



Mémoire de Projet de Fin d'Etudes pour l'obtention du
diplôme d'Ingénieur d'Etat de l'Ecole Hassania des Travaux
Publics, Option : Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

TYPOLOGIE DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES ET PROPOSITION DE LEURS TRAITEMENTS

Réalisé par :

Aîcha BOUNAB

Fatiha TIGHESTE

Encadré par :

M. LEKHLIF (EHTP)

M. LAHNINE (ONEP)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَاقْرَأْ (أَعْلَمُوا) وَسِرِّي (الَّذِي) عَلَّمَكُم (وَأَرَانِي) وَأَلْمَمُوا (مَنْتَوَا)

اللَّهُ
صَلِّقُ
الْعَظِيمُ

Dédicaces

À mes très chers parents,

Aucune dédicace ne saura exprimer mes profonds sentiments, le respect et la considération que j'ai pour vous, rien au monde ne pourrait récompenser tous es sacrifices consentis pour mon éducation et mon bien être.

Que ce travail soit le témoignage de ma profonde gratitude et de mon incontestable reconnaissance, pour toutes les peines endurées, toutes les privations et sacrifices consentis pour mon bien être et le soutien inébranlable que vous m'avez prodigué tout le long de mon éducation et de ces longues années d'étude, je vous dédie ce modeste travail ;

Que dieu, le tout puissant, vous préserve et vous procure santé et longue vie ;

À ma chère sœur et mes chers frères,

Fatima Zahra, Mohamed Yassine et Abdelallah, trois êtres que j'aime énormément et que je prie Dieu le tout puissant pour qu'il les préserve et leur permet de réaliser tout ce qu'ils désirent atteindre.

À tous les membres de ma famille,

A mes tantes, mes oncles et à toute ma famille qui m'ont soutenu durant ces trois années d'études,

Qu'ils trouvent ici l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera à la hauteur de leurs sacrifices et leurs prières pour moi ; Et que Dieu le tout puissant vous préserve tous et vous procure santé, sagesse et bonheur.

À mes professeurs,

Je leur dédie ce travail avec toutes mes reconnaissances pour avoir s'occuper de ma formation et forger ma personnalité

À mes Camarades,

Je leur dédie ce travail, à eux tous, avec l'expression de mon grand amour avec tous mes vœux de bonheur et de prospérité.

Aïcha

Louange à Dieu seul,

Cet humble travail ne serait être sans des personnes spéciales, à qui je voudrais le dédier :

❖ *À mes formidables parents et grand frère :*

À ma chère mère Omoulaid, pour son amour et sa patience

À mon cher père M'harek, pour son amour, son soutien et ses conseils.

À mon cher frère pour son grand soutien et ses humbles conseils

Pour tout ce qu'ils ont fait et continuent de faire tout au long de mon parcours scolaire et de ma vie.

❖ *À ma magnifique sœur Fatima Zahra, pour son encouragement, son écoute et sa croyance en moi.*

❖ *À mes chères amies Amal, Saadia, Soukina, Hasnaa, Imane, Jhsane et Fatiha pour leur amitié, leur accompagnement, et leur tolérance envers mes lacunes.*

❖ *À mes chers petits Frères Hassan et Lhcussaine pour leur humour, et le sens qu'ils ajoutent à ma vie.*

❖ *À mes amies : les filles ghevistes pour rendre sa vie à l'ÉHJP endurable.*

❖ *À ma binôme et amie Aicha, sans laquelle ce travail n'aurait pas vu le jour.*

À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à devenir la personne que je suis aujourd'hui. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

Fatiha JIGHEL SJE

Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement et à témoigner toute nos reconnaissances à M. R. LAHJINE et à M. I. LEKHLIF pour la qualité de leurs encadrements, l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils nous ont fait vivre ainsi que la pédagogie dont ils ont fait preuve.

Nous tenons également à exprimer nos respects et remerciement à Mme. F. BENOUSMANE directrice de la Direction Assainissement et Environnement de l'ONEP qui nous a offert l'opportunité d'effectuer ce stage au sein de cette organisation.

Nous remercions vivement M. M. BOUNAB et Mlle. R. MOUJAN pour leurs aides et leurs précieux conseils,

Nous remercions également tout le personnel de la Direction de l'Assainissement et de l'Environnement de l'ONEP, pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ces quatre mois,

Enfin, je remercie tous ceux dont je n'ai pas cité le nom, et qui ont participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail

Résumé :

Dans le but de réduire les effets nuisibles des rejets industriels sur l'environnement, le Maroc, à l'instar des pays développés, a adopté le principe du pollueur payeur et a imposé des lois exigeant le paiement des redevances en cas d'un déversement dans le domaine public hydraulique.

Se trouvant obligées de respecter les lois, les industries ont commencé d'intégrer des mesures de réduction de la pollution dans les différentes phases de fabrication tant en amont qu'au cours de la chaîne de production qu'en aval.

Dans notre projet de fin d'études nous nous sommes concentrées sur les mesures end of pipe. Il s'agit des solutions de dépollution qui viennent à la fin du processus. Ces solutions concernent les rejets des eaux usées industrielles.

Afin de proposer des solutions de traitement, la quantité et la typologie de cette pollution ont été déterminées. Pour ce faire, il fallait réaliser des analyses sur les eaux résiduaires et par la suite déterminer la concentration des paramètres polluants dans ces eaux pour pouvoir proposer un traitement adéquat pour chaque type de pollution.

Or pour ce qui concerne les nouvelles unités industrielles qui viennent de s'implanter et qui ne sont pas encore en service, faire une analyse des eaux résiduaires n'était pas possible. Pour ce faire, une autre alternative a été trouvée pour déterminer la quantité de la pollution de ces eaux en se basant sur les données des autres industries de même activité.

Ainsi, nous avons cherché les données correspondantes à la qualité des eaux résiduaires de chaque activité industrielle qui ont fait l'objet d'un traitement statistique qui repose sur une approche faisant appel à la cloche de gauss qui a permis de prendre comme entrée de base de donnée : la moyenne + l'écart type.

Pour chaque type d'industrie, les concentrations des rejets et leurs charges polluantes ont été estimées en vue de proposer des stations de traitement cohérentes qui épargneront le paiement des redevances de déversement des rejets pollués dans le réseau d'assainissement.

Suite aux résultats de cette étude, et en s'inspirant des solutions de traitement proposées à l'échelle internationale, on a recommandé un traitement optimale pour chaque domaine d'activité.

Afin de faciliter l'accès à ces données ainsi que les solutions proposées. On a développé une application VB, englobant tout le processus de traitement et mettant en valeur les conclusions trouvées. En outre, dans le cas des conserveries de poissons, on a même développé la possibilité de dimensionner la station proposée.

Abstract :

In order to reduce the harmful effects of industrial waste on the environment, Morocco, like in developed countries, adopted the polluter pays principle and imposed laws requiring the payment of royalties in the event of a spill in public water.

Being forced to respect the laws, industries have begun to integrate measures to reduce pollution in the different phases of manufacturing both upstream than in the downstream production line.

In our project graduation we focused on the end of pipe measures. These emissions solutions that come to the end of the process. These solutions involve the discharge of industrial wastewater.

In order to offer processing solutions, the amount and type of air pollution were determined. To do this, we had to carry out analysis on waste water and then determining the concentration of pollutants in the water parameters in order to offer appropriate treatment for each type of pollution.

Now with regard to new industrial units coming to establish themselves and who are not yet in service, an analysis of the wastewater was not possible. To do this, an alternative was found to determine the amount of pollution in these waters based on data from other industries in the same activities.

Thus, we sought the corresponding data on the quality of wastewater each industrial activity that have been a statistical treatment based on an approach using the Gauss bell that has taken as basic input Data: mean \pm standard deviation.

For each type of industry, levels of discharges and pollution loads have been estimated to provide consistent treatment plant that will save the payment of tipping fees for pollutant discharges into the sewer system.

Following the results of this study, and drawing processing solutions proposed at the international level, it was recommended optimal treatment for each field.

To facilitate access to these data and proposed solutions. We have developed a VB application, which includes all the process and highlighting the findings found. In addition, in the case of canning fish, we even developed the ability to size the proposed station.

Table de matière :

Introduction :	1
<u>Chapitre I</u> : L'industrie et la problématique des eaux résiduaires industrielles au Maroc :	2
1.1. Industrie et Développement Durable :	3
1.2. L'Industrie au Maroc :	4
1.2.1. Répartition géographique des industries au Maroc :	5
1.2.2. Consommation des industries en eau :	5
1.3. Problématique des eaux résiduaires industrielles au Maroc :	6
1.3.1. Définition des eaux résiduaires industrielles :	7
1.3.2. Source des rejets résiduaires industriels :	7
1.3.3. Impacts des rejets résiduaires industriels :	8
1.3.4. Quantification de la pollution au Maroc :	10
<u>Chapitre II</u> : Les outils de gestion des unités industrielles :	12
2.1. Nécessité et objectifs des normes de prétraitement :	13
2.2. Le cadre légal marocain de gestion des rejets liquides :	15
2.3. Valeurs Limites de Rejets Domestiques :	16
2.4. Redevance de déversement dans le DPH :	17
2.5. Dispositions légales de domaine d'application local dans le cas de la zone industrielle de Berrechid :	21
2.6. Système de management environnemental :	24
<u>Chapitre III</u> : Typologie des eaux résiduaires industrielles :	28
3.1. Approche méthodologique :	29
3.1.1. Méthodologie de travail :	29
3.1.2. Outils de traitement statistique des données :	31
3.2. Analyse des données des quatorze activités industrielles :	31
3.2.1. Abattoirs :	32
3.2.2. Conserverie des fruits et légumes :	34
3.2.3. Conserverie de poissons :	36
3.2.4. Industries des farines de poissons :	38
3.2.5. Huilerie et Conserverie d'olive :	40
3.2.6. Industrie de l'huile de table :	43
3.2.7. Industries des boissons non alcoolisées :	45
3.2.8. Laiterie :	47
3.2.9. Minoteries :	48
3.2.10. Industrie de fabrication de céramique :	50
3.2.11. Mines :	52
3.2.12. Industries de traitement de surface :	55
3.2.13. Tannerie :	58
3.2.14. Teinture :	60
<u>Chapitre IV</u> : Procédés et solutions de traitement des eaux usées industrielles	63
4.1. Description des techniques d'épuration des eaux résiduaires industrielles :	64
4.1.1. Les traitements physiques :	64
4.1.1.1. Dégrillage :	64
4.1.1.3. Débourage :	65
4.1.1.4. Bassin Tampon :	66
4.1.1.5. Décanteur :	66
4.1.1.6. Dégraissage / Déshuilage :	66

4.1.1.7. Flottation à air dissous :	67
4.1.1.8. Filtration :	67
4.1.1.9. Lagune d'évaporation :	68
4.1.2. Les traitements physico-chimiques :	68
4.1.2.1. Précipitation chimique :	68
4.1.2.2. Coagulation – Flocculation :	68
4.1.2.3. Neutralisation :	69
4.1.3. Les traitements biologiques :	69
4.1.3.1. Boues activées :	69
4.1.3.2. Lagunage naturel :	70
4.1.3.3. Lagunage aéré :	71
4.1.3.4. Réacteur biologique séquentiel (SBR) :	72
4.1.3.5. Lit de boue ascendante anaérobie (UASB) :	73
4.1.3.6. Disque biologique :	74
4.1.3. Désinfection :	74
4.2. Analyse multicritère pour la sélection des procédés d'épuration :	75
4.2.1. Emprise du sol :	78
4.2.2. Performances épuratoires :	78
4.2.3. Coût d'investissement :	80
4.2.4. Coût d'exploitation :	80
4.2.5. Compétences exigées à l'exploitation :	81
4.2.6. Contraintes environnementales :	81
4.2.7. Quantité de boues à extraire :	82
4.2.8. Bilan global :	82
4.3. Solutions de traitement des eaux résiduaires des quatorze activités industrielles :	83
4.3.1. Abattoirs :	83
4.3.2. Conserveries des fruits et légumes :	83
4.2.3. Conserveries de poissons :	84
4.2.4. Industrie des farines de poissons :	85
4.2.5. Huileries et conserveries d'olives :	86
4.2.6. Industries de fabrication des huiles de table :	87
4.2.7. Industries des boissons non alcoolisées :	88
4.2.8. Laiteries :	88
4.2.9. Minoterie :	89
4.2.10. Industries de fabrication de céramiques :	90
4.2.11. Industries de traitement de surface :	90
4.2.12. Mines :	91
4.2.13. Industrie de teinture :	92
4.2.14. Tannerie :	92
4.2.15. Bilan récapitulatif :	93
Chapitre V : Application VB « InduSTEP.1 » et Etude de cas (Conserveries de poissons) :	94
5.1. Introduction :	95
5.2. Outil du développement de l'application : « VB 6 » :	95
5.3. Présentation de l'application :	95
5.3.1. Première partie : Calcul des ratios et proposition des traitements adéquats :	96
5.3.2. Deuxième partie : Dimensionnement d'une station d'épuration de type boues activées pour traitement des effluents des conserveries de poissons :	96
5.3.2.1. Dégrillage :	96
5.3.2.2. Dégraissage aéré :	99

5.3.2.3. Bassin tampon :	100
5.3.2.4. Neutralisation :	100
5.3.2.5. Coagulation :	101
5.3.2.6. Flocculation :	102
5.3.2.7. Flottation à air dissous :	103
5.3.2.7. Boues activées :	104
5.3.2.7.1. Dimensionnement du bassin d'aération :	104
5.3.2.7.2. Dimensionnement du clarificateur :	107
5.3.2.7.3. Le bilan des bues :	107
5.3.2.7.3. Dimensionnement de l'épaisseur :	108
5.4. Etude de cas :	109
5.4.1. Estimation des charges polluantes et des concentrations moyennes de paramètres polluants :	109
5.4.2. Dimensionnement des filières de la station d'épuration :	111
Conclusion.....	122
Bibliographie :	124
Webographie :	125
<i>Annexes I</i> : bases de données.....	127
<i>Annexes II</i> : les paramètres de pollution.....	135
<i>Annexes III</i> : Bilan énergétique	139

Liste des figures :

Figure 1 : Répartition géographique des industries au Maroc [34]	5
Figure 2 : cadre légal de gestion des eaux usées à l'échelle du Maroc	15
Figure 3 : Cloche de gauss	31
Figure 4 : Résultat du dégrillage à l'aide d'InduSTEP.....	112
Figure 5 : Résultat du dégraissage aéré à l'aide d'InduSTEP	113
Figure 6 : Résultats du bassin tampon à l'aide d'InduSTEP	114
Figure 7 : Résultat de la neutralisation (InduSTEP).....	115
Figure 8 : Résultats de la coagulation à l'aide d'InduSTEP.....	115
Figure 9 : Résultats de la floculation à l'aide d'InduSTEP	116
Figure 10 : Résultats de la flottation à air dissous (InduSTEP).....	117
Figure 11 : Résultats des boues activées à faible charge.....	118
Figure 12 : Résultat des boues activées à fortes charges.....	119

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Répartition des industries au Maroc suivant les grands secteurs [34].....	4
Tableau 2 : Consommation en eau selon les secteurs d'industrie au Maroc[15]	6
Tableau 3 : Volume d'eau rejeté par les secteurs d'industrie au Maroc [15].....	10
Tableau 4 : Quantification de la pollution industrielle par grand secteurs au Maroc [23].....	11
Tableau 5 : Valeurs Limites des Rejets Domestiques [22]	17
Tableau 6 : Formule de calcul du taux de déversement pour les eaux domestiques [22]	19
Tableau 7 : calcul de la redevance pour le cas des rejets industriels [22].....	20
Tableau 8 : Pourcentage de réduction de pollution à la STEP considéré.....	21
Tableau 9 : Valeurs Limites d'acceptabilité des déversements industriels	23
Tableau 10 : Ratios de la pollution engendrée par les abattoirs.....	33
Tableau 11 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des abattoirs .	33
Tableau 12 : Concentration des paramètres polluants les effluents des conserveries des fruits et légumes.....	35
Tableau 13 : Concentrations des paramètres polluants les effluents des conserveries des tomates	35
Tableau 14 : Ratios de la pollution engendrée par les conserveries des fruits et légumes.....	35
Tableau 15 : Ratios de la pollution engendrée par les conserveries de poissons.....	37
Tableau 16 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des conserveries de poisson.....	37
Tableau 17 : Ratios de la pollution des industries de farines de poissons :	39
Tableau 18 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des industries de farine de poissons	39
Tableau 19 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des huileries et conserveries d'olives	41
Tableau 20 : Ratios de la pollution engendrée par les huileries et conserveries d'olives	42
Tableau 21 : Le débit et les concentrations moyennes de quelques paramètres polluants les effluents des huileries et conserveries d'olives en Europe [4]	42
Tableau 22 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des industries des huiles de table	44
Tableau 23 : Ratios de la pollution engendrée par les industries des huiles de table.....	44
Tableau 24 : Ratios de la pollution engendrée par les industries de fabrication des boissons non alcoolisées	45
Tableau 25 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des industries de fabrication des boissons gazeuses	46
Tableau 26 : Ratios de la pollution engendrée par les laiteries.....	47
Tableau 27 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des effluents des laiteries..	47
Tableau 28 : Ratios de pollution engendrée par les minoteries :	49
Tableau 29 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des effluents des minoteries	49
Tableau 30 : Ratios de la pollution engendrée par les industries de fabrication de céramique	51
Tableau 31 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des industries de fabrication de céramique	51
Tableau 32 : Ratios de la pollution engendrée par les mines	53
Tableau 33 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des mines	53
Tableau 34 : Ratios de la pollution engendrée par les mines d'extraction de phosphate.....	54
Tableau 35 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des mines d'extraction de phosphate.....	55

Tableau 36 : Ratios moyennes de la pollution engendrée par l'industrie de traitement de surface	56
Tableau 37 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des industries de traitement de surface.....	57
Tableau 38 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des tanneries :.....	58
Tableau 39 : Ratios de la pollution engendrée par les tanneries :	59
Tableau 40 : Ratios de la pollution engendrée par les industries de teinture	60
Tableau 41 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des industries de teinture ..	61
Tableau 42 : Poids affecté pour chaque critère de choix d'un procédé de traitement.....	76
Tableau 43 : Synthèse des différents traitements proposé à l'échelle national et international :	77
Tableau 44 : Notation des ouvrages selon le critère d'emprise du sol.....	78
Tableau 45 : Conditions de notation sur le critère des performances épuratoires [24].....	78
Tableau 46 : Les performances épuratoires de chaque ouvrage (24).....	79
Tableau 47 : Notation des performances épuratoires de chaque ouvrage	79
Tableau 48 : Notation des ouvrages en fonction du coût d'investissement [18].....	80
Tableau 49 : Notation des ouvrages selon le coût d'investissement [18]	80
Tableau 50 : Notation des ouvrages selon les compétences exigées [18].....	81
Tableau 51 : Notation des ouvrages selon les contraintes environnementales [18].....	82
Tableau 52 Notation des ouvrages selon la quantité des boues produites [18].....	82
Tableau 53 : Notation global des ouvrages	83
Tableau 54 : Comparaison entre les différentes techniques de traitement des eaux usées des huileries [4]	86
Tableau 55 :L'efficacité des différents traitements physico-chimiques à éliminer les métaux [37]	90
Tableau 56 : Récapitulation des différents traitements proposé dans le chapitre IV	93
Tableau 57 : Les différents critères pour le dimensionnement d'un dégrilleur [10].....	97
Tableau 58 : Valeurs de β selon la forme de la grille.....	97
Tableau 59 : Les caractéristiques des bassins à boues activées [10].....	105
Tableau 60 : Résultat de l'application InduSTEP des charges polluantes et des concentrations moyennes :.....	110
Tableau 61 : Evaluation de la pollution à l'entrée et à la sortie de la STEP	111
Tableau 62 : Tableau récapitulatif des résultats de dimensionnement de la STEP de conserverie de poissons	120
Tableau 63 : Tableau des coûts d'investissement des différentes filières :.....	121
Tableau 64 : les coûts d'exploitation estimés pour les différentes filières de la STEP.....	121
Tableau 65: Données sur les conserveries de poissons	127
Tableau 66: Caractéristiques des rejets des eaux usées des conserveries de poissons.....	127
Tableau 67: Données sur des laiteries	128
Tableau 68: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des laiteries.....	128
Tableau 69: Données sur les industries de fabrication de céramique	129
Tableau 70: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des industries de céramique	129
Tableau 71: Données sur les huileries et conserveries d'olives.....	129
Tableau 72: Les caractéristiques des eaux usées des huileries et conserveries d'olives	129
Tableau 73: Données sur les industries des huiles de table.....	130
Tableau 74: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des industries des huiles de table	130
Tableau 75: Données sur les conserveries des fruits et légumes.....	130

Tableau 76: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des conserveries de fruits et de légumes.....	130
Tableau 77: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des abattoirs.....	131
Tableau 78: Les caractéristiques des rejets des industries de boissons gazeuses.....	131
Tableau 79: Les caractéristiques du rejet des eaux usées d'une minoterie.....	132
Tableau 80: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des industries de traitement de surface	132
Tableau 81: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des industries de farine de poissons	133
Tableau 82: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des mines.....	133
Tableau 83 : Bilan énergétique de la STEP de la conserverie de poisson les Merveilles de la Mer	139

Liste des principaux acronymes :

ABH : Agence du bassin hydraulique

CA : Chiffre d’Affaire

CCESPA : Cahier de Charge pour l’Exploitation du Service d’Assainissement

DBO : Demande Biologique en Oxygène

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DPH : Domaine Public Hydraulique

DRPE : Direction de la Recherche et de la Planification de Eau

FODEP : Fond de DEPollution

H & G : Huiles et Graisses

ML : Métaux lourds

MO : Matière Organique

MTD : Meilleurs Techniques Disponibles

NTK : Azote Khjeldal Total

ONEP: Office National d’Eau Potable

ONUDI : Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

PIB : Produit Intérieur Brut

PT : Phosphore Total

SBR : Batch Réacteur Séquentiel

SME : Système de Management Environnemental

STEP : Station d’EPuration

UASB : Réacteur à biomasse retenue et flux vers le haut

UE : Union Européenne

VB : Visual Basic

VLSR : Valeur Limite Spécifique de Rejet

Introduction :

Dans la perspective de réduire les effets nuisibles des rejets industriels, des lois ont été instaurées qui imposent des redevances à payer par les fauteurs dans le cas du dépassement des valeurs limites. Pour évaluer les rejets des industries existantes et vérifier si elles respectent les normes et évitent de jeter l'eau polluée dans le réseau d'assainissement, des approches reposant sur les analyses des eaux polluées rejetées par ces industries sont mises en œuvre. Selon les valeurs trouvées, des scénarios de traitement sont élaborés pour ces dernières alors que pour les nouvelles industries non encore opérationnelles, le problème reste encore posé.

A partir d'une base de données assez fournie concernant la qualité des eaux polluées rejetées par catégorie d'industrie selon son activité de production, des procédés d'épuration adaptés ont été conçus ; c'est sur quoi a porté notre projet de fin d'études sous le thème :

«Typologie des eaux résiduaires industrielles et proposition de leurs traitements».

Notre étude s'est portée sur 14 domaines d'activité : abattoirs, conserveries des fruits et légumes, conserveries des poissons, huileries et conserveries d'olives, industries des boissons non alcoolisées, industries des farines de poissons, industries des huiles de tables, laiteries, minoterie, tannerie, teinture, mines, industries de fabrication de céramiques et traitement de surface.

Notre travail a consisté en la réalisation d'une synthèse bibliographique très minutieuse sur les industries ainsi que la présentation du cadre légal de la gestion des rejets tant à l'échelle mondiale qu'à l'échelle marocaine ; de là des typologies des eaux résiduaires ont été déterminées ainsi que des solutions adéquates du traitement relatif de chaque domaine d'activité.

Une application VB a été développée pour faciliter l'accès aux résultats de notre étude en étudiant en particulier le dimensionnement d'une station à boues activées concernant les conserveries des poissons.

Chapitre I

L'industrie et la problématique des eaux résiduaires industrielles au Maroc :

1.1. Industrie et Développement Durable :

Selon la définition proposée en 1987 par la commission mondiale sur l'environnement et le développement durable dans le rapport BRUNDTLAND : « Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

Ce concept qui fut lancé en 1972 lors de la conférence des Nations Unies sur l'environnement humain à Stockholm, a été consacré lors de la conférence de Rio en 1992. Il allie à la fois le développement socio-économique et les objectifs de protection de l'environnement. Il fait appel à un certain nombre de dispositions permettant au secteur socio-économique de se développer sans pour autant porter atteinte à l'environnement.

La conférence a émis un plan d'actions intitulé "Agenda 21" qui devrait être exécuté par l'ensemble des pays signataires à différentes échelles : de la planète, dans les rapports entre les différentes nations, à l'échelle régionale, locale et à l'échelle des entreprises et des individus.

Ce plan d'action décrit, à travers 40 chapitres, les secteurs où le Développement Durable doit s'appliquer et qui s'articulent autour de :

- a- Les dimensions sociales et économiques ;
- b- La conservation et gestion des ressources aux fins de développement ;
- c- Le renforcement du rôle des principaux groupes ;
- d- Les moyens d'exécution.

Concernant le développement du secteur industriel, l'Agenda 21 définit un certain nombre de dispositions, aussi bien sur le plan socio-économique qu'environnemental que sur les mécanismes de financement des actions visant la réduction des impacts négatifs sur l'environnement.

Dans ce cadre, le Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies en collaboration avec l'ONUDI, s'est proposé pour l'élaboration d'un projet de développement

industriel écologiquement durable. Ce projet est basé sur la mise en place et le développement des méthodes de prévention de la pollution et de réduction des déchets au niveau de l'entreprise en s'appuyant sur des technologies efficaces, rentables et peu polluantes.

Ce projet vise également de mettre l'accent sur l'adoption par les entreprises industrielles d'une production industrielle propre.

