

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR
HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري
"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ ⴰⵎⴰⵔⴰⵏ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en Hydraulique

**Option : CONCEPTION DES SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT ET
EPURATION DES EAUX.**

THEME :

**Dimensionnement de la station d'épuration des eaux issues
de l'unité de fabrication des conduites en béton armé
(COSIDER Canalisation, Boumerdas).**

Présenté par :

Guemmoun Abdel Aziz

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJELLAB MOHAMED	M.C.A	Président
BOUKHELIFA MUSTAPHA	M.A.A	Examineur
DERNOUNI YUCEF	M.A.A	Examineur
TAFAT LEILA	M.A.A	Promotrice

Session 2019/2020

REMERCIEMENTS

A l'issu de cette étude, Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

Ma reconnaissance va plus particulièrement à :

Ma promotrice Madame L.TAFAT pour sa contribution à l'élaboration de ce mémoire ainsi que ses nombreuses et précieux conseils .

Mon promoteur A.MEKLATI pour ses orientations et son soutien.

Monsieur M.KASSOUL pour ses directives et ses conseils.

L'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.

Mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier mon travail

A.GUEMMOUN

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

- *A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard;*
- *A mon frère : ISMAIL*
- *A ma sœurs : HOUDA*
- *A toute la famille GUEMMOUN;*
- *A mes amis de l'ENSH*

A. GUEMMOUN

الملخص :

يعتبر وادي الشلف ذو أهمية كبيرة من حيث البيئة والسياحة وإعادة تغذية المياه الجوفية وإمدادات المياه لقطاع الري وإمدادات مياه الشرب. لهذا تحاول الدولة الجزائرية الحد من التلوث المنسكب في مجرى مياه الشلف أو القضاء عليه. تهدف الخطوة الأولى إلى تطهير النفايات الصناعية من منطقة وادي سلي من خلال مطالبة كل مصنع بمعالجة هذه التصريفات باستخدام محطة أحادية الكتلة. يوضح هذا العمل تحجيم الهندسة الهيدروليكية والمدنية لمحطة المعالجة لـ UTB. تهدف هذه المحطة إلى إزالة المواد الصلبة العالقة والزيوت والمعادن الثقيلة.

الكلمات المفتاحية: القطر الهيدروليكي، كفاءة إزالة التلوث، المعالجة الأولية والثانوية، دراسة الهندسة المدنية لخزانات المياه.

Résumé :

Oued CHLEF a une importance énorme sur le plan écologique, touristique, recharge de la nappe souterraine et approvisionnement en eau pour le secteur d'irrigation et d'alimentation en eau potable. Pour cela l'état algérienne essaye de limité voir éliminer la pollution déversé dans le court d'eau de CHLEF. La première étape vise la dépollution des rejets industrielles de la zone de oued SLY en obligeant chaque usine de traiter ces rejet a l'aide d'une station monobloc. Ce travail illustre le dimensionnement hydraulique et génie civil de la station d'épuration pour l'UTB. Cette station vise l'élimination des matières en suspension, les huiles et les métaux lourds.

Mots-clés : Diamètre Hydraulique, Rendement d'dépollution, Traitement primaire et secondaire, étude génie civil des réservoirs en eau.

Abstract :

Oued CHLEF is of enormous importance in terms of ecology, tourism, groundwater recharge and water supply for the irrigation and drinking water sector. The Algerian government is therefore trying to limit or even eliminate the pollution discharged into the CHLEF watercourse. The first stage aims at cleaning up the industrial discharges from the wadi SLY area by obliging each plant to treat these discharges with the help of a monobloc plant. This work illustrates the hydraulic and civil engineering dimensioning of the treatment plant for the UTB. This station aims at the elimination of suspended solids, oils and heavy metals.

Keywords : Hydraulic diameter, Depollution efficiency, Primary and secondary treatment, Civil engineering study of the water reservoirs.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : Présentation de l'unité de fabrication des tuyaux en béton.....	2
I-1-Introduction :	2
I-2-Présentation de la zone d'étude :	2
I-3- Présentation de l'entreprise (client) :.....	3
I-4-Présentation de l'unité de fabrication des tuyaux en béton UTB Spa :	3
I-5-Réseau d'assainissement :	5
I-6-Le prétraitement existant	6
I-7- Présentation du milieu récepteur :	8
I-8-Présentation du bureau d'étude :	8
I-9-Discription du projet et cahier de charge :.....	8
I-9-Conclusion :	9
CHAPITRE II : Origine, nature, caractéristique et norme des rejets industriels	10
II-1 Introduction :	10
II-2 origine et nature des rejets industriels :	10
II-2-1-Effluent généraux de fabrication ou procès :	10
II-2-2-Eaux de circuit refroidissement :	11
II-2-3-Eaux de service :	11
II-2-4-Eaux de lavage :	11
II-2-5-Eaux de ruissellement :	11
II-3 Les caractéristiques des eaux résiduaires :	12
II-4 La variabilité de pollution du secteur industriel :	12
II-4-1-Pollution physique :	12
II-4-2-Pollution chimique :	12
II-5-Clasification de pollution :	13
5-1 -Composés insolubles.....	13
5-2 -Composés solubles.....	13
5-3 -Composés organiques biodégradables	13
II-6-Norme de rejet :	14
I-7-Classification de l'UTB selon le règlement local :	16
II-7-conclusion :	19

CHAPITRE III : Les technique d'épuration des rejets industriels en question.....	20
III-1-Introduction :	20
III-2-Prétraitement :	20
III-2-1-Dégrillage :	21
III-2-2-tamissage :	21
III-2-3-Dessablage et Déshuilage :	22
III-2-4-Homogénéisation :	22
III-2-5-Neutralisation :	22
III-3-Traitement physico-chimique :	23
III-3-1-Coagulation et Flocculation :	23
III-3-2-Précipitation des métaux :	25
III-3-3-La décantation :	27
III-3-4-Flottation :	30
III-3-5-La décantation par séparateur centrifuge :	31
III-4-Traitement secondaire :	32
III-4-1-La filtration :	32
III-4-2-La filtration par essoreuse centrifuges :	34
III-4-3-Adsorption sur le charbon actif :	35
III-5-Conclusion	37
CHAPITRE IV : Traitement des boues d'épuration.....	38
IV-1-Introduction :	38
IV-2-Classification des boues :	38
IV-2-1-Classification selon le type de traitement :	38
IV-2-2-Classification selon l'activité industrielle :	39
IV-2-3-Classification selon les propriété physico-chimique :	42
IV-3-Caractérisation des boues.	43
VI-3-1-Caractérisation physico-chimique :	43
VI-3-2-Caractérisation physique :	45
IV-3-3-traitabilité :	45
IV-4-La réduction de volume des boues :	46
IV-4-1-Epaississement :	46
IV-4-2-déhydratation :	48
IV-5-Méthodes de réduction des nuisances par stabilisation :	49
IV-5-1-Stabilisation biologique par digestion :	49
IV-5-2-Stabilisation aérobie thermophile :	49
IV-5-3-Stabilisation biologique par compostage :	50

IV-5-4-Stabilisation chimique par chaulage :	50
IV-5-5-Stabilisation physique par séchage :	50
IV-6-Conclusion :	52
CHAPITRE V : Dimensionnement de la station.....	54
V-1-Introduction :	54
V-2-Données de base :	54
V-2-1-Pollution :	54
V-2-2-Caractéristique physique :	55
V-2-3-Ouvrages existant :	55
V-2-4-Objectif du traitement :	55
V-3-Dimensionnement des ouvrages de traitement des eaux :	56
V-3-1-présentation des variantes :	56
V-3-2-Le prétraitement :	56
V-3-3-Le traitement primaire :	60
V-3-4-Traitement secondaire :	67
V-4-Dimensionnement des ouvrages de traitement des boues :	69
V-4-1-Epaississeur :	69
V-4-2-Lit de séchage :	70
V-5-Conclusion :	70
Chapitre VI : Etude génie civil et le ferrailage des ouvrages	73
VI-1-Introduction :	73
VI-2-Historique du béton armé :	73
VI-2-Composition du béton armé :	74
VI-3-Caractéristique mécanique du béton :	75
VI-4-Théorie de flexion des poutres en béton armé :	77
VI-5-Classification des réservoirs en béton armé :	77
VI-6-Calcul statique des ouvrages :	78
VI-7-Dimensionnement des ouvrages :	80
VI-7-1-Déssableur couloir :	80
VI-7-2-bassin d'homogénéisation :	84
VI-7-3-Bassin de floculation et coagulation :	91
VI-7-4-Décanteur cylindrique :	98
VI-7-5-Bassins d'adsorptions :	101
VI-7-6-Réservoir d'eau épuré :	104
VI-8-Conclusion:	107

CHAPITRE VII : Devis estimatif et quantitatif	108
VII-1-Introduction :	108
VII-2-Calcul des quantités de béton :	108
VII-2-1-Quantité de béton de propreté :	108
VII-2-2-Quantité de béton de construction :	109
VII-3-Quantité de ferrailage de construction :	111
VII-4-Quantité de travaux de terrassement :	112
VII-5-Equipement auxiliaires :	114
VII-6-Devis estimatif :	116
VII-7-Conclusion :	117
CONCLUSION GENERALE:	118

Liste des tableaux

<i>Tableau N°II-1-Les valeurs limites des rejets industriels dans le milieu naturel.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau N°II-2-Les valeurs limites des rejets industriels dans le collecteur.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau N°II-3-Les valeurs limites pour les usines de ciment et pates chaux.....</i>	<i>17</i>
<i>Tableau N°II-3-bilan d'analyse détaillé.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau N°III-1-Comparésent entre les dégrilleurs.....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau N°III-2-Classification des dégrilleurs selon l'espacement des barres.....</i>	<i>21</i>
<i>Tableau N°III-3-Comparésen entre polymère organique et sulfate d'aluminium.....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau N°III-4- Principaux précipitant.....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau N°III-5-Type des lamelles.....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau N°III-6-Type de flottation.....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau N°III-7-Comparésen entre les type de filtration.....</i>	<i>33</i>
<i>Tableau N°IV-1-Origines industrielles des boues.....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau N°IV-2-Origines industrielles des boues (suite).....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau N°IV-3-Propriétés physico-chimique des boues.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau N°IV-4-Comparaison entre les techniques de déshydratation.....</i>	<i>48</i>
<i>Tableau N°IV-5-comparaison entre les techniques de stabilisation.....</i>	<i>51</i>
<i>Tableau N°V-1-Les résultat d'analyse de la pollution.....</i>	<i>54</i>
<i>Tableau N°V-2-Précipitation des hydroxydes et des sulfures, (Whang J.S. et Al.)....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau N°V-3-Résultats de dimensionnent du bassin d'homogénéisation.....</i>	<i>59</i>
<i>Tableau V-4-Dimensions des bassins de coagulation et floculation.....</i>	<i>60</i>
<i>Tableau N°V-5-Comparésen entre les deux agents chimiques.....</i>	<i>61</i>
<i>Tableau N°V-6-Résultat dimensionnement du coaguleur et floculeur.....</i>	<i>66</i>
<i>Tableau N°V-7-Description des ouvrages de la station.....</i>	<i>71</i>
<i>Tableau N°V-8-(suite) Description des ouvrages de la station.....</i>	<i>72</i>
<i>Tableau N°VI-1- les différents types de structures de réservoir.....</i>	<i>77</i>
<i>Tableau N°VI-2-Combinaison des actions.....</i>	<i>78</i>
<i>Tableau N°VI-3-Combinaison de charge pour du déssableur.....</i>	<i>81</i>
<i>Tableau N°VI-4-fereillage d'une paroi de déssableur.....</i>	<i>82</i>
<i>Tableau N°VI-5-Fereillage du radier de déssableur.....</i>	<i>83</i>
<i>TableauN°VI-6-Combinaison de charge, parois du réservoir d'homogénéisation... </i>	<i>85</i>
<i>Tableau N°VI-7-Combinaison de charge, radier du bassin d'homogénéisation.....</i>	<i>85</i>
<i>Tableau N°VI-8-Ferraillage des voiles de face du bassin d'homogénéisation.....</i>	<i>86</i>
<i>Tableau N°VI-9-Ferraillage des voiles latéraux du bassin d'homogénéisation.....</i>	<i>88</i>

<i>Tableau N°VI-10-Ferraillage des voiles latéraux du bassin d'homogénéisation.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau N°VI-11-fereillage du radier du bassin d'homogénéisation.....</i>	<i>90</i>
<i>Tableau N°VI-12-Combinaison de charge les parois du coaguleur-floculeur.....</i>	<i>92</i>
<i>Tableau N°VI-13-Combinaison de charge radier du coaguleur-floculeur.....</i>	<i>92</i>
<i>Tableau N°VI-14-Ferraillage, voile latéral coaguleur-floculeur.....</i>	<i>93</i>
<i>Tableau N°VI-15-Ferraillage, voile de face coaguleur-floculeur.....</i>	<i>95</i>
<i>Tableau N°VI-16-Ferraillage, voile de face du coaguleur-floculeur.....</i>	<i>96</i>
<i>Tableau N°VI-17-Fereillage du radier de bassin de coagulation et floculation.....</i>	<i>97</i>
<i>Tableau N°VI-18-Combinaison des charges pour parois courbées du décanteur.....</i>	<i>98</i>
<i>Tableau N°VI-19-Ferraillage de parois courbée du décanteur.....</i>	<i>100</i>
<i>Tableau N°VI-20-Combinaison des charges pour parois du filtre d'adsorption.....</i>	<i>101</i>
<i>Tableau N°VI-21-Combinaison de charge pour le radier du bassin d'adsorption....</i>	<i>101</i>
<i>Tableau N°VI-22-Ferraillage de parois du bassin d'adsorption.....</i>	<i>103</i>
<i>Tableau N°VI-23-Ferraillage du radier de bassin d'adsorption.....</i>	<i>103</i>
<i>Tableau N°VI-24-Combinaison des charges pour parois courbées du réservoir.....</i>	<i>104</i>
<i>Tableau N°VI-25-Combinaison de charge pour le radier du réservoir.....</i>	<i>105</i>
<i>Tableau N°VI-26-fereillage du radier du réservoir.....</i>	<i>105</i>
<i>Tableau N°VI-27-Ferraillage de parois courbée du réservoir.....</i>	<i>107</i>
<i>Tableau N°VII-1-Volume élémentaire du béton du tapie première variante.....</i>	<i>109</i>
<i>Tableau N°VII-2-Volume élémentaire du béton de construction.....</i>	<i>110</i>
<i>Tableau N°VII-3-Quantité des barres pour les éléments verticaux.....</i>	<i>111</i>
<i>Tableau N°VII-4-Quantité de treillis soudées.....</i>	<i>111</i>
<i>Tableau N°VII-5-Quantité des travaux de terrassement.....</i>	<i>113</i>
<i>Tableau N°VII-6-Equipement auxiliaire première variante.....</i>	<i>114</i>
<i>Tableau N°VII-7-Equipement auxiliaire deuxième variante.....</i>	<i>115</i>
<i>Tableau N°VII-8-devis première variante (2017).....</i>	<i>116</i>
<i>Tableau N°VII-9-devis deuxième variante(2017).....</i>	<i>117</i>

Liste de figures

<i>Figure N°I-1-Zone industrielle OUED SLYI Présentation de l'entreprise.....</i>	<i>2</i>
<i>Figure N° I-2-Plan de situation de U.T.B.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure N° I-3-Caniveaux de drainage.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure N° I-4-Bassin de décantation employé par l'unité.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure N° I-5-Plan de masse.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure N°III-1-Mécanisme de floculation.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure N°III-2- Courbes de précipitation des principaux métaux (d'après H. Schlegel)</i>	<i>25</i>
<i>Figure N°III-3-Décantation accélérée.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure N°III-4-Type de décanteur à lit de boue</i>	<i>29</i>
<i>Figure N°V-1-Déssableur circulaire à fond conique.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure N°V-2-Présentation du décanteur DLC.....</i>	<i>62</i>
<i>Figure N°V-4-Vue en haut des lamelles hexagonales.....</i>	<i>64</i>
<i>Figure N°V-5-Vue en haut des lamelles ondulées</i>	<i>65</i>
<i>Figure N°VI-1-Diagramme déformation en fonction du temps.....</i>	<i>75</i>
<i>Figure N°VI-2-diagramme contrainte-déformation.....</i>	<i>76</i>
<i>Figure N°VI-3-Diagramme de calcul de la flexion simple.....</i>	<i>79</i>

Liste des Planches

Planche N°1 : Plan de situation et implantation des ouvrages de l'UTB.

Planche N°2 : Les ouvrage de la première variante.

Planche N°3 : Les ouvrage de la deuxième variante.

Planche N°4 : Plan de ferrailage du bassin d'Homogénéisation.

Planche N°5 : Plan de ferrailage du bassin du réservoir d'eau épuré.

INTRODUCTION GENERALE.

En conformité avec les instruments internationaux, l'Algérie a intégré la dimension de durabilité dans sa politique nationale de développement à travers ses instruments de planification, dans un souci de maintenir l'équilibre entre les impératifs de son développement socio-économique et l'utilisation rationnelle de ses ressources naturelles.

La protection des eaux de surface continentales en Algérie est confrontée à des défis majeurs. Les pressions anthropiques qui s'exercent sur les plans d'eau et cours d'eau sont de plus en plus fortes. Bien que la réglementation interdise de porter atteinte aux eaux de surface continentales, la protection de ces milieux vitaux, à la fois pour l'Homme et la biodiversité

Au fil des trois dernières décennies, le développement économique et industriel dans le département de Chlef avait un impact pesant et préjudiciable sur la qualité environnementale de nos ressources naturelles. '

La projection et l'implantation d'usines déversant leurs flux polluants dans l'oued Chlef et l'oued Allala a indéniablement dégradé la vie aquatique de nos cours d'eau et a altéré l'équilibre environnemental de la région.

