

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**Ecole Nationale Polytechnique**



**Département de Génie Chimique**

**Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en Génie Chimique**

**Présenté par**

**BENAMMAR Samir**

**Ingénieur d'Etat en Génie Chimique de l'Ecole Nationale Polytechnique**

**Thème :**

*Quantification et prévention de la pollution engendrée  
par une activité industrielle de la zone Rouiba-Réghaïa*

Composition du jury :

**Mr A. SELATNIA**, *Professeur (ENP)*

**Mme F. SOUABI**, *Professeur (ENP)*

**Mme A. MEFTI**, *Maître de Conférences (ENP)*

**Mme F. MOHELLEBI**, *Maître de Conférences (ENP)*

**Mr M. NAKIB**, *Maître Assistant (ENP)*

**Président**

**Directrice du Mémoire**

**Examinatrice**

**Examinatrice**

**Invité**

**Année universitaire 2009-2010**

# *Dédicaces*

*Je dédie le fruit de mes années d'études à :*

*La mémoire de ma grand-mère.*

*Mes chers parents que je remercie énormément pour leurs soutiens, sacrifices et encouragements durant ces années. Que Dieu les Garde.*

*Mes chères sœurs : Amel, Maya, Rym et Sarah.*

*Mes cousins et cousines ainsi que toute ma famille.*

*Mes très chers amis.*

*Toute la promotion de Génie Chimique.*

*Tous ceux qui me connaissent.*

*Samir*

# Remerciements

*Je remercie DIEU Tout Puissant de m'Avoir donné la santé, le courage et la force pour accomplir ce travail.*

*Je tiens à adresser mes remerciements à :*

*Madame SOUAFI de m'avoir encadré, aidé et appris le sens de la responsabilité et du travail toujours bien fait et surtout pour les connaissances qu'elle m'a inculquées durant toute la période de ma formation.*

*Monsieur NAKIB qui m'a aidé et fourni de précieux conseils et orientations tout au long de ce travail.*

*Madame OUËLD CHEIKH, Monsieur OUMENSOUR ainsi que L'ensemble de l'équipe du laboratoire du Département de l'Environnement du Centre de Recherche et Développement (CRD) de Boumerdès pour leurs conseils, aides et précisions.*

*Les différents membres du Jury d'avoir accepté de juger mon travail.*

*Tous les enseignants du Département de Génie Chimique.*

*Tous ceux, de près ou de loin, qui ont aidé dans la réalisation de ce travail.*

**ملخص " الدراسة الكمية والوقاية من التلوث الناتج عن نشاط صناعي في المنطقة الصناعية رويبة -- الرغبة "**

خصائص مياه الصرف الناتجة من الصناعات الغذائية هي متنوعة مثل تكوين المنتجات المصنعة، والتوصيف الصحيح لهذه المياه أمر ضروري لاختيار عمليات المعالجة من أجل تحويلها إلى صيغة تسمح إما بتميتها او معالجتها. دراستنا تركز على النشاط الصناعي لانتاج وحدة من عصير الفاكهة " ellevuoN Conserverie Algérienne " التي

الهدف من هذا العمل هو تحديد خصائص التلوث بالتقييم النوعي و الكمي . سمحت لنا النتائج لاقتراح بعض الحلول لتحسين البيئة.

**الكلمات الأساسية :** الصناعات الغذائية - التلوث - النفايات السائلة - العلاج - عصير الفواكه.

## **Résumé : " Quantification et prévention de la pollution d'une activité industrielle de la zone Rouiba-Réghaia "**

Les caractéristiques des eaux résiduaires d'industries agro-alimentaires sont aussi variées que la composition même des produits fabriqués. Une bonne caractérisation de ces eaux est nécessaire pour le choix des procédés de traitements dans le but de les transformer en une forme qui leur permet par la suite d'être soit valorisés soit traités. Notre étude s'est intéressée à l'activité industrielle de l'unité de production de jus de fruit « Nouvelle Conserverie Algérienne » localisée dans la zone industrielle Rouiba - Réghaïa. L'objectif visé par ce travail est la caractérisation par une étude quantitative et qualitative des éléments polluants. Les résultats obtenus ont permis de proposer des recommandations pour un meilleur environnement.

**Mots - clés :** Industrie agro-alimentaire – Pollution – Rejet liquide – Traitement – Jus de fruit.

## **Abstract " Quantification and prevention of pollution from an industrial area Rouiba-Réghaia"**

Characteristics of wastewater from food industries are as varied as the very large composition of the manufactured products, a good characterization of these waters is necessary for the selection of treatment processes in order to transform them into a form that allows for result to be either recovered or treated.

Our study focused on the industrial activity of the fruit juice production unit "Nouvelle Conserverie Algérienne» located in the industrial area of Rouiba - Réghaïa.

The target of this work is the characterization by quantitative and qualitative study of pollutants. The results are achieved allowed us to propose recommendations for a better environment.

**Key word:** Food industry – Pollution – Liquid waste – Treatment – juice

# *Sommaire*

## **Introduction générale**

<b>I. Les eaux résiduaires industrielles.....</b>	<b>1</b>
I.1. Caractérisation des eaux résiduaires industrielles.....	1
I.1.1. Différents types de rejets industriels .....	1
I.1.2. Nocivité et effets de la pollution sur les milieux naturels.....	2
I.2. Inventaire de la pollution .....	8
I.3. Mesure et contrôle de la pollution industrielle.....	12
I.3.1 Prélèvement, échantillonnage.....	13
I.3.2. Mesures des débits des eaux résiduaires industrielles.....	13
I.3.3 Paramètres de la pollution.....	14
<b>II. Les eaux résiduaires des industries agro-alimentaires.....</b>	<b>17</b>
II.1.Eaux résiduaires de différentes industries alimentaires.....	17
II.1.1.Sucreries.....	21
II.1.2.Laiteries.....	22
II.1.3.Industries des boissons non alcoolisées.....	24
<b>III. La prévention de la pollution.....</b>	<b>26</b>
III.1. Intérêt d'une gestion globale de l'eau.....	26
III.1.1. Réduction et maîtrise des coûts.....	26
III.1.2. Respect des contraintes environnementales.....	27
III.1.3. Fiabilité de l'épuration .....	28
III.1.4. Actions sur la production.....	29
III.1.5. Amélioration de l'image de marque.....	29
III.2. Les usages de l'eau dans les IAA .....	29
III.3. Caractéristiques des effluents des IAA.....	30
III.3.1 Composition des effluents.....	30
III.3.2 Caractéristiques physiques.....	31
III.3.3 Critères d'évaluation de la pollution.....	31
III.3.4 Consommations spécifiques et ratios de pollution.....	32
III.4. Audit préliminaire.....	33
III.5. Mise en place d'indicateurs.....	35

III.5.1 Mesures des rejets.....	35
III.5.2 Mesures des consommations d'eau.....	36
III.5.3 Indicateurs de performances sur les points prioritaires.....	37
III.6. Connaissance des réseaux d'évacuation d'eau.....	37
III.6.1 Conception des réseaux.....	38
III.6.2 Installation de filtres sur les réseaux d'évacuation.....	38
III.7. Optimisation des circuits d'eaux propres.....	38
III.8. Production plus sobre.....	40
III.8.1 Définition d'une technologie propre.....	40
III.8.2 Optimisation des procédés existants.....	40
III.8.3 Modifications des procédés.....	42
III.8.4 Remplacement des procédés.Changement de logique de production.....	42
III.9. Optimisation des nettoyages.....	44
III.9.1 Conception des installations.....	44
III.9.2 Nettoyage des sols et des matériels.....	45
III.9.3 Nettoyage des canalisations.....	47
III.10. Prévention des pollutions accidentelles.....	48
III.10.1 Stockages.....	48
III.10.2 Manipulations.....	49
III.10.3 Contrôles et dérivations des pollutions accidentelles.....	50
III.11.Traitements ultérieurs.....	51
<b>IV. Présentation d'une industrie agro-alimentaire (la Nouvelle Conserverie Algérienne).....</b>	<b>52</b>
IV.1.Historique.....	52
IV.2.Unité de tétra.....	53
IV.2.1.Siroperie.....	53
IV.2.2.Process.....	53
IV.2.3.Conditionnement.....	54
IV.3.Les utilités.....	56
IV.3.1.La chaudière.....	56
IV.3.2.Le groupe de refroidissement.....	56
IV.3.3.La station de traitement des eaux de process.....	58
IV.4.Procédé de nettoyage.....	61

IV.4.1.La station NEP ALCIP 10.....	61
IV.4.2.La station NEP Adoue.....	63
IV.4.3.Nettoyage des pasteurisateurs.....	64
IV.5.Procédés de stérilisation.....	65
<b>V. Analyse des effluents suivants leurs origines.....</b>	<b>66</b>
V.1 Recensement et localisation des points de prélèvement des échantillons.....	66
V.2. Prélèvement et conservation des échantillons d'eau rejetée.....	68
V.2.1. Principe de base des prélèvements.....	68
V.2.2. Méthodes d'échantillonnage.....	68
V.2.3. Conservation. Transport et stockage des échantillons.....	69
V.3. Les différents paramètres de pollution étudiés.....	72
V.3.1.Les paramètres mesurés au niveau de l'unité .....	72
V.3.2.Les paramètres mesurés au niveau du laboratoire.....	73
V.4.Analyses, résultats, discussions et recommandations.....	75
V.4.1.Interprétation des résultats d'analyses.....	77
V.5.Recommandations .....	87

## **Conclusion générale**

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **Annexes**

# *Liste des figures*

Fig I.1. Dimensions des particules.....	4
Fig I.2. Evolution des matières organiques dans une eau usée.....	5
Fig I.3. Courbe d'oxygénation en sac.....	6
Fig IV.1. Schéma des différentes installations de NCA.....	55
Fig IV.2. Schéma des chaudières de NCA.....	56
Fig IV.3. Les inconvénients dus aux tartres.....	57
Fig IV.4. Les inconvénients dus à la corrosion.....	58
Fig IV.5. L'adoucissement par les résines échangeuses d'ions.....	59
Fig IV.6. Les deux méthodes de régénération.....	60
Fig V.1. Schéma des différentes origines des eaux usées.....	67
Fig V.2. Température des rejets lors des différents prélèvements.....	77
Fig V.3. pH des rejets lors des différents prélèvements.....	78
Fig V.4. DBO <sub>5</sub> des rejets lors des différents prélèvements.....	79
Fig V.5. DCO des rejets lors des différents prélèvements.....	80
Fig V.6. Nitrates des rejets lors des différents prélèvements.....	81
Fig V.7. l'azote kjeldahl des rejets lors des différents prélèvements.....	82
Fig V.8. Phosphore Total des rejets lors des différents prélèvements.....	82
Fig V.9. MES des rejets lors des différents prélèvements.....	83
Fig V.10. Les huiles et graisses des rejets lors des différents prélèvements.....	84
Fig V.11. Chlorures des rejets lors des différents prélèvements.....	85



# *Liste des tableaux*

Tableau I.1. Classification des ERI par grande branche industrielle avec mise en évidence de l'origine et des caractéristiques principales des rejets.....	9
Tableau I.2. Classification des eaux résiduaires industrielles.....	11
Tableau I.3. Classement en fonction de la possibilité de traitements spécifiques.....	11
Tableau I.4. Classification des ERI selon leur aptitude à être épurées par voie physico-chimique et/ou biologique.....	12
Tableaux II.1. Eaux résiduaires de différentes industries alimentaires.....	19
Tableau II.2. Volume et caractéristiques des eaux résiduaires de différentes industries alimentaires.....	20
Tableau II.3. Volume d'eaux résiduaires d'une fabrique de sucre de betteraves (pour 1t de betterave).....	21
Tableaux II.4. Composition des eaux résiduaires de la fabrication du sucre de betteraves...	21
Tableau II.5. Volume et composition des eaux résiduaires de sucreries de cannes.....	22
Tableau II.6. Volume et composition des effluents des laiteries.....	23
Tableau II.7. Composition des eaux résiduaires du nettoyage des bouteilles pour différentes boissons.....	24
Tableau III.1. Consommations spécifiques et ratios de pollution par activité.....	33
Tableau IV.1 : Description des différentes séquences de nettoyage de la station NEP ALCIP 10.....	62
Tableau IV.2 : description de deux séquences de nettoyage de la station NEP Adoue.....	64
Tableau IV.3 : Nettoyage des pasteurisateurs.....	64
Tableau IV.4 : Procédés de stérilisation.....	65
Tableau V.1 : conditionnement pour l'analyse des indicateurs de pollution organique...	70
Tableau V.2 : Résultats d'analyses des échantillons effectués dans le collecteur principal...	76
Tableau V.3. Station NEP (Nettoyage de la conditionneuse TBA19B).....	86
Tableau V.4. Station NEP (Nettoyage du pasteurisateur 5500) lors de la phase 258.....	86

Tableau V.5.Station NEP (Nettoyage pasteurisateur5500) lors de la phase 295.....	86
Tableau V.6. Stérilisation du pasteurisateur5500.....	86

# *Liste des abréviations*

<b>ERI</b>	Eaux Résiduaires Industrielles
<b>NCA</b>	Nouvelle Conserverie Algérienne
<b>TBA</b>	Tetra Brick Aseptique
<b>UFP</b>	Unité Finale de Pliage
<b>°F</b>	Degré Français (1 °F = 10 ppm de CaCO <sub>3</sub> )
<b>TA</b>	Titre Alcalimétrique
<b>TAC</b>	Titre Alcalimétrique Complet
<b>TH</b>	Titre Hydrométrique
<b>MES</b>	Matières en suspension
<b>NEP</b>	Nettoyage En Place
<b>DBO5</b>	Demande biochimique en oxygène (incubation pendant 5 jours)
<b>DCO</b>	Demande chimique en oxygène
<b>DCO/DBO</b>	Rapport de biodégradabilité
<b>NTK</b>	Azote total Kjeldahl
<b>DTO</b>	Demande totale en oxygène
<b>MO</b>	les Matières Oxydables
<b>COT</b>	Carbone Organique Total
<b>ERU</b>	Eaux Résiduaires Urbaines
<b>PCB</b>	polychlorobiphényles
<b>IAA</b>	Industries agro-alimentaires



*INTRODUCTION*

*GENERALE*



# Introduction générale

Un milieu aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantités trop importantes soit de substances plus ou moins toxiques, d'origine naturelle ou issues d'activités humaines, soit encore d'eaux trop chaudes. Ces pollutions peuvent entraîner divers types de nuisances : augmenter la mortalité de certaines espèces animales ou végétales jusqu'à parfois les faire disparaître, altérer leurs capacités physiologiques, détériorer la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à certains usages, comme l'alimentation humaine.

Tous les polluants ne présentent pas les mêmes risques pour les écosystèmes. Certains notamment sont biodégradables. Riche en espèces animales et végétales et en micro-organismes, un écosystème est naturellement capable de transformer et d'éliminer, en partie ou en totalité, les substances biodégradables qu'il reçoit et d'assurer ainsi le maintien de son équilibre et de la qualité de ses eaux.

Mais si l'abondance de ces substances dépasse un seuil critique, ses capacités d'auto-épuration ne suffisent plus : l'agent polluant ne peut plus être éliminé assez rapidement ; Il s'accumule, rompant progressivement l'équilibre dynamique naturel du milieu aquatique, et peut même devenir toxique. On dit alors qu'il y a pollution.

Préoccupés par ces problèmes de pollution, et dans un souci de protéger notre environnement, nous nous sommes intéressés à un secteur d'activité agroalimentaire par une étude quantitative et qualitative de la pollution engendrée par une grande consommation d'eau et de produits chimiques conduisant à des quantités importantes de rejets nocives pour l'homme et l'environnement.

L'activité industrielle concernée par notre travail est l'unité NCA de production de jus de fruit (Nouvelle Conserverie Algérienne) localisée dans la zone industrielle Rouiba – Réghaïa.

Nous avons commencé par recenser les différentes sources pouvant contribuer à la pollution et ceci par une étude-diagnostique de toutes les étapes du processus de fabrication de jus. Puis, nous avons caractérisé et quantifié les différents paramètres polluants.

Les résultats obtenus à partir de cette évaluation qualitative et quantitative ont permis de proposer des solutions pour réduire la pollution engendrée au niveau de cette unité et protéger notre milieu naturel.

Le manuscrit comporte plusieurs chapitres :

Le chapitre 1 est consacré à la présentation des eaux résiduaires industrielles, leurs caractérisations et leurs effets sur l'environnement.

Dans le chapitre 2, nous parlons des différentes eaux résiduaires issues des industries agroalimentaires.

Le chapitre 3 expose des méthodes de prévention de la pollution qui consistent à réduire au maximum la quantité de déchets issue des procédés de fabrication.

Le chapitre 4 est organisé en plusieurs parties : la première partie décrit d'une façon détaillée l'unité étudiée. Dans la deuxième partie, nous nous sommes intéressés au bilan quantitatif et qualitatif de la consommation d'eau et des matières premières. La dernière partie aborde le diagnostic effectué et ayant pour but de préciser les éléments nécessaires à une bonne connaissance des paramètres polluants et à la localisation de leurs sources au niveau de l'usine NCA.

Au chapitre 5, après avoir donné les méthodes d'échantillonnage et de conservation des prélèvements, deux parties sont développées : dans la première partie, nous trouvons les différentes analyses effectuées pour caractériser et évaluer les paramètres polluants, suivie d'interprétations et discussions des résultats obtenus. Dans la seconde partie, nous proposons des recommandations pour le traitement de ces rejets avant leur évacuation dans le réseau des eaux usées domestiques destinées à la station d'épuration de Réghaïa.



# *CHAPITRE I*



L'eau réunit un ensemble exceptionnel de propriétés physiques et chimiques ; elle peut devenir solvant, fluide thermique ou simplement liquide facile à manipuler. Ces propriétés expliquent pourquoi l'eau est impliquée dans toutes les grandes activités industrielles ; les usines utilisent l'eau de manière répétée au cours des stades successifs de la chaîne de fabrication.

Pour la plupart des techniques et opérations de fabrication, l'eau entre en contact avec des matières premières minérales ou organiques. Elle les dissout partiellement, voire totalement ou les entraîne à l'état de suspensions colloïdales.

Utiliser l'eau, c'est pratiquement accepter de la polluer. En effet, toute activité industrielle engendre des rejets polluants qui renferment tous les sous-produits et les pertes de matières premières qui n'ont pu être récupérées ni recyclées. [1]

## **I.1. Caractérisation des eaux résiduaires industrielles**

### **I.1.1. Différents types de rejets industriels [1 à 5]**

D'une façon générale, ces eaux résiduaires industrielles se différencient, en fonction de l'utilisation de l'eau dans l'usine, en différentes catégories.

#### **a) Eaux des circuits de refroidissement**

Abondantes et généralement pas polluées, car elles ne sont pas en contact avec les produits fabriqués, elles peuvent être recyclées.

Plus délicat est le problème posé par le rejet des purges des circuits d'eau de réfrigération, souvent très minéralisées.

On retrouve ainsi, dans les rejets, aussi bien des produits destinés à lutter contre le tartre et la corrosion des installations (inhibiteurs de corrosion : orthophosphates, polyphosphates, molybdates... ; antitartres organiques : polyacrylates, polymaléates, phosphonates plus ou moins complexes ; dispersants des particules en suspension ; produits désinfectants de synthèse : carbamates, le plus souvent de l'eau de javel).

#### **b) Eaux de lavage des sols et machines**

Au contraire des rejets précédents, la qualité et le débit des eaux de lavage sont très variables. Ces eaux sont chargées de produits divers : matières premières, hydrocarbures et huiles de machines, produits détergents. La production et le degré de pollution de ces effluents résiduaires sont souvent importants à la fin de la période de travail et au cours des nettoyages de fin de semaine.



Il ne faut pas oublier que certains de ces rejets sont occasionnels, et peuvent correspondre, par exemple, à des fuites accidentelles de produits lors de leur manutention ou de leur stockage.

### **c) Eaux de fabrication**

La nature de ces eaux est très variable d'une industrie à l'autre ; la plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des solides, des liquides.

C'est dans l'industrie alimentaire, l'industrie chimique, celle des pâtes et papiers, ainsi que dans certaines branches de l'industrie textile qu'on trouve l'essentiel de la pollution organique dissoute, qui peut avoir un caractère plus ou moins biodégradable et un degré de pollution plus ou moins important.

En outre, certaines eaux de fabrication contiennent des produits toxiques dont la présence peut masquer la valeur réelle de la pollution biodégradable.

Il est souvent judicieux et conseillé d'assurer à la source la séparation de certains rejets concentrés en polluants soit en vue d'un traitement spécifique permettant éventuellement leur récupération, soit en vue de leur collecte dans un bassin de stockage pour être réinjecté ultérieurement à débit pondéré dans le circuit de traitement.

C'est le cas par exemple :

- des bains de décapages et galvanoplastie, des bains de soude usée, des eaux ammoniacales de cokerie
- des condensats de papeterie
- des rejets toxiques concentrés, en général, des industries de traitement de surface, de chimie ou d'automobiles.

### **d) Rejets des services généraux**

Ce sont essentiellement les eaux usées domestiques de l'usine qui présentent des caractéristiques particulières et sont biodégradables.

La présence de chasses automatiques peut entraîner une dilution assez forte ; en revanche, il faut noter des pointes très accentuées, dues aux rejets des cuisines et cantines, généralement très chargés en graisses et débris très hétérogènes, produits au moment des repas.

Il faut prendre en compte, également, dans les différents effluents de services généraux :

- les eaux de chaufferie (purge de chaudière, éluat de régénération) ;
- les boues du traitement des eaux d'appoint et les purges d'eaux de réfrigération.

### **1.1.2. Nocivité et effets de la pollution sur les milieux naturels [1,6 à 16]**

Nous rappellerons tout d'abord que polluer l'eau d'une réserve superficielle ou profonde, c'est modifier ses caractéristiques (physico- chimiques et biologiques) en y rejetant certaines

substances soit à l'état insoluble (matières en suspension, en particulier), soit à l'état dissous susceptible :

- de perturber, à plus ou moins brève échéance, l'équilibre biologique du milieu en rendant toute vie animale et végétale aléatoire ;
- de rendre l'eau impropre à toute réutilisation ultérieure (production d'eau destinée à la consommation humaine, à l'usage industriel...).

L'activité industrielle génère des polluants divers susceptibles de créer des nuisances importantes.

On peut considérer d'une manière générale, que les eaux résiduaires industrielles (ERI) sont des mélanges hétérogènes comprenant :

- des matières à caractère minéral ou organique qui sont entraînées par le courant liquide sous forme de composés insolubles : particules solides en suspension à l'état grossier, finement dispersé ou colloïdal et substances liquides à l'état dispersé ou émulsions (graisses, huiles, goudrons, hydrocarbures) ;
- et, en proportion plus ou moins grande, des composés en dissolution dans l'eau (pollution soluble).

On peut classer qualitativement la pollution en plusieurs catégories, en fonction de sa nature, sa nocivité et des effets néfastes des rejets sur le milieu naturel.

#### **a) Pollution insoluble (avec une phase polluante solide ou liquide voire mixte)**

- **La pollution particulaire** est constituée par des matières en suspension, grossières décantables, finement dispersées ou à l'état colloïdal, dont les dimensions sont indiquées sur la figure I.1.

La pollution particulaire sera à l'origine :

- de nuisances esthétiques et de dépôts et envasements nuisibles à la navigation, en favorisant les inondations
- du colmatage éventuel des voies respiratoires des poissons entraînant leur mortalité
- et enfin et surtout de l'augmentation de la turbidité de l'eau, gênant ainsi la pénétration des rayonnements lumineux, c'est-à-dire le phénomène de photosynthèse.

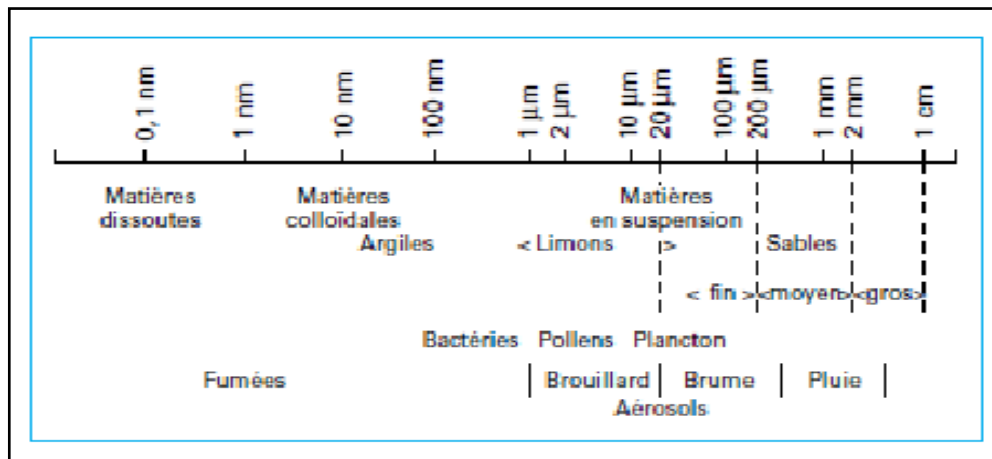


Figure I.1. Dimensions des particules.

- **La pollution par une phase liquide insoluble** (huiles, graisses, hydrocarbures), surnageant à la surface de l'eau, aura essentiellement pour conséquence une diminution des transferts d'oxygène atmosphérique avec une incidence notable sur la qualité biologique de l'eau superficielle définie en réalité par la quantité d'oxygène qu'elle contient.

#### b) Pollution toxique

La toxicité peut être générée par de nombreuses substances chimiques présentes dans l'eau à très faible concentration.

Pour être dangereux, ces micropolluants requièrent trois caractères indispensables :

- la toxicité ;
  - la bioaccumulation dont les facteurs de concentration peuvent atteindre plusieurs dizaines de milliers ;
  - la rémanence, afin que ces molécules ne soient pas détruites ni rejetées par l'organisme.
- Les produits toxiques sont nombreux. Ils peuvent avoir un caractère minéral :
- métaux lourds toxiques : mercure, cadmium, nickel, cuivre, zinc, chrome, etc.
  - cyanures, arsenic, sulfures, etc.
  - produits présentant une acidité ou une basicité élevée.

Ils peuvent avoir aussi un caractère organique : produits phytosanitaires, pesticides, hydrocarbures polycycliques aromatiques, composés phénolés, solvants chlorés, etc.

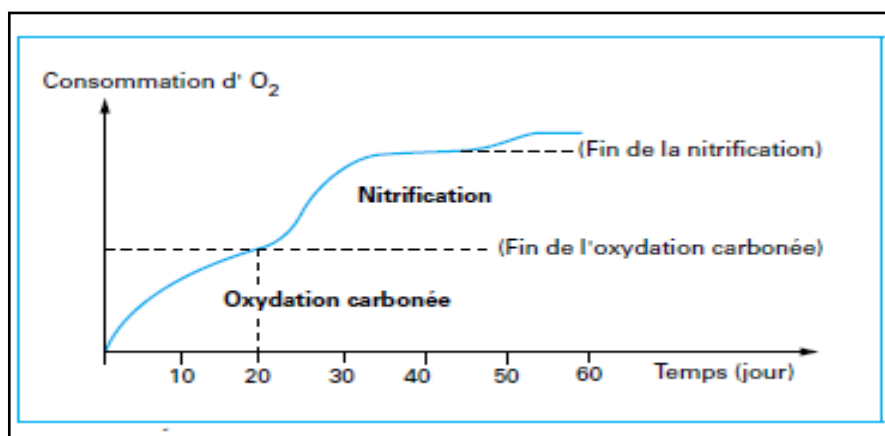
Certaines substances présentent une toxicité aiguë, c'est le cas en particulier des cyanures et des chromates à l'origine d'une mortalité très rapide des êtres vivants, d'autres sont toxiques à long terme avec des effets néfastes qui apparaissent progressivement avec le temps (troubles de la reproduction, du système nerveux et du métabolisme).

Ce type de pollution reste très difficile à appréhender. Il est lié à la nature des molécules organiques concernées en l'occurrence essentiellement les organohalogénés de l'industrie chimique qui possèdent des effets d'accumulation et de toxicité différés.

### c) Pollution organique

Bon nombre de rejets industriels, en particulier, ceux issus de l'industrie agroalimentaire, renferment des matières organiques non toxiques par elles-mêmes, mais dont la dégradation par voie bactérienne consommera l'oxygène dissous dans le cours d'eau en entraînant la mort des poissons par asphyxie.

Il faut considérer qu'une eau de surface polluée par des matières organiques arrive à la suite de transformations physiques, chimiques et biologiques à se débarrasser spontanément des éléments nocifs qu'elle contient. C'est le phénomène de l'autoépuration qui parvient à préserver le milieu tant que la pollution demeure en dessous d'un seuil critique.



**Figure I.2.** Evolution des matières organiques dans une eau usée

La destruction des matières organiques se traduit généralement par une minéralisation donnant naissance à des produits oxygénés tels que H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> ou NO<sub>3</sub>. Elle sera sous la dépendance de nombreux facteurs, tels que la richesse du milieu en oxygène et la température, qui règlent la multiplication et l'activité microbiennes.

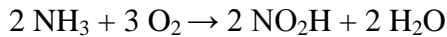
L'évolution des matières organiques, dans une eau usée, s'effectue schématiquement en deux phases, du point de vue de la consommation d'oxygène (figure I.2).

La première phase correspond à la demande première en oxygène. Les composés carbonés sont détruits les premiers. À 20 °C, cette évolution s'achève en trois semaines environ, mais lorsque la température augmente, ces composés carbonés seront détruit plus rapidement par exemple (4 semaines à 10 °C, 3 semaines à 20 °C, 1 semaine à 30 °C).

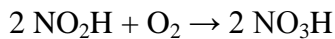
La deuxième phase, correspond à la minéralisation de l'azote organique, qui ne peut évidemment être effectuée que lorsque la dégradation des protéines est suffisamment avancée et à condition qu'il y ait à tout moment un apport considérable d'oxygène.