1.2. L'Industrie au Maroc :

Le Maroc a connu depuis le début du siècle un développement économique très important dans le secteur industriel qui contribue à hauteur de 35.7 % au PIB national

La répartition industrielle au Maroc est faite suivant 5 secteurs dont les principaux sont :

- les industries chimiques et para-chimiques (acide phosphorique et engrais...) qui dominent ;
- les industries agroalimentaires (laiterie, conserverie de poissons, fruits et légumes...) ;
- les industries du textile, du cuir qui sont en pleine expansion ;
- les activités en mécanique et en électronique qui occupent elles respectivement 19.58 % et 2.79 % des activités industrielles marocaines.

Tableau 1 : Répartition des industries au Maroc suivant les grands secteurs [34]

Grand secteur	Nombre d'entreprise	CA	Effectif
Indu. Agro-alimentaire	2046	84568271	75627
Indu. Chimique para-chimique	2391	116381161	89593
Indu. Electrique et électronique	224	20486215	47507
Indu. Métallique et mécanique	1572	44138291	49920
Indu. Textile et cuir	1794	28370400	204632

1.2.1. Répartition géographique des industries au Maroc :

Il existe 8027 industries [34] au Maroc dont 50% se concentrent dans l'axe Casablanca-Kénitra :



Figure 1 : Répartition géographique des industries au Maroc [34]

1.2.2. Consommation des industries en eau :

Le Maroc dispose de 20 milliards de m³/an des ressources en eau mobilisables dont 1,088 milliard m³/an sont consommés en industrie [15] :

Tableau 2 : Consommation en eau selon les secteurs d'industrie au Maroc[15]

Secteur	Volume d'eau utilisée (Mm3)	Volume d'eau utilisée (%)
Industrie chimique et para-chimique	1050	96,5
Industrie Agro-alimentaires	23	2,1
Industrie Textiles et Cuir	11	1
Industrie Mécanique Métallurgique et Electrique	2,1	0,2

1.3. Problématique des eaux résiduaires industrielles au Maroc :

La pollution industrielle est définie comme étant une pollution engendrée par le secteur de la fabrication. Elle est différente des pollutions domestique et commerciale en ce sens que les types de déchets qu'elle engendre sont variés et causent plusieurs effets négatifs sur la santé et l'environnement.

Au Maroc le problème de la pollution industrielle a pris de l'ampleur au fil des années en se caractérisant par les phénomènes majeurs suivants [23] :

- Forte concentration des activités industrielles le long du littoral Atlantique, particulièrement dans l'axe Casablanca-Mohammedia et dans les régions de Safi et d'El Jadida ;
- Prépondérance des technologies anciennes, inadaptées et polluantes tant au niveau des procédés de production que du traitement des effluents ;
- Planification défailante des parcs industriels, localisés dans la majorité des cas, au sein de périmètres urbains sous-équipés en dispositifs appropriés pour l'assainissement liquide et solide des rejets industriels ;
- Insuffisance des réglementations et législations adaptées aux normes des rejets (Des projets déjà réalisés de déversement dans le réseau communal et des projets en cours de déversement dans le milieu naturel) ;

- Insuffisance des mesures d'incitation et des mécanismes de financement en faveur de la dépollution et l'acquisition de technologies propres. (FODEP, PGEP, GTZ...);
- Manque de sensibilisation, d'information et d'adoption de systèmes de gestion des risques environnementaux au sein des entreprises ;
- Développement industriel accompagné de l'accroissement des rejets non traités (3.3 Millions d'Equivalent Habitant rejetés sans épuration préalable) ;
- Forte dégradation des ressources en eau et effets indésirables en termes d'impact sur l'environnement, et sur la santé.

Trois types de pollution se dégagent que sont : les rejets solides, les rejets liquides et les émissions en l'air. Notre mémoire portera sur les eaux résiduaires industrielles particulièrement autour des questions relatives à leurs sources d'origine, à leurs impacts et à leurs quantifications.

1.3.1 Définition des eaux résiduaires industrielles :

Nous comprendrons, sous le vocable « eaux résiduaires industrielles », toutes les eaux qui sont en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur et qui auront contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement, etc.

Les eaux pluviales sont quant à elles exclues sauf si elles sont polluées après ruissellement et lessivages des toitures d'usines exposées à l'environnement malsain quand il s'agit par exemple de cimenteries et ou de centrales thermiques, des sols de sites industriels en activité ou à l'abandon qui sont contaminés par des substances diverses (composés azotés, hydrocarbures, sels métalliques).

1.3.2. Source des rejets résiduaires industriels :

Les effluents industriels proviennent de 5 types d'usage :

- Le lavage et le nettoyage (rinçage) des équipements et des locaux de l'entreprise.
- Le refroidissement et le chauffage des milieux liquides et gazeux.

- La distillation.
- La filtration.
- Les transformations chimiques.[15]

1.3.3. Impacts des rejets résiduels industriels :

Il est à noter que le rejet des eaux usées en général et les rejets industriels en particulier peuvent contaminer les ressources en eau et la nappe phréatique en particulier en raison de :

- la non étanchéité des égouts ;
- l'augmentation de la température et la modification du pH et de la turbidité des milieux récepteurs ;
- L'enrichissement des ressources en eau en matière organique ;
- la diminution du pouvoir auto-épurateur ;
- l'introduction dans les écosystèmes aquatiques de substances non biodégradables et hautement toxiques (métaux lourds, pesticides...) ;
- la nuisance pour la faune piscicole ;
- le risque de contamination des produits agricoles.

En plus de leurs effets néfastes sur la qualité de l'eau du milieu récepteur, les rejets industriels non traités peuvent engendrer une dégradation accélérée et de nombreux dysfonctionnements des réseaux ainsi que des difficultés d'exploitation de stations d'épuration :

- Concernant les réseaux de collecte des eaux usées :
 - les graisses, provenant des industries agro-alimentaires ou conserveries de poissons, se figent dans les collecteurs entraînant la diminution de la capacité hydraulique et pouvant engendrer, en phase ultime, des débordements ;
 - les filasses, provenant des industries textiles, colmatent prématurément les réseaux, et peuvent obstruer complètement toutes les pompes d'une usine de relevage ; et ainsi provoquer une pollution dans l'environnement voisin ;
 - les acides, provenant par exemple des industries de traitement de surfaces, occasionnent une corrosion rapide des radiers des collecteurs ;

- la température élevée due à des effluents de laverie ou des eaux de système de refroidissement accélère la cinétique de production de l'hydrogène sulfuré. Ce gaz dangereux provoque une corrosion chimique du collecteur dans sa partie en contact avec le ciel gazeux ;
- les acides et bases, provenant de certaines industries de métallurgie ou du secteur agro-alimentaire peuvent occasionner des brûlures de peau, des problèmes oculaires et provoquer des réactions chimiques dont la conséquence est la production de gaz toxiques ou explosifs ;
- les hydrocarbures et Solvants, provenant de certaines industries de la pétrochimie, d'ateliers de peinture, de chaufferies peuvent provoquer des ambiances extrêmement dangereuses pour le personnel d'exploitation des collecteurs ou pour le personnel travaillant dans les usines de pompages, ces ambiances dangereuses sont de 3 ordres : explosives, toxiques et manque d'oxygène.

➤ Concernant les stations d'épuration :

Les stations d'épuration des rejets des eaux usées collectées mettent en œuvre des procédés biologiques pour dégrader la pollution dissoute (Par exemple : boues activées, cultures fixées, digesteurs anaérobie). Ces réacteurs biologiques sont très sensibles aux variations quantitatives et qualitatives des rejets, notamment ceux des activités industrielles.

Ainsi certains rejets industriels peuvent perturber le fonctionnement des stations d'épuration dont le traitement est adapté aux rejets domestiques :

- les rejets à pH extrêmes et à température élevée ;
- les graisses, hydrocarbures et solvants ;
- les métaux lourds provenant des industries de traitement de surface, traitement des peaux...etc. et qui peuvent :

- ❖ présenter une toxicité telle que les bactéries des réacteurs biologiques ne pourront pas se développer, voire seront détruites ;
- ❖ engendrer des teneurs importantes dans les boues résiduelles rendant impossible la valorisation en milieu agricole ;

- ❖ engendrer des teneurs importantes dans les eaux épurées rendant impossible leur réutilisation.

1.3.4. Quantification de la pollution au Maroc :

90% de ces eaux sont rejetées sous forme des eaux usées industrielles (964 Mm³/an). Le tableau suivant présente les volumes des effluents rejetés par les différents secteurs industriels.

Tableau 3 : Volume d'eau rejeté par les secteurs d'industrie au Maroc [15]

Secteur industriel	Volume rejeté (Millions de m ³)
Industries chimiques et Para-chimiques	931
Industries Textiles et Cuir	10
Industries Agro-alimentaires	22
Industries Métallurgiques, Mécaniques et Electriques	Faible rejet mais contenant des substances toxiques comme le cyanure

L'analyse sectorielle des rejets liquides permet de dégager les remarques suivantes :

- les industries chimiques et para-chimiques restent la source la plus importante des rejets liquides avec environs 931 millions de m³, soit 97% du volume total des eaux rejetées ;
- les industries de textile et cuir rejettent 10 millions de m³ d'eaux résiduaire et contribuent à la majeure partie de la pollution engendrée par le chrome et les sulfures ;
- les industries agro-alimentaires rejettent près de 22 millions de m³ d'eaux résiduaire, constituant 90% de l'utilisation d'eau de ce secteur. Elles contribuent à la pollution par des charges importantes en matières organiques (80% en DCO et 66% en DBO₅) et par la quasi-totalité de la pollution par les nitrates et le phosphore ;
- les industries mécaniques, métallurgiques et électriques : les rejets, même s'ils sont relativement faibles en volume contiennent toutefois du cyanure, élément très toxique à de faible concentration (environs 2 tonnes de cyanures).

La plus grande partie des rejets industriels organiques (DBO₅) est déversée dans le bassin de Sebou et l'océan atlantique. Le bassin de Sebou concentre la pollution organique due aux huileries ainsi que la pollution par le chrome (soit 56% de la quantité totale) provenant des tanneries.

Le bassin de Tensift recueille les métaux lourds provenant des mines d'extraction de plomb, zinc et cuivre.

Les bassins de Moulouya, du Loukouss, du Bouregreg et du Sous Massa restent les moins atteints par les rejets industriels [11].

Tableau 4 : Quantification de la pollution industrielle par grand secteurs au Maroc [23]

	Pollution organique DCO (tonne/an)	Pollution toxique Métaux lourds (tonne/an)
IAA	198228 (68,9 %)	3,7 (1,5 %)
ITC	28358 (9,9 %)	99,1 (38,5 %)
ICP	58126 (20,2 %)	48 (18,6 %)
IMME	3058 (1 %)	106,4 (41,4 %)
TOTAUX	287770 (100 %)	257,1 (100 %)

Chapitre II

Les outils de gestion des unités industrielles :

2.1. Nécessité et objectifs des normes de prétraitement :

Toute réglementation de prétraitement repose sur le fait que les STEPS et les systèmes d'assainissement associés, sont conçus pour traiter et recevoir des eaux usées purement domestiques. Ceci engendre deux nécessités distinctes de prétraitement des rejets liquides des industries :

- 1) Protéger et sécuriser l'opération et l'entretien du système d'assainissement en préservant son aptitude à respecter ses conditions de déversement.
- 2) Fournir un traitement adéquat aux eaux usées industrielles.

En fait, l'optimisation de l'usage des ressources incite à promouvoir une complémentarité entre le prétraitement ayant lieu à l'amont du réseau d'assainissement, c'est-à-dire à l'industrie, et le traitement reçu en aval, à la STEP. De ce point de vue, le prétraitement n'est qu'une première phase d'un procédé de traitement en deux étapes (site/hors-site ; industrie/STEP) qui peut escompter les rabattements de la pollution ayant lieu à la STEP pour obtenir la qualité exigée à son rejet final.

Dans plusieurs pays industrialisés, notamment les États-Unis et l'UE la législation nationale se limite à établir un cadre réglementaire général laissant à la discrétion du gestionnaire de la STEP, basés sur les responsabilités de son cahier de charge, l'établissement des moyens et mécanismes spécifiques pour atteindre les trois objectifs cités auparavant. Sauf pour le cas des industries considérées hautement polluantes. Cette exception est importante et au cœur de la stratégie de dépollution industrielle adoptée.

Pour les catégories d'industries jugées hautement polluantes la qualité minimale de l'effluent est établie sur des bases technologiques : celle qui serait obtenue en appliquant les Meilleures Techniques Disponibles (MTD) de traitement. On vise ainsi à réduire la pollution industrielle au minimum, tout en considérant les aspects économiques qui sont intégrées au niveau des MTDs, sans faire appel à la capacité d'assimilation disponible dans le milieu récepteur.

Dans le cas des États Unis, ces catégories d'industries ont des valeurs limites spécifiques établies tant pour des déversements directs (VLSRd) qu'indirects (VLSRi). Ces derniers tiennent en considération la dépollution spécifique de l'effluent industriel (hormis la dilution) dans une STEP à filière de traitement typique (avec un traitement biologique, principalement les boues activées). Si, pour une certaine catégorie, le traitement reçu à la STEP suffit à assurer la qualité autrement acquise avec des MTDs, la catégorie n'a pas de VLSRi.

Ainsi il y a dans l'actualité 57 catégories d'industries régulées par l'USEPA, 35 qui sont réglementées tant pour les déversements directs qu'indirects, 20 seulement au niveau des déversements directs et 1 (une), qui n'est réglementée que pour les déversements indirects. Cette dernière industrie, la galvanoplastie, déverse toujours dans des réseaux d'assainissements.

A titre d'exemple les principes de la politique de l'USEPA pour le contrôle de la pollution d'origine industrielle dans le milieu hydrique peuvent se résumer comme suit :

1. Un contrôle de la pollution industrielle fondé sur des bases technologiques. Il est basé sur la performance de technologies de traitement et contrôle de la pollution et non pas sur les risques ou impacts du milieu récepteur. C'est le concept de la meilleure technique disponible de traitement incorporant des considérations économiques (MTD).
2. Le respect dans tous les cas de la capacité du milieu récepteur à absorber la charge polluante. Les rejets ne doivent en aucun cas dégrader l'usage prévu des ressources hydriques (ex. source d'eau potable, pêche, baignade, sports nautiques, irrigation) ni l'écosystème – l'établissement de l'usage des ressources hydriques et la capacité d'autoépuration des cours d'eaux étant l'objet d'un programme imposé aux états.
3. La promotion de la prévention de la pollution ou réduction à la source.
4. Une approche globale au contrôle de la pollution : la dépollution d'un milieu (air, sol, ou eau) ne peut se faire au détriment d'un autre (transfert de pollution).

2.2. Le cadre légal marocain de gestion des rejets liquides :

La gestion des eaux usées dans le Royaume du Maroc est conjointement régit par un ensemble de textes de lois (loi 10.95, décrets et arrêtés correspondants) et des conventions locales établies entre les principaux acteurs concernés : industries, gestionnaire du patrimoine d'assainissement en l'occurrence ONEP, commune et ABH.

La figure ci-dessous illustre le cadre légal de gestion des eaux usées à l'échelle du Maroc.

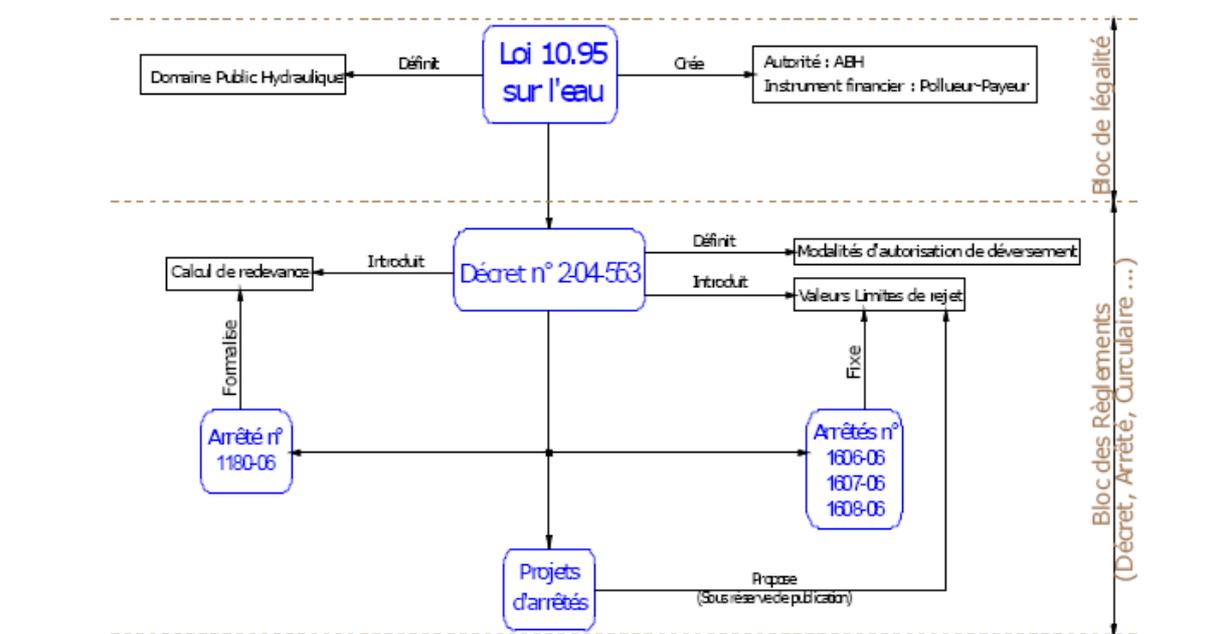


Figure 2 : cadre légal de gestion des eaux usées à l'échelle du Maroc

La loi 10.95 sur l'eau constitue le texte de référence, définissant un cadre général de prévention de la pollution, et de protection des ressources en eau. Elle a pour objectifs de :

- ✓ réglementer les activités susceptibles de polluer ;
- ✓ protéger la santé de l'homme ;
- ✓ protéger et préserver les ressources en eau ;
- ✓ inciter à épurer les eaux usées.

Cette loi a introduit plusieurs aspects importants, dont notamment :

- ✓ la définition du domaine public hydraulique (DPH) ;
- ✓ la création de l'Agence du Bassin Hydraulique (ABH) en tant qu'autorité administrative de ce domaine ;
- ✓ l'introduction du principe du "pollueur-payeur.

Promulgué en 2005, le décret n° 2-04-553 fut le premier texte d'application de la loi 10-95. Ce décret ne stipule que tout rejet direct ou indirect dans les eaux superficielles ou souterraines doit être soumis à une autorisation préalable de l'Agence du Bassin Hydraulique, et faire l'objet d'une redevance de déversement. Le décret traite notamment :

- ✓ des modalités d'octroi de l'autorisation de déversement ;
- ✓ de l'introduction des valeurs limites de rejets ;
- ✓ du calcul de la redevance de déversement.

Dans la même optique, l'arrêté ministériel 1180-06 du 25 juillet 2006 vient définir l'unité de pollution et formalise le calcul des redevances applicables au déversement d'eaux usées. Enfin, les arrêtés 1606-06, 1607-06 et 1608-06 publiés en même temps que le précédent, fixent les valeurs limites spécifiques de rejets directs (VLSR) domestiques et pour certaines industries (sucre, pâte à papier, papier et carton).

Il est important de noter que plusieurs autres projets d'arrêtés analogues à ceux du 25 juillet sont en cours, dont notamment celui portant fixation de valeurs limites générales de rejet liquide (VLGR) tant pour le cas de déversement direct qu'indirect.

2.3. Valeurs Limites de Rejets Domestiques :

Les valeurs limites de rejets domestiques (VLRD), fixées à travers l'arrêté 1607-06, définissent le cahier de charge de traitement de la STEP.

Ces valeurs, qui sont listées dans le Tableau 5, s'appliquent à toute nouvelle source (entendues comme postérieures à la date de promulgation de l'arrêté) et à toute source existante à partir de l'année 2016. Les sources existantes au moment de la promulgation de l'arrêté doivent entretemps respecter des valeurs limites alternes (listées dans la seconde colonne du Tableau 5 : Les valeurs limites spécifiques de rejet domestique des agglomérations urbains pour 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016)). Les valeurs limites peuvent être revues tous les 10 ans ou chaque fois que la protection de la qualité de l'eau ou l'évolution de la technologie l'exige.

Ces valeurs correspondent aux limites que les échantillons composites sur 24 heures doivent respecter. L'arrêté stipule que 12 échantillons soient pris à intervalles réguliers durant la première année et dans toute autre année suivant l'identification d'une non-conformité quatre échantillons soient prélevés. La conformité de rejet est déclarée dans le premier cas si au moins 10 des échantillons ont des valeurs inférieurs aux valeurs affichées et que les restants ne le dépassent pas de plus de 25%. Dans le second cas on exige que la totalité des 4 échantillons respectent les valeurs limites.

Tableau 5 : Valeurs Limites des Rejets Domestiques [22]

Paramètres	VLRD	VLRD temporaires(1)
DBO (mg/L)	120	300
DCO (mg/L)	250	600
MES (mg/L)	150	250

Note: 1 – Valeurs applicables aux sources existantes à la date de publication de l'arrêté (25 juillet 2006) entre 2012 et 2016.

2.4. Redevance de déversement dans le DPH :

La redevance de déversement stipulée dans le décret n° 2-04-553 impose des obligations financières tant aux industries, comme au gestionnaire de la STEP en fonction de la charge polluante déversée dans l'environnement. Il est concevable que cette imposition puisse inciter les industriels et le gestionnaire à un traitement supplémentaire de leurs rejets.

L'application de la redevance distingue entre celles des sources de rejets liquides domestiques et industrielles. Les premières sont définies comme les ménages, établissements hôteliers, commerciaux ou hospitaliers ou celles des ateliers, usines, dépôts et laboratoires déversant moins de 10 m³/j et dont les caractéristiques des rejets sont jugées équivalentes à celles d'un rejet domestique par le gestionnaire du réseau d'assainissement.

Les sources industrielles comprennent les usines d'extraction ou traitement de minerais ou de matériaux divers et les usines, ateliers, dépôts et laboratoires, non-compris dans la clause précédente.

La redevance de déversement de rejets domestiques est basée sur le volume de l'eau potable consommée, le taux de redevance et la réduction de la pollution organique ayant lieu à la STEP. La redevance due pour ce type de déversement est présentée dans le Tableau 6. Le taux de redevance pour les eaux domestiques est fixé selon l'échancier suivant :

- ✓ Année 2011 – 0.24 MAD/m³
- ✓ Année 2012 et au-delà – 0.30 MAD/m³

Les redevances sont payées une fois par an pour les communautés rurales et deux fois par an pour les autres cas.

Tableau 6 : Formule de calcul du taux de déversement pour les eaux domestiques [22]

Cas	Formule
Commune rurale de plus de 1000 habitants	Redevance = 500 DH/an (forfait)
Urbanisation sans STEP	Redevance = Vol eau potable consommée (m3) x taux de redevance (MAD/m3)
Urbanisation avec STEP	Redevance = Vol eau potable consommée (m3) x taux de redevance x (1 – % réduction de la pollution organique à la STEP)

La redevance due par les industries est basée sur le nombre d' « Unité de Pollution » (UP) déversées. Ce paramètre est défini en fonction de la charge en kg/an de Matière Oxydable (MO), MES (Matières en Suspension) et ML (Métaux Lourds) par la formule suivante :

$$\text{Unité Polluante : UP} = 0,60 \text{ MO} + 0,15 \text{ MES} + 6,5 \text{ ML}$$

La MO est définie comme : $\text{MO} = (2 \text{ DBO}_5 + \text{DCO})/3$ en fonction de la charge annuelle en kg de DBO_5 (Demande Biochimique d'Oxygène exercée en 5 jours) et DCO (Demande Chimique d'Oxygène).

Tableau 7 : calcul de la redevance pour le cas des rejets industriels [22]

Cas	Formule
Déversement direct	Redevance = Nombre U.P. x Taux de redevance industriel (MAD/kg)
Déversement indirect (via une STEP)	Redevance = Nombre U.P. x Taux de redevance industriel (MAD/kg) x (1 - % réduction de la pollution en UP à la STEP)
Eaux industrielles à débit de type domestique et inférieur à 10 m ³ /j	Redevance = Vol eau potable consommée (m ³) x taux de redevance x (1 - % réduction de la pollution organique à la STEP)

Le taux de déversement par unité polluante est donné par l'échéancier suivant :

- ✓ Année 2011 – 2013 : 0.30 MAD/UP
- ✓ Année 2014 – 2015 : 0.50 MAD/UP
- ✓ Année 2016 et au-delà : 0.70 MAD/UP

Le taux de réduction des paramètres de pollution à la STEP est déterminé soit par mesure directe, soit par l'examen de l'ABH des renseignements fournis annuellement par le gestionnaire de la STEP sur le type et état de fonctionnement des dispositifs intégrant la filière de traitement. Dans sa considération, l'ABH utilisera la liste des taux proposés dans le projet d'arrêté des coefficients de rendement des dispositifs de traitement. Un extrait de cette liste est présenté dans le Tableau 8. Dans l'absence de renseignements conclusifs, l'ABH considèrera les rendements correspondants à une performance des unités qualifiée comme « insuffisante ».

Tableau 8 : Pourcentage de réduction de pollution à la STEP considéré

Dispositif de traitement	Performance	MO	MES	ML
Bassin de décantation	Insuffisante	5%	30%	0%
	Moyenne	20%	50%	0%
	Bonne	30%	80%	0%
Unité physico-chimique	Insuffisante	20%	40%	0%
	Moyenne	40%	70%	50%
	Bonne	60%	90%	70%
Lagunage naturel bassin anaérobie	Insuffisante	20%	40%	0%
	Moyenne	40%	60%	0%
	Bonne	60%	80%	0%
Lagunage naturel Bassin anaérobie facultatif +	Insuffisante	30%	45%	0%
	Moyenne	60%	65%	0%
	Bonne	80%	85%	0%
Lagunage naturel Bassin anaérobie facultatif + maturation	Insuffisante	50%	50%	0%
	Moyenne	70%	70%	0%
	Bonne	90%	90%	0%
Lagune aérée (filrière complète)	Insuffisante	50%	40%	0%
	Moyenne	70%	70%	0%
	Bonne	90%	90%	0%
Unité de boues activées	Insuffisante	30%	40%	0%
	Moyenne	70%	70%	0%
	Bonne	90%	95%	0%

2.5. Dispositions légales de domaine d'application local dans le cas de la zone industrielle de Berrechid :

La majorité des données recueillies sont issues de la campagne de caractérisation des rejets des unités industrielles de Berrechid. Partant de cela, l'étude va exposer l'applicabilité des dispositions légales au niveau de cette zone.