La commission sectorielle en charge de la lutte contre la pollution industrielle, installée en mars 2014, a effectué un certain nombre de sorties sur le terrain et recensé les unités industrielles non dotées de système d'épuration et ou de prétraitement des eaux usées.

Cette démarche environnementale a invité les unités de production potentiellement polluantes à s'y conformer. Des deadlines ont été fixées.

Le respect de la réglementation en vigueur et l'amélioration continue de l'image du groupe Cosider canalisation y compris à travers ses unités de production sont parmi les objectifs stratégiques de sa démarche qualité environnement QHSE.

C'est dans cette perspective que cette commande d'étude est lancée, elle porte sur la gestion maîtrisée des effluents liquides générés par l'UTB d'Oued Sly ; une filiale de fabrication de canalisations en béton du groupe Cosider canalisation.

Chapitre I

Présentation de l'unité de fabrication des tuyaux en béton

CHAPITRE I : Présentation de l'unité de fabrication des tuyaux en béton

I-1-Introduction :

Avant toute étude et le dimensionnement de la station d'épuration des eaux résiduaires industrielles de n'importe quelle unité de fabrication ou transformation. Il faut passer tout d'abord par :

- La présentation du client : son activité, son statut, son impact sur l'économie....
- Le diagnostic de l'unité : son mode opératoire, l'approvisionnement de l'eau, y a-t-il un traitement des eaux rejetées.....
- Présentation de la zone.
- Présentation du milieu récepteur des eaux rejetées.
- Présentation du bureau d'étude ERYS.
- Présentation du cahier de charge et le but du projet.

I-2-Présentation de la zone d'étude :

La zone industrielle de OUEDSLY se trouve à une dizaine de kilomètres à l'ouest de Chlef et à 200 km d'Alger en allant vers l'oranaise. Cette dernière est l'unique *pôle économique* de la wilaya. Malheureusement elle se trouve dans un état lamentable éclairage défectueux et le réseau d'assainissement quasiment inexistant.

Avec une surface de 213 hectares, la zone abrite des industries de secteur publiques et privées d'une grande importance économique mais aussi polluantes. Les activités exercées par ces dernières sont : cimenterie, verrerie, céramique sanitaire, transformation du plastique et caoutchouc, canalisations en plastiques, canalisations en ciment, matériaux de construction, produits rouges, produits pharmaceutiques...



ZI Oued Sly
Oued Sly

Figure N° I-1-Situation de la zone industrielle OUED SLY

I-3- Présentation de l'entreprise (client) :

COSIDER canalisation est une entreprise publique à aspect économique. Elle était créée par l'entreprise mère, COSIDER travaux publics, en janvier 2004. Spécialisée dans les domaines énergétique et hydraulique. Elle a comme mission :

- La construction d'ouvrages destinés au transport d'hydrocarbures, liquides ou gazeux.
- La réalisation d'installation de traitement d'eau potable et épuration des eaux usées.
- La fabrication de tous types de canalisation et accessoire hydrauliques.

I-4-Présentation de l'unité de fabrication des tuyaux en béton UTB Spa :

Pour satisfaire ses besoins en tuyaux et accessoires en béton, COSIDER canalisation a créé l'UTB en avril 2004. Dans la zone industrielle de SIDI LAROUICIE de Oued SLY avec une surface de 13 hectare. L'installation dispose deux lignes de production de conduites forcées en béton. Avec une pression nominale de 6 à 16 bars, diamètre de 500 à 2000mm et une longueur de 7 m.

Doté de capacité de production de l'ordre de 33 000 m, les produits pouvant être fabriqué par l'unité sont :

- Canaux semi-circulaires pour l'irrigation et le drainage.
- Conduite d'assainissement
- Conduite de transferts d'eau potable.
- Accessoire en béton armé

Dans le cycle de fabrication l'usine utilise comme matière première : le sable, gravier, fil en acier, ciment, tôles et *eau pour gâchage* des produits finie qui provient du forage. Avec d'effectifs de 200 personne et un régime de travail de 8×2.

L'usine se trouve dans un terrain argileux-limoneux sec en période d'été et humide en période d'hivers. Sans risque de remonter de nappe souterraine. Ni de contamination de cette dernière.

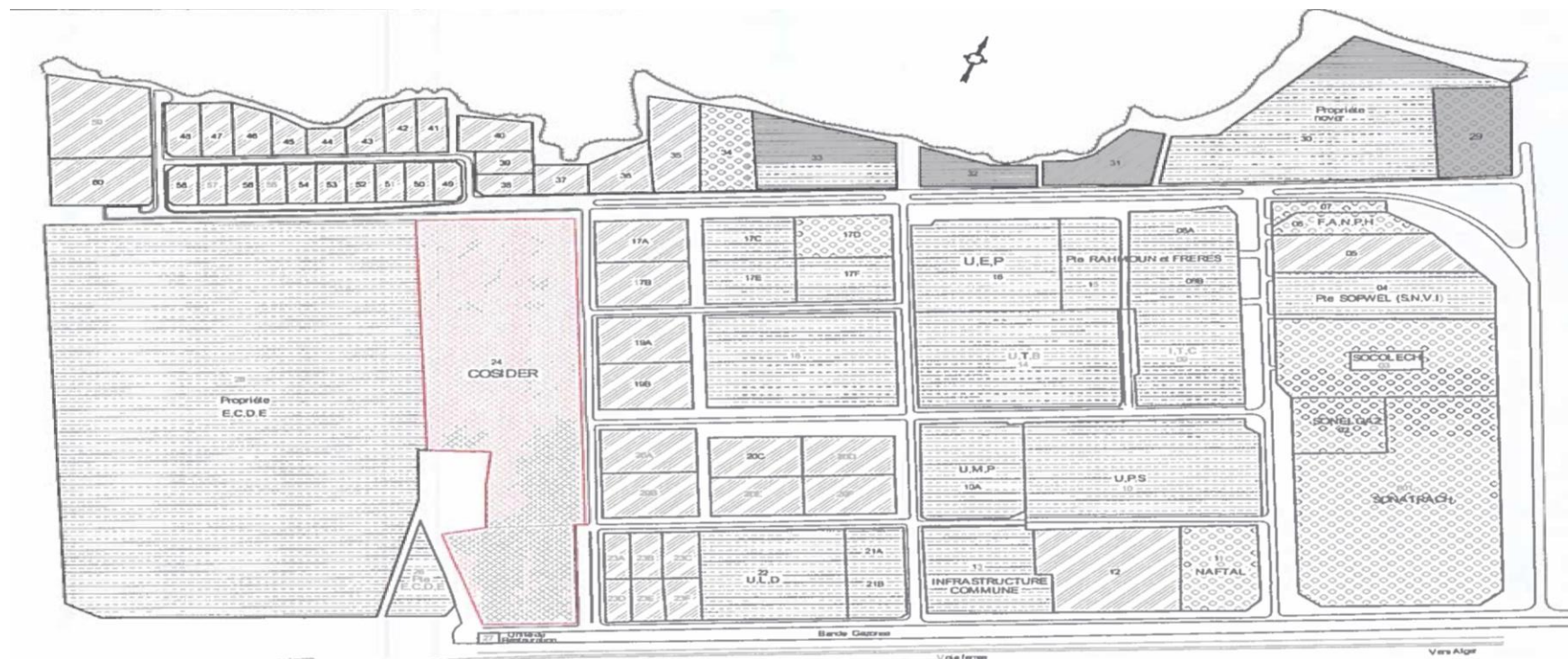


Figure N° I-2-Plan de situation de U.T.B

I-5-Réseau d'assainissement :

L'usine est dotée d'un réseaux d'assainissement séparatif, les eaux usées domestique et les rejets du personnel finissent dans des fosses septiques et les eaux issues de l'U.T. B gravitent dans des caniveaux au bassin de décantation puit dans le réseaux d'assainissement autorisé par la zone et enfin les rejets finissent dans Oued Chlef (dans le milieu naturel).



Figure N° I-3-Caniveaux de drainage.

I-6-Le prétraitement existant

Le traitement employé se résume dans une décantation assurée par deux bassins rectangulaire en béton armé. Le premier est en aval de la station de lavage des agrégats avec une profondeur de 1.5 m et qui joue parfaitement son rôle (élimination des MES). Le deuxième en aval de l'unité de fabrication de dimension 3×7,22m, une profondeur de 2,5 m et une épaisseur de 25cm .

Ce dernier est souvent envahi et rempli par les sables vaseux décantées et nécessite un curage périodique pour libérer la place pour les futurs rejets. Mais la décantation ne touche ni le pH ni la DCO présente dans les eaux résiduaires. Ajouté à son efficacité médiocre, le bassin de décantation est loin d'être le prétraitement adéquat et qui assure la protection du milieu récepteur (Oeud Chlef). D'où l'exigence de la démolition du bassin.



Figure N° I-4-Bassin de décantation employé par l'unité.

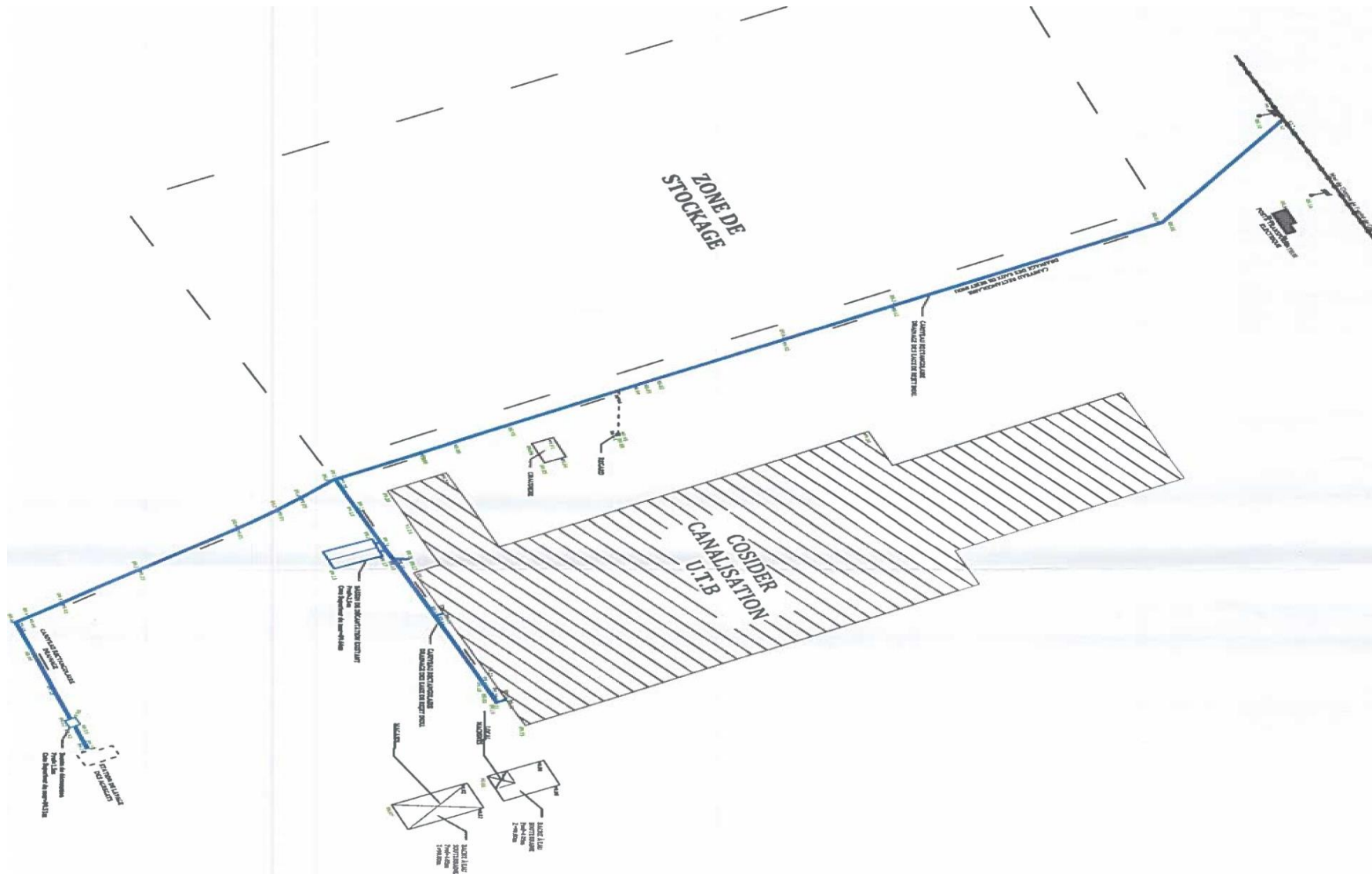


Figure N° I-5-Plan de masse

I-7- Présentation du milieu récepteur :

Les eaux résiduaires de tous les industries de la zone industrielle d'Oued Sly se déversent directement dans le bassin versant de Chlef et son cours d'eau, le plus important de l'Algérie est.

Caractérisé par une longueur de 723 Km, l'Oued Chlef représente d'importants foyers de biodiversité, de grands réservoirs d'eau d'irrigation, des lieux vitaux de rechargement des eaux souterraines, de précieux robinets d'approvisionnement en eau potable et de fortes potentialités pour le développement entre autres du tourisme.

Aujourd'hui encore, ce cours d'eau continu recevoir des eaux polluées d'où l'intérêt éminent de réduire ces pollutions à la source. C'est une exigence, les générateurs d'effluents liquides doivent assurer le traitement de leurs eaux usées. D'après le principe du pollueur payeur, toute personne physique ou morale dont les activités causent ou sont susceptibles de causer des dommages à l'environnement doit supporter les frais résultant de mesure de prévention et d'élimination de la pollution.

La charge en matières organiques déversée entraîne inévitablement la c prolifération de micro-organismes aérobies provoquant ainsi une carence en oxygène dissous dans le milieu récepteur. Cet état de fait conduit à l'eutrophisation des milieux aquatiques.

I-8-Présentation du bureau d'étude :

ERIS conseils ingénierie de fluide et environnement est un bureau d'étude situé en BAB Ezzouar derrière l'hôtel TULIP INN. Spécialisé dans le domaine d'assainissement des eaux, épuration des rejet industrielles et domestique, irrigation ainsi que les VRD. ERIS COSEILS était charger du projet de la réalisation de la station monobloc chargé de l'épuration et le recyclage des eaux résiduaire de l'UTB ainsi que l'étude génie civil.

I-9-Discription du projet et cahier de charge :

A la demande du clients (COSIDER canalisation) et pour répondre au exigence de la norme algérienne. ERIS était chargé de réaliser l'étude et le dimensionnement de la station d'épuration adéquate pour éliminer la pollution présente dans les rejets de l'usine ainsi que le cout total qui englobe les travaux de démolition du décanteur défaillant, les travaux génie civil, le remblai et le déblai et les équipements hydrauliques.

En plus des rejet industrielles, l'usine produit des rejet domestiques avec un débit de 3 m³/j et un débit de 6m³/j d'eau résiduaire de lavage. Le cahier de charge n'a pas pris en compote l'épuration de ces deux types de rejet. Malgré que l'épuration des rejets domestiques par les fosses septiques est loin d'être toléré. Pour ce qu'il y'a des rejets issus de lavage des agrégats la négligence. La non prise en compte de l'épuration de ces derniers par le cahier de charge est justifié vu que le bassin de décantation en aval remplit parfaitement son rôle. Ajouter à ça le milieu récepteur n'est pas le réseau d'assainissement donc y'a pas de risque colmatage des collecteurs.

Donc l'unique but de cette étude est de mettre en place une station monobloc capable d'épuré parfaitement les eaux résiduaires industrielles.

I-9-Conclusion :

L'importance écologique et économique Oued Chlef ne se décline pas devant l'importance économique de la zone industrielle d'Oued Sly. Encore loin de l'importance économique de l'U.T.B en conséquence la mise en place d'un traitement adéquat pour les eaux rejetées par l'installation est plus que nécessaire. Les effluent traités doivent être sans danger pour le cours d'eau et dépolluées de toute pollution physique, chimique, biologique et toxique.

Pour cela les rejets doivent respecter les valeurs limite autorisé par la norme algérienne des rejets industrielles et qui sera détailler ultérieurement.

Chapitre II

*Origine, nature,
caractéristique et
norme des rejets
industriels*

CHAPITRE II : Origine, nature, caractéristique et norme des rejets industriels

II-1 Introduction :

Contrairement aux effluents domestiques, les effluents industriels contiennent un nombre important de pollutions hétérogènes qui varient selon leur origine, le type d'industrie, le régime de travail, la qualité d'eau utilisée dans la fabrication et la nature du produit. Sans oublier que ces derniers présentent une forte probabilité de toxicité et d'anomalie.

D'où la nécessité de bien connaître les rejets en question. Pour cela, ce chapitre se divisera en deux grandes parties. La première détaillera l'origine, le type et les caractéristiques des effluents industriels de manière générale. Puis de manière précise pour notre unité de fabrication (UTB). La deuxième partie consiste à définir la norme des rejets et ensuite donner la norme algérienne des rejets industriels dans le milieu naturel et dans le réseau d'assainissement.

II-2 origine et nature des rejets industriels :

« L'extrême diversité de l'activité industrielle donne naissance au rejet de composition hétérogène, fluctuante et nocive pour le réseau d'assainissement local ou le milieu naturel. Cela implique une analyse très poussée pour chaque industrie même pour plusieurs périodes de production pour la même usine » (Benras, 2003).