Elle ne commence qu'après 20 jours, sans se superposer à la demande première. Les bactéries qui assurent cette minéralisation procèdent en deux étapes :

— oxydation de l'azote organique ou ammoniacal en nitrites sous l'action de bactéries nitrosantes (*Nitrosococcus*, *Nitrosomonas*) :



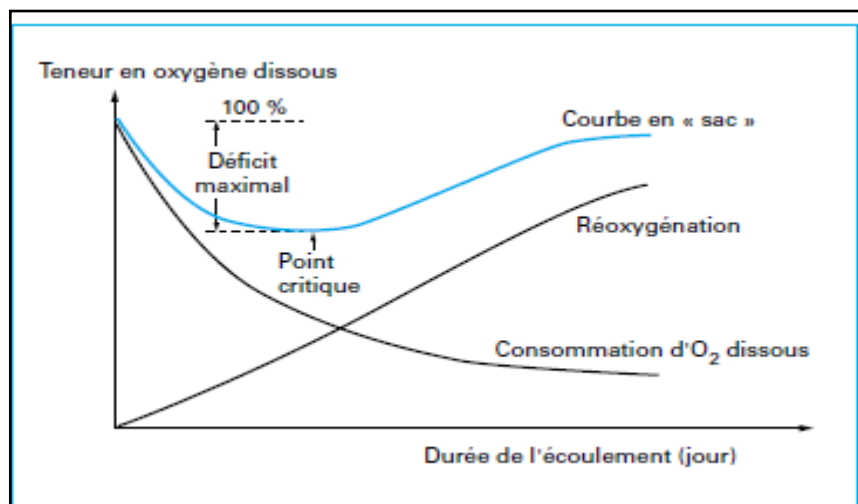
— oxydation des nitrites en nitrates (bactéries nitrifiantes *Nitrobacter*) :



Cette minéralisation des matières organiques par fermentation aérobie se traduit, sur la courbe de consommation de l'oxygène dissous en fonction du temps, par une inflexion qui marque vraisemblablement le passage d'une phase ammoniac / nitrite à une phase nitrite / nitrate (figure I.2).

Les pertes d'oxygène de la rivière, résultant de ces oxydations, sont normalement compensées par la teneur propre en oxygène du milieu, par l'assimilation chlorophyllienne (en faible partie), et surtout par la capacité d'absorption par la surface.

La dissolution de l'oxygène est, en règle générale, toujours favorisée par l'agitation des eaux.



**Figure I.3.** Courbe d'oxygénation en sac

Un apport intempestif de substances organiques (colloïdales ou solubles) produit, si l'aération est insuffisante, un appauvrissement progressif de la teneur en oxygène des couches inférieures de l'eau et, peu à peu, sa disparition totale, ce qui entraîne la mort de nombreux êtres vivants et, en particulier, la mortalité des poissons par asphyxie. Il convient de signaler qu'à aucun moment, dans ce type d'évolution des matières organiques, n'apparaissent de substances toxiques.

L'enregistrement ou la mesure systématique et simultanée du taux d'oxygène dissous le long d'un cours d'eau, à l'aval d'un déversement d'eaux usées, permet de construire la courbe « en sac » (figure I.3), résultant elle-même de deux courbes composantes :

- la courbe de consommation de l'oxygène dissous ;
- la courbe de réaération ou de réoxygénation, par dissolution de l'oxygène de l'atmosphère et par photosynthèse.

Les facteurs qui modifient ces deux composantes déterminent le pouvoir autoépurant de la rivière. Le déficit maximal et le point critique sur la courbe « en sac » donnent une indication des besoins en oxygène du cours d'eau.

#### **d) Pollutions azotées et phosphorées**

Les activités industrielles peuvent être à l'origine de rejets plus ou moins riches en éléments nutritifs issus respectivement pour l'azote des fabrications d'engrais, des cokeries et des industries chimiques et agroalimentaires et pour le phosphore du traitement de surface des métaux, des laveries industrielles, des fabrications d'engrais et de l'industrie agroalimentaire (laiterie, etc.). Ces nutriments sont à l'origine des phénomènes d'eutrophisation, c'est-à-dire du développement et de la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les récepteurs constitués par les lacs et rivières à faible débit.

L'eutrophisation perturbe l'équilibre biologique du milieu aquatique et a des effets néfastes sur la qualité de l'eau en compromettant ses possibilités d'utilisation à des fins de production d'eau potable.

Les formes réduites de l'azote (azote organique et ammoniacal) interviennent par ailleurs dans le bilan d'oxygène en tant que consommateurs lors de leur oxydation (4,57 mg O<sub>2</sub>/mg d'azote).

Signalons enfin les effets secondaires des nitrates (dont la concentration maximale admissible dans l'eau potable est de 50 mg/L) qui ne sont pas toxiques par eux-mêmes, mais sont susceptibles d'être réduits en nitrites dans le tube digestif. Dans le sang, les nitrites ont la faculté de se fixer sur l'hémoglobine et de bloquer l'échange d'oxygène (maladie du sang bleue) ; par ailleurs, les nitrosamines, issues de la combinaison des nitrites et des protéines dans le tube digestif sont soupçonnées d'être cancérigènes.

### e) Autres types de pollutions industrielles

#### - Pollution thermique

Elle résulte des rejets d'eaux à température trop élevée (eaux de refroidissement par exemple) qui influent à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique du milieu. Les poissons les plus résistants meurent à 35 °C.

#### - Pollution radioactive

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouve sa source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations et centrales nucléaires, exploitation de mines d'uranium, traitement des déchets radioactifs...).

### I.2. Inventaire de la pollution [17]

L'établissement d'un répertoire circonstancié des pollutions des eaux résiduaires industrielles suivant les types d'industries s'avère difficile à réaliser en raison de sa complexité et aussi du caractère évolutif de certaines fabrications. On peut prétendre qu'il y a autant d'eaux résiduaires industrielles que de produits fabriqués.

#### - Inventaire par branche industrielle

Il nous a paru intéressant de présenter dans le tableau I.1, par grandes branches industrielles, une classification mettant en évidence l'origine des principaux rejets polluants avec leurs principales caractéristiques.

#### - Inventaire selon le caractère polluant prédominant

On peut aussi procéder à un essai de classification en faisant ressortir le caractère polluant prédominant, ce qui permet de subdiviser les eaux résiduaires industrielles (ERI) en :

- eaux résiduaires à caractère minéral dominant
- eaux résiduaires à caractère organique dominant
- eaux résiduaires à caractère mixte.

On se référera au tableau I.2 :

#### - Inventaire en fonction de la possibilité de traitements spécifiques des rejets

Un autre type de classement peut également être réalisé en considérant les paramètres spécifiques de la pollution et par suite les modes de traitement susceptibles d'être utilisés pour assurer la dépollution des rejets.

Les facteurs de pollution très variés des eaux résiduaires industrielles sont constitués en effet par différents composés (tableau I.3).



### - Inventaire selon l'aptitude à l'épuration par voie physico-chimique et/ou biologique des rejets

Un essai de classement des divers types d'eaux résiduaires industrielles peut être effectué suivant leur aptitude à être épurée par voie physico-chimique ou par voie biologique, voir tableau I.4.

**Tableau I.1.** Classification des ERI par grande branche industrielle avec mise en évidence de l'origine et des caractéristiques principales des rejets.

Branches industrielles, fabrications	Origine des principaux effluents polluants	Caractéristiques principales des rejets
<b>Industries agricoles et alimentaires</b>		
Conserves de légumes et fruits, industrie de la pomme de terre	Nettoyage, pressage, blanchissage et étuvage de fruits et légumes	Teneur élevée en MES, matières organiques dissoutes, pH parfois alcalin, amidon
Conserves de viande et salaisons	Parc, abattoirs, traitement du cinquième quartier, condensats, graisses et eaux de lavage	Forte concentration en matières organiques dissoutes et en suspension (sang, protéines) graisses, NaCl
Aliments pour le bétail	Rejets de centrifugation, de presse, rejets d'évaporation et résidus d'eaux de lavage	Pollution organique très élevée, biodégradable, odeurs, solvants.
Laiteries	Dilutions de lait entier, de lait écrémé, de babeurre, de sérum	Forte concentration en matières organiques dissoutes principalement protéines, lactose, graisses
Sucreries	Lavage et transport des betteraves, diffusion, transport d'écumes, condensats d'évaporation, régénérations d'échangeurs d'ions	Forte concentration en matières organiques dissoutes et en suspension (sucres et protéines), NH <sub>3</sub>
Brasseries et distilleries	Trempage et pressage du grain, résidus de distillation d'alcools, condensats d'évaporation	Teneur élevée en matières organiques dissoutes contenant du sucre et de l'amidon fermenté
Levureries	Résidus de filtration de levures	Teneur élevée en matières sèches (surtout organiques), acidité forte
Huileries, margarineries	Extraction et raffinage	Matières grasses, acidité et salinité fortes, teneur élevée en matières organiques
Aliments déshydratés et concentrés	Lyophilisation, procédés divers, extraits, etc.	Matières en suspension et coloration élevées, matières grasses et huiles diverses
Boissons non alcoolisées	Lavage de bouteilles, nettoyage du plancher et du matériel, rejet des bacs de stockage de sirop	Alcalinité élevée, teneur en matières en suspension, détergents, DBO
<b>Industries chimiques et de synthèse</b>		
Produits phosphatés, acide phosphorique, engrais phosphatés	Lavage, dégrillage et flottation du minerai, superphosphates	Argiles, limons et huiles, faible pH, teneur élevée en matières en suspension et produits siliceux et fluorés
Colorants de synthèse	Colorants aniliques et nitrés	Eaux fortement acides, phénols, dérivés nitrés, DCO élevés
Caoutchouc et polymères de synthèse	Lavage du latex, caoutchouc coagulé, élimination des impuretés du caoutchouc brut et des produits de formulation	Teneur élevée en matière en suspension, pH variable, teneur élevée en chlorures et DCO
Insecticides et pesticides	Produits de lavage et de purification	Teneur élevée en matières organiques, benzène, toxiques pour les bactéries et les poissons, acides
Raffinerie et pétrochimie	Eaux de procédé, dessalage, steam cracking, cracking catalytique, eaux des aires de manutention et de stockage	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques plus ou moins émulsifiés, sulfures, matières en suspension, peu de DBO sauf eaux de procédé phénolées
Explosifs	Lavage de trinitrotoluène (TNT) et de coton-poudre pour purification	Couleur, acides, odeurs, teneur en acides organiques, en alcools et dérivés celluloseux, forte DCO
Synthèses organiques diverses	Composés chloroacétyléniques, alcools, aldéhydes, esters	Alcalinité ou acidité élevée, forte teneur en matières organiques



Branches industrielles, fabrications	Origine des principaux effluents polluants	Caractéristiques principales des rejets
Produits photographiques	Solutions usées de révélateurs et de fixateurs	Alcalinité, différents agents réducteurs organiques et minéraux, éléments toxiques
<b>Industrie papetière</b>		
Pâte à papier	Cuisson, blanchiment, lavage de fibres, raffinage de la pâte	Pollution organique élevée, couleur, teneur élevée en matières en suspension, colloïdales et dissoutes ; sulfites ; pH variable
Papiers et cartons	Opérations de fabrication sur machine, dosage, mélange	Eaux blanches et organiques, fibres, alumine, titane, kaolin, baryte, pigments, latex, sels de mercure
<b>Industrie textile</b>		
Blanchisserie	Lavage de tissus	Teneur élevée en alcalinité et en matières organiques ; détergents
Fabrication des fibres	Fibres synthétiques, viscose, polyamides, polyesters, vinyliques	Présence de solvants, produits d'enzymage, colorants, eaux neutres chargées de matières organiques
Préparation des fibres	Lavage, débouillissage, blanchiment, teinture, impression et apprêt, peignage de la laine	Matières en suspension élevées ou moyennes, eaux alcalines ou acides, matières organiques (DCO) très élevées et variables, colorants, produits chimiques, réducteurs ou oxydants : parfois sulfures, graisse, suint
<b>Industries diverses</b>		
Industries du cuir, tanneries	Reverdissage, pelanage, trempage, délainage, picklage des peaux. Bains de tannage et de teinture	Teneurs élevées en matières sèches totales, dureté, sels, sulfures, chrome, chaux précipitée et matières organiques
Industrie automobile	Préparation surfaces métalliques, finition peinture	Matières en suspension, huiles, hydrocarbures, produits organiques non biodégradables, métaux, DCO
Industrie mécanique	Usinage, rectification, polissage, ponçage	Graisses, huiles, produits d'abrasion, huiles solubles, eaux neutres
Traitement de surfaces métalliques	Décapage, phosphatation, revêtements électrolytiques, anodisation, peinture, électrophorèse	Eaux acides ou alcalines, chromatées, cyanures, fluorées, chargées de produits d'attaque, (Fe, Cu, Al,) pigments, tensio-actifs
Verre et miroiterie	Polissage et nettoyage du verre, bains d'argenture	Couleur rouge, matières en suspension alcalines non décantables. Argent
Énergie nucléaire et matières radioactives	Industrie du minerai, nettoyage de vêtements contaminés, rejets des laboratoires de recherche, fabrication du combustible, eaux de refroidissement	Éléments radioactifs qui peuvent être très acides et « chauds »
Électronique	Traitement du verre. Élaboration des composants électroniques et des magnétites	Acides, acide fluorhydrique, chlorure ferrique, matières en suspension, fer, ferrites
Sidérurgie	Lavage de gaz de hauts-fourneaux, eaux de granulation de laitier	Eaux neutres chargées en cyanures et/ou en sulfures
Industrie du charbon	Nettoyage et triage du charbon, cokéfaction, carbochimie	Teneur élevée en matières en suspension (charbon), phénols, liqueurs ammoniacales, cyanures...
Hydrométallurgie (aluminium, zinc, plomb)	Caustification de la bauxite. Électrolyse. Lixiviation de la blende	Eaux alcalines ou acides. Présence de fluor, de métaux

**Tableau I.2. Classification des eaux résiduaires industrielles [1].**

ERI contenant principalement des constituants inorganiques	ERI contenant principalement des constituants organiques	ERI comprenant des constituants organiques et minéraux
<b>Mines et installations de traitement :</b> 1 - Minerais 2 - Charbons, lignites 3 - Ardoisières 4 - Sel gemme  <b>Industries transformatrices :</b> 1 - Laminage 2 - Décapage 3 - Galvanoplastie  <b>Industries chimiques :</b> 1 - Fabriques d'acides de bases 2 - Fabriques de chlore, de potasse 3 - Soudières 4 - Fabrique de sulfures 5 - Engrais artificiels 6 - Poudreries 7 - Fabrique de fluor 8 - Fabrique d'acétylène	<b>Industries alimentaires :</b> 1 - Sucreries 2 - Féculeries 3 - Laiteries, fromageries 4 - Margarineries (graisses, huiles, suif) 5 - Conserveries 6 - Fermentation (malteries, brasseries, distilleries, etc.) 7 - Abattoirs, conserves de viande, triperies  <b>Industries chimiques organiques :</b> 1 - Produits de synthèse et pharmaceutiques 2 - Raffinerie, pétrochimie 3 - Insecticides, pesticides 4 - Caoutchouc, polymère, synthèse  <b>Entreprises de transformation :</b> 1 - Fabrique de pectine 2 - Boyauderies industrielles 3 - Équarrissage (poudre de sang, os...) 4 - Fabrique de poudre de poisson  <b>Industries de traitement des combustibles :</b> 1 - Carbonisation du bois 2 - Lavoirs à charbon, fabrication de briquettes 3 - Usines à gaz, cokeries, distilleries de goudron, hydrogénation 4 - Industries pétrolières	<b>Industries de la cellulose du papier :</b> 1 - Fabriques de pâte de bois 2 - Fabriques de cellulose 3 - Papeteries, cartonneries  <b>Industries textiles :</b> 1 - Fabriques (lin, chanvre, soie naturelle, synthétique, fibranne) 2 - Laveries de laine 3 - Blanchiment du coton 4 - Fabriques de toile, teintureriers, entreprises annexes 5 - Blanchisseries  <b>Fabriques de cuir, colle, gélatine :</b> 1 - Tanneries 2 - Fabrique de colle 3 - Fabrique de gélatine  <b>Fabriques de matières plastiques</b>  <b>Industries photographiques</b>

**Tableau I.3. Classement en fonction de la possibilité de traitements spécifiques**

<p><b>1 - Composés insolubles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Séparables par voie physique</b> (décantation, flottation, filtration) :           <ul style="list-style-type: none"> <li>– solides en suspension (sable, oxydes, argiles) décantables ;</li> <li>– matières flottantes ou légères (huiles, goudrons, hydrocarbures, graisses, fibres, latex).</li> </ul> </li> <li>● <b>Séparables par voie physico-chimique</b> (avec coagulation, floculation) ;           <ul style="list-style-type: none"> <li>– matières colloïdales en général (pigments, soufre colloïdal...);</li> <li>– produits en émulsion (huiles, hydrocarbures émulsionnés...).</li> </ul> </li> </ul> <p><b>2 - Composés solubles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Justifiables d'une neutralisation seule</b> (acides ou bases organiques ou minéraux) dont les sels sont solubles dans une certaine limite de concentration et ne sont pas eux-mêmes toxiques <math>\text{SO}_4\text{H}_2</math>, HCl, NaOH) <b>et/ou d'une réaction d'oxydo-réduction</b> (cas des cyanures, sulfures, chromates à caractère toxique).</li> <li>● <b>Séparables par précipitation</b> : métaux toxiques ou non (Fe, Cu, Zn, Ni, Al, Pb, Cr, Cd...) précipitables dans une certaine zone de pH, sulfures, fluorures, phosphates par adjonction de calcium (<math>\text{Ca}^{++}</math>).</li> <li>● <b>Séparables par dégazage ou extraction gaz-liquide (stripping)</b> : c'est le cas des gaz occlus, produits sulfureux, composés phénolés, ammoniac et certains hydrocarbures légers ou aromatiques).</li> <li>● <b>Concentrables par échanges d'ions ou par osmose inverse</b> : radionucléides, sels d'acides et de base forts, composés organiques ionisés (échange d'ions) ou non (osmose inverse).</li> <li>● <b>Séparables physiquement par adsorption</b> : ce sont des matières organiques, colorants, détergents, composés phénolés, composés macromoléculaires divers.</li> </ul> <p><b>3 - Composés organiques biodégradables</b></p> <p>Ces composés, produits sous forme solide généralement finement dispersés ou à l'état colloïdal, et/ou en dissolution, sont justifiables d'un traitement biologique.</p> <p>Beaucoup d'eaux résiduaires (notamment celles issues de l'industrie agroalimentaire) renferment des éléments biodégradables par définition comme les produits hydrocarbonés (sucres), les protéines et les lipides. Les traitements biologiques pourront aussi être appliqués, <b>après acclimatation des souches bactériennes</b>, à des composés organiques divers, composés phénolés, hydrocarbures, etc., contenus dans les ERI.</p>
---

**Tableau I.4.** Classification des ERI selon leur aptitude à être épurées par voie physico-chimique et/ou biologique.

Traitement préférentiel	Nature du rejet	Industries concernées
Voie biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Eaux résiduaires renfermant uniquement des matières organiques biodégradables</li> </ul>	Sucreries, distilleries Féculeries Malteries Conserveries Abattoirs Élevage intensif Laiteries, fromageries Industrie pharmaceutique
Voies chimique et physico-chimique	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Eaux résiduaires renfermant des substances toxiques minérales et ou organiques avec des molécules organiques non biodégradables</li> <li>● Eaux résiduaires renfermant des constituants inorganiques</li> <li>● Milieu carencé en éléments nutritifs (azote, phosphore)</li> </ul>	Industrie de revêtement et traitement de surface. Industrie chimique (élastomères, plastiques) Sidérurgie (laminage, décapage) Industrie mécanique Mines et installations de traitement (minerais, charbons, ardoisières, etc.)
Association obligatoire du traitement chimique en pré ou posttraitement et du traitement biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Eaux résiduaires renfermant des molécules organiques plus ou moins biodégradables et des substances minérales et ou organiques toxiques, milieu généralement carencé</li> </ul>	Industrie photographique Tannerie Fabriques de colle et gélatine Fabriques de pâte à papier Papeteries, cartonneries Textile (teintureries) Laveries de laine Industries pharmaceutiques Fonderies de suif Margarineries Industries chimiques Pétrochimie, raffineries Usines à gaz, cokeries

### I.3. Mesure et contrôle de la pollution industrielle [18]

Une connaissance exacte de la production polluante s'avère indispensable non seulement pour apprécier les apports au milieu naturel et situer l'impact de la pollution sur la qualité du milieu récepteur, mais pour pouvoir assurer la maîtrise et une meilleure gestion de la pollution émise au sein de l'usine et surtout pour concevoir, dimensionner et mieux exploiter les installations de traitement qui devront permettre la dépollution des eaux résiduaires industrielles dans le cadre des dispositions réglementaires prévues pour les conditions de rejet. Pour atteindre ces objectifs, la mesure des caractéristiques des rejets et l'évaluation quantitative de la pollution nécessitent obligatoirement :

- le prélèvement d'un échantillon représentatif de l'eau résiduaire considérée
- la détermination de la concentration (exprimée en mg/L) du ou des polluants présents dans l'eau considérée, ce qui implique le choix du ou des paramètres représentatifs de la pollution (aspect qualitatif de la pollution)
- enfin, la mesure des débits horaires et/ou journaliers dans de bonnes conditions, des rejets en vue du calcul des flux ou charges polluantes horaires et journalières exprimées en kg/j (aspect quantitatif de la pollution).

### **I.3.1 Prélèvement, échantillonnage**

Compte tenu en général de l'hétérogénéité de composition des effluents résiduaires industriels et par ailleurs des fluctuations de débit et de concentration des polluants en cours de journée, une opération de prélèvement est considérée comme satisfaisante à partir du moment où l'échantillon est représentatif de la qualité de l'effluent considéré.

Il est nécessaire pour cela de réaliser des prélèvements en continu asservis au débit des rejets, en vue de la collecte d'échantillons moyens journaliers (mesure d'une qualité moyenne sur 24h) ou d'échantillons horaires ou bihoraires si l'on veut saisir les variations des caractéristiques de la pollution sur la journée.

La majorité des matériels de prélèvement sur le marché assure, de manière automatique, la collecte des échantillons, selon le principe énoncé ci-dessus, en utilisant des dispositifs divers : pompes péristaltiques, aspiration par dépression, pompes à membrane, prélèvement par cuillère, etc.

### **I.3.2. Mesures des débits des eaux résiduaires industrielles**

Selon les conditions de rejet des effluents industriels, les débits sont mesurés en utilisant deux méthodes : en canal ouvert ou dans les conduites fermées.

#### **a) Mesures de débit en canal ouvert**

Elles utilisent une méthode indirecte de détermination du débit consistant en une mesure de la hauteur d'eau à proximité d'un obstacle normalisé dans des conditions d'expérience strictement définies : forme du canal, pente, forme de l'obstacle, écoulement amont ou aval.

Dans ces conditions, la mesure de débit va comporter les principaux éléments suivants :

- un chenal d'approche qui sert à tranquilliser l'écoulement en amont du dispositif de mesure et à faire passer celui-ci d'un régime turbulent à un régime laminaire
- un dispositif de mesure constitué par des déversoirs à mince paroi rectangulaires (avec ou sans contraction latérale) ou triangulaires et par des canaux jaugeurs (du type Venturi par exemple)
- des débitmètres enregistreurs totalisateurs constitués de capteurs du type bulle à bulle, à ultrasons ou piézo-résistif permettant de suivre les variations de niveau d'eau et par suite d'évaluer les débits (par application des formules d'écoulement de Kindswater-Carter, Rehbock, Gourley, etc.).

Une nouvelle génération de débitmètres enregistreurs et totalisateurs associe une mesure de vitesse de l'eau dans l'égout (par effet doppler) et une mesure de la hauteur d'eau. La géométrie de l'égout peut être introduite même si celle-ci n'est pas standard.

Cette technologie, en théorie simple d'emploi (capteur unique, grande autonomie) peut parfois donner des résultats erronés dans certaines conditions (faible hauteur d'eau, vitesse faible, égout de grande dimension ou à forte rugosité).

#### **b) Mesure de débit en conduite fermée**

Contrairement aux mesures de débits en canal ouvert, il n'y a pas besoin de prévoir, ni canal d'approche puisque c'est la conduite elle-même qui joue ce rôle, ni dispositif de mesure puisqu'il s'agit d'une mesure directe. Le calcul du débit consiste à multiplier la surface de la section de la conduite par la vitesse moyenne du flux liquide déterminée par différents débitmètres : électromagnétique, à effet Vortex ou à ultrasons.

### **I.3.3 Paramètres de la pollution**

Le choix en analyse du ou (des) paramètres de mesure de la pollution est particulièrement délicat, du fait même du caractère multiple de la pollution des eaux résiduaires industrielles. On a affaire, généralement, à des mélanges de produits organiques et minéraux qui peuvent être présents sous trois formes : soluble, colloïdale ou en suspension.

Dans sa démarche, l'analyste procède toujours à des mesures de pollution en deux étapes successives :

- d'abord à l'aide de critères globaux qui font abstraction des différences existant entre les sources de pollution ;
- puis par des critères plus spécifiques déterminés par la nature de l'organisme polluant, notamment pour tout ce qui relève des substances à caractère toxique.

La mesure de la pollution s'effectue à l'aide de différents critères

#### **a) Connaissance des caractéristiques ou grandeurs physiques**

Les paramètres tels que :

- pH (acidité, basicité)
- température
- salinité, minéralisation (par des mesures de conductivité)
- oxygène dissous ; sont susceptibles d'être enregistrés en continu.

Pour ce qui concerne les matières en suspension totales (MEST), on distingue :

- d'une part les matières en suspension décantables en 2 h et les matières en suspension non décantables (fraction colloïdale)
- et, d'autre part, les matières en suspension organiques et minérales, elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Ces matières disparaissent au cours d'une combustion.



### b) Évaluation de la pollution par des substances organiques

Une mesure globale d'appréciation est possible en utilisant comme référence la quantité d'oxygène nécessaire à les oxyder. On utilisera différents critères :

- la DCO ou demande chimique en oxygène (exprimée en mg O<sub>2</sub>/L) qui représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène (par oxydation au bichromate de potassium en milieu sulfurique), en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques
- la DTO ou demande totale en oxygène (exprimée en mg O<sub>2</sub>/L) qui mesure la consommation d'oxygène par une technique instrumentale qui réalise l'oxydation directe des matières organiques par une combustion catalytique à 900 °C
- la DBO5 ou demande biochimique en oxygène (exprimée en mg O<sub>2</sub>/L) qui est la quantité d'oxygène consommée dans les conditions d'essai (incubation à 20 °C et à l'obscurité après un laps de temps de 5 jours), pour assurer par voie bactérienne l'oxydation biologique des matières organiques dites biodégradables
- les matières oxydables ou MOX (exprimées en mg O<sub>2</sub>/L) correspondent à une moyenne pondérée de la DCO et de la DBO5, mesurées après décantation 2 h suivant la formule :

$$MOX = \frac{DCO + 2DBO5}{3}$$

— enfin, le COT (ou Carbone Organique Total). La mesure du carbone organique total permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau. Les composés organiques sont d'une part les protéines, les lipides, les glucides et les substances humiques et d'autre part, les substances organiques carbonées élaborées ou utilisées par l'industrie chimique, pharmaceutique, pétrolière... Cette mesure est réalisée par un analyseur de CO<sub>2</sub>, à infrarouge, après combustion catalytique à haute température de l'échantillon.

Le COT est généralement obtenue par différence entre le CT (mesure du carbone total provenant du gaz carbonique fabriqué lors de l'oxydation), minoré du carbone minéral CM (issu des bicarbonates et du gaz carbonique libre dissous dans l'eau).

Notons au passage qu'une indication de la plus ou moins bonne biodégradabilité d'une eau résiduaire industrielle (ERI) est fournie par le rapport DBO5/DCO. Des valeurs supérieures à 0,25-0,3 justifient généralement la mise en œuvre d'une épuration biologique des rejets industriels.

La relation entre la DBO5 et la DCO dans les ERI, est très différente de ce qu'elle est dans les eaux résiduaires urbaines (ERU). Elle évolue aux divers stades du traitement, la DCO finale

de l'eau traitée pouvant quelquefois atteindre plus de 5 fois la valeur de la DBO5 correspondante.

### **c) Évaluation de la pollution azotée et phosphorée à l'origine de l'eutrophisation**

Les éléments nutritifs contenus dans ERI sont :

- l'azote total Kjeldahl (NTK) qui mesure la pollution azotée relative à l'azote organique et ammoniacal
- l'azote global (NGL) qui englobe de l'azote kjedahl en plus les formes oxydées de l'azote (à savoir l'azote nitreux et nitrique)
- les dérivés du phosphore (composés organiques phosphorés et phosphates) déterminés globalement par le phosphore total (PT).

### **d) Évaluation de la pollution toxique (souvent à l'état de trace)**

On procède initialement, à des tests généraux permettant la mise en évidence d'une activité toxique :

- tests de toxicité sur un matériel vivant (poissons ou daphnies) basés sur l'inhibition de leur mobilité
- test microtox utilisant des bactéries marines luminescentes pour lesquelles on détermine la diminution de la lumière émise sous l'action de diverses substances toxiques
- test algal basé sur l'inhibition de la croissance d'une population d'algues vertes.

Puis, si ces tests sont positifs, on recherche et on identifie les divers composés moyennant la mise en œuvre de techniques instrumentales souvent d'avant-garde :

- pour la micropollution minérale, on dose les métaux lourds par exemple, par spectrophotométrie d'absorption atomique ou d'émission à plasma
- pour la micropollution organique, on utilise des techniques de chromatographie en phase gazeuse ou liquide couplées éventuellement à un détecteur de masse, pour identifier et quantifier des composés toxiques divers (phénols, pesticides, hydrocarbures aromatiques polycycliques, produits organiques aromatiques, phosphorés, soufrés, etc.).

On peut identifier et quantifier également des familles de composés en utilisant des critères semi-globaux. C'est le cas par exemple de la mesure des hydrocarbures totaux par l'indice  $-CH_2-$  ; le dosage de ces composés, après extraction par un solvant, est réalisé par spectrométrie d'absorption dans le domaine de l'infrarouge. C'est le cas aussi des composés organochlorés, désignés par AOX, comprenant les solvants chlorés, les pesticides chlorés, les PCB (polychlorobiphényles), dont la détermination est obtenue par un dosage microcoulométrique.



*CHAPITRE II*





Les eaux résiduaires des industries agro-alimentaires, de même que les eaux usées ménagères, renferment des éléments essentiellement organiques. Elles s'en distinguent toutefois par le fait qu'elles contiennent ces substances dans un état plus ou moins décomposé. Il s'agit la surtout d'albumines naturelles, donc principalement de caractère facilement biodégradable, et de poids moléculaire élevé, d'hydrates de carbone et de graisses, auxquels s'ajoutent, selon les matières premières employées, des sels minéraux, des désinfectants, etc.