La gestion des rejets liquides est régie par une convention de gestion déléguée à travers laquelle, la commune de Berrechid a affecté à l'ONEP le patrimoine et la gestion du service d'assainissement public. Dans cette convention la commune de Berrechid agit en sa qualité d'autorité délégante chargée de l'application de la réglementation de l'urbanisme et des lotissements sur toute l'étendue du périmètre de la délégation, tandis que l'ONEP intervient en tant que délégataire chargé par la commune de la gestion du service public d'assainissement liquide.

Les exigences auxquelles doivent se conformer les usagers (industriels ou domestiques) pour bénéficier de ce service sont consignées dans le Cahier des Charges pour l'Exploitation du Service d'Assainissement liquide (CCESPA). Ce document identifie ainsi les prérogatives et obligations de chacune des parties concernées. Le CCESPA stipule des prohibitions et des valeurs limites (ou conditions de branchement) sur les paramètres de pollution présents dans les rejets industriels.

L'application de cette convention repose sur d'autres contrats et obligations liant les différents acteurs. Ceux-ci sont identifiés plus bas, lors de la discussion des interactions entre ces acteurs.

Le Tableau 9 liste les valeurs limites (VL) des conditions générales de branchement au réseau public d'assainissement prévues au titre VI de ce cahier des charges. Comme indiqué dans le tableau, ces valeurs correspondent à quelques exceptions près, à celles préconisées par le projet d'arrêté portant fixation des valeurs limites générales de rejets.

Tableau 9 : Valeurs Limites d'acceptabilité des déversements industriels

Paramètres d'acceptabilité des rejets selon l'article 40 de CCESPA			
Température	°C	<35	
pH	pH	6.5-8.5 (2)	6.5-9
MES	mg/l	600	
Phosphore totale (P)	mg/l	10	20
DCO	mg/l	1000 (3)	
DBO5	mg/l	500 (3)	
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	400	600
salmonelles	N/5000mL	absence	
Vibrions cholériques	N/5000mL	absence	
Cyanures libre (CN)	mg/l	1	
Sulfate libre S ²⁻	mg/l	1	
Fluorures(F)	mg/l	15	
Indice de phénol	mg/l	5	
Hydrocarbures par infrarouge	mg/l	20	
H.G.(huiles et graisses)	mg/l	50	
Antimoine (Sb)	mg/l	0.3	
Argent (Ag)	mg/l	0.1	
Arsenic (As)	mg/l	0.1	0.5
Baryum(Ba)	mg/l	1	
Cadmium (Cd)	mg/l	0.2	0.5
Cobalt (Co)	mg/l	1	
Cuivre total(Cu)	mg/l	1	
Mercure total(Hg)	mg/l	0.05	0.01
Plomb total (Pb)	mg/l	0.5	
Crome total (Cr)	mg/l	2	
Chrome hexavalent (Cr ^{VI})	mg/l	0.2	
Étain total (Sn)	mg/l	2	
Manganèse (Mn)	mg/l	1	2
Nickel total (Ni)	mg/l	0.5	1
Sélénium (Se)	mg/l	1	
Zinc total (Zn)	mg/l	5	2
Fer (Fe)	mg/l	3	
AOX	mg/l	5	
Paramètres additionnels trouvés dans le projet d'arrêté 2008 de VLGRi.			
Azote kjeldhal	mg/l		30
Chlore actif (Cl ₂)	mg/l		2
aluminium	mg/l		10
Détergents	mg/l		3
Notes : 1) VLGRi du projet d'arrêté de 2008 .seules les valeurs différentes aux VL sont notées 2)6.5 à 9 quand la neutralisation est faite par la chaux 3)VL pouvant être l'objet de modification par l'ONEP			

L'article 40 du CCESPA prévoit la correction ou modification des ces valeurs pour respecter des changements dans la réglementation nationale. Il est important de noter que l'article 47 permet à l'ONEP, en tant que gestionnaire du réseau, la levée des prescriptions relatives aux conditions d'admissibilité.

Autres prescriptions concernant la qualité des rejets sont listées ci-dessous.

- ✓ séparation obligatoire de l'acheminement des eaux pluviales de celui des eaux usées (eaux vannes) (Article 42) ;
- ✓ prérogative de l'ONEP d'exiger, à son gré, deux branchements distincts pour les industries : un pour les eaux usées domestiques et un pour les eaux industrielles (Article 43) ;
- ✓ prérogative de l'ONEP d'accéder et inspecter à tout moment les regards des écoulements et les ouvrages de prétraitement des eaux résiduaires industrielles pour faire le prélèvement et analyse des rejets et vérifier le bon fonctionnement des ouvrages (Article 44) ;
- ✓ exigence d'installer un séparateur de graisses et fécules pour contrôler les évacuations d'eaux de nature grasse ou gluante, applicables aux restaurants, charcuteries, hôpitaux, garages, etc. (Article 45) ;
- ✓ séparateurs à hydrocarbures et fosses à boues exigées là ou nécessaires (stations de services, garages, quelques établissements commerciaux) (Article 46).

2.6. Système de management environnemental :

Notre projet de fin d'études présentera des techniques de réduction de la pollution des eaux résiduaires industrielles. Ces techniques sont des mesures end of pipe qui vient en aval de la chaîne de production, or de bonnes pratiques peuvent être intégrées au niveau du procédé de fabrication voir même au début ; dès la réception de la matière première.

Ainsi les industries ont le choix d'ériger un système de management environnemental (SME). Il s'agit d'un outil créé pour les entreprises ou pour les institutions, qui a pour objectif d'améliorer leur gestion et leurs performances environnementales en :

- identifiant, évaluant et prévenant les risques environnementaux ;
- repérant les lacunes dans les processus de production ou de management ;
- définissant les alternatives possibles qui permettent d'améliorer les performances environnementales [19].

La mise en place d'un SME dans une entreprise représente bien sûr certains coûts, et demande du temps. Cependant, outre le bénéfice d'un meilleur respect de l'environnement, voici ses principaux avantages :

- améliorer l'image de marque et le positionnement de l'entreprise sur le marché ;
- augmenter la cohérence du groupe : les grands groupes veulent souvent imposer la certification à l'ensemble de leurs filiales dans un objectif de standardisation ;
- économiser les matières premières (eau, énergie) en amont et par le recyclage, ce qui réduit d'autant la facture finale ;
- optimiser le processus de production ;
- réduire les coûts liés à la réparation des dommages environnementaux ou au paiement de taxes et redevances ;
- se mettre dans les meilleures conditions pour anticiper la réglementation environnementale, grâce à l'intégration des nouvelles législations dans la gestion de l'entreprise [19].

L'implication d'un SME peut se refléter au niveau de trois composantes principales d'une industrie : Le personnel de l'entreprise, les équipements et la consommation des eaux et des produits de fabrication. Les actions qu'on peut entreprendre sont résumées en point suivants :

- veiller, par une formation, à ce que le personnel soit conscient des aspects environnementaux dont s'assortit le fonctionnement de la société, et de ses propres responsabilités ;
- concevoir / sélectionner un équipement qui optimise les niveaux de consommation et d'émission et facilite un fonctionnement et une maintenance corrects, par exemple en optimisant le réseau de tuyauteries pour réduire les pertes de produit, et installer les conduites avec une certaine pente pour faciliter l'évacuation automatique ;
- exécuter des programmes de maintenance réguliers pour l'ensemble des équipements.

- analyser les procédés de production, y compris les procédés individuels afin d'identifier les zones à forte consommation d'eau et d'énergie, et à émissions élevées de déchets, pour identifier les opportunités qui s'offrent de les réduire, en tenant compte des exigences quant à la qualité de l'eau dans chaque application, à l'hygiène et la sécurité alimentaire ;
- estimer les objectifs, les cibles et les limites du système ;
- identifier les options s'offrant pour réduire la consommation d'eau et d'énergie ;
- accomplir une évaluation et une étude de faisabilité ;
- appliquer un programme destiné à réduire la consommation d'eau ;
- surveiller en permanence la consommation d'eau ;
- appliquer un système permettant de surveiller et examiner les niveaux de consommation et d'émission tant pour les procédés de production individuels qu'au niveau du site, pour permettre d'optimiser les niveaux de performance réels. Voici quelques exemples de paramètres à surveiller : la consommation d'énergie, la consommation d'eau, les volumes d'eaux usées, les émissions dans l'air et dans l'eau, le rendement en produits et en sous-produits, la consommation de substances nocives, la fréquence et la gravité des échappements et déversement non planifiés. Il faut une bonne connaissance des intrants et des extrants ;
- maintenir un inventaire précis des intrants et extrants à tous les stades du procédé, de la réception des matières premières à l'expédition des produits et aux traitements au point de rejet ;
- transporter les matières premières agroalimentaires solides, les coproduits, sous-produits et les déchets tous à l'état sec; éviter y compris le transport hydraulique sauf lorsque la forme de lavage implique une réutilisation de l'eau pendant ce transport, et la ou le transport hydraulique est nécessaire pour ne pas endommager les matières transportées ;
- réduire les temps de stockage des denrées périssables ;
- séparer les extrants pour optimiser l'utilisation, la réutilisation, la récupération, le recyclage et la mise au rebut (et réduire la contamination des eaux usées) ;
- empêcher que les matières ne tombent sur le sol, par exemple à l'aide de carters anti éclaboussures, d'écrans, volets, plateaux d'égouttage et auges positionnées avec précision ;

- optimiser la séparation des flux d'eau pour optimiser leur réutilisation et leur traitement ;
- séparer les collecteurs des eaux usées et des eaux pluviales ;
- Collecter séparément les flux d'eau tels que le condensat et l'eau de refroidissement pour optimiser la réutilisation ;
- utiliser des commandes marche/arrêt automatisées de l'eau, afin de n'apporter de l'eau au procédé que lorsqu'il en faut ;
- sélectionner des matières premières et matières auxiliaires qui réduisent la génération de déchets solides et d'émissions nocives dans l'air et dans les eaux [4].

Chapitre III

Typologie des eaux résiduaires industrielles :

3.1. Approche méthodologique :

3.1.1. Méthodologie de travail :

La présente approche méthodologique s'est basée sur l'examen de la typologie des eaux usées industrielles issues des résultats des campagnes de caractérisation menées par l'ONEP et les différents départements (ABHi, DRPE...etc) et dont l'objectif étant de mieux connaître cette typologie, essayer de trouver le lien entre les paramètres de pollution et d'autres facteurs tels que la production, la consommation en eau et les rejets liquides, et pouvoir éventuellement extrapoler ce résultat aux autres unités industrielles.

A cet effet, toute la base de données relative aux campagnes de mesures a été exploitée et analysée pour faire ressortir la typologie des eaux usées industrielles et pouvoir la comparer à celle réalisée par la DRPE et l'Union Européenne UE (Document de référence sur les meilleures techniques disponibles).

La base de données mise à notre disposition, riche et diversifiée, englobe plus de **257 observations** des Quatorze unités industrielles réparties sur trois secteurs d'activités a reflété toutes les caractéristiques techniques pouvant influencer la caractérisation des eaux usées et rendant, par conséquent le traitement statistique très significatif pour définir la typologie des eaux usées industrielles.

Cette caractérisation concerne essentiellement les principaux paramètres de pollution, la production, les volumes journaliers d'eaux usées ainsi que les débits de rejet et les paramètres de pollution inorganiques.

Par la suite, la base de données a fait, principalement, l'objet d'une analyse statistique descriptive, qui a permis de prendre connaissance des données disponibles et de leur faire subir le traitement adéquat en vue d'une analyse approfondie.

L'approche statistique adoptée consiste principalement en l'analyse descriptive des données à travers les différents paramètres de position à savoir : la moyenne et les indices de dispersion : l'écart-type. Ces paramètres donnent les renseignements sur l'homogénéité des données et leur représentativité.

Les paramètres de pollution retenus pour l'étude sont généralement : la demande biochimique en oxygène (DBO5), la demande chimique en oxygène (DCO), les matières en suspension (MES), l'azote total Kjeldahl (NTK) et le phosphore total (PT) ainsi que les paramètres de pollution spécifique pour chaque activité industrielle.

Les campagnes des échantillons composites, mises à notre disposition, qui sont exploitées dans le cadre de cette étude portent sur les points de rejets au niveau du collecteur d'assainissement ou du milieu récepteur (oued).

Les paramètres de pollution (observations), représentant la moyenne de plusieurs variables, est censée avoir une distribution normale. La fonction densité de probabilité de cette distribution a un graphe typique appelé "cloche de gauss". Le graphe de cette fonction ("f") est représenté, de façon standard, centré sur la valeur moyenne, avec l'axe x représentant le ratio de la différence (ou écart) d'une valeur par rapport à l'écart type « e » divisé par la moyenne, et l'axe "y " représente la probabilité.

Cette configuration permet d'avoir une représentation "spécifique" qui ne dépend pas de la magnitude des valeurs de la distribution.

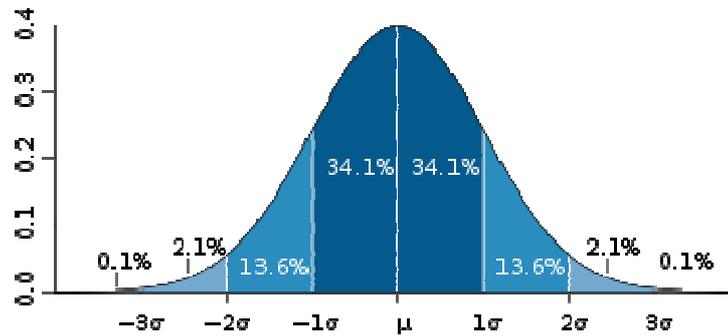


Figure 3 : Cloche de gauss

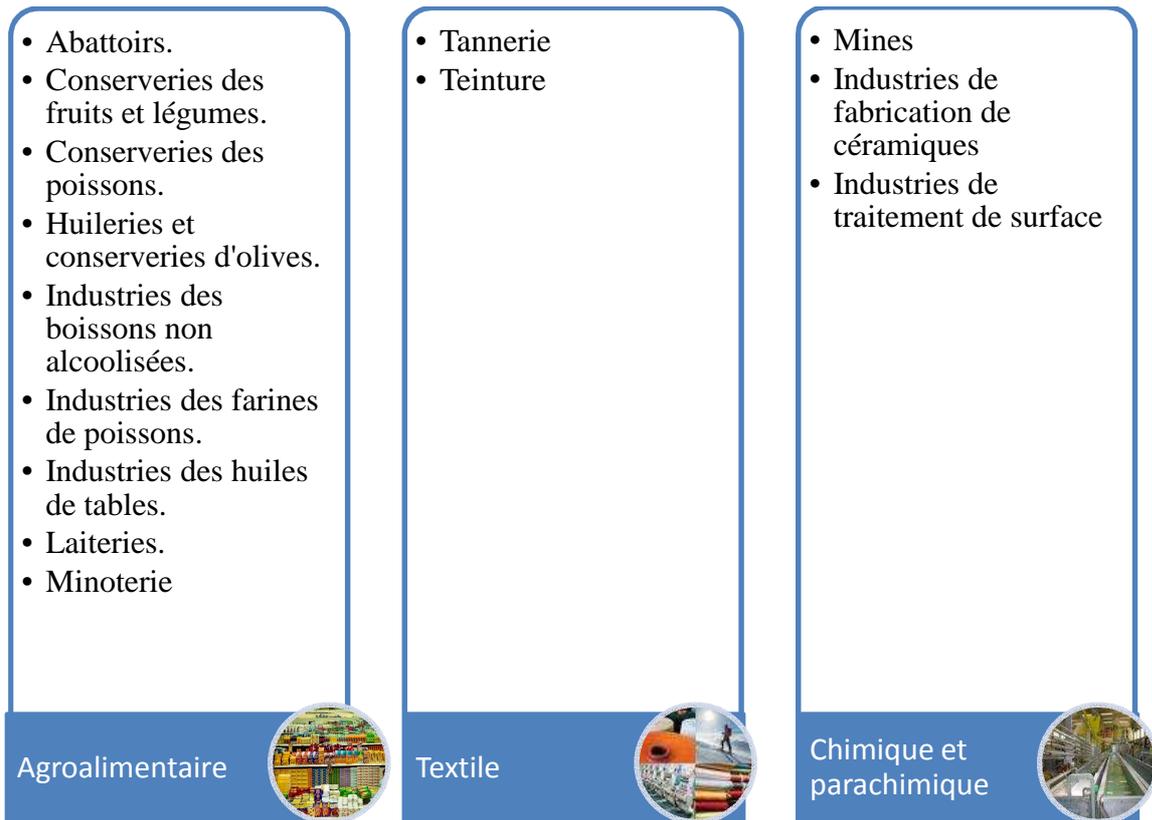
C'est ainsi que l'approche statistique adoptée consiste à recommander des données (concentration et ratio de pollution) en ajoutant une fois l'écart type à la moyenne de la donnée cible.

3.1.2. Outils de traitement statistique des données :

Pour l'exploitation des données, on a eu recours essentiellement à MS Excel : tableur de Microsoft permettant de décrire via quelques fonctions et quelques graphiques la base de données. Il est à noter que ce logiciel est muni d'une macro pouvant réaliser la quasi-totalité des traitements statistiques de base.

3.2. Analyse des données des quatorze activités industrielles :

Cette partie est consacrée à déterminer la typologie des quatorze activités industrielles. Les activités traitées sont présentées dans le graphe présent :



3.2.1. Abattoirs :

3.2.1.1. Ratios et concentrations moyennes :

Les abattoirs comprennent, en plus de l'abattage, les ateliers de triperie, boyauderie et le vidage des matières stercoraires, qui à elles seules représentent un pourcentage considérable de la pollution.

La pollution rejetée dépend directement :

- Du taux de récupération du sang.
- Du mode d'évacuation des matières stercoraires.
- De l'importance de la triperie boyauderie.
- Des ateliers annexes (salaison, conserverie...) [5].

Au Maroc cette industrie est très répandue. Environ 160 abattoirs y existent, dont la quasi-totalité est reliée au réseau d'assainissement urbain, d'où la nécessité de respecter les

conditions de raccordement et de déversement des effluents liquides dans ces installations municipales.

Tableau 10 : Ratios de la pollution engendrée par les abattoirs

Paramètres	Ratios européens (Kg/T poids vif) (h)	Ratios trouvés par les analyses (Kg/T poids vif)
Débit rejeté (m ³ /T)	1,6 à 8,3	4
DBO ₅	1,8 à 28	9,5
DCO	4 à 40	19,8
MES	0,01	5,2
NTK	0,2 à 1,9	0,8
PT	0,1 à 0,5	0,1
H & G	-	4,9

Tableau 11 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des abattoirs

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
Débit d'eaux usées (m ³ /j)	18
pH	8
Conductivité (µs/cm)	4722
DBO ₅	5849
DCO	12101
DCO/DBO ₅	2.06
MES	1718
NT	755
PT	43
H & G	2251

3.2.1.2. Analyse :

En analysant les résultats trouvés, on remarque que :

- tous les paramètres définis des rejets des abattoirs sauf le pH dépassent les conditions de raccordement au réseau d'assainissement ;
- la concentration en DBO₅ est incluse dans la marge européenne 3433 à 5890 mg/l, et la concentration en DCO est proche de 9414 mg/l correspondant à la dans la référence européenne [5] ;

- le rapport $DCO/DBO_5 = 2.06$ inférieur à 3 indique la nature biodégradable des effluents des abattoirs, auxquels un traitement biologique paraît tout à fait convenable, à condition de diminuer la charge organique ;
- la conductivité est de l'ordre de $4700 \mu\text{s/cm}$ ($>2700 \mu\text{s/cm}$), ce qui traduit le degré élevé de la salinité des ces eaux due aux déchets des abattoirs fortement minéralisés ;
- ces eaux sont caractérisées par une forte concentration de la matière organique à savoir DCO, DBO_5 et MES, de la matière azotée, du phosphore et des huiles et graisses :
 - La matière organique peut être émanée des déchets, du sang et des matières stercoraires s'écoulant avec les eaux usées dans les égouts ;
 - Les fortes concentrations d'azote, du phosphore et des huiles et graisses sont dues aux eaux sanguines et des cadavres.

Par comparaison on constate que les ratios résultats des analyses effectuées à l'échelon national entrent dans la gamme des ratios européens, d'où l'adoption de ces ratios pour servir comme base des données de conception des solutions de traitement.

3.2.2. Conserverie des fruits et légumes :

3.2.2.1. Ratios et concentrations moyennes :

Ce secteur est formé d'entreprises de transformation des fruits et légumes. Leurs principaux produits sont des fruits et des légumes en conserve, surgelés ou conservés d'autres manières, des confitures, des gelées...

Le procédé général adopté par ce secteur est comme suit :

- le lavage et le tri ;
- le pelage ;
- le découpage ;
- l'échauffage et ;
- la mise en boîte [4].

Les résultats des concentrations moyennes et des ratios calculés à la base des données récupérés des compagnies d'ONEP et de la DRPE sont comme suit :

Tableau 12 : Concentration des paramètres polluants les effluents des conserveries des fruits et légumes

Paramètres	Concentrations des eaux usées des conserveries des fruits et légumes en mg/l
Consommation en eau (m ³ /j)	6,3
pH	7,5
DBO ₅	3797
MES	1677
Matières dissoutes	9986

Tableau 13 : Concentrations des paramètres polluants les effluents des conserveries des tomates

Paramètres	Concentration des eaux usées (Conserverie des tomates) en mg/l :
DBO ₅	8223
DCO	25020
DCO/DBO ₅	3
MES	1966
NTK	54
NH ₄	15
PT	101

Tableau 14 : Ratios de la pollution engendrée par les conserveries des fruits et légumes

Paramètres	Ratios européens en kg/T de produit fini (g)	Ratios trouvés par les analyses en kg/T de produit fini
consommation en eau (m ³ /T)	10,6 à 22	10,3
DBO ₅	5,2 à 27	26
MES	6,7 à 19	10,3
Matières dissoutes	-	73,1

3.2.2.2. Analyse :

On remarque que :

- * les conditions de raccordement aux réseaux d'assainissement sont dépassées sauf pour le pH ;
- * la consommation en eau est de 10.3 m³/T de produit fini, valeur incluse dans la plage de la référence européenne [7 ; 11 m³/T] [4] avec un taux de restitution de 100% ;

- * la concentration en DBO₅ pour le secteur de légumes et fruits est incluse dans la plage de la référence européenne [3000 ; 5000 mg/l] [4] sauf pour les tomates qui dépasse cette valeur de 30% ;
- * le rapport DCO/DBO₅ est inférieur à 4, ce qui signifie la nature biodégradable des ces eaux usées ;
- * il est à noter que les conserveries des légumes-racines véhiculant une grande quantité de terre, ce qui engendre plus de MES dans les eaux usées ; des concentrations considérables de 1660 à 24300 mg/l selon les références européennes [4], et nécessite des grandes consommations d'eau allant jusqu'à 23m³/T.

Donc les ratios adoptés qui serviront pour la base de données de conception des solutions de traitement sont les ratios calculés à la base des analyses des compagnies d'ONEP.

3.2.3. Conserverie de poissons :

3.2.3.1. Les ratios et les concentrations moyennes :

La conserverie du poisson est une activité très répandue et variée. Environ 75 % de la production mondiale de poisson est destinée à la consommation humaine, les 25 % restants servent à fabriquer la farine de poisson et l'huile de poisson. La transformation des poissons est assurée le plus couramment par des entreprises côtières.

En général, la conservation des poissons passe par six principales étapes :

- le lavage,
- l'étêtage ;
- le découpage ;
- l'application de vapeur ;
- la mise en boîte ; et
- la stérilisation [4].

Ces opérations projettent des eaux usées polluant dont les caractéristiques sont affichées dans le tableau en annexe.

Les résultats des ratios et concentrations moyennes sont affichés dans les tableaux suivants :

Tableau 15 : Ratios de la pollution engendrée par les conserveries de poissons

Paramètres	Ratios en Kg/T produit brut
Consommation en eau (m ³ /T)	4,3
Débit des rejets (m ³ /T)	3,5
DBO ₅	43,4
DCO	145,5
MES	4,7
NTK	2,6
PT	0,8
H & G	4,3
Cl ⁻	171,3
Na ⁺	98,3
Ca ²⁺	3,4

Tableau 16 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des conserveries de poisson

Paramètres	Concentrations moyennes en (mg/l) :
Consommation en eau (m ³ /j)	374
Débit des rejets liquides (m ³ /j)	293
DBO ₅	15439
DCO	48945
DCO/DBO ₅	3.17
MES	2550
NTK	808
PT	155
H & G	2639
Cl ⁻	26730
Na ⁺	14592
Ca ²⁺	626

3.2.3.2. Analyse :

L'analyse des paramètres permet de constater que :

- les concentrations dépassent largement les conditions de raccordement aux réseaux d'assainissement ce qui exige un traitement préalable avant le rejet dans le réseau ;
- la consommation d'eau est de $4,3 \text{ m}^3$ par tonne de produit brut incluse dans l'intervalle $[3,3 ; 10 \text{ m}^3/\text{t}]$ de la référence européenne [4] ;
- le rejet d'eaux usées est de $3.5 \text{ m}^3/\text{t}$ présentant un taux de restitution de 80% ;
- le rejet se caractérise par une concentration importante en DBO_5 s'élève à 15000 mg/l (incluse dans la marge européennes : 2000 à 28000 mg/l [4]) et une concentration de DCO de 50000 mg/l incluse dans la marge 3000 à 60000 mg/l des concentrations données dans les références européenne [4]. Ces concentrations sont dues aux déchets solides contenant le sang et la matière grasse ;
- le rapport DCO/DBO_5 est incluse dans la marge 2 à 4 exprimant la biodégradabilité des eaux usées ;
- le rapport MES/DBO_5 est inférieur à 1.2 ce qui signifie l'existence des eaux parasites provenant des eaux de consommation ou/et les eaux saumures.
- la concentration en huiles et graisses présente une valeur importante égale à 2640 mg/l incluse dans la marge européenne : 500 à 25000 mg/l [4]. Elles proviennent des viscères de poissons ;
- la conductivité dépasse $2700 \mu\text{S}/\text{cm}$; condition de rejet direct. Ce dépassement est du aux rejets de nettoyage de l'adoucisseur ainsi que les eaux saumures provenant de procès de l'usage de sel.