Les eaux résiduaires industrielles se différencient en fonction de la contribution de l'eau brute, plus précisément avec quoi elle entre en contact. On peut classer cette dernière dans les différentes catégories qui suivent :

II-2-1-Effluent généraux de fabrication ou processus :

L'eau issue du processus de production ou de transformation, est en contact avec les gaz, les liquides ou les solides, des fois les trois en même temps. Biodégradables ou pas, elles sont dans la majorité des cas toxiques, de nature extrêmement complexe et difficile à épurer. Ajouter à cela, elles sont soit continues, soit discontinues, de même produit ou différents produits durant quelque mois ou campagne de production ou durant toute l'année.

La nature des eaux résiduaires de processus varie énormément d'une industrie à une autre même entre des usines qui ont la même activité industrielle encore plus poussée dans la même usine comme l'industrie de pharmacie.

Pour l'activité exercée par l'UTB les eaux de processus se résument dans les eaux de gâchage. Donc les rejets seront chargés de laitance de béton échappé des moules de fabrication.

II-2-2-Eaux de circuit refroidissement :

Les eaux qui proviennent des circuits de refroidissement, ne sont généralement pas polluées car elles ne sont pas en contact direct avec les produits finis et elles ne rentrent pas dans le processus de fabrication.

Des fois un peu minéralisé ce type de rejets ne représente pas de menace pour le milieu récepteur. Ajouté à ça, leur potentiel d'être recyclées et réutilisées. Le seul problème causé par ces dernières, dans le cas de la purge des circuits de refroidissement ou de chauffage, le processus de traitement sera perturbé par l'augmentation brusque du débit à traiter.

Comme astuce on peut les stocker dans un bassin puit les utiliser dans la dilution des eaux résiduaires ou comme des eaux de lavage et nettoyages.

Pour notre cas, l'usine utilise une carrière pour le conditionnement des éléments fabriqués et comme un moyen de chauffage pour les bureaux et les locaux.

II-2-3-Eaux de service :

Ce sont essentiellement les rejets domestiques des travailleurs dans l'usine. Elles ont les mêmes caractéristiques des eaux usées urbaines, chargées de matière organique, facilement biodégradable et chargées de matière azotée et phosphore.

Comme était mentionné dans le chapitre précédent, l'usine est caractérisée par un débit de rejet domestique de $3\text{m}^3/\text{j}$ et qui finissent dans des fosses septiques.

II-2-4-Eaux de lavage :

Toute eau entre en contact avec les surfaces de l'usine, les machines et les moules de fabrication pour des raisons de nettoyage et de préparation est classée comme eaux de lavage.

Elles sont potentiellement toxiques, chargées en matière chimique suite à l'utilisation des produits de nettoyage chimique, chargées en matière minérale, dans le cas d'une fuite elles seront en contact avec les eaux de fabrications et chargées des huiles et la graisse à cause du contact avec les moules de fabrication.

Dans notre cas les eaux de lavage sont les eaux issues de la station de lavage des agrégats avec un débit de $6\text{m}^3/\text{j}$, les eaux de lavage des produits finis, eaux de nettoyage de la surface de l'usine et l'eau de lavages des moules de fabrication.

II-2-5-Eaux de ruissellement :

D'après la norme algérienne toute eau de précipitation en contact avec les surfaces et toiture de l'usine sont des eaux industrielles qui doivent être collectées et traitées.

Ces dernières ont presque les mêmes caractéristiques et pollution que les eaux de lavage de conséquence elles sont traitées de la même façon.

II-3 Les caractéristiques des eaux résiduaires :

Pour le bon dimensionnement de la station d'épuration des eaux résiduaires d'une n'importe industrie il faut prendre en considération les points suivants :

- Composition de l'eau.
- Possibilité séparation des rejets (rejet de refroidissement des autres rejets).
- Possibilité de recyclage et le taux de recyclage.
- Débit horaire maximal enregistré dans les périodes de pointe de fabrication.
- Volumes journaliers des effluents par catégories.
- Quantité de pollution maximale journalière enregistrée dans les périodes de pointe de production.
- Pollution spécifique et possibilité de présence des éléments toxiques.
- Régime de travail de l'usine.

Il est aussi préférable de prévoir des scénarios de pollution occasionnelle ou secondaire comme la colle, produit chimique, goudrons, sables, argiles ...etc. ou des augmentations brusques et pas pris en considération des débits sur tout en période exceptionnelles de la compagnie industrielle.

Pour plus de sécurité on doit prendre en considération les usines anciennes et qui exercent la même activité, qui ont le même régime de travail et les mêmes conditions.

II-4 La variabilité de pollution du secteur industriel :

Le secteur industriel a une grande importance économique mais le plus polluant, il englobe tout type de pollutions rares, connues, toxiquesetc. on peut les classer dans deux grandes familles qui sont :

II-4-1-Pollution physique :

- *Turbidité* : phénomène physique causé par la matière fine en suspension (organiques minérales et les huiles)
- *Couleur* : ce type est présent dans les rejets de l'industrie de peinture.
- *Odeur* : provient généralement du dégagement des gaz comme H₂S.
- *pH* : en lui-même ce n'est pas une pollution mais une forte alcalinité ou acidité transforme l'ammoniacale en état gazeux en état liquide dissous dans l'eau.

II-4-2-Pollution chimique :

Ce type de pollution est le plus nocif pour le milieu récepteur (réseau d'assainissement et milieu naturel) et difficile à éliminer. Parmi les pollutions chimiques on distingue :

- *Pollution biodégradable* : comme la matière organique
- *Pollution toxique* : comme les métaux lourds
- *Pollution azotées et phosphorées*
- *Pollution radioactive*

II-5-Clasificación de pollution :

5-1 -Composés insolubles

Séparables par voie physique

- solides en suspension MMS (sable, oxydes, argiles) décantables ;
- matières flottantes ou légères (huiles, goudrons, hydrocarbures, graisses, fibres, latex).

Séparables par voie physico-chimique (avec coagulation, floculation) ;

- matières colloïdales en général (pigments, soufre colloïdal...)
- produits en émulsion (huiles, hydrocarbures émulsionnés...).

5-2 -Composés solubles

Justifiables d'une neutralisation seule (acides ou bases organiques ou minéraux) dont les sels sont solubles dans une certaine limite de concentration et ne sont pas eux-mêmes toxiques (SO_4H_2 , HCl, NaOH) et/ou d'une réaction d'oxydo-réduction (cas des cyanures, sulfures, chromates à caractère toxique).

Séparables par précipitation : métaux toxiques ou non (Fe, Cu, Zn, Ni, Al, Pb, Cr, Cd...) précipitables dans une certaine zone de pH, sulfures, fluorures, phosphates par adjonction de calcium (Ca^{++}).

Séparables par dégazage ou extraction gaz-liquide (stripping) : c'est le cas des gaz occlus, produits sulfureux, composés phénolés, ammoniac et certains hydrocarbures légers ou aromatiques).

Concentrables par échanges d'ions ou par osmose inverse : radionucléides, sels d'acides et de base forts, composés organiques ionisés (échange d'ions) ou non (osmose inverse).

Séparables physiquement par adsorption : ce sont des matières organiques, colorants, détergents, composés phénolés, composés macromoléculaires divers.

5-3 -Composés organiques biodégradables

Ces composés, produits sous forme solide généralement finement dispersés ou à l'état colloïdal, et/ou en dissolution, sont justifiables d'un traitement biologique.

Beaucoup d'eaux résiduaires (notamment celles issues de l'industrie agroalimentaire) renferment des éléments biodégradables par définition comme les produits hydrocarbonés (sucres), les protéines et les lipides. Les traitements biologiques pourront aussi être appliqués, après acclimatation des souches bactériennes, à des composés organiques divers, composés phénolés, hydrocarbures, etc., contenus dans les ERI.

II-6-Norme de rejet :

On ne peut pas définir exactement la notion d'une eau épurée. Mais on peut la rapprocher à l'aide de la notion norme des rejets industrielle. Qui est la concentration maximale tolérée des substances polluantes présente dans les eaux résiduaires. Cette concentration maximale tolérée dépend de :

- *La nature d'activité industrielle.*
- *L'âge de l'usine.*
- *Type de matière polluante (le type des MES présente par exemple).*
- *Le milieu récepteur.*
- *La présence du recyclage.*

Les valeurs limites fixées dans les décret 206 (pour le milieu naturelle) et 209 (pour le réseau d'assainissement) sont représentés respectivement dans les tableaux suivant :

Tableau N°II-1-Les valeurs limites des rejets industriels dans le milieu naturel
(Décret exécutif n° 06-141, 2006)

PARAMETRES	unité	Valeur limite	Valeurs limites pour anciennes installation
Température	°C	30	30
PH	-	6,5-8,5	6,5-8,5
MES	mg/l	35	40
Azote	mg/l	30	40
Phosphore total	mg/l	10	15
DCO	mg/l	120	130
DBO ₅	mg/l	35	40
Aluminium	mg/l	3	5
Substances toxiques bioaccumulables	mg/l	0,005	0,01
Cyanures	mg/l	0,1	0,15
Fluor et composés	mg/l	15	20
Indice de phénols	mg/l	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	15
Huiles et graisses	mg/l	20	30
Cadmium	mg/l	0,2	0,25
Cuivre total	mg/l	0,5	1
Mercure total	mg/l	0,01	0,05
Plomb total	mg/l	0,5	0,75
Chrome Total	mg/l	0,5	0,75
Etain total	mg/l	2	2,5
Manganèse	mg/l	1	1,5
Nickel total	mg/l	0,5	0,75
Zinc total	mg/l	3	5
Fer	mg/l	3	5
Composés organiques chlorés	mg/l	5	7

Tableau N°II-2-Les valeurs limites des rejets industriels dans le collecteur
(Décret exécutif n° 06-141, 2006)

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0,1
Arsenic	0,1
Béryllium	0,05
Cadmium	0,1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexavalent	0,1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0,1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0,1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercure	0,01
Nickel	2
Nitrites	0,1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0,5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2

I-7-Classification de l'UTB selon le règlement local :

Les paramètres de pollution sont classés et identifiés selon la branche d'activité industrielle. En effet, le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définit les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. L'activité de l'UTB est classée comme Industrie de minerais non métallique et activité ciment, plâtre et chaux. Les paramètres à analyser sont donc :

La température : La température est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration dans la mesure où il peut influencer de différentes manières sûres Les processus biologiques et physico-chimiques

La solubilité des sels et des gaz : Il est établi que la solubilité d'un gaz diminue pour une augmentation de la température. Ce phénomène est particulièrement important dans le cas de l'oxygène dissous. Aussi, plus l'eau est chaude, plus la concentration de saturation de l'oxygène devra diminuer, ce qui conduit à la diminution de la réserve d'oxygène mis à la disposition dans les processus d'autoépuration.

Le potentiel d'hydrogène (pH) : Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique. Un pH compris entre 6 et 9 permet un développement à peu près correct de la faune et de la flore. Les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales mêmes limitées du pH.

La Demande Chimique en Oxygène DCO : La D.C.O est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables dans des conditions de l'essai. Contrairement à la D.B.O.5 où l'oxydation se fait lentement par l'activité des microorganismes, l'oxydation, pour la mesure de la D.C.O, est provoquée à l'aide d'un oxydant (bichromate de potassium) et des conditions données (ébullition, catalyseur).

La D.C.O permet de mesurer la majeure partie de la matière organique biodégradable et peu dégradable. Elle caractérise tout ce qui peut être oxydé par voie chimique, en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques, biodégradables ou non

Les métaux lourds : Un métal lourd est un élément métallique dont le poids moléculaire est plus élevé, tels que : Fer, Nickel, Cobalt, Cadmium, Plomb, Chrome, Cuivre. Ces métaux sont des micropolluants susceptibles d'entraîner des nuisances pour l'homme et pour la nature, même quand ils sont rejetés en quantité très faible, du fait de leur potentiel de bioaccumulation et leur solubilité variable.

Les sources de métaux lourds créées par les humains sont les mines, les zones urbaines et les complexes industriels (comme les usines de pâtes et papiers, les quais et les chantiers maritimes). La minéralisation des dépôts géologiques naturels peut aussi contribuer à la présence locale de métaux lourds.

Les graisses : Les graisses sont des corps gras, donc hydrophobes, se présentant à l'état solide à température ambiante. Les graisses se différencient des huiles qui, bien que ne se mélangeant pas non plus à l'eau, se présentent sous forme liquide pouvant éventuellement

s'émulsionner avec elle. Les graisses se distinguent également des cires, de composition similaire mais qui possèdent un point de fusion supérieur à 450C.

Les graisses peuvent être solubilisées dans l'eau grâce à des détergents, dont le plus connu est le savon. Les concentrations en graisses sont mesurées par extraction avec différents solvants. Les mesures généralement utilisées portent sur les Substances Extractibles au Chloroforme (SEC) ou les Matières Extractibles à l'Hexane (MEH) dont les valeurs peuvent différer en fonction du pouvoir de solubilité de ces réactifs

Les huiles : L'huile est un terme générique désignant des corps gras, visqueux, qui sont à l'état liquide à température ambiante et qui ne se mélangent pas à l'eau. Les huiles sont d'origine animale, végétale, minérale ou synthétique. Elles se différencient des graisses qui sont pâteuses dans les conditions normales d'utilisation.

Matières en suspension : Les MES sont constituées de toutes les particules organiques ou minérales véhiculées par les eaux. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachés par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux c usées ou les eaux pluviales très riches en MES.

Matières décantables : Elles correspondent aux M.E.S. qui se déposent au repos pendant une durée fixée conventionnellement à 2 heures. Les matières décantables, exprimées en cm^3/l , sont mesurées par lecture directe du volume occupé au fond d'un cône de décantation par le décantât.

Tableau N°II-3-Les valeurs limites pour les usines de ciment et pates chaux
(Décret exécutif n° 06-141, 2006).

PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	C	30	30
PH	-	5,5 - 8,5	5,5 - 8,5
DCO	mg/l	80	120
Matière décantable	"	0,5	1
Plomb	"	0,5	1
Cadmium	"	0,07	0,2
Chrome	"	0,1	0,1
Cobalt	"	0,1	0,1
Cuivre	"	0,1	0,3
Nickel	"	0,1	0,5
Zinc	"	2	5

Pour affiner les analyses des éléments nocifs nous avons, en outre des résultats des prélèvements effectués au fil de l'eau entre 2012 et 2015 par COSIDER canalisation et les résultats d'analyse effectués par ERIS conseil en 2017. Le tableau ci-dessous résume toutes les analyses enregistrées.

Tableau N°II-3-bilan des analyses détaillé

Enchantant	T (°C)	pH	Matières décantables (mg/l)	DCO (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	Cd (mg/l)	Pb(mg/l)	Cr(mg/l)	Co(mg/l)	Cu(mg/l)	Ni(mg/l)	Zn(mg/l)
04/2012	15,1	8,3	20	154	8	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
06/2012	24,2	6,9	4,5	1382	261	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7
09/2012	25	9,22	5	720	10,6	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
12/2012	12,7	9,18	35	336	326	0,03	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,5
02/2013	12,2	7,57	9	720	12	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
09/2013	24,1	7,5	35	119	738	0,03	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,4
12/2013	12,7	7,1	6,5	456	11,2	0,03	0,2	0,2	0,2	0,2	0,52	0,38
04/2014	12,8	7,19	8,1	211	26	0,03	0,2	0,4	0,2	0,1	0,3	0,4
06/2014	26,4	7,48	2,9	182	74	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,25
09/2014	26,4	8	23	379	194	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1
12/2014	10,8	11	5	254,4	749	0,03	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2
04/2015	10,7	7,8	3	182	0,4	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	2,4
06/2015	26,1	10,85	0,8	157	30,8	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,03
09/2015	22,1	10,8	120	965	39	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,8
12/2015	12,7	9,2	6	96	81	0,03	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,5
2017		14	200	263		0,04	0,08	0,09	0,1	0,1	0,1	0,5
Norme	30	5,5-8,5	0,5	80	20	0,07	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	2

II-7-conclusion :

L'activité industrielle exercé par l'unité (la fabrication des éléments en béton) entre selon la norme algérienne dans l'industrie de ciment. Les eaux rejet par l'usine sont charger de :

- *DCO.*
- *Les matière décantable ou les MES :* les argiles qui proviennent de l'impureté des agrégats lavés, le sable échappé et ciment qui provient du lavage du sol de l'installation.
- *Les graisses :* qui provient de lavage des moules.
- *Les métaux lourds*

Par conséquence, pour l'élimination des substances nuisibles on prévoit la projection des ouvrages d'épuration permettant de :

Une protection de la station par un système de dégrillage

- L'élimination des sables par un système de déssablage
- L'élimination des graisse et huiles par une flottation ou une injection d'air.
- Rendre les matières solubles comme les colloïdes et les métaux facilement décantable ou séparable par l'augmentation de leurs tailles.
- Neutralisation du pH
- Elimination de la DCO élevée.

Chapitre III

***Les technique
d'épuration des rejets
industriels
en question***

CHAPITRE III : Les technique d'épuration des rejets industriels en question

III-1-Introduction :

Naturellement l'eau se déparasse des substances en suspension et certain élément chimique indésirable, lorsque la charge polluante demeure au-dessus de la norme. Ce phénomène naturel est t'appelé autoépuration. Cette voie utilise la capacité du cours d'eau, du sol et les sédiments à s'auto-épurer par des procédés physico-chimique et biologique. Mais si la charge polluante est très élevée ou\et toxique comme dans le secteur industriel l'élimination de surplus ou \ et la toxicité est nécessaire.