Les caractéristiques des eaux résiduaires d'industries agro-alimentaires sont aussi variées que la composition même des produits fabriqués. Le volume des eaux usées varie entre de larges limites, si on le rapporte à l'unité de matière première travaillée ou de produit fabriqué. Le débit est très souvent irrégulier et intermittent, et, dans diverses branches de l'industrie, il se limite en outre à une période déterminée de l'année (industries dites «à compagne» ou «saisonniers»). [1]

### **II-1-Eaux résiduaires de différentes industries alimentaires [19]**

Les eaux résiduaires de l'industrie alimentaire sont, de part leur origine, déjà riches en matières organiques.

Leur production est souvent inégalement répartie sur quelques heures de la journée, de sorte que la quantité et les concentrations de leurs substances constitutives sont sujettes à d'importantes variations. De plus, le régime de ces eaux résiduaires peut, au courant de l'année, présenter des différences considérables du fait de l'utilisation variable des capacités de production selon les saisons. Ceci s'applique, par exemple, aux laiteries, aux fabriques de boissons.

Les eaux résiduaires des industries alimentaires (alimentation-boissons) contiennent le plus souvent des composés riches en énergie, tels que des albumines, des peptides, des acides aminés, des sucres et des hydrates de carbone, des graisses animales et végétales, des acides organiques, des alcools, des aldéhydes et cétones, sous forme originelle ou modifiée suite à la fermentation.

Dans de nombreuses branches de ce secteur d'activités, les eaux résiduaires sont fortement polluées par des pertes de substance, qui pourraient être évitées. Les améliorations techniques visant à retenir les matières solides et liquides sont payantes à double titre : puisqu'elles permettent, d'une part, d'accroître les rendements, d'autre part de diminuer les frais d'épuration des eaux résiduaires.

- Les eaux résiduaires ont souvent une composition uniforme, ce qui en présence d'un déficit d'azote, par exemple, peut mener à une formation insuffisante de boue biologiquement active ou à des boues biologiques non décantables.
- Les eaux résiduaires, facilement dégradables, se décomposent rapidement.
- Selon le procédé de fabrication employé, l'eau résiduaire peut présenter une forte teneur en sels ou en acides, ce qui freine la dégradation biologique aérobie.

La composition et les volumes des eaux résiduaires de l'industrie alimentaire varient selon la branche de fabrication, le procédé de production et la nature des matières premières.

Le tableau II.1 énumère les eaux résiduaires de différentes industries alimentaires. Le tableau II.2 indique les quantités et les caractéristiques des eaux résiduaires de différentes industries alimentaires.

**Tableaux II.1.** *Eaux résiduaires de différentes industries alimentaires*

Type d'industrie Branche de fabrication	Procédé de fabrication Générateur des eaux résiduaires	Type d'eaux résiduaires	Matières contenues dans l'eau résiduaire
<b>Laiteries</b>	Réception du lait Station de remplissage  Nettoyage des ; Camions-citernes, Stérilisateurs, Installations de vaporisation, Autres installations	Eaux de refroidissement et de condensation.  Eaux de lavage et nettoyage	Lactose, albumine
<b>Fromageries</b>	Ecrémage Barattage  Production de fromage  Transformation de petit-lait Production de : Lait condensé, Lait en poudre, Autres produits secondaires	Eaux de refroidissement et condensation.  Eaux de lavage et nettoyage  Eaux de barattage	
<b>abattoirs</b>	Abattage, saignement, dépouillage, dépeçage, préparation des tripes, vidage des panses, lavage d'étables, désinfection des véhicules	Effluents des : Salles d'abattage, boyauderies, étables, etc.	Sang, plasma, contenu des panses, débris d'intestins et de peaux, désinfectants, urine, excréments
<b>Industrie des jus de fruits</b>	Préparation de fruits  Lavage des bouteilles	Eaux de lavage Eaux de rinçage Eaux de transport  Eaux de lavage des bouteilles	Reste de fruits, poussière, matières en suspension fines  Substances organiques, alcalis
<b>Industrie des eaux minérales</b>	Lavage de bouteilles	Eaux de lavage des bouteilles	Verre cassé, étiquettes

<b>Brasseries</b>	Salle de brassage Cave de fermentation Cave de dépôt Salle de répartition Cave de remplissage	Eaux de lavage et nettoyage	Hydrates de carbone, albumines, composés organiques d'azote
	Navette de refroidissement Réfrigérateur de bière Machine productrice de glace	Eaux de refroidissement	Déchets solides : Résidus de drèches et houblon, trouble d'albumine, levure
<b>Conserveries de légumes et de fruits</b>	Lavage Morcellement ébullition	Eaux de lavage Eaux de fruits ou de blanchiment Eaux de nettoyage et de rinçage des salles de production et des installations	Hydrates de carbone surtout

**Tableau II.2.** *Volume et caractéristiques des eaux résiduaires de différentes industries alimentaires*

Type d'industrie	Volume d'eaux résiduaires	DBO <sub>5</sub>	Equivalent-habitants
<b>Laiteries (sans eaux de refroidissement)</b>	0,5-3 m <sup>3</sup> /t lait	0,5-3 kg/t lait	9-55/t lait
<b>Séchage du lait</b>	0,2 m <sup>3</sup> /t lait	0,4 kg/t lait	8/t lait
<b>Tour de diffusion</b>		1,0 kg/t lait	19/t lait
<b>Séchage au laminoir</b>			
<b>Fabrication du lait condensé</b>	3-5 m <sup>3</sup> /t lait	1,6-4,4 kg/t lait	30-80/t lait
<b>Fabrication de crèmes glacées</b>	4-6 m <sup>3</sup> /t glace	8-10 kg/t glace	148-185/t glace
<b>Abattoirs</b>			
<b>Bovins (400 kg poids vif)</b>	0,6-9,6 m <sup>3</sup> /bête	2,4-10,4 kg/ bête	44-192/bête
<b>Porcs (100 kg poids vif)</b>	0,3-0,4 m <sup>3</sup> /bête	0,43-2,1 kg/ bête	8-39/bête
<b>Volailles</b>	20-40 l/ abattage	6-30 g/ abattage	0,1-0,5/abattage
<b>Brasseries (malteries)</b>	0,4-1,2 m <sup>3</sup> /hl bière	0,4-2,7 kg/hl bière	7-50/hl bière
<b>Distilleries de fruits</b>	0,5-3 m <sup>3</sup> /t lait	6-35 kg/j	110-650/j
<b>Fabrication de jus de fruit</b>	-	0,45-0,9 kg/100kg fruits	8-17/100 kg fruits
<b>Industrie des boissons non-alcooliques, limonades, sodas</b>	1,9 m <sup>3</sup> /bouteilles	1,24 kg/1000 bout	23/1000 bouteilles
<b>Industrie des levures</b>	21 m <sup>3</sup> /t mélasse	150 kg/t mélasse	2800/t mélasse
<b>Sucrierie</b>	0,5-1,0 m <sup>3</sup> /t betteraves	0,8-1,6 kg/t betteraves	15-30/t sdbbetteraves

**II-1-1-Sucreries**

Le volume et les propriétés des eaux résiduaires des sucreries dépendent essentiellement des procédés de fabrication employés ainsi que des mesures prises en vue de réduire la production d'eaux résiduaires et de substances polluantes. En l'absence de telles mesures, la fabrication du sucre de betteraves génère des eaux résiduaires dont les volumes sont indiqués au tableau II.3 et la composition au tableau II.4.

**Tableau II.3.** *Volume d'eaux résiduaires d'une fabrique de sucre de betteraves (pour 1t de betterave) [1]*

Type d'eau résiduaire	Quantité en m <sup>3</sup>
Eaux de transport et de lavage des betteraves	5-7
Effluents des diffuseurs et eaux de pressage des cossettes	1,4-20
Eaux de précipitation	4-5
Eaux de nettoyage	0,005-0,01

**Tableaux II.4.** *Composition des eaux résiduaires de la fabrication du sucre de betteraves [1]*

		Eaux de précipitation	Eaux de transport	Eaux de diffusion et de pressage des cossettes
<b>Oxydabilité au KMnO<sub>4</sub></b>	mg/l	50-250	90-2000	15.000-25.000
<b>Azote totale</b>	mg/l	5-10	10-50	30-100
<b>Azote ammoniacal</b>	mg/l	2-9	5-30	5-10
<b>Azote organique</b>	mg/l	2-5	5-50	25-90
<b>Acides organiques</b>	mg/l	-	100-2000	-
<b>sucre</b>	mg/l	-	100-200	1500-3000
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/l	-	200	1250

**Tableau II.5.** Volume et composition des eaux résiduaires de sucreries de cannes [20]

Eaux résiduaires	Q (l/s)	DBO <sub>5</sub>		Matières solides mg/l		
		Mg/l	Kg/j	totales	dissoutes	décantables
<b>Eaux de lavage des cannes à sucre</b>	63 (31,5-315)	600 (300-1000)	3703,28	2900	2104	1722
<b>Eaux de nettoyage et effluent du chauffe-eau</b>	6,3	378	205,66	-	-	-
<b>Soude et eaux usées acides</b>	0,63	-*	-	-	-	-
<b>Eaux de condensation**</b>	315	69 (2-600)	1878,65			
<b>Total (arrondi)</b>	385		5788			

\*Les polluants principaux sont : NaOH, NaCl, HCl

\*\*Dans l'hypothèse d'un traitement unique effectué à une température de 43,3 – 54,5 °C

### II-1-2- Laiteries

Les eaux résiduaires suivantes sont produites dans les laiteries :

- eaux de refroidissement et de condensation très peu polluées
- eaux résiduaires de fabrication chargées de constituants du lait
- eaux de rinçage, eaux de fuites et eaux de lavage polluées en plus par des solutions acides, alcalines et désinfectantes
- eaux usées sanitaires.

La composition du lait et de ses produits de transformation influence de façon déterminante les substances contenues dans les eaux résiduaires des laiteries. Le volume et la composition des eaux résiduaires des laiteries dépendent de deux autres facteurs essentiels, à savoir si les pertes de lait en cours de manipulation sont importantes, d'une part, et si les sous-produits sont valorisés ou simplement évacués dans les eaux résiduaires, d'autre part. Le tableau II.6 indique les volumes et la composition moyenne des eaux résiduaires des laiteries, en cas de récupération et valorisation des sous-produits.

Dans les laiteries, les pertes de lait se chiffrent à environ 0,2 à 2 % des quantités totales manipulées, ces pertes sont dues à :

- des déversements par inadvertance,
- une manque d'étanchéité des vannes de soutirage, etc.

Les quelques mesures présentées ci-après permettent de réduire la production d'eaux résiduaires :

- mise en œuvre de système de nettoyage à haute pression assurant un nettoyage efficace et une économie d'eau,
- nettoyage groupé,
- utilisation d'eau tiède et de la vapeur chaude récupérée pour le nettoyage ou la mise en place de circuits d'eau adéquats,
- mesures d'économie d'eau au niveau des processus de réfrigération, par exemple remplacement de l'eau fraîche par de l'eau glacée, récupération de la chaleur par de grandes surfaces d'échange, emploi de condenseurs d'évaporation avec tour de réfrigération et réutilisation de l'eau refroidie,
- récupération des pertes de lait (la fuite d'une goutte de lait par seconde représente en 10 heures une DBO<sub>5</sub> de 200 g environ).

**Tableau II.6.** *Volume et composition des effluents des laiteries [22]*

	Unité	Laiterie (lait frais)	Laiterie de transformation (produits laitiers)	
			En moyenne	Plage de variation
<b>Eaux de refroidissement</b>	m <sup>3</sup> /1000 l lait			2,0-4,0
<b>Eaux résiduaires</b>	m <sup>3</sup> /1000 l lait	1,0	2	0,5-5,0
<b>DBO<sub>5</sub></b>	kg/1000 l lait	0,1-2,5	2,5	0,3-5,0
<b>DCO</b>	mg/l	100-2500	1250	1-50.000
<b>DBO<sub>5</sub>/DCO</b>	-		0,69	0,35-0,9

### II-1-3- Industrie des boissons non alcoolisées

Dans les fabriques de boissons à base de jus de fruits, le régime des eaux résiduaires dépend en premier lieu de la matière de base : à savoir si les boissons sont préparées à partir de fruits livrés ou alors à partir de jus et de concentrés.

La composition des eaux résiduaires produites lors du nettoyage des bouteilles est indiquée au tableau II.7.

Dans l'industrie des boissons, il n'est pas possible de réduire sensiblement le volume des eaux résiduaires. Des économies d'eau ne peuvent être réalisées qu'au stade du nettoyage des bouteilles et consistent à prévoir un circuit de rinçage pluri-étagé.

Par contre, la pollution organique peut être réduite de 70 % par retenue et filtration des dépôts de bac et de levure.

**Tableau II.7.** *Composition des eaux résiduaires du nettoyage des bouteilles pour différentes boissons [23]*

Type de bouteille	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	Oxydabilité au KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	pH	Matières décantables (mg/l)
<b>Lait</b>	6,3-25	9,5-46	8,6-10,1	0,1
<b>Limonade sucrée</b>	295-600	928-1196	8,4-8,5	1,5-3,8
<b>Boissons cola</b>	340	1370	10,1	0,2
<b>Boissons de jus de fruits</b>	450	1320	9,4	2,5
<b>Vinaigre</b>	15	27	7,7	0,2

Les méthodes appliquées pour le traitement des divers produits agro-alimentaires ont pour conséquences des modifications tantôt mécaniques, d'autres fois thermiques, d'autres fois encore microbiologiques, des matières premières. Ces modifications, à leur tour, exercent une action sur la nature et la composition des eaux résiduaires produites.



Pour toutes ces raisons, il n'est pas toujours possible non plus de considérer le traitement de ces eaux résiduaires sous le même angle que celui des eaux usées ménagères. Le traitement séparé d'eaux résiduaires ou de résidus spécialement concentrés, revêt dans bien des cas, une importance déterminante pour la solution du problème des eaux résiduaires.

Les résidus solides de la plupart des industries agro-alimentaires peuvent être valorisés avec des techniques appropriés en agriculture. [1]



*CHAPITRE III*



Les industries agroalimentaires, de par la nature de leurs productions, sont grandes consommatrices d'eau de très bonne qualité.

La totale implication de l'agroalimentaire dans la chaîne de l'eau conduit donc à ce que la préservation de la ressource constitue une de ses priorités.

Parmi les principaux investisseurs, on retrouve les sucreries, les industries du grain, le secteur de la viande et, enfin, les laiteries et les conserveries. Cependant, dans l'ensemble de ces activités, les interventions liées à des mesures préventives ou à la recherche et aux innovations représentent une part relativement modeste

Bien souvent, la lutte contre la pollution reste une action qui ne s'intéresse pas aux procédés de fabrication, pourtant à l'origine des rejets dont la gestion ne doit plus être considérée aujourd'hui comme fatale.

Par ailleurs, l'eau ne doit pas être considérée comme un banal fluide, mais comme une matière première de qualité. A tous les niveaux (dans les procédés, pour les lavages, pour le refroidissement ...), gérer l'eau, c'est économiser sans relâche, tant au niveau des consommations que des pollutions.

En outre, il convient de rappeler que quelles que soient les pistes qui peuvent être proposées, il n'y a pas de solutions toutes faites mais toujours des cas particuliers. [24]

### **III.1. Intérêt d'une gestion globale de l'eau [25]**

#### **III.1.1. Réduction et maîtrise des coûts**

Le présumé paradoxe que constitue la conciliation du développement économique et de la préservation de l'environnement est à présent couramment admis comme la base d'un développement durable et, de ce fait, promu tant par les pouvoirs publics que par les industriels. Il est possible de faire de l'environnement un atout, un facteur de développement économique. La gestion de l'eau doit ainsi se réaliser au cœur des systèmes de production, afin non seulement de minimiser mais, également, de maîtriser les dépenses.

Afin d'aboutir, pour un établissement, à des solutions d'épuration qui soient et demeurent techniquement fiables et financièrement acceptables, il convient de maîtriser au maximum les débits et les flux générés dans les ateliers de l'usine. Cela se traduira également par une maîtrise plus forte des procédés de fabrication et par une réduction des coûts de production (pertes en matières premières, facture d'eau...).

Les aménagements qui peuvent être réalisés ne nécessitent d'ailleurs pas forcément de gros budgets. La mise en commun des compétences de chacun, un examen attentif des procédés et des pratiques de production induisant des modifications de circuits ou de matériels, ainsi que la formation du personnel à de bonnes pratiques, conduisent à des améliorations sensibles.

Sur les sites anciens, les industriels doivent intégrer cette réflexion pour toute modernisation, toute extension d'atelier, en faisant appel aux meilleures technologies disponibles ; l'implantation des nouvelles unités doit être conçue en envisageant tous les procédés « sobres » possibles.

### **Les redevances**

Les redevances « Pollution » des agences de l'eau sont basées sur des coefficients spécifiques qui sont en fait des ratios de polluants ramenés à la production. Plus le flux polluant sera faible, plus faibles seront ces coefficients spécifiques, ce qui se traduira d'emblée, à activité égale, par une réduction des redevances « Pollution ».

De même, dans le cas d'un prélèvement direct, la diminution des consommations d'eau permet une économie sur la redevance « Prélèvement ».

Dans le cas d'un rejet au réseau communal, la réduction des flux polluants générés verra également la réduction des redevances d'« Assainissement ».

### **Coûts de stockage et de traitement des déchets**

Les coûts de traitement, mais, aussi, de mise en décharge des déchets sont également en pleine croissance.

La réduction et la maîtrise des productions des déchets conduisent à des économies grâce à la réduction de gaspillages de matières premières et de produits finis, mais également grâce à la récupération, au recyclage, à la valorisation des déchets, lorsque cela est possible, et à la rationalisation de leur stockage et de leur élimination, lorsqu'ils ne sont pas récupérables.

### **Coûts du traitement des eaux résiduaires**

Si un industriel s'oriente vers une solution curative plutôt que vers une solution préventive, il lui faudra construire et entretenir des ouvrages d'épuration. Or, une station d'épuration, outre le fait qu'il s'agit d'un investissement improductif, est un outil qui coûte cher et dont l'exploitation demande beaucoup d'attention.

La réduction des pollutions et des flux hydrauliques pourra permettre la maîtrise des coûts d'investissement et évitera ainsi l'implantation ou l'extension d'un dispositif d'épuration en cas d'augmentation de production.

D'importantes économies peuvent être réalisées sur les coûts d'exploitation : maintenance, main-d'œuvre, consommables, produits, énergie, traitement et destination des boues.

### **III.1.2. Respect des contraintes environnementales**

Tout industriel est directement concerné par le problème, parce que le législateur l'a rendu responsable des déchets et des rejets qu'il produit ainsi que des dommages que ceux-ci peuvent causer à l'environnement, même s'il en a délégué l'élimination à un tiers.

**Exigences réglementaires**

Dans le cas de rejets au milieu naturel, les exigences réglementaires de plus en plus poussées [13,14] contraignent les industriels à mettre en œuvre des dispositifs d'épuration de plus en plus sophistiqués et de plus en plus coûteux.

Lorsque l'entreprise est soumise à simple déclaration, ce sont les arrêtés types généraux ou relatifs à son secteur d'activité qui font foi.

Dans le cadre d'un raccordement au réseau public, la maîtrise des rejets d'un établissement peut permettre la mise en conformité par rapport aux exigences des conventions de raccordement, une efficacité accrue des prétraitements et, éventuellement, une révision des clauses techniques de la convention et de leur incidence financière.

**Anticipation des évolutions réglementaires**

Le choix entre un investissement au cœur des procédés et un traitement final doit également prendre en compte l'évolution possible de la réglementation. Un changement réglementaire intervenant pendant la durée de l'amortissement pourra compromettre la rentabilité d'un traitement curatif plutôt que préventif. La mise en place de nouveaux seuils réglementaires pourrait aboutir à rendre obsolète le traitement choisi ou, tout au moins, nécessiter l'application d'un traitement supplémentaire.

**Accès aux normes de management environnemental**

Les actions de gestion préventive des eaux usées s'inscrivent parfaitement dans une démarche de management environnemental et, à ce titre, constituent une solide base de départ pour un accès à la norme ISO 14001.

**III.1.3. Fiabilité de l'épuration**

Au-delà des aspects financiers relatifs à l'épuration des eaux, il convient de garantir le fonctionnement des ouvrages et la qualité des rejets.

Le dimensionnement des installations d'épuration des eaux s'appuie sur l'évaluation de la charge polluante à traiter et des débits. Il est inutile de surdimensionner initialement les ouvrages ; un flux régulier et limité conduit à un traitement plus efficace et plus sûr en aval.

La réduction des charges polluantes à la source doit également être recherchée dans tout projet puisqu'elle est beaucoup plus fiable qu'un traitement en aval. Une meilleure connaissance des arrivées permet une anticipation des événements et, ainsi, une prévention des dysfonctionnements de la station.

### **III.1.4. Actions sur la production**

La pollution est induite généralement par des pertes de matières ou de fluides qu'il convient de récupérer. Dépolluer à la source permet d'économiser, en améliorant le bilan matière. Des gains de productivité sont généralement constatés.

Une meilleure gestion peut également conduire à une amélioration des conditions de travail, d'hygiène et de sécurité. L'augmentation du sens des responsabilités du personnel peut ainsi conforter des actions de réduction des accidents du travail.

Il est également pertinent d'inscrire la démarche « technologie propre », c'est-à-dire la mise en place de procédés ou pratiques limitant les impacts sur l'environnement en réduisant la consommation d'eau ou la production de déchets et d'eaux usées, dans la démarche qualité : l'adoption d'une technologie propre, qui peut conduire à une meilleure maîtrise du procédé, peut aussi permettre d'améliorer la qualité des produits.

### **III.1.5. Amélioration de l'image de marque**

Pour la défense du site tout d'abord, il convient d'avoir une image positive auprès des riverains, des élus locaux et des associations.

Au-delà de la qualité des produits, les consommateurs se soucient de plus en plus des conditions de production. Les mesures prises par l'entreprise visant à mieux respecter l'environnement sont des atouts pour développer son image d'entreprise responsable et écologique auprès du public.

Cette différenciation positive peut également jouer son rôle auprès des distributeurs. Certains donneurs d'ordre inscrivent d'ores et déjà de tels critères dans le cahier des charges de leurs fournisseurs et font même réaliser des audits sur ces bases.

## **III.2. Les usages de l'eau dans les IAA (Industries Agro-Alimentaires)**

Les industries agroalimentaires sont très exigeantes pour leur approvisionnement en eau tant en volume qu'en qualité.

Les volumes consommés par les établissements exerçant une même activité agroalimentaire sont très variables en fonction non seulement du process, mais également du niveau de gaspillage et du recyclage. De par sa nature et ses propriétés, l'eau se retrouve à de multiples postes d'utilisation parmi lesquels on peut citer notamment :

- le lavage et le rinçage des matières premières à leur réception, des produits en cours de transformation, des produits finis (tubercules, légumes, fruits, poissons)
- le lavage des récipients de conditionnement final (bouteilles, bocaux, boîtes métalliques)
- le transport de matières premières, de produits finis (légumes, fruits), de déchets (matières stercoraires, plumes)

- l'emploi comme matière première pour des jus et bouillons de cuisson, pour les glaces et les sorbets, l'eau de coupage des boissons alcoolisées, l'eau de reconstitution de jus de fruit à partir de concentrés
- le trempage (de l'orge dans les malteries)
- l'extraction ou la purification d'un des composants contenus dans un mélange de plusieurs substances à l'état de solide ou de liquide (industrie de la fermentation, amidonnerie, glucoiserie)
- la cuisson, le blanchiment, l'appertisation
- le refroidissement des produits (chaudins en boyauderie)
- le lavage des matériels (récipients de manutention, paillasses des laboratoires de fabrication...), des sols, des canalisations et des appareils de process
- l'emploi comme fluide caloporteur : eaux de chauffage et de climatisation des locaux de production et des bureaux
- l'emploi comme vapeur d'alimentation des pasteurisateurs, des stérilisateurs, des bacs de blanchiment, d'appertisation, de précuisson
- le refroidissement des pasteurisateurs, des stérilisateurs, des groupes frigorifiques ;
- l'humidification d'air des centrales de climatisation (particulièrement pour les zones sensibles et ultrasensibles)
- les usages sanitaires.

En industries agroalimentaires, certaines activités génèrent plus d'eau qu'elles n'en consomment, du fait de la teneur en eau des matières premières (sucrieries, féculeries...). Ces eaux devront être traitées si nécessaire.

### **III.3. Caractéristiques des effluents des IAA [26]**

#### **III.3.1 Composition des effluents**

Les rejets des industries agroalimentaires sont généralement très concentrés, notamment en matières organiques biodégradables, compte tenu des produits traités.

Les graisses peuvent être présentes en quantités très importantes, particulièrement dans les secteurs de la viande, des plats cuisinés ou de la beurrerie.

Suivant le type d'activité, le taux de matières en suspension (MES) est plus ou moins important, mais leur présence est fréquente.

Les effluents sont généralement dépourvus de substances immédiatement toxiques et présentent une grande variation des concentrations en nutriments, suivant notamment le type d'activité.

Certaines activités peuvent avoir des rejets importants en sels, notamment dans le cas d'utilisations de saumures.

### III.3.2 Caractéristiques physiques

Les effluents de l'industrie agroalimentaire se caractérisent généralement par une température élevée. Les jus de cuisson, les eaux de refroidissement sont à une température supérieure à 30°C. Cela implique un refroidissement ou la mise en place de bacs tampons dans l'usine, à la source de chaleur, ou à la sortie de l'établissement, avant rejet, afin d'abaisser les températures. Cette disposition est très importante dans le cas d'effluents gras, afin que la température des eaux ne vienne pas perturber le fonctionnement des ouvrages de dégraissage.

De par leur nature organique et fortement biodégradable (rapport DCO/DBO de 1 à 3 en général), les effluents stockés sont très fermentescibles. Un stockage trop important, non aéré ni brassé, conduit à une acidification des effluents et à la génération d'odeurs trop importantes.

Des variations instantanées importantes des flux polluants journalières (lavages de fin de journée), hebdomadaires (lavages de fin de semaine) et saisonnières (activité saisonnière) sont une des caractéristiques de ces effluents. Cela dépend bien évidemment du type d'activité.

### III.3.3 Critères d'évaluation de la pollution

- La DCO (demande chimique en oxygène) correspond à la consommation globale à chaud de l'oxygène du dichromate de potassium

Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que des sels minéraux oxydables.

- La DBO ou Demande Biochimique en Oxygène correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau.

-Les MES ou matières en suspension ces particules minérales ou organiques sont présentes dans les eaux naturelles ou polluées. Les MES comprennent les matières décantables et les colloïdes, mais pas les matières dissoutes.

Les MES réduisent la luminosité des cours d'eau et limitent de ce fait l'activité biologique. Elles peuvent également nuire à la faune piscicole en se déposant sur les branchies. Présentes en grandes quantités, elles occasionnent des dépôts intempestifs.

-L'azote Kjeldahl correspond à la teneur en azote organique et ammoniacal d'un échantillon exprimé en N



L'azote ammoniacal représente la somme des formes ions ammonium et azote ammoniacal libre.

Le phosphore total couvre l'ensemble des formes phosphorées présentes dans l'eau (phosphates, polyphosphates et organophosphates)

Les nutriments participent notamment aux phénomènes d'eutrophisation des lacs et des cours d'eau et présentent un risque de pollution des nappes souterraines. A dose élevée, les nitrates constituent un risque pour la santé humaine.

-Les matières inhibitrices représentent la toxicité immédiate d'un effluent par mesure de l'inhibition de la mobilité d'un crustacé cladocère.

- Le pH (potentiel hydrogène) représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur l'équilibre ionique des autres éléments en augmentant ou diminuant leurs toxicités.

Un pH mal contrôlé peut également être à l'origine des phénomènes de corrosion dans les ouvrages de traitement ou les conduites d'amenée des effluents.

-Les graisses peuvent être mesurées soit par extraction au chloroforme (SEC – substances extractibles au chloroforme), soit par extraction à l'hexane (SEH – substances extractibles à l'hexane).

Outre les dépôts fermentescibles, et donc fortement odorants, qui peuvent se former sur les conduites ou dans les postes de relèvement, les graisses peuvent être la cause d'une dégradation des ouvrages (acides gras) et d'une réduction des rendements épuratoires.

Salinité : Une concentration forte des sels peut être à l'origine de perturbations importantes du fonctionnement des ouvrages d'épuration (bactéries sensibles aux variations de salinité).

### **3.3.4 Consommations spécifiques et ratios de pollution**

La nature des eaux des industries suivant le type d'activité peut être caractérisé par des ratios de pollution et des consommations spécifiques par rapport à la production, dont la définition est donnée ci-dessous :

Consommation spécifique = Consommation/référentiel de production

Ratio de pollution = Flux polluant/référentiel de production

Les consommations spécifiques et les ratios de pollution de quelques IAA sont donnés dans le tableau III.1 avec les référentiels de production à considérer pour chaque activité.

Évidemment, au sein d'une même activité, la fourchette des consommations spécifiques et des ratios de pollution est grande et fonction de la variété des process, du niveau de recyclage et de gaspillage.

Un établissement néanmoins largement au-dessus des valeurs moyennes constatées dispose d'une grande marge de progrès.