À l'issu de cette analyse, on recommande les ratios ci dessus pour être l'objet de la base des données industrielles et de la conception des solutions de traitement.

3.2.4. Industries des farines de poissons :

3.2.4.1. Ratios et concentrations moyennes :

L'industrie de farine des poissons est l'industrie de transformation des restes des poissons en farine de poissons pour servir comme aliment d'animaux.

Les eaux des rejets des industries des farines de poissons proviennent :

- des eaux sanguines ou de cadavres ;
- des eaux de presse et de centrifugation ;
- des eaux de nettoyage et de lavage [4].

Dans ce secteur, plusieurs données sont manquantes qui pourraient permettre de déduire les concentrations et les ratios de pollution des différents paramètres.

Donc on se contente de la combinaison moyenne entre les données de FODEP et de la DRPE. Elles sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Ratios de la pollution des industries de farines de poissons :

Paramètre	Ratios proposés par FODEP en Kg/T produit brut [25]	Ratios marocains en Kg/T produit brut [25]	La moyenne des ratios internationaux en Kg/T produit brut
DBO₅	54,19	137	95,6
DCO	98	184	141
MES	29,17	-	29,2
NTK	7,88	-	7,9
H&G	-	21	21
Cl⁻	16,51	-	16,5
N organique	-	2,4 à 18	10,2
N ammoniacal	-	6 à 30	18

Tableau 18 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des industries de farine de poissons

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
T (C°)	35
pH	8
DBO₅	4560
DCO	6130
DCO/DBO₅	1.34
MES	1840
H & G	700
Cl⁻	6402
N ammoniacal	1166
N organique	340

3.2.4.2. Analyse :

D'après le tableau des concentrations moyennes estimées, on remarque que :

- ✚ tous les paramètres polluants dépassent les conditions de raccordement au réseau d'assainissement, sauf la température et le pH qui restent dans les normes ;
- ✚ le rapport DCO/DBO₅ = 1,34 indique la nature biodégradables des eaux résiduaire, ceci est du aux rejets de la préparation et du nettoyage des équipements ;
- ✚ à l'instar des rejets des conserveries de poissons, on note que ces eaux sont caractérisées par une forte salinité ([Cl⁻] = 6402 mg/l) puisque la farine provient des restes des poissons ;
- ✚ les eaux résiduaire des industries des farines de poissons sont fortement concentrées en matières organiques ([DBO₅] = 4560 mg/l, [DCO] = 6130 mg/l et [MES] = 1840 mg/l) ;
- ✚ elles sont aussi très concentrées en matières azotées provenant des eaux sanguines et des cadavres et en huiles et graisses issues des opérations de centrifugations et de presse.

D'après les données européennes ; la consommation en eau douce dans cette industrie est de 290 l/T produit brut, alors que la consommation en eau de mer est de 14888 l/T produit brut [4].

3.2.5. Huilerie et Conserverie d'olive :

3.2.5.1. ratios et les concentrations moyennes :

L'extraction des huiles d'olives se base sur trois opérations essentielles :

- Le pressage : il s'effectue à l'aide des moulins en pierres traditionnelles ou de marteaux ou disques (installation modernes). Il existe des variantes de type mixte, à titre d'exemple un pressage préalable à l'aide de pierres et un passage postérieur en moulin homogénéisateur à lames ou à dents ;

- Un malaxage postérieur à température appropriée pour préparer la pâte ou masse, ce qui favorise la séparation de l'huile ;
- L'extraction ou séparation des grasses (huiles) solides (grignon) et aqueuses (eau de végétation).

Les systèmes utilisés sont en nombre de trois :

- Système de presse ou système traditionnelle : Consiste à presser la pâte à l'aide des presses hydrauliques. Il s'agit d'un système discontinu dû à la nécessité de procéder selon les charges ou des cycles de presses séquentiels ;
- Système continu à trois phases : Séparation huiles /masse par centrifugation à l'aide d'une centrifugeuse horizontale appelée décanteur, qui effectue un travail en continu ;
- Système continu à deux phases : Variante du système précédent ; ici, le décanteur sépare l'huile et mélange le grignon et les eaux de végétation en une unique phase de consistance pâteuse appelée grignon humide ou grignon à 2 phases [4].

Les résultats de calcul des ratios et des concentrations sont affichés dans les tableaux suivants:

Tableau 19 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des huileries et conserveries d'olives

Paramètres	Concentration moyennes (mg/l)
Débit des rejets (m ³ /j)	29,3
pH	8,6
Conductivité (μS/cm)	39650
DBO ₅	3800
DCO	13000
DCO/DBO ₅	3.42
MES	1735
NTK	2
PT	27
Cl ⁻	13735
SO ₄ ²⁻	849

Tableau 20 : Ratios de la pollution engendrée par les huileries et conserveries d'olives

Paramètres	Ratios en kg/T de produit fini
Volume journalier (m ³ /T Produit fini)	5,3
MES	8,9
DBO ₅	21,4
DCO	73,0
NTK	0,02
PT	0,3
Cl ⁻	66,2
SO ₄ ²⁻	4,2

3.2.5.2. Analyse :

On résume l'analyse dans les remarques suivantes :

- ✓ les concentrations dépassent largement les conditions de raccordement ;
- ✓ le pH trouvé reflète un effluent basique ce qui n'est pas le cas dans la référence européenne qui donne des valeurs inférieure à 6 dues à l'acide éolique ;
- ✓ les concentrations en DBO₅ et en DCO sont inférieures aux valeurs de la référence européenne suivantes :

Tableau 21 : Le débit et les concentrations moyennes de quelques paramètres polluants les effluents des huileries et conserveries d'olives en Europe [4]

Technologie	Volume d'eau usée (m ³ /T produit fini)	DBO ₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	MES (mg/l)	pH
Extraction traditionnelle (pressage)	2 – 5	22000 -62000	59000 – 162000	65000	4,6– 4,9
Extraction en trois phases	6 – 8	13000 – 14000	39000-78000	65000	5,2
Extraction en deux phases	0,33– 0,35	90000 – 100000	120000-130000	120000	4,5– 5,0

On remarque l'absence des concentrations en polyphénols et en huiles et graisses. Ces deux paramètres sont cités dans la référence européenne avec des valeurs élevées : 80 000 mg/l pour le polyphénol et 3000 à 10000 mg/l [4] pour les huiles et graisses. La haute teneur en polyphénol des eaux usées inhibe la croissance des bactéries aérobie. En outre, l'auto-oxydation des composés phénoliques pendant le contact des effluents d'huile d'olive avec l'air crée des polyphénols macromoléculaires qui se dégradent encore plus difficilement.

La conductivité dépasse largement 2700 $\mu\text{s}/\text{cm}$ la condition du rejet en milieu direct à cause de l'usage du sel dans la conserverie d'olives.

On recommande d'adopter les concentrations issues de la référence européenne.

3.2.6. Industrie de l'huile de table :

3.2.6.1. Les ratios et les concentrations moyennes :

Les huiles de table sont naturellement présentes dans une vaste gamme de sources, mais environ 22 huiles végétales seulement sont transformées à une échelle commerciale dans le monde.

La préparation des matières premières comprend le décorticage, le nettoyage, l'écrasement et le conditionnement. Les procédés d'extraction sont généralement mécaniques. Après l'ébullition, l'huile liquide subit un écumage. Après le pressage, l'huile passe par le filtrage. Après l'extraction des solvants, l'huile brute est séparée et le solvant évaporé est récupéré. Les résidus sont conditionnés, c'est-à-dire séchés, puis retraités pour donner des sous-produits servant pour la nourriture animale. Le raffinage de l'huile brute comprend son dégomme, sa neutralisation, sa décoloration, sa désodorisation et un raffinage avancé. La transformation des huiles peut se poursuivre dans le but de produire de la margarine [4].

Les résultats de calcul des ratios et des concentrations sont affichés dans les tableaux suivants:

Tableau 22 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des industries des huiles de table

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
Débit de rejet (m ³ /j)	796
pH	5,4
DBO ₅	6945
DCO	24260
DCO/DBO ₅	3,5
MES	3468
NTK	17
PT	78
H & G	4796

Tableau 23 : Ratios de la pollution engendrée par les industries des huiles de table

Paramètres	Ratios kg/T produit fini
Débit de rejet (m ³ /T)	2,7
DBO ₅	4,0
DCO	12,0
MES	0,1
H & G	0,8

3.2.6.2. Analyse :

On remarque que :

- les conditions de raccordement aux réseaux sont dépassées par tous les paramètres de pollution ;
- pour produire une tonne d'huile on rejette 2,7m³ d'eaux usées, cette valeur se trouve dans la fourchette de la référence européenne 2,2 à 5 m³/T produit fini [4] ;
- des fortes concentrations en DBO₅ et en DCO proches de celles citées par la référence européenne : 7040mg/l pour le DBO₅ et 24880 mg/l pour le DCO [4]. Le rapport de ces deux paramètres est inférieur à 4 ainsi : ces eaux usées sont biodégradable ;
- une concentration importante en MES proche de celle de la référence européenne 3500 mg/l est conclue. Cette concentration provient essentiellement de la phase de la réaction de neutralisation des huiles et du nettoyage du sol ;
- faible concentrations en azote et phosphore ;
- une forte concentration en huiles et graisses ;
- un effluent acide du à l'acide éolique contenu dans l'huile.

D'après l'analyse précédente on recommande d'adopter les concentrations et les ratios cités ci-dessus puisqu'ils sont inclus dans les fourchettes de la référence européenne.

3.2.7. Industries des boissons non alcoolisées :

3.2.7.1. Ratios et concentrations moyennes :

Les boissons non alcoolisées sont classées en deux principaux types, les boissons carbonées et les boissons plates. Les boissons non alcoolisées comprennent les eaux de source, les boissons à base de fruits et de jus tels que les cordiaux, les citronnades/orangeades concentrées et les orgeats. Les boissons aromatisées telles que la boisson gazeuse de gingembre, les tonics et les limonades ainsi que les infusions comme le thé et le café.

La production d'eaux usées constitue la principale problématique dans ce secteur. Les effluents résultent surtout de différentes opérations de lavage et de nettoyage des installations, des équipements et des récipients, ainsi que de refroidissement et de purge des chaudières [4].

Tableau 24 : Ratios de la pollution engendrée par les industries de fabrication des boissons non alcoolisées

Paramètres	Ratios internationaux (Kg/m ³ produit fini) [25]	Résultat (Kg/m ³ produit fini)
Débit rejeté (m ³ /m ³ produit fini)	7,2	4,4
DBO ₅	2,45	6,3
DCO	-	15,7
MES	1,92	1,2
NTK	-	0,1
PT	-	0,15

Tableau 25 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des industries de fabrication des boissons gazeuses

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
T (C°)	29
pH	7,5
Conductivité (µs/cm)	4061
DBO ₅	5890
DCO	11085
DCO/DBO ₅	1,88
MES	298
NTK	58
PT	8
H & G	25
SO ₄ ²⁻	449
PO ₄ ³⁻	2
Cl	273

3.2.7.2. Analyse :

D'après le tableau des concentrations moyennes estimées, on observe que :

- quelques paramètres polluants dépassent les conditions de raccordement au réseau d'assainissement ([DBO₅]= 5890 mg/l, [DCO]= 11085 mg/l) ;
- le rapport DCO/DBO₅ = 1,88= 2 indique la tendance de ces effluents à être extrêmement biodégradables, ceci est dû aux rejets de la préparation et du nettoyage des équipements ;
- la conductivité est de l'ordre de 4000 µs/cm (>2700 µs/cm), ce qui traduit le degré élevé de la salinité de ces eaux issues des chaudières et des adoucisseurs ;
- il est à noter que l'existence du PO₄³⁻ revient au fait de l'utilisation de l'acide phosphorique dans quelques industries (Coca cola Light).

D'après les données européennes ; la consommation en eau dans cette industrie varie entre 6 et 14 m³/m³ des boissons produites, alors que le débit des rejets liquides varie entre 0,8 et 3,6 m³/m³ des boissons produites. Au Maroc, ce débit des rejets liquides est de l'ordre de 4,4 m³/m³ des boissons produites, résultat se situant entre ceux européens et internationaux (7,2 m³/m³ des boissons produites) [4].

En vérifiant les ratios résultants des analyses, il s'avère qu'ils sont proches de ceux internationaux d'environ 30% pour la plupart des paramètres, on se permet donc d'adopter ces ratios afin de servir pour la base des données de conception des solutions de traitement.

3.2.8. Laiterie :

3.2.8.1. Les ratios et les concentrations moyennes :

L'activité de laiterie consiste à thermotraitier le lait selon toute une variété de méthodes telles que la pasteurisation ou la stérilisation.

Les résultats de calcul des ratios et des concentrations sont affichés dans les tableaux suivants:

Tableau 26 : Ratios de la pollution engendrée par les laiteries

Paramètres	Ratios en Kg/T produit brut
Débit des rejets (m ³ /T produit brut)	2,9
DBO ₅	9,2
DCO	18,4
MES	3
NTK	0,4
PT	0,1

Tableau 27 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des effluents des laiteries

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
Débit des rejets (m ³ /j)	1143
T (C°)	34
pH	11,3
Conductivité (µs/cm)	4013
DBO ₅	4380
DCO	8524
DCO/DBO ₅	1,94
MES	1512
NTK	155
PT	56
H & G	816

3.2.8.2. Analyse :

On résume l'analyse dans les points suivants :

- ✓ les conditions de raccordement ne sont pas respectées par l'ensemble des paramètres de pollution sauf la température ;
- ✓ un traitement d'une tonne de lait rejette 3 m³, valeur incluse dans l'intervalle [2.7 ; 4] de la référence européenne [4]. D'après cette référence les eaux restituées présentent un taux de restitution de 70 à 80 % ;
- ✓ la conductivité (>2700 µs/cm) est élevée à cause de nettoyage de l'adoucisseur.
- ✓ les concentrations en DBO₅ et en DCO présentent des grandes valeurs et leur rapport est égale à 2 ainsi les eaux usées sont biodégradables ;
- ✓ les eaux usées contiennent une concentration élevée en azote à cause de la teneur en nitrate en cas d'utilisation d'acide nitrique ;
- ✓ le phosphore présente une faible concentration mais elle peut s'élever si l'acide phosphorique est utilisé dans le nettoyage. Le lait a également une teneur importante en phosphore, soit 93 mg P/100 g de lait entier ;
- ✓ les eaux résiduaires de laiterie sont chargées en matières grasses provenant de matière brute utilisée (lait) ;
- ✓ l'effluent est basique, il a un pH égale à 11 résultant de l'existence de lactose dans l'eau.

On recommande de prendre les ratios et les concentrations cités auparavant pour établir la base de données des caractéristiques des eaux usées industrielles et qui seront la base pour la conception de la solution de traitement.

3.2.9. Minoteries :

3.2.9.1. Ratios et concentrations moyennes :

L'industrie de minoterie est une industrie qui consiste à moudre et broyer les blés et les seigles afin d'obtenir de la farine.

Dans ce secteur, on s'est trouvé devant des données manquantes qui pourraient permettre de déduire les concentrations et les ratios de pollution des différents paramètres.

Donc on se contente de ceux donnés par le FODEP représentées sur le tableau suivant :

Tableau 28 : Ratios de pollution engendrée par les minoteries :

Paramètres	Ratios proposés par FODEP (Kg/T de farine produite) [25]
DBO ₅	1,9
DCO	3,8
NTK	0,04
PT	0,01

Tableau 29 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des effluents des minoteries

Paramètres	Concentrations moyenne en mg/l
T (C°)	21
Conductivité (µs/cm)	1865
DBO ₅	974
DCO	1803
DCO/DBO ₅	1,85
MES	457
NTK	105
NH ₄	93
PT	7,35

3.2.9.2. Analyse :

D'après le tableau des concentrations moyennes estimées, on remarque que :

- quelques paramètres polluants dépassent les conditions de raccordement au réseau d'assainissement ([DBO₅]= 974 mg/l, [DCO]= 1803 mg/l). Or ce dépassement n'est pas assez grand par rapport aux normes et exigences législatives en termes de déversement indirect, donc on peut considérer cette industrie parmi les moins polluantes dans le monde industriel ;

- le rapport $DCO/DBO_5 = 1,85$ indique la tendance de ces effluents à être biodégradables, ils proviennent essentiellement des opérations de lavage et de nettoyage des céréales ;
- la conductivité est de l'ordre de $1800 \mu s/cm$ ($<2700 \mu s/cm$), signe de la faible minéralisation des eaux usées.

D'après ce qui est signalé auparavant concernant le manque des données on adopte les ratios proposés par le FODEP pour servir comme base des données de conception des solutions de traitement.

3.2.10. Industrie de fabrication de céramique :

3.2.10.1. Ratios et concentrations moyennes :

En général, la fabrication de céramique suit les étapes ci-après :

- tout d'abord, Les matières premières (argiles, matières argilifère) sont mélangées et coulées, pressées ou extrudées pour prendre forme. On emploie régulièrement de l'eau pour bien les malaxer et les façonner ;
- cette eau s'évapore dans des séchoirs et les produits sont placés dans le four soit manuellement (c'est le cas notamment des fours intermittents) soit ils sont placés sur des wagons qui sont acheminés à travers des fours continus ;
- lors de la cuisson dans le four, on obtient une structure céramique irréversible pour le produit. Il faut donc un gradient de température extrêmement précis pendant la cuisson, pour garantir que les produits subissent le bon traitement ;
- ensuite on effectue un refroidissement contrôlé, afin que les produits libèrent leur chaleur progressivement et conservent leur structure céramique ;
- enfin, Les produits sont emballés et stockés pour livraison [6].

Tableau 30 : Ratios de la pollution engendrée par les industries de fabrication de céramique

Paramètres	Ratios en (Kg/m ²)
Débit d'eaux usées (m ³ /m ²)	0,23
DBO ₅	0,04
DCO	0,64
MES	15,12
NT	0,001
PT	0,07
SO ₄ ²⁻	0,12
Fe	0,17
Zn	0,14
Al	0,45
Pb	0,033
As	0,0002

Tableau 31 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des industries de fabrication de céramique

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
Rejet d'eaux usées (m ³ /j)	375
pH	8,2
Conductivité (µS/cm)	4260
MES	1868 3
DBO ₅	452
DCO	1613
NT	162
PT	197
SO ₄ ²⁻	295
Fe	274
Zn	255
Al	901
Pb	54
As	0,6

3.2.10.2. Analyse :

D'après les tableaux ci-dessus on remarque que :

- * les conditions de raccordement aux réseaux d'assainissement sont dépassées sauf pour la DBO₅, le sulfate et le pH ;

- * la conductivité dépasse la norme des rejets en milieu direct (2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Cette élévation est due à l'existence de sulfate et des métaux lourds ;
- * une concentration élevée de la MES : 18682 mg/l incluse dans l'intervalle [1000 ; 20000] cité par la référence européenne [6]. Ces MES proviennent des opérations de rinçage et du transport hydraulique de l'argile ainsi que le nettoyage des machines d'émaillage ;
- * la concentration en sulfate est inférieure à la norme du rejet indirect (400 mg/l), mais elle peut dépasser cette valeur comme l'a indiqué la référence européenne en signalant la plage suivante : 100 à 1000 mg/l [6];
- * les concentrations en phosphore et en azote proviennent de la matière première (argile) ;
- * les concentrations en métaux lourds dépassent largement les concentrations citées dans la référence européenne ;

Même si les ratios trouvés auprès des analyses réalisés par les compagnies d'ONEP, DRPE... ne sont pas conformes aux marges européennes, on recommande de les intégrer dans la base de données qui servira pour la conception de la solution de traitement, puisque plusieurs facteurs sont différents de ceux européens (Nature du sol, les matières impliqués dans la fabrication...).

3.2.11. Mines :

3.2.11.1. Ratios et concentrations moyennes des mines de Zn, Ag... :

Le domaine minier est un domaine très vaste et varié, dont l'estimation des chiffres ne peut pas être donnée avec précision. Ici, on ne possède qu'une seule donnée d'une mine d'extraction des Pb-Ag, Zn et Au.

Sur la base des paramètres caractérisant la pollution de cette mine on calcule les ratios de pollution à partir du tableau suivant :

Tableau 32 : Ratios de la pollution engendrée par les mines

Paramètres	Ratios (Kg/T produit fini)
DBO ₅	7,2
DCO	196,1
MES	5034
NTK	1,8
PT	0,4
Fe	951,1
Mn	108,5
As	1,3
Pb	44,1
Zn	7,3
Cu	0,8

Les concentrations de cette mine sont comme suit :

Tableau 33 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des mines

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
T (C°)	20
pH	8,5
DBO ₅	200
DCO	5472
DCO/DBO ₅	27
MES	140469
NTK	51
PT	10
Fe	26540
Mn	3028
As	35
Pb	1230
Zn	205
Cu	22,4

3.2.11.2. Analyse :

D'après le tableau des concentrations moyennes estimées, on remarque que :

- * la plupart des paramètres polluants dépassent les conditions de raccordement au réseau d'assainissement (DCO, MES, Métaux lourds) ;
- * le rapport $DCO/DBO_5 = 27$; valeur très supérieur à 3, ce qui écarte carrément le traitement biologique des rejets liquides de ce genre d'industrie ;
- * les eaux usées des mines sont très chargées en métaux lourds provenant de l'opération de l'extraction : $[Fe]=26540$ mg/l, $[Mn]= 3028$ mg/l, $[As]= 35$ mg/l, $[Pb]= 1230$ mg/l, $[Zn]= 205$ mg/l et $[Cu]= 22,4$ mg/l. Ceci dit ; un traitement physico-chimique sera le plus adéquat pour éliminer ces métaux ;
- * en plus des métaux lourds, les rejets liquides miniers sont caractérisés par une forte concentration des MES (=140469 mg/l) résultant de la poussière générée lors de la transformation et le broyage des minerais.

3.2.11.3. Ratios et concentrations moyennes des mines de phosphate :

Pour ce qui est des concentrations des industries d'extraction et de la transformation chimique du phosphate on a :

Tableau 34 : Ratios de la pollution engendrée par les mines d'extraction de phosphate

Paramètres	Ratios (g/T produit fini)
DBO₅	8
DCO	553
MES	108
NTK	25
PT	2
Fe + Cu	0,17

Tableau 35 : Concentrations moyennes des paramètres polluants les effluents des mines d'extraction de phosphate

Paramètres	Concentrations moyennes en (mg/l)
T (C°)	18,6
pH	7,33
DCO	6447
MES	289917
NTK	57
Pt	4333
Orthophosphate	2
NO ³⁻	62

3.2.11.4. Analyse :

Les données montrent que :

- il y a un énorme dépassement des paramètres polluants des conditions de raccordement au réseau d'assainissement ;
- il y a une forte concentration de phosphore et d'orthophosphate du au phosphate extrait et raffiné ;
- on remarque que la concentration des MES est très élevée issue de la phase de raffinage.

Les ratios qui seront adoptés pour servir comme base des données de conception des solutions de traitement seront les ratios calculés à partir des analyses des rejets liquides d'OCP par manque de marges données par les références européennes.

3.2.12. Industries de traitement de surface :

3.2.12.1. Ratios et concentrations moyennes :

Un traitement de surface est une opération mécanique, chimique, électrochimique ou physique qui a pour conséquence de modifier l'aspect ou la fonction de la surface des matériaux afin de l'adapter à des conditions d'utilisation données.

Avant tout traitement, le nettoyage des surfaces est une phase essentielle qui a pour objet d'enlever les souillures existant à la surface des pièces et qui comprend deux opérations distinctes : le dégraissage et le décapage. Ces deux opérations sont toujours suivies d'un rinçage, d'où la source de la pollution des eaux usées de cette industrie [7].

Le tableau suivant donne les valeurs des paramètres de pollution de l'industrie de traitement de surface :

Tableau 36 : Ratios moyennes de la pollution engendrée par l'industrie de traitement de surface

Paramètre	Sebou (Kg/T de produit) [25]	France 1(Kg/T de produit) [25]	France 2 (Kg/T de produit) [25]	Lookkous (Kg/T de produit) [25]	Moyenne (Kg/T de produit)
DBO₅	0,33	0,29	93,98	1,28	24
DCO	1,33	0,16	107,17	3,47	28
MES	-	0,1895	16,2	14,9	10,4
NTK	-	-	-	0,167	0,2
PT	-	-	-	0,017	0,01
SO₄²⁻	-	-	-	40,76	40,8
Fe	-	-	-	0,03	0,03
Zn	-	0,04	-	-	0,04
Al	-	-	0,384	0,0047	0,2
Pb	-	0,215	0,014	0,00046	0,1
Ni	0,16	29,75	-	-	15
Cu	0,033	11,05	0,0141	-	3,7
Cr T	-	0,209	0,025	-	0,1
Cyan	0,23	0,1612	-	-	0,2

Tableau 37 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des industries de traitement de surface

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
T (C°)	31
pH	11,9
Conductivité (µs/cm)	51200
DBO ₅	200
DCO	8000
DCO/DBO ₅	40
MES	860
PT	13
Cu	97
Fe	4,4
Pb	290
Ni	301
Cd	55
Cr T	1623
Cyan	375
Ag	1,5
As	8,4
Ba	1,1
Co	1,3
Hg	4,5
Mn	2,3
Zn	192

3.2.12.2. Analyse :

On résume l'analyse dans les remarques suivantes :

- ✓ La conductivité = 51200 µs/cm, implique la minéralisation des effluents des industries de traitement de surface ;
- ✓ le rapport DCO/DBO₅ est largement supérieur à 4, ce qui élimine le traitement des eaux par voie biologique ;
- ✓ ces eaux résiduaires sont fortement chargées en métaux lourds comme le Fe, Cu, Zn provenant tous généralement et essentiellement des opérations de placage et de nettoyage ;

✓ les eaux usées de cette industrie est un milieu très concentré en DCO, en effet sa concentration est considérable (=8000 mg/l) produite à cause de l'utilisation des produits chimiques.

