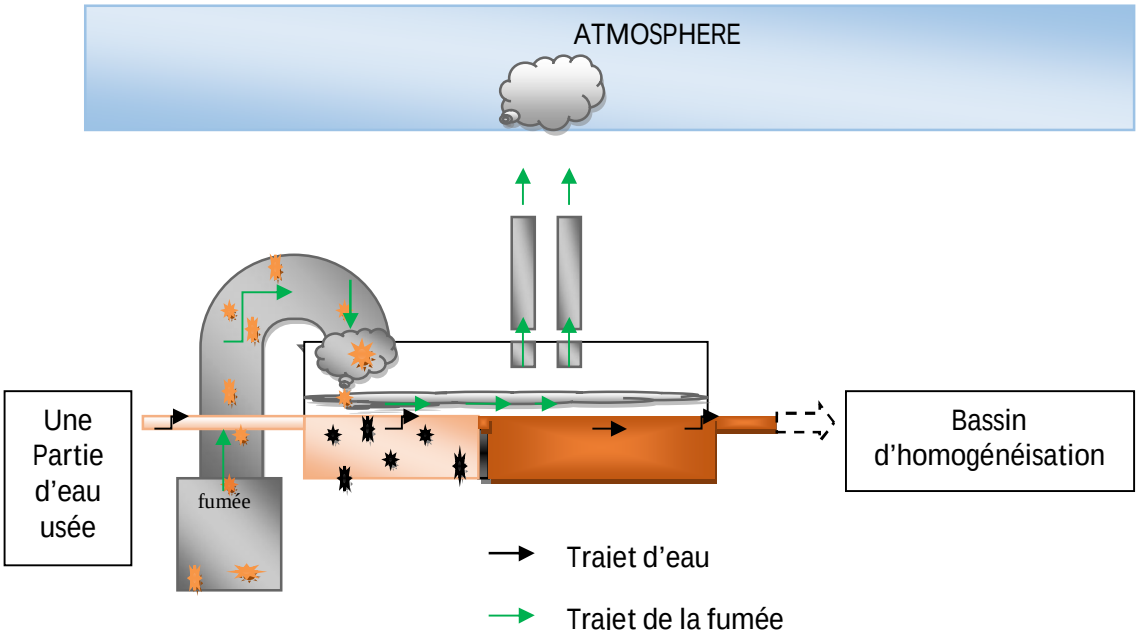

Figure 1 : Traitement de la fumée

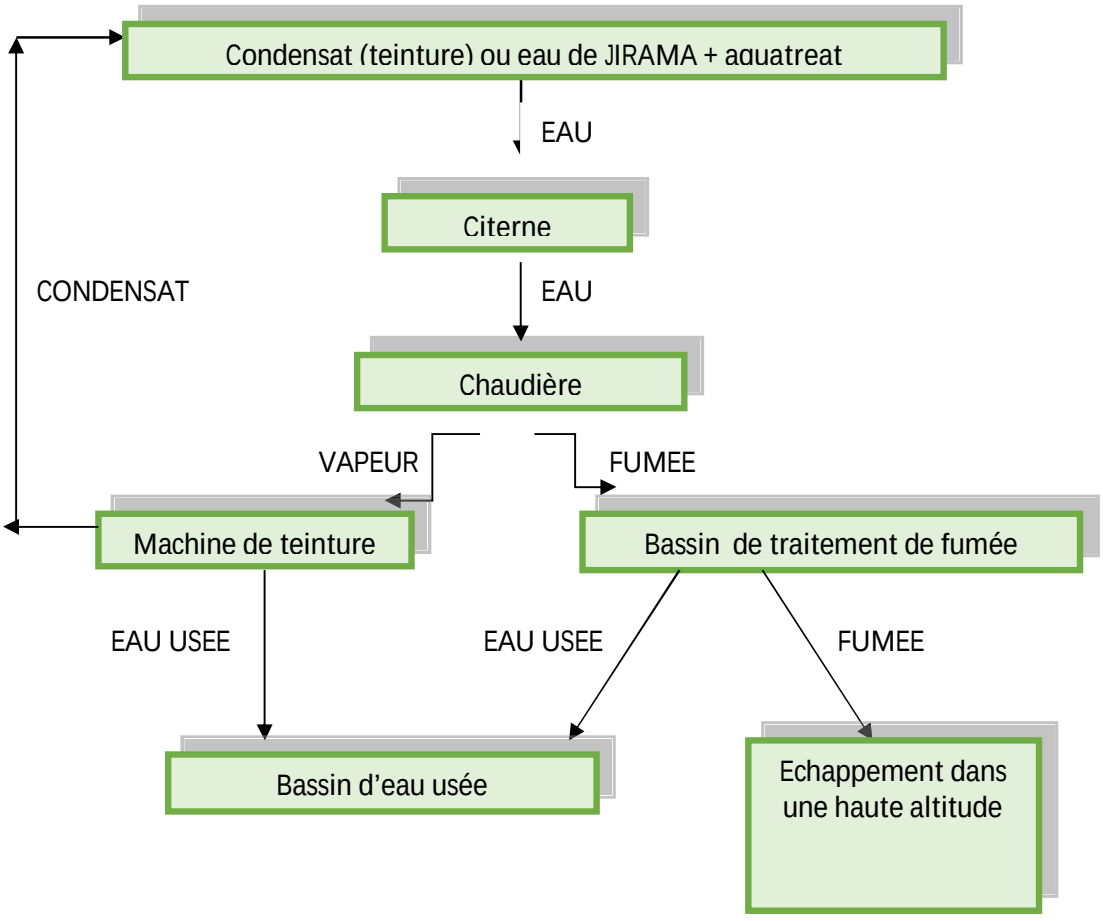

Figure 2. Cycle **eau-fumée** pendant le chauffage

Les différentes étapes de la teinturerie et de traitement de la fumée permettent d'expliquer les caractéristiques physiques des eaux usées (couleur, odeur). Ce qui nous amène à voir de près le traitement des eaux usées à l'usine.

Chapitre III : TRAITEMENT DES EAUX USEES

I.Caractéristiques des eaux usées brutes:

Le traitement des eaux usées est tributaire de leurs caractéristiques physico-chimique.

I.1-Origine :

Les eaux usées de l'industrie textile proviennent du mélange des différentes eaux de procédé :

- de lavage des matériaux de teinture et ses accessoires,
- de demi-blanchiment et blanchiment,
- de débouillissage,
- de teinture,
- de rinçage,
- de savonnage,
- de neutralisation
- d'adoucissage,
- issu du traitement de la fumée en provenance de la chaudière

I.2-Caractérisation des eaux usées avant traitement :

Les caractéristiques de l'eau usée d'une industrie textile diffèrent de celles d'autres domaines industriels (lessivage, industrie agroalimentaire, tannerie,…) par leurs activités et leurs intrants. Les principaux paramètres caractérisant les eaux usées sont : pH, turbidité, conductivité, minéralisation, MES présents, couleur, odeur et DCO.

NB : seuls les paramètres que l'on a pu analyser ont été considérés.

Un échantillonnage a été effectué le 18 mai 2016 au niveau du bassin d'homogénéisation en vue d'analyse des paramètres décrits ci-après.

a) Turbidité :

La turbidité est un paramètre mesurant le degré de limpidité d'une eau. Elle est due à la présence des particules en suspensions et des matières colloïdales dans l'eau. A une turbidité élevée correspond une eau trouble.

La turbidité est mesurée par un appareil appelé turbidimètre accompagné d'un flacon. Son unité est le NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Les méthodes de la recherche de cette valeur sont mentionnées en annexe 2.

b) pH :

C'est le potentiel d'hydrogène contenu dans l'eau. Il mesure la concentration en ion H^+ d'une solution. Sa valeur est entre 1 et 14 : l'eau est acide si son pH est compris entre [1 ; 7[; à un pH=7 elle est neutre et celle qui a un pH au-delà de cette valeur] 7 ; 14] est dite basique.

Le pH peut être calculé par la relation **$pH= -\log [H_3O^+]$** mais on peut facilement le mesurer par un pH-mètre (voir photo 3).

Pour l'industrie SOMACOU, l'eau usée est souvent basique du fait qu'on emploie une grande quantité de produit chimique basique (ex : détergent HELITKAN IK 300) pendant la teinture.

Les produits mélangés dans un bain sont à l'origine de la variation du pH et l'eau résiduaire provenant de la chaudière influe la coloration de l'eau usée.

c) Conductivité :

La conductivité est un paramètre indiquant la présence des ions dans l'eau. C'est aussi l'inverse de la résistivité signifiant le facteur de la transmission de la chaleur, de l'électricité, dans un corps conducteur. On peut dire que la conductivité caractérise l'aptitude d'une solution à conduire le courant électrique.