Ce chapitre comportera tous les procédés connus dans le monde de traitement des eaux résiduaire industrielles et qui élimineront les éléments indésirables pour notre type d'industrie, présenté dans le chapitre précédent (les pollutions qui dépasse la norme algérienne des rejets dans le milieu naturelle). Autrement dit les MES, les huiles et les graisse, les métaux lords le pH et DCO.

Les processus d'épuration, présentés dans chapitre seront classés dans trois grande parties dont chacune son but. Les trois grands traitements à subir aux rejet sont :

- Le prétraitement ou traitement mécanique.
- Le traitement primaire ou traitement physico-chimique.
- Traitement secondaire ou traitement de filtration physique.

III-2-Prétraitement :

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

Les opérations de prétraitement sont les suivantes (une station de traitement peut comporter une ou plusieurs de ces opérations, suivant son importance et la qualité de l'eau brute) :

- Dégrillage.
- Tamisage
- Dessablage.
- Dégraissage, fréquemment associé au dessablage.
- Déshuilage.
- Neutralisation (pour les rejet extrêmement acide ou alcalin)
- Homogénéisation

III-2-1-Dégrillage :

C'est un traitement mécanique qui vise l'élimination des gros déchets (comme les sachets les gros et petite cailloux), en utilisant des barres à la fin d'un canal, inclinées pour maximiser la surface de contact et avec un système de raclage mécanique ou manuelle.

Le dégrillage est nécessaire et indétournable car il a pour but de protéger les ouvrages de la station de traitement des eaux résiduaire et assurer la finesse du cycle de traitement.

Il existe une multitude de type de dérailleur on site les plus utilisés dans les deux tableaux suivants :

Tableau N°III-1-Comparésent entre les dégrilleurs.

	Avantage	Inconvénients
Dégrilleur à grille manuelle	-Faible cout -Pas d'apport d'énergie	-Entretien pénible et fréquent
Dégrilleur à grille automatique	-Efficacité -Peu d'entretien	-Contrôle régulier du fonctionnement
Dégrilleur à nettoyyages par amont	-Optimisation de nettoyage (Pression de peigne réglable)	-Sensibilité au bourrage
Dégrilleur à nettoyyages par aval	-Adapté à de forts débits -Adapté à de grandes profondeurs -Reprise d'importante quantité de matière solide -Faible risque de colmatage -Nettoyage par injecteur qui déverse les détritrus dans une goulotte	-Cout élevé (achat et entretien) -Fragile -Changement souvent de barreaux
Dégrilleur oscillant	-Adapté à des forts débits	-Fiable et performant

Tableau N°III-2-Classification des dégrilleurs selon l'espacement des barres.

Type de dégrillage	Espacement des barreaux
Dégrillage fin	< 10 mm
Dégrillage moyen	10 – 30 mm
Pré - dégrillage	30 – 100 mm

III-2-2-tamissage :

Le tamissage est un dégrillage plus poussé qui permet la rétention des particules plus fine des eaux brute. Pour la protection des équipent de la station, les canaux et les conduites. La filtration se fait sur toile, treillis ou tôle perforée. Le tamissage ne permet ni l'amélioration de la turbidité, car elle est causée par les matières fines en suspension, ni la couleur de l'eau.

Dans le domaine de traitement des eaux résiduaires industrielles on utilise souvent la macro tamissage qui permet l'élimination des matières en suspension, on peut aller jusqu'à 0.2mm. Contrairement au micro tamissage qui a pour problème le colmatage fréquent. Il existe plusieurs types de macro tamis :

- Tamis à nettoyage par eau sous pression : tamis rotatif ou à filtre mécanique
- Tamis à évacuation mécanique des déchets : tamis statique ou rotatif
- Tamis à chaîne filtrante et auto nettoyage continu

III-2-3-Dessablage et Déshuilage :

Le dessablage est un procédé indétournable et essentiel dans n'importe quelle station d'épuration des eaux résiduaires. Il permet de piéger des particules entre 0.2mm et 0.5mm, comme les sables et les graviers. Pour la protection des pompes de la station contre l'abrasion, réduire la quantité de boues produites et éviter la perturbation de chaîne de traitement. Sur le plan rendement un dessableur peut éliminer jusqu'à 70% des MMS (matière minérale en suspension). Le nettoyage du dessableur se fait par raclage de fond, mécaniquement ou par pompe suceuse attachées au fond.

Généralement un dessableur est dimensionné pour une charge hydraulique de $10\text{m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ et un temps de séjour entre 10mn à 15mn. Les type de dessableur les plus utilisés dans le domaine industriel sont :

- Dessableur couloir à vitesse variable ou constante.
- Dessableur circulaire à alimentation tangentielle.
- Dessableur rectangulaire

Très souvent le dessableur est accouplé à un déshuileur qui a comme but l'élimination des huiles et graisses par injection d'air, 0.3m^3 par mètre cube d'eau. Comme dans notre l'industrie il sert à éliminer les graisses issues du lavage des moules.

III-2-4-Homogénéisation :

La variation du débit ainsi la fluctuation de la quantité et la concentration de la pollution durant la journée perturbe énormément le cycle de traitement d'où la nécessité des bassins tampons en amont de la station qui ont pour but la régularisation des débits discontinus ainsi que la charge polluante. Le temps de séjour peut aller d'une heure jusqu'à quelques jours et cela dépend du temps nécessaire pour terminer un cycle de traitement ainsi que le régime de travail.

Ces bassins nécessitent de la maintenance, sur tout dans le cas des rejets agressifs chimiquement et de l'aération pour empêcher le dépôt des matières en suspension.

III-2-5-Neutralisation :

Dans certains cas les rejets industriels sont très alcalins ou acides. Cela nous force à faire une neutralisation en amont de la station pour réduire l'agressivité des eaux résiduaires, protéger les ouvrages et préserver le rendement d'élimination de certaines substances. Les bassins de neutralisation sont dimensionnés généralement selon deux principes :

- Pour un temps de séjour par exemple 5min pour l'ajout de l'acide ou le soude et 1h pour l'ajout de la chaux. Si les rejets ne nécessitent pas d'homogénéisation.
- Si les rejets nécessitent une homogénéisation la neutralisation se fait dans le même bassin

III-3-Traitement physico-chimique :

Pour l'élimination des polluant insoluble dans l'eau naturellement ou rendus par des procédés chimiques qui sont présents dans les eaux prétraiter on a recouru à la deuxième phase de traitement qui est l'ensemble des mécanisme physique et chimique pour rendre la pollution facilement séparable en jouant avec sa taille et sa densité. Par conséquence l'amélioration de la qualité d'eau (turbidité, DCO, pourcentage des métaux lourds et MES).

« Dans le monde de traitement des rejets des industries de minerais non métallique on trouve un choix vaste de technique et technologie qui améliore la qualité de l'eau et élimine les éléments indésirables caractérisant cette activité » (Crini, 2007) :

Physique

Flottation
Décantation
Sédimentation
Centrifugation

Chimique

Précipitation
Coagulation
Floculation

III-3-1-Coagulation et Floculation :

Les matières fines colloïdes sont caractérisées par une charge négative alors elles se repoussent une des autres d'où la nécessité de la coagulation et la floculation. Qui est un procédé chimique incontournable vise le rapprochement des matière colloïde alors augmentation de la densité et la taille, pour faciliter leurs décantations.

III-3-1-1-Coagulation :

C'est un phénomène chimique qui vise la destruction de la couche limite des colloïdes, en ajoutant un coagulant, par conséquence la neutralisation de la charge négative.

La coagulation se fait dans des bassins de mélange rapide, où le temps de séjour ou de contact avec le coagulant est déterminé en se basant sur des résultats expérimentaux obtenus dans un laboratoire. Mais en général on peut aller jusqu'à 5min au max. Ce procès est t'influencé par la dose du coagulant, concentration des polluant, couleur, présence des ions, potentiel zeta (demande électrostatique), température, vitesse de rotation ou gradient de vitesse et le pH du rejet. Le mécanisme de la coagulation passe par quatre étapes essentielles :

- Compression de la double couche des colloïdes
- Adsorption et neutralisation de charges
- Emprisonnement des particules dans un précipité
- Adsorption et pontage entre les particules

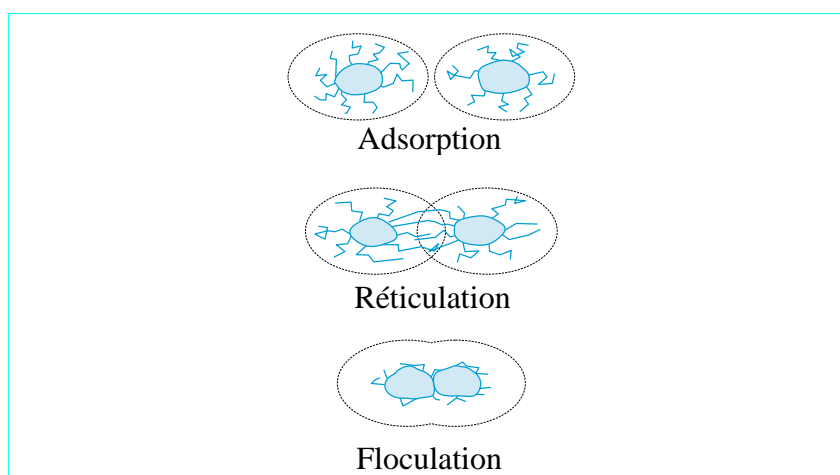
Il y a pas mal de coagulants le sel de fer, sulfate d'aluminium ainsi que des polymères organiques naturels ou synthétiques. Dans le domaine industriel on utilise soit le sulfate d'aluminium ou des polymères (chitine, chitosane) comme des agents de coagulations. Chaque adjuvant a ses points de forces et de de faiblesses qu'on détaillera dans le tableau suivant :

Tableau N°III-3-Comparéson entre polymère organique et sulfate d'aluminium (Crini, 2007).

Coagulants	Avantages	Inconvénients
Sulfate d'aluminium	<ul style="list-style-type: none"> -Disponible. -Pas cher. -Simple à manipuler. -Performant. 	<ul style="list-style-type: none"> -Toxicité. -Production de quantité importante de boues. -Son efficacité dépend énormément du pH. -Moins résistant dans l'eau froide. -Corrosion. -Production des métaux.
Les polymère organique	<ul style="list-style-type: none"> -Moins toxique. -Efficace avec une faible concentration. -Faible production de boue. -Boue formées sont denses. -Non corrosives. -Facile à manipuler. -Utilisables dans des pH alcalins. -Il apporte moins de salinité aux eaux traités. 	<ul style="list-style-type: none"> -Le prix. -La disponibilité.

III-3-1-2 floculation :

La floculation a pour objectif le rapprochement des matières colloïde déstabilisées dans la coagulation. La formation des floccs se fait dans des bassins de mélange long, vitesses faible et un temps de séjour déterminée expérimentalement dans le laboratoire et qui est dans un intervalle de 10minute à 15 minutes. On distingue deux type de floculations, **préscientifique** ou connu aussi sur le nom du mouvement brownien et la floculation **orthocinétique** ou brassage mécanique et les deux partagent les mêmes étapes illustrées dans le schéma suivant :

**Figure N°III-1-Mécanisme de floculation (BOEGLIN, 2017).**

III-3-1-3-Avantages caractéristique et désavantages (Crini, 2007) :

La principale caractéristique de la coagulation et floculation est fixation des polluants et séparation des produits formé mais se traitement présente des points positifs ainsi que des points négatifs. On commence par les points positifs :

- Installation simple.
- Economiquement intéressant.
- Améliore le rendement de MES par l'élimination de matière colloïdes.
- Permet la décoloration.
- Améliore le rendement de DCO.

Les points négatifs sont :

- Le contrôle permanent de procédés.
- Formation de boues alors problème de gestion et traitement de ces dernières.
- Utilisation de produits chimique non réutilisable.
- Manipulation délicate.

III-3-2-Précipitation des métaux :

Les métaux lourds sont des éléments nocifs pour tout organisme vivant si leurs concentrations dépassent la norme. Difficile à être séparé des eaux résiduaires dans leur forme naturelle. On envisage généralement de les transformer à un élément moins nocif (hydroxyde métallique ou sulfure métallique) et plus simple à décanter ou extraire. Cette transformation est appelé la précipitation chimique des métaux.

La précipitation est une réaction de cristallisation obtenu par une simple neutralisation des rejets alcalin ou acide à l'aide d'un réactif jusqu'à une valeur de pH qui permettra une précipitation considérable de tous les métaux en question et qui évitera la reformation de ces derniers ou certains. La littérature est pleine d'agents de précipitation qui concerne le domaine industriel et qui seront détaillé dans le tableau qui suit :

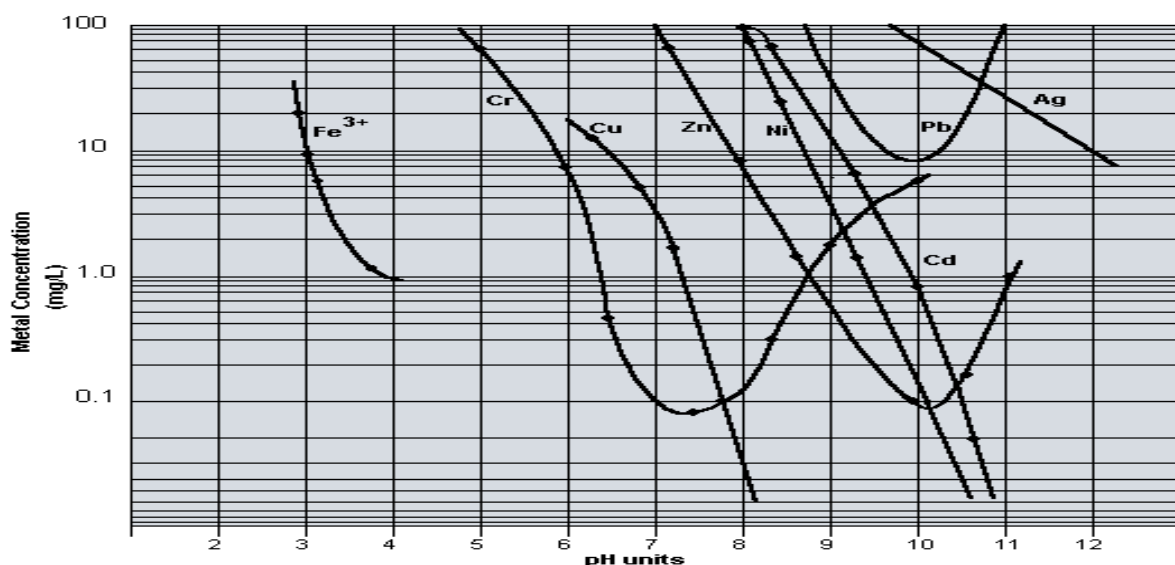


Figure N°III-2-Courbes de précipitation des principaux métaux (Foucher, 1999)

Tableau N°III-4- Principaux précipitant (TATANGELO, 2006)

<i>Précipitants</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Hydroxyde de sodium (soude) NaOH	Coût faible	<ul style="list-style-type: none"> •volumes de boues importants •étapes de séchage coûteuses •inefficace pour des métaux complexés
chaux éteinte Ca(OH) ₂	<ul style="list-style-type: none"> •coût faible •précipités plus compacts que ceux obtenus avec la soude •précipitation des sulfates, phosphates et fluorures •La précipitation du chrome et du zinc présente l'avantage de réduire très fortement le risque de redissolution de l'hydroxyde par suite de la formation de zincates ou de chromites 	<ul style="list-style-type: none"> •problèmes de colmatages •volumes de boues importants •étapes de séchage coûteuses •inefficace pour des métaux complexés
Carbonates (Na ₂ CO ₃)	<ul style="list-style-type: none"> •traitement moins coûteux qu'à la soude 	<ul style="list-style-type: none"> •solubilité des précipités supérieure à celle des hydroxydes correspondants •précipitation généralement incomplète
Borohydrures (NaBH ₄)	<ul style="list-style-type: none"> •boues compactes et facilement récupérables 	<ul style="list-style-type: none"> •surconsommation de réactifs en cas de réactions parasites
Composés soufrés inorganiques (H ₂ S)	<ul style="list-style-type: none"> •précipités très peu solubles • précipitation des métaux faiblement chélatants 	
Insolubilisants organiques SDDC	<ul style="list-style-type: none"> •précipités très peu solubles (moins que les hydroxydes métalliques) •Faible quantité de boues •boues compactes et facilement récupérables •Utilisation sur une large gamme de pH 	<ul style="list-style-type: none"> •toxicité des carbamates et des précipités •coût élevé (supérieur aux équivalents minéraux) •pas de réaction avec les métaux trivalents

III-3-3-La décantation :

La décantation est un procédé physique, qui vient généralement après la coagulation, la floculation et la précipitation. C'est un procédé de clarification et séparation de matière solide dense de la matière liquide sous l'effet de la gravité avec un temps de séjour au voisinage d'une heure et demi. Son principe repose sur la charge superficielle, vitesse de hazen ou vitesse ascensionnelle.

Comme tout procédés de séparation solide liquide le rendement dépend énormément de la taille des particules et l'insolubilisations donc il dépend des procédés chimique en amant. La décantation permet d'éliminer 35% des MES et 65% de DBO5.