Pour palier au problème du manque des données, on prend la moyenne des différents ratios donnés par les références internationaux pour les adopter comme base de données servant à la conception des solutions de traitement.

3.2.13. Tannerie :

3.2.13.1. Ratios et concentrations moyennes :

Le tannage des peaux pour la fabrication du cuir est une importante activité depuis l'antiquité.

Deux procédés de tannage sont utilisés, le tannage au chrome et le tannage végétal. Par ailleurs ; suite à la complexité de transformation de la peau en cuir, les tanneries utilisent un grand nombre d'agents chimiques et produisent d'énormes volumes d'eaux résiduares et de déchets solides [1].

Les concentrations moyennes et les ratios de cette industrie sont comme suit :

Tableau 38 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des tanneries :

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
T (C°)	23
pH	7
Conductivité (µS/cm)	41200
MES	1875
DBO ₅	1485
DCO	2723
NT	283
PT	10
Cl ⁻	2485
SO ₄ ²⁻	6801
Chrome	47
NO ³⁻	92

Tableau 39 : Ratios de la pollution engendrée par les tanneries :

Paramètres	Ratios en kg/T peau brute
DBO₅	100
DCO	230 à 250
MES	150
Chrome	5 à 6
Sulfures	10

3.2.13.2. Analyse :

On remarque que :

- * les conditions de raccordement aux réseaux d'assainissement sont dépassées sauf pour le PT et le pH ;
- * la conductivité dépasse 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la norme de rejet en milieu direct .cette élévation est due à l'existence du sel et chrome ;
- * une concentration élevée de la DCO (=2723 mg/l) incluse dans l'intervalle [2000 ; 3560mg/l] donnée par Ram et al [1] ;
- * une forte concentration des matières organiques (DCO, DBO₅, NfT...) est causée principalement par des matières biogéniques des peaux et aux produits chimiques organiques utilisés,
- * la teneur en sulfate est de l'ordre de 6000 mg/l, elle est due notamment à l'utilisation du sulfate de chrome comme agent de tannage et du sulfate d'aluminium employé lors de l'étape de déchaulage ;
- * la concentration élevée en chlorure résulte essentiellement de l'utilisation de chlorure de sodium comme agent de conservation de peau. Des valeurs plus importantes de l'ordre de 8400 mg/l ont été rapportées par GENSHCHOW et al et Ram et al [1] ;
- * la concentration en chrome est proche de la valeur rapportée par Muruganathan et al : 44,6 mg/l [1].

Les ratios qu'on recommande de prendre comme base de données sont les ratios proposés ci-dessus.

3.2.14. Teinture :

3.2.14.1. Ratios et concentrations moyennes :

La teinture est une technique pour colorer une matière textile dans laquelle un colorant est appliqué au support de manière uniforme, cela implique l'usage d'un certain nombre de produits chimiques et de produits auxiliaires différents pour favoriser le procédé de teinture.

Les étapes de teinture sont :

- Dissolution et dispersion du colorant dans un bassin de teinture.
- L'adsorption du colorant sur la surface de la matière textile [8].

Les ratios et les concentrations moyennes calculés sont :

Tableau 40 : Ratios de la pollution engendrée par les industries de teinture

Paramètres	Ratios (Kg/T produit fini)
DBO₅	42,1
DCO	130,7
MES	20,9
NT	4,3
PT	1,5
H & G	12,1
Cl	464,2
Sulfate	198,3
Phénol	0,006
Chrome	0,01

Tableau 41 : Concentrations moyennes des paramètres polluants des industries de teinture

Paramètres	Concentrations moyennes (mg/l)
T (C°)	71
pH	8
Conductivité (µS/cm)	11750
DBO₅	560
DCO	1450
DCO/DBO₅	2.58
MES	4505
NT	47
PT	26
H & G	46
Cl⁻	4915
Sulfate	1026

3.2.14.2. Analyse :

Suite aux références européennes, la consommation en eau dans la teinture est variée de 22 à 53 m³/T [8].

Les analyses montrent :

- les conditions de raccordement aux réseaux d'assainissement sont dépassées sauf pour les huiles et graisses et le pH ;
- la conductivité dépasse la norme des rejets en milieu direct. Cette élévation est due aux agents chimiques utilisés dans la teinture (les colorants) ;
- une concentration de la DCO est égale à 1450 mg/l et une concentration de la DBO₅ est égale à 560 mg/l, les deux sont incluses respectivement dans les intervalles [439 à 2281 mg/l] et [127 à 788 mg/l] données dans les références européennes [8] ;
- la teneur en sulfate est de l'ordre de 1026 mg/l, elle est générée notamment par l'utilisation du sulfate de sodium pour améliorer la teinture ;
- la concentration élevée en chlorure est occasionnée essentiellement par l'utilisation de NaCl provenant de la teinture, de blanchissement et de l'impression.

Les ratios qu'on recommande de prendre comme base de données sont les ratios proposés ci-dessus.

Chapitre IV

Procédés et solutions de traitement des eaux usées industrielles

De nombreuses techniques d'assainissement et d'épuration des eaux usées adaptées aux industries sont aujourd'hui connues partout dans le monde. L'objectif de ces techniques est de réduire les agents de pollution afin de respecter les normes des rejets appliquées dans certains pays. L'objectif étant de réduire l'impact nuisible sur l'environnement en particulier sur les eaux de surface.

Dans ce contexte le Maroc est en train de réaliser un projet d'instauration des normes des déversements directs (dans le milieu naturel) et a décrété des normes de rejets indirects. Par conséquent, les industries sont amenées à adopter des techniques à même de réduire la pollution et de faire intégrer les systèmes de gestion environnementale, ainsi que les mesures «end-of-pipe » afin de palier au problème de la pollution causée par les eaux résiduaires industrielles.

4.1. Description des techniques d'épuration des eaux résiduaires industrielles :

Dans ce paragraphe on est consacré à une brève description des procédés d'épuration qui seront proposés comme solutions de traitement des eaux résiduaires industrielles des quatorze industries dont on a analysé la typologie des rejets dans le chapitre précédent.

4.1.1. Les traitements physiques :

4.1.1.1. Dégrillage :

Le dégrillage, premier poste de traitement, est indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire. Il permet la protection des ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation, de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, pouvant nuire à l'efficacité des traitements suivants.

L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'espacement entre barreaux de grille ; on peut distinguer :

- Dégrillage fin, pour écartement inférieur à 10 mm ;
- Dégrillage moyen, pour écartement de 10 à 40 mm ;

- Pré dégrillage, pour écartement supérieur à 40 mm ;

Le dégrillage est assuré, soit par une grille à nettoyage manuel (largement dimensionnée pour réduire la fréquence des opérations de collecte des résidus), soit, de préférence, par une grille à nettoyage automatique (mécanisation obligatoire pour les gros débits ou pour des eaux très chargées) [27].

4.1.1.2. Tamisage :

Le tamisage est un traitement plus poussé, qui utilise un tamis en toile métallique ou tissée à mailles plus ou moins fines de 0.5 à 1 mm, dont le nettoyage est automatique, avec des dispositifs de raclage.

Le traitement préliminaire, allant de la grille fixe au tamisage le plus fin, est appliqué presque par toutes les industries, que soient des industries de textiles, des industries de papier, du cuir, des abattoirs, des brasseries, des conserveries, ou autres [4].

4.1.1.3. Débourbage :

Le débourbage est une étape de séparation solide-liquide qui précède la clarification des eaux de surface particulièrement chargées lorsque la décantation classique en un seul étage n'est plus possible. Le but de cette pré-décantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute, d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées et de fournir à l'étape de décantation principale une eau de qualité acceptable. Le seuil de concentration en matières en suspension à partir duquel le débourbage devient nécessaire, dépend du type de décanteur principal :

- 1,5 à 2 g/l pour les décanteurs non raclés ou à lit de boue ;
- 5 g/l pour les décanteurs raclés.

La fonction du déboureur se rapproche de celle d'un décanteur, à condition qu'elle doit être précédée d'un mélangeur rapide des réactifs [3].

4.1.1.4. Bassin Tampon :

Les bassins d'égalisation ou de stockage intermédiaire sont normalement destinés à gérer les variations générales des flux et de la composition des eaux usées, ainsi qu'à fournir un traitement correctif, comme le contrôle du pH ou la transformation chimique.

Les bassins d'égalisation sont largement utilisés dans le secteur agroalimentaire à savoir les branches de la viande, des fruits et légumes, de l'amidon, des boissons alcoolisées et non alcoolisées, des huiles végétales, et des graisses [4].

4.1.1.5. Décanteur :

La décantation est la séparation par gravité des particules suspendues qui sont plus lourdes que l'eau. Les solides déposés sont récoltés au fond du bassin sous forme de boues, ou bien ils sont enlevés après l'évacuation périodique des eaux.

Les équipements dédiés à la décantation peuvent être :

- des bassins rectangulaires ou circulaires équipés d'appareillages de raclage appropriés (un racleur de surface pour enlever les huiles et graisses et un racleur de fond pour les solides) ; leur capacité doit permettre un temps de séjour adéquat au procédé de séparation ;
- des séparateurs tubulaires ou lamellaires où les plaques sont destinés à accroître la surface de séparation [4].

4.1.1.6. Dégraissage / Déshuilage :

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent en une séparation de produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée, dans une enceinte liquide de volume suffisant. Le produit se présente sous la forme de particules libres, ou plutôt agglomérées avec des matières en suspension diverses.

L'efficacité de la séparation dépend de la température de l'eau. Elle augmente avec une température basse. Ce type de traitement est applicable aux installations agroalimentaires dont les eaux usées contiennent des huiles et graisses animales et végétales [4].

4.1.1.7. Flottation à air dissous :

La flottation à air dissous est un processus utilisé pour la séparation des particules solides (solides en suspension), de liquides (huiles et graisses) et pour la séparation et concentration des boues.

Le processus consiste à associer aux particules, qui entrent dans le flottateur, de petites bulles d'air pour qu'elles forment un ensemble de densité inférieure à celle de l'eau et qu'elles flottent, il est ainsi possible de séparer de l'eau des particules de plus grande densité que l'eau.

Si la flottation à air dissous est précédée d'un traitement de coagulation-floculation, le rendement de la séparation de la matière solide en suspension est beaucoup plus élevé [33].

4.1.1.8. Filtration :

La filtration directe des eaux usées permet de remplir les prescriptions des normes de rejets avec une rétention importante des matières en suspension. On utilise à cet effet les procédés suivants, à savoir les filtres à matériaux granulaires comme espaces filtrants ou les filtres à bougies comme filtration en surface.

Les filtres à matériaux granulaires sont constitués de un à deux mètres de couches avec des matériaux granulaires. Le matériau granulaire repose sur un lit filtrant. Les matières en suspension sont retenues dans les espaces inter granulaires. On utilise, outre les forces mécaniques, les réactions d'adsorption et les forces de cohésion. Par ce processus, des particules en suspension de densité supérieure aux pores du filtre sont filtrées. Lorsqu'on arrive à une perte de charge de filtre, le matériau filtrant doit être nettoyé. On le soumet alors à un courant d'eau circulant de bas en haut avec de l'air et de l'eau [27].

4.1.1.9. Lagune d'évaporation :

C'est un bassin exposé au soleil où les eaux y entrant s'évaporent en laissant une boue sèche qu'on peut utiliser dans l'agriculture.

Ce type de traitement est utilisé surtout pour les eaux résiduaires des huileries d'olives.

4.1.2. Les traitements physico-chimiques :

4.1.2.1. Précipitation chimique :

On peut recourir à la technique de la précipitation lorsque des particules solides ne peuvent pas être séparées par des méthodes gravitationnelles simples, par exemple lorsqu'elles sont trop petites, leur densité est trop proche de celle de l'eau ou lorsqu'elles forment des colloïdes / émulsions. Cette technique convertit par réaction chimique, les substances dissoutes dans l'eau en particules insolubles. La précipitation peut également servir à extraire le phosphore.

Ce procédé comprend trois étapes majeures. La première est la coagulation. L'étape suivante est la floculation.

Hormis la coagulation-floculation, des précipitations d'hydroxydes de métal apparaissent, et ces hydroxydes adsorbent les particules de graisse. Suite à la précipitation, les boues sont enlevées soit par décantation ou par flottation à air dissous [4].

4.1.2.2. Coagulation – Floculation :

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion des produits chimiques, comme le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$ et l'aluminate de sodium $NaAlO_2$, dans un bassin de coagulation pour passer ensuite à l'étape de floculation qui favorise l'agrégation en de gros floes les particules coagulés [34].

La floculation sert à favoriser, grâce à une agitation du fluide coagulée, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation [34].

4.1.2.3. Neutralisation :

La neutralisation a pour but d'éviter le rejet d'effluents fortement acides ou alcalins. Par ailleurs, elle peut protéger les procédés de traitement des eaux usées situés en aval.

On utilise normalement les substances suivantes pour neutraliser les eaux usées avec un pH bas :

- calcaire, boues de calcaire ou lait de chaux (chaux hydratée $\text{Ca}(\text{OH})_2$) ;
- soude caustique (NaOH) ou carbonate de sodium (Na_2CO_3) ;
- échangeurs d'ions (cationiques).

On utilise normalement les substances suivantes pour neutraliser les eaux usées avec un pH élevé :

- introduction de CO_2 , par exemple des gaz de fumées et des gaz issus des procédés de Fermentation ;
- acide sulfurique (H_2SO_4) ou acide hydrochlorique (HCl) ;
- échangeurs d'ions (anioniques).(g)
-

4.1.3. Les traitements biologiques :

4.1.3.1. Boues activées :

4.1.3.1.1. Description :

La technique des boues activées produit une masse active de micro-organismes. Ces micro-organismes sont aérés et mis en suspension dans une cuve de réaction. Les installations utilisent de l'air, de l'oxygène ou un mélange des deux. Lorsqu'elles utilisent de l'oxygène, elles sont désignées par le terme système à oxygène pur [4].

4.1.3.1.2. Avantage :

- Bonnes performances pour l'ensemble des paramètres ;
- Élimination possible du phosphore par voie chimique ;
- Relative résistance aux à-coups de charge ;
- Emprise foncière limitée [18].

4.1.3.1.3. Inconvénients :

- Nécessité de limitation stricte du débit maximum admissible en traitement ;
- Coût d'investissement et d'exploitation élevé ;
- Nécessité d'une exploitation attentive réalisée par un personnel ayant suivi une formation adéquate [18].

4.1.3.2. Lagunage naturel :

4.1.3.2.1. Description :

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série.

Le nombre de bassin le plus communément rencontré est de 3.

Le lagunage naturel est constitué en général de trois types de bassins disposés en série :

- **bassin anaérobie** : il est disposé en tête du lagunage, il reçoit les eaux usées brutes après leur passage dans l'étage de prétraitement. Dans ce bassin La matière organique présente dans les eaux usées est dégradée par une communauté microbienne fonctionnant en anaérobiose (en l'absence de l'oxygène). Cette dégradation conduit à la formation d'un gaz composé principalement de méthane et de gaz carbonique ;
- **bassin facultatif** : est situé juste après le bassin anaérobie. Les effluents décantés dans le premier bassin vont séjourner pendant un temps assez long pour y subir un traitement par voie biologique. En fait dans ce bassin existe deux niveaux d'épuration,

un niveau inférieur où les conditions anaérobiose prédominent et un niveau supérieur où l'activité biologique est de type aérobie, car il est en contact avec l'air. En général, on considère que la majorité de la pollution organique dissoute est éliminée dans ce bassin ;

- **bassin de maturation** : appelé parfois de finition. Il est utilisé pour éliminer la pollution fécale [24].

4.1.3.2.2. Avantages :

- bonne protection du milieu naturel ;
- Pas de consommation énergétique ;
- Faibles frais d'exploitation avec une fiabilité du traitement élevée ;
- Elimination intéressante de l'azote, du phosphore et des germes pathogènes, notamment en été ;
- Bonne intégration paysagère ;
- Pas de nuisance sonore [18].

4.1.3.2.3. Inconvénient :

- Grande emprise au sol ;
- Maîtrise limitée de l'équilibre biologique et des processus épuratoires ;
Performances pouvant être altérées par la présence d'algues vertes [18].

4.1.3.3. Lagunage aéré :

4.1.3.3.1. Description :

Le lagunage aéré est une technique d'épuration biologique par culture libre avec un apport artificiel d'oxygène. L'oxygénation est assurée par un aérateur de surface ou une insufflation d'air.

Le lagunage aéré est constitué de deux étages :

- * Un étage d'aération, où la pollution organique est dégradée par les micro-organismes qui consomment et assimilent les nutriments.
- * Un étage de décantation, assuré principalement par une ou deux simples lagunes, les matières en suspensions (amas de micro-organismes et de particules piégées) s'agglomèrent lentement sous forme de boues. Ces dernières doivent être régulièrement extraites.

Le premier cas est rarement utilisé car il consomme beaucoup d'énergie.

La seconde solution est rencontrée plus fréquemment : elle s'apparente au lagunage naturel par l'épuration des eaux usées par échange eau-sédiment [24].

4.1.3.3.2. Avantage :

- Accepte les variations assez importantes de charge organique ou hydraulique ;
- Accepte les effluents concentrés ;
- Boues stabilisées ;
- Fréquence de curage espacée (tous les deux à cinq ans) [18].

4.1.3.3.3. Inconvénients :

- Nécessite un agent spécialisé pour l'entretien du matériel électromécanique ;
- Coût d'exploitation relativement élevé (forte consommation énergétique) ;
- Nuisance sonore possible [18].

4.1.3.4. Réacteur biologique séquentiel (SBR) :

4.1.3.4.1. Description :

Le SBR est une variante du procédé des boues activées. Il suit le principe du remplissage soutirage ; il comprend normalement deux cuves de réaction identiques. Les diverses étapes des procédés des boues activées sont toutes exécutées dans le même réacteur [18].

4.1.3.4.2. Avantages :

- Filière boues activées compacte ;
- Bonne intégration paysagère si l'ouvrage est enterré, mais cela complique l'entretien et les interventions [18].

4.1.3.4.3. Inconvénients :

- Gestion nettement plus délicate qu'une installation classique ;
- Forte sensibilité aux variations hydrauliques ;
- Coût d'investissement et coût d'exploitation élevés [18].

4.1.3.5. Lit de boue ascendante anaérobie (UASB) :

4.1.3.5.1. Description :

La technologie UASB « Réacteur à biomasse retenue et flux vers l'haut » prévoit un réacteur qui abatte les substances organiques solubles d'une façon anaérobie.

Le réacteur est appelé rapide car la grande quantité de boue active anaérobie permet l'abattement de la charge polluante organique avec un temps de rétention très bas [36].

4.1.3.5.2. Avantage :

- Faible consommation d'énergie ;
- Une croissance limitée des bactéries à cause de la digestion anaérobie ;
- Faible quantité de boues rejetées ;
- Possibilité de l'utilisation de biogaz dans la production d'énergie électrique [36].

4.1.3.5.3. Inconvénients :

- Une technique sensible aux matières grasses [36].

4.1.3.6. Disque biologique :

4.1.3.6.1. Description :

Le disque biologique comprend une série de disques rapprochés en polystyrène ou chlorure de polyvinyle. Ces disques sont immergés dans les eaux usées et tournent lentement. Lorsque le système est en service, les organismes biologiques s'agglutinent à la surface des disques et finissent par former une couche visqueuse sur toute la surface mouillée. La rotation des disques permet à la biomasse d'entrer en contact avec les matières organiques contenues dans les eaux usées puis avec l'atmosphère pour adsorber l'oxygène [4].

4.1.3.6.2. Avantage :

- Consommation électrique faible ;
- Exploitation simple ;
- Boues bien épaissies ;
- Bonne résistance aux surcharges organiques et hydrauliques passagères [18].

4.1.3.6.3. Inconvénients :

- Nécessité d'un personnel ayant des compétences en électromécanique ;
- Abattement limité de l'azote ;
- Sensibilité au froid ;
- Très grande sensibilité aux coupures d'électricité prolongées qui entraînent un déséquilibre de la batterie de disque [18].

4.1.3. Désinfection :

La désinfection est la partie finale du traitement. Elle vise à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement épurée.

Les techniques de désinfection et de stérilisation fonctionnent toutes selon le même principe de base. Elles agissent sur la structure cellulaire à l'intérieur de la bactérie et l'empêche de se

reproduire. Plusieurs types de traitement peuvent être mis en place : des biocides oxydants, non oxydants, des rayons UV, etc [20].

4.2. Analyse multicritère pour la sélection des procédés d'épuration :

Le choix d'un procédé d'épuration revêt un caractère capital. Il constitue une opération délicate dans la mesure où il n'existe pratiquement jamais de solution unique et évidente. Il faut donc prendre en compte quelques critères pour distinguer entre ces différents procédés de traitement à savoir :

- **La faisabilité économique** : réside dans la dépollution efficace et à moindre coût des effluents, en prenant en considération et le coût d'investissement, le coût d'exploitation, la disponibilité des terrains convenables pour l'implantation du système choisie et la consommation d'énergie ;
- **La faisabilité technique** : ce critère est relatif à la fiabilité du fonctionnement du système, c'est-à-dire le taux de rabattement de la pollution engendrée par l'industrie, les contraintes conditionnant le choix de la technique (pH, Température, salinité...) et la nécessité d'une main d'œuvre qualifiée pour faire l'exploitation ;
- **la nature de l'effluent à traiter** : il est nécessaire de bien connaître les effluents, en d'autres termes, identifier la nature de la concentration des polluants qu'ils contiennent, pour appliquer la solution de traitement la plus appropriée : celle qui permettra d'obtenir le taux de dépollution le plus élevé au meilleur coût ;
- **La quantité des boues générées et sa valeur économique** ;
- **L'impact du procédé sur l'environnement à savoir** : la nuisance olfactive, la nuisance sonore et la gêne Paysagère ;
- Etc.

Dans la partie qui suivra, on procédera à une analyse multicritère. Cette partie sera consacrée à l'analyse globale des variantes retenues après pour le traitement des rejets des unités industrielles choisies.

Etant donné que le prétraitement et le traitement primaire sont communs à l'ensemble des procédés d'épuration ils ne vont pas faire l'objet de l'analyse multicritère. Seuls les procédés biologiques seront analysés.

Le choix d'une des variantes se reposera sur huit critères qu'on a estimé les plus pertinents. Ces critères n'auront pas le même poids d'importance. Par la suite on leur a affecté les pourcentages suivants :

Tableau 42 : Poids affecté pour chaque critère de choix d'un procédé de traitement

Critères	Poids %
Emprise foncière	100
Coût d'investissement	60
Coût d'exploitation	70
Performance d'épuration	80
Compétence exigée	40
Quantité de boue à extraire	50
Nuisance olfactive	30
Gêne Paysagère	20
nuisance sonore	20

Avant de passer à l'analyse multicritères, voici une synthèse bibliographique des différents traitements adoptés à l'échelle nationale et internationale :

Tableau 43 : Synthèse des différents traitements proposés à l'échelle nationale et internationale :

	Abattoirs	Conserveries des fruits et légumes	Conserveries de poissons	Fabrication de farine de poissons	Fabrication des huiles de table	Fabrication des boissons non alcoolisées	laiteries	Minoteries	Fabrication de céramique	Traitement de surface	Minerai	Teintures	tanneries
Dégrillage	[4]		[4]	[4]			[13]					[8]	
Tamissage	[21]	[25]	[4]	[4]		[4]	[14]	[25]				[26]	[8]
Débourbage									[6]				
Bassin tampon	[21]	[4]	[4]		[4]	[4]	[14], [13]	[4]				[25], [26]	[8]
Dégraissage aéré	[21]		[4]	[25]	[4]								
Neutralisation		[4]	[4]			[4]	[4]		[28]	[7]	[25]	[26]	[8]
Coagulation – floculation	[4]		[4]				[25], [13], [14]		[28], [13]	[7]	[25]	[26]	[8]
Précipitation		[25]		[25]						[25], [7]	[25]	525]	
Filottation à air dissous	[4]		[25]	[4]	[4]	[4]	[14], [13]					[26]	
Filtration	[12]								[28], [13], [37]	[25], [7]			
Décantation		[25]		[25]	[4]	[4]	[27], [14]		[28], [13], [25]	[25], [7]	[25]	[25]	[8]
Boues activées	[4]	[25]	[25]	[4]	[4]		[27], [14]	[4]			[25]		
SBR	[4]	[4]				[29]	[13]						
Lagunage aéré		[25]	[25]	[25]									
Disque biologique					[4]								
UASB						[29], [31]							
Lagunage naturel							[25], [31], [14]	[25]				[25]	
Désinfection	[4]												
Résigne échangeuse												[25]	
Electrolyse												[25]	
Osmose inverse										[7]			
Membrane													

4.2.1. Emprise du sol :

La notation variera de 1 à 5 selon l'importance de l'emprise de sol du procédé d'épuration. Sur le tableau suivant sont représentées les pondérations des différents systèmes d'épuration qu'on peut utiliser pour les différents rejets industriels étudiés.

Tableau 44 : Notation des ouvrages selon le critère d'emprise du sol

Procédé	Notation
Lagunage	1
Lagunage aéré	2
Boue activée	4
SBR	4
UASB	5
Disques biologique	3

4.2.2. Performances épuratoires :

Ce critère caractérise les performances épuratoires de chaque variante. La notation de ce critère se fait sur une échelle allant jusqu'à 3.

Le tableau suivant résume les conditions pour la notation de ce critère.