La conductivité est mesurée par un conductimètre. Il suffit d'allumer l'appareil et de plonger l'électrode dans l'eau après quelque temps sa valeur est affichée sur l'écran. Pour l'eau de source, sa valeur est souvent en **micro siemens par centimètre ($\mu S.cm^{-1}$)** mais pour l'eau usée, elle est dans la gamme de **milli siemens par centimètre ($mS.cm^{-1}$)** grâce à sa composition. Comme on utilise plusieurs produits dissociables dans l'industrie textile, il est possible que l'eau usée de la teinturerie soit fortement ionisée donc de conductivité élevée.

d) Minéralisation :

La minéralisation est le paramètre indiquant le taux des minéraux existant dans l'eau. Elle est aussi mesurée par le conductimètre en changeant la mesure à rechercher en appuyant sur le bouton ***x.***

Le mode opératoire pour prendre sa valeur est comme celui de la conductivité. Mais elle peut être calculée par la relation :

Minéralisation= conductivité x 0.926

L'unité de la minéralisation est le **milligramme par litre ($mg.L^{-1}$).**

L'eau résiduaire d'une industrie textile est fortement minéralisée à cause d'existence des plusieurs produits dissociables dans l'eau tels que les produits chimiques et les PAT.

Les photos suivantes montrent les appareils utilisés lors des analyses :

Photo 2: Turbidimètre

Photo 3 : pH-mètre

Photo 4 : Conductimètre

e) MES (matières en suspension) :

On appelle MES les matières organiques ou minérales en suspension c'est-à-dire les matières insolubles dans l'eau. Elles sont exprimées en milligramme par litre **($mg.L^{-1}$).** Pour mesurer les MES les modes opératoires en annexe 2 doivent être effectués.

f) Couleur :

La couleur de l'eau usée varie selon la teinte du colorant utilisé durant la teinture. Elle peut être claire (rose, vert claire, bleu pastel,..) ou sombre (marron, rouille, noir, bleu marine).

g) Odeur :

L'odeur de l'eau de la teinturerie est liée à la température élevée des différents bains (entre 80 et 96°C). Le réchauffement de l'eau contenant des produits de demi-blanchiment et blanchiment, de débouillissage, de teinture, de rinçage, de savonnage, de neutralisation, d'adoucissage, et de chaudière entraîne l'apparition d'une mauvaise odeur piquante.

h) DCO : [3]

La Demande Chimique en Oxygène représente la quantité d'oxygène consommée par toutes les matières réductrices.

- ***Principe :***

Après avoir complexé les ions chlorures par l'acide sulfurique, l'oxydation est réalisé au dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ en milieu acide à chaud et sous reflux en présence d'un catalyseur d'oxydation l'Ag_2SO_4. L'excès de dichromate de potassium est titré par le Sel de Mohr. La mesure de la DCO est décrite en annexe 2.

- ***Matériels utilisés :***

Bloc d'oxydation, burette graduée, éprouvette, pipettes jaugées et tube ou ballon à réaction.

- ***Réactifs pour la DCO :***

- Acide sulfurique 4 **mole par litre (**$mol.L^{-1}$**)**
- Acide sulfurique H_2SO_4 sulfate d'argent Ag_2SO_4
- Sel de Mohr. $(NH_4)_2\ Fe(SO_4)_2\ ,6\ H_2O \pm 0{,}12\ mol.L^{-1}$
- Dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$
- Hydrogénophalate de potassium KC_8HSO_4 (2,0824 $mol.L^{-1}$)
- Ferroïne

Les analyses ont été effectuées suivant les méthodes reportés en annexe 2 et les résultats correspondants ont mentionnés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Caractéristiques de l'eau usée non traitée de la SOMACOU

PARAMETRES	**UNITE**	**EAU USEE NON TRAITEE**	**NORMES**
Odeur	-	Nauséabonde	inodore
Couleur	échelle Pt/Co	Rouille	20
Turbidité	NTU	45, 1	25
MES	$mg.L^{-1}$	114	60
pH	Sans unité	10, 46	6,0 - 9,0
conductivité	$\mu s.cm^{-1}$	1660	200
Température	°C	-	30
Minéralisation	$mg.L^{-1}$	1537	185,2
DCO	$mg.L^{-1}$	203,5	150

Photo 5: Eau usée brute

Interprétation :

Par comparaison aux normes de rejet en vigueur, l'eau usée non traitée n'est pas conforme au vue des valeurs des paramètres dans le tableau 5 d'où la nécessité d'épuration.

II. Traitement existant dans l'usine:

Le traitement des effluents est aujourd'hui un problème de plus en plus difficile à gérer pour les industries.

La réglementation et les normes en vigueur imposent des seuils de plus en plus bas en ce qui concerne les normes de rejet des effluents, et requièrent des installations d'épuration de plus en plus performantes.

L'eau usée produite doit être débarrassée des graisses, de l'huile, de la couleur et des autres produits chimiques qui sont utilisés durant les différentes étapes de la production. Le procédé d'épuration dépend de la quantité et du type d'eau résiduaire. Il peut comporter plusieurs étapes telles que tamisage, homogénéisation, acidification, coagulation floculation, décantation, filtration et neutralisation. Ces exigences croissantes nécessitent des technologies fiables et des produits efficaces, tout en respectant les contraintes économiques des industriels.

L'eau usée de la SOMACOU est trouble, colorée et saturée de produits chimiques de teintures et produits auxiliaires. Aussi l'usine a adopté la chaîne de traitement ci-après pour dépolluer l'eau usée : le dégrillage, l'homogénéisation, le traitement primaire, le traitement secondaire et le traitement facultatif.

II.1-Dégrillage :

Le dégrillage permet de séparer de l'effluent les matières volumineuses telles que les déchets et fils provenant des teintures. Il s'agit de faire passer l'eau usée à une vitesse lente à travers un grillage espacé de 10 à 100 mm de diamètre selon la taille des corps à retenir (photo 6).

II.2-Homogénéisation :

Commeles eaux usées sont de différentes origines, elles n'ont pas les mêmes pH et sont de couleurs différentes. Leur traitement individuel n'est pas économique et nécessite beaucoup de main d'œuvre. D'où la mise en place de deux bassins d'homogénéisation (photo 7).

Photo 6 : Dégrillage

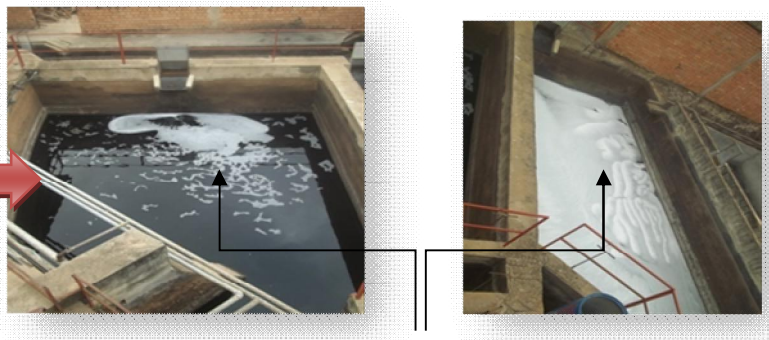

Photo 7 : Deux bassins d'homogénéisation

II.3-Traitement primaire :

Le traitement primaire consiste en une clarification en vue d'élimination des matières en suspension ou des majeures parties des particules. Il s'agit de l'ajustement de pH par acidification, de la coagulation-floculation, de la décantation et de la filtration.

1. Acidification :

Comme l'eau usée de l'industrie est fortement basique, l'acidification est nécessaire pour atteindre la zone du pH [6,2 ; 7,2] où la coagulation-floculation est bonne. On utilise un bac pour injecter l'acide sulfurique dilué dans le bassin.

Les eaux de procédé industriel sont chargées de différents types de colorants organiques qui affectent l'apparence et les caractéristiques chimiques des eaux. Les moyens de traitement pour éliminer ces éléments sont la coagulation floculation, la décantation et la filtration.

2. Coagulation

La coagulation est un phénomène d'attraction des ions présents dans l'eau par les électrolytes contenant dans le produit coagulant. Ces ions peuvent être présents dans les impuretés dissoutes, dans les colloïdes et dans les matières en suspension. Les particules colloïdales de diamètre très faible (de 1 nm à 1 µm) sont chargées électro-négativement, engendrant ainsi des forces de répulsions entre elles, ce qui implique une vitesse de sédimentation pratiquement nulle et une instabilité du milieu. La coagulation par un ajout de sels métalliques fortement cationique permet de neutraliser les colloïdes en annulant ces forces de répulsion, les déstabilisant par la suite.

Les coagulants de charges positives précipitent les particules fines ou colloïdes en suspension. Il existe plusieurs types de coagulant d'origine organique ou minérale. Ils sont très efficaces sur les éléments fins et permettent par ajout d'un floculant leur décantation et la clarification des eaux par la suite.