**Tableau III.1. Consommations spécifiques et ratios de pollution par activité**

Activité	Référentiel de production	Consommation spécifique (L/...)	Ratio de pollution (gDBO/...)	Ratio de pollution (gMES/...)	Ratio de pollution (gN/...)	Ratio de pollution (gP/...)
Conserve de légumes aériens	kg de produit fini	5 à 10	10 à 30	10	0,7 à 1	0,1 à 0,2
Conserve de légumes racines	kg de produit fini	15 à 40	20 à 30	10 à 20	0,7 à 1,5	0,1 à 0,3
Conserve de champignons	kg de produit fini	15 à 30	12 à 18	5 à 15	1 à 3	0,4
Conserve de poisson	kg de produit fini	16	10 à 30	15	3	0,5
Saurisserie	kg de produit fini	6	9		0,9	0,2
Conditionnement poisson	kg de produit fini	6,6	3,7	3 à 4	0,5	0,1
Salaisons	kg de produit fini	6 à 10	8 à 15	6	0,5 à 2	0,2 à 0,5
Andouillerie	kg de produit fini	7	30		4	0,6
Plats cuisinés	kg de produit fini	6,5	15 à 25	6 à 11	1 à 2	0,2
Abattoir polyvalent	kg carcasses abattues	6 à 9	16	7 à 12	1,8	0,2 à 0,4
Abattoir porcs	kg carcasses abattues	2,5 à 4,5	6,5	7	0,8 à 1	0,2
Abattoir poulets	kg de volailles abattues	6 à 8	8 à 12	5 à 11	1,2 à 1,8	0,1 à 0,2
Abattoir dindes	kg de dindes abattues	4 à 6	2 à 4,5	3	0,7	0,5 à 1
Abattoir poules	kg poules abattues	6 à 8	25 à 50	8 à 10	1,3	0,2
Equarrissage : procédé à sec	kg de matière première	1	7	0,7	0,7	0,02
Boulangerie industrielle	kg de produit fini		0,7 à 1	1	0,1	0,01
Viennoiserie	kg de produit fini	0,7	3,5		0,1	0,1
Fromagerie pâte molle	Litre de lait	2,5	1,5 à 3	0,8 à 1,2	0,2	0,1 à 0,4
Fromagerie pâte filée	Litre de lait	3	7	1,5	0,2	0,1 à 0,5
Production crème ou beurre	Litre de lait équivalent	1	1,5 à 3,5	2,5	0,1 à 0,2	0,03 à 0,1
Production de poudre de lait	Litre de lait équivalent	1 à 3	0,3 à 1	0,1	0,01	0,01
Production de yaourts et desserts lactés	Litre de lait	2 à 2,5	6 à 11	2 à 3,5	0,2 à 0,4	0,2 à 0,4
Production et conditionnement de vin	Litre de vin	1	5	1		
Boissons non alcoolisées	hL produit	150 à 300	250	11	0,5 à 2	0,7
Malterie	kg d'orge	0,3 à 4,5	4			
Brasserie	Litre de bière	4 à 7	8	2,1		
Production d'alcool de blé	kg de blé travaillé		2,6	0,8	0,1	0,03
Sucrerie/distillerie	kg de betterave	1,5 à 3,5	4,2	90 à 100	0,2 à 0,5	0,01 à 0,02

(1) DBO : demande biologique en oxygène ; MES : matières en suspension ; N: azote réduit ou Kjeldahl ; P : phosphore total

### III.4. Audit préliminaire [27,28]

C'est la première étape lorsque l'on envisage une diminution de la consommation d'eau et une réduction des rejets.

La diversité des rejets industriels implique principalement qu'il n'y a pas de solution tout faite à appliquer à un établissement, qui doit toujours être considéré comme un cas particulier. Il est donc indispensable de mettre en œuvre une analyse initiale qui permettra de recenser les consommations d'eau et les rejets par atelier et par type de fabrication, sur des cycles complets de production.

Il est souvent utile, avant de démarrer l'étude proprement dite, de consulter le service « Achats », afin de comparer les flux entrants et les quantités de produits finis. On pourra ainsi définir le volume et le montant des pertes, ce qui pourra éventuellement suffire à convaincre de l'intérêt financier de cet audit.

#### a) Établissement des données générales de base

Les principales opérations à réaliser avant toute chose sont :

- l'élaboration d'un schéma de fabrication par relevé des activités : quantités mises en œuvre, quantités produites, nombre et fréquence des opérations de lavage
- la mise en place d'un synoptique des utilisations et des rejets d'eau qui devra notamment comporter :

- un recensement et un descriptif de l'ensemble des points d'eau de l'usine : nature de l'eau utilisée (eau de nappe, eau de surface, eau du réseau de distribution), prétraitements et traitements éventuels, existence de compteurs
- une identification des points de distribution d'eau avec leur localisation dans l'usine (eau industrielle et eau domestique), leur type (robinets, vannes, jets, lances), l'existence de compteurs
- une synthèse globale de « l'existant » en effectuant un bilan par utilisation et un bilan global, en identifiant les points forts et les points faibles du réseau de distribution

— le recensement des réseaux de collecte et la mise en place d'un plan de ces réseaux (eaux propres, eaux pluviales, eaux usées, eaux recyclées), l'identification des postes de relèvement, des déversoirs, des by-pass, des alarmes sur les by-pass et l'examen de l'état des réseaux et de tous les ouvrages connexes.

#### **b) Connaissance de la pollution rejetée et de ses variations par rapport à la production**

Elle se fera par la mise en place d'une campagne de mesures et de prélèvements au rejet général et par atelier, voire par machine. Dans le cas d'ouvrages de prétraitement et de traitement, une mesure en amont et en aval des ouvrages doit être réalisée.

Ces mesures globales doivent conduire à des mesures du débit en continu, à un enregistrement en continu du pH et de la température, au prélèvement d'échantillons moyens journaliers proportionnellement au débit, à un relevé des compteurs d'eau.

L'ensemble des niveaux d'activité doit être relevé et, notamment, les quantités mises en œuvre, les quantités produites, le nombre et la nature des opérations de lavage, l'estimation des purges de déconcentration...

#### **c) Recensement et localisation des points de consommation d'eau**

Les principaux postes de consommation d'eau ont pour origine le process, les lavages, la production de vapeur, les usages sanitaires et domestiques.

Outre la détermination et l'évaluation des consommations, il faudra effectuer :

- pour le process : un bilan thermique et le recensement des compteurs existants
- pour les lavages : un bilan thermique, le recensement des compteurs existants, la détermination des modes de lavage et des lieux de consommation

- pour la vapeur : le relevé des compteurs d'appoint, l'estimation des purges de déconcentration, la nature et la quantité des produits de traitement d'eau pour vapeur utilisés
- pour les usages sanitaires et domestiques : la localisation des points d'eau.

#### **d) Recensement et localisation des sources de pollution**

Les principales sources de pollution se situent :

- au niveau du process : eaux de cuisson, condensats, pertes des lavages des matériels et des sols, débordements de contenants, fuites, pertes de matières...
- au niveau sanitaire : eaux vannes, eaux de lavage domestique
- au niveau de la chaufferie : purges de déconcentration, retours de condensats, régénération de résines
- au niveau du refroidissement : purges de déconcentration.

#### **e) Hiérarchisation des priorités en fonction des impacts environnementaux**

C'est à ce moment-là qu'il faut effectuer un bilan de la campagne de mesure : volume d'eau consommée, volume d'eau rejetée, charges rejetées, bilan thermique.

#### **f) Propositions de réduction des consommations d'eau et des flux polluants**

Elles se situent :

- au niveau du process : collecte sélective, recyclage, réduction de pertes
- au niveau du lavage : utilisation de matériel sous pression, recyclages d'eau, lavages à contre-courant
- au niveau du refroidissement : mise en place de groupes de production d'eau glacée, d'échangeurs tubulaires ou à plaques
- au niveau des réseaux : séparation des réseaux eaux usées/ eaux propres
- au niveau du bilan thermique : amélioration de la récupération d'eau chaude.

### **III.5. Mise en place d'indicateurs**

Il convient au préalable à toute décision de connaître l'ensemble des obligations réglementaires auxquelles l'entreprise est soumise afin de déterminer les seuils indicatifs.

Les obligations contenues dans les conventions de raccordement font partie de celles-ci.

#### **III.5.1 Mesures des rejets**

Il est indispensable de s'équiper en matériel de mesure et, notamment, de disposer de compteurs à chaque poste, d'un ou de plusieurs canaux de mesure (débitmètres, préleveurs-échantillonneurs) à la sortie de l'établissement et/ou de chaque atelier.

### III.5.1.1 Mesure des débits et des concentrations

#### a) Mesure des débits

Il existe deux grandes méthodes de mesure de débit : en canal ouvert (déversoirs à paroi mince ou à canaux jaugeurs associés à des capteurs de types divers) et en conduites fermées (débitmètres déprimogènes, électromagnétiques, à effet vortex, à ultrasons...).

Le choix d'un débitmètre est fonction d'un certain nombre de critères d'utilisation (nature des effluents, variation du régime hydraulique...) et d'implantation (accessibilité...) ainsi que de critères de coût et de maintenance. Quel que soit le type de débitmètre utilisé, il devra comporter un système d'enregistrement des débits et de totalisation des volumes mesurés. Il devra, par ailleurs, subir un étalonnage régulier.

#### b) Échantillonnage par préleveurs-échantillonneurs

Le point de prélèvement doit être choisi de manière que les effluents prélevés soient le plus homogènes possible.

Les prélèvements peuvent se réaliser en instantané, en continu ou séquentiellement (asservis au débit, asservis au temps), mais les échantillons les plus représentatifs de la qualité globale des eaux résiduaires (qui ont généralement des débits et des concentrations instantanées variables) sont proportionnels au débit.

Un certain nombre d'appareils permettent d'effectuer un échantillonnage proportionnel au débit, parmi lesquels les deux principaux sont les préleveurs à air comprimé et/ou à dépression et les préleveurs par pompage.

Une collecte en enceinte isotherme ou réfrigérée (4°C) permet d'éviter ou, tout au moins, de ralentir les réactions physiques, chimiques ou biologiques qui pourraient altérer la composition des échantillons.

#### c) Mise en place d'un autocontrôle

La définition d'un protocole de suivi des rejets doit être établie.

Suivant la charge et la nature des polluants mais, également, la variabilité des effluents, les analyses devront être réalisées à une fréquence plus ou moins grande.

Si les prélèvements sont hebdomadaires ou mensuels, il convient de décaler successivement les jours de prélèvement (exemple : lundi de la première semaine, mardi de la deuxième...) afin d'avoir une représentation des différents jours de production.

### III.5.2 Mesures des consommations d'eau

Un chiffrage global des consommations d'eau doit être réalisé par relevé systématique de l'ensemble des compteurs d'arrivée d'eau de l'usine. Les forages ou les pompages en eau de

surface doivent également être équipés de compteurs, si possible avec enregistreur et analyseur de données, et être facilement accessibles.

Cette mesure est cependant peu détaillée et il convient de mettre en place des compteurs par activité/ par atelier/ par type d'utilisation (eaux de refroidissement, de procédés, de vapeur), afin de pouvoir rechercher les postes consommateurs, mais également de suivre les consommations atelier par atelier.

### **III.5.3 Indicateurs de performances sur les points prioritaires**

#### **a) Consommations spécifiques et ratios de pollution**

Les consommations spécifiques et les ratios de pollution qui ont été définis précédemment peuvent être établis pour l'usine par relevés des compteurs et mesures des flux polluants. Ils constituent alors de véritables indicateurs de performances.

#### **b) Tableaux de bord**

Il convient, par la suite, de mettre en place une base de données sur les consommations d'eau dans chaque atelier, et sur les volumes et les flux polluants en sortie d'établissement ou de certains ateliers.

Des graphiques pourront être réalisés qui présenteront les évolutions des consommations spécifiques et des ratios de pollution dans le temps.

La comparaison par rapport aux moyennes de mêmes activités permet la définition des marges de progrès de l'établissement.

#### **c) Contrôles**

Un contrôle des valeurs mesurées doit être réalisé systématiquement, afin de permettre d'identifier et de corriger les dérives éventuelles par rapport aux seuils fixés. Cela peut permettre notamment de mettre en évidence des phénomènes de fuites ou de déviance des pratiques en matière d'utilisation d'eau et de gaspillage. Il convient également de réaliser un suivi sur des périodes d'inactivité (arrêt de la chaîne, nuit, week-end), afin de vérifier qu'aucun rejet non prévu n'est effectué.

### **III.6. Connaissance des réseaux d'évacuation d'eau**

Les eaux usées et les effluents des IAA sont collectés par un réseau spécialisé et dirigés soit vers la station de l'usine, soit vers le réseau public. On doit donc disposer d'un plan des réseaux à jour.

L'utilisation de différentes couleurs pour le repérage des circuits d'eau brute, d'eau claire ou d'eau recyclée, est absolument fondamentale.

L'actualisation des documents concernant la structure des réseaux d'évacuation peut permettre d'éviter des erreurs de branchement mais, également, facilite les interventions.

### III.6.1 Conception des réseaux

Le positionnement des ateliers par rapport aux dispositifs de traitement doit être optimisé afin de permettre une évacuation efficace des rejets et des déchets.

Le coût de l'épuration dépendant étroitement du volume à traiter, la séparation des eaux propres (eaux pluviales, eaux de refroidissement, eaux de rinçage des bouteilles neuves, condensats d'évaporation...) est un préalable indispensable. Ces eaux propres peuvent être généralement envoyées en rejet direct ou recyclées.

Les collecteurs doivent être spécialisés. Il convient de séparer et de regrouper les flux le plus en amont possible afin d'éviter d'inutiles dilutions et d'optimiser les réutilisations et les valorisations (eaux concentrées, eaux boueuses avec recyclages, eaux grasses qu'il faut dégraisser). Les eaux de qualité comparable doivent être regroupées le plus possible afin d'envisager progressivement des traitements spécifiques.

Les réseaux doivent être conçus de manière à permettre une bonne accessibilité pour des mesures par atelier ou par poste.

Il est souhaitable de privilégier les collecteurs facilement accessibles (trappes de contrôle à intervalles réguliers), afin de détecter des fuites ou des rejets excessifs.

### III.6.2 Installation de filtres sur les réseaux d'évacuation

Des paniers dégrilleurs en inox ou en plastique doivent être installés dans les siphons ou au niveau des points d'écoulement d'eau. Ce sont des dispositifs économiques qui évitent le colmatage éventuel des canalisations et des postes de relevage ainsi que l'augmentation des charges polluantes ultérieures par dilacération dans les pompes et les circuits des matières qu'ils retiennent. Les mailles de ces paniers sont généralement comprises entre 5 et 20 mm. Leur vidange régulière (avec non-possibilité de réaliser celle-ci par rejet direct à l'égout) permettra d'éviter leur colmatage, donc, les débordements.

Ces débordements peuvent être également évités en prévoyant un nombre suffisant de caniveaux et de siphons, afin d'assurer une évacuation rapide des eaux usées.

### III.7. Optimisation des circuits d'eaux propres

Les eaux de refroidissement ou les eaux de chaudières s'emploient généralement à des débits élevés. Il convient de réduire ces consommations d'eau par l'adoption de circuits fermés ou semi-fermés ou par l'utilisation de l'eau réchauffée à d'autres postes de fabrication.

- **Adoption de circuits de refroidissement fermés ou semi-fermés**

Les principaux points suivants sont à respecter.



Dans les circuits fermés, l'eau est refroidie par contact avec un fluide secondaire (air ou eau) et est alors recyclée sans contact avec l'air. Par contre, dans les circuits semi-fermés, l'eau est refroidie par une évaporation dans un réfrigérant atmosphérique avant recyclage.

Les compresseurs frigorifiques utilisant de l'eau devront alors être remplacés par des compresseurs avec aérocondenseurs (refroidissement à l'air). Les systèmes de refroidissement pourront être améliorés par mise en place de groupes de production d'eau glacée, d'échangeurs tubulaires ou à plaques. Dans les cuveries, il conviendra de supprimer le refroidissement en eau perdue en les équipant, par exemple, de systèmes de hermorégularisation automatisés avec circuit intégré.

Les eaux de refroidissement chaudes peuvent par ailleurs être réutilisées à d'autres postes de consommation.

- **Réutilisation des condensats en chaudière**

La chaudière reçoit de l'eau d'alimentation provenant soit des retours de condensats, soit d'eau neuve (qui peut alors être de l'eau recyclée d'un autre poste). Après la zone de vaporisation, l'eau condensée en partie basse peut être recyclée. Des purges régulières des circuits sont nécessaires.

- **Recyclage des eaux propres vers d'autres usages**

De même que les eaux de refroidissement, les condensats d'évaporation sont des gisements importants d'eaux propres. Ces eaux peuvent être recyclées et leur traitement complémentaire éventuel par osmose inverse, UV, ou ozonation autorise une réutilisation encore plus noble (eaux de chaudière, eaux de refroidissement, mais les recyclages dans ces postes-là sont souvent limités par l'existence d'une faible portion de pollution organique dissoute qui peut permettre le développement de bactéries et d'algues non désirées dans les circuits).

Les eaux de stérilisation, qui sont chaudes, peuvent être réutilisées par transfert vers les postes d'eau chaude de l'usine.

Les surplus d'eaux récupérées peuvent également être utilisés pour le nettoyage externe des camions et des sols des aires de réception.

- **Rationalisation de l'approvisionnement en eau**

De nombreux forages ou pompes fonctionnent en tout ou rien.

Il convient d'équiper les forages de bâches tampons et de moduler les prélèvements en fonction de l'activité de l'usine.



### **III.8. Production plus sobre [29 à 32]**

Chaque fois que l'on va réduire les consommations d'eau et les rejets d'un procédé sans avoir recours à un traitement de bout de chaîne, on utilise une technologie sobre, dite « technologie Propre ».

#### **III.8.1 Définition d'une technologie propre :**

On peut distinguer trois niveaux d'intervention par ordre croissant d'investissement et d'implication.

##### **a) Optimisation des procédés existants**

Il s'agit en fait de prendre des mesures de bon sens comme la « chasse » aux gaspillages. La réduction des rejets se réalise alors par optimisation du procédé existant sans le remettre en cause fondamentalement.

Les modifications sont simples et facilement réversibles.

Elles concernent l'amélioration du rendement en matières et en énergie, la prévention des fuites et des pollutions accidentelles, la collecte sélective des fluides et des déchets. Elles relèvent plutôt d'une remise en ordre des ateliers, du contrôle des points d'apparition des pollutions et d'une gestion précise des différents flux.

##### **b) Modification des procédés**

Dans ce cas, le cœur du procédé reste inchangé, seule une modification d'une technologie intervenant dans le procédé est réalisée, soit en amont par changement de matières premières ou d'adjuvants, soit en aval par recyclage des déchets ou des fluides. Il y a donc une amélioration du procédé dans un sens moins polluant, mais celle-ci n'est pas irréversible.

##### **c) Changement radical de process**

Le procédé de fabrication est complètement transformé et devient intrinsèquement moins polluant. Le changement est irréversible.

De tels procédés peuvent nécessiter une recherche technologique spécifique et même un retour à la recherche fondamentale.

Nous allons reprendre plus en détail, dans les paragraphes suivants, ces trois niveaux d'intervention.

#### **III.8.2 Optimisation des procédés existants**

##### **a) Limitation des pertes**

Les pertes peuvent être constituées de produits souvent coûteux (matières premières, produits finis, adjuvants...). Deux principes peuvent être adoptés :

- l'utilisation du minimum de matières pour chaque opération avec optimisation des contenants afin d'éviter tout phénomène de débordement inopportun ;
- la récupération systématique des résidus qui peuvent être recyclés ou réutilisés, ainsi que la minimisation de leur production.

- **Chasse aux gaspillages**

De nombreuses pertes de matières se produisent dans le process, qui pourrait être évitées par une meilleure maîtrise des opérations (réduire les ratés de production, éviter les débordements, les fuites à l'embouteillage).

L'ensemble du matériel doit être surveillé afin de prévenir toutes les fuites de produit.

Si l'eau entre dans la composition finale d'un produit, il est astucieux de l'incorporer en dernier. Elle aura un « effet de pousser » vis-à-vis des ingrédients et limitera les pertes tout en abaissant la charge polluante des tuyauteries lors du nettoyage.

L'optimisation des paramètres de fonctionnement des ouvrages de production peut permettre des réductions de pollution.

- **Réduction des manipulations**

La production doit être optimisée afin de comporter le moins de manipulations possible et donc de générer le moins de manœuvres inopportunes.

- **Contrôles automatiques**

Les contrôles automatiques des effluents, notamment à la sortie d'ateliers sensibles, par des mesures en continu et rapides à l'aide de turbidimètres, conductimètres, colorimètres, pH-mètres, ces systèmes étant reliés aux postes de commande, peuvent permettre la limitation des petites pollutions accidentelles. Il conviendra alors de définir des seuils et des procédures d'alerte.

**b) Limitation des consommations d'eau**

Les consommations d'eau doivent être limitées, en particulier en adoptant un certain nombre de bonnes pratiques, comme la fermeture des robinets non utilisés ou la régularité et la continuité des procédés de fabrication.

**c) Amélioration de la récupération des sous produits et des déchets**

Les déchets liquides ou pâteux très concentrés ne doivent pas être tolérés dans les systèmes d'évacuation.

Une récupération optimale s'associe à une valorisation maximale.

Une bonne valorisation est en effet la meilleure garantie de non-pollution.

Il ne faut pas oublier que la valorisation de certains sous-produits peut générer la production de jus qu'il conviendra de traiter de manière appropriée ; c'est le cas pour le pressage des

déchets verts en production de légumes de la 5e gamme (légumes prêts à l'emploi sous conditionnement protecteur) ou des matières stercoraires en abattoir.

### **III.8.3 Modifications des procédés**

La réglementation stricte en matière de qualité bactériologique de l'eau utilisée dans les procédés en contact direct avec les aliments interdit tout traitement des effluents en vue de leur recyclage. Il est donc nécessaire, avant d'examiner les possibilités de recyclage, d'évaluer le niveau de qualité d'eau de process requis ; l'utilisation d'un fluide ou d'un déchet peut imposer un traitement complémentaire avant recyclage.

### **III.8.4 Remplacement des procédés. Changement de logique de production**

#### **a) Introduction de technologies propres**

Il est rare qu'un changement de procédé soit réalisé dans l'unique but de préserver l'environnement. Mais tout projet de modification de production, toute création de nouvelle ligne doivent être pensés comme l'opportunité d'introduire des technologies sobres. On peut imaginer d'introduire une telle clause dans le cahier des charges des équipementiers afin de systématiser la réflexion.

#### **b) Mise en place d'ateliers spécialisés**

On assiste de plus en plus à la spécialisation des ateliers de production, avec la création d'unités de première transformation alimentant des unités de deuxième transformation. Les conserveries ou les entreprises de plats cuisinés travaillent ainsi des produits déjà lavés, épluchés, les charcuteries travaillent des boyaux déjà grattés, sachant que ces étapes constituent des métiers spécifiques nécessitant des outils d'épuration adaptés. La pollution est mieux gérée dans ce cas que sur un site qui doit assurer l'ensemble des opérations.

#### **c) Optimisation des technologies**

- **Privilégier les procédés utilisant peu ou pas d'eau**

Les procédés de fabrication n'ayant plus recours à l'eau sont à systématiser. On peut ainsi réaliser des épluchages à sec, des transports à sec sur tamis vibrant à la place d'un transport hydraulique, des systèmes de salage à sec au lieu d'utilisation des saumures.

Chaque fois que cela est possible, il faut privilégier les nettoyages mécaniques avec récupération à sec des déchets (secoueur ou ventilateur basé sur des différences de granulométries ou de densité).

- **Privilégier les procédés continus**

La mise en place de procédés continus peut permettre la réduction des pertes et la diminution du nombre de lavages. En effet, chaque arrêt de production nécessite, en général, des lavages supplémentaires pour respecter les conditions d'hygiène.

Ainsi, l'adjonction de plusieurs ingrédients en plusieurs temps peut imposer des lavages intermédiaires qui conduisent à des départs de matières dans les eaux usées. Un mélangeur en ligne peut, par suppression de ces différentes phases, permettre la diminution des eaux de nettoyage.

- **Réduire les manipulations**

La mise en place de chaînes de fabrication entièrement automatisées donne lieu à une réduction des pertes de produits.

La réalisation d'un salage à sec automatique plutôt qu'un salage à la main optimise les quantités mises en oeuvre et donc les rejets.

De même, la rationalisation des conditionnements permet d'éviter leur manipulation et donc les pertes inhérentes. Il est préférable de disposer d'une cuve principale reliée par tuyauterie à la ligne de fabrication que d'un ensemble de bidons qu'il faut transporter, transvaser puis laver.

- **Réduire ou supprimer l'utilisation d'adjuvants**

Un certain nombre de procédés de fabrication font appel à des traitements comportant des adjuvants qui vont eux-mêmes être à l'origine d'une pollution importante.

- **Optimiser les volumes**

Un ensemble de petites cuves présente une surface spécifique souillée plus importante qu'une cuve principale et donc une charge polluante plus importante rejetée au réseau au moment des lavages.

De même, la multiplication des petites marmites de cuisson conduit à des rejets de jus et à des lavages plus importants. Les cuiseurs automatiques fermés permettent de réduire ces phénomènes et présentent également l'avantage de pouvoir être lavés par un dispositif de nettoyage en place.

Les tanks à fond plat peuvent conduire à des stagnations qui nécessiteront un lavage plus important et provoqueront une perte de matière. Les cuves à fond coniques devront être privilégiées.

Le raccourcissement des tuyauteries fait qu'une plus faible quantité de produits reste dans les canalisations avant lavage.

#### **d) Intégration dans la démarche qualité**

Les démarches de réduction de pollution à la source et les démarches qualité vont de pair dans la mesure où une meilleure maîtrise des paramètres de production conduit à une meilleure gestion des eaux et à une meilleure gestion des produits.

Il est donc intéressant de privilégier la réflexion sur les possibilités de technologies propres lorsque l'on aborde les aspects « qualité » dans le process.

### **III.9. Optimisation des nettoyages**

Les lavages représentent une grosse part de la consommation d'eau dans un établissement agroalimentaire. D'une manière générale, ils peuvent représenter de 30 à 90 % des consommations.

Cette proportion est logique dans la mesure où les postes de production doivent être généralement nettoyés à chaque changement de production. Les locaux doivent eux aussi être fréquemment nettoyés pour respecter des conditions d'hygiène très strictes en IAA.

Les procédures de prélavage, lavage, désinfection, rinçage sont en augmentation afin de respecter les exigences sanitaires. C'est avec ces impératifs qu'il faut envisager les réductions de pollution et de consommation d'eau.

Les produits de nettoyage généralement utilisés sont des détergents alcalins qui permettent l'hydrolyse des salissures organiques.

Les détergents acides qui s'attaquent aux dépôts minéraux ne sont généralement pas indispensables, sauf en ce qui concerne le secteur de la fromagerie.

#### **III.9.1 Conception des installations**

La conception des installations consiste essentiellement à faire en sorte que sols et matériels soient facilement nettoyables.

- Les sols doivent être en bon état, peu sensibles aux dépôts de matières. Les revêtements doivent être faciles à nettoyer. Les soudures, les joints, les recoins, doivent être minimisés. A cet effet, il convient de définir une implantation judicieuse des différents matériels au sol.

Les pentes doivent être suffisantes (de 1 à 3 cm par mètre) afin de permettre un écoulement correct de l'eau vers les siphons et les caniveaux, ce qui facilitera les nettoyages et donc réduira la consommation d'eau.

- Les matériels doivent être constitués, en surface, de revêtements peu salissants, aisément nettoyables et pouvant s'égoutter spontanément.

La mise en place de revêtements adaptés dans les fours peut permettre de réduire l'encrassement (phénomène de caramélisation).

Les parties difficiles d'accès (soudures, recoins, changements de diamètre de tuyauterie, coudes) doivent être évitées afin de limiter les surfaces sensibles aux dépôts de matières qui nécessiteront un lavage plus poussé ultérieur.

Le démontage et la vidange des matériels doivent être facilités.

### III.9.2 Nettoyage des sols et des matériels

Il est préférable d'opérer de la façon suivante.

- **Effectuer un prénettoyage à sec**

Il est absolument nécessaire d'effectuer un nettoyage à sec complet avant d'utiliser de l'eau ; cela permet de limiter le risque de bouchage du réseau d'évacuation des eaux usées et de réduire les charges polluantes à traiter, d'autant que le risque de dilacération et de solubilisation de produits est important.

Il peut être réalisé par raclage, brossage ou aspiration. Des balayeuses aspirantes et des autolaveuses peuvent également être utilisées, ce qui permet de coupler une action mécanique au lavage.

Les volumes de solution de nettoyage nécessaire sont alors réduits.

L'aspiration évite la dispersion des souillures lors du brossage et induit un effet séchant réduisant le besoin de rinçage.

- **Réduire le délai entre fin de production et nettoyage**

Le délai entre la fin de la production et le début du nettoyage doit être le plus court possible afin d'éviter le séchage et le collage des souillures qui pourraient rendre leur nettoyage plus difficile.

- **Privilégier les jets à moyenne pression**

Les systèmes de nettoyage sous pression permettent de réduire les consommations d'eau mais il convient de trouver un compromis entre le détachement aisé des souillures des sols et des matériels qui réduisent les consommations d'eau et la dispersion de ces mêmes souillures qui augmente la consommation d'eau.

A cet effet, il peut être préférable d'utiliser des centrales de production d'eau à moyenne pression plutôt qu'à haute pression.

- **Rincer les appareils de manière économique**

Il est préférable de réaliser le rinçage d'appareils ou de récipients en plusieurs fois avec de petites quantités d'eau plutôt qu'en une seule fois avec beaucoup d'eau.

- **Privilégier les eaux chaudes ou la vapeur**

La simple action d'eau pressurisée très chaude permet une diminution des quantités de détergents utilisés ; cela est particulièrement efficace pour les souillures grasses.

Un nettoyage à la vapeur produit le même effet et conduit également à une réduction des consommations d'eau.

- **Utiliser des mousses ou des gels**

Les gels comme les mousses peuvent être utilisés pour les sols et les murs. Du fait d'un pouvoir mouillant plus important que pour les détergents classiques, ils sont consommés en plus faible quantité et nécessitent, pour le rinçage, une consommation d'eau plus faible. Les gels sont à privilégier pour le nettoyage des cuveries, la mousse étant alors plus difficile à extraire.

- **Privilégier les systèmes de fermeture automatique des jets**

L'adaptation de pistolets à arrêt automatique sur les tuyaux de lavage de sol ou sur les lances automatiques implique la présence d'un opérateur pour que l'écoulement s'effectue. Des minuteurs peuvent également être installés.

- **Privilégier les eaux peu chargées pour des lavages moins nobles**

Un certain nombre d'eaux peu ou pas souillées, contenant même parfois des traces de désinfectant, peuvent être utilisées pour des usages moins nobles comme les lavages des cours ou de l'extérieur des camions.

- **Disposer de machines à laver ou de tunnels de lavage**

L'installation de dispositifs de lavages automatiques permet de contrôler et de limiter les consommations et les pertes. Ces dispositifs, comme les tunnels de lavage des petits matériels, restent malgré tout gros consommateurs d'eau et de détergents. Après un pré-rinçage à l'eau claire, les matériels sont lavés avec des solutions lessiviellles puis rincés à l'eau claire.

Un certain nombre de dispositions peuvent cependant être prises.

- **Recyclage des eaux**

La mise en place d'un tunnel de lavage permet le recyclage des eaux de rinçage final en eaux de pré-rinçage, celles-ci étant rejetées ensuite à l'égout ; cela permet une réduction des consommations.

L'asservissement par électrovanne des rampes de rinçage au passage des moules et des grilles peut permettre des économies d'eau importantes.