Tableau 45 : Conditions de notation sur le critère des performances épuratoires [24]

Rendement %	Note
$40 < R < 60$	1
$60 \leq R < 80$	2
$80 \leq R \leq 100$	3

Dans le tableau suivant, nous résumons les performances épuratoires pour chaque procédé. Pour cela on a choisi les paramètres les plus communs :

Tableau 46 : Les performances épuratoires de chaque ouvrage (24)

Ouvrage	DBO ₅ (%)	DCO (%)	MES (%)	NTK(%)	PT (%)
lagunage	80	62	62	65	55
Lagunage aéré	92	83	85	60	50
Boue activée	92	85	88	80	50
SBR	95	90	90	95	60
UASB	90	90	88	70	30
Disques biologiques	80	70	80	30	25

Ces performances seront traduites pour les six procédés en question comme suit :

Tableau 47 : Notation des performances épuratoires de chaque ouvrage

Ouvrage	DBO ₅ (%)	DCO (%)	MES (%)	NTK(%)	PT (%)	Somme des notes	Note moyenne
lagunage	2	1	1	1	1	6	1,2
Lagunage aéré	3	3	3	2	1	12	2,4
Boue activée	3	3	3	3	1	13	2,6
SBR	3	3	3	3	2	14	2,8
UASB	3	3	3	2	1	12	2,4
Disques biologiques	3	2	3	1	1	10	2

4.2.3. Coût d'investissement :

Les variantes seront classées en ordre décroissant en fonction du coût total. La note 5 sera attribuée à la solution la moins coûteuse.

Tableau 48 : Notation des ouvrages en fonction du coût d'investissement [18]

Procédé	Notation
Lagunage	5
Lagunage aéré	4
Boue activée	3
SBR	2
UASB	5
Disques biologique	1

4.2.4. Coût d'exploitation :

Le coût d'exploitation est un critère indispensable dans le choix de la solution à adapter. Une variante aura une note de 1 si elle représente la solution la plus coûteuse. Le tableau suivant résume les conditions de la notation de ce critère.

Tableau 49 : Notation des ouvrages selon le coût d'investissement [18]

Procédé	Notation
Lagunage	5
Lagunage aéré	4
Boue activée	2
SBR	1
UASB	2
Disques biologique	3

4.2.5. Compétences exigées à l'exploitation :

Les procédés nécessitent un agent spécialisé pour l'exploitation de la station, donc la note 1 sera affectée au procédé le plus exigeant :

Tableau 50 : Notation des ouvrages selon les compétences exigées [18]

Procédé	Notation
Lagunage	5
Lagunage aéré	3
Boue activée	2
SBR	1
UASB	2
Disques biologique	4

4.2.6. Contraintes environnementales :

L'aspect environnement est indispensable dans le choix de la variante à adapter. En effet, ce critère prend en considération l'intégration de la solution adoptée dans le site sans compromettre à l'esthétique et sans générer des nuisances. Le tableau ci-dessous englobe les conditions de la notation de ce critère :

Tableau 51 : Notation des ouvrages selon les contraintes environnementales [18]

Procédé	Nuisance olfactive	Nuisance sonore	Gêne paysagère
Lagunage	1	5	5
Lagunage aéré	2	3	4
Boue activée	4	2	2
SBR	5	1	1
UASB	5	5	2
Disques biologique	3	4	3

4.2.7. Quantité de boues à extraire :

Selon la quantité des boues engendrées par les procédés, on affecte la note 5 à celui qui produit moins de boues.

Tableau 52 Notation des ouvrages selon la quantité des boues produites [18]

Procédé	Notation
Lagunage	4
Lagunage aéré	1
Boue activée	3
SBR	3
UASB	5
Disques biologique	2

4.2.8. Bilan global :

En guise de récapitulation, le bilan global des notations est calculé en additionnant la note affectée à chaque procédé pour un critère donné multipliée par le poids de ce critère :

Tableau 53 : Notation global des ouvrages

Procédé	Notation globale
Lagunage	14.76
Lagunage aéré	12.82
Boue activée	13.58
SBR	11.94
UASB	17.52
Disques biologique	12.2

4.3. Solutions de traitement des eaux résiduaires des quatorze activités industrielles :

4.3.1. Abattoirs :

En se basant sur l'analyse des caractéristiques des rejets des abattoirs et sur les expériences nationales et internationales (DRPE, Références européennes...), un traitement biologique précédé par un traitement primaire éliminant les huiles et graisses semble le plus approprié pour la nature biodégradable des ces rejets :

- **Dégrillage ;**
- **Tamissage ;**
- **Bassin tampon ;**
- **Dégraissage aéré ;**
- **Boues activées ou SBR ;**
- **Désinfection.**

D'après l'analyse multicritère, on remarque que les boues activées présentent plus d'avantages que le SBR.

Ce traitement se terminera par une filière de désinfection par le chlore puisqu'il est le moins cher pour éliminer les bactéries (coliformes fécaux et streptocoques fécaux).

4.3.2. Conserveries des fruits et légumes :

La charge organique et les matières en suspension qui caractérisent les eaux usées de ce secteur recommande des solutions de traitement biologique. Ainsi plusieurs variantes sont proposées par la DRPE, la commission européenne... :

- **Boue activée ;**
- **Lagunage aéré ;**
- **SBR.**

Le traitement primaire reste le même et se constitue de :

- **Tamissage ;**
- **Décantation ;**
- **Bassin tampon ;**
- **Neutralisation.**

On recommande donc de choisir le traitement par boues activées puisque d'après l'analyse multicritère, il est le plus favorable.

4.2.3. Conserveries de poissons :

D'après l'analyse réalisée dans le chapitre précédent sur les rejets des conserveries des poissons, il s'est avéré que la pollution engendrée par cette industrie nécessite un traitement primaire éliminant les huiles et les MES pouvant affecter les performances du traitement biologique.

- Dégrillage : 10 mm pour espacement des barreaux et 60° pour l'inclinaison de la grille ;
- Tamissage : Pour retenir les matières solides non traités par le dégrilleur on propose un tamis rotatif avec des mailles de 500 µm ;
- Dégraissage aéré ;
- Bassin tampon ;
- Neutralisation ;
- Coagulation – Flocculation ;
- Flottation à air dissous.

Pour le traitement biologique on recommande les boues activées ou le lagunage aéré qui sont proposés dans les références européennes.

D'après l'analyse multicritère on observe que les boues activées sont les plus optimales. Par conséquent la variante proposée est :

- **Dégrillage grossier ;**
- **Tamisage ;**
- **Dégraissage aéré ;**
- **Bassin tampon ;**
- **Neutralisation ;**
- **Coagulation – Flocculation ;**
- **Flottation à air dissous ;**
- **Boues activées.**

4.2.4. Industrie des farines de poissons :

Vu que les rejets des industries de farines de poissons sont connues pour leur nature biodégradable et chargés en matières grasses et azotées, il semble plus adéquat d'utiliser un aéroflottateur précédé d'un prétraitement : Dégrillage – Tamisage, pour éliminer les huiles et graisses, puis le faire suivre par un traitement biologique : bassin d'activation en consacrant 30% du bassin comme bassin d'anoxie ou un lagunage aéré (D'après la DRPE et la commission européenne).

D'où d'après l'analyse multicritère, le choix optimal d'une solution de traitement est le suivant :

- **Dégrillage ;**
- **Tamisage ;**
- **Aéroflottateur ;**
- **Boues activées (30% bassin d'anoxie).**

4.2.5. Huileries et conserveries d'olives :

Les eaux usées du moulin à huile d'olive sont classées parmi les eaux usées les plus polluantes du secteur agroalimentaire. Elles contiennent une DCO très élevée (20 000 mg/l), un pH bas (3 – 5,9) et une forte teneur en matières solides (MES 20 000 mg/l). En outre, leur teneur élevée en polyphénol, jusqu'à 80 000 mg/l, rend très difficile la dégradation bactérienne et leur confère des propriétés phytotoxiques.

Le Tableau suivant compare les traitements des eaux usées de l'huile d'olive :

Tableau 54 : Comparaison entre les différentes techniques de traitement des eaux usées des huileries [4]

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Épandage	Fertilité améliorée grâce au K, Mg et matières organiques	Contamination des eaux souterraines Salinité élevée Plafonds réglementaires En raison du polyphénol, effets négatifs sur la végétation si certains niveaux sont dépassés
Lagune d'évaporation	Faibles coûts N'exige pas une main-d'œuvre qualifiée	Exige une grande superficie de terrain Odeurs putrides et insectes Contamination des eaux souterraines si le bassin n'est pas correctement isolé
Concentration Thermique	Système plus rapide	Consommation électrique et coûts élevés Formation d'une croûte dans les évaporateurs
Procédés Anaérobie	Faible consommation énergétique Production de méthane Boues stabilisées	Installation onéreuse

On recommande de choisir la lagune d'évaporation puisqu'elle présente des faibles coûts et ne consomme pas d'énergie.

Remarque: une expérience italienne a montré que l'eau oxygénée peut réduire la concentration de phénol des effluents d'huilerie.

4.2.6. Industries de fabrication des huiles de table :

Le secteur des huiles de tables rejettent des eaux usées concentrées en DBO₅, DCO, MES et H&G.

Pour éliminer ces éléments le traitement primaire mis en œuvre comprend généralement les ouvrages suivants :

- Bassin tampon pour égaliser les flux et les charges ;
- Décantation ;
- Dégraissage ;
- Flottation par air dissous qui élimine une grande partie de H&G.

Un traitement secondaire est ensuite appliqué par des procédés aérobies. On peut utiliser (d'après les références nationales et internationales) :

- Les boues activées ;
- Disques biologiques.

L'analyse multicritère favorise le choix des boues activées. Par la suite la solution retenue est :

- **Bassin tampon ;**
- **Décantation ;**
- **Dégraissage ;**
- **Flottation par air dissous ;**
- **Boues activées.**

4.2.7. Industries des boissons non alcoolisées :

D'après les constatations des analyses des effluents des industries des boissons gazeuses, le pH de ces effluents est basique, ce qui nécessite une neutralisation par l'ajout de l'acide acétique avant le traitement.

Donc le traitement sera le suivant :

- Un Tamisage ;
- Bassin tampon ;
- Puis soit un Réacteur soit Batch séquentiel, soit un anaérobie à flux ascendant et à lit de boues. (D'après les références marocaines et européennes).

D'après l'analyse multicritère l'UASB est le plus favorable. D'ailleurs il est plus adapté au contexte marocain.

D'où le traitement proposé sera :

- **Tamisage ;**
- **Bassin tampon ;**
- **UASB.**

4.2.8. Laiteries :

Comme il a été constaté dans l'analyse des effluents des industries laitières, ces derniers sont caractérisés par l'abondance des matières organiques et des huiles et graisses, le rapport DCO/DBO₅ est inférieur à 3 ce qui constitue une indication de la biodégradabilité des matières polluantes. D'où l'adoption d'un traitement biologique pour ce type de rejets serait plus favorable.

Donc le traitement proposé et qui est inspiré des différentes expériences (ONEP, Commission européenne...) sera comme suit :

- * Tamisage ;
- * Bassin tampon ;
- * Neutralisation
- * Coagulation – Flocculation ;
- * Flottation à air dissous pour abattre 90% des H&G et 47% des DCO ;
- * Traitement biologique.

D'après l'analyse multicritère, le lagunage naturel semble le plus adéquat, sauf dans le cas de la non disponibilité d'espace d'implantation.

En résumé, le traitement proposé pour les eaux résiduaires des industries laitières est le suivant :

-  **Tamisage ;**
-  **Bassin tampon ;**
-  **Neutralisation ;**
-  **Coagulation – Flocculation ;**
-  **Flottation à air dissous ;**
-  **Lagunage naturel (en cas du manque d'espace : Boues activées).**

4.2.9. Minoterie :

La nature des rejets liquides de minoterie impose un traitement biologique comprenant soit le lagunage naturel ou les boues activées avec un traitement primaire composé de :

- Tamisage ;
- Bassin tampon.

D'après l'analyse multicritère, le lagunage est le plus favorable pour ce type des rejets liquides, notamment si la meunerie se trouve dans un village muni d'assez d'espace pour implanter les lagunes.

D'où la solution retenue est :

- **Tamissage de maille 1mm ;**
- **Bassin tampon ;**
- **Lagunage naturel (en cas de manque d'espace : Boues activées).**

4.2.10. Industries de fabrication de céramiques :

Les eaux de processus issues de la fabrication des produits céramiques contiennent principalement des composants minéraux. Les unités d'épuration des eaux de processus sont souvent des bassins de décantation. La décantation des composants minéraux inorganiques peut être accélérée grâce à l'utilisation d'agents de floculation et de coagulation.

En prenant en considération les performances de quelques procédés susceptibles d'éliminer des métaux lourds présents dans les effluents de l'industrie de céramique et les solutions proposés par la DRPE et la commission européenne :

Tableau 55 :L'efficacité des différents traitements physico-chimiques à éliminer les métaux [37]

Procédé	Cd	Mer	Ar	Pb	Cui	Zn	Nic	Chr
Coagulation	-	1	3	3	3	2	2	-
Filtration sur sable	3	3	3	3	3	3	-	-
Echange d'ion	3	2	2	3	2	2	-	3

- 1 : Peu d'effet - 2 : Suffisant pour répondre aux normes en vigueur - 3 : Excellent

On propose le traitement suivant :

- **Débourbage ;**
- **Neutralisation ;**
- **Coagulation-Floculation ;**
- **Décantation lamellaire ;**
- **Filtration sur sable.**

4.2.11. Industries de traitement de surface :

L'analyse résultante du chapitre III met en évidence la minéralisation moyenne des rejets liquides des industries de traitement de surface ce qui impose une épuration physico-chimique pour ces eaux.

Le choix d'une précipitation chimique suivie d'une clarification pour le traitement de ces eaux résiduaires et l'élimination des métaux qui y existent paraît le plus approprié (D'après la DRPE).

D'où la solution de traitement sera :

- **Précipitation chimique primaire ;**
- **Décantation primaire ;**
- **Précipitation chimique secondaire ;**
- **Décantation secondaire ;**
- **Filtration sur sable.**

4.2.12. Mines :

Les eaux provenant du drainage et les eaux usées des mines peuvent être traités par des techniques physico chimiques à l'instar des eaux résiduaires de traitement de surface.

Pour notre cas, on adopte la solution proposé par la DRPE, qui est :

- **Précipitation primaire par la chaux ou la soude caustique ;**
- **Décantation primaire ;**
- **Précipitation secondaire ;**
- **Décantation secondaire ;**
- **Filtration multicouche (gravier + sable + charbon).**

Pour le cas des mines d'extraction et de raffinage de phosphate, on propose un traitement par boues activées pour éliminer le phosphate et ces composés, ce traitement sera précédé par une sédimentation des matières en suspension :

- **Neutralisation ;**
- **Coagulation – Flocculation ;**
- **Décantation ;**

- **Boues activées.**

4.2.13. Industrie de teinture :

L'analyse des rejets liquides de l'industrie de teinture a indiqué que leur teneur en DCO et DBO₅ n'est pas trop élevée. Donc un traitement physico-chimique peut les réduire facilement.

De plus, la valeur élevée de la conductivité, confirme le choix de ce traitement, puisque les eaux résiduaires semblent chargées en produits chimiques provenant des colorants.

En s'inspirant des différentes solutions de traitement proposées par la commission européenne, la DRPE et l'ONEP, on opte pour le choix suivant :

- **Dégrillage fin ;**
- **Bassin tampon ;**
- **Neutralisation et précipitation des sulfates ;**
- **Coagulation – Flocculation ;**
- **Décantation lamellaire.**

4.2.14. Tannerie :

D'après les indications européennes, si l'effluent a une concentration en chrome ne dépassant pas 1 g/l, - ce qui est le cas d'après les analyses – on le traite avec les autres effluents (chargés en sulfures et autres agents chimiques).

Donc le traitement qu'on propose pour ces eaux résiduaires est le suivant :

- **Tamassage ;**
- **Bassin tampon ;**
- **Neutralisation ;**
- **Coagulation – Flocculation ;**
- **Décantation.**

4.2.15. Bilan récapitulatif :

Voici donc un tableau récapitulatif des différents traitements des eaux résiduaires industrielles proposés dans cette étude.

Tableau 56 : Récapitulation des différents traitements proposé dans le chapitre IV

	Abattoirs	Conserveries des fruits et légumes	Conserveries de poissons	Fabrication de farine de poissons	Fabrication des huiles de table	Fabrication des boissons non alcoolisées	laiteries	Minoteries	Fabrication de céramique	Traitement de surface	Mines	Teintures	tanneries
Dégrillage	*		*	*								*	
Tamisage	*	*	*	*		*	*	*					*
Débourbage									*				
Bassin tampon	*	*	*		*	*	*	*				*	*
Dégraissage aéré	*		*		*								
Neutralisation		*	*				*		*		*	*	*
Coagulation - flocculation			*				*		*		*	*	*
Précipitation										*		*	
Flotation à air dissous			*	*	*		*						
Filtration									*	*			
Décantation		*			*				*	*	*	*	*
Boues activées	*	*	*	*	*		*				*		
UASB						*							
Lagunage naturel							*	*					
Désinfection	*												

Chapitre V

Application VB « InduSTEP.1 » et Etude de cas (Conserveries de poissons) :

5.1. Introduction :

Afin de rassembler et résumer tous les résultats (Ratios et concentrations moyennes) et les propositions de traitement de chaque industrie, on a développé une application VB « InduSTEP.1 » facilitant l'utilisation et la manipulation de ces résultats, et offrant la possibilité du dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées d'une conserverie de poissons à **boues activées**.

5.2. Outil du développement de l'application : « VB 6 » :

Visual Basic (VB) est un langage de programmation événementielle de troisième génération ainsi qu'un environnement de développement intégré, créé par Microsoft pour son modèle de programmation COM. Visual Basic est directement dérivé du BASIC et permet le développement rapide d'applications, la création d'interfaces utilisateur graphiques, l'accès aux bases de données en utilisant les technologies DAO, ADO et RDO, ainsi que la création de contrôles ou objets ActiveX. Les langages de script tels que *Visual Basic for Applications* et *VBScript* sont syntaxiquement proches de Visual Basic, mais s'utilisent et se comportent de façon sensiblement différente.

5.3. Présentation de l'application :

Cette application est constituée de deux parties :

- Calcul des ratios et proposition des traitements pour chaque industrie ;
- Dimensionnement des ouvrages d'une station d'épuration à **boues activées** des eaux usées des conserveries de poissons.

Cette application se base sur les formules générales de dimensionnement, avec les critères de conception imposés dans le cas d'une station d'épuration des eaux résiduelles des conserveries de poissons.

Il est à noter que cette application « InduSPET.1 » est la version 1 qu'on propose d'y ajouter des modifications et des améliorations par la suite.

5.3.1. Première partie : Calcul des ratios et proposition des traitements adéquats :

Dans cette partie de l'application, l'utilisateur voulant s'informer sur la quantité de pollution engendrée par son activité industrielle n'a qu'à entrer comme donnée la quantité soit du produit brut, soit du produit fini. Grâce à notre application une fois c'est fait les ratios de pollutions, les concentrations moyennes des paramètres polluants, et voir même une proposition de traitement des effluents de son industrie apparaissent.

Les activités industrielles traitées par l'application sont les quatorze activités étudiées dans les chapitres précédents réparties sur trois grands secteurs industrielles à savoir : l'agroalimentaire, le chimique para-chimique et le textile.

5.3.2. Deuxième partie : Dimensionnement d'une station d'épuration de type boues activées pour traitement des effluents des conserveries de poissons :

5.3.2.1. Dégrillage :

5.3.2.1.1. Entrées :

- Débit maximal Q (m^3/h) ;
- Vitesse à travers la grille v (m/s) ;
- Epaisseur des barreaux b (mm) ;
- Espacement entre les barreaux e (mm) ;
- Profondeur de l'écoulement h (mm) ;
- Coefficient de colmatage c ;
- Inclinaison de la grille θ ($^\circ$) ;
- Coefficient de la forme des barreaux β .

5.3.2.1.2. Critères de conception :

Tableau 57 : Les différents critères pour le dimensionnement d'un dégrilleur [10]

Epaisseur du barreau b (mm)	8 à 10
Espacement entre les barres e (mm)	10 à 50
Pente par rapport à l'horizontal θ (°)	75 à 85
Vitesse à travers les grilles v (m/s)	0,6 à 1
Profondeur des barreaux h (mm)	50 à 70
Pertes de charges admissibles H	150 mm
Pertes de charges maximales Hm	800 mm

- c : Coefficient de colmatage dépendant de la qualité de l'eau et du système de reprise des résidus.

Généralement : c = 0,3 pour une grille manuelle ;
 c = 0,5 pour une grille automatique.

- β : coefficient tenant en compte la forme des barreaux

Ses valeurs sont les suivantes :

Tableau 58 : Valeurs de β selon la forme de la grille

Type des barreaux	β
Rectangulaire à bord tranchant 	2,42
Rectangulaire avec une face amant semi-circulaire 	1,83
Circulaire 	1,79
Rectangulaire avec les faces amant et aval semi-circulaires 	1,67
Forme de lame 	0,76

5.3.2.1.3. Sorties :

- S_v : La superficie ouverte de la grille (m^2) ;
- L : Largeur de la grille (m) ;
- N_e : Nombre d'espacement ;
- N_b : Nombre des barreaux ;
- S_i : Surface inclinée de la grille (m^2) ;
- H : Pertes de charges (mm).

5.3.2.1.4. Formules de dimensionnement :

La surface ouverte de la grille :

$$S_v = \frac{Q}{V * a * c} \quad (1)$$

Tel que

$$a = \frac{b}{b+e}$$

Sa largeur :

$$L = \frac{S_v}{h} \quad (2)$$

$$N_b = N_e + 1$$

Tel que

$$L = (N_b * b) + (N_e * e) \quad (3)$$

Et la surface inclinée de la grille :

$$S_i = \frac{S}{\sin \theta} \quad (4)$$

$$H = \beta * \left(\frac{W}{B}\right)^{\frac{4}{3}} * \frac{V^2}{2g} * \sin \theta \quad (5)$$

Avec

$$W = N_b * b$$

Et

$$B = N_e * e$$

5.3.2.2. Dégraissage aéré :

5.3.2.3.1. Entrées :

- Débit maximal Q (m^3/h) ;
- Temps de séjour T (min) ;
- Vitesse ascensionnelle V_i (m/h).
-

5.3.2.3.2. Critères de conception :

- * Vitesse ascensionnelle doit être de 5 à 15 m/h ;
- * Temps de séjour entre 2 à 20 min.
- *

5.3.2.3.3. Sortie :

- Volume du bassin V (m^3) ;
- Superficie du bassin S (m^2) ;
- Hauteur du bassin H (m) ;
- Diamètre du dégraisseur D (m) (le cas d'un bassin circulaire).
-

5.3.2.3.4. Formules de dimensionnement :

Le volume du dégraisseur est :

$$V = Q * T \quad (6)$$

Sa surface est :

$$S = \frac{Q}{v_i} \quad (7)$$

Sa profondeur est :

$$H = \frac{V}{S} \quad (8)$$

Et son diamètre s'il est circulaire :

$$D = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (9)$$

5.3.2.3. Bassin tampon :

5.3.2.2.1. Entrées :

- Débit journalier Q (m^3/j) ;
- Temps de séjour dans le bassin T (j) ;
- Hauteur du bassin h (m) ;
- Longueur du bassin L (m).

5.3.2.2.2. Critères de conception :

Temps de séjour doit être entre $1j$ à $2j$.

5.3.2.2.3. Sorties :

- Volume du bassin V (m^3) ;
- Surface du bassin S (m^2) ;
- Largeur du bassin l (m).

5.3.2.2.4. Formules de dimensionnement :

Le volume du bassin est :

$$V = Q * T \quad (10)$$

Sa superficie est :

$$S = \frac{V}{h} \quad (11)$$

Et sa largeur est :

$$l = \frac{S}{L} \quad (12)$$

5.3.2.4. Neutralisation :

Le produit utilisé est l'hydroxyde de sodium NaOH.

5.3.2.4.1. Entrées :

- Dosage D (ml/l) ;
- Débit journalier effluent Q (m³/h).
-

5.3.2.4.2. Sorties :

- Consommation de la solution C (l/j).
-

5.3.2.4.3. Formules de dimensionnement :

$$C = D * Q \quad (13)$$

5.3.2.5. Coagulation :

Le Produit utilisé est l'oxyde d'aluminium Al₂O₃.

5.3.2.5.1. Entrées :

- Débit journalier Q_j (m³/j) ;
- Débit moyen Q_{moy} (m³/j) ;
- Temps de séjour (min) ;
- Dosage du produit (g/m³).

5.3.2.5.2. Critères de conception :

- Le Produit $G*T=60000$;
- Dosage en général est entre 0.84 à 2.61 g/m³ [29] ; mais la valeur exacte on la déduit d'après l'essai de « Jar test ».
-

5.3.2.5.3. Sorties :

- Volume du bassin de coagulation V (m³) ;
- Gradient de vitesse G (s⁻¹) ;
- Puissance de l'agitateur Pui (kW) ;

- Consommation de la solution Cons (Kg/j).

5.3.2.5.4. Formules de dimensionnement :

Le volume du bac de coagulation est :

$$V = Q_{moy} * T \quad (14)$$

La puissance de l'agitateur est :

$$P_{ui} = \frac{G^2 * \mu * V}{10^6 * \eta} \quad (15)$$

μ : Viscosité dynamique ($1,3 \cdot 10^{-6}$ Kg/m.s) ;

V : Volume de la cuve ;

η : Rendement du moteur électrique = 90%.

Et la consommation de la solution :

$$Cons = D * Q_j \quad (16)$$

5.3.2.6. Flocculation :

5.3.2.6.1. Entrées :

- Débit moyen Q_{moy} (m^3/h) ;
- Temps de séjour T (min) ;
- Vitesse périphérique V_i (m/s).

5.3.2.6.2. Critères de conception :

- Temps de séjour entre 20 à 30 min pour assurer l'efficacité du contact entre les particules ;
- Vitesse périphérique entre 0.06 à 0.25 m/s [16] ;
- Le produit $G * T = 60000$.