3. Floculation :

La floculation est l'agglomération des particules fines déstabilisées, elle est favorisée par ajout d'un floculant et par agitation lente, formant ainsi un floc d'une grosseur suffisante pour engendrer la décantation et la clarification des eaux.

L'usine utilise le sulfate d'alumine acidifié, l'hypochlorite de calcium, la chaux et le décolor 45 pour faire la coagulation –floculation. Leurs doses respectives sont toujours constantes pour tous types d'eaux usées

NB : le décolor 45 n'est pas un produit décolorant directement mais il favorise beaucoup la floculation.

L'injection des produits se passe dans un bassin mélangeur muni d'un agitateur avant de passer à la décantation.

De ces étapes de traitement on obtient des flocs qui vont être éliminés par la décantation à une vitesse bien définie.

Les photos 8, 9, 10 représentent les ouvrages d'ajustement de pH, les points d'injection des produits et le bassin mélangeur. Les photos suivantes montrent respectueusement les bassins de traitement primaire.

Photo 8:**Bassin d'ajustement de pH**

Photo 9: **Point d'injection des produits coagulant et adjuvant de la floculation**

Ph**oto 10 : Bassin mélangeur**

4. Décantation :

C'est le phénomène où les flocs se déposent au fond du bassin nommé décanteur (photo 11). Il existe alors deux phases d'eau dans le décanteur :

- la partie supérieure représente l'eau décantée
- la partie inférieure représente les boues ou encore les agrégats

Les boues ou agrégats sont constitués de flocs de grande taille facilement décantables. Les boues vont être évacuées par des conduites placées au fond du décanteur.

L'eau décantée dépourvue des particules en suspension sera transférée vers le bassin de filtration.

5. Filtration:

La filtration est un procédé d'épuration qui consiste à faire passer un liquide chargé de matières non décantables à travers un milieu poreux. Le filtre retient les flocs non décantés et laisse passer les liquides (filtrat). Les filtres sont équipés de conduite et de distributeur (jeu de vannes et pompes), en plus d'un dispositif de lavage à contre-courant

La filtration est utilisée en traitement de finition afin d'éliminer les MES. L'usine dispose de deux sortes de filtres à gravillon et à sable moyen.

- ✓ ***Filtration sur gravillon :***

C'est une sorte de **filtration sur support** : les particules se déposent sur les gravillons. Le filtre à gravillon sert à retenir les éléments flottants à l'issue de la décantation.

La filtration à gravillon peut être applicable ou non selon le type d'eau (traitée ou non).

- ✓ ***Filtration sur sable :***

C'est une sorte de **filtration en profondeur ou dans la masse.** Il s'agit de faire passer les eaux chargées à travers un lit de sable qui retient les MES ; cette technique est la plus adaptée pour les eaux peu chargées. L'usine emploie du sable de granulométrie moyenne pour la filtration. Un espace aménagé au-dessus de la couche filtrante permet l'expansion du volume de sable lors de lavage.

Les filtres à sable sont souvent utilisés comme prétraitement avant les filtres sur charbon actif. Les photos 11 et 12 montrent les bassins de décantation et de filtration dans le traitement primaire.

Photo 11 : **Bassin de décantation**

Photo 12 : **Bassin de filtration**

II.4-Traitement secondaire :

✓ *Filtration sur charbon actif :*

La filtration à charbon est aussi une **filtration en profondeur ou dans la masse**. Le charbon actif est extrêmement poreux et présente une forte affinité pour les molécules organiques, sa surface spécifique (surface de contact charbon/liquide) est importante (de l'ordre de 300 à 2500 $m^2.g^{-1}$) et permet d'obtenir des pourcentages d'épuration importants.

L'adsorption sur le charbon actif est très efficace pour l'élimination de l'odeur et des matières organiques dans l'eau. Lors du passage des effluents, les grains de charbon se saturent graduellement en polluants. Lorsque le filtre présente un degré de saturation important, le pourcentage épuratoire diminue ; il convient alors de le remplacer. Les charbons saturés sont alors régénérés par chauffage ou par procédé chimique.

II.5-Traitement facultatif : Neutralisation

La neutralisation permet de neutraliser ou de rendre le pH de l'eau traitée conforme aux normes de rejets liquides. Ce phénomène n'est pas toujours applicable sauf que l'eau est très basique ou très acide.

Le plan de masse de la station d'épuration des eaux usées de la SOMACOU est représenté par la figure 3.

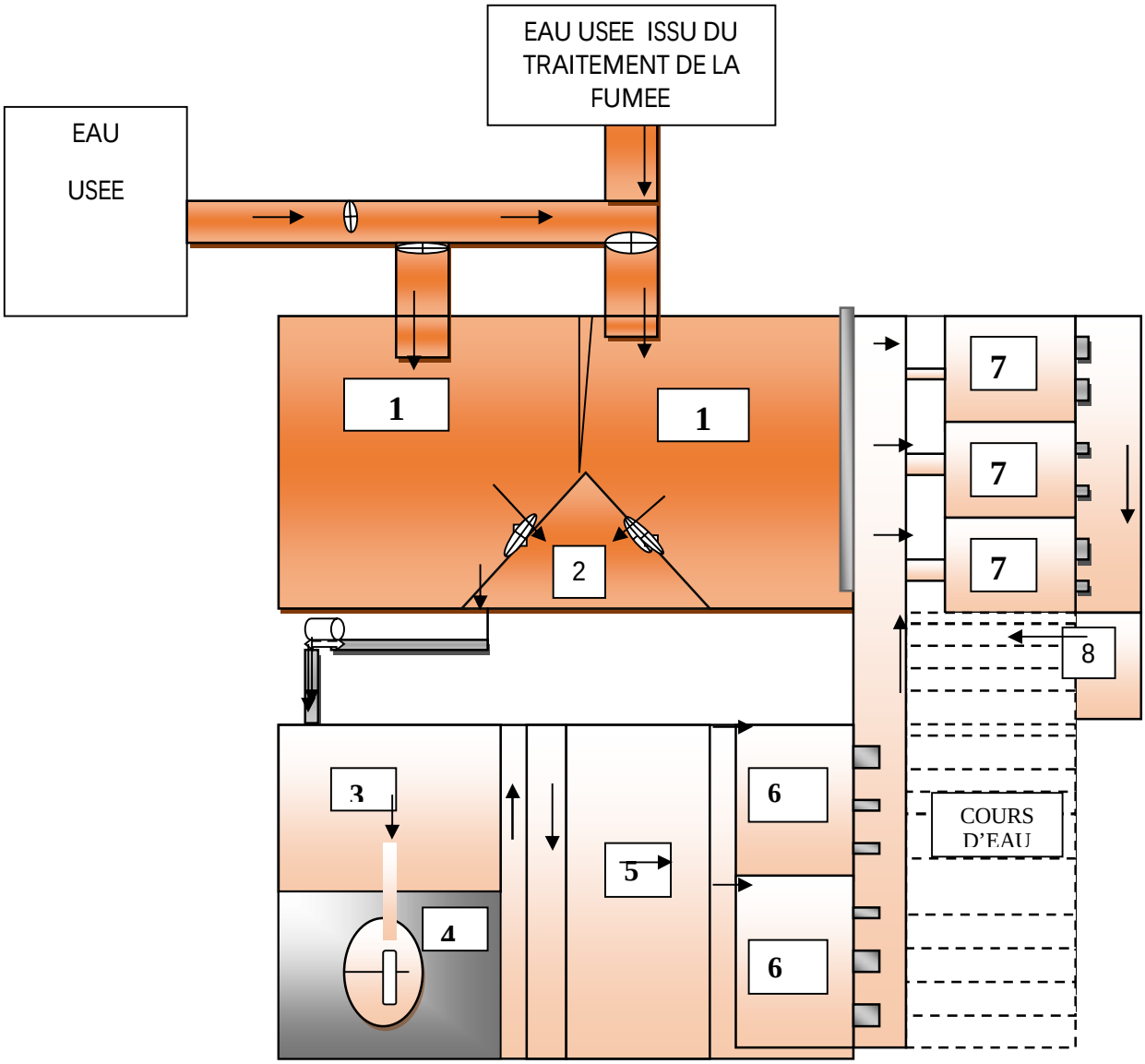

Figure 3 : Plan de masse de la station d'épuration des eaux usées de la SOMACOU

1 Bassin d'homogénéisation

2 Bassin d'acidification (injection de H_2SO_4)

3 Bassin de coagulation (introduction de Al_2SO_4, $Ca(OH)_2$, décolor 45 et $Ca(ClO)_2$)

4 Bassin d'agitation (accompagné d'un mélangeur)

5 Décanteur

6 Bassin de filtration sur gravillon

7 Filtre sur charbon, sur gravillon et sur sable

8 Exutoire

Grillage Tuyau d'évacuation après filtre Sens d'écoulement d'eau

Pompe à eau

II.6-Calculs des taux de traitement appliqués à l'usine :

Plusieurs produits chimiques sont utilisés lors du traitement primaire, le calcul de leur taux respectif s'avère nécessaire pour référence de base dans les essais de traitement que nous effectuerons ultérieurement.