Les type de décanteurs présent dans le domaine d'épuration et traitement des eaux sont classés dans 3 grade famille qui sont :

III-3-3-1-Décantation statique ou classique :

C'est une décantation simple qui repose sur l'effet de gravité, avec une charge superficielle de l'ordre 1 à 2 m/h. Dans cette catégorie on trouve les décanteurs suivants, qui ne nécessitent pas de définition :

- Décanteur circulaire sans raclage, avec un fond conique
- Décanteur circulaire avec raclage de boue
- Décanteur rectangulaire avec chaine
- Clarificateur

III-3-3-2-Décantation accélérée :

Son principe repose sur l'amélioration de la floculation et l'utilisation des boues recyclées dans le décanteur qui seront traversées par l'eau floculé. Dans cette catégorie on trouve :

- ❖ Le décanteur à circulation de boue :
- ❖ Le décanteur à lit de boues appelle également
- ❖ Pulsateur

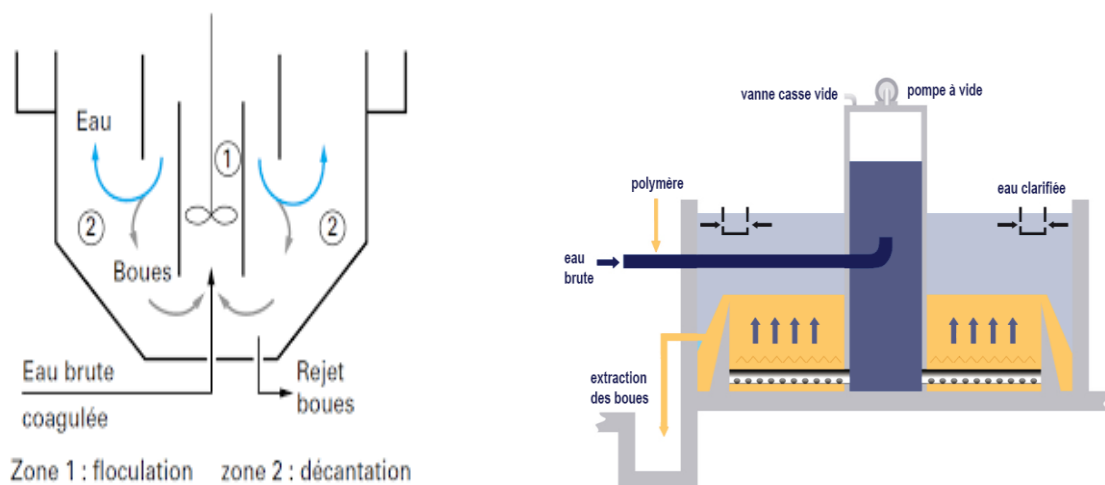




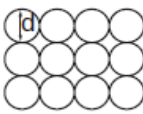
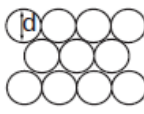
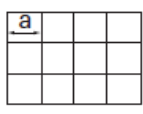
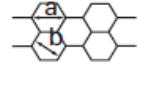
Figure N°III-3-Décantation accélérée (SUEZ, 2019).

III-3-3-3-décantation lamellaire :

C'est une technologie qui a permis d'augmenter la surface de contact et par conséquent avoir plus de décantation, moins de temps de séjour, 10 à 20 minutes, vitesse de 10 à 15 m/h et un espace réduit et compact. Les lamelles sont installées avec un espacement de 5 à 8 cm, une inclinaison de 55 à 60 degrés et un diamètre hydraulique de 80 mm (pour les eaux chargées). Elles sont de forme circulaire, rectangulaire, plates, hexagonal ondulés. Les décanteur lamellaire classique se divisent en trois catégories :

- Le décanteur lamellaire à courant croisé.
- Le décanteur à co-courant.
- Le décanteur à contre-courant.

Tableau N°III-5-Type des lamelles (SUEZ, 2019).

Types de faisceau lamellaire	Sans lamelles	Plaques planes	Plaques planes	Tubes circulaires alignés	Tubes circulaires en quinconce	Tubes carrés	Modules hexagonaux
Diamètre hydraulique équivalent (mm)	-	80 mm (40 mm entre plaques)	160 mm (80 mm entre plaques)	80 mm	80 mm	80 mm	80 mm
Forme	-						
Surface de décantation équivalente	1	16,2	8,1	6,4	7,4	8,1	10,8

Pour améliorer le rendement de cette famille de décanteur on peut les associer à un pulsateur ou une chambre à vide. Donc on aura les bénéfices de pulsateur (meilleure floculation) et la compacité du décanteur lamellaire. L'eau floculée est introduite dans la chambre à vide, cette chambre est maintenue à pression négative pendant un certain temps, pendant lequel le niveau s'élève dans la cloche. Lorsque le niveau dans la cloche atteint 60 à 100 cm au-dessus de la surface du décanteur, le casse-vidé s'ouvre, libérant soudainement un volume d'eau pulsée, distribuée en fond de bassin. Quand le niveau dans la cloche redescend à environ 20 cm au-dessus de la surface du décanteur, le casse-vidé se ferme et un nouveau cycle démarre.

Par conséquent, le lit de boues est soumis à des mouvements verticaux alternés. Il se détend pendant les chasses, réalisées à vitesse élevée pendant un temps court (5 à 10 sec) et se compacte pendant le remplissage de la cloche (20 à 40 sec). Le lit de boue garde une épaisseur fixe car le surplus de boue sera évacué par des galeries qui sont à une profondeur bien déterminée.

Ce type de décanteur n'a pas cessé de se développer. Par conséquent on trouve de nos jours plusieurs pulsateur à lit de boue dont chacun ses points de force et ses caractéristiques.

a-Pulsatube : plus utilisé dans le domaine des traitements pour la surface de décantation qui offre mais en décrétement de son risque colmatage. De nombreuses forme de tube sont présente dans le marché et de nombreuse travaux sont effectuées qui vise l'amélioration de ce type de décanteur. la vitesse ascensionnelle environ deux fois plus forte que dans un Pulsator classique (en pratique $4 \text{ à } 9 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$).

b-Superpulsateur : Cet appareil applique le principe de la décantation lamellaire non plus au simple niveau de la décantation, mais à celui de la floculation-décantation en combinant l'action de plaques inclinées avec celle du lit de boues. Les plaques immergées dans le lit de boues participent à la bonne répartition de l'eau et les tranquillisateurs peuvent en général être supprimés. Deux phénomènes sont simultanément mis en œuvre :

-Les plaques permettent de maintenir dans le lit de boues une concentration environ deux fois supérieures à celle d'un Pulsator fonctionnant à la même vitesse.

-La combinaison de ces deux effets permet, sur un Superpulsator, de doubler la vitesse admissible par rapport au Pulsator classique, soit $4 \text{ à } 8 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ (performance voisine de celles du Pulsatube, lequel manifeste toutefois une meilleure stabilité dans des conditions défavorables de fort ensoleillement et/ou de variations de température).

c-Ultrapulsateur : En croisant le premier et le deuxième type on tombe sur le ultrapulsateur. Ce croisement peut effectivement donner une vitesse ascensionnelle au moins trois fois plus forte que celle du Pulsator classique, de l'ordre de $9 \text{ à } 12 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1}$ en général.

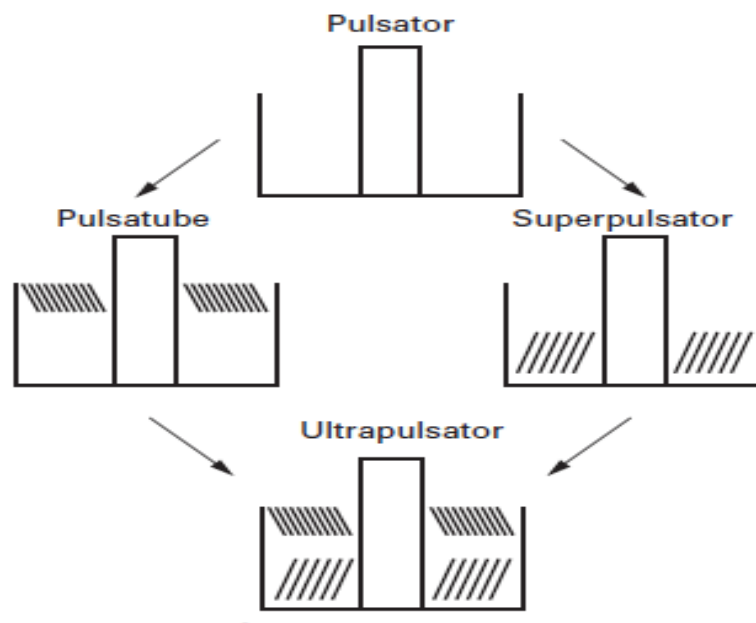


Figure N°III-4-Type de décanteur à lit de boue (SUEZ, 2019)

III-3-4-Flottation :

C'est un procédé physique de séparation solide liquide et liquide liquide, basé sur l'effet de la gravité inverse et la densité apparente des matières en suspension. Contrairement à la décantation, le principe de la flottation est de ramener les matières en suspension à la surface du milieu (eaux résiduaires), puis les évacuer en utilisant un racleur de surface en général. La flottation se divise en trois type flottation naturelle, assistée et provoquée. Son principe de dimensionnement est basé sur la charge superficielle qui est le rapport entre le volume d'air injecter sur la masse du solide flottant (obtenue par des analyses et des tests au laboratoire). Cette vitesse est entre 5 et 10m/h. en fonction de la composition des rejets ainsi que le conditionnement chimique en amont et la technologie utilisée. La flottation offre un bon rendement mais utilise une source d'énergie qui varie selon la technologie utilisée. Il existe quatre technologie de flottation qui seront illustré dans le tableau suivant :

Tableau N°III-6-Type de flottation (BOEGLIN, 2017)

<i>Procédé</i>	<i>Taille des bulles (µm)</i>	<i>Consommation d'énergie (Wh/m³ traité)</i>	<i>Temps de séjour (min)</i>	<i>Principales applications</i>
Flottation par insufflation d'air	100 à 500	20 à 30	2 à 5	Élimination : huiles, graisses...
Flottation mécanique	100 à 1000	100 à 200	2 à 15	Dégrossissage de suspensions de polymères, latex, élastomères
Flottation par air dissous (ou aéroflottation) avec 20 % de recirculation	40 à 70	45 à 60	20 à 30	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrocarbures • Solvants • Fibres • Suspensions de fines particules floculées (effluents industriels et urbains)
Électroflottation	50 à 100	150 à 200	20 à 30	mêmes applications que pour la flottation par air dissous

III-3-5-La décantation par séparateur centrifuge :

La décantation par séparateur centrifuge repose sur les mêmes principes de la décantation statique mais elle recoure en plus que la force de gravité, la force de centrifuge Et elle permet aussi la séparation liquide liquide. Ce procès est trop exigeant et nécessite le comblement des points suivants :

- Masses volumiques des phases à séparer doivent différer de 10% minimum
- Viscosité cinématique des phases liquides doit être inférieure à $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.
- Diamètre des particules en suspension doit être d'au moins $0,5 \mu\text{m}$ (les émulsions colloïdales ne peuvent pas être traitées par centrifugation sans floculation préalable).

Il existe trois types de séparateurs :

- Le décanteur épaisseur, dont le coefficient de centrifugation varie de 500 à 4 000 g en fonction de la taille. Il permet d'élever la teneur en extrait sec de boues de 1% à 8% environ.
- Le décanteur centrifuge, dont le coefficient de centrifugation varie de 2 000 à 5 000 g. Il permet le traitement en continu de suspensions de teneur solide très variable, mais faciles à séparer. Il permet en outre une clarification et un essorage efficace. Sa gamme de débit va de 1 à 140 m³/h.
- Le séparateur à disques, dont le coefficient de centrifugation varie de 5 000 à 11 000 g. Il permet tout type de séparation, la clarification, la purification et la concentration. Sa gamme de débit va jusqu'à 200 m³/h. Selon le modèle, il peut traiter des concentrations de solide de 1% à 25%.

La décantation centrifuge est utilisée préférentiellement à la décantation statique dans les cas suivants :

- Pour chercher à limiter voire arrêter une transformation physico-chimique ou biologique dans une ou plusieurs phases.
- Pour avoir une installation peu volumineuse.
- Si la faible vitesse de sédimentation de la phase solide exige des décanteurs statiques trop importants.
- Si la séparation exige des conditions de température et de pression très strictes.
- Si les produits traités possèdent un coût élevé.

Par contre, la décantation statique est à favoriser lorsque les volumes horaires concernés sont importants (des centaines ou des milliers de m³/h) avec des particules solides en faible concentration, possédant une vitesse de sédimentation élevée.

III-4-Traitement secondaire :

Dans cette phase de traitement et après l'amélioration de la qualité des eaux résiduaires sur le point de vue DCO et MES. On vise de pousser la finesse de traitement plus loin par des procédés de filtration physique et adsorption qui servent à réduire d'avantage la DCO les MES et surtout les métaux lourds.

III-4-1-La filtration :

Un procédé de traitement des eaux résiduaires classique qui vise l'élimination des matières en suspension, simple à réaliser et entretenir. Mais il nécessite pour un meilleur rendement une floculation et décantation en amont ainsi que l'ajout des adjuvants de filtration comme principalement, les kieselguhrs et les perlites. On distingue deux types de filtration :

III-4-1-1-Filtration sur support :

« Le mélange est amené au-dessus du filtre (membrane, grille, toile...). La filtration se fait sous pression. La phase solide se dépose sous la forme d'un gâteau (ou tourteau) sur le filtre. L'épaisseur du gâteau étant croissante au cours du temps, la vitesse d'écoulement diminue. Dans certaines techniques, on augmente la pression de manière à conserver un débit constant. Bien souvent, la différence de pression, pour vaincre la perte de charge à la traversée du milieu filtrant résulte de la simple gravité du mélange, mais peut aussi être créée par centrifugation » (Saint-Etienne, 2019).

III-4-1-2-Filtration sur profondeur :

Largement utilisé dans l'épuration des eaux industrielles pour sa simplicité et efficacité. La filtration en volume repose sur le principe de la rétention des MES sur des matériaux granulaires (milieu poreux) comme le sable, zéolithe et verre recyclé avec une finesse de filtration respectivement de 50, 5 et 15 microns. La filtration peut être sur une seule couche ou plusieurs sous-couches en ajoutant, grenat de taille 0,2 à 0,4mm anthracite de 1mm.

La filtration sur profondeur se divise en deux catégories : filtration surpression ou filtration rapide et filtration gravitaire ou filtration lente. Bien que la filtration sous pression est plus compacte. Elle est moins utilisée comparée à la filtration ouverte, dans les pays en voie de développement. Cette dernière se résume en batteries ou bassins en béton armé en général qui contiennent un lit filtrant homogène dont la hauteur de 0,8m à 1m, une hauteur d'eau de 0,5m et une zone d'évacuation d'eau filtré séparé de la zone de filtration par un plancher en béton. La couche du matériau filtrant se colmate avec le temps d'où la nécessité de lavage sur trois étapes la première avec l'air la deuxième avec un mélange d'air et d'eau la troisième avec de l'eau. Tous les trois se font au sens inverse de la filtration.

L'utilisation vaste des filtres lents se justifie dans le tableau suivant qui compare les deux types de filtration.

Tableau N°III-7-Comparéson entre les type de filtration (Crini, 2007).

Type de filtre	Avantage	Inconvénient
<i>Filtre lent</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Permet d'éliminer la coagulation et floculation -Matériaux de construction simple et disponible -La procuracyon de sable est simple -Permet d'éliminer les bactéries -Les effluent ne sont pas corrosif et de qualité constante. -Entretien et surveillance de fonctionnement simple 	<ul style="list-style-type: none"> -Nécessite une surface et quantité de sable importantes donc un investissement couteux -Exploitation et utilisation couteuse. -Rendement de décoloration médiocre -Mauvais rendement lorsque l'eau est riche en algues (cas de filtre à sable)
<i>Filtre rapide</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Compacte donc surface occupée réduite -Investissement moyen 	<ul style="list-style-type: none"> -L'ajout des agents chimique est plus difficile à réaliser -Contrôle de fonctionnement impossible -Un entretien difficile -Vitesse importantes

III-4-2-La filtration paressoreuse centrifuges (Saint-Etienne, 2019) :

C'est une combinaison entre la centrifugation classique et le filtrage sur support. Eau présente dans le bol passe par les matériaux filtrant appelés le gâteau, qui se trouvent sur les parois du bol sous l'effet de la force centrifuge pour vaincre les pertes de charges. Ce procès est largement utilisé dans le traitement des eaux résiduaires industrielles avec ces quatre types qui sont :

- L'essoreuse à pousoirs, utilisée pour la filtration. Elle est équipée d'un pousoir qui évacue périodiquement les solides hors du bol. Son débit solide est de 0,8 à 35 t/h. La teneur en solides oscille entre 20 et 75 %. La dimension des particules doit être comprise entre 40 et 100 mm.
- L'essoreuse à couteaux, utilisée pour la filtration et la séparation. Elle permet de laver et de collecter des particules solides de 5 m à 10 mm tout en les amenant mécaniquement à une faible humidité. Son débit solide varie de quelques kilos à quelques tonnes. La teneur en solides oscille entre 5 et 60%.
- L'essoreuse à panier, utilisée pour l'essorage et la sédimentation. Elle permet l'essorage de copeaux ou de pièces métalliques (on les sépare des liquides d'usinage ou des excédents de bains de traitement de surface). Son débit solide va de quelques dizaines à quelques centaines de kilogrammes. La teneur en solides attendue est entre 5 et 60%. La dimension des particules se situe entre 5 m et 10 mm.
- L'essoreuse vibrante, utilisée pour l'essorage de produits en vrac, en gros grains, ou faciles à essorer. En effet, son coefficient de centrifugation n'excède pas 120 g. Son débit solide varie entre 20 et 350 t/h.