5.3.2.6.3. Sorties :

- Volume du bassin de floculation V (m^3) ;
- Gradient de vitesse G (s^{-1}) ;
- Surface du bassin de floculation S (m^2) ;
- Puissance d'agitateur P_{ui} (kW).

5.3.2.6.4. Formules de dimensionnement :

Le volume du bac de floculation est :

$$V = Q_{moy} * T \quad (17)$$

La puissance de l'agitateur est :

$$P_{ui} = \frac{G^2 * \mu * V}{10^6 * \eta} \quad (18)$$

La surface du bac de floculation :

$$S = \frac{Q}{v_i} \quad (19)$$

5.3.2.7. Flottation à air dissous :

5.3.2.7.1. Entrées :

- Débit de point Q_p (m^3/h)
- Temps de séjour T (min)
- Vitesse ascensionnelle V_i (m/h)
-

5.3.2.7.2. Critères de conception :

- Temps de séjour entre 2 et 20 min
- La vitesse ascensionnelle entre 5 et 15 (m/h)
-

5.3.2.7.3. Sorties :

- Volume du flottateur V (m^3) ;
- Surface du flottateur S (m^2) ;
- Hauteur du flottateur H (m) ;
- Diamètre du flottateur D (m) (S'il est circulaire).

5.3.2.7.4. Formules de dimensionnement :

Le volume du bassin de flottation est :

$$V = Qp * T \quad (20)$$

Sa superficie est :

$$S = \frac{Q}{v_i} \quad (21)$$

Sa profondeur est :

$$H = \frac{V}{S} \quad (22)$$

Et son diamètre pour un flottateur circulaire est :

$$D = \sqrt{S/\pi} \quad (23)$$

5.3.2.7. Boues activées :

5.3.2.7.1. Dimensionnement du bassin d'aération :

- Le volume des bassins d'aération doit être suffisant pour que le substrat ait le temps d'être transformé en biomasse. Ce volume est calculé à partir de la charge massique C_m en appliquant la formule suivante :

$$V(m^3) = \frac{L_0}{C_m * X_a} \quad (24)$$

La charge massique C_m et la concentration des boues X_a se fixent d'après le tableau suivant :

Tableau 59 : Les caractéristiques des bassins à boues activées [10]

Caractéristiques	Aération prolongée	Faible charge	Moyenne charge	Forte charge	Très forte charge
Charge massique (Kg DBO ₅ / kg MEST.j)	< 0,08	0,08 à 0,25	0,25 à 0,5	0,5 à 1	> 1
Charge volumique (kg DBO ₅ /m ³ .j)	< 0,32	< 0,4	0,8 à 1	1 à 1,5	> 5
Age des boues (j)	> 15	>15	3 à 7	1 à 3	0,3 à 0,7
Concentration des boues X _a (kg/m ³)	4 à 6	3 à 5	3 à 4	2 à 3	< 3
Rendement d'élimination de la DBO ₅	> 90 % Nitrification possible	90 % Nitrification possible	80 à 90 %	< 80%	

La surface horizontale des bassins est donnée par :

$$S = V/H \quad (25)$$

Avec H : la hauteur des bassins, Elle est comprise entre 3 et 5m

On déduit la longueur du bassin d'après la formule suivante :

$$L = \left(\frac{V}{H}\right)^{0,5} \quad (26)$$

- Le temps de séjour est un paramètre important à la détermination du dimensionnement des bassins d'aération :

Le temps de séjour moyen t_m (h) se calcule par la formule suivante :

$$t_m = \frac{Q_m}{V} \quad (27)$$

Le temps de séjour t_p (h) maximum :

$$t_p = \frac{Q_p}{V} \quad (28)$$

- Il est intéressant de calculer la charge polluante à éliminer L_e en (Kg/j)

Pour ce faire on a L_f : concentration en DBO₅ restant dissout (mg/l)

Et L_0 : charge polluante en DBO₅ initiale (Kg/j)

La cinétique de dégradation de la pollution organique s'exprime comme suit :

Donc :

$$L_f = \frac{L_0/Q_j}{(1+K*X_a*t)} \quad (29)$$

K : étant la constante cinétique, elle est comprise entre [0,8 à 1,4] pour moyenne charge et [0,4 à 0,5] pour faible charge et aération prolongée [29].

t : temps de rétention (h)

Q_j : Volume journalier en (m³/j).

L'équation (29) peut s'exprimer également comme suit :

D'où on déduit la charge polluante à éliminer :

$$L_e = L_0 - L_f \left(\frac{Q_j}{1000} \right) \quad (30)$$

- Il s'avère nécessaire de déterminer la quantité d'oxygène requise pour assurer les réactions aérobies des microorganismes. En faite l'oxygène nécessaire vise soit la synthèse de la biomasse ou la respiration des microorganismes, ceci est traduit par la relation suivante :

Le besoin en oxygène moyen en Kg/j :

$$Q_m(o_2) = (a' * L_e) + (b' * X_a * V) \quad (31)$$

Le besoin en oxygène max en Kg/j:

$$Q_p(o_2) = \frac{a' * Le}{14} + \frac{b' * Xa * V}{24} \quad (32)$$

Et le besoin en oxygène par Kg DBO₅ est calculé par :

$$Bes(o_2) = Q_p(o_2) / Le \quad (33)$$

Tel que :

a' : quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de 1 kg de DBO₅

$$a' = 0.5 * C_m^{-0.12} \quad (34)$$

b' : quantité d'oxygène nécessaire à la respiration endogène de 1 Kg MVS boues/j

$$b' = 0.13 * C_m^{0.16} \quad (35)$$

5.3.2.7.2. Dimensionnement du clarificateur :

La surface du décanteur est calculée à partir du débit de pointe journalier :

$$St = \frac{Qp}{\tau} \quad (36)$$

Avec :

τ : Le taux de débordement τ en m³/h/m² aussi dit la charge hydraulique ou la vitesse de hazen qui représente une surface par une vitesse, il est entre 0,6 à 0,8 pour faible charge et entre 1,2 à 1,5 pour forte charge.

Le volume aussi est proportionnel au débit de pointe et est calculé par la formule suivante :

$$v = Qp * tr \quad (37)$$

Avec :

tr : Le temps de rétention Tr est compris entre 1,5 h et 3h

5.3.2.7.3. Le bilan des bues :

- La concentration de boues produites :

La quantité de boues produites en Kg/j est :

$$\Delta B = MM + 0.3MVS + (0.2 * 0.5 * C_m^{-0.05}) * Le \quad (38)$$

Tel que le pourcentage de boues organique est :

$$\Delta B_{org} = \frac{(\Delta B - MM) * 100}{\Delta B} \quad (\%) \quad (39)$$

Et le pourcentage de boues minérales est :

$$\Delta B_{mineral} = MM * \frac{100}{\Delta B} \quad (\%) \quad (40)$$

Avec $MVS = MES * 0.8$ tel que MES en Kg/j

$$MM = MES * 0.2$$

- l'âge des boues (j) on a :

$$\theta = \frac{V * Xa * 100}{\Delta B_{org} * \Delta B} \quad (41)$$

En ce qui est les boues recycle on a :

- Débit de recyclage R (m³/h) :

$$R = \frac{Q * Xa * Im}{1200 - (Im * Xa)} \quad (42)$$

Tel que :

Im : Indice de Mohlman représente le volume occupé par un gramme de boues décantées pendant une demi-heure. Il se situe entre 80 et 150 ml/g [2].

La concentration Boue recyclé est donc : Xr en Kg/m³

$$Xr = \frac{1200}{Im} \quad (43)$$

5.3.2.7.3. Dimensionnement de l'épaisseur :

Le volume de l'épaisseur sera V (m^3) :

$$V = K \left(\frac{(Ts-1j)*\Delta B}{Xa'} + \frac{\Delta B*1j}{Xr} \right) \quad (44)$$

Tel que $K=1,2$

Et $Xa' = 30 \text{ Kg/m}^3$

On fixe une hauteur H et on déduit le diamètre de l'épaisseur :

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi H}} \quad (45)$$

5.4. Etude de cas :

Pour mettre en évidence l'importance de notre application ainsi que les résultats qu'elle fournisse, cette partie consistera au traitement du cas d'une conserverie de poisson qui vient de s'implanter à Tan Tan « **Les Merveilles de Mers** », et qui n'est pas encore opérationnelle. Cette usine est conçue pour la conserve de Sardine, Thon, Maquereaux et Anchois.

La capacité de sa production d'après ses propriétaires sera de 360000 boites/j, ce qui correspond au traitement de 80 T de poissons par jour.

La conserverie n'étant pas encore en service, il nous ait demandé donc de concevoir une station d'épuration au profil de cette unité industrielle à la base des résultats de notre Projet de Fin d'Etudes.

5.4.1. Estimation des charges polluantes et des concentrations moyennes de paramètres polluants :

D'après ce qui est mentionné auparavant ; cette unité industrielle n'est pas encore en fonction, donc les caractéristiques de ses rejets seront estimées à la base des données et résultats du chapitre III, puisqu'on ne possède pas d'échantillons d'eaux usées pour les analyser.

En ayant recours à « InduSTEP.1 », les résultats de ces estimations sont calculés à base de la quantité du produit brut à traité, à savoir 80 T/j :

Conserveries des poissons

Veuillez entrer la quantité du produit brut en T/j:

Résultats :

Consommation en eau (m³/j): Débit des rejets (m³/j):

Capacité de l'ouvrage en EH

Paramètres	Charges polluantes (Kg/j)	Concentrations moyennes (mg/l)
DBO5	3472	15439
DCO	11640	48945
MES	376	2550
NTK	208	808
PT	64	155
H et G	344	2639
Cl ⁻	13704	26730
Ca ²⁺	272	626
Na ⁺	7864	14592

Traitement proposé :
 Prétraitement :

 Traitement primaire :

 Traitement secondaire :

Donc le débit journalier des rejets de cette unité industrielle sera de l'ordre de **280 m³/j** et sa consommation en eau est de **344 m³/j**.

Tableau 60 : Résultat de l'application InduSTEP des charges polluantes et des concentrations moyennes :

Paramètres	Charges polluantes (Kg/j)	Concentrations moyennes (mg/l)
DBO5	3472	15439
DCO	11640	48945
MES	376	2550
NTK	208	808
PT	64	155
H et G	344	2639
Cl ⁻	13704	26730
Ca ²⁺	272	626
Na ⁺	7864	14592

5.4.2. Dimensionnement des filières de la station d'épuration :

En ce qui est du dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées de cette unité industrielle, « InduSTEP.1 » nous offre la possibilité de le faire en toute aisance et rapidité. Il suffit juste de choisir les critères de conception et la STEP sera ainsi dimensionnée :

On a le débit journalier est : $Q_j = 280 \text{ m}^3/\text{j}$

Or dans l'entreprise, deux groupes seront en service toute la journée alternativement dont chacun travaillera 8 h/j.

Donc le débit de point sera : $Q_p = 280 / (2 \cdot 8) = 17.5 \text{ m}^3/\text{h}$ (reference)

Et le débit moyen est : $Q_m = 280/22 = 13 \text{ m}^3/\text{h}$

Tel que le déversement des eaux usées prendra 22h/j.

Cette filière assurera la performance donnée dans le tableau suivant :

Tableau 61 : Evaluation de la pollution à l'entrée et à la sortie de la STEP

paramètres	Entrée		Rendement			Sortie		VLR
			Déshuilage	Flottation à air dissous + Coagulation Flocculation	Boues activées			
	mg/l	Kg /j				%	%	
DBO ₅	12400	3472	30	80	92	139	39	500
DCO	41571	11640	30	75	85	1091	306	1000
MES	1343	376	30	60	88	45	13	600
NTK	743	208	-	45	80	82	23	-
PT	229	64	-	90	50	11	3	20
H & G	1229	344	60	90	-	49	14	50

Dégrillage grossier :

Pour notre cas on choisit :

- Epaisseur barreaux : $b = 10 \text{ mm}$
- Espacement barreaux : $e = 10 \text{ mm}$
- Inclinaison horizontale : $\theta = 75^\circ$
- Vitesse à travers les grilles : $v \text{ (m/s)} = 0,6$
- Profondeur : $h = 50 \text{ mm}$

Le dégrilleur sera automatique donc : $c = 0.5$

Et les grilles auront une forme rectangulaire avec une face en amont semi circulaire

Donc $\beta = 1,83$

On choisit un dégrilleur en acier inoxydable

D'où le résultat affiché :

The screenshot shows a software interface for calculating automatic grate parameters. It is titled 'dégrilleur automatique' and contains two main sections: 'critères de conception' (design criteria) and 'résultats' (results). A 'calculer' (calculate) button is located between the two sections.

critères de conception			
débit maximal (m ³ /h)	17,5	espacement entre les barreaux e (mm)	10
vitesse à travers la grille (m/s)	0,6	profondeur de l'écoulement h (mm)	50
épaisseur des barreaux b (mm)	10	coefficient de colmatage c	0,5
angle d'inclinaison de la grille (°)	75	Coefficient de la forme des barreaux	1,83

résultats			
La superficie ouverte de la grille Sv (m ²)	0.032407407	nombre d'espacement Ne	31.90740741
Surface inclinée de la grille Si (m ²)	0.033556591	nombre des barreaux Nb	32.90740741
Largueur de la grille L (m)	0.648148148	perte de charge H (mm)	33.79018533

Figure 4 : Résultat du dégrillage à l'aide d'InduSTEP

Tamis rotatif :

Les caractéristiques de tamis sont :

- Débit max : 17.5m³/h
- Maille : 500 μm

Dégraissage aéré :

Les caractéristiques de l'ouvrage sont définies ci-après :

- Forme : cylindrique
- Temps de séjour : 20 min
- Vitesse ascensionnelle v_i : 5 m/h

The screenshot shows a software window titled 'dégraisseur aéré'. It is divided into three main sections:

- critères de conception**: This section contains three input fields:
 - débit maximal (m³/h) with the value 17.5
 - vitesse ascensionnelle (m/h) with the value 5
 - temps de séjour with the value 20
- calculer**: A central button to perform the calculation.
- résultats**: This section displays the calculated values in four rows:
 - volume en m³: 5.833333333
 - surface du dégraisseur en m²: 3.5
 - la hauteur en m: 1.666666667
 - le diamètre en m: 2.111539421

At the bottom of the window, there are three navigation buttons: 'précédent', 'suivant', and 'page d'accueil'.

Figure 5 : Résultat du dégraissage aéré à l'aide d'InduSTEP

Bassin tampon :

Les caractéristiques de cet ouvrage sont comme suit :

- Temps de séjour : 1j
- Nature : béton armé
- Forme : rectangulaire

On prend une : une hauteur totale de 5,5 m
Et une hauteur utile de $h = 5$ m

Et on prend la longueur du bassin $L = 15$ m

The screenshot shows a software interface titled "bassin tampon". It is divided into two main sections: "critères de conception" (design criteria) and "ba" (results). The "critères de conception" section has four input fields: "débit journalier m3/j" (280), "temps de séjour en jours" (1), "hauteur en m" (5), and "longueur en m" (15). Below these is a "calculer" (calculate) button. The "ba" section has three output fields: "volume en m3" (280), "surface en m2" (56), and "largeur en m" (3.733333333). At the bottom, there are three navigation buttons: "précédent", "suivant", and "page d'accueil".

critères de conception	
débit journalier m3/j	280
temps de séjour en jours	1
hauteur en m	5
longueur en m	15

calculer

ba	
volume en m3	280
surface en m2	56
largeur en m	3.733333333

Figure 6 : Résultats du bassin tampon à l'aide d'InduSTEP

Neutralisation :

Le produit utilisé est l'hydroxyde de sodium NaOH

- Dosage D (ml/l) = 0.5 ml/l

Neutralisation	
Débit (m3/j)	280
Dosage (ml/l)	0.5
Consommation de la solution (l/j)	140

Figure 7 : Résultat de la neutralisation (InduSTEP)

Coagulation - floculation :

➤ Pour la coagulation :

Le Produit utilisé est l'oxyde d'aluminium Al_2O_3

On prend un Temps de contact de 6 min

Et dosage prévu, on l'estime de 1.725 g/l

critères de conception	
débit journalier (m3/j)	280
débit moyen (m3/h)	13
temps de contact en min	6
dosage du coagulant en g/l	1.725
calculer	
Frame2	
volume en m3	1.3
gradient de vitesse m/h	166.6666667
puissance de l'agitateur en Kwh	4.01235E-08
consommation du coagulant (kg/j)	483

Figure 8 : Résultats de la coagulation à l'aide d'InduSTEP

➤ Pour la floculation :

On choisit un temps de contact de 21 min

Et un dosage prévu de 3,8 mg/l

The screenshot shows a software interface titled 'floculation'. It is divided into several sections:

- critères de conception**: This section contains three input fields:
 - débit moyen (m³/h): 13
 - temps de contact en min: 21
 - dosage du floculant en mg/l: 3.8
- calculer**: A central button to perform the calculation.
- résultats**: This section displays the calculated values:
 - volume en m³: 1.3
 - gradient de vitesse en [s⁻¹]: 47.61904762
 - puissance de l'agitateur en Kwh: 0.013412698
 - surface de bassin de floculation en m²: 0.144444444
 - dosage en g/l: 1064
- Navigation buttons: 'précédent', 'suivant', and 'page d'accueil' are located at the bottom of the interface.

Figure 9 : Résultats de la floculation à l'aide d'InduSTEP

Flottation à air dissous :

Le flottateur aura une forme cylindrique de nature « inox »

-Temps de séjour : 20 min

-Vitesse ascensionnelle : 5 m/h

flottateur à air dissous

critères de conception

débit maximal (m ³ /h)	17.5
vitesse ascensionnelle m/h	5
temps de séjour en min	20

calculer

Frame2

volume en m ³	5.833333333
surface en m ²	3.5
hauteur en m	1.666666667
diamètre en m	2.111539421

précédent suivant page d'accueil

Figure 10 : Résultats de la flottation à air dissous (InduSTEP)

Les boues activées :

Les dimensions de l'ouvrage sont affichées ci-après :

Pour le cas des boues activées à faibles charges :

boue activée (faible charge)

boue activée

débit /charges polluants		critère de conception	
débit journalier en m3/j	280	Charge massique (Kg DB05/ kg MEST.il)	0.25
débit maximal en m3/h	17.5	la concentration en boue activée Xa (kg/m3)	5
débit moyen en m3/h	13	quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de 1 kg de DB05 a'	0.59
charge pollutant en DB05 (kg/j)	479.8864	quantité d'oxygène nécessaire à la respiration endogène de 1 Kg MVS boues/ l b'	0.10
charge pollutant en Mes (kg/j)	105.28	la constante cinétique K en l/q.h	0.49
		Le taux de débordement en m3/h/m2	0.8

calculer

dimension		besoin en Oxygène		quantité de boue produite	
volume en m3	384	Le besoin en oxygène moyen en Kg/j	480	La quantité de boues produites en Kg/j	97.0
largeur en m	11	Le besoin en oxygène max en Kg/j:	28.3	l'âge des boues (j)	25.3
temps de rétention hydraulique moyen en h	29.53147077	besoin en oxygène par kg de DB05	0.96	Débit de recyclage R (m3/h)	12.5
temps de rétention hydraulique maximal en h	21.33				

clarificateur		diamètre en m	4
volume en m3	43.8		
volume en m3 calculé à partir le taux de débordement.	76.5625		

Figure 11 : Résultats des boues activées à faible charge

Pour le cas des boues à fortes charges :

boue activée (forte charge)

boue activée

charge polluant en MM(kg/j)		Le taux de débordement en m ³ /h/m ²	
débit journalier en m ³ /j	280	Charge massique (Kg DBO5/ kg MEST. j)	1
débit maximal en m ³ /h	17.5	la concentration en boue activée Xa (kg/m ³)	2.5
débit moyen en m ³ /h	13	quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de 1 kg de DBO5 a'	0.5
charge polluant en DBO5 (kg/j)	479.8864	quantité d'oxygène nécessaire à la respiration endogène de 1 Kg MVS boues/ j b'	0.13
charge polluant en Mes (kg/j)	105.28	la constante cinétique K en l/q ² h	1.1
			1.2

calculer

dimension	besoin en Oxygène	quantité de boue produite
volume en m ³	Le besoin en oxygène moyen en Kg/j	La quantité de boues produites en Kg/j
largeur en m	Le besoin en oxygène max en Kg/j;	l'âge des boues (j)
temps de rétention hydraulique moyen en h	Le besoin en oxygène par kg de DBO5	Débit de recyclage R (m ³ /h)
temps de rétention hydraulique maximal en h		

clarificateur		
volume en m ³	43.8	diamètre en m
volume en m ³ calculé à partir le taux de débordement:	51.04166667	

Figure 12 : Résultat des boues activées à fortes charges

Voici donc un bilan récapitulant les résultats de dimensionnement de la STEP :

Tableau 62 : Tableau récapitulatif des résultats de dimensionnement de la STEP de conserverie de poissons

		Faible charge	Forte charge
Débit journalier (m ³ /j)		280	
Débit horaire (m ³ /h)		13	
Débit de point (m ³ /h)		17.5	
Dégrillage	S (dm ²)	3.2	
	Ne	32	
	Nb	33	
Tamissage	Mailles (µm)	500	
Dégrippage aéré	V (m ³)	6	
	S (m ²)	3.5	
	h (m)	1.6	
	D (m)	2.1	
Bassin tampon	V (m ³)	280	
	S (m ²)	56	
	L(m)	15	
	h (m)	5	
Coagulation	V (m ³)	1.3	
Floculation	V (m ³)	1.3	
	S (dm ²)	14	
	Pui (W/h)	0.013	
Flottation à air dissous	V (m ³)	5.8	
	S (m ²)	3.5	
	h (m)	1.6	
	D (m)	2.1	
Bassin d'aération	V (m ³)	384	192
	L (m)	11	8
Besoin en oxygène	Max (Kg/j)	480	296.6
	Moyen (Kg/j)	28.3	19.3
Quantité de boues produites (Kg/j)		97	93.1
Age des boues (j)		35	6.7
Débit de recyclage (m ³ /h)		12.5	5
Clarificateur	V (m ³)	76.5	51

Évaluation des coûts :

Après avoir déterminé les différentes composantes de dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées de la conserverie de poissons « Les Merveilles de la Mer », on s'intéressera maintenant à l'estimation des coûts d'investissement et d'exploitation :

Coût d'investissement :

Le coût du projet est évalué dans le tableau suivant :

Tableau 63 : Tableau des coûts d'investissement des différentes filières :

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire DH	Montant DH
Dégrilleur	U	1	500000	500000
Bassin tampon	U	1	700000	940000
Agitateur	U	2	100000	200000
Poste de relevage	U	1	150000	150000
Tamis rotatif	U	1	160000	192000
Dégraisseur aéré	U	1	320000	374000
Flottateur à air dissous	U	1	600000	600000
Neutralisation	U	1	70000	70000
Coagulation	U	1	100000	100000
Floculation	U	1	120000	120000
Boue activée	U	1	3220000	3220000
Canalisation et Appareillage	FT	1	80000	80000
Armoires commandes	FT	1	80000	80000
Local de commande	M2	12	7000	84000
Local de stockage	M2	15	7000	140000
Montage et Essai	FT	1	300000	300000
Total DH				7150000

Coût d'exploitation :

Les frais d'exploitation se composent principalement des frais d'énergie, des frais de réactifs et des moyens en personnels.

Les frais afférents à chacun des trois postes sont évalués dans les tableaux en annexes.

Les frais d'exploitation annuels obtenus sont les suivants :

Frais d'énergie : 172000 DH

Frais de réactifs : 413545 DH

Frais de personnels : 72000 DH

Frais d'exploitation pour la boue activée : 74536 DH

Tableau 64 : les coûts d'exploitation estimés pour les différentes filières de la STEP

Frais d'exploitation	Montant en DH
Frais d'énergie	172000
Frais de réactifs	413545
Frais de personnels	72000
Frais d'exploitation pour la boue activée	72000
total	729545

Conclusion

La présente étude a pour objectif de diminuer les répercussions néfastes des rejets industriels des eaux usées en proposant des procédés d'épurations aux industries adaptés à leur activité de production, en particulier, pour les industries récemment instaurés et non encore opérationnelles.

Cette étude a porté sur des données des industries existantes des eaux résiduaires. Pour pouvoir suggérer la solution de traitement la plus optimale pour ces industries, on les a classées en 14 domaines d'activité afin de cerner et préciser les particularités de chacune. Après un traitement méticuleux de ces données, reposant sur l'approche statistique : la cloche de Gauss, on a construit notre base de données en termes de ratios et concentrations des paramètres polluants. Grâce à cette base, on a pu proposer des solutions de traitement appropriées dans le but d'échapper au paiement des redevances stipulées par les lois de la gestion des rejets liquides dans le domaine public hydraulique. Pour achever notre travail, une application VB est développée afin de rendre accessible les résultats de notre travail acharné, synthétisant tout le processus du projet et où une station des boues activées relatives aux conserveries de poisson est dimensionnée.

Grâce à cette étude, il s'est avéré qu'il est possible en adoptant des mesures de traitement des eaux usées industrielles de protéger les réseaux d'assainissement au lieu de payer les redevances pour le dépassement des normes en matière des paramètres polluants existant dans les eaux usées industrielles.

Certes, le temps alloué à ce stage de fin d'études n'a pas permis de pousser plus loin cette étude, et ce travail malgré son importance reste à compléter. On propose ainsi :

- Réaliser le même traitement pour tous les domaines d'industrie.
- Multiplier le nombre des compagnies d'analyse de la qualité des eaux résiduaires effectuées afin d'offrir une base de données assez fournie permettant des résultats plus fins et plus adoptés.
- Améliorer l'application VB en y intégrant d'autres industries non traités dans notre cas, et dimensionner les stations de traitement de chaque classe.

Il est encore préférable, que les industries adoptent des systèmes de management environnemental, ainsi la qualité des eaux résiduaires sera plus bonne que celle des eaux non soumises à ces systèmes.