1. Taux de traitement :

Les taux de traitement ont été calculés à partir de la relation suivante :

Q . t = q . c d'où :

$$t = (q \cdot c)/(Q)$$

avec **Q** : débit d'eau usée **($m^3.h^{-1}$)**

T : taux de réactif de traitement ou masse de réactif utilisé pour traiter un volume d'eau usée **($g.m^{-3}$)**

q : débit de la pompe doseuse **($L.h^{-1}$)**

c : concentration de la solution de réactifs de traitement **($g.L^{-1}$)**

Où

$$c = m / V$$

Avec **m** : masse de réactif (g) et **V** : volume de solvant (eau de JIRAMA) **(L)**

Les résultats sont récapitulés dans le tableau 7 ci-après.

Tableau 7 : Concentration et taux des différents réactifs utilisés pour le traitement des eaux usées à la SOMACOU

Réactifs de traitement d'eau usée		***Quantité***
Fleur de chaux	Concentration ($g.L^{-1}$)	3
	Taux ($g.m^{-3}$)	5, 5
Hypochlorite de calcium	Concentration (($g.L^{-1}$)	6, 5
	Taux ($g.m^{-3}$)	12
Sulfate d'alumine	Concentration ($g.L^{-1}$)	33
	Taux ($g.m^{-3}$)	61
Décolor 45	Concentration ($g.L^{-1}$)	0, 006
	Taux ($g.m^{-3}$)	0, 0111
Acide sulfurique utilisé pour l'acidification	Concentration ($g.L^{-1}$)	1
	Taux ($g.m^{-3}$)	1, 85

2. Consommation journalière des différents réactifs de traitement des eaux usées :

Pour l'industrie, les concentrations des produit, les débits d'eau usée et de la pompe doseuse ne changent pas c'est à dire le taux de traitement reste constant pour tout type d'eaux usées. On peut calculer à partir de ces données la consommation journalière des produits de traitement.

Le calcul de consommation journalière est obtenu par les deux formules ci-après ; et en supposons que le débit des pompes doseuses reste constant.

q : débit de la pompe doseuse $L.h^{-1}$

$$\mathbf{v' = q \cdot t'}$$

t' : durée de fonctionnement de la pompe doseuse (h)

v' : volume journalier de la solution de produit de traitement (L)

Et

$$\mathbf{M = c \cdot v'}$$

M : masse journalière de réactif (g)

Les résultats sont reportés dans le tableau 8.

Tableau 8: Consommation journalière des réactifs de traitement des eaux usées

Réactifs de traitement	**Unité**	**Quantité**
Chaux	kg	1, 2
Hypochlorite de calcium	kg	2, 6
Sulfate d'alumine	kg	13, 2
Décolor 45	g	2,4
Acide sulfurique 10%	L	23, 9

III.Caractéristiques des eaux usées traitées :

III.1- Caractérisation des eaux usées à la sortie de station d'épuration :

On a prélevé de l'eau à l'exutoire du bassin de traitement de l'eau usée. Suite aux analyses que nous avons réalisées, les caractéristiques de l'eau traitée de la SOMACOU sont mentionnées dans le tableau 9.

Tableau 9: Caractéristiques de l'eau usée traitée

PARAMETRES	UNITE	REJET SOMACOU (exutoire)	NORMES
Odeur	-	Nauséabonde	inodore
Couleur	échelle Pt/Co	Rouille	20
Turbidité	NTU	33,2	25
MES	$mg.L^{-1}$	-	60
pH	Sans unité	9,58	6,0 - 9,0
Conductivité	µs/cm	1390	200
Température	°C	-	30
Minéralisation	$mg.L^{-1}$	1287	185,2
Demande chimique en oxygène (DCO)	$mg.L^{-1}$	-	150

III.2–Interprétation des résultats :

L'odeur nauséabonde de l'eau usée indique que l'hypochlorite de calcium $Ca(ClO)_2$ pouvant l'éliminer n'est pas efficace, et ce soit par insuffisance de quantité soit par perte de son pouvoir actif. On peut aussi considérer la saturation et la perte du pouvoir déodorant du filtre à charbon comme origine de cette odeur.

1. Couleur, turbidité et MES:

La couleur rouille et la turbidité élevée (33,2NTU) sont liées à l'inefficacité de la coagulation floculation par le non optimisation des taux de traitement entraînant ainsi une mauvaise décantation des petits flocs et une filtration inefficace. Ce qui explique la présence de matière en suspension (106mg $.L^{-1}$). Le manque d'entretien au niveau du décanteur contribue à l'augmentation des MES.

2. pH élevé :

Les doses constantes des produits comme H_2SO_4, $Ca(OH)_2$ et $Ca(ClO)_2$ sont à l'origine du pH basique de l'eau usée (9,58). En effet, la variation des pH au niveau des différents bains n'est pas considérée, ce qui fait que tout excès de produit de traitement basique et toute insuffisance d'acide sulfurique contribue à l'obtention de cette valeur de pH supérieur à la norme.

3. Conductivité et minéralisation :

La conductivité et la minéralisation sont hors normes. Elles sont dues aux nombreux intrants chimiques particulièrement au niveau de la teinturerie.

Ces résultats démontrent que l'eau usée traitée n'est pas conforme aux normes de rejet ; et l'amélioration du traitement s'avère donc nécessaire.

IV.Essais d'amélioration du traitement d'eau usée :

Comme on l'a affirmé précédemment les taux de traitement non optimisés sont les principales origines de la non-conformité de l'eau usée traitée aux normes de rejet. Pour confirmer cette hypothèse, des essais de coagulation-floculation sur JAR-TEST ont été effectués au laboratoire.

IV.1-Essais de confirmation de taux:

Les essais de confirmation ont été effectués en prenant compte des taux et volume utilisés à l'usine suivant le tableau 10, et ce pour voir le quel des réactifs utilisés n'est pas optimisé ou superflu.

Tableau 10: Taux des réactifs utilisés à l'usine

Réactif	***Taux appliqués à l'usine***	
Sulfate d'Alumine acidifié Al_2SO_4	Taux (mg $.L^{-1}$)	61
	Volume (mL)	1.85
	Concentration (g $.L^{-1}$)	33
Chaux $Ca(OH)_2$	Taux (mg $.L^{-1}$)	5,55
	Volume (mL)	1,85
	Concentration (g $.L^{-1}$)	3
Hypochlorite de Calcium $Ca(ClO)_2$	Taux (mg $.L^{-1}$)	12
	Volume (mL)	1,85
	Concentration (g $.L^{-1}$)	6,5
Réactif	***Taux appliqués à l'usine***	
Décolor 45	Taux (mg $.L^{-1}$)	0,0111
	Volume (mL)	1,85
	Concentration (g $.L^{-1}$)	0,006
Acide SulfuriqueH_2SO_4	Taux (mg $.L^{-1}$)	1,85
	Volume (mL)	1,85
	Concentration (g $.L^{-1}$)	1

Après 15mn de décantation, on a analysé l'eau décantée et les résultats sont donnés dans le tableau 11 de la page suivante.

Tableau 11 : Caractéristiques de l'eau décantée

PARAMETRES	UNITE	REJET SOMACOU	NORMES
Odeur	-	Nauséabonde	Inodore
Couleur	échelle Pt/Co	Rouille claire	20
Turbidité	NTU	55,4	25
MES	$mg.L^{-1}$	-	60
pH	Sans unité	9,7	6,0 - 9,0
Conductivité	$\mu S.cm^{-1}$	1090	200
Température	°C	-	30
Minéralisation	$mg.L^{-1}$	1009	185,2

Ces résultats prouvent bien que le traitement existant est insuffisant. Par rapport à la norme, l'odeur, la turbidité, le pH et la grandeur des flocs ne sont pas suffisantes. Donc la recherche des taux de traitement appropriés est indispensable en vue de diminution de ces paramètres.

IV.2 - Recherche des taux optimaux sur JAR-TEST :[3]

La recherche des taux optimaux se fait par plusieurs essais selon l'avancement des résultats.

Dans les essais suivants, on va faire un Jar test c'est-à-dire un essai de floculation. Il a pour principe d'ajouter à un même volume d'eau usée de dose croissante d'un des réactifs et que les autres sont versés de doses constantes. Ici, prenons les réactifs comme ceux qu'utilise l'usine dont la chaux, l'acide sulfurique dilué, le sulfate d'alumine acidifié, le décolor 45 et l'hypochlorite de calcium. On a pris comme taux initiaux de floculation les taux de l'usine et ces modes opératoires pour ces essais de coagulation-floculation sont mentionnés en annexe 3.