- **Recyclage des solutions**

Du fait de concentration importante en impuretés, les bains de nettoyage en fromagerie doivent généralement être vidangés à la fin de chaque journée de production. Il est possible de réaliser une filtration tangentielle de ces bains de lavage pour mieux en prolonger la durée de vie. Les vidanges n'ont alors plus qu'à s'opérer toutes les semaines, voire tous les mois. Il convient alors d'adapter les produits lessiviels au seuil de coupure des membranes sélectionnées.

La centrifugation de ces bains peut également être examinée.

### III.9.3 Nettoyage des canalisations

#### a) Vidange des canalisations

Sans la vidange des canalisations avant lavage, des pertes importantes de matières seraient occasionnées.

- **Pousse à l'eau**

La vidange de la canalisation est réalisée par la pousse de la solution liquide par de l'eau. Il se forme alors un front liquide/eau communément appelé « eaux blanches ». Il convient de réduire au minimum la quantité de ces eaux blanches et d'optimiser leur récupération et leur valorisation.

- **Optimisation des vidanges**

Le contrôle des vidanges peut être réalisé tout d'abord manuellement par observation directe. C'est la méthode qui reste malgré tout la plus polluante.

La mise en place d'une temporisation permettra la sélection automatique du seuil de vidange.

Enfin, on peut installer des détecteurs de passage spécifiques, généralement par mesure de la conductivité, mais d'autres moyens de contrôle peuvent être envisagés.

- **Valorisation des « eaux blanches »**

Les eaux blanches, si elles sont à l'origine d'une pollution organique, sont également sources de perte de produits valorisables.

- **Pousse à l'air**

Lorsque les tuyauteries sont longues et les coudes larges, on effectue une pousse à l'air. Il s'agit alors de pousser à l'air comprimé un « obus » (boule de mousse) ou un « diabolo » en résine qui permettra alors le raclage de la conduite avant lavage et la séparation des liquides et de l'eau de lavage.

#### b) Centrale de nettoyage en place

##### - Fonctionnement

Les centrales de nettoyage en place [NEP ou Cleaning In Place (CIP)] réalisent l'élimination des souillures par circulation de solution de nettoyage et de désinfection sans qu'il y ait besoin de démonter les installations.

Le système fonctionne selon le mode : pré-lavage à l'eau claire, lavage avec le bain de solution lessivienne, rinçage à l'eau claire.



Les solutions de nettoyage sont recyclées, permettant ainsi une économie de produits lessiviels. Ces solutions de nettoyage peuvent également être triées par conductimétrie, ce qui améliore encore le rendement.

Une vidange partielle des cuves pour un soutirage des saletés décantées, une filtration ou une centrifugation aident à conserver le bain de solution encore plus longtemps.

Le stockage et la réutilisation de l'eau du dernier rinçage en pré-lavage du cycle suivant permettent des économies d'eau importantes.

#### **- Optimisation**

Il est important de décentraliser les stations, ce qui peut permettre d'ajuster les traitements, en fonction des équipements concernés.

L'optimisation du fonctionnement d'une NEP passe par les étapes suivantes :

- connaissance de la longueur des circuits, du temps nécessaire pour effectuer le circuit
- titration des solutions tous les jours
- contrôle du niveau de cuves tous les matins dans le cas d'une remise à niveau manuelle
- contrôle de la consommation de produits lessiviels
- contrôle de la consommation d'eau
- contrôle des temps de lavage et des temps de rinçage.

Il convient de caler les temps de rinçage sur les temps de pré-lavage pour permettre la récupération de toutes les eaux sans risque de débordement de la cuve d'eau récupérée.

### **III.10. Prévention des pollutions accidentelles [33]**

Une politique de lutte contre la pollution ne peut être cohérente si le risque de pollution accidentelle n'est pas pris en compte. En effet, un événement accidentel, tel que la rupture d'une cuve, anéantit tous les efforts préalables réalisés pendant le traitement des eaux.

La prévention des pollutions accidentelles est une opération qui complète les actions précédentes et a pour objet de protéger non seulement le milieu naturel, mais aussi les réseaux et le dispositif d'épuration et même les installations de fabrication.

Il convient donc d'agir de la manière suivante.

#### **III.10.1 Stockages**

Les lieux de stockage reçoivent les matières premières, les produits finis, les déchets mais également des adjuvants (lessives...).

Un certain nombre de risques peuvent être identifiés, comme le déversement de liquides polluants par avarie ou rupture d'un contenant, le rejet des eaux pluviales des aires de stockage et de manutention des déchets, le rejet d'eaux de lavage et d'eaux d'extinction d'incendie.

Les points ci-dessous sont à surveiller.

- **État des lieux de stockage**

Du fait de la très forte concentration en produits divers, les risques de déversements qui peuvent se produire sur les zones de stockage sont beaucoup plus importants qu'ailleurs.

Les lieux de stockage doivent être conçus de telle manière que les chocs avec les véhicules ou des chariots élévateurs soient évités.

Par ailleurs, il convient de connaître parfaitement l'ensemble des produits stockés sur site.

- **Couverture des aires de stockage**

Les zones de stockage et de réception (y compris les aires de stockage des déchets) doivent être couvertes afin de ne pas générer, en cas de pluie, des eaux souillées.

- **Mise sous rétention des cuves**

Les cuves de stockage des matières premières, des produits finis, des sous-produits, des déchets, mais également des produits tels que les solutions acides ou basiques de nettoyage doivent être mises sous rétention.

Les cuves de rétention doivent être dimensionnées de manière à contenir les volumes susceptibles d'être déversés ; les revêtements doivent être adaptés afin d'éviter toute corrosion due à la nature des produits stockés ; ils doivent être totalement étanches, y compris sur le fond. Des moyens de reprise (fosse) doivent être prévus dès l'origine.

- **Mise en place d'alarmes antidébordement**

Le déversement d'un certain nombre de produits organiques tels que l'huile, le sang, le lait, le sérum, peut avoir de grandes conséquences.

Les cuves de stockage doivent donc être dimensionnées avec un coefficient de sécurité fonction de la production en période de pointe et de la fréquence d'enlèvement. Elles doivent également être équipées de dispositifs antidébordement, comme des détecteurs de fuites reliés à une centrale d'alarme, des indicateurs de niveau (capteurs de pression en fond de cuve).

Ces mesures de niveau permettent d'arrêter les pompes d'alimentation en cas de détection de niveau haut. Ces informations peuvent être directement reliées au poste de production.

### **III.10.2 Manipulations**

Afin de réduire tout risque de pollution accidentelle, il convient de mener les actions suivantes.

- **Réduire les manipulations**

Un manque de surveillance entraînant le débordement d'une cuve, la chute d'un fût ou une conduite percée sont des événements relativement courants. De fausses manoeuvres peuvent toujours se produire lors de la vidange ou du remplissage de bacs.

Il convient donc de réduire le plus possible les manipulations.

- **Isoler les zones de transfert et les postes de dépotage**

La conception d'un poste de dépotage doit « intégrer » différents systèmes de sécurité. Les procédures de dépotage doivent être précisées avec soin et respectées, c'est-à-dire que les postes de dépotage et les matériels de transfert (canalisations, pompes...) doivent être conçus de manière à prévenir les risques de corrosion ou les contraintes mécaniques (dilatation, surpression...). Des joints de dilatation ou des dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être prévus en cas de surpression dans une canalisation (coups de bélier). Les plus grands risques sont dus à la collision avec des véhicules et des engins de manutention.

Les plates-formes de stockage, les zones de transfert et les zones de dépotage doivent être équipées d'un dispositif de collecte spécifique qui permettra la récupération des eaux de ruissellement souillées. Il est possible de mettre en place un dispositif de tri des eaux de pluie au sol dans les cours. Cette précaution peut être valable dans le cas de déversement accidentel d'un produit provenant d'un camion.

### III.10.3 Contrôles et dérivations des pollutions accidentelles

Il convient de mettre en place les installations suivantes.

- **Détecteurs de pollution en continu**

Ce sont des systèmes de mesure de conductivité, de COT, de turbidité ou de pH des effluents qui permettent d'identifier les pics de pollution.

Les paramètres de surveillance, les seuils correspondants et les alarmes associées ainsi que le degré d'automatisation de ces installations nécessaires devront être établis.

Du personnel bien formé doit contrôler, précisément et en continu, tous les rejets et prévenir les rejets accidentels.

- **Bassin tampon/bassin de confinement**

En cas d'accident, la pollution doit être confinée dans l'usine (y compris pour les eaux pluviales et les eaux d'incendie). La première intervention doit avoir pour but l'arrêt du déversement (exemple : fermeture d'une vanne).

Les rejets doivent pouvoir être déviés vers un bassin ou vers une autre branche de réseau (exemple : déversement de lait d'un camion dans une cour) afin d'être confinés ou traités autrement.

Les eaux pluviales et celles provenant des orages, issues des différentes zones de l'usine, doivent être collectées et contrôlées avant rejet. Elles peuvent éventuellement être stockées dans un bassin de sécurité avant traitement et rejet.

### **III.11. Traitements ultérieurs**

Ce n'est que lorsque toutes ces actions de réduction des pollutions et des consommations à la source ont été menées que l'on peut envisager les prétraitements et traitements proprement dits, évitant ainsi au maximum le sous-dimensionnement des dispositifs et la situation où un dispositif d'épuration trop largement dimensionné se trouve sous-chargé et fonctionne mal et à coût élevé. Il faut également noter que les ouvrages doivent tenir compte de l'évolution probable des activités de l'établissement.

Plusieurs cas de figures peuvent se produire : rejet direct au milieu naturel, épandage des eaux brutes, prétraitement puis raccordement à un ouvrage d'épuration collectif, traitement complet sur site ou partagé avec d'autres industriels.

De fait, les prétraitements constituent une quasi-nécessité. Ils sont composés de l'ensemble des opérations physiques et mécaniques destinées à extraire la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs, contribuerait au bouchage, voire à la détérioration des pompes et des canalisations, constituerait un danger dans l'exploitation des réseaux et perturberait l'épuration.

❧

*CHAPITRE IV*

❧

**IV.1. Historique : [34]**

La Nouvelle Conserverie Algérienne, NCA, est une société par action (SPA) relevant du secteur privé. Fondée le 02 Mai 1966, par la famille Othmani.

La NCA a axé sa première activité sur les conserves de légumes, à savoir, la tomate et la harissa. Puis, le nombre de produits s'est multiplié pour offrir une gamme de produits de plus en plus large, en proposant des boissons et nectars de fruits dans des boîtes métalliques de 33cl en 1983.

L'évolution du marché algérien et des techniques d'emballage et de conditionnement ont amené les décideurs de l'entreprise à adopter un choix stratégique qui est le « Tetra Brik Aseptique » intervenu en 1990 par le partenariat avec Tetra Pack. Cette nouvelle technologie parfaitement adaptée au conditionnement des jus, boissons et nectars aux fruits dans le souci de répondre aux normes internationales et de fait, répondre aux nouvelles exigences du consommateur.

L'autre grand défi fut de permettre à la société de parfaire son système de gestion par la certification ISO9002, version 1994, acquise en l'an 2000.

L'année 2003 a connu le lancement d'un nouveau concept tout à fait novateur : « une cannette en carton, TPA » d'une contenance de 25 cl baptisée Zoom.

En 2004, NCA a lancé les boissons mixées lait et jus dans un emballage Titra Prisma Aseptique (T.P.A).

Etant la première entreprise du secteur privé certifiée ISO 9002 version 1994, le projet d'implantation d'un système intégré qualité environnement et sécurité alimentaire selon les référentiels ISO 9001-2000, 14001-2004.

La NCA est située dans la zone industrielle de Rouïba à 30 Km d'Alger, cette zone renferme des potentialités industrielles considérées comme le fleuron de l'économie algérienne. Le terrain de la NCA est d'une superficie totale de 11270 m<sup>2</sup>. La surface bâtie est de 7228 m<sup>2</sup>, comportant des ateliers, des magasins, l'administration et des annexes. Quant à la superficie non couverte, elle concerne les voies de communications et les aires de stationnement.

La Nouvelle Conserverie Algérienne a élargi de façon significative sa gamme de production en privilégiant l'investissement relatif à la fabrication des jus. Parmi sa gamme de produit on citera : [35]

- Les jus naturel ;
- Les nectars ;
- Les boissons fruitées ;

- Les cocktails de fruits ;
- Les thés glacés.

Ces produits finis nécessitent les matières premières suivantes :

- L'eau
- Les Concentrés de fruits
- Les arômes
- L'acide citrique
- L'acide ascorbique
- Les pulpes et les cellules de fruits.

#### **IV.2. Unité de tétra :**

C'est le cœur de l'usine, car c'est dans cette unité que les matières premières sont transformées en produits finis.

On distingue trois compartiments :

- Siroperie
- Process
- Conditionnement

##### **IV.2.1. Siroperie :**

C'est le compartiment où l'on assure la réception et le dépotage des matières. Toutes les opérations de la préparation du produit fini sont commandées par un automate.

On distingue :

- Groupe de stockage des matières :
  - Deux cuves pour le sirop (20.000 l chacune) T10 et T11
  - Deux cuves pour les produits finis (20.000l chacune) T30 et T31
  - Deux cuves de concentrés (1000 l chacune)
  - Trois cuves de purée (2000 l chacune)
  - Deux cuves d'acide ascorbique (250 l chacune) 11 et 12
  - Deux cuves d'acide citrique (500 l chacune) 8 et 9
- Groupe de préparation suivant les quantités désirées
  - Quatre cuves de 4000 l (35-36 et 37-38)
  - Six cuves de 8000 l (39-40, 41-42, 43-44).

##### **IV.2.2. Process :**

C'est à ce niveau que les jus de fruits font l'objet d'un traitement thermique à l'aide d'échangeurs de chaleurs afin de garantir leur stabilité et leur conservation à long terme. Ce procédé permet de détruire les micro-organismes pouvant altérer le jus. Pour cela, le jus est

d'abord validé par les tests de contrôle de la qualité, puis transféré vers un bac tampon de la station de traitement thermique. Le contenu du bac tampon est envoyé vers le pasteurisateur en suivant les opérations suivantes :

- Préchauffage jusqu'à 75 °C : dans cette section, le produit entrant est préchauffé et est pré refroidi à la sortie. Aucune énergie extérieure n'est nécessaire, ce qui permet d'économiser beaucoup d'énergie.
- Désaérateur : ce poste a pour but d'éliminer l'oxygène dissout dans le jus afin de préserver la vitamine C, la saveur et l'arôme. Le principe est basé sur le fait que la solubilité des gaz dans le liquide diminue avec l'augmentation de la température et la diminution de la pression.
- Pasteurisation : le jus est par la suite acheminé jusqu'à la section de chauffage de l'échangeur où il est pasteurisé à 95 °C pendant 30 sec.
- Refroidissement : une fois pré-refroidi dans la section de récupération de chaleur (40 à 45 °C), le produit est refroidi jusqu'à atteindre une température de 25°C.

On trouve dans l'unité quatre pasteurisateurs du fait que l'unité dispose de quatre lignes de production.

#### **IV.2.3. Conditionnement**

NCA dispose de cinq conditionneuses liées aux pasteurisateurs.

Les produits finis pasteurisés et refroidis sont conditionnés dans des emballages tetra brick aseptique par des conditionneuses TBA (Tetra Brick Aseptique) qui assurent :

- le passage en continu du papier emballage
- les modifications du papier emballage : perçage, pliage et autres
- la désinfection du papier à emballage par le peroxyde d'hydrogène
- le remplissage (sous vide) en quantité précise, soudure et cisaillement
- le transfert des boîtes (première forme) par le convoyeur à l'unité final de pliage (UFP) pour la forme finale.
- Suremballage : les boîtes de jus (forme finale) sont transférées par le convoyeur de l'UFP vers d'autres machines automatiques qui assurent le datage, l'application de la paille pour le calibre 20 cl et la mise en barquette de packs. La palettisation des barquettes est la dernière opération avant le transfert des produits finis vers le magasin de stocks.



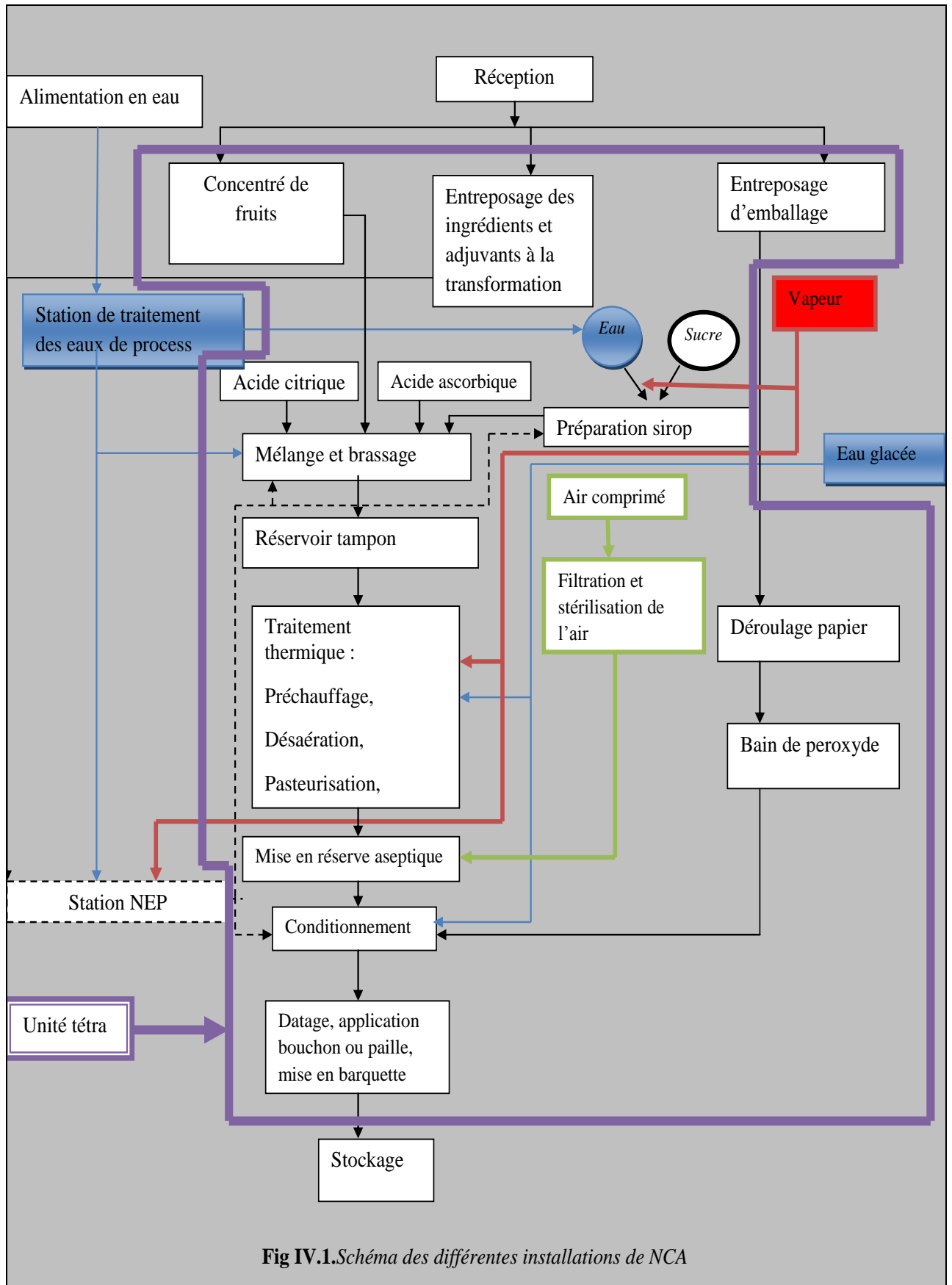


Fig IV.1. Schéma des différentes installations de NCA

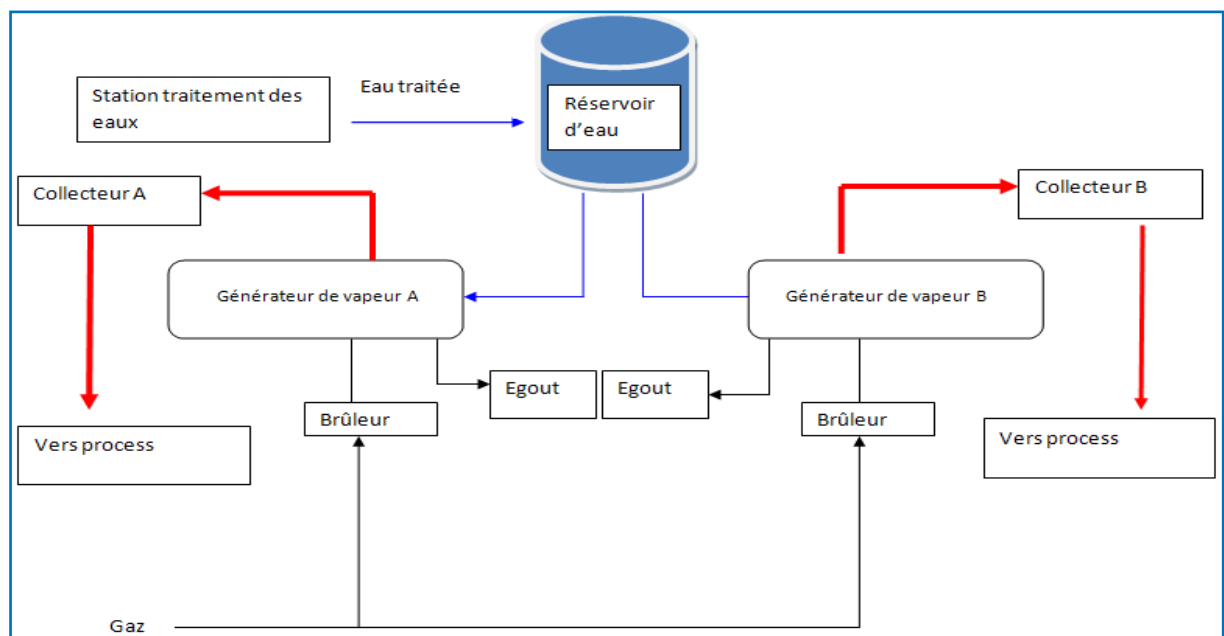
**IV.3. Les utilités :**

Cependant plusieurs systèmes auxiliaires et nécessaires doivent être placés en amont de l'unité de production des jus de fruit. Ces installations sont :

- La chaudière
- Le groupe de refroidissements
- La station de traitement des eaux de process .

**IV.3.1. La chaudière :**

Cette dernière est indispensable pour les industries agroalimentaires, son rôle est la production de la vapeur d'eau. NCA utilise deux chaudières à tube à fumée, donnant chacune une capacité de production de vapeur de 8 et 9 T/h.



**Fig IV.2. Schéma des chaudières de NCA**

**IV.3.2. Le groupe de refroidissement : [36]**

Plusieurs étapes du procédé exigent que l'on chauffe le produit à une certaine température. Toute augmentation de température entraîne en principe une augmentation de l'activité des micro-organismes qui peuvent se trouver dans le produit, ainsi que l'accélération des réactions chimiques contrôlées par les enzymes.

Comme il faut, autant que possible, éviter ce type d'activité, il est important de réduire rapidement la température du produit dès qu'une étape du procédé vient de se terminer

La nature des appareils à refroidir est extrêmement variée :

- Condenseurs et échangeurs thermiques

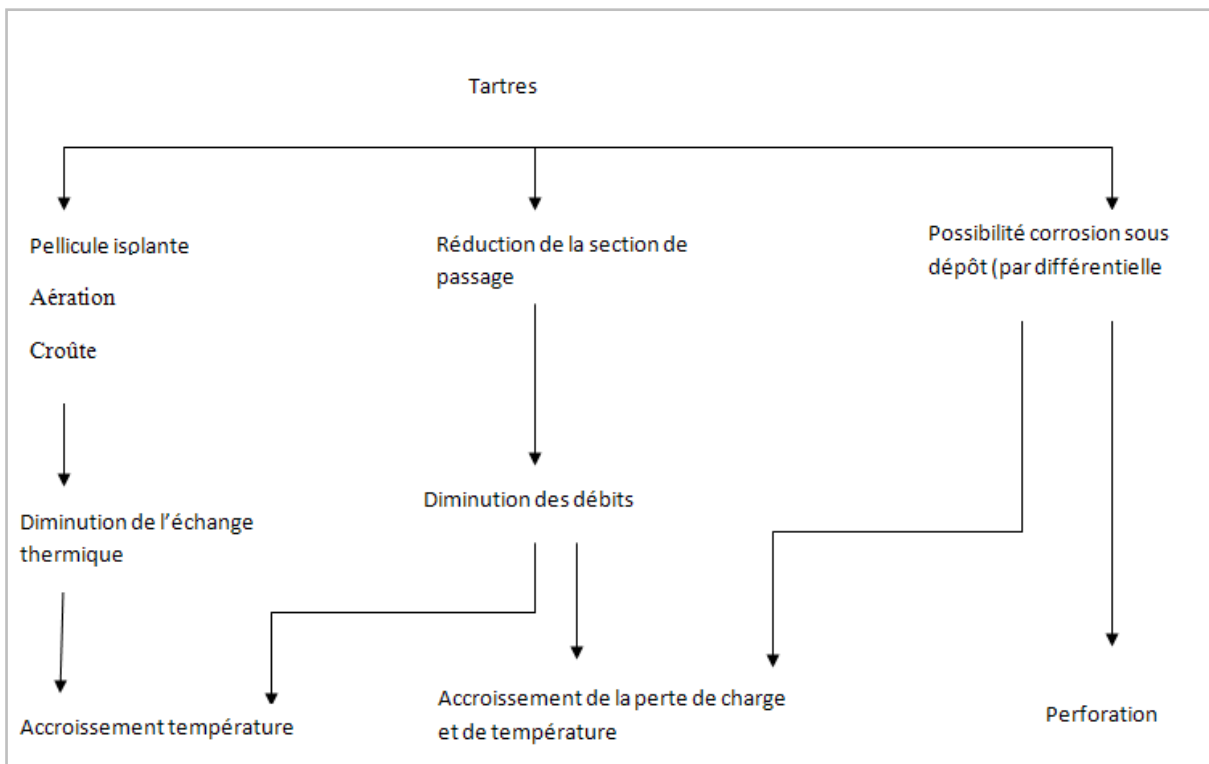
- Moteurs, compresseurs.

Le comportement de ces appareils dépend :

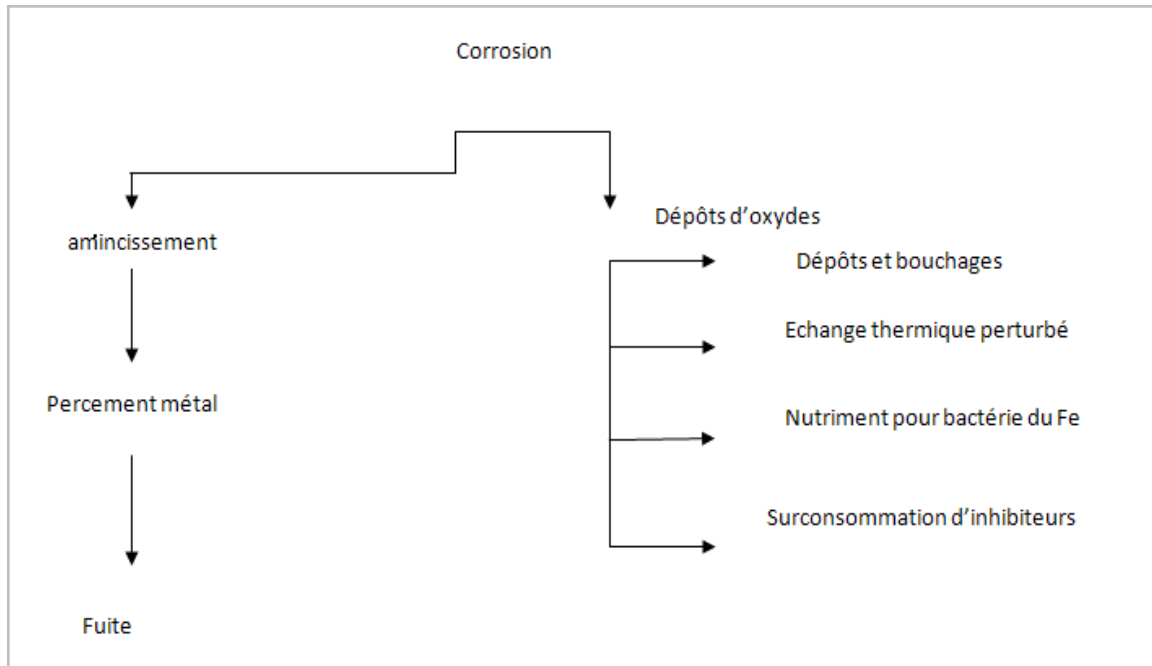
- De leur type de construction (tubulaire, à plaques)
- Du mode de circulation de l'eau (interne, externe, vitesse)
- Des métaux en contact avec l'eau (acier, inox, cuivre et alliage d'alimentation).

Cependant les eaux de refroidissement qui n'ont pas subi un traitement convenable peuvent provoquer : l'entartage, les dépôts, les boues dures ou sel de fer, les sables et les argiles, développement des organismes vivants et corrosion.

On peut résumer les inconvénients dus aux tartres et la corrosion dans les figure IV.3 et IV.4



**Fig IV.3.** Les inconvénients dus aux tartres



**Fig IV.4.** Les inconvénients dus à la corrosion

#### IV.3.3. Station de traitement des eaux de process : [37, 38]

Pour ses besoins en eaux, la Nouvelle Conserverie Algérienne dispose d'un groupe de deux forages situés à l'intérieur de l'usine, et dispose aussi de l'eau de réseau public comme une eau d'appoint.

Le traitement de l'eau a pour objectifs :

- de satisfaire les prescriptions du constructeur concernant l'eau d'alimentation et l'eau de chaudière
- prévenir les dépôts, les corrosions et le primage
- de conserver à la vapeur produite toutes les qualités requises pour ses différents usages
- de maintenir les meilleures performances énergétiques des chaudières.

Le traitement des eaux est donc une étape indispensable pour assurer le bon fonctionnement et garantir la pérennité de l'installation.

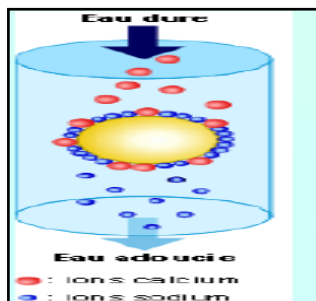
La composition de l'eau disponible sur le site a été caractérisée pour les deux forages.