Bibliographie :

- (1) Article de érudite « les effluents de tanneries caractéristiques et impact sur l'environnement ».
- (2) « Conception et développement de l'outil multicritère d'aide à la décision pour le choix d'une station d'épuration des eaux usées » (Mémoire de fin d'études)
- (3) Dégrèvement
- (4) Document de référence sur les meilleures techniques disponibles des industries agroalimentaires de boissons et laitières (2008)
- (5) Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans les abattoirs et les industries de sous produits animaux (2003)
- (6) Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans les industries de fabrication de céramique (2007)
- (7) Document de référence sur les meilleures techniques disponibles des industries de traitement de surface des métaux et matières plastiques (2005)
- (8) Document de référence sur les meilleures techniques disponibles des industries de textiles (2003)
- (9) « Différentes filières de traitement des eaux » : Cours du Dr.R.SALGHI
- (10) « Elaboration d'un modèle de dimensionnement des stations d'épuration » (Mémoire de fin d'études)
- (11) «Etat des ressources en eau au Maroc » Terre et Vie N° 61-62
- (12)« Etude de potentialité d'épuration d'effluents d'abattoirs par infiltration sur sable en milieu tropical »
- (13)Fiche techniques réalisé par FODEP
- (14)« Filières de traitement des effluents de laitières : cas pratique » Présentation d'Odipure (2010)
- (15)« Gestion des eaux industrielles au Maroc » Présentation de Mme Touria Jaouher (2009)
- (16)« Gestion des eaux usées industrielles » ECKENFELDER
- (17)« Le traitement anaérobie des eaux résiduaires au Mexique »
- (18)« Les procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin – Meuse »
- (19)« Les systèmes de management environnemental : guide pratique pour les représentant de travailleurs » Valerie – Anne BAAIAT
- (20)« Les traitements de l'eau »

- (21) « Lutte contre la pollution des abattoirs »
- (22) « Manuel de calcul des redevances de déversement » S.E.E.E (2008)
- (23) « Problématique de la pollution industrielle au Maroc » Présentation de Mohamed SAADALLAH
- (24) « Procédé d'épuration biologique des rejets de l'abattoir de Dar Bouazza » (Mémoire de fin d'études 2008 -2009)
- (25) Projet de gestion des ressources en eau
- (26) PROTHERME : Interview lors du forum L'eau expo 2011
- (27) Techniques de l'ingénieur
- (28) « Traitement des eaux de rejet de l'unité CERAMIT TENEZ » (Mémoire de fin d'études 2006-2007)
- (29) « Traitement des eaux urbaines » Jacques SIBONY
- (30) « Traitement des effluents de la campagne des boissons gazeuses du Nord de Fès par le procédé SBR »
- (31) « Traitement et valorisation d'effluents des industries laitières » F. Harang (2010)
- (32) « Système de contrôle et de la prévention de la pollution due aux rejets des eaux industrielles à Casablanca » (Thèse de Abdelkrim AKHACHANE)
- (33) Wastwater Equipement industries « TORO »

Webographie :

- (34) www.mcinet.gov.ma (consulté le 03/2011)
- (35) <http://hml.enseeiht.fr> (consulté le 03/2011)
- (36) www.omniatex.com (consulté le 05/2011)
- (37) www.lennotech.fr (consulté le 05/2011)

Annexes

Annexes I : bases de données
Tableau 65: Données sur les conserveries de poissons

entreprise	MP traité	matière traitée (T/j)	consommation m3/j	rejet journalier (m3/j)
Cp1	sardines maquereaux et anchois	69.09	-	380.4
Cp2	sardines maquereaux et thon	454.54	-	-
Cp 3	sardines et maquereaux	113.636	-	-
Cp 4	sardines maquereaux et thon		-	-
Cp5	Sardines	123.5	276	220.8
Cp 6	sardines, maquereaux et thon	76	217	173.6
Cp 7	thon		139.3	111.44
Cp8	sardines, maquereaux et thon	350	334	267.2
Cp 9	préparation des filets d'anchois		400	320
Cp 10	conditionnement d'anchois	10,27	-	
Cp 11	semi conserves d'anchois	14	-	15.6818182
Cp 12	Sardines		-	
Cp 13	Sardine	9	-	19.5
Cp 14	Sardines	15	-	22
Cp 15	Sardines	15	-	21.8

Tableau 66: Caractéristiques des rejets des eaux usées des conserveries de poissons

Entreprise	DBO5 mg/l	DCO mg/l	DCO/DOB	MES mg/l	Ca2+ mg/l	Na+ mg/l	NTK mg/l	PT mg/l	Cl- mg/l	HG mg/l
Cp1	2700.00	3453.00	1.28		621.20	17860	616	205.25	31107	-
Cp2	3079.00	4454	1.45	1295.00	541.10	6637.50	117.60	23	16271	1266
Cp 3	8770.00	16704	1.90	736.00	180.40	1302.50	448	80.25	3589	-
Cp 4	1151.00	2089	1.81	662.00	34	1775	134.40	20.70	3448	-
Cp 5	5000.00	10000	2.00	2600.00	-	-	-	-	-	2460
Cp 6	3079.00	4454	1.45	1295.00	-	-	-	-	-	1266
Cp 7	2970.00	4300	1.45	480.00	-	-	-	--	-	400
Cp 8	1100.00	2040	1.85	784.00	-	-	-	-	-	3500
Cp 9	1900.00	5100	2.68	800.00	-	-	-	-	-	661
Cp 10	3600.00	6500.	1.81	3000.00	-	-	-	-	-	1400
Cp 11	13043.48	17391.3	1.33	2869.57	-	-	1304.35	173.91	-	-
Cp 12	4800.00	14000.	2.92	2900.00	-	-	409	60	-	-
Cp 13	37641.03	133435.9	3.54	2564.00	-	-	528.21	138.46	-	-
Cp 14	2581.82	9590.9	3.71	1140.91	-	-	131.82	31.82	-	-
Cp 15	1110.09	8119.27	7.31	1128.44	-	-	146.79	27.52	-	-

Tableau 67: Données sur des laiteries

référence	entreprise	matière traitée t/j	PRODUCTION T/an	consommation en eau m3/j	débit de rejet m3/j
FODEP	1	-	90185000		600
FODEP	2	-	73000	666.6666667	1500
laiterie de la région de Doukala	3	215	-	632	593
	4	215	-	632	495
ODEPURE	5	300000	-	1150.684932	753
INDUSTRIAL WASTWATER	6	-	-	-	-
FOOD DRINK AND MILK INDUSTRIE	7	-	-	1.2--60 L/kg de produit	3-5 l/KG de produit
ONEP	8	-	-	-	7.74
DRPE	9	-	-	-	-
	10	-	-	-	-
	11	-	-	-	-
	12	-	-	-	-
	13	-	-	-	-
	13	-	-	-	-
	15	-	-	-	-

Tableau 68: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des laiteries

conductivité	DBO5	DCO	MES	NTK	PT	HG	Ph	T
-	2600	3500	1500	-	-	150	9.5-10.5	-
-	6244	7142	758	-	-	408.3	4.3	-
-	3197	6375	1019	153	32	-	8.9	33
--	2938	5906	1296	143	25.5	-	9	28
-	1 613	3 654	553	71	24	-	2 -- 13	-
-	1000-2500		1000-200	50-100		300-1000		-
--	450-4790	500-4500	135-8500	15-180	20-250	35-500	5.3-9.4	12--40
-	2300	4500	1300	0.28	26.3		4.3	
-	1800	3960	510	114	16.53	-	10.3--12.4	23--25.4
-	620	1260	194	59.7	9.07	-	7.95--9.8	22.6--28.7
2340	2893	4090	586	30.8	20.34	841	11.55	-
4090	920	1546	835	115	16.19	-	11.4	-
4000	928	1632	770	137	29	-	11.76	-
2150	4290	10360	1868	151	67.25	-	7.8	-
2950	4950	12701	1776	147	88.87	-	6.2	-

Tableau 69: Données sur les industries de fabrication de céramique

référence	Entreprises	date de prélèvement	production m2/J	Volume journalier m3/j
ONEP(BERRCHID)	1	29/10/2003 à 15h05	-	-
	2	29/10/2003 à 14h45	-	-
	3	15/05/1997 à 16h	-	144
	4	24 au 25/01/2011	366.67	168
FODEP	5	-	15068.49315	96
DRPE	6	-	-	386
	7	-	-	386

Tableau 70: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des industries de céramique

pH sur terrain	Conductivité à 20°C (µS/cm)	MES (mg/l)	DBO5 brute (mg O2/L)	DCO brute (mg O2/L)	Azote total. (mg N/L)	Phosphore total. (mg P/L)	Sulfate SO4-automatique (mg/L)	Fer (mg/l)	Zin (mg/l)	Alu mg/l	Pl (mg/l)	Ars (mg/l)
6.45	3600	330	360	650	-	-	-	-	-	-	-	-
6	3780	2200	320	1100	-	-	-	-	-	-	-	-
7.2	4400	770	630	1500	-	-	-	-	-	-	-	-
8.2	2640	33000	75	1400	1.9	163	252	300	260	980	59	0.29
8.1	1860	9396	131	1478	-	-	-	7.02	115	117	8.04	0.64
-	-	95	95	-	178	-	-	-	-	-	-	-
-	-	150	150	15.1	0.314	0.124	43.3	0.605	0.06	0.3169	0.0122	0.0169

Tableau 71: Données sur les huileries et conserveries d'olives

Référence	Entreprises	procédé	Production t/j	Volume journalier m3/j
ONEP	1	Huile et conserve d'olive	3.34	15.66
ONEP	2	Huile et conserve d'olive	8.22	43

Tableau 72: Les caractéristiques des eaux usées des huileries et conserveries d'olives

pH	Conductivité à 20°C (µS/cm)	MES (mg/L)	DBO5 brute (mg O2/L)	DCO brute (mg O2/L)	NTK. (mg N/L)	PT (mg P/L)	Cl- (mg/L)	SO4-- (mg/L)
5.45	52800	570	4400	15000	0.78	46.8	21000	892
11.7	26500	2900	3200	11000	3.33	7.4	6470	806

Tableau 73: Données sur les industries des huiles de table

Référence	entreprise	procédé	PRODUCTION T/an	consommation en eau m3/j	débit de rejet m3/j
FODEP	1	FABRICATION CONDITIONNEMENT ET SAVON	-	975.6	900
FODEP	2	RAFFINAGE	41.09589041	180	110
ONEP BERRECHID	3	HUILES DE TABLES	-	-	532
ONEP	4	HUILES DE TABLES	-	-	47.37

Tableau 74: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des industries des huiles de table

DBO5 mg /l	DCO mg/l	MES mg/l	NTK mg/l	PT mg/l	HG mg/l	pH
5623	15017	4123	-	-	5247	-
1500	4500	35	-	-	300	5.5-8.5
240	1200	250	14	56.3	17	-
7200	28000	1900	0.62	74.1	-	5.35

Tableau 75: Données sur les conserveries des fruits et légumes

référence	Paramètre	Entreprise 1	Entreprise 2	Entreprise 3	Entreprise 4
DRPE	pH	7.35	3,5 - 3,55	10	7.1
	DCO	254.5	22849 - 38592	11357.4	603
	DBO	217	7001 - 13001	3980	182
	MES	110	185 - 629	2529	239
	NTK	65	12,6 - 38,6	16	12.9
	NH4	11.5	1,59 - 2,12	16	0.34
	Pt	6	13,5 - 73	125	0.8

Tableau 76: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des conserveries de fruits et de légumes

référence	Type de produits	PRODUCTION T	consommation m3/J	MES (mg/l)	Matières dissoutes (mg/l)	pH	DBO5 (mg/l)
Composition des eaux résiduaires totales de conserveries (adapté de Meinck et al, World Bank	Tomates	0.57	2.4	450	2500	4.9	1150
	Tomates	0.57	2.4	270	-	6.6	1000
	Tomates	0.57	2.4	1070	-	-	2090
	Petits pois	0.57	3.9	300	6000	4.7	2710
	Petits pois	0.57	3.9	2700	16000	4.4	7800
	Haricots beurre	0.57	6.6	6.6	60	1670	7.6

Typologie des rejets industrielles et proposition de leurs traitements

2010-2011

Group) DRPE	Épinards	0.57	3.1	580	1700	7	280
	Carottes	0.57	3.6	1830	5800	7.1	1110
	Carottes	0.57	3.6	1830	-	-	1775
	Betteraves rouges	0.57		1600	5000	6	1500
	Cerises	0.57	6.2	20	4100	6.2	750
	Pêches	0.57		600	-	7.6	1400
	Abricots	0.57	8.6	260	-	7.6	200
	Pommes	0.57		450	-	-	3605

Tableau 77: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des abattoirs

Abattoirs	production Kg/j	Débit effluents m3/j	pH	Conductivité à 20°C	DBO5 mg/l	DCO mg/l	MES mg/l	Azote total mgN/l	Phosphore total mgP/l	Huiles et graisses mg/l
1	-	30	7.5	6300	7000	17000	105	1460	5.5	-
2	-	-	6.8	4140	2300	4800	1400	120	-	-
3	843	1.11	7.5	1920	5000	10000	690	-	21	18.3
4	4150	4.28	7.15	1960	4500	13000	1600	-	24	110
5	-	3.4	7.25	2180	1500	3100	720	186	25	40
6	-	16.9	7.5	1160	3100	7400	1600	397	30	-
7	10000	6	6.5	2790	3700	8200	1900	257	41	-
8	1200	3.22	6.95	3770	3000	5100	1500	109	35	2340
9	9500	4.67	7.05	4550	9500	15000	1700	922	57	2403
10	5600	18	7	4540	2300	5100	1700	266	36	-
11	1800	10	6.85	2460	2400	5100	1300	164	38	-
12	5600	4	7.2	3350	1900	4300	1000	255	17	-
13	-	-	7.55	-	1103	-	1331	321	27.2	-
14	-	-	7.5	-	-	1209.6	753	98	4.1	-
15	-	-	7.9	-	643.4	1429	353.2	131.6	17.8	-

Tableau 78: Les caractéristiques des rejets des industries de boissons gazeuses

Société	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Production (l/j)	-	-	-	-	-	562500	60000	2000	-	-
Débit effluents (m3/j)	-	-	-	-	814	157	692	2.86	500	-
PH	8.05	9.3	11.9	10.7	-	7.3	6.7	6	11.6	6.75
Cond (us/cm)	-	3540	3200	3070	2500	2540	2950	4020	-	4690
T C°	29	-	-	-	-	-	28	24	22.5	18.6
DCO (mg/l)	623	1713	1546	893	640	11000	800	11000	1000	18336
DBO5 (mg/l)	540	401	586	353	291	5600	550	3800	1300	10863
MES (mg/l)	425	272	163	224	15.5	97	110	160	250	102
NTK (mg/l)	31.6	112	8.4	1.06	11.2	3.56	9.49	11	3	-

2010-2011

Pt (mg/l)	1.84	5.32	6.77	7.02	2.06	0.36	14.6	2	1.97	-
PO43- (mg/l)	-	-	2.03	1.75	-	-	-	-	-	-
Cl (mg/l)	-	273.1	-	-	-	-	-	-	230	-
SO2-4 (mg/l)	-	64.5	-	-	-	212	114	139	-	612
Phénol (mg/l)	-	0.041	-	-	-	0.01	0.015	-	-	-
H&G (mg/l)	-	30	-	-	0.11	0.51	0.53	17	-	-
As (ug/l)	-	6.8	-	-	-	0.003	0.003	0.003	-	-
Cyan (mg/l)	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluor (mg/l)	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe (ug/l)	-	2332	-	-	-	0.86	1.7	4.6	-	-
Al (ug/l)	-	1576	-	-	-	0.2	0.21	0.78	-	-
Zn (ug/l)	-	425	-	-	-	0.2	0.21	0.65	-	-
Cu (ug/l)	-	13	-	-	-	0.1	0.2	0.3	-	-
Ag (ug/l)	-	2.28	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb (ug/l)	-	108.1	-	-	-	0.035	0.01	0.083	-	-
CrT (ug/l)	-	105.5	-	-	-	0.02	0.02	0.02	-	-
Ni (ug/l)	-	14.8	-	-	-	0.02	0.02	0.02	-	-
Cd (ug/l)	-	10.2	-	-	-	0.001	0.001	0.001	-	-
Hg (ug/l)	-	2.12	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 79: Les caractéristiques du rejet des eaux usées d'une minoterie

Paramètre	Société 1
Débit (m3/j)	172.8
PH	-
T C°	21
Cond (us/cm)	1865
DBO5 (mg/l)	974
DCO (mg/l)	1803
MES (mg/l)	457
NTK (mg/l)	105
NH4 (mg/l)	93
Pt (mg/l)	7.35

Tableau 80: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des industries de traitement de surface

Paramètre	1	2	3	4	moyenne
T C°	-	-	-	31	31
PH	-	-	-	11.9	11.9
Cond(us/cm)	-	-	-	51200	51200
DBO5 (mg/l)	200	-	-	-	200
DCO (mg/l)	800	-	-	8000	4400
MES (mg/l)	-	-	-	860	860
Pt (mg/l)	-	-	-	13	13

2010-2011

Cu (mg/l)	102	-	1.47	34	45.8233333
Fe (mg/l)	4.4	-	-	-	4.4
Pb (mg/l)	318	0.41	1.21	-	106.54
Ni (mg/l)	400	0.75	1.36	10	103.0275
Cd (mg/l)	60	0.54	5.78	-	22.1066667
Cr T (mg/l)	2160	0.45	1.4	34	548.9625
Cyan (mg/l)	375	-	-	-	375
Ag (mg/l)	-	0.24	1.51	-	0.875
As (mg/l)	-	7	8.4	-	7.7
Ba (mg/l)	-	0.36	1.08	-	0.72
Co (mg/l)	-	0.42	1.29	-	0.855
Hg (mg/l)	-	3.26	4.45	-	3.855
Mn (mg/l)	-	1.37	2.26	-	1.815
Zn (mg/l)	-	7.34	9.61	210	75.65

Tableau 81: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des industries de farine de poissons

Paramètre	1	2	3
PH	8.2	-	-
T C°	35	-	-
MES (mg/l)	16	-	-
DCO (mg/l)	6130	-	-
DBO5 (mg/l)	4560	4000 - 8000	360 ---2800
Cl- (mg/l)	6402	-	-
H&G (mg/l)	700	-	-
N ammoniacal (mg/l)	200--1000	-	-
N organique (mg/l)	80--600	-	-

Tableau 82: Les caractéristiques des rejets des eaux usées des mines

Paramètre	1	2	3	4
Débit (m3/j)	-	-	-	34560
Production (T/an)	-	-	-	352000
PH	-	-	-	8.5
T C°	-	-	-	20
DCO (mg/l)	-	-	-	5472
DBO5 (mg/l)	-	-	-	200
MES (mg/l)	-	-	-	140469
Pt (mg/l)	-	-	-	9.8
NTK (mg/l)	-	-	-	50.9
Fe (mg/l)	7250 à 182300	140 à 3760	100 à 107000	26540
Mn (mg/l)	279 à 77700	-	-	3028

2010-2011

As (mg/l)	3 à 7378	3.9 à 28	9 à 150	35
Pb (mg/l)	-	710 à 2835	1600 à 20000	1230
Zn (mg/l)	-	530 à 5600	600 à 61000	205
Cu (mg/l)	-	33 à 1443	2 à 5300	22.4
Cd (mg/l)	-	8.8 à 40.7	2 à 5700	0.35

Annexes II : les paramètres de pollution

Paramètres de pollution :

Les rejets des eaux industrielles ont des effets très néfastes sur la qualité de l'eau du milieu récepteur et sur le fonctionnement du système d'assainissement. En effet, toute opération industrielle produit des eaux usées caractérisées par une grande diversité suivant l'utilisation de l'eau.

Bien que les effluents industriels spécifiques varient très fortement d'une industrie à une autre, il y a un bon nombre d'indicateurs communs permettant la prédiction de la pollution et l'évaluation de son impact sur l'environnement :

* **Température :**

La pollution thermique ou calorifique est causée par un grand nombre d'industries qui emploient l'eau pour les besoins de refroidissement. L'augmentation de la température qu'engendre les rejets d'eau de refroidissement a des effets multiples sur l'environnement, la température élevée réduit la capacité de rétention de l'oxygène par l'eau. Ce problème est souvent aggravé par la diminution de l'oxygène dissous due à la présence de déchets.

Par ailleurs, presque tous les processus biologiques de vie animale et végétale sont basés sur des réactions chimiques, si bien que sous l'effet d'une augmentation de température, ces processus naturels risquent d'être perturbés. Ainsi, les eaux de refroidissement rejetées en excès dans un milieu aquatique engendrent la disparition progressive de toute forme de vie dans ce milieu.¹

* **pH :**

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique. La valeur du pH altère la croissance et la reproduction des micro-organismes existants dans une eau, la plupart des bactéries peuvent croître dans une gamme de pH comprise entre 5 et 9, l'optimum est situé entre 6,5 et 8,5, des valeurs de pH inférieures à 5 ou

¹ « Système de contrôle et de la prévention de la pollution due aux rejets des eaux usées industrielles à Casablanca » : Thèse de Abdelkrim AKHACHANE

supérieures à 8,5 affectent la croissance et survie des micro-organismes aquatiques selon l'organisation Mondiale de la Santé (OMS).²

Mesurer le pH est l'un des tests les plus importants et les plus couramment utilisés en chimie en général et dans l'industrie en particulier. A une température donnée, l'intensité du caractère acide ou basique d'une solution est indiquée par l'activité de l'ion hydrogène et est représentée par le pH. Les procédés industriels ont tendance à rendre les eaux usées plutôt acides, ce qui entraîne des problèmes de corrosion dus à l'excès des ions d'hydrogène.⁴

* Conductivité :

La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau augmente. La conductivité électrique d'une eau usée dépend essentiellement de la qualité de l'eau potable utilisée et du régime alimentaire de la population et des activités industrielles.⁵

* Matières solides :

Les solides se réfèrent aux matières dissoutes ou en suspension dans l'eau. Les concentrations de solides dans l'eau constituent un important indicateur de qualité de l'eau pour plusieurs raisons. D'abord l'eau contenant une forte dose (+500mg/l) de solides dissous a généralement un mauvais goût et peut causer pour le consommateur des réactions physiologiques néfastes pour la santé. Puis très souvent, les eaux hautement minéralisées ne conviennent pas à l'industrie.⁴

* La demande en oxygène :

La demande en oxygène est un paramètre important à analyser pour déterminer l'effet des polluants organiques sur une eau. Il y a deux méthodes principales pour mesurer directement la demande en oxygène :

- par la procédure de Demande Biochimique en Oxygène (DBO) ;

2

- et/ou par la procédure de Demande Chimique en Oxygène (DCO).

La DBO exprime les quantités de matières organiques biodégradables présentes dans l'eau, plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce à des phénomènes d'oxydation par voie aérobie. Pour mesurer ce paramètre, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de cinq jours. La DBO, qui est basée sur l'utilisation des micro-organismes, donne l'image la plus proche de ce qui arrive réellement dans les cours d'eau et rivières.

La DCO représente la teneur totale de l'eau en matières oxydables, ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder par voie chimique ces matières. A la différence de la DBO, et la DCO n'utilise pas des processus microbiologiques, elle utilise des oxydants chimiques au lieu de micro-organismes pour oxyder les polluants.⁴

* Les métaux :

Les métaux existent naturellement dans l'eau, mais des concentrations anormales et accrues de ces métaux ont des conséquences néfastes sur la santé de l'homme qui varient selon le type et la concentration du métal en question.⁴

* Matières azotées :

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes :

- L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.
- L'azote ammoniacal (NH_4) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée. Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes.
- L'azote nitreux (NO_2^-) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.

• L'azote nitrique (NO_3^-) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation. Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale. Les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles.⁵

* Composés phosphorés :

Le phosphore est l'un des composants essentiels de la matière vivante. Les composés phosphorés ont deux origines, le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme d'ions orthophosphates isolés soit sous forme d'ions phosphates condensés ou sous forme d'ions phosphate condensés avec des molécules organiques. Les orthophosphates correspondent à un groupement PO_4^{3-} , ces phosphates sont fixés facilement par le sol, leur présence dans les eaux souterraines est souvent liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique, aux engrais phosphatés industriels entraînés par lessivage ou par infiltration. Les polyphosphates sont utilisés comme agents de peptisation, d'émulsification, de dispersion, d'inhibition ... et sont utilisés dans des domaines aussi divers que les industries de poudres à laver, les industries agroalimentaires, les industries pharmaceutiques comme inhibiteurs de précipitation et de corrosion.⁵

* Chlorure :

Les chlorures existent dans la quasi-totalité des eaux à des concentrations très variables. La présence des chlorures en concentrations élevées dans l'eau contenant du sodium donne un goût salé. Par ailleurs, les chlorures sont indispensables aux régimes alimentaires. Les effluents des industries de conserve des viandes et certains légumes sont connus par une forte teneur en sels et particulièrement en chlorure. Dans des travaux antérieurs on a constaté que la salinité des eaux usées constitue un handicap majeur pour les eaux réutilisées en agriculture.

Annexes III : Bilan énergétique

Le bilan énergétique dans la filière de traitement de la conserverie de poissons « les Merveilles de la Mer » (sans boues activées) est dressé dans le tableau suivant :

Tableau 83 : Bilan énergétique de la STEP de la conserverie de poisson les Merveilles de la Mer

Désignation	équipement	Puissance KW
Dégrilleur automatique	Moteur d'entraînement	1
Bassin tampon	agitation	20
Poste de relevage	Groupe de pompage	1.5
Tamis rotatif	Moteur d'entraînement	0.5
Dégraissage	Générateur d'air	4
	Moteur d'entraînement du racleur	0.5
Coagulation	Agitation1	0.25
	Pompe doseuse	0.1
	Agitation 2	0.25
Floculation	Agitation1	0.25
	Pompe doseuse	0.1
	Agitation 2	0.25
Neutralisation	Agitation	0.25
	Pompe doseuse	0.1
DAF	Pompe eau flottée	2
	Compresseur	5
	Système de raclage	0.5
Total		42