Cette technique représente un rendement bien meilleur que la filtration classique avec une capacité et efficacité importantes mais elle a ces défauts qui sont le coup d'investissement, l'entretiens, la manipulation et la consommation d'énergie.

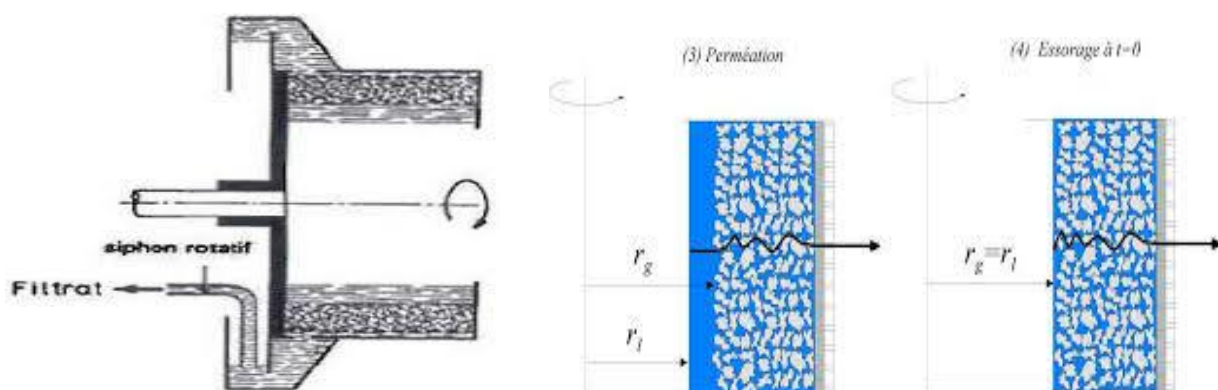


Figure N°III-5-Schémas explicatifs de l'essorage

III-4-3-Adsorption sur le charbon actif :

L'adsorption est un procédé à la fois physique et chimique. Similaire à la filtration le principe de ce procédé se résume dans la fixation et l'accumulation des importées sur la surface de l'adsorbant. L'adsorption sur le charbon actif est largement utilisé dans le domaine de traitement des rejets industriels car elle offre la capacité d'éliminer les métaux lourds restants, réduire de manière phénoménale la DCO, l'élimination des impuretés toxique non biodégradable et enfin l'élimination de la pollution organique restante. Dans le marché on trouve le charbon actif sur deux forme le charbon actif en poudre CAP et le charbon actif en grain CAG. Dont chacun ses caractéristiques son mode d'emploi sans oublier ses point positif et négatif :

III-4-3-1-Le charbon actif en poudre (CAP)

Il se présente sous forme de particules de dimensions comprises entre 10 et 50 μm . Il est le plus souvent utilisé en combinaison avec les traitements de clarification. Introduit en continu dans l'eau avec les réactifs de floculation, il se trouve inséré dans les floccs en alourdissant ces derniers et adsorbant les éléments indésirables. Enfin il se décante et se mélange par conséquence avec les boues décantées.

Ses avantages :

- Il est environ 2 à 3 fois moins chers que les charbons en grains.
- Favorise la décantation en alourdissant le floc.
- Son dosage en quantité réglable peut suivre la concentration des polluants.
- Son emploi ne nécessite qu'un investissement réduit quand le traitement ne comporte qu'une étape de floculation-décantation (il suffit de prévoir un simple poste de dosage de charbon actif).
- Sa cinétique d'adsorption est rapide, une grande surface étant directement accessible.

Ses inconvénients :

- Il est impossible de régénérer le charbon actif lorsqu'il est récupéré en mélange avec des boues.
- Il est difficile d'éliminer les dernières traces d'impuretés sans addition d'un excès de charbon actif.
- Pour pouvoir utiliser le charbon lors des pointes de pollution, il est indispensable d'avoir les moyens de détecter ces pointes ;
- On utilise donc essentiellement le charbon en poudre à l'occasion de dosages discontinus ou de faible importance (inférieurs à 10 à 25 g/m^3), sinon l'économie pousse à utiliser le charbon en grains régénérables.

III-4-3-2-Le charbon actif en grains (CAG)

Les caractéristiques physiques du charbon en grains varient suivant les matériaux d'origine de sa fabrication. Il est utilisé sous forme de lit filtrant traversé par l'eau à traiter, dont les impuretés se trouvent ainsi soumises à une extraction méthodique. En effet, l'eau est débarrassée progressivement de ses polluants rencontre des fractions de charbon actif de moins en moins saturées et donc de plus en plus actives.

L'économie d'un traitement sur charbon actif est essentiellement fonction de la capacité utile du charbon, exprimée en g de polluant (DCO-COT) fixé par kg de charbon actif, qui conditionne la « consommation de charbon » pour obtenir un effet déterminé. Or, pour un système donné (eau polluée-charbon), cette capacité utile est fonction :

- De la profondeur du lit : plus un lit est profond, plus il tolère des fronts d'adsorption allongés.
- De la vitesse d'échange : 3 volumes d'eau par volume de charbon et par heure pour les cas de pollution élevée et 5 à 10 volumes d'eau par volume de charbon et par heure pour le cas du traitement des eaux de consommation, où les teneurs en produits adsorbables sont faibles.
- De la matrice organique de l'eau exprimée par le COT et l'absorbance UV : elle entre en compétition avec les micropolluants pour occuper les sites d'adsorption du CAG. La capacité d'adsorption du CAG vis-à-vis de ces substances diminue donc quand le COT augmente.

Dans le monde de traitement des eaux le charbon actif sous forme de grain est utilisé en général selon trois façon et qui sont :

- **Lits fixes simples** : cette technique est largement utilisée dans les traitements de potabilisation. À mesure que le charbon retient des micropolluants, le front d'adsorption progresse en profondeur et il faut remplacer le charbon usagé par du charbon neuf lorsque la teneur de l'eau traitée en micropolluant résiduel atteint un seuil d'alarme. Le charbon usagé est soit jeté (quand il s'agit d'une qualité dite « non régénérable »), soit régénéré par un nouveau traitement thermique de réactivation en atmosphère contrôlée.
- **Lits fixes en série** : en traitement d'eaux résiduaires, on utilise plusieurs colonnes en série, régénérées par permutation.
- **Lits mobiles** : ils fonctionnent aussi à contre-courant mais avec un seul lit dont la base peut être fluidisée pour faciliter l'extraction du charbon saturé.

Le charbon actif est un produit coûteux. Il serait, la plupart du temps, prohibitif de remplacer le charbon saturé qu'il faut donc pouvoir régénérer. À cet effet, trois méthodes ont été développées

- **Régénération à la vapeur :** Cette méthode est limitée à la régénération de charbon n'ayant fixé que quelques produits très volatils (ex. des solvants chlorés) ; toutefois, l'application de vapeur peut être intéressante pour décolmater la surface des grains et stériliser le charbon.
- **Régénération thermique :** Le chauffage vers 800 °C sous atmosphère contrôlée, c'est la méthode la plus employée qui permet de bien régénérer le charbon actif, mais a un double inconvénient d'investissements lourds et de pertes élevées (7 à 10 % par régénération), c'est-à-dire qu'après 10 à 14 régénérations, on a statistiquement remplacé entièrement la masse de CAG.
- **Régénération biologique :** Le biofilm bactérien fixé sur le CAG minéralise tout ou partie de la fraction biodégradable des matières organiques adsorbées ce qui peut être considéré comme une biorégénération continue mais partielle ; celle-ci ne dispense donc pas de la nécessité des régénérations thermiques, mais elle augmente la capacité utile d'adsorption vis-à-vis des molécules réfractaires et allonge la durée de vie du CAG entre deux régénérations thermiques.

III-5-Conclusion

Ce chapitre montre que pour le traitement et l'élimination de la pollution présente dans les eaux résiduaires de l'UTB et tout usine avec une activité similaire des éléments. On trouve une multitude de choix et des cycles de traitement possible.

Dans notre cas on prend deux variantes suivantes un cycle d'épuration qui se compose de :

- Un dérailleur : capable de protéger la station monobloc
- Déssableur et déshuileur : pour se débarrasser des sables et des graisses issues des moules
- Un bassin tampon d'homogénéisation, de neutralisation et de précipitation.
- Un coaguleur et flocculeur
- Un décanteur
- Un adsorbent : pour réduire la DCO et les trace de métaux restants.
- Un réservoir d'eaux épurées : pour contrôler les anomalies et pour recyclage des eaux

Chapitre IV :

Traitement Des boues d'épuration

CHAPITRE IV : Traitement des boues d'épuration.

IV-1-Introduction :

La dépollution des eaux résiduaires industrielles ou domestique est considéré comme le premier pas vers la préservation de l'environnement. Mais élimination des éléments nuisibles qui se trouvent dans les eaux résiduaires par n'importe quel cycle de traitement et épuration, ne permet pas de se débarrasser définitivement de ces derniers.

En réalité l'épuration des eaux usées est l'extraction et la séparation de la pollution physique, chimique et biologique du milieu en question. En l'agglomérant dans un concentrât pâteux liquéfier. Ce concentrât est connu sous le nom de boues.

Les boues industrielles sont des produit plus nuisible pour l'environnement d'où la nécessité de les classées, les caractérisées, les traitées puis les stocker ou dans un scénario plus optimiste les réutilisées.

IV-2-Classification des boues :

Dans le monde de traitement des boues industrielle la première étape à faire est de bien connaître les boues en questions. Pour cela il faut les classer, dans la littérature les boues industrielles sont classer selon trois critères :

- Selon l'activité industrielle.
- Selon le traitement effectué sur la file d'eau.
- Selon leurs propriété physico-chimique.

IV-2-1-Classification selon le type de traitement :

Dans un cycle de traitement ou épuration les phases qui génèrent des boues sont : le près traitement, le traitement primaire qui est un traitement physico-chimique et le traitement secondaire plus précis le traitement biologique. Par conséquence les boues obtenues de ces trois phases sont les suivantes :

Les boues primaires : obtenues par simple décantation d'un résidu insoluble. Ces boues correspondent à la pollution particulaire directement décantable. Elles sont produites par les industries de la cellulose (fabrication de pâte à papier...), les industries de traitement des métaux, des minerais, les industries agroalimentaires générant des déchets fibreux (conserveries, plats préparés...), etc.

Les boues biologiques : sont issues d'un bassin aéré ou d'une cuve anaérobie. Par rapport aux boues d'ERU (eaux résiduaires urbaines), auxquelles elles ressemblent beaucoup, la fraction de

matières volatiles (FV) avoisine couramment 80 à 90 %. Ces boues sont issues principalement des industries chimiques et pharmaceutiques, agroalimentaires (laiteries, boissons...), textiles et, plus généralement, de toute industrie rejetant de la pollution organique biodégradable.

Les boues physico-chimiques : sont générées par l'ajout d'un réactif injecté soit en tête de traitement, soit en traitement de finition, en tertiaire. Elles correspondent à de la pollution colloïdale. Compte tenu de l'importance des sels de fer et d'aluminium, on retrouve souvent dans ces boues des hydroxydes de ces deux composés, voire d'autres métaux dans le cas des industries de traitement de surface. Signalons également les sels de calcium précipités par les traitements de neutralisation à la chaux.

IV-2-2-Classification selon l'activité industrielle :

L'activité exercé par l'usine contrôle énormément les caractéristiques des boues issues de la filière de traitement. Dans le tableau suivant illustre ce critère de classification pour tout type d'industrie connu et classé par la norme algérienne :

Tableau N°IV-1-Origines industrielles des boues (GUIBELIN, 2017).

Secteur	Industrie	Type de boues générées	Dévolution courante
Élevage	Élevage porcin, aviculture	Boues fraîches ou digérées de lisiers et fientes	Épandag
Agroalimentaire	<i>Conserverie</i> Boissons Sucreries <i>Laiteries et dérivés</i> <i>Abattoirs</i> Biscuiterie Huilerie Plats cuisinés	Boues primaires riches en cellulose Boues biologiques d'aération prolongée Boues digérées	Épandage
Bois, papier, carton, papeteries	Transformation du bois <i>Papeteries</i>	Boues primaires fibreuses Boues biologiques	Incineration Épandage Cimenterie
Chimie, parachimie, pétrole	<i>Raffinage</i> Engrais Peinture Pharmacie, phytosanitaire Matières plastiques	Boues physico-chimiques Boues biologiques	Incineration Décharge
Cuir et peaux	<i>Tanneries</i> , mégisseries	Boues primaires Boues biologiques	Décharge (DIS) Incineration

Tableau N°IV-2-Origines industrielles des boues (suite) (GUIBELIN, 2017).

<i>Secteur</i>	<i>Industrie</i>	<i>Type de boues générées</i>	<i>Dévolution courante</i>
<i>industries minérales</i>	<i>Fabrication du ciment, de la chaux Verrerie Briqueterie</i>	<i>Boues primaires</i>	<i>Décharge</i>
Mécanique et traitement de surfaces	Boues primaires Boues physico-chimiques	Décharge (DIS)	Mécanique et traitement de surfaces
Sidérurgie, métallurgie	Aciéries, fonderies Cokeries Hauts-fourneaux, laminage Électrolyse de l'aluminium	Boues primaires Boues biologiques	Recyclage
Textile	Boues physico-chimiques Boues biologiques	Décharge	Textile
Industries extractives	Extraction et concassage du fer, de la potasse, de l'uranium, de la fluorine...	Boues primaires Boues de biolixiviation	Décharge (DIS)

IV-2-3-Classification selon les propriétés physico-chimique :

Ce classement est crucial car il permet de déduire le comportement des boues dans la phase de traitement ainsi que le choix de la filière de traitement des boues qui sera économique et avec un rendement toléré. Ce classement se base sur deux critères la composition des boues (minérales ou/et organique) et leur comportement à la présence de l'eau (hydrophile ou hydrophobe).

Tableau N°IV-3-Propriétés physico-chimique des boues (GUIBELIN, 2017).

Propriété	Provenance (issues)
Organiques hydrophiles : <i>très organiques, elles contiennent 40 à 90 % de matières volatiles.</i>	-usines d'épuration ; -traitement des eaux résiduaires des industries agricoles et alimentaires ; -traitement des eaux résiduaires des industries textiles ; -traitement des eaux résiduaires de la pétrochimie.
Huileuses hydrophiles : <i>elles contiennent des huiles minérales ou des hydrocarbures</i>	-traitement des eaux résiduaires de raffineries ; -traitement des eaux résiduaires des ateliers mécaniques ; -traitement des eaux résiduaires des laminages et de la métallurgie.
Huileuses hydrophobes : <i>elles contiennent des oxydes mélangés à des huiles minérales</i>	Boues issues du traitement des eaux résiduaires de laminoir.
Minérales hydrophiles : <i>elles contiennent une forte proportion d'hydroxydes métalliques</i>	-traitement des eaux de rivière ou de forage ; -traitement des eaux résiduaires du traitement de surface des métaux ; -traitement des eaux résiduaires de teinturerie ; -traitement des eaux résiduaires de tannerie ; -traitement des eaux résiduaires de fonderie ; -lavage des fumées.
Minérales hydrophobes : <i>elles contiennent une forte proportion de carbonates</i>	-Boues de décarbonatation issues du traitement des eaux de rivière ou de forage. -Boues de sidérurgie. -Boues de lavage des gaz et fumées.
Fibreuses : <i>elles contiennent de 20 à 80 % de fibres.</i>	-Boues issues du traitement des eaux résiduaires de papeterie -tonnerie.

IV-3-*Caractérisation des boues.*

VI-3-1-*Caractérisation physico-chimique :*

En général les propriétés physico-chimiques des boues issues d'activités industrielles sont faciles à déterminer. En connaissant la nature et les produits utilisés dans le cycle industriel on peut connaître les déchets générés ainsi que les boues. En se basant sur les notions suivantes on peut déterminer d'une manière précise la caractérisation physico-chimique des boues et le traitement adéquat.

- **Matière sèche MS et siccité S :** C'est le paramètre principal de la définition de filière et surtout un des plus faciles à mesurer. MS est exprimé en g/L. Rapporté à la masse totale de boue, on l'exprimera en fraction massique S qui correspond à la siccité. Il permet de connaître la quantité de boue à traiter, quel que soit son niveau de concentration dans la filière de traitement. Pour un traitement purement physique, sans dégradation et en faisant abstraction des matières dissoutes, il est invariant au rendement de capture près (quotient du flux de matière sèche sortant, concentré, sur le flux de matière sèche entrant, dilué), la tonne de matière sèche tMS est donc une unité couramment employée. La mesure de MS se fait par pesée après passage à l'étuve à 105 °C ou par infrarouge.
- **Matières en suspension MES :** Si les MS sont faciles à déterminer sur les phases concentrées, il n'en va pas de même sur les phases clarifiées (surverses, filtrats, concentrats...) où la procédure de mesure des MES par filtration sur membrane est plus appropriée. Afin d'écrire un bilan matière rigoureux soit en MS, soit en MES sur une opération de séparation de phase (qui ne sépare que les MES), on reliera les deux paramètres par la relation expérimentale suivante : $MES = MS - [\text{substances organiques et minérales dissoutes}]$
- **Fraction volatile FV (en % des MS) :** C'est le rapport des matières volatiles MV (en g/L) sur les matières sèches MS (en g/L). Elle donne une précieuse indication sur le degré de stabilisation de la boue, et son aptitude à divers traitements (déshydratation, incinération...). Plus elle est faible, meilleure est l'aptitude de la boue à épaissir ou à se déshydrater, mais moins bonne est son exothermicité en incinération. En première approximation, on considère que $MV = MO$ (matière organique), les MV étant classiquement appréciées par perte au feu à 550 °C.
- **Indice de boue SVI (Sludge Volume Index) :** Il caractérise l'aptitude à la décantation, et donc ultérieurement à l'épaississement puis à la déshydratation d'une boue issue d'un traitement biologique. Il est à relier indirectement aux MS et MV. Plus il est faible, meilleure est l'aptitude de la boue à épaissir.
- **DCO, DBO, PT, NTK :** Leur connaissance est secondaire sur la chaîne de traitement des boues. En revanche, il est important de connaître les valeurs des différents surnageants, surverses, filtrats, etc. retournant en tête du traitement d'eau et pouvant couramment représenter 5 à 25 % k des boues.
- **Composition des matières organiques :** La connaissance de la composition élémentaire de la boue en terme de C,H,O,N,S permet de déterminer l'aptitude d'une boue à être

dégradée biologiquement (digestion anaérobie avec production de biogaz) ou thermiquement (incinération) par écriture de la stœchiométrie de dégradation. Elle est exprimée par rapport aux MV, voire par rapport aux MV dégradables uniquement si l'on s'intéresse à la stabilisation biologique. $C_5H_7O_2N$ est souvent pris comme « formule brute » d'une boue biologique.