1. Premier essai

En tant que produit coagulant, le sulfate d'alumine acidifié va être varié pour bien déterminer les taux correspondant à la bonne floculation. Et les autres produits sont injectés à dose constante. L'eau à traiter dans chaque bécher est de 1L. Les doses des réactifs sont reportées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Doses des réactifs pour le premier essai

Réactif		***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***
Sulfate d'alumine acidifié Al_2SO_4	Taux ($mL.L^{-1}$)	61	75	100	125	150	175
	Volume (mL)	1,8	2,3	3	3,8	4,5	5,3
	Concentration ($g.L^{-1}$)	33	33	33	33	33	33
Chaux $Ca(OH)_2$	Taux ($mL.L^{-1}$)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
	Volume (mL)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Concentration ($g.L^{-1}$)	3	3	3	3	3	3
Hypochlorite de Calcium $Ca(ClO)_2$	Taux ($mL.L^{-1}$)	12	12	12	12	12	12
	Volume (mL)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Concentration ($g.L^{-1}$)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Décolor 45	Taux ($mL.L^{-1}$)	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111
	Volume (mL)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Concentration ($g.L^{-1}$)	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Acide Sulfurique H_2SO_4	Taux ($mL.L^{-1}$)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Volume (mL)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Concentration ($g.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1

Après les temps de décantation, on a siphonné chaque eau du bécher. Et on va mesurer les paramètres caractérisant l'eau décantée.

Tableau 13 : Résultats du premier essai

Bécher	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
pH	9,8	9,8	9,8	9,7	9,6	9,5
Turbidité (NTU)	55	60	57	55,8	55	47,7
Odeur	nauséabonde	nauséabonde	nauséabonde	nauséabonde	nauséabonde	nauséabonde
Couleur rouille	++++	++++	++++	++++	++++	+++
Floculation	±	±	±	±	±	++

➡ En voyant que les flocs commencent à avoir une taille moyenne dans le bécher n°6 alors on devrait encore continuer les essais de floculation, car on ne peut pas prendre tout de suite les taux dans le $6^{ème}$ bécher. Il faut la valider par d'autres essais.

2. Deuxième essai :

Dans cet essai le taux du $6^{ème}$ bécher sera considéré comme état initial.

Tableau 14 : Doses des réactifs pour le deuxième essai.

Béchers		***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***
Al_2SO_4	Taux ($mL.L^{-1}$)	175	200	225	250	275	300
	Volume (mL)	5,3	6,06	6,82	7,56	8,33	9,09
	Concentration ($g.L^{-1}$)	33	33	33	33	33	33
$Ca(OH)_2$	Taux ($mL.L^{-1}$)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
	Volume (mL)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Concentration ($g.L^{-1}$)	3	3	3	3	3	3
$Ca(ClO)_2$	Taux ($mL.L^{-1}$)	12	12	12	12	12	12
	Volume (mL)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Concentration ($g.L^{-1}$)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Décolor 45	Taux ($mL.L^{-1}$)	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111	0,0111
	Volume (mL)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Concentration ($g.L^{-1}$)	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
H_2SO_4	Taux ($mL.L^{-1}$)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Volume (mL)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
	Concentration ($g.L^{-1}$)	1	1	1	1	1	1

Notons bien que l'ajout de ces produits se fera en même temps mais pas en ordre.

Les paramètres déterminant l'aspect de l'eau traitée ont été mesurés après 15 minutes de décantation.

Tableau 15 : Résultats du deuxième essai

Bécher	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***
pH	9,4	9,2	8,7	9,6	8,9	8,9
Odeur	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Couleur rouille	+++++	++++	++++	++++++	++++++	++++++
Floculation	++	++	+++	++	+++	++

Photo 13 : Eau décantée du second essai non concluant

➡ Cet essai est non concluant car on a observé une variation anormale du pH et de la conductivité de l'eau traitée.

3. Troisième essai :

En tant que produit décolorant, l'hypochlorite de calciumCa(ClO) $_2$va être varié pour bien déterminer les taux correspondant à la bonne élimination de la couleur. Et les autres produits sont injectés suivant les mêmes doses que celles appliquées à l'usine.

On a fait des essais préliminaires pour la décoloration de l'eau usée. On va ajouter de volume croissant de $Ca(ClO)_2$ à 1L d'eau usée dans des béchers. Le tableau 16 représente les volumes ainsi que les taux correspondantaux réactifs versés dans chaque bécher.

Tableau16 : Résultats du troisième essai

Bécher n°		***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***
Ca(ClO) $_2$	**Taux (mg.L^{-1})**	12	24	36	48	60	72	84
	Volume (mL)	1,8	3,7	5,5	7,4	9	11,1	12,9
Odeur		+++	+++	+++	+++	++	++	-
Décoloration		-	-	-	-	±	++	++++

Après agitation, on a observé que l'eau s'éclaircit peu à peu et devient incolore dans le $7^{ème}$ bécher (voir photos 14). Il se produit une faible coagulation et une décoloration, ce qui confirme que le $Ca(ClO)_2$ a un pouvoir décolorant.

Photo 14 : Eau décantée du 7ème bécher du troisième essai

➡ On peut en déduire que la décoloration totale d'un litre d'eau usée nécessite 84mg de $Ca(ClO)_2$ soit $84g.m^{-3}$. Et la consommation journalière en $Ca(ClO)_2$ est estimée à 18,14kg d'après le calcul ci-après.

Q . t = q . c ⇨ $c = \frac{Q \cdot t}{q} = \frac{18 \cdot 84}{33,3} = 45,40\ g.L^{-1}$

Le débit de réactif est de $33,3L.h^{-1}$ et l'ajout se fait en 12h alors la consommation en $Ca(ClO)_2$ est de M= 33,3 x 12 x 45,40 = $18141,84g.j^{-1}$

Le coût de la décoloration par $Ca(ClO)_2$ s'élève à 90 700 Ar par jour soit 2 721 000 Ar par mois (que la base de prix est de 5 Ar/ mg d'hypochlorite de calcium) ce qui correspond à une augmentation de la charge de la société.

➡ En plus la norme exige que la valeur limite de chlore libre est de $1mg.L^{-1}$, pour la protection des aquacultures ; on ne peut pas donc employer le $Ca(ClO)_2$ au taux de $84mg.L^{-1}$ i.e. il est interdit d'appliquer le résultat de cet essai à l'usine.

4. Quatrième essai :

Des essais préliminaires ont été réalisés pour déterminer la quantité d'acide sulfurique H_2SO_4 (1N) pour obtenir un pH dans la zone de bonne floculation du sulfate d'alumine (pH entre 6,2 et 7,2). L'eau usée est fortement basique et l'acidification se fait progressivement par ajout de 0, 1 mL de H_2SO_4 et mesure du pH.

Le tableau 17suivant montre la diminution du pH de l'effluent selon le volume d' H_2SO_4 (1N) versé.

Tableau 17 : Quantité d'acide H_2SO_4 (1N) pour diminuer le pH

Volume de H_2SO_4 (1N) versé (mL)	***Ph***
0,2	9,7
0,5	7,04

➡ On peut conclure alors qu'il nécessite 0,5 mL de H_2SO_4 (1N) pour acidifier 100 mL d'eau usée.

Après ajustement du pH, des essais de coagulation -floculation ont été effectués avec le sulfate d'alumine Al_2SO_4acidifié. On note le pH et la grandeur des flocs. Les résultats de ces essais sont donnés dans le tableau 18.

Tableau 18: Essais préliminaires de coagulation -floculation à l'aide du sulfate d'alumine

Volume de sulfate d'alumine Al_2SO_4 acidifié (mL)	***pH***	***Grandeur des flocs***
0,1	6,7	±
0,2	6,5	++
0,3	6,4	++
0,4	6	++
0,5	5,9	++++
0,6	5,8	++

A un volume de 0,5 mL de sulfate d'alumine Al_2SO_4 acidifié, les flocs sont de bonne taille

➡ Le volume de sulfate d'alumine acidifié nécessaire pour la floculation de 100 mL d'eau usée est de 0,5 mL.

Au-delà de ce volume (à 0,6 mL), la grandeur des flocs se réduit.

➡ Il y a une défloculation en ajoutant un volume supérieur à 0,5 mL.

A partir de cet essai, on va fixer le volume de H_2SO_4 et d'Al_2SO_4 aux volumes obtenus.

5. Cinquième essai :

Cet essai représente l'évaluation de traitement par ajout de réactifs adjuvants de coagulation. Le volume de H_2SO_4et d'Al_2SO_4 sont ceux du quatrième essai. On va utiliser le décolor45 et la chaux de manière différente (de taux inégaux et d'ordre d'ajout différents). Le tableau 19 montre verticalement l'ordre d'ajout des réactifs durant l'essai.