La dureté de cette eau peut atteindre 45 °F, ce qui rend indispensable et obligatoire la décarbonatation et l'adoucissement de l'eau.

L'eau décarbonatée, adoucie aura une dureté pratiquement nulle et une alcalinité variable de 20 jusqu'à 25 mg/l de CaCO<sub>3</sub>, en fin de cycle l'eau doit avoir :

$$TH < 0,5 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$TAC < 5 \text{ } ^\circ\text{F}$$



**Fig IV.5.** *L'adoucissement par les résines échangeuses d'ion*

Dans ce processus, un échange d'ions s'effectue, par lequel les ions contenus dans une solution sont éliminés pour être remplacés par une quantité équivalente d'autres ions de même charge électrique. Le procédé d'échange d'ions peut être défini comme un échange réversible d'ions entre la résine et l'eau dure.

Les carbonates, les gaz dissous ainsi que la silice, qui sont autant de sources de corrosion et d'encrassement, n'étant pas piégés par ces résines, une décarbonatation est donc nécessaire.

La dernière étape de ce procédé consiste en une filtration sur charbon actif afin d'éliminer les matières en suspension (M.E.S) pouvant être présentes dans l'eau ainsi que l'excès de chlore résiduel.

Un lavage du filtre à charbon actif est nécessaire lorsque :

- la perte de charge constatée entre l'entrée et la sortie du filtre dépasse 0,5 bar ;
- la teneur en chlore libre à la sortie du filtre dépasse 0,05 mg/l de chlore libre.

A la fin de la séquence de rinçage, toutes les eaux utilisées pendant la régénération seront évacuées dans une cuve de neutralisation puis rejetées dans l'égout.

Lorsque la résine est saturée, on procède à sa régénération à l'aide d'une solution très riche en sodium.

#### **IV.2.3.1. Les phases de régénération :**

Un volume donné de résine peut fixer une quantité limitée d'ions. Lorsque ce seuil est atteint l'eau en sortie de résine ressort sans que ses caractéristiques n'aient évoluées. La résine doit alors être régénérée pour retrouver sa capacité d'échange.

L'efficacité de la régénération se mesure par le rapport de la quantité de régénérant consommé par les résines sur la quantité utilisée pour cette opération.

Il existe deux méthodes de régénération :

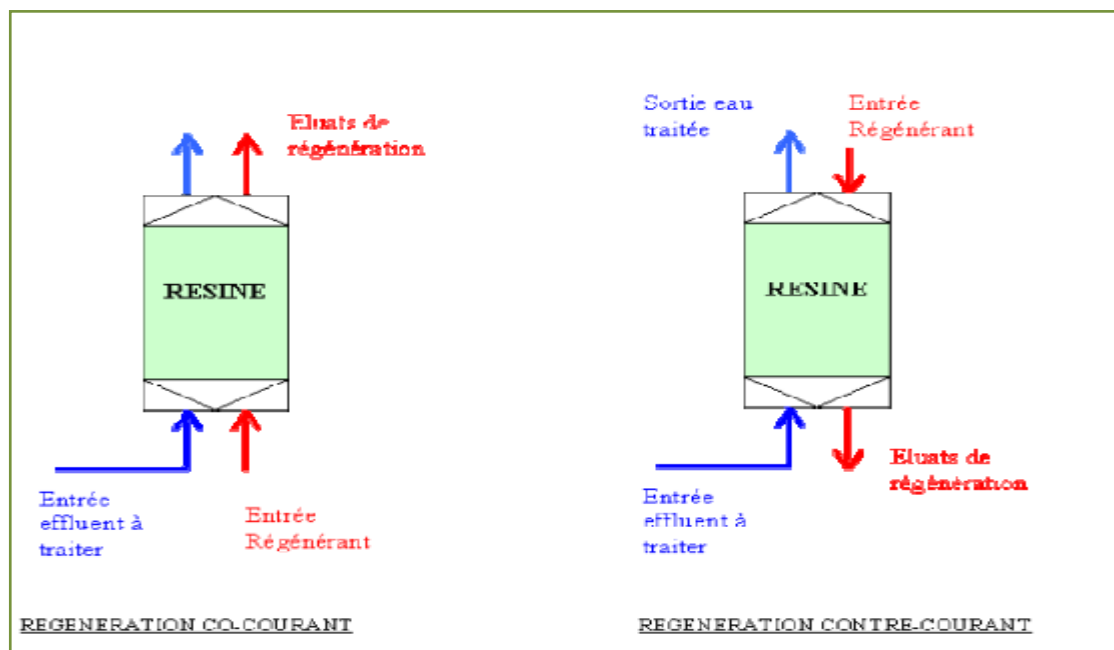


Fig IV.6. Les deux méthodes de régénération

#### Régénération à Co-courant :

La solution régénérante est percolée dans le même sens que la circulation de l'eau à traiter. Cette technologie est plus économique à l'achat que les résines à régénération contre courant, en revanche l'efficacité de la régénération est plus faible.

#### Régénération à contre courant :

Ce type d'installation est plus complexe et sensible au colmatage que le type co-courant. La régénération est pratiquée en sens inverse du courant de fixation.

Le cycle de régénération comporte les phases suivantes :

- **Soulèvement :**

On fait passer un courant d'eau brute par un co-courant pour soulever le lit de résine et éliminer les particules et les éventuels débris de résines qui ont pu être rassemblés à la surface pendant 1000 secondes.

- **Passage d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) :**

Après le soulèvement des résines, on fait passer un réactif qui est de l'acide sulfurique, avant l'injection, il faut vérifier la concentration de cet acide en faisant la dilution jusqu'au débit qu'il faut à l'aide d'un débitmètre. Cette opération dure 45 min.

- **Expulsion acide :**

Après le passage d'acide, on fait passer un courant d'eau brut pour évacuer l'excès de l'acide sulfurique. Cette opération dure 4 min.

- **Passage du sel NaCl :**

Dans cette opération on fait passer un courant d'eau brute mélangé de sel (NaCl). Cette solution percole lentement de haut en bas à travers la résine. Cette opération d'aspiration de sel dure 30 min.

- **Expulsion du sel :**

Après l'aspiration du sel, on fait passer un courant d'eau brute pour évacuer l'excès du sel. L'opération dure 42min.

- **Rinçage rapide :**

Cette opération consiste à faire passer un courant d'eau de haut en bas afin d'éliminer tous l'excès de sel et l'acide contenu dans les deux résines. Cette opération dure 27 min.

A la fin de la séquence de rinçage, toutes les eaux utilisées pendant la régénération seront évacuées dans une cuve de neutralisation ensuite seront rejetées vers l'égout.

#### **IV.4.Procédé de nettoyage :**

La Nouvelle Conserverie Algérienne dispose de deux stations de nettoyage en place dites (NEP), et le nettoyage se fait au bout d'un certain temps de fabrication ou dans le cas d'un changement de produit, généralement c'est toutes les 36 heures.

##### **IV.4.1.Station NEP ALCIP 10 :**

Elle est semi automatique et assure le nettoyage des réservoirs T30, T31, Tetra Alsaf et TBA 21.

Pour cela la station utilise plusieurs programmes de nettoyage :

- 1- Lessive
- 2- Acide
- 3- Lessive et acide
- 4- Désinfectant
- 5- Eau chaude
- 6- Rinçage général

**a)Description des différentes séquences de nettoyage :****Tableau IV.1.** *Description des différentes séquences de nettoyage de la station NEP  
ALCIP 10*

Séquence	Description
1	Eau vers objet : l'eau est chassée par le circuit nettoyage pendant un temps prédéfini et le chauffage est mis en marche
21	Lessive vers objet : l'eau du circuit est purgée vers vidange par la solution de lessive jusqu'à atteindre le circuit concernée.
22	Objet vide : la pompe et le chauffage s'arrêtent pendant un temps pour permettre au réservoir d'être complètement vidangé.
23	Lessive vers unité NEP : le chauffage se remet en marche et l'eau du circuit est purgée vers vidange par la solution de lessive jusqu'à ce que le transmetteur de conductivité du conduit de retour détecte la solution de lessive
24	Dosage en ligne : la solution de lessive est dosée pendant que l'eau circule pendant un temps prédéfini
25	Circulation de la lessive : la lessive chaude circule pendant un temps prédéfini
30	Réservoir d'équilibre est vide
31	Eau vers objet
32	Objet vide
33	Récupération de lessive
41	Acide vers objet
42	Objet vide
43	Acide vers unité de NEP
44	Dosage en ligne
45	Circulation d'acide
50	Réservoir d'équilibre est vide
51	Eau vers objet
52	Objet vide
53	Récupération acide
61	Circulation d'eau chaude



62	Rinçage final à l'eau chaude
71	Eau vers objet
72	Objet vide
73	Eau vers unité de NEP
74	Dosage en ligne
75	Circulation du désinfectant
76	Réservoir d'équilibre est vide
77	Rinçage de désinfectant final
81	Eau vers objet
91	Vidange objet

#### IV.4.2.Station NEP Adoue :

La station est composé de :

- Trois cuves
  - Cuve de l'eau
  - Cuve de l'eau récupérée
  - Cuve de solution de soude.
- Plusieurs pompes
- Des vannes, des régulateurs

Elle assure le nettoyage des :

- Conditionneuses TBA 19 A et B, TBA prisma et la TBA 8.
- Trois cuves de purée
- Deux cuves de concentrés
- Groupes de préparation.

Pour cela la station utilise plusieurs programmes de nettoyage :

- Phase 1 : lavage avec l'eau
- Phase 2 : lavage intermittent d'envoi et de pause
- Phase 3 : lavage avec une solution de soude
- Phase 4 : lavage avec un désinfectant
- Phase 5 : lavage avec l'eau chaude recyclée
- Phase 6 : lavage avec l'eau récupérée
- Phase 7 : lavage avec l'acide.

Le nettoyage se fait suivant des recettes dont deux que nous citons dans le tableau IV.2 :

**Tableau IV.2.** *description de deux séquences de nettoyage de la station NEP Adoue*

Recettes	Phases utilisées	Temps de chaque phase (mn)	Elément à nettoyer
202	6	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuve de purée</li> <li>- Cuve d'acide</li> <li>- Groupe de préparation</li> <li>- Cuve de concentré</li> </ul>
	3	5	
	2	5	
	1	10	
219	6	2	Conditionneuse TBA19Aet B, TBA prism et TBA8
	3	10	
	1	10	
	1	5	

A la fin de chaque nettoyage, on procède à un soufflage pour le drainage des tuyauteries.

#### IV.4.3. Nettoyage des pasteurisateurs :

Le nettoyage des pasteurisateurs doit respecter les phases suivantes :

**Tableau IV.3.** *Nettoyage des pasteurisateurs*

Phases	Description de la phase	Durée de la phase (s)
200	Remplissage de réservoir de l'équilibre avec de l'eau	Jusqu'à atteindre la hauteur
205	Vidange réservoir de l'équilibre	120
207	Rinçage de l'eau vers vidange	200
240	Demande lessive (solution de soude)	135

245	Chauffage de la lessive	Jusqu'à atteindre la température 75 °C
250	Circulation de la lessive	200
255	Vidange réservoir d'équilibre	120
257	Rinçage avec lessive	200
258	Rinçage à l'eau vers vidange	200
261	Arrêt des pompes	15
262	Rétro rinçage de l'eau vers vidange	180
263	Arrêt des pompes	15
295	Rinçage final à l'eau	600

#### IV.5.Procédés de stérilisation :

Le but de la stérilisation est d'assurer un environnement stérile pour le produit et il se fait uniquement pour les eaux de process.

Les étapes de la stérilisation du pasteurisateur sont données dans le tableau suivant :

**Tableau IV.4.Procédés de stérilisation**

Phases	Description de la phase	Durée de la phase (s)
5	Vidange du réservoir d'équilibre et remplissage avec de l'eau	600
15	Chauffage de l'eau	Jusqu'à atteindre 115 °C
20	Stérilisation (115°C)	1800
35	Refroidissement (jusqu'à 25°C)	600
40	Stabilisation (25°C)	30
45	Fin de stérilisation (22°C)	120

❧

*CHAPITRE V*

❧

L'analyse chimique joue un rôle très important : seules les données obtenues dans des conditions adéquates et interprétées de façon raisonnée pourront garantir le succès des interventions ultérieures.

Il faut alors parler de stratégie analytique, représentée par les points suivants :

- définition rigoureuse du problème à traiter ;
- sélection des échantillons orientée en fonction du problème (échantillonnage) ;
- préparation appropriée de l'échantillon ;
- dosage quantitatif des éléments associés au problème initial ;
- validation et évaluation des résultats ;
- interprétation des résultats et conclusion.

### **V.1 Recensement et localisation des points de prélèvement des échantillons :**

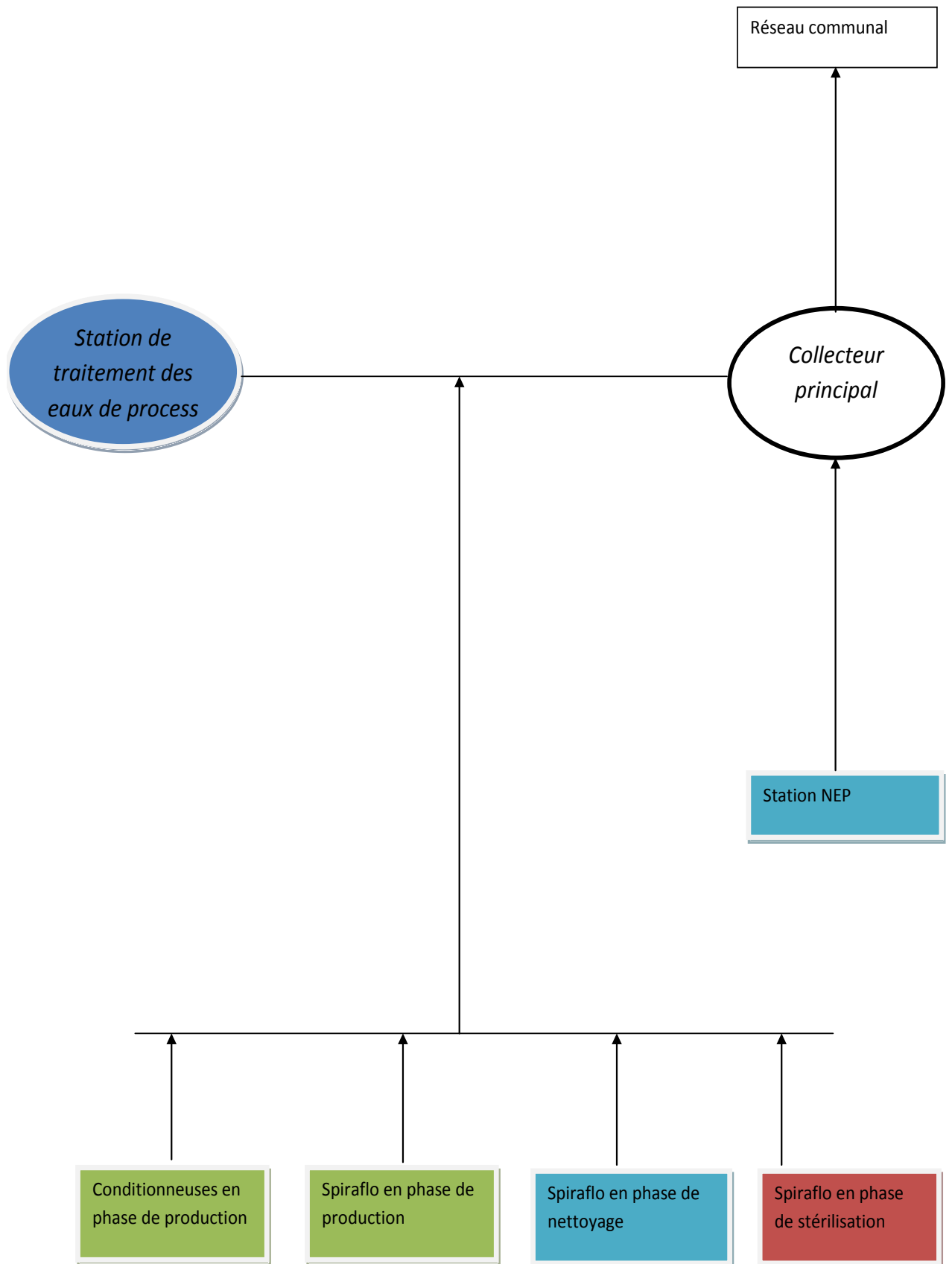
Les emplacements de l'échantillonnage sont définis en fonction des objectifs fixés, par un travail préalable sur place qui prédétermine la position des stations de mesure. Des visites de terrain obligatoires devront permettre ensuite de valider ou de déplacer la position des points de mesure en veillant à ne pas trop s'éloigner des conditions normalisées de la mesure.

Il conviendra d'adapter le moment, la durée du suivi et la fréquence d'échantillonnage aux variations connues ou supposées des effluents résiduaux et, pour cela, on tiendra compte des variations journalières, hebdomadaires, mensuelles, voire saisonnières de la qualité des rejets.

L'évaluation d'une charge polluante moyenne d'un rejet impliquera généralement la collecte d'échantillons proportionnels au débit sur une ou plusieurs périodes de 24 h, en tenant compte du caractère cyclique ou saisonnier de la production polluante. [2]

Nous avons localisé plusieurs points de prélèvement sur le site de NCA comme l'illustre la figure N° V.1 qui montre les différentes origines des eaux rejetées.

Le point de prélèvement que nous avons choisi pour la quantification de la charge polluante générée par ce type d'industrie est la sortie du collecteur principal. Ceci nous permet d'avoir un échantillon représentatif des effluents. En plus le réseau d'évacuation est conçu de manière à ce que les eaux pluviales ne soient pas déversées dans ce collecteur principal. Toutefois nous ferons noter que des échantillons ont été prélevés au niveau de la station NEP et durant la phase de stérilisation pour mesurer la température, les MES, la DCO et la DBO<sub>5</sub> et confronter les résultats à ceux obtenus au niveau du collecteur principal.



**Fig V.1** : Schéma des différentes origines des eaux usées.

## **V.2. Prélèvement et conservation des échantillons d'eau rejetée [39,40]**

### **V.2.1. Principe de base des prélèvements**

Compte tenu de l'hétérogénéité de composition des effluents résiduaux en général, une opération de prélèvement est considérée comme satisfaisante à partir du moment où l'échantillon est représentatif de la qualité de l'effluent considéré.

Une prise d'échantillons ne peut être définie qu'en fonction de l'objectif poursuivi, c'est-à-dire, à titre indicatif : contrôle de la qualité d'un cours d'eau, caractérisation et évaluation quantitative de la pollution émise par une usine, efficacité ou optimisation de la gestion d'une station d'épuration, etc.

Le choix des emplacements où seront pris les échantillons, leur nombre, la manière dont ils seront prélevés, traités, conservés...dépendent des informations recherchées et des analyses qui seront faites sur les échantillons.

### **V.2.2. Méthodes d'échantillonnage :**

Il existe plusieurs types de prélèvements.

- Les prélèvements instantanés ou ponctuels : sont réalisés généralement de façon manuelle (utilisation de bouteilles à col large). Dans ce cas, l'échantillon sera représentatif de la qualité de l'eau à l'instant et à l'endroit du prélèvement.

Ces prélèvements permettent d'obtenir des informations qualitatives sur la présence d'un polluant bien déterminé et peuvent être utilisés lorsque l'objectif d'un programme d'échantillonnage est d'évaluer la conformité à des normes ne portant pas sur la qualité moyenne. Ils ne peuvent en aucun cas être utilisés dans le cadre de l'autocontrôle.

- Les prélèvements continus fournissent des échantillons contenant tous les constituants présents pendant la période de prélèvement, mais ne fournissent pas d'indication sur la variation de concentration des paramètres spécifiques pendant cette période.

Ce type de prélèvement ne peut être mis en pratique que dans le cas de débit strictement constants dans le temps et absolument pas dans le cadre de l'autocontrôle.

Les prélèvements séquentiels sont de deux types :

- les prélèvements séquentiels asservis au temps ;
- les prélèvements séquentiels asservis au débit.

Pour le prélèvement asservi au temps, l'échantillonnage est réalisé en utilisant un mécanisme chronométrique permettant de commencer et d'achever la collecte de l'eau dans un intervalle de temps déterminé.

Ce type de prélèvement est adapté lorsque le débit est constant et la qualité de l'eau peu variable.

Le prélèvement asservi au débit est la méthode de prélèvement la plus utilisée car la plus précise, lorsque le débit et la concentration en polluants varient de façon significative, comme c'est le cas pour la plupart des rejets industriels. Les échantillons proportionnels au débit sont représentatifs de la qualité globale de l'eau. Ce type d'échantillon peut être obtenu :

- soit directement par asservissement du préleveur au débitmètre ;
- soit indirectement par asservissement du prélèvement au temps de fonctionnement d'une pompe de relevage.

### **V.2.3. Conservation. Transport et stockage des échantillons :**

Toutes les eaux résiduaires sont susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite des réactions chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu entre l'instant du prélèvement et celui de l'analyse.

Une simple réfrigération à une température comprise entre 0 et 4 °C et une conservation de l'échantillon à l'obscurité suffisent, dans la plupart des cas, à préserver l'échantillon pendant une durée de (24 h).

En fonction des analyses à réaliser, il convient :

- de procéder au choix des matériaux des flacons, afin de limiter les pertes par adsorption
- d'utiliser, si nécessaire, des techniques de conservation complémentaire à la simple réfrigération. (Par exemple, l'acidification est particulièrement recommandée quand la DCO est due à la présence de matières Organiques).

Les échantillons devront être conservés en glacière pendant le transport qui, lui-même, devra être organisé pour que l'acheminement des échantillons soit assuré dans les meilleurs délais.

À leur arrivée en laboratoire, les analyses devront être réalisées immédiatement.

Le tableau V.1 indique les principaux modes de conservation des échantillons en fonction des paramètres analytiques à doser.



**Tableau V.1** : conditionnement pour l'analyse des indicateurs de pollution organique.

Paramètres à étudier	flaconnage	Type de Conservation	Lieu de l'analyse	Durée de conservation	Observation
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Plastique ou Verre (le verre est préférable dans le cas de faible DBO <sub>5</sub> )	Réfrigération entre 2 et 5°C	laboratoire		
		Congélation a -20°C	laboratoire	1 mois	
<b>DCO</b>	Plastique ou Verre (le verre est préférable dans le cas de faible DCO)	Réfrigération entre 2 et 5°C et maintien à l'obscurité	laboratoire	24h	L'acidification est particulièrement recommandée quand la DCO est due à la présence de matières Organiques
		Acidification à pH<2 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Laboratoire	2 jours	
		Congélation a -20°C	laboratoire	1 mois	
<b>Azote ammoniacal et azote Kjeldahl</b>	Plastique ou Verre	Acidification à pH<2 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> et réfrigération entre 2 et 5°C	Laboratoire	24h	

		réfrigération entre 2 et 5°C	Laboratoire	6h	
<b>Nitrites</b>	Plastique ou Verre	Réfrigération entre 2 et 5°C	laboratoire		Cette mesure doit être effectuée de préférence in situ
<b>Nitrates</b>	Plastique ou Verre	Acidification à pH<2 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> et réfrigération entre 2 et 5°C	laboratoire	24h	Cette mesure doit être effectuée de préférence in situ
<b>Phosphore total</b>	Plastique ou Verre		laboratoire	24h	
		Acidification à pH<2 avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	laboratoire	Plusieurs mois	
<b>Graisses, Huiles Hydrocarbures</b>	Verreries lavés aux solvants	Acidification à pH<2, extraction sur place si possible	laboratoire	24h	Il est recommandé d'ajouter immédiateme nt après le prélèvement l'argent d'extraction utilisé par la méthode

**V.3. Les différents paramètres de pollution étudiés :****V.3.1. Les paramètres mesurés au niveau de l'unité :****a) Couleur et odeur :**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

Alors que pour l'odeur toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition.

Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler.

**b) La Température :**

Il est connu que les écarts de température exercent une influence sur le bon fonctionnement des ouvrages d'épuration. La croissance des algues est favorisée par une température élevée.

Lorsqu'ils sont bien ensoleillés et bien oxygénés les bassins aérobies ne dégagent pas d'odeur. Un ciel nuageux plusieurs jours de suite, affaiblit le phénomène de la photosynthèse créant ainsi des zones anaérobies dont les produits de fermentation conduisent aux mauvaises odeurs

**c) Le pH :**

Le pH (potentiel hydrogène) représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau, les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales du pH. Un pH compris entre 6 et 9 permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore.

L'influence du pH se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur l'équilibre ionique des autres éléments en augmentant ou diminuant leurs toxicités.

**d) La turbidité :**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes.

**e) Le titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Le TAC (titre alcalimétrique complet) est la grandeur utilisée pour mesurer le taux d'hydroxydes, de carbonates et de bicarbonates d'une eau, son unité est le degré français (°f).

**f) Le titre hydrotimétrique (TH) :**

Ou dureté de l'eau, elle est surtout due aux ions calcium et magnésium.

**V.3.2. Les paramètres mesurés au niveau du laboratoire :**

**a) La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :**

Ou Demande Biochimique en Oxygène correspond à la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau (toute matière organique biodégradable polluante entraîne une consommation de l'oxygène) au cours des procédés d'autoépuration.

**b) La demande chimique en oxygène (DCO) :**

Est la consommation en oxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Elle permet d'évaluer la charge polluante des eaux usées.

**c) Les matières en suspension (MES) :**

Ce sont des matières non solubles et colloïdales qui troublent l'eau. Une forte teneur en MES peut causer la réduction de la luminosité, ce qui diminue la dissolution de l'oxygène de l'atmosphère dans l'eau par la photosynthèse.

**d) Les huiles et graisses :**

Substances visqueuses flottantes qui empêchent la pénétration de l'oxygène nécessaire pour la biodégradation des matières organiques.

**e) L'azote kjeldahl :**

L'azote existe dans les eaux résiduaires sous forme minérale tels que l'ammonique ( $\text{NH}_4^+$ ), les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ou sous forme organique, on a :

- L'azote kjeldahl = azote ammoniacal + azote organique
- L'azote totale = azote kjeldahl + nitrites + nitrates.

La détermination de l'azote dans un effluent est indispensable du fait qu'il est un élément nutritif nécessaire aux organismes biologiques.

**f) Le phosphore total :**

Les eaux résiduaires peuvent contenir des orthophosphates solubles, des polyphosphates, ou encore du phosphore non dissous lié à des molécules organiques ou contenu dans les matières en suspension.

**g) Les chlorure :**

La teneur en ions chlorures dépend fortement de l'origine de l'eau et de la nature du terrain. Ils contribuent à la conductivité électrique des cours d'eau.

**h) L'azote : nitrites et ammoniacales :**

L'azote peut être présent sous trois formes : l'ammonium  $\text{NH}_4^+$  obtenu par minéralisation de la matière organique et qui, par oxydation (bactéries nitrifiantes), sera responsable de la formation des nitrates  $\text{NO}_3^-$  (source d'azote pour les organismes autotrophes, algues et plantes aquatiques, et donc impliqué dans les phénomènes d'eutrophisation, développement anarchique d'algues qui consomment l'oxygène dissous nécessaire aux poissons) et des nitrites  $\text{NO}_2^-$ .

Les nitrites  $\text{NO}_2^-$  sont généralement absents (ou à peine mesurables). Leur présence est indicatrice d'une pollution due à des rejets d'eau non épurée ou à un ralentissement du processus de nitrification.

L'ammonium  $\text{NH}_4^+$  provient des processus de décomposition microbologique des protéines animales et végétales. Il peut être réutilisé directement par les plantes et est utilisé dans les engrais commerciaux.

**V.4. Analyses, résultats et discussions :**

Pour connaître l'évolution de la charge polluante engendrée par les rejets de la nouvelle conserverie algérienne, nous avons procédé à un échantillonnage prélevé à la sortie de l'unité au niveau du collecteur principal.

Les résultats d'analyses sont reportés dans le tableau V.2.

Nous avons regroupé les variables testées en :

- variables descriptives des conditions du milieu (pH, T) ;
- variables descriptives des charges organiques (MES, DBO<sub>5</sub>, DCO) ;
- variables descriptives du comportement des sels nutritifs (L'azote kjeldahl, Le phosphore total) ;
- variables descriptives des substances flottantes (l'huile et graisse).

Pour mieux saisir l'importance de cette étude expérimentale, nous présentons ci-dessous, l'interprétation des résultats d'analyses pour les différents paramètres de pollution étudiés.

Echantillon	Date	T °C	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	DCO/DBO <sub>5</sub>	MES (mg/l)	Huiles et Graisses (mg/l)	Azote Kjeldahl (mg/l)	Phosphore total (mg/l)	Chlorures (mg/l)	Nitrates (mg/l)
<b>E<sub>1</sub></b>	05/04/09	27	6.97	321	632	1.96	314	-	-	0.29	-	4.6
<b>E<sub>2</sub></b>	02/05/09	28	1.9	367	1833	4.99	320	-	-	-	198	8.3
<b>E<sub>3</sub></b>	19/05/09	25	7.4	450	880	1.95	500	150	6.7	2.9	150	9
<b>E<sub>4</sub></b>	25/05/09	24	7	1100	2500	2.27	160	140	9	0.7	500	110
<b>E<sub>5</sub></b>	01/06/09	28	8.15	1000	1300	1.3	100	170	3.5	0.5	250	95
<b>E<sub>6</sub></b>	09/06/09	27	6	700	1000	1.42	630	40	4	2.6	210	64
<b>E<sub>7</sub></b>	16/06/09	29	5.5	720	1800	2.5	740	63	5.8	3.5	210	99
<b>E<sub>8</sub></b>	23/06/09	30	7.4	640	1300	2.03	520	130	5.3	0.3	130	10

**Tableau V.2 : Résultats d'analyses des échantillons effectués dans le collecteur principal**

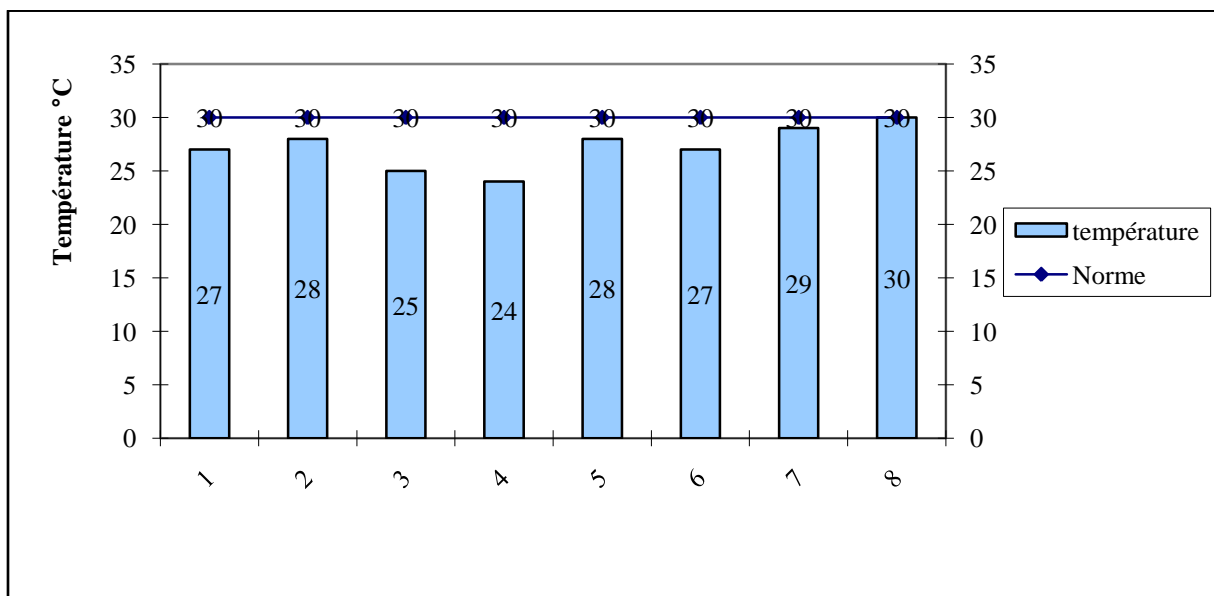
### V.4.1. Interprétation des résultats d'analyses :

Le suivi des paramètres de pollution s'est fait durant la période d'Avril-Juin 2009 dans le but d'observer l'évolution de la charge polluante au cours de cette période.