- **PCI (pouvoir calorifique inférieur)** : Son importance est primordiale en incinération. Généralement exprimé par rapport aux MV, il est à relier au C, H, O, N, S par écriture de la stœchiométrie de combustion. Différentes approches (formule de Dulong, théorie des électrons disponibles, etc.) permettent de le calculer approximativement, à défaut de le mesurer expérimentalement à la bombe calorimétrique.
- **Composition des matières minérales** : Silice, alumines, carbonates et phosphates constituent les éléments les plus couramment rencontrés, à l'exception des boues minérales d'industries spécifiques (sidérurgie...). Carbonates et phosphates ont ainsi leur importance pour préciser la qualité agricole d'une boue épandue ; la silice est un élément défavorable en centrifugation. Par ailleurs les chlorures, essentiellement solubles, sont peu appréciés en cas d'utilisation des cendres de boues incinérées en valorisation dans le béton.
- **Micropolluants** : Ils doivent être caractérisés en cas d'épandage agricole comme en cas d'incinération, car ils peuvent alors se retrouver dans les fumées. Les législations se sont longtemps tenues aux seuls micropolluants minéraux en limitant les rejets des métaux lourds suivants : plomb, chrome, cuivre, manganèse, nickel, arsenic, cadmium et mercure. Plus récemment, des préoccupations environnementales ont imposé le contrôle de micropolluants organiques. Par exemple, la législation française précise des teneurs limites en PCB et autres composés à cycle benzénique en cas d'épandage. Il est important en outre de connaître le pouvoir inhibiteur de ces micropolluants en cas de traitement biologique (digestion, stabilisation aérobie ou compostage).
- **Graisses** : Généralement exprimées en MEH (matières extractibles à l'hexane), elles sont intégrées aux MV. Cette teneur est prise en considération dans toutes les opérations biologiques ou de combustion. En outre, cette mesure peut conduire à une prévention contre les phénomènes de colmatage (tuyauterie, capteurs...), de croûtage (digesteurs) ou encore de déficience de transfert d'oxygène (stabilisation aérobie...).
- **Fibres** : Au niveau submicronique, les fibres peuvent diminuer la résistance spécifique de la boue, et donc améliorer la déshydratabilité de celle-ci. En revanche, riches en lignine, elles peuvent constituer une partie non négligeable de la fraction non dégradable des MV dont il faut tenir compte, en digestion par exemple.
- **Germes et parasites** : Si les colibacilles ne constituent qu'un indice de stabilisation, la teneur en germes est primordiale afin de juger de l'opportunité de la dévolution agricole. En France, la législation prend en considération une classe de virus (entérovirus), une classe de bactéries (salmonelles) et une classe de protozoaires (œufs d'helminthes).

- **pH, température, potentiel d'oxydoréduction, conductivité** : Ces paramètres n'ont pas de valeur prédictive en traitement des boues mais ils permettent de mettre en évidence un dysfonctionnement du type vieillissement ou acidification d'une boue dégradant les performances de la filière.
- **AGV (acides gras volatils)** : De même que précédemment, ils ne sont la plupart du temps que des paramètres de contrôle du bon fonctionnement d'une opération unitaire : la digestion.
- **TAC (titre alcalimétrique complet)** : C'est un indice de la dureté carbonatée des eaux. Il correspond à la teneur en bicarbonates (hydrogénocarbonates), carbonates et alcalis libres des eaux. Il est exprimé, par exemple, en mg/L CaCO₃.

VI-3-2- Caractérisation physique :

Pour tout traitement des boues purement physique et aussi pour le stockage de ces derniers on doit connaître les paramètres physiques qui les caractérisent et qui se résume dans les points suivants :

- **Aptitudes au convoyage et au stockage** : ce paramètre dépend de l'état des boues en question (liquide, pâteux fluide, pâteux liquide, solide et sec). Ainsi que les paramètres physiques de base comme la masse volumique, viscosité et aptitude à coller.
- **Aptitude au traitement thermique** : cette aptitude est généralement déterminée par la conductivité thermique et la capacité thermique.
- **Aptitude à la déshydratation** : cette dernière dépend du temps de succion capillaire, résistance spécifique à la compression, granulométrie et la siccité limite.

IV-3-3- traitabilité :

L'une des importantes caractéristiques de valorisation et stockage des boues est la traitabilité (aptitude à traiter). Cette dernière se résume dans les étapes suivantes :

- La bonne séparation de la phase solide et aqueuse.
- Réduction de volume soit en concentrant soit en consommant la partie solide.
- La stabilisation des boues pour limiter la fermentation.

IV-4-La réduction de volume des boues :

La réduction de volume des boues consiste à éliminer l'eau restant en l'évacuant par différentes techniques purement physiques avec l'aide de réactif chimique pour accroître le rendement connu dans la littérature. Parmi ces techniques et procédés on site :

IV-4-1-Epaississement :

L'épaississement est la première étape du traitement des boues. Il peut être statique (gravitaire) ou dynamique (table d'égouttage, flottation, centrifugation). Les techniques dynamiques, grâce aux faibles temps de séjour, permettent de traiter rapidement, sans anaérobiose, certains types de boues (boues de déphosphoration biologique).

Pour de nombreuses boues industrielles (boues hydrophobes, boues fibreuses...), l'épaississement peut être confondu avec la décantation ou la flottation opérée sur le traitement de l'eau : la boue fraîche sort à plusieurs dizaines de g/L et peut alors être directement envoyée en déshydratation.

IV-4-1-1-Epaississement statique gravitaire :

L'épaississement gravitaire est plutôt adapté aux boues minérales hydrophobes, hydrophiles minérales ou hydrophiles peu fermentescibles. Il permet de concentrer, sous la seule action de la force de pesanteur, des boues en sortie de décanteur ou de clarificateur et de les amener à une concentration de quelques dizaines de g/L en vue d'une digestion, d'une déshydratation ultérieure ou d'un stockage à des fins d'épandage.

Compte tenu du volume d'un épaisseur, s'ajoute souvent à la fonction principale de concentration une fonction secondaire de stockage. Dans le cas de boues organiques très fermentescibles, un stockage supérieur à un jour entraînera des dysfonctionnements sur la filière boue, consécutifs à des fermentations acides non contrôlées, et sur la filière eau (surverses chargées). Les capacités de stockage seront alors avantageusement placées en aval. Si l'on désire cependant stocker ce type de boue, un chaulage in situ sera prévu. Un taux de $\text{Ca(OH)}_2/\text{MS}$ compris entre 10 et 20 % permet d'élever le pH au-dessus de 8,5 et de stopper ainsi, pour quelques jours, les fermentations.

L'évolution de la concentration en boue en fonction de la profondeur est appréciée au laboratoire par la construction d'une courbe de Kynch consistant à suivre l'évolution de la concentration en fonction du temps sur éprouvette normalisée de 1 L. Des méthodes graphiques permettent ensuite de préciser le compromis entre la charge au radier en $\text{kg MS/m}^2\cdot\text{j}$ et la concentration des boues en sortie. A noter qu'un épaisseur statique fonctionnera d'autant mieux que :

- L'alimentation se rapproche d'un régime continu.
- Les boues d'entrée seront diluées ($< 15 \text{ g/L}$, voire 10 g/L) afin de limiter les interactions entre particules.
- Le temps de séjour de la boue et la température sont faibles afin de limiter les fermentations provoquant une surcharge des surverses.

IV-4-1-2-Épaississement dynamique sur table d'égouttage

Sous l'action de polymères spécifiques, les boues sont flocculées dans un bac puis entraînées sur une bande filtrante fonctionnant en continu. L'eau interstitielle est alors drainée par la seule force du champ de pesanteur à travers la toile. Cette dernière est lavée en continu afin d'éviter un colmatage du système.

Par mètre de largeur de bande, il faut compter environ 5 m³/h d'eau sous 7 à 8 bar pour des charges de l'ordre de 100 à 300 kg MS/h. La consommation électrique est de l'ordre de 50 kWh/t MS.

Une variante de cette technologie consiste à remplacer la table plane par un tambour filtrant tournant à faible vitesse.

IV-4-1-3-Épaississement dynamique par centrifugation :

L'épaississement des boues par centrifugation s'applique préférentiellement à des boues issues d'un traitement biologique dans des filières compactes, issues d'un traitement tertiaire physico-chimique, ou bien lorsque l'espace disponible pour une extension ne permet pas de mettre en place un procédé plus extensif du type épaississement gravitaire ou flottation. De plus, les problèmes d'odeurs sont minimisés, l'air étant capté au niveau des pots de dégazage. Enfin, il est possible de combiner les ateliers d'épaississement et de déshydratation dans un même local, ce qui entraîne des coûts d'investissement moindres et une souplesse d'exploitation accrue moyennant un maillage des deux réseaux

Il est possible de travailler sans polymère, mais le rendement de capture est alors limité à environ 80 %, contre plus de 95 % avec polymère.

IV-4-1-4-Épaississement dynamique par flottation :

C'est une technique appropriée aux boues hydrophiles, organiques, hydroxydes ou huileuses ainsi qu'aux boues fibreuses.

Comme en épaississement gravitaire ou en sédimentation, la loi de Stokes s'applique, mais dans un champ de force inverse par rapport à la pesanteur.

Le principe de base consiste à dissoudre de l'air dans une phase aqueuse au sein d'un réservoir sous une pression comprise généralement entre 4 et 7 bar. Ce mélange est ensuite introduit et détendu à pression ambiante dans la cuve de flottation via un dispositif approprié. Selon la loi de Henry, la détente, associée à une forte turbulence, provoque la formation d'un nuage de fines bulles de 40 à 100 µm à répartir le plus uniformément possible dans la section active du flottateur. Ces fines bulles vont au cours de leur ascension se coller aux matières en suspension et les entraîner à la surface de la cuve pour être récupérées (« crémage »). Parallèlement, l'eau clarifiée est soutirée en partie basse (sous-verse) de la cuve de flottation.

Selon le type d'application, on peut avoir recours :

- Soit à la **flottation directe** : l'effluent brut est pressurisé, en totalité ou partiellement, dans une bache avec l'air.
- Soit à la **flottation indirecte** : dans ce cas, c'est l'eau clarifiée de la sous-verse qui est mise en contact avec l'air de pressurisation.

IV-4-2-déshydratation :

Après l'épaississement des boues vient la déshydratation. Le rendement et la consommation des réactifs dépend de la nature des boues et leurs caractéristiques ainsi que l'épaississement pratiqué en amont. Une boue qui épaissit bien par son origine (plutôt hydrophobe, plutôt primaire, plutôt minérale...), par sa fraîcheur (absence de fermentation acide due à des stockages prolongés), etc., se déshydrate bien et consomme moins de réactifs.

Dans la littérature et dans le monde de traitement des boues industrielles on trouve une multitude de proses d'épuration qui seront résumés dans le tableau qui suit :

Tableau N°IV-4-Comparaison entre les techniques de déshydratation.

	Avantages	Inconvénients
<i>Centrifugeuse</i>	Continu. Automatisable. Compact. Capotage intégral (odeurs).	Maintenance et entretien. Texture de la boue. Bruit. Energie.
<i>Filtre à bande</i>	Continu. Coût. Simplicité.	Siccités limitées. Equilibrage à la mise en route. Consommation d'eau. Changement toiles. Main-d'œuvre.
<i>Filtre presse</i>	Siccités élevées. Simplicité. Texture de la boue. Qualité filtrat.	Productivité faible. Coût. Consommation de réactif. Main-d'œuvre. Augmentation masse à évacuer.
<i>Vis presseuse</i>	Siccités élevées. Simplicité. continu.	Coût. Uniquement pour boues fibreuses.
<i>Lit de séchage</i>	Coût faible. Simplicité.	Main-d'œuvre. Espace. Performance faibles et irrégulières (aléas climatiques).

IV-5-Méthodes de réduction des nuisances par stabilisation :

Les techniques de stabilisation vont consister essentiellement à ralentir, voire stopper, les fermentations putrides génératrices de nuisances olfactives. Pour cela, deux stratégies sont envisageables :

- Suivre la logique de biodégradation en consommant la fraction rapidement biodégradable de la boue selon un bioprocédé contrôlé, par digestion anaérobie ou stabilisation aérobie sur les boues liquides ou par compostage sur les boues pâteuses.
- Sortir la boue de son domaine de biodégradation en modifiant le pH (chaulage) ou en rendant l'eau indisponible (abaissement de l'activité de l'eau par séchage). Ces deuxièmes voies ne sont cependant pas pérennes : si la boue retourne dans ses conditions initiales, les fermentations reprennent.

IV-5-1-Stabilisation biologique par digestion :

En traitement des boues urbaines, la digestion mésophile (autour de 35 °C) des boues en culture libre est très répandue. De même, la digestion des effluents liquides industriels fortement chargés en DBO est souvent pratiquée par des techniques de lits fixes ou fluidisés.

En revanche, la digestion des boues industrielles est beaucoup moins répandue. Elle est toutefois applicable à toutes boues à dominante organique, généralement agroalimentaire, et permet à la fois la stabilisation et la réduction de volume.

Dans un digesteur, les matières organiques digérables, dissoutes ou particulières, subissent d'abord une hydrolyse en composés simples par des enzymes spécifiques. Une flore acidogène produit alors des composés acides à partir de ces molécules élémentaires. Enfin, une gazéification est effectuée par une flore méthanogène, permettant une dégradation poussée des MV et la production de biogaz. L'équilibre de l'écosystème est obtenu en maintenant les valeurs du pH, TAC (titre alcalimétrique complet : bicarbonates + carbonates) et AGV dans une gamme de valeurs précises.

Sur une boue organique, 30 à 60 % des MV sont dégradées. La dégradation de 1 kg de MV produit environ 900 L de biogaz. En première approximation, ce biogaz est constitué de 2/3 en volume de méthane (40 % en masse) et 1/3 de dioxyde de carbone (60 % en masse), soit un PCI de l'ordre de 23 MJ/Nm³ pour une masse volumique de 1,13 kg/Nm³

IV-5-2-Stabilisation aérobie thermophile :

Elle consiste à soumettre pendant plusieurs jours des boues épaissies à une bio-oxydation aérobie à 55 °C. Cette technique a surtout été pratiquée aux États-Unis, en Allemagne et en Suisse sur des boues urbaines. Onéreuse, elle présente toutefois l'avantage de bien hygiéniser la boue mais dégrade moins la pollution qu'une digestion.

IV-5-3-Stabilisation biologique par compostage :

Cette technique est applicable aux boues biologiques urbaines ou agroalimentaires, aux boues de papeteries, mais également aux boues de l'industrie pétrolière riches en hydrocarbures. Elle consiste à mélanger des boues pâteuses avec un coproduit lignocellulosique afin de conférer au mélange ainsi constitué une siccité et un degré de vide suffisants pour permettre une décomposition des matières organiques par aération naturelle ou forcée sur une durée de plusieurs semaines.

Elle peut être applicable à des petits volumes. L'industriel produisant des boues épandables peut envisager cette technique.

Le compost obtenu est léger (masse volumique voisine de 500 kg/m³), stabilisé (absence d'odeurs) et facile à manutentionner (gerbable).

Un autre avantage de cette technique est qu'elle consomme également un coproduit qui peut lui-même être un déchet industriel : sciure, copeaux, écorces, carton, ordures ménagères triées. Cette technique s'inscrit donc bien dans un schéma global d'élimination des déchets banals

IV-5-4-Stabilisation chimique par chaulage :

Le chaulage consiste à amener et maintenir sur plusieurs mois un pH supérieur à 12. La dose de chaux, exprimée en chaux éteinte, varie de 20 à 50 % selon le type de boue. Il s'effectue souvent par malaxage de la boue pâteuse et de chaux pulvérulente après l'étape de déshydratation, sauf dans le cas d'une déshydratation sur filtre à plateaux pour lequel la chaux est ajoutée en amont sous forme de lait de chaux à 100 g/L.

Dans le cas d'utilisation de chaux pulvérulente, après la déshydratation, la chaux vive est souvent préférée car elle est plus dense, et donc moins coûteuse à transporter et à stocker et permet surtout, grâce à la réaction d'hydratation, une hygiénisation par élévation de température et un gain supérieur de siccité, de l'eau libre de la boue devenant eau de constitution de la chaux éteinte comptabilisée alors comme matière sèche.

Les boues chaulées, si elles sont par ailleurs conformes à la législation sur l'épandage, sont souvent très appréciées des agriculteurs pour lesquels elles représentent un amendement calcique bon marché. En cas de mise en décharge, la siccité de 30 % est facilement obtenue.