Tableau 19 : Ordre et doses d'injection des réactifs pour le cinquième essai

Bécher n°1			Bécher n°2			Bécher n°3		
H_2SO_4	5	$mL.L^{-1}$	H_2SO_4	5	$mL.L^{-1}$	H_2SO_4	5	$mL.L^{-1}$
Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$	Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$	Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$
Décolor 45	0,012	$mg.L^{-1}$	Décolor 45	0,024	$mg.L^{-1}$	$Ca(OH)_2$	6	$mg.L^{-1}$
$Ca(OH)_2$	6	$mg.L^{-1}$	$Ca(OH)_2$	12	$mg.L^{-1}$	Décolor 45	0,012	$mg.L^{-1}$
Bécher n°4			Bécher n°5			Bécher n°6		
H_2SO_4	5	$mL.L^{-1}$	H_2SO_4	5	$mL.L^{-1}$	H_2SO_4	5	$mL.L^{-1}$
Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$	Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$	Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$
$Ca(OH)_2$	12	$mg.L^{-1}$	$Ca(OH)_2$	6	$mg.L^{-1}$	$Ca(OH)_2$	12	$mg.L^{-1}$
Décolor 45	0,024	$mg.L^{-1}$	Décolor 45	0,024	$mg.L^{-1}$	Décolor 45	0,024	$mg.L^{-1}$

Les essais se font sur Jar test. Pendant l'agitation, on a observé une bonne floculation au niveau du 2ème, 4ème et 5ème bécher. Les eaux décantées de ces béchers sont analysées après 15minutes de décantation et le tableau 20 décrit les résultats de ces essais.

Tableau 20 : Résultats du cinquième essai

Bécher n°	***pH***	***Conductivité ($\mu S.cm^{-1}$)***	***Turbidité (NTU)***	***Minéralisation ($mg.L^{-1}$)***	***Couleur rouille***	***Odeur***	***Classement***
2	7,32	1230	13,6	1139	+++	nauséabonde	Premier
4	7,17	1230	16,1	1139	++++	Nauséabonde	Deuxième
5	7,26	1300	17,7	1204	+++	nauséabonde	troisième

Photo 15 : Eau décantée du cinquième essai

NB : Le classement se fait par appréciation de la floculation.

➡ D'après le tableau, on constate que la turbidité est assez élevée. Celle de la première classe est un peu acceptable. On ne peut pas encore prendre les taux des réactifs sans l'avoir validé par un autre essai.

6. Sixième essai :

Cet essai sert à bien déterminer que le taux choisi dans l'essai précédent est vraiment l'optimum. Dans ce cas, on a additionné trois autres taux de traitement avec les trois premières classes du sixième essai. Le tableau 21décrit l'essai représentant verticalement l'ordre des réactifs introduit dans des béchers.

Tableau 21 : Ordre et doses d'injection des réactifs pour le sixième essai

Bécher n°1			**Bécher n°2**			**Bécher n°3**		
H_2SO_4 (1N)	5	$mL.L^{-1}$	H_2SO_4 (1N)	5	$mL.L^{-1}$	H_2SO_4 (1N)	5	$mL.L^{-1}$
Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$	Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$	Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$
Décolor 45	0,024	$mg.L^{-1}$	$Ca(OH)_2$	6	$mg.L^{-1}$	$Ca(OH)_2$	12	$mg.L^{-1}$
$Ca(OH)_2$	12	$mg.L^{-1}$	Décolor 45	0,012	$mg.L^{-1}$	Décolor 45	0,024	$mg.L^{-1}$
Bécher n°4			**Bécher n°5**			**Bécher n°6**		
H_2SO_4 (1N)	5	$mL.L^{-1}$	H_2SO_4 (1N)	5	$mL.L^{-1}$	H_2SO_4 (1N)	5	$mL.L^{-1}$
Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$	Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$	Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$
Décolor 45	0,012	$mg.L^{-1}$	Décolor 45	0,012	$mg.L^{-1}$	Décolor 45	0,012	$mg.L^{-1}$
$Ca(OH)_2$	6	$mg.L^{-1}$	$Ca(OH)_2$	12	$mg.L^{-1}$	$Ca(OH)_2$	12	$mg.L^{-1}$
						$Ca(ClO)_2$	13	$mg.L^{-1}$

Les résultats d'analyse sur les eaux usées seront affichés dans le tableau 22.

Tableau 22 : Résultats du sixième essai

Bécher n°	***ph***	***Conductivité ($\mu S.cm^{-1}$)***	***Turbidité (NTU)***	***Minéralisation ($mg.L^{-1}$)***	***Couleur rouille***	***Odeur***	***Classement***
1	8,2	1130	7,21	1046	++	Inodore	1^{er}
2	8,1	1130	12	1046	+++	Inodore	$2^{ème}$
3	7,97	1100	16,9	1019	+++++	Inodore	$5^{ème}$
4	7,9	1140	13,7	1056	+++	Inodore	$3^{ème}$
5	8	1160	13,8	1074	++	Inodore	$4^{ème}$
6	7,9	1150	19,8	1065	+++++	Inodore	$6^{ème}$

NB : Le classement se fait par observation de la taille des flocs et par comparaison de la turbidité

Photo 16 : Eau décantée du sixième essai

D'après le tableau, la 1er, la 2ème et la 4ème classe du **septième essai** sont retenus pour des essais de confirmation ultérieurs.

7. Septième essai :

Cet essai a pour objectif de confirmer les résultats des essais précédents pour une meilleure appréciation des taux de traitement optimaux et de l'impact de l'hypochlorite de calcium $Ca(ClO)_2$ sur le traitement (voir bécher 1,3 et 5). Le tableau 23 décrit verticalement l'ordre des réactifs introduit dans des béchers

Tableau 23 : Ordre et doses d'injection des réactifs pour le septième essai

Bécher n°1			**Bécher n°2**			**Bécher n°3**		
H_2SO_4 (1N)	5	mL .L^{-1}	H_2SO_4 (1N)	5	mL .L^{-1}	H_2SO_4 (1N)	5	mL .L^{-1}
Al_2SO_4	165	mg.L^{-1}	Al_2SO_4	165	mg.L^{-1}	Al_2SO_4	165	mg.L^{-1}
Décolor 45	0,024	mg.L^{-1}	Décolor 45	0,024	mg.L^{-1}	$Ca(OH)_2$	6	mg.L^{-1}
$Ca(OH)_2$	12	mg.L^{-1}	$Ca(OH)_2$	12	mg.L^{-1}	Décolor 45	0,024	mg.L^{-1}
$Ca(ClO)_2$	13	mg.L^{-1}				$Ca(ClO)_2$	13	mg.L^{-1}
Bécher n°4			**Bécher n°5**			**Bécher n°6**		
H_2SO_4 (1N)	5	mL .L^{-1}	H_2SO_4 (1N)	5	mL .L^{-1}	H_2SO_4 (1N)	5	mL .L^{-1}
Al_2SO_4	165	mg.L^{-1}	Al_2SO_4	165	mg.L^{-1}	Al_2SO_4	165	mg.L^{-1}
$Ca(OH)_2$	6	mg.L^{-1}	Décolor 45	0,012	mg.L^{-1}	Décolor 45	0,012	mg.L^{-1}
Décolor 45	0,024	mg.L^{-1}	$Ca(OH)_2$	12	mg.L^{-1}	$Ca(OH)_2$	12	mg.L^{-1}
			$Ca(ClO)_2$	13	mg.L^{-1}			

Après un temps de décantation, des analyses et classement de l'eau traitée selon la turbidité ont été effectués. Le tableau 24 montre les résultats de cet essai.

Tableau 24 : Résultats du septième essai

Bécher n°	***ph***	***Conductivité ($\mu S.cm^{-1}$)***	***Turbidité (NTU)***	***Minéralisation ($mg.L^{-1}$)***	***Couleur ROUILLE***	***Odeur***	***Classement***
1	7,18	1170	8,32	1083,42	+	inodore	2ème
2	7,15	1160	10,1	1074,16	++	inodore	3ème
3	7,11	1160	12	1074,16	+++	inodore	6ème
4	7,06	1150	10,6	1064,9	+++	inodore	5ème
5	7,10	1160	10,2	1074,16	+++	inodore	4ème
6	7,8	1140	7	1055,64	+	inodore	1er

Les turbidités des eaux dans les béchers 1et 6 sont minimales et de même ordre de grandeur.