#### a) Température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle influe sur la densité de l'eau et joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, la conductivité électrique et sur les processus biologiques.

Elle est aussi un des facteurs qui influent sur les vitesses des réactions chimiques. Les valeurs enregistrées montrent que la température des eaux prélevées au niveau du collecteur principal pendant les trois mois d'analyses varie entre 24°C et 30°C ce qui répond à la norme algérienne sur les rejets industriels qui est de 30°C, elle est donc conforme aux caractéristiques des eaux usées urbaines (voir figure V.2).



**Fig V.2.** Température des rejets lors des différents prélèvements

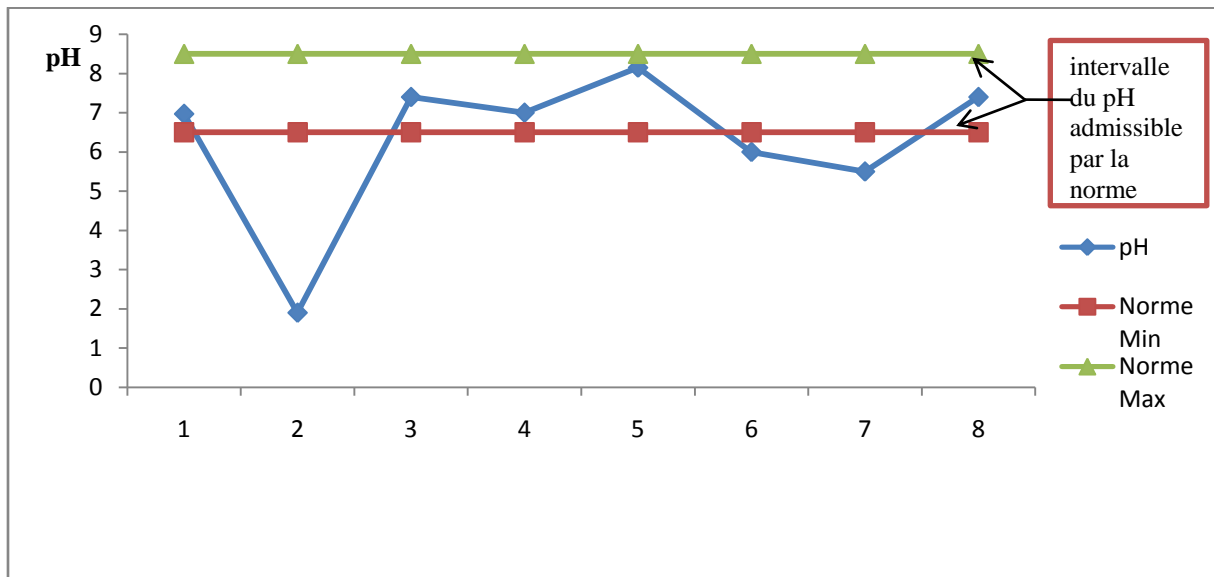
#### b) Le pH

Le pH est un paramètre important car il influe sur la forme de la vie qui existe dans le milieu.

Des pH trop élevés ou trop bas peuvent être néfastes pour les bactéries épuratrices. [41]

Les résultats obtenus sont résumés en figure V.3.





**Fig V.3.** pH des rejets lors des différents prélèvements

Les valeurs mesurées du pH aux différents prélèvements montrent qu'elles se trouvent dans l'intervalle de la norme de rejet pour les points P1, P3, P4, P5, et P8.

Les valeurs de pH enregistrées pour les prélèvements P6 et P7 sont en dehors de la norme de rejet, cela est dû à la présence, dans ces eaux, de jus avarié et en particulier à la présence d'acide citrique qui est l'un des constituants majeurs de ces jus.

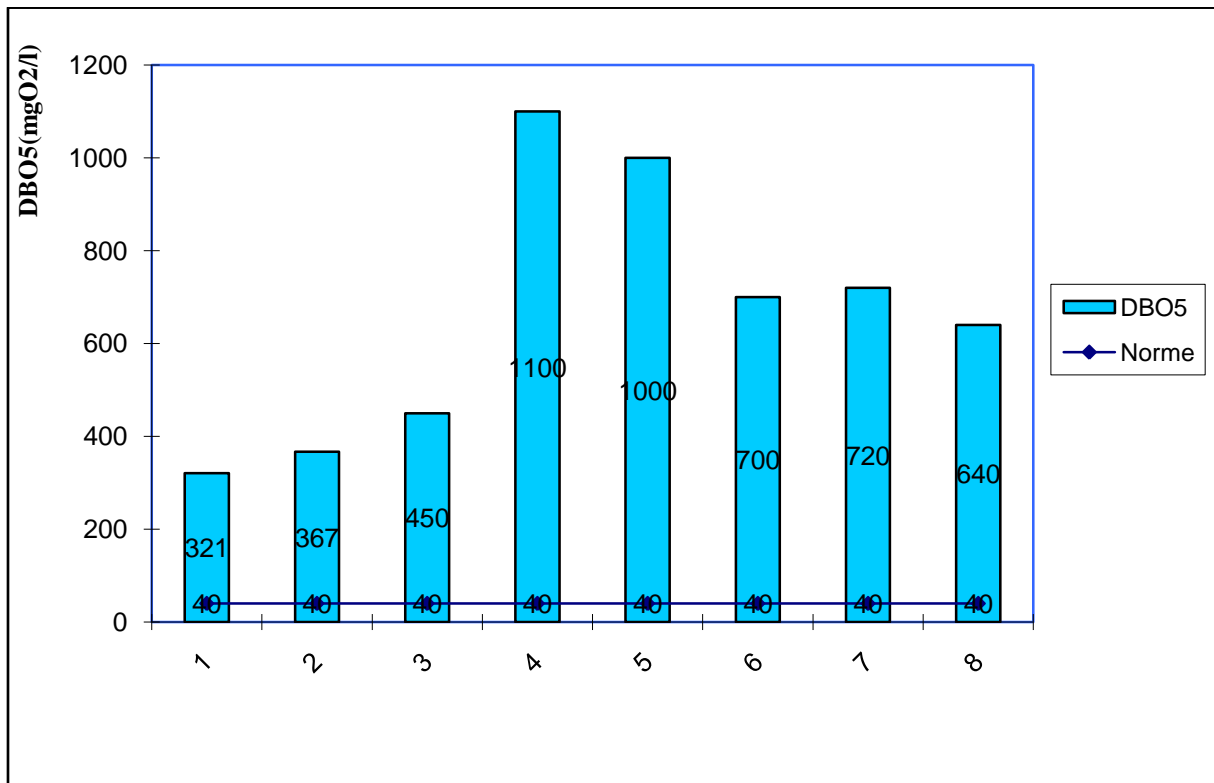
L'effluent généré au P2 se présente comme une eau très acide. Ce pH très bas serait la conséquence d'un surdosage de produits de nettoyage acides.

Une telle valeur de pH ( $\text{pH} = 1,9$ ) est nuisible à l'environnement, et aura donc des conséquences néfastes pour la faune et la flore aquatique.

### c) La demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) et la demande chimique en oxygène (DCO)

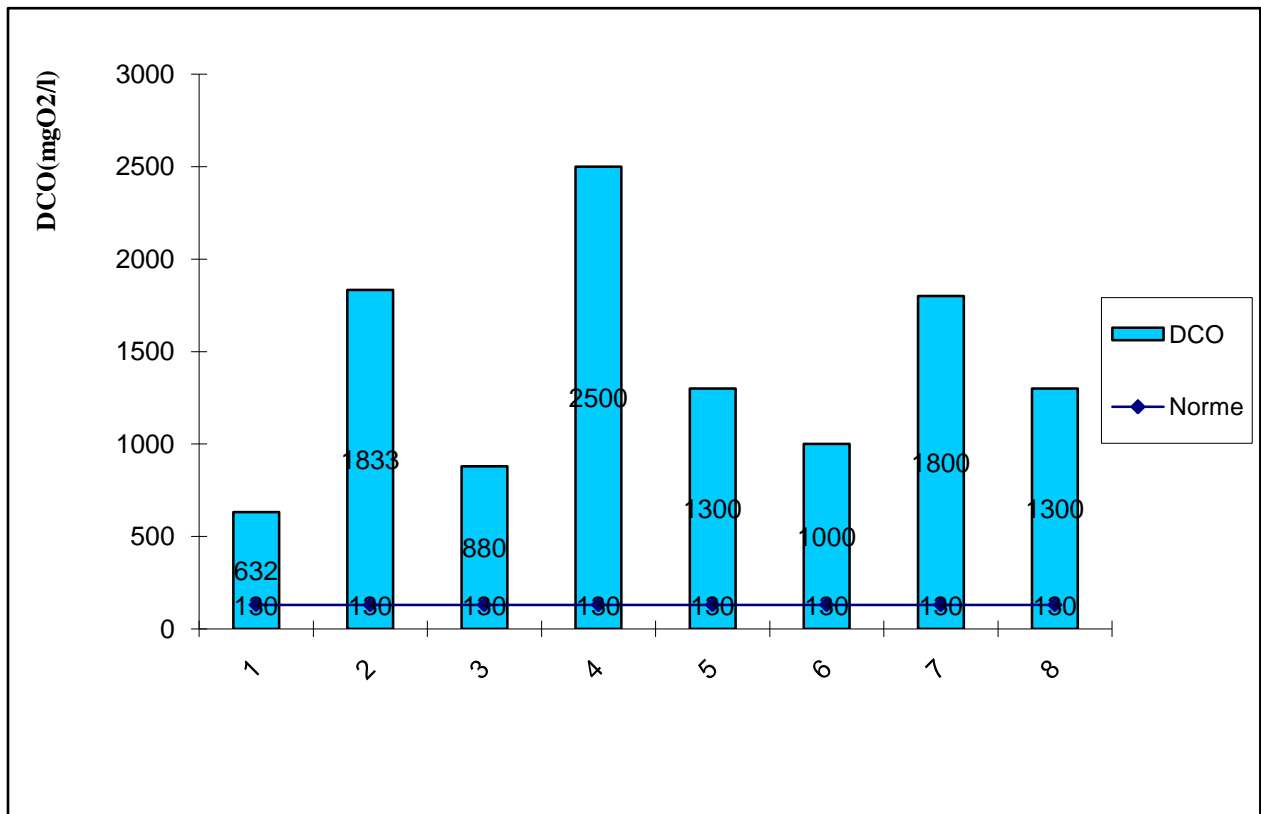
La DCO permet d'évaluer la charge polluante minérale et organique des eaux usées par contre la  $\text{DBO}_5$  constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau au cours des procédés d'autoépuration .

Les résultats obtenus pour la  $\text{DBO}_5$  sont résumés en figure V.4.



**Fig V.4.** *DBO<sub>5</sub> des rejets lors des différents prélèvements*

Et pour la DCO Les résultats obtenus sont résumés en figure V.5.



**Fig V.5.** DCO des rejets lors des différents prélèvements

Les valeurs de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO sont significatives d'une charge organique très importante.

Il est à noter que d'après les deux figures (V.4 et V.5) les valeurs trouvées sont élevées par rapport aux eaux usées domestiques et peuvent être classées comme eaux usées de type urbain fortement polluées.

Cette forte DCO rencontrée est due à la fraction organique constituée d'acide gras volatils dégradables, et aux métabolites non biodégradables venant des eaux de fuites et des eaux de lavages.

La DBO<sub>5</sub> est aussi considérable, nous constatons que son évolution suit généralement celle de la DCO.

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est de 2,3, il indique une biodégradabilité du rejet. Celle-ci serait plus complète si le métabolisme bactérien n'est pas inhibé par la présence excessive de détergent de nettoyage des appareils de production.

#### **d) La pollution azotée**

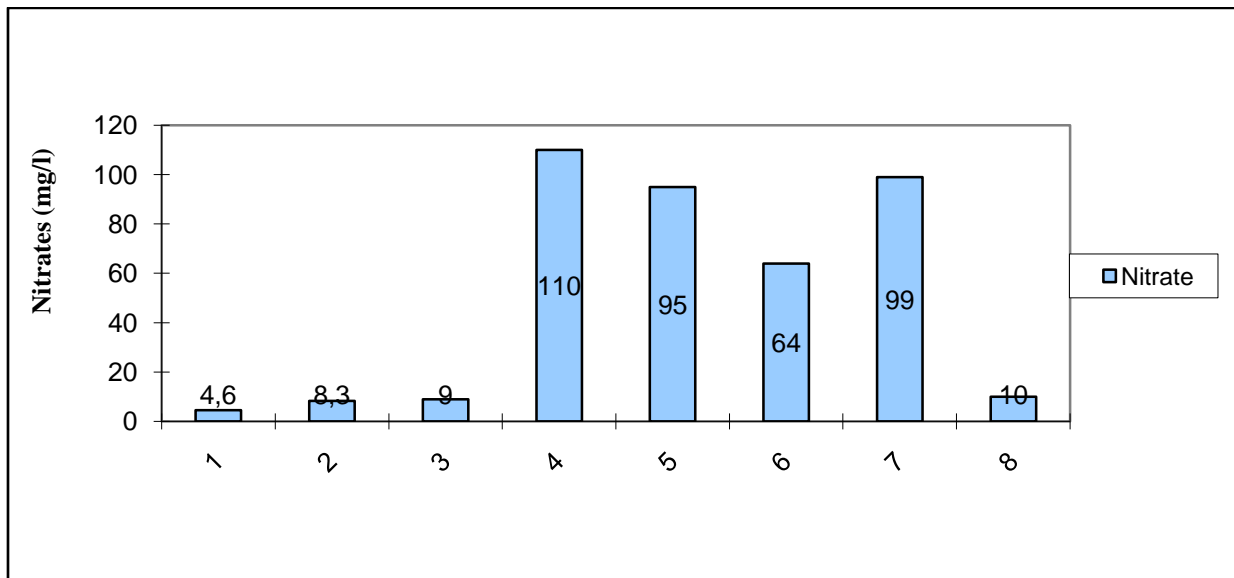
L'azote peut se trouver dans les eaux industrielles sous quatre formes, dont la somme constitue l'azote global

- Les nitrates
- Les nitrites
- L'azote ammoniacal
- L'azote organique

- **Les nitrates**

Les nitrates constituent un facteur d'eutrophisation mais, pratiquement, on estime qu'ils n'induisent pas de développement d'algues gênantes en dessous d'une teneur de 2 à 5 mg/l dans le milieu récepteur.

Les résultats obtenus sont résumés en figure V.6.



**Fig V.6.** Nitrates des rejets lors des différents prélèvements

Les nitrates représentent la forme la plus oxydée de l'azote. Son évolution suit celle de la DCO et la DBO<sub>5</sub>.

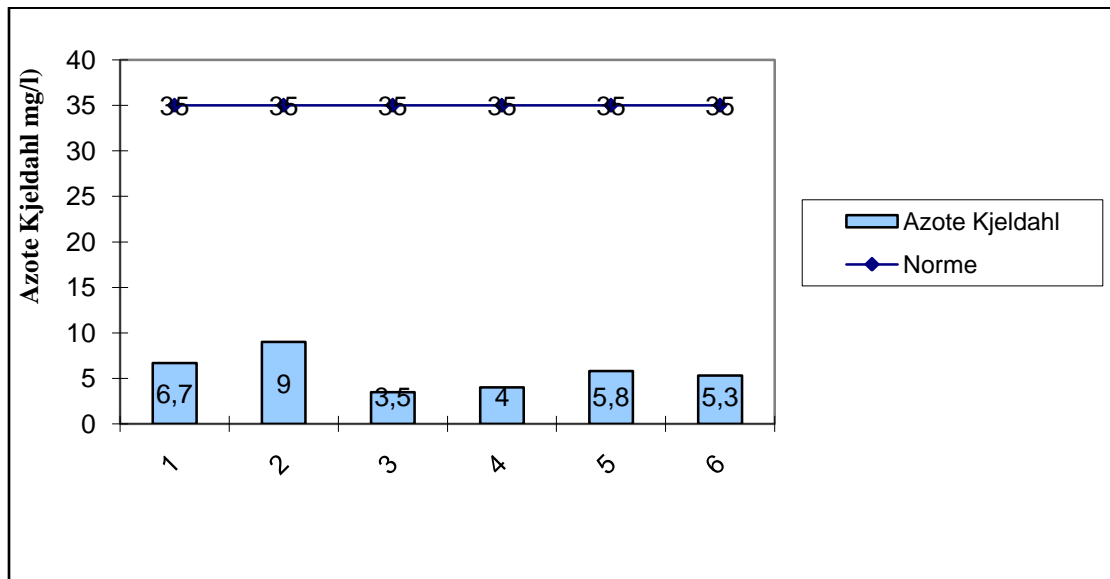
- **L'azote kjeldahl :**

L'azote peut se présenter sous différentes formes : azote organique, azote ammoniacal, nitrite et nitrate.

Cette analyse permet de mesurer simultanément l'azote organique et ammoniacal représenté par l'azote Kjeldahl (total) noté NTK

d'où :  $NTK = N \text{ organique} + N \text{ ammoniacal}$ . Il s'agit des formes réduites de l'azote.

Les résultats obtenus sont résumés en figure V.7.



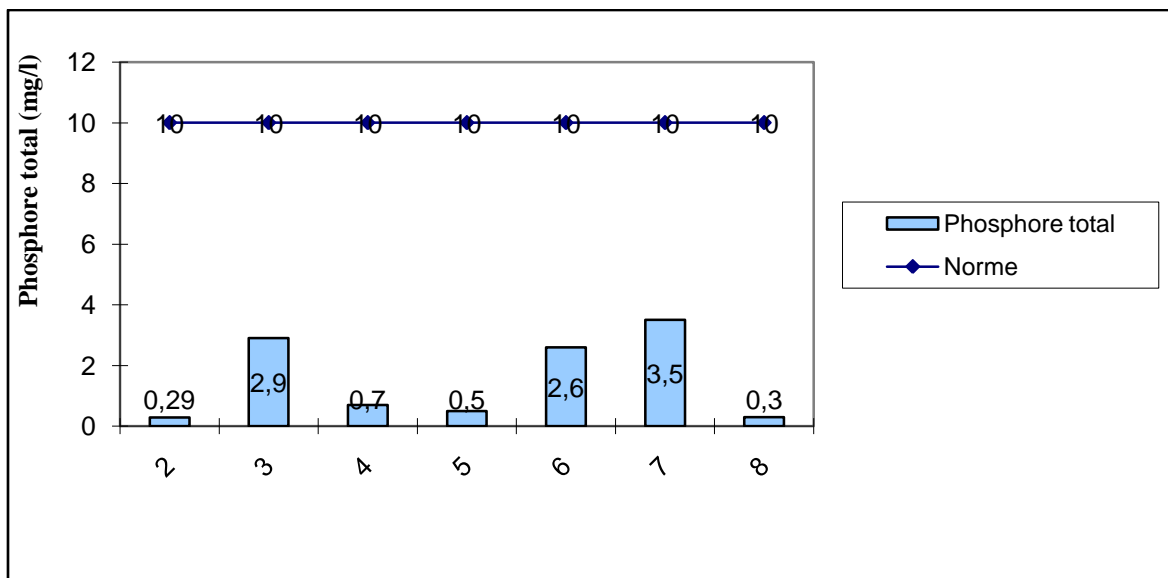
**Fig V.7.** L'azote kjeldahl des rejets lors des différents prélèvements

Leurs valeurs en azote organique et ammoniacal enregistrées sont inférieures à la norme de rejets.

#### e) Le phosphore total

Les teneurs en azote et en phosphore sont des paramètres très importants. Des concentrations excessives contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

Les résultats obtenus sont résumés en figure V.8.



**Fig V.8.** Phosphore Total des rejets lors des différents prélèvements

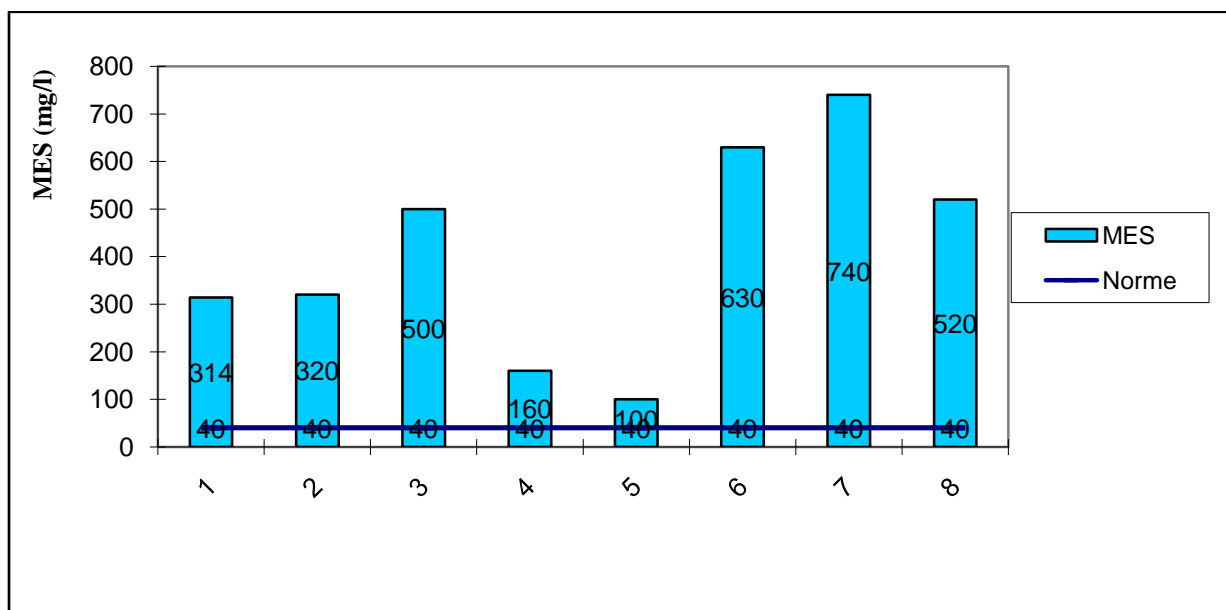
L'analyse de ce paramètre nous donne des valeurs très faibles par rapport à la norme de rejet ce qui ne présente aucun danger par rapport à l'eutrophisation des eaux de surface.

### f) Les matières en suspension (MES)

Une grande quantité de matières en suspension dans l'eau réduit la luminosité et abaisse la productivité du milieu récepteur du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous suivi d'une réduction des phénomènes de photosynthèse. Elle est préjudiciable à la vie aquatique. [42]

Les résultats des analyses faites montrent des fluctuations importantes dans la concentration des matières en suspension, les valeurs sont comprises entre 100 et 740 mg/l avec une moyenne de 410,5 mg/l pour les trois mois.

Les résultats obtenus sont résumés en figure V.9.



**Fig. V.9.** MES des rejets lors des différents prélèvements

Cette fluctuation est dépendante :

- Des purges des chaudières.
- Drainage vers les égouts.
- Rejet de la phase 105
- Rejet direct des jus avariés.

Ainsi, on remarque que la concentration des matières en suspension dépasse de loin celle recommandée par les normes de rejet qui est de 40 mg/l.

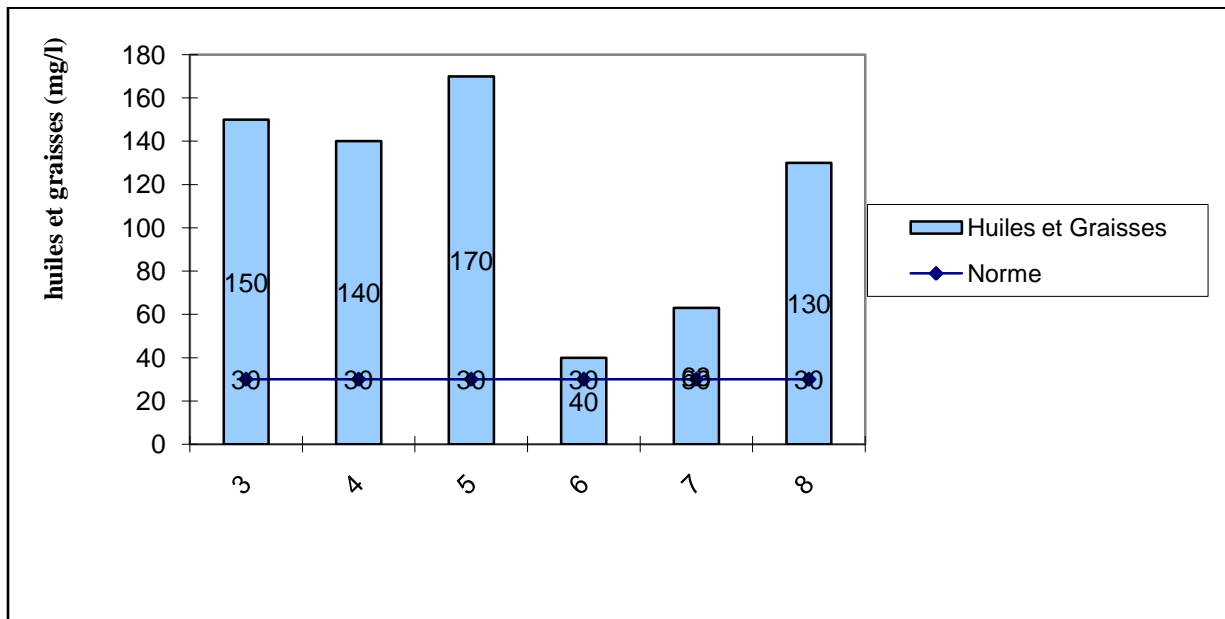
De telles concentrations sont de nature à engendrer l'asphyxie chez le poisson et réduisent la pénétration de lumière dans le milieu aquatique, diminuant ainsi la production d'oxygène par photosynthèse.

Ces concentrations peuvent être à l'origine de perturbations graves du pouvoir auto épurateur des eaux de surface.

### g) Les huiles et graisses

C'est un paramètre très important dans la mesure où il empêche la pénétration de l'oxygène nécessaire pour la biodégradation des matières organiques.

Les résultats des analyses effectuées sont présentés en figure V.10.



**Fig V.10.** Les huiles et graisses des rejets lors des différents prélèvements

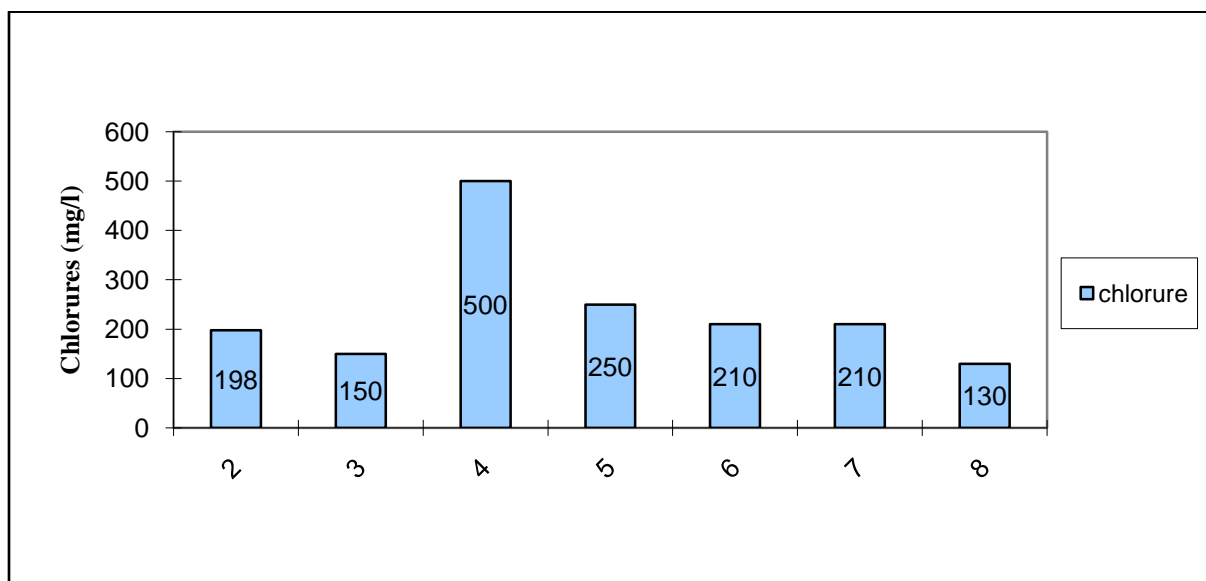
L'analyse de ce paramètre au niveau du collecteur principal donne des valeurs qui dépassent de loin la norme du rejet qui est de 30 mg/l.

Les purges sont effectuées avec des débits discontinus et à des fréquences irrégulières d'où la fluctuation remarquée.

L'utilisation des huiles et graisse d'origine minérale conduit à des pollutions instantanées lors de la purge des compresseurs et d'autres appareils.