IV-5-5-Stabilisation physique par séchage :

Les procédés de séchage qui amènent la boue à plus de 90 % de siccité. Dans ces conditions, aucune microflore, même fongique, ne peut se développer : la boue est sortie de son domaine de fermentation et reste ainsi stabilisée tant qu'elle n'est pas remouillée. Il n'est donc pas nécessaire de traiter également par voie chimique. De la même manière, une boue stabilisée chimiquement (par chaulage par exemple) peut refermenter si le pH redécroît.

Tableau N°IV-5-comparaison entre les techniques de stabilisation.

Type de stabilisation	Avantages	Inconvénients
Biologique : dégrade les MV selon un bioprocédé contrôlé		
• <i>en phase liquide : digestion</i>	— réduit le volume final de boues (après déshydratation) — produit un biogaz valorisable	— investissement (volume important) — retour d'ammoniaque en tête du traitement d'eau
• <i>en phase pâteuse : compostage</i>	— très bonne qualité agronomique et hygiénique du compost	— technique extensive — main-d'œuvre — réservé à certaines boues
Chimique : inhibe la dégradation incontrôlée (putride) des MV		
• <i>en phase pâteuse : chaulage</i>	— facile et peu coûteux à mettre en œuvre — adapté à certains sols	— ne réduit pas le volume de boue
Physique : inhibe la dégradation incontrôlée (putride) des MV		
• <i>en phase pâteuse : séchage thermique</i>	— compact — réduit le volume final de boues — pratique « industrielle » — adapté à tout type de boue	— coûteux en investissement et en fonctionnement (énergie, maintenance)

IV-6-Conclusion :

L'application de ce chapitre sur l'activité exercé par l'UTB nous ramène à des boues primaires de caractère purement minérales hydrophobe chargés en hydroxyde métallique ou sulfure métallique.

Donc le traitement le plus adéquat et économique pour la réduction de volume et le stockage concernant ce type de boue est généralement un épaissement gravitaire puis une déshydratation. Le dimensionnement de ces ouvrages sera illustré dans le chapitre qui suivra.

« Pour la valorisation et la réutilisation des boues chargées en hydroxyde métallique dans le domaine d'agriculture ainsi que comme un produit combustible est déconseillé. Par contre l'utilisation de ses derniers dans le domaine de Pyrométallurgie ou hydrométallurgie est fortement conseillé par de nombreuses travaux réalisés en France, Allemagne et USA » (TATANGELO, 2006).

Chapitre V

Dimensionnement de la station

CHAPITRE V : Dimensionnement de la station

V-1-Introduction :

Après qu'on a détaillé tous les technique épuration des rejets industrielles. On passera au choix du cycle de traitement le plus adéquat pour les rejets provenant de l'usine. En se basant sur les facteurs suivants :

- La pollution présente
- Le facteur économique
- La durée de vie
- Le facteur social

Pour filière boue on choisira parmi les techniques présenter dans le chapitre précédant et on fait le dimensionnement de cette dernière.

V-2-Données de base :

V-2-1-Pollution :

D'après le laboratoire de contrôle de qualité et de conformité CHELLALI, situé en cité du lycée A-18 Rouïba-Alger. Les bulletins d'analyse physico-chimique pour les rejets de l'unité de fabrication ainsi que la station de lavage des agrégats sont présentés dans les deux tableaux suivants respectivement :

Tableau N°V-1-Les résultat d'analyse de la pollution.

<i>paramètre recherchés</i>	<i>résultats</i>	<i>unité</i>	<i>méthode</i>
pH	14,14	/	Potentiométrique
DCO	263	mg/l	Spectrophotométrique
matière décantable (MES)	200	mg/l	filtration
Cadmium	0,042	mg/l	Spectrophotométrique
Chrome	0,19	mg/l	Spectrophotométrique
Cobalt	0,22	mg/l	Spectrophotométrique
Cuivre	0,24	mg/l	Spectrophotométrique
Nickel	0,23	mg/l	Spectrophotométrique
zinc	0,76	mg/l	Spectrophotométrique
plomb	0,078	mg/l	Spectrophotométrique

V-2-2-Caractéristique physique :

- Régime de travail : **5 jour** par semaine et **2×8h** par jour
- Débit annuelle selon l'ADE : 4673 m^3
- Débit journalier : $Q = \frac{4673}{52 \times 5} = \mathbf{17,973 \text{ m}^3/j}$
- Débit de lavage des granulats : $\mathbf{6 \text{ m}^3/j}$
- Débit de consommation sanitaire : $\mathbf{3 \text{ m}^3/j}$
- Débit rejeté par l'unité : $Q_{rm} = 17,97 - 9 = \mathbf{8,97 \text{ m}^3/j}$
- Débit de pointe : $Q_p = 1,2 \times Q_{rm} \Rightarrow Q_p = 1,15 \times 8,97 = \mathbf{10,32 \text{ m}^3/j}$
- Débit de pointe horaire : $Q_p = \frac{10,32}{8 \times 2} = \mathbf{0,645}$
- Quantité des MES : $[MES] = Q_j \times MES \Rightarrow [MES] = 8,97 \times 200 \times 10^{-3}$
 $\Rightarrow [MES] = \mathbf{1,794 \text{ kg/j}}$
- Quantité des MMS : $[MMS] = [MES] \Rightarrow [MMS] = \mathbf{1,794 \text{ kg/j}}$
- Quantité des MVS : dans notre type d'industrie la concentration des MVS est très faible voir nul.

V-2-3-Ouvrages existant :

Les eaux de rejet d'usine et les eaux rejetées par la station de lavage des agrégats sont drainées gravitationnellement par deux caniveaux rectangulaires qui se joint puis les eaux sont cheminées par un caniveau rectangulaire de jusqu'au réseau d'assainissement autorisé par la zone industrielle. Ce dernier rejette ses eaux dans le court d'eau (OUED SLY).

On trouve aussi deux décanteur, le premier se trouve en aval de la station de lavage des agrégats avec une profondeur de 1,5m qui sert comme attrape des agrégats échappées le deuxième en aval du point de rejet de l'unité de fabrication avec une profondeur de 2,5 m et qui est en état de ruine.

V-2-4-Objectif du traitement :

Les eaux résiduaires rejetées par notre installation finie dans le réseau d'assainissement autorisé par la zone. Mais ce dernier rejette dans le milieu naturel. Et vu que notre installation entre dans la catégorie d'industrie de minerais non métallique de ciment. Donc l'objectif espéré est les valeurs représentées dans le tableau N°II.3 (*VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS POUR L'INDUSTRIE DE CIMENT*). On peut aussi envisager de stocker les eaux traiter pour la réutilisation de ces dernières.

V-3-Dimensionnement des ouvrages de traitement des eaux :

V-3-1-présentation des variantes :

Dans notre cas deux variantes se présentent à nous, chaque variante à ces propres avantages ainsi que ses points négatifs. La première est un cycle assez classique, simple à réaliser et à exploiter mais sur le point d'aménagement il prend beaucoup de place et nécessite plus de travaux génie civile. Pour la deuxième le branche de traitement est assez complexe mais elle est compacte donc moins de travaux génie civile et moins de place.

Les deux variantes partagent le même prétraitement c'est-à-dire : dégrilleur, déssableur-deshuileur et bassin d'homogénéisation, neutralisation et précipitation.

Pour le traitement primaire qui concerne la première variante. La coagulation, la floculation et décantation se fait séparément dans des bassins en béton armé pour la deuxième variante les procédés se fait dans un décanteur lamellaire à multi compartiment fourni par ECOTEC ou EC'eau. Ce dernier a la taille d'un conteneur métallique. Enfin le traitement secondaire par charbon actif. Pour la première variante il s'agit des colonnes remplit de charbon actif sous forme de grains et pour la deuxième, il s'agit de l'ajout de charbon actif en poudre au moment dans la chambre de floculation. Enfin les deux variantes se fini dans le bassin de stockage des eaux traiter ou dans le milieu naturel

V-3-2-Le prétraitement :

V-3-2-1-Le dégrilleur :

$$L = \frac{S \times \sin(\alpha)}{h_{\max} \times (1 - \beta) \times \delta} \dots\dots\dots(1)$$

L : la longueur du dégrilleur

S : la surface du dégrilleur avec $S = \frac{Q_p}{V_e} = \frac{2.03}{3600 \times 0.5} = 3,6 \times 10^{-4} m^2 \dots\dots\dots(2)$

α : l'inclinaison du dégriller

h_{\max} : hauteur d'eau admissible sur les grille avec $0,15 < h_{\max} < 1.5$. On prend $h_{\max} = 0.2$

β : coefficient d'occupation de surface par les barreaux avec $\beta = \frac{e}{e+d} \dots\dots\dots(3)$

e : épaisseur des barreaux e=1 pour les grilles fines, e=2 pour les grilles grossières

d : espacement entre les barreaux d=0,5 pour les grilles fines et d=5 pour grossières

$\beta = 0.67$ pour les gilles fines et $\beta = 0.29$

δ : coefficient de colmatage 0.5 pour les dégrilleurs automatiques

Alors l'équation (1) nous donne :

$$L = \frac{3,56 \times 10^{-4} \times \sin(60)}{0,5 \times (1 - 0,67) \times 0,5} = 0,38 \text{ cm} \text{ Pour les grilles fines}$$

$$L = \frac{3,56 \times 10^{-4} \times \sin(60)}{0,5 \times (1 - 0,29) \times 0,5} = 0,18 \text{ cm} \text{ Pour les grilles grossières}$$

Remarque :

La longueur du dégrilleur est trop petite pour les deux cas alors on peut placer un dégrilleur verticale classique avec la même longueur du caniveau.

Dans cette étape on vise l'élimination des gros déchets qui nuisent au traitement primaire et les ouvrages en aval et non l'amélioration des caractéristiques physique et chimique des eaux traitées.

V-3-2-2-Dessableur-deshuileur :➤ **Le déssableur circulaire avec un fond conique :**

Débit de dimensionnement (Q_p) : $0,645 \text{ m}^3/\text{h}$

Charge hydraulique : $V_c = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

Temps de séjour : $t_s = 10$ minutes

L'angle du radier : $\beta = 30$ degré

La surface du déssableur : $S = \frac{Q_p}{V_c} \Rightarrow S = \frac{0,645}{15} = 0,06 \text{ m}^2$

Le diamètre du déssableur : $D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 0,06}{\pi}} = 29 \text{ cm}$

Volume du déssableur : $V = Q_p \times t_s \Rightarrow V = \frac{0,645 \times 10}{60} = 0,11 \text{ m}^3$

Hauteur du cône : $h' = \frac{D}{2 \times \text{tg}(\beta)} \Rightarrow h' = \frac{0,29}{2 \times \text{tg}(30)} = 0,25 \text{ m}$

Hauteur du cylindre : $h = \frac{V}{S} - \frac{D}{6 \times \text{tg}(\beta)} \Rightarrow h = \frac{0,11}{0,06} - \frac{0,29}{6 \times \text{tg}(30)} = 1,75 \text{ m}$

Débit d'air injecté : $q_{air} = 1,5 \times Q_p \Rightarrow q_{air} = 1,5 \times 0,645 = 0,97 \text{ m}^3/\text{h}$

Les dimensions normalisées en mètre : $D \cdot h = 0,3 \cdot 2$

$$D \cdot h' = 0,3 \cdot 0,25$$

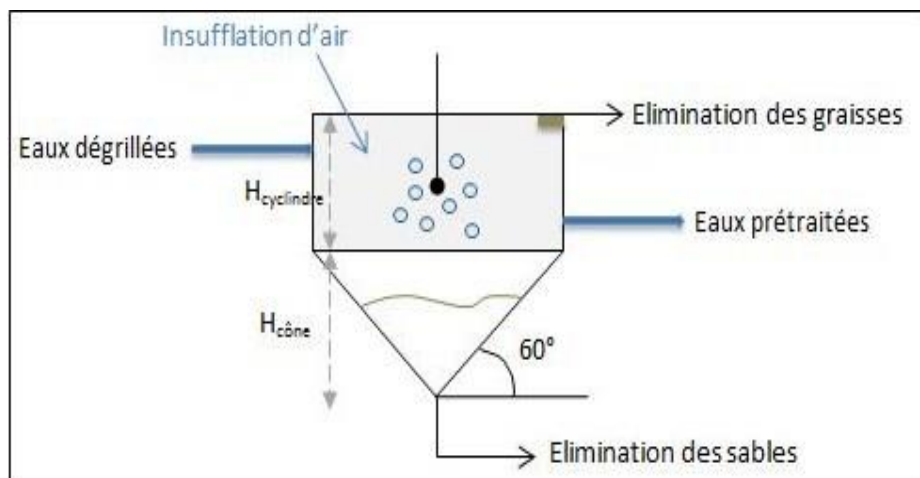


Figure N°V-1-Déssableur circulaire à fond conique.

➤ **Dessableur couloire :**

Débit de dimensionnement (Q_p) : $0,645 \text{ m}^3/\text{h}$

Charge hydraulique recommandé : $V_c = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

Temps de séjour : $t_s = 10$ minutes

Hauteur à l'entrée : $h = 50 \text{ cm}$

Volume du dessableur : $V = Q_p \times t_s \Rightarrow V = \frac{0,645 \times 10}{60} = 0,11 \text{ m}^3$

La surface du déssableur : $S = \frac{V}{h} \Rightarrow S = \frac{0,11}{0,5} = 0,22 \text{ m}^2$

Largeur du dessableur : $l = \sqrt{\frac{S}{2}} \Rightarrow l = \sqrt{\frac{0,22}{2}} = 33 \text{ cm}$

Langueur du dessableur : $L = 2l = 66 \text{ cm}$

Les dimensions normalisées : $h \times L \times l = 70 \times 70 \times 35 \text{ cm}^3$

Vérification de la charge hydraulique : $v = \frac{Q_p}{S} \Rightarrow v = \frac{0,645}{0,7 \times 0,35} = 2,63 \text{ m/h}$

V-3-2-3-Bassin neutralisation-précipitation et d'homogénéisation :

En plus de variation importante des concentrations et des débits horaires des rejets. Notre station est menacée par un risque de toxicité imprévu ainsi que des débits journaliers qui dépasses la capacité de cette dernière. Pour cela on prévoit la projection d'un bassin d'homogénéisation pour un temps de séjour de 16 heures et une injection d'air pour éviter la décantation des matières en suspension.

La neutralisation dans notre cas a deux objectif, ramener le pH à la valeur exigée par la norme dans l'intervalle 5,5 et 8. Ainsi que la valeur nécessaire pour la précipitation des métaux (Cadmium, Chrome, Cobalt, Cuivre et Nickel.) sous forme sulfures métallique. Cette dernière est de l'ordre de 8. La neutralisation-précipitation est assurée par l'ajout de l'acide sulfurique ou l'hydrogène sulfuré (recommandé) à l'aide de pompe doseuse avec une agitation. Donc on obtient des sulfures métalliques qui sont facilement éliminées dans la phase décantation. Le rendement théorique de la précipitation des métaux sera représenté dans le tableau qui suit.

Ensuite les eaux neutralisées sont stockées dans le même bassin. Si on choisit la variante, bassin cylindrique. Et dans le cas du bassin cubique ou rectangulaire, la partie d'agitation et de stockage sont séparées par un mure déversoir d'épaisseur de 30 cm qui divisera le bassin en deux chambre identique.

Tableau N°V-2-Précipitation des hydroxydes et des sulfures, d'après Whang J.S. et Al.

élément	Concentration des métaux (mg/l)	Précipitation de sulfures (%)	métaux résiduaire (mg/l)
Pb	0,078	77	0,018
Cr	0,19	92	0,015
Zn	0,76	76	0,182
Cd	0,042	90	0,004
Cu	0,24	85	0,036
Ni	0,23	78	0,051
Co	0,22	70	0,066

- Débit de dimensionnement : $Q_m = 0,563m^3/h$
- Hauteur de réservoirs cylindrique et rectangulaire : $h=1,7m$
- Largeur du bassin rectangulaire : $l=1,5m$
- Marge de sécurité sur la hauteur : $h_s=20cm$

Tableau N°V-3-Résultats de dimensionnement du bassin d'homogénéisation

	Unité	stockage
Temps de séjour	h	16
volume	m^3	9
Diamètre	m	2,8
Coté du cube	m	2,5
Longueur	m	4

Remarques :

- ✓ Sur un point de vu hydraulique, économique et génie civil l'homogénéisation et la neutralisation dans le bassin cylindrique est meilleur que dans les bassin rectangulaire ou cubique mais la réalisation est très difficile surtout pour une main d'œuvre classique.
- ✓ Les eaux neutralisées et homogénéisées sont pompées par un débit de $5m^3/h$ si le pH à comme valeur 8 si non la pompe ne déclenche pas.

V-3-2-4-Quantité de pollution à la sortie du prétraitement :

Le déssableur contribue à l'amélioration des caractéristiques physique des eaux résiduaire plus précis la turbidité. Il élimine au minimum 70% des MMS.

$$[MMS]_1 = 0,3[MMS]_0 \Rightarrow [MMS]_1 = 0,3 \times 0,2 = 60 \text{ mg/l}$$

$$[MES]_1 = [MMS]_1 \Rightarrow [MES]_1 = 60 \text{ mg/l} \Rightarrow [MES]_1 = 0,54 \text{ kg/j}$$

V-3-3-Le traitement primaire :

Le but de cette phase est éliminé la pollution physique et chimique des eaux résiduaire autrement dit, l'amélioration des caractéristiques physique et chimique, la DCO, les MES et l'élimination des métaux lourds. Pour notre cas on prévoit les