On a choisi comme taux optimaux de traitement ceux du 6ème bécher car :

- l'eau a une turbidité plus petite que celle du 1er bécher
- on a moins de dépense que celle du 1er bécher qui utilise 5 sortes de réactifs c'est-à-dire un produit supplémentaire tel que le $Ca(ClO)_2$

Photo 17: Eau coagulée et floculée du septième essai

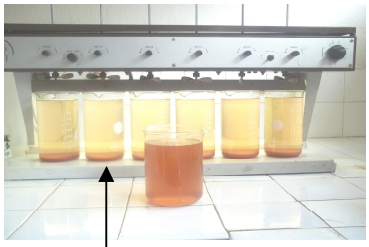

Photo 18: Eau pendant la décantation du septième essai

Photo 19: Eau décantée du septième essai

IV.3-Taux optimaux :

D'après les essais précédents, les taux optimaux de traitement des eaux usées prélevées le 18 / 05 / 16 sont donnés dans le tableau 25. L'utilisation de l'hypochlorite de calcium $Ca(ClO)_2$n'est plus nécessaire pour minimiser les dépenses.

Tableau 25 : Taux optimaux des réactifs de traitement

REACTIF	TAUX	UNITE
H_2SO_4 (1N)	5	mL $.L^{-1}$
Al_2SO_4	165	$mg.L^{-1}$
Décolor 45	0,012	$mg.L^{-1}$
$Ca(OH)_2$	12	$mg.L^{-1}$

Le traitement sur ouvrage se déroule comme suit :

- dans le bassin d'acidification, on devrait injecter 5 mL d'acide sulfurique (1N) par 1 litre d'eau usée
- les autres produits sont introduits dans différents lieux selon le schéma 3.

L'ordre d'ajout de ces réactifs se fait comme ceci :

- Une fois que l'eau pompée du bassin d'acidification est arrivée, elle va être versée de sulfate d'alumine de 165 g par $1m^3$ d'eau usée
- Puis 0,012 mg de décolor 45 par litre d'eau usée va être ajouté
- Enfin, on finalise par l'introduction de 12g de chaux par 1 m^3 d'eau usée
- On n'utilise pas d'hypochlorite de calcium

L'eau décantée est analysée pour évaluer sa conformité aux normes de rejet dans le tableau 26.

Tableau 26 : Caractéristiques de l'eau décantée après optimisation des taux de traitement

PARAMETRES	UNITE	EAU DECANTEE	NORMES
Odeur	-	Inodore	Inodore
Couleur	échelle Pt/Co	Légèrement colorée	20
Turbidité	NTU	7	25
MES	$mg.L^{-1}$	50	60
pH	Sans unité	7,8	6,0 - 9,0
Conductivité	$\mu S.cm^{-1}$	1140	200
Température	°C	-	30
Minéralisation	$mg.L^{-1}$	1056	185,2
DCO	$mg.L^{-1}$	67,2	150

D'après le tableau 26, les paramètres analysés sont conformes aux normes de rejet à part la conductivité, l'eau décantée peut être évacuée dans le cours d'eau. Mais on peut affiner le traitement par filtration.

IV.4- Essai de filtration au laboratoire :

L'eau décantée obtenue par l'application des taux optimaux (septième essai) a été filtrée sur :

-un charbon de 3 cm d'épaisseur

-un sable de grosseur moyen de 3 cm environ d'épaisseur

Les caractéristiques de l'eau décantée et de l'eau filtrée ont été reportées dans le tableau 27.

Tableau 27 : Comparaison des caractéristiques de l'eau décantée et de l'eau filtrée

PARAMETRES	UNITE	EAU DECANTEE	EAU FILTREE	NORMES
Odeur	-	± odorante	± odorante	Inodore
Couleur	échelle Pt/Co	Légèrement colorée	Légèrement colorée	20
Turbidité	NTU	7	6,1	25
MES	$mg.L^{-1}$	50	42	60
pH	Sans unité	7,8	7,4	6,0 - 9,0
conductivité	$\mu s.cm^{-1}$	1140	682	200
Température	°C	-	-	30
Minéralisation	$mg.L^{-1}$	1056	631	185,2
DCO	$mg.L^{-1}$	67,2	55,6	150

➡ On peut en déduire que l'emploie du filtre diminue davantage les valeurs des paramètres caractéristiques de l'eau décantée.

Donc la filtration permet d'améliorer la qualité de l'eau de rejet. Si on augmente l'épaisseur du filtre, la turbidité va encore diminuer.

Le tableau suivant montre le rendement d'épuration lors des différents essais.

Tableau 28 : Caractéristiques des eaux usées brute et traitée et rendement de l'épuration

PARAMETRES	UNITE	EAU NON TRAITEE	EAU FILTREE	RENDEMENT (%)
Odeur	-	Odorante	Inodore	-
Couleur	échelle Pt/Co	Rouille	Rouille très claire	-
Turbidité	NTU	45,5	6,1	86,6
MES	$mg.L^{-1}$	114	42	63
pH	Sans unité	10,46	7,4	23,3
Conductivité	µs/cm	1660	682	59
Température	°C	-	-	-
Minéralisation	$mg.L^{-1}$	1537	631	59
DCO	$mg.L^{-1}$	203,52	55,58	72,7

On voit bien que le traitement a été très efficace surtout en termes de clarification de l'eau usée.

V.Recommandations diverses :

Les recommandations dans les paragraphes suivants ont été proposées pour une meilleure efficacité de traitement des eaux usées.

V.1- Recommandations d'entretien des ouvrages de traitement :

Les installations devraient être aptes à traiter l'effluent industriel dans de bonnes conditions conformément à l'étude de traitabilité préalable au raccordement incluse dans l'étude d'impact.

Au niveau des filtres :

Pour une meilleure efficacité du filtre, les actions suivantes sont proposées :

- renouvellement des masses filtrantes telles que les sables et les gravillons
- régénération ou stérilisation des charbons.
- et l'épaisseur des filtres sont à vérifier selon les dimensions normales c'est-à-dire respectivement supérieures à 60 cm.

Au niveau du décanteur :

- Evacuation quotidienne des boues par purge partielle du décanteur.
- Lavage du décanteur tous les trois mois.

V.2-Recommandations sur la conduite de traitement :

Comme la qualité des eaux usées varie suivant les activités journalières:

- des essais de traitement doivent être effectués pour déterminer les taux optimaux de traitement afin de respecter les normes de rejet.
- Par la suite, les débits d'injection des réactifs doivent être réglés à chaque changement de taux de traitement suivant la formule **Q . t = q . c**
- Pour mener à bien la filtration, il faut respecter :
  - la vitesse de filtration
  - la hauteur de la masse filtrante (60 cm minimum)
  - le moment de lavage dès que le filtre est colmaté
  - le mode de lavage des filtres
- au niveau du décanteur, le suivi de la floculation, de la décantation, du débit de l'eau et du pH, de la turbidité, de la minéralisation, de la conductivité et des MES de l'eau floculée doit être réalisé périodiquement.

V.3. Recommandations pour un meilleur suivi des eaux :

- On devrait aussi adopter des dispositifs d'échantillonnage et de mesure de débit normalisée :
  - sur chaque canalisation de rejet d'effluents, doivent être prévus des points de prélèvement d'échantillons, de mesure de débit et de paramètres à mesure instantanée.
  - ces points doivent être implantés dans une section dont les caractéristiques (rectitude de la conduite à l'amont, qualité des parois, régime d'écoulement, etc.) permettent de réaliser des mesures représentatives de manière à ce que la vitesse n'y soit pas sensiblement ralentie par des seuils ou obstacles situés à l'aval et que l'effluent soit suffisamment homogène.
  - ces points doivent être aménagés de manière à être aisément accessibles et permettre des interventions en toute sécurité, avec des dispositifs normalisés de mesure de débit.
- L'auto surveillance du rejet devrait être obligatoire au niveau de l'effluent industriel avant son entrée dans le bassin de traitement primaire (bassin d'acidification) et après traitement final.

CONCLUSION

La SOMACOU créée en 1960 est une industrie textile se spécialisant dans la production des couvertures de tous genres et de toutes dimensions. Actuellement ses activités s'étendent vers d'autres produits comme les cotons et compresses pharmaceutiques, les fils à coudre et à tricoter, les lingeries de maison et divers tissus de différentes couleurs.

La fabrication des produits nécessite beaucoup d'eau, la majorité des rejets liquides proviennent des bains de la teinturerie caractérisés chacun par un pH et une température bien définie. Ces eaux résiduaires sont traitées de façon routinière et les essais de traitement effectués nous ont permis d'améliorer leur qualité.

Cette étude nous a permis d'épurer les eaux usées sans Hypochlorite de Calcium. Toutefois un ajustement de pH à la zone de bonne coagulation-floculation a été nécessaire pour avoir le taux de sulfate d'alumine optimal, ce qui donne un rejet conforme aux normes avec un taux d'élimination de 86, 59 % pour la turbidité, de 63,15 % pour les MES et de 72,69 % pour la DCO.