### h) Les chlorures

Les résultats obtenus sont résumés en figure V.11.



**Fig V.11.** Chlorures des rejets lors des différents prélèvements

Les résultats enregistrés nous donnent des concentrations de chlorure très importantes. Les chlorures rejetés ont diverses conséquences :

- sur la résistance, la croissance et l'accoutumance des espèces vivantes, ainsi que sur la sélection d'espèces halophiles et halotolérantes, entraînant un déséquilibre de l'écosystème.
- sur le développement des cultures : la plupart des cultures végétales sont sensibles à la salinité qui affecte leur croissance et leur qualité. Les toxicités spécifiques de certains ions (chlorures) et l'effet osmotique entraînent une déshydratation, une moindre résistance aux maladies et une diminution du rendement des cultures. [43]

Au niveau de leur élimination, hormis les problèmes de corrosion, d'entartrage et de colmatage, ils peuvent interférer avec des réactions chimiques ou biochimiques présentes dans les installations de traitement, en particulier les fermentations. Les ions  $\text{Cl}^-$  ont des effets inhibiteurs sur la fermentation anaérobie de la biomasse.

#### **V.4.2. Analyses complémentaires**

Après avoir quantifié et qualifié la pollution des rejets au niveau du collecteur principal, en effectuant des prélèvements pendant une période où l'unité travaillait à plein rendement, nous avons complété notre travail par des analyses des effluents provenant de la phase de nettoyage et de stérilisation.



**Tableau V.3.** Station NEP (Nettoyage de la conditionneuse TBA19B).

Echantillon	Température	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)
1	27	7.4	11.3	57	trace
2	28	8.1	49	117	Trace
3	28	7.8	65	210	trace

**Tableau V.4.** Station NEP (Nettoyage du pasteurisateur 5500) lors de la phase 258.

« Phase 258 : Rinçage à l'eau qui vient juste après un rinçage avec de la soude »

Echantillon	phase	Température	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO(mg/l)	MES(mg/l)
1	258	75 °C	12,15	231	512	110
2	258	72 °C	12,49	289	495	130
3	258	73 °C	12,30	265	530	95

**Tableau V.5.** Station NEP (Nettoyage pasteurisateur 5500) lors de la phase 295.

« Phase 295 : Rinçage final à l'eau »

Echantillon	phase	Température	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO(mg/l)	MES(mg/l)
4	295	29 °C	8,45	167	302	30
5	295	33 °C	8,22	120	285	23
6	295	32 °C	7.89	110	250	15

**Tableau V.6.** Stérilisation du pasteurisateur 5500.

Echantillon	Température	pH	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	DCO(mg/l)	MES(mg/l)
1	37 °C	7.8	15.8	20	Trace
2	35 °C	8.1	13.2	17.5	Trace
3	36 °C	8.05	11	14	trace

L'analyse des résultats obtenus nous permet de constater que :

- La faible pollution organique et en MES est due à la station NEP lors du nettoyage des conditionneuses et des pasteurisateurs.
- La pollution thermique due aux procédés de stérilisation.
- Les valeurs de pH enregistrés (pH=12,30) qui proviennent du nettoyage des pasteurisateurs par une solution de soude sont très néfastes pour la faune et la flore aquatique.

- A partir de ces résultats, nous pouvons donc comprendre les fluctuations enregistrées au niveau des rejets du collecteur principal.

### V.5. Recommandations

Les eaux résiduaires doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations uniquement physiques ou mécaniques. Ce prétraitement est destiné à extraire de l'eau la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs au niveau des stations d'épuration.

Dans le cas de l'unité NCA étudiée, les rejets sont destinés sans prétraitement à la station d'épuration de Réghaïa.

Dans un but de prévention et au vue des résultats obtenus, nous proposons les recommandations suivantes:

- Concernant la pollution azotée, elle peut être facilement éliminée par la STEP de Reghaïa qui fonctionne actuellement en dessous de ses capacités.
- La charge polluante étant fortement organique, le rapport DCO/DBO5 = 2,3 est témoin de la bonne biodégradabilité de ces eaux qui ne causeront aucun préjudice aux installations de la station d'épuration de Réghaïa
- Des concentrations élevées en chlorures ont été enregistrées et vont contribuer à l'augmentation de la salinité de ces eaux de rejet et leur donner un effet de plasmolyse sur la végétation. Mais, dans le cas de l'unité étudiée, ces rejets seront dilués dans la station qui traite de grands débits d'eaux usées domestiques.
- Un bassin de décantation permettant d'éliminer les MES, d'homogénéiser la pollution dissoute et de jouer un rôle tampon par rapport à la fluctuation du Ph et aussi de modérer la température.
- Un déshuileur permettant d'éliminer les huiles et les graisses.

#### a) bassin de décantation :

Ce bassin de décantation est destiné à éliminer les MES ainsi que les particules grenues issues du lavage du sol et des locaux.

L'action consiste à laisser reposer les phases en contact et à attendre un temps suffisant pour qu'elles se séparent sous l'action de la pesanteur. C'est une opération simple mais longue, ne nécessitant que peu de matériel, donc peu coûteuse. Elle ne met en jeu qu'une force extérieure constante, la pesanteur. Dans ce cas il faut éviter toute agitation de l'eau qui est source de remise en suspension des particules déjà décantées.

Ce processus appelé « **sédimentation** » s'accomplit dans un « bac de décantation » spécialement conçu à cet effet.

Les MES sont d'origine agro alimentaire, riches en matière organique et présentent un caractère hydrophile.

Dans ce cas la vitesse superficielle (vitesse de Hazen) exprimée en m/h et correspondant au débit d'eau passée sur la surface projetée au sol du décanteur, ne doit pas excéder 1,50 m/h pour assurer une décantation correcte.

Le temps de rétention minimal pour obtenir une bonne décantation est d'une heure et 30 minutes (1,50 heures).

Deux actions simultanées se rencontrent lors de cette décantation : la vitesse de chute s'accroît en même temps que croît la taille d'une particule par agglomération à d'autres particules et par ailleurs, cette même vitesse de décantation décroît par l'effet d'augmentation de densité et de viscosité du milieu lorsque les particules se concentrent (décantation piston).

► **Dimensionnement** :

Le débit Q d'eau usée est égal à 2,10 l/s, soit 7,56 m<sup>3</sup>/h

La vitesse de Hazen :  $V_h = 1,50$  m/h

Le temps de rétention  $t_{ret} = 1,5$  h

La surface du décanteur :  $S = Q / V_h = 7,56 \text{ (m}^3\text{/h)} / 1,50 \text{ (m/h)} = 5,04 \text{ m}^2$

Volume du décanteur :  $V = Q \times t_{ret} = 7,56 \text{ (m}^3\text{/h)} \times 1,50 \text{ (h)} = 11,34 \text{ m}^3$

La profondeur du décanteur  $H = V / S = 11,34 / 5,04 = 2,25$  m

Remarque : la vitesse de décantation des particules sableuses grenues est plus élevée que celle des matières organiques (elle dépasse 0,6 m/s contre une vitesse variant entre 0,1 et 0,2 m/s pour les particules floculées à caractère organique et hydrophile).

Pour cela toutes les particules sableuses issues du nettoyage et du lavage des locaux et du sol seront éliminées automatiquement dans ce dernier ouvrage en même temps que les MES.

► **Neutralisation** :

La **neutralisation** qui a pour objet de rectifier le pH d'effluents trop acides ou trop alcalins, quand elle n'est pas incluse dans le traitement physico-chimique, peut s'avérer indispensable avant épuration biologique.

Avec un volume du bassin de décantation de  $11,34 \text{ m}^3$  et un débit traversier de  $7,56 \text{ m}^3/\text{h}$ , le temps de séjour dans cet ouvrage de 1,5 h est largement suffisant pour jouer un rôle tampon par rapport aux fluctuations du pH et assurer l'homogénéisation de la pollution.

### **b) Déshuileur :**

Le déshuileur se fait par flottation grâce à l'introduction d'air comprimé qui fait remonter en surface les particules huileuses émulsionnées et favorise leur agglomération. Leur élimination se fait ensuite par raclage à la surface dans une zone de tranquillisation. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations. Leur élimination est essentielle également pour limiter les problèmes de rejets de particules graisseuses et les difficultés de décantation.

#### **► Dimensionnement :**

Le débit des eaux usées  $Q = 2,10 \text{ l/s} = 0,126 \text{ m}^3/\text{mn} = 7,56 \text{ m}^3/\text{h}$

Le temps de séjour nécessaire est au moins de 7 minutes sur le débit des eaux usées. Nous prendrons un temps de séjour de 8 mn.

La charge superficielle  $C_s$  ne doit pas dépasser  $25 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ . Nous prendrons  $C_s = 20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$  afin de sécuriser le rendement du déshuileur.

$$\text{Section horizontale} = S = Q / C_s$$

Le volume du déshuileur  $V = S \times H$  (H= profondeur du déshuileur)

$$\text{On a } V = t_s \times Q = 8 \text{ mn} \times 7,56 \text{ m}^3/\text{h} = 8 \text{ mn} \times 0,126 \text{ m}^3/\text{mn} = 1,00 \text{ m}^3$$

Section horizontale :  $S = Q (\text{m}^3/\text{h}) / C_s (\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}) = 7,56 / 20 = 0,378 \text{ m}^2$ . Nous prendrons une section horizontale de  $0,4 \text{ m}^2$ , ce qui nous donne une hauteur de :

$$H = V / S = 1,00 / 0,4 = 2,50 \text{ m}$$

On choisira un déshuileur rectangulaire de longueur égale à 0,80 m et une largeur de 0,50 m



*CONCLUSION*

*GENERALE*



## *Conclusion générale*

La gestion et le traitement des différents rejets (solide, liquide et gaz) doivent être une préoccupation croissante de notre société.

Les problèmes de pollution générée par l'industrie agroalimentaire sont aussi variés que les filières de production de ce secteur sont diverses. Il est important de faire noter aussi que, dans le cas de ces industries, les quantités d'eau consommées sont énormes et les déchets sont essentiellement de type organique.

En plus de ces deux nuisances principales, l'industrie agroalimentaire est souvent confrontée aux problèmes que posent les emballages non-biodégradables, souvent en plastique, qui polluent l'environnement longtemps après l'usage des produits qu'ils contiennent.

C'est dans un souci de prévenir une pollution engendrée par les eaux résiduaires que s'inscrit notre étude qui s'est effectuée au niveau de l'unité de production de jus, la Nouvelle Conserverie Algérienne (NCA), implantée dans la zone industrielle de Rouiba.

Un état des lieux et une expertise des déchets a permis de faire un diagnostic de pollution engendrée au niveau de cette unité. Pour cela, il est nécessaire de connaître les processus mis en jeu dans les procédés de fabrication du jus. Ces différentes étapes ont été suivies par une caractérisation qualitative et quantitative des différents éléments polluants. Cette évaluation est déterminante pour le choix et la fiabilité du traitement des eaux de rejets.

L'exploitation de tous les résultats obtenus a permis de dégager des recommandations pour réduire la pollution.

Des proportions assez élevées de MES ont été enregistrées, pour cela nous proposons un bassin de décantation avec un volume de 11,34 m<sup>3</sup>, destiné à les réduire en même temps que les particules grenues issues du lavage du sol et des locaux. Ce bassin joue également un rôle de bêche tampon permettant d'homogénéiser le pH dans le cas de rejets trop acides ou trop alcalins. Les boues accumulées, lors de cette opération, sont de nature organique et hydrophile et pourront être valorisées comme amendement organique dans l'agriculture.

L'unité génère des effluents avec des valeurs en huiles et graisses qui se trouvent en dehors de la norme de rejet qui est de 30 mg/l. Un déshuileur rectangulaire de 1 m<sup>3</sup> est donc nécessaire. Il a été calculé en fonction du débit de rejet.

Les autres paramètres polluants de ces rejets liquides sont du même ordre que ceux des eaux usées domestiques et peuvent donc être évacués vers la STEP de Réghaïa.



*REFERENCES*

*BIBLIOGRAPHIQUES*



---

## Références Bibliographiques

- [1] **MEINCK .F, STOOF .J et KOHLSCHUETTER .H** : *Les eaux usées industrielles*. Masson éd., Paris (1977).
- [2] **BOEGLIN .J.C** : Pollution industrielle de l'eau. Caractérisation, classification, mesure. G 1 210. Traité Environnement (1999).
- [3] **Degrémont**, Mémento technique de l'eau, Edition Technique et Documentation, Paris 1989.
- [4] **Koller E.**, Traitement des pollutions industrielles, Edition Dunod, Paris, 2004.
- [5] Mémento technique de l'eau. Degrémont. Ed. Lavoisier Technique et Documentation, Paris (2005).
- [6] **HOULLIER .C et OUDART .B** : *Guide de Lecture de l'Arrêté ministériel du 1er mars 1993*. AIF Service Éditeur, Limoges (1996).
- [7] **Ramade F.**, Dictionnaire encyclopédique des polluants, EDISCIENCE international, Paris, 2000.
- [8] **Ramade F.**, écotoxicologie ,2ème éd., Masson, paris 1979.
- [9] **Welch E.B.**, ecological effects of wastewater, 2ième Edition, Taylor & Francis e-Library, UK, 2004.
- [10] **Lawrence A.**, Effects of Pollution on Fish : molecular effects and population, Edition Blackwell Science, UK, 2003.
- [11] **Spellman Ph.D, Frank R.**, The Science of Environmental Pollution, Edition Taylor & Francis Routledge, USA, 1999
- [12] **Boucheseiche C., Cremille E., Pelte T., Pojer K.**, Pollution toxique et écotoxicologie : notions de base, *Guide technique numéro 7*, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2002.
- [13] **Capblancq J., Decamps H.**, L'eutrophisation des eaux continentales : Questions à propos d'un processus complexe, NSS : *Natures Science Société*, vol. 10, n°2, pages 6-17, Editions scientifiques et médicales Elsevier, 2002.
- [14] **Vézie L., Brient L., Berthru G.**, évaluation des efflorescences à cyanobactéries dans les cours d'eau et les plans d'eau, université de Rennes 1, (2001)
- [15] **GAUJOUX .D** : *La Pollution des milieux aquatiques*. Ed. Technique et Documentation Lavoisier (1993).
- [16] Traitement de surfaces, épuration des eaux. Agence de l'eau RMC (1998).
- [17] The Nalco Water Handbook. Ed. Mac Graw & Hill, (1998).



- [18] **BOEGLIN .J.C** : Analyses des eaux résiduaires. Mesures de la pollution. P 4 200. Techniques de l'Ingénieur, Traité Analyse et Caractérisation, volume P5, (1997).
- [19] Cours et manuel de la technique de l'eau usée, vol I, 2 édition 1973.
- [20] OMS : Guides de gestion des déchets industriels : eaux résiduaires de l'industrie du sucre de canne 1971.
- [21] OMS : Guides de gestion des déchets industriels : eaux résiduaires de papeteries et de fabrique de pate 1972.
- [22] **PREUSS, F** : De la pratique du traitement biologique artificiel des eaux résiduaires de laiteries et de fromagerie 1965.
- [23] **BOHNKE, B** : Rendement des procédés d'épuration, Aachen, 1978.
- [24] **Shen T.**, Industrial pollution prevention, Edition Springer- Verlag, Berlin, Germany, 1995.
- [25] **Martin D.**, Manuel pour la prévention de la pollution, Congrès du travail du Canada, Canada, 1998.
- [26] **BOEGLIN .J.C** : Analyse des eaux résiduaires. Mesure de la pollution. P 4 200. Traité Analyse et Caractérisation (1997).
- [27] **BOEGLIN .J.C** : Pollution industrielle de l'eau. Stratégie et méthodologie. G 1 220. Traité Environnement (1998).
- [28] **BOEGLIN .J.C** : Inventaire des traitements des eaux résiduaires. J 3 940. Traité Génie des procédés (1997).
- [29] **BOEGLIN .J.C** : Traitement biologique des eaux résiduaires J 3 942. Traité Génie des procédés (1998).
- [30] **GAÏD .A** : Traitement des eaux usées urbaines. C 5 220. Traité Construction (1999).
- [31] **GUIBELIN .E** : Lutte contre la pollution des eaux. Traitement des boues d'épuration. G 1 450. Traité Environnement (1999).
- [32] **GILLES .P** : Lutte contre la pollution des eaux. Finitions à haute performance. G 1 330. Traité Environnement (1999).
- [33] **SALAMITOU .J** : Management environnemental : la norme ISO 14001, G 4 600. Traité Environnement (1998).
- [34] **Fetayah .R, Chami .N**, Evolution de la pollution rejetée par la Nouvelle Conserverie Algérienne (NCA), Projet de fin d'étude en génie des procédés, USTHB, 2002.

- [35] **www.winne.com**, report on Alegria, présentation de la NCA.
- [36] **Hantz D**, Les différents procédés de refroidissement d'eau dans les installations Industrielles: Guide technique, CENTRE TECHNIQUE DES INDUSTRIES AÉRAULIQUES ET THERMIQUES, France, 2005
- [37] **Document NCA**, présentation de la station de traitement des eaux, 2002.
- [38] [www.apesa.fr/iso\\_album/resines\\_echangeuses\\_ions.pdf](http://www.apesa.fr/iso_album/resines_echangeuses_ions.pdf)
- [39] **Rodier J.**, L'analyse de l'eau, 8<sup>eme</sup> édition, DUNOD, 2005.
- [40] **Shneider W.,Fresenius W.**, Technologie des eaux résiduaires, Edition SpringerVerlag, Paris, 1990.
- [41] **Gaujous .D**, La pollution des milieux aquatiques: aide mémoire, Edition Lavoisier, 1993.
- [42] **Atma .W**, Quantification et prévention de la pollution engendrée par l'unité Linde Gaz Algérie, Mémoire de Magister, ENP, 2009.
- [43] **Belhadj .M**, Etude de la pollution du barrage de Zit-emba, commune de Bekkouche lakhdar,SKIKDA, Mémoire de Magister, 2006.

❧

*ANNEXES*

❧

---

## **Annexe 1 : Les modes opératoires des analyses effectuées au niveau du Centre de Recherche et de Développement (CRD)**

### **1.1. Mesure du pH**

#### **a)-Principe**

La différence de potentiel existant entre une électrode de Référence (calomel -KCL saturée) plongeant dans une même solution est une fonction linéaire du pH, La détermination du pH consiste donc à mesurer une différence de potentiel qui s'effectue à l'aide d'un dispositif appelé potentiomètre.

#### **b)-Mode opératoire**

- ❖ Prélever à l'aide d'une pipette une prise d'essai de 50 ml et l'introduire dans un bêcher propre.
- ❖ Rincer abondamment l'électrode avec de l'eau distillée.
- ❖ Placer le bêcher sous agitation magnétique.
- ❖ Introduire l'électrode dans la solution à analyser.
- ❖ Mettre en marche le potentiomètre.
- ❖ Lire la valeur affichée par le potentiomètre après stabilisation.

### **1.2. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

#### **a)-Principe**

Le cadmium métallique contenu dans les gélules de réactifs réduit les nitrates présents dans l'échantillon en nitrite réagissant en milieu acide avec l'acide sulfurique pour former un sel. Ce sel réagit avec l'acide pour former un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnellement à la concentration en nitrates.

#### **b)-Réactifs utilisés**

Gélules de nitra ver 5.

#### **c)-Appareillages de mesure**

- ❖ Cellules en verre de 25 ml de capacité.
- ❖ Spectrophotomètre de type DR 2000.

## d)-Mode opératoire

- ❖ Mettre en marche le DR 2000 en appuyant sur la touche POWER.
- ❖ Introduire le numéro de programme mémorisé pour le dosage des nitrates fortes concentrations.
- ❖ Presser 355 READ/ENTER. L'affichage indique REGLES nm à 500 tourner alors le bouton de réglage des longueurs d'ondes jusqu'à ce que l'affichage indique 500nm, presser alors READ/ENTER l'affichage indique mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> H
- ❖ Prendre deux cellules en verre et remplir chacune d'elle de 25 ml d'échantillon.
- ❖ Verser le contenu d'une gélule de nitra ver 5 dans un des flacons, celui-ci constituera l'échantillon préparé le second servira de blanc.
- ❖ Presser SHIFT TIMER puis agiter pendant une minute le flacon, lorsque le minuteur sonne, presser à nouveau SHIFT TIMER, un temps de réaction de 5 minutes commence.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> H, placer alors le blanc dans le puits de mesure et fermer le capot.
- ❖ Presser ZERO, l'affichage indique ATTENDRE puis 0.0 mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> H.
- ❖ Effectuer alors la lecture, pour cela retirer d'abord le bouchon de l'échantillon préparé, puis le placer dans le puits de mesure et fermer le capot.
- ❖ Presser READ/ENTER l'affichage indique ATTENDRE puis le résultat en mg/l s'affiche.

## 1.3. Phosphore (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

### a)-Principe

Le phosphore dans les eaux naturelles et usées se trouve uniquement sous forme de phosphate.

La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'ortho- phosphate. Toutes les autres formes requièrent un pré traitement pour les transformer en l'ortho- phosphate et les analyser.

L'ortho- phosphate réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate. L'acide ascorbique réduit le complexe, donnant une coloration intense de bleu de molybdène.

**b)-Réactifs**

Gélules phos ver 3 contenant le molybdate et l'acide ascorbique.

**c)-Appareillages de mesure**

- ❖ Spectrophotomètre type DR/2000.
- ❖ Cellules en verre de 25ml de capacité.

**d)-Mode opératoire**

Mettre en marche le DR2000 en appuyant sur la touche POWER entrer le numéro de programme mémorise pour le phosphate, presser : 490READ/ENTER. l'affichage indique REGLER nm à 890.

- ❖ Tourner le bouton de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique ; 890nm.
- ❖ Presser READ/ENTER l'affichage indique mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$  PV mg/l
- ❖ Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon.
- ❖ Ajouter le contenu d'une gélule de réactif phos ver 3 au flacon (échantillon préparé.) agiter pour mélanger.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, presser SHIFT TIMER une période de réaction de 2 minutes commence.
- ❖ Remplir un autre flacon colorimétrique avec 25ml d'échantillon (le blanc). Le placer dans le puits de mesure .fermer le capot.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique mg/l P PV. Presser : ZERO. L'affichage indique ATTENDRE.
- ❖ Placer l'échantillon prépare dans le puits de mesure et fermer le capot.
- ❖ Presser READ/ENTER. l'affichage indique ATTENDRE, puis le résultat en mg/l de  $\text{PO}_4^{3-}$  s'affiche.

**1.4. Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )****a)-Principe**

Les composés ammoniacaux se combinent avec le chlore pour former le Monochloroamine, ce dernier réagit avec le salicylate pour former l'aminosalicylate.

Ce composé est oxydé en présence d'un catalyseur au nitroprussiate. Pour former un complexe de couleur bleu. La coloration bleue est masquée par la coloration jaune du réactif en excès pour obtenir la solution finale colorée en vert dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en azote ammoniacale présente dans L'eau.

#### **b)-Réactifs**

- ❖ Réactif salicylate en gélules.
- ❖ Réactif cyanurate alcalins en gélules.
- ❖ Eau distillée.

#### **c)-Appareillages de mesure**

- ❖ Cellules en verre de 25ml de capacité.
- ❖ Spectrophotomètre de type DR 2000.

#### **d)-Mode opératoire**

- ❖ Mettre en marche le DR2000 en appuyant sur la touche POWER.
- ❖ Introduire le numéro de programme mémorisé pour l'azote ammoniacal.
- ❖ Presser 385 READE /ENTRE l'affichage indique régler nm à 655, tourner le bouton de réglage des longueurs d'ondes jusqu'à ce que l'affiche indique 655 nm.
- ❖ Presser READ/ENTER, l'affichage indique mg/l N-NH<sub>3</sub> Salic.
- ❖ Prendre deux cellules en verre et remplir l'une d'elle de 25 ml d'eau à analyser (l'échantillon préparé) et l'autre de 25 ml d'eau distillée (le blanc) .Ajouter le contenu d'une gélule de réactif salicylate dans chacune des cellules, boucher et agiter pour dissoudre.
- ❖ Presser alors SHIFT TIMER, une période de réaction de 3 minutes commence.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, ajouter le contenu d'une gélule de cyanurate alcalin dans les deux cellules, les bouchers et agiter pour dissoudre le réactif. Presser à nouveau SHIFT/TIMER, une période de réaction de 15 minutes commence.
- ❖ Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique mg/l N-NH<sub>3</sub> Salic.
- ❖ Introduire le flacon servant de blanc dans le puits de mesure et presser ZERO, l'affichage indique ATTENDRE puis 0,00 mg/l N-NH<sub>3</sub> SALIC.
- ❖ Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure après avoir retiré le bouchon, fermer le capot.
- ❖ Presser READ /ENTER ; l'affichage indique attendre puis le résultat en mg/l d'azote (N-NH<sub>3</sub>) s'affiche.

## 1.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

### a)-Principe

Le teste de DCO consiste en la mesure de l'oxygène équivalent à la quantité de matière organique oxydable par le dichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$ , dans une solution d'acide sulfurique à 50%. Un composé à base d'argent est ajouté comme catalyseur. Un composé mercurique est ajouté pour réduire les interférences dues à l'oxydation des ions chlorures par dichromate.

L'oxydation s'effectue à une température de  $150^\circ C$  pendant deux heures, la lecture se fait par colorimètre. Pour la gamme de 0 à 1500mg/l (620nm), la coloration obtenue est verte, elle correspond à la quantité de chrome trivalent produite.

### b)-Reaction



### c)-Réactifs

- ❖ Tubes DCO (0 à 150mg/l) pour les fortes concentrations.
- ❖ Eau déminéralisée.

### d)-Appareillages de mesure

- ❖ Pipette jaugée à 2ml.
- ❖ Adaptateur de tube DCO sur DR/2000.
- ❖ Portoir pour tube DCO.
- ❖ Réacteur à  $150^\circ C$ .
- ❖ Spectrophotomètre de type DR/2000.

### e)-Mode opératoire

- ❖ Homogénéiser l'eau à analyser en agitant pendant deux minutes.
- ❖ Allumer le réacteur DCO préchauffer à  $150^\circ C$ .
- ❖ Retirer le bouchon d'un tube.
- ❖ Tenir le tube incliné à  $45^\circ$ , prélever 2 ml d'eau à analysé et les introduire dans le tube.
- ❖ Fermer hermétiquement le bouchon du tube.
- ❖ En tenant le tube par le bouchon au dessus d'un évier, le retourner plusieurs fois.
- ❖ Placer le tube dans le réacteur.
- ❖ Préparer un blanc en remplaçant l'échantillon par de l'eau dés ionisée.



- ❖ Chauffer les tubes pendant 2 heures à  $t^{\circ}=150^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Eteindre le réacteur. Attendre environ 20 minutes le refroidissement des tubes à  $120^{\circ}\text{C}$  ou dessous.
- ❖ Retourner chaque tube plusieurs fois pendant qu'il est encore chaud.
- ❖ Placer les tubes sur un portoir. Attendre que les tubes soient refroidis puis on la lecture par le spectrophotomètre.

## **1.6. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

### **a)-Principe**

En fonction de la valeur de la DCO mesurée et de la DBO<sub>5</sub> suspectée, il est introduit une quantité connue d'eau dans un flacon de mesure qui est relié au système manométrique, l'oxygène qui est absorbé par les micro-organismes pour dégager la matière organique, est remplacé par l'air au dessus de l'échantillon dans le flacon. Le CO<sub>2</sub> produit est absorbé par la soude, la différence de pression est enregistrée au niveau de la tête en mg/l.

### **b)-Réactifs**

Pastilles de soude caustique.

### **c)-Appareillages de mesure**

- ❖ Incubateur.
- ❖ Agitateur.
- ❖ Bouteille en verre.
- ❖ Barreaux magnétiques.
- ❖ Bouchons munis d'une carte électronique.
- ❖ Télécommande.

## d)-Mode opératoire

**Tableau 1.** Détermination de La valeur de prise d'essai en fonction de la valeur de DCO

Marge de DCO	Volume d'échantillon en ml
0 - 40	432
0 - 80	365
0 - 200	250
0 - 400	164
0 - 800	97
0 - 2000	43.5
0 - 4000	22.7

- ❖ Mesurer la prise d'essai et l'introduire dans le flacon brun.
- ❖ Introduire un barreau aimanté dans le flacon.
- ❖ Placer dans le col de la bouteille le support en caoutchouc qui contiendra deux pastilles en NaOH.
- ❖ Mettre le bouchon, sans le serrer.
- ❖ Enclencher l'agitation et pour équilibrer la température [20, 25] °C, agiter pendant une heure.
- ❖ Fermer la tête du flacon.
- ❖ Lancer l'analyse avec la télécommande.
- ❖ Noter le numéro de l'échantillon.
- ❖ Enregistrer quotidiennement la valeur de la DBO<sub>5</sub>.

Après le cinquième jour, lire la nouvelle valeur de la DBO<sub>5</sub>. Le résultat correspond à la consommation d'oxygène en mg/l (DBO<sub>5</sub> mg/l).

## **1.7. Matière en suspension (MES)**

### **a)-Principe**

L'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée.

### **b)-Réactifs**

Eau distillée.

### **c)-Appareillages de mesure**

- ❖ Dispositif de filtration sous pression.
- ❖ Disques filtrants en fibre de verre.

### **d)-Mode opératoire**

- ❖ Avant la pesée du filtre à vide, le laver à l'eau distillée puis le sécher à 100 – 105°C. Ce filtre est refroidi dans le dessiccateur puis on le pèse.
- ❖ Mettre en marche le dispositif de filtration sous pression.
- ❖ Verser la prise d'essai ( $\geq 100\text{ml}$ ) sur le filtre.
- ❖ Si l'eau à analyser est huileuse laver le récipient et le filtre avec un solvant organique (chloroforme).
- ❖ Sécher le filtre à l'étuve à 105°C pendant 30minutes.
- ❖ Refroidir le filtre au dessiccateur, puis peser.

**Annexe 2 : Méthodes standardisées des analyses effectuées au niveau du Laboratoire Régional Centre de l'O.N.E.D.D de Ben Aknoun (Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable).**

*Tableau 2. Méthodes standardisées pour l'analyse des effluents*

<b>paramètre</b>	<b>Norme</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	ISO 5815 -1 :2003
<b>DCO</b>	ISO 6060: 1989
<b>MES</b>	ISO 11923 :1997
<b>Huiles et graisse</b>	méthode de Rodier
<b>Azote kjeldahl</b>	ISO 5663: 1984
<b>phosphore total</b>	ISO 6878 : 2004
<b>chlorures</b>	méthode de Rodier