En outre, notre stage à la SOMACOU dans le département production, particulièrement au niveau de la teinturerie, et les analyses et essais traitement d'eaux usées au sein du laboratoire de la JIRAMA nous ont été très bénéfiques et nous a permis de s'initier sur le monde professionnel. Cette étude nous a aussi permis de mettre en pratique la connaissance acquis au sein de la formation d'Ingénierie des Sciences et Techniques de l'eau durant les trois années d'études et ce mémoire nous servira de référence en terme de diagnostic du traitement des eaux résiduaires industrielles.

Bibliographie :

[1] Documents de la SOMACOU : description de l'usine
[2] Code de l'eau défini par la loi n° 98-029 du 20-01-99
[3] Protocoles d'analyse du laboratoire de la JIRAMA

Webographie :

- www.mineau.gov.mg
- www.somacou.com
- Détermination de la DCO des effluents : méthode colorimétrique avec le bichromate de potassium, MA. 315 – DCO 1.1. Édition courante (http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA315DCO11.pdf)

ANNEXES

Annexe 1 : Loi n°99021 sur la politique de gestion et de contrôle des pollutions industrielles ; et Droits, devoirs et obligations de l'exploitant

Loi n°99021 sur la politique de gestion et de contrôle des pollutions industrielles :

La présente loi fixe les fondements d'un système légal, coordonné et cohérent, régissant la gestion et le contrôle des pollutions industrielles, en délimite le domaine et les objectifs.

Article 5 - Les substances polluantes, par leur nature et leur degré de concentration, peuvent déséquilibrer le milieu récepteur (air, sol, eaux...) et créer des dangers ou des inconvénients, des troubles de toute nature…

Article 9 - Tout exploitant industriel a l'obligation de sauvegarder l'environnement par une production plus propre et une réduction, valorisation, traitement et élimination de ses déchets.

Article 24 - Il y a pollution du milieu récepteur quand il y a émission de substances provenant de rejets d'installations industrielles qui, par leur nature, leur degré de concentration et leur persistance, déséquilibrent et dégradent le milieu récepteur, créent des inconvénients ou des dangers pour la santé, la sécurité, l'hygiène et la salubrité publiques, altèrent les écosystèmes

aquatiques des sites et des zones humides et provoquent la dégradation des eaux souterraines.

Article 25 - La mise en place d'un système de gestion des effluents liquides d'origine industrielle comporte notamment :

1° une réglementation limitant le rejet, le déversement ou l'écoulement dans le milieu récepteur, le réseau de collecte ou d'assainissement public de substances dont l'action ou les réactions sont susceptibles d'entraîner des effets nuisibles sur la santé humaine, la flore et la faune.

2° un contrôle permanent par les autorités compétentes des effluents liquides provenant d'activités industrielles.

Le contrôle prend en compte des paramètres microbiologiques, physico-chimiques, toxicologiques, radioactifs et éco toxicologiques…

Article 26 - Tout écoulement d'origine industrielle, eaux usées ou effluents liquides, qui ne respecte pas les valeurs limites de rejets ne peut être déversé dans le milieu récepteur, le réseau de collecte ou d'assainissement public qu'après avoir subi un traitement de mise en conformité à ces valeurs limites.

Droits, devoirs et obligations de l'exploitant :

Article 40 -Tout exploitant exerçant une activité industrielle a l'obligation de prendre en compte dans la gestion globale de son entreprise, l'impact environnemental de ses activités sur l'ensemble des milieux avoisinants et d'intégrer ses actions environnementales dans sa stratégie économique.

Article 41 - À cet effet, il doit participer à la protection de l'environnement du milieu dans lequel il vit ou exerce ses activités.

Article 42 - Tout exploitant doit adopter la pratique de l'auto surveillance. A cet effet, il doit progressivement en acquérir, maîtriser et perfectionner la pratique. L'auto surveillance est gérée par l'exploitant lui-même sous le contrôle de la puissance publique.

Annexe 2 : Méthode d'analyse des paramètres physico-chimique des eaux

Mesure de la turbidité :

-verser l'eau à analyser jusqu'au trait du flacon,

-essuyer le flacon avant de le mettre dans l'appareil,

- brancher et d'allumer l'appareil,

-appuyer sur RANG puis sur READ

-et lire directement sur l'écran la valeur de la turbidité de l'eau en **NTU**

Mesure des MES :

-peser un papier filtre et prendre note comme $\mathbf{m_1}$ la masse vide

-faire passer l'eau de volume **v (**en **litre)** sur le papier filtrant

-sécher le papier et peser. Noter $\mathbf{m_2}$ la masse obtenue

-enfin calculer les MES par la relation :

-et lire directement sur l'écran la valeur de la turbidité de l'eau en **NTU**

$$MES\ (mg.L^{-1}) = (m_2 - m_1) / v$$

Mesure de la DCO :

-prendre 10mL d'échantillon, 1 pincée de H_2SO_4, 5mL de $K_2Cr_2O_7$et 15mL de Ag_2SO_4

-les mélanger puis chauffer à reflux pendant 2h

-refroidir et ajuster à environ 75mL avec de l'eau distillée

-ajouter 2 gouttes de ferroïne

-titrer avec le sel de Mohr. (0, 12N)

-noter $\mathbf{v}_1$ le volume initial de sel de Mohr et $\mathbf{v}_2$ le volume après virage de couleur en rouge.

-calculer le DCO par la relation :

$$DCO\ (mg.L^{-1}) = (v_1 - v_2) / 96$$

Annexe 3 : Mode opératoire des essais de coagulation- floculation (JAR-TEST)

-prélever l'eau usée dans un bidon 5 litres (L). Noter ses caractéristiques

-mesurer sa turbidité, son ph

-remplir les béchers à un volume de 1 L d'eau usée non traitée

-brancher le floculateur

-à l'aide des pipettes, introduire dans chaque bécher des quantités croissantes de réactif proposé tandis que les autres réactifs restent constants

- placer les béchers sous le floculateur et abaisser les hélices dans l'eau

-effectuer une agitation rapide de 100 $tr.mn^{-1}$ pendant 2mn, puis une agitation lente à 40 $tr.mn^{-1}$ pendant 20mn .noter le temps d'apparition des premiers flocs

-après 15mn d'agitation lente, on évaluera la qualité de la floculation (aspect des flocs)

-laisser décanter 10 à 15 mn. Noter la vitesse et la cohésion des boues

-siphonner la moitié de la hauteur d'eau de chacun des béchers

-contrôler le pH, la turbidité, la conductivité, la minéralisation, la matière en suspension (MES), le DCO et les MO des eaux siphonnées

-noter chaque bécher selon la qualité de la floculation et les paramètres obtenues.

- Le taux optimal correspond à celui qui donne un bon résultat de clarification i.e. une turbidité minimale.

Résumé :

L'inefficacité du traitement des eaux usées industrielles est à l'origine du non-respect des normes de rejet liquide et de la dégradation du milieu récepteur. D'où notre contribution à l'amélioration du traitement d'eau résiduaire de l'industrie textile SOMACOU. La décoloration totale par l'hypochlorite de calcium et la coagulation-floculation ontété étudiées et évaluées. La première nuisible au milieu physique nécessite une dépense supplémentaire de 2 721 000 Ar par mois, la secondemoins coûteuse exige des essais de traitement en cas de changement de la qualité des eaux usées brutes et rend l'eau usée conforme aux normes. Des recommandations d'entretien des filtres et décanteur ont été émises pour assurer une meilleure clarification des eaux usées.

Mots clés *:* eau usée industrielle-normes de rejets-essais de traitement-entretien ouvrage

Abstract :

The inefficiency of the treatment of the industrial worn-out waters is at the origin of the failure to respect of the norms of liquid dismissal and the deterioration of the receiving environment. From where our contribution to the improvement of residuary water's treatment of the industry textile SOMACOU. The total fading by the hypochlorite of calcium and the coagulation-flocculation has been studied and estimated. The harmful first to the physical environment requires a supplementary expense of 2 721 000 Ar per month, the less expensive second requires tests of treatment in case of change of the quality of the raw worn-out waters and returns water used in conformity with the norms. The maintenance recommendations of the filters and decanter have been given out to assure a better clarification of the worn-out waters

Keywords: water worn-out industrial, norms of dismissal, fading, coagulation-flocculation, maintenance of the works.

Encadrante :

Madame RABETOKOTANY Monique, enseignante à la formation ISTE

Impétrantes:

HIAJARIVOLA

Landrisoa Mélanie

landrisoamelanie@gmail.com

034 60 843 20

RASELISON

Hasina Meva Harilanto

raselsonmev@gmail.com

033 83 505 33

Nombre de pages: 50 Nombre de photos: 19

Nombre de figures: 3 Nombre de tableaux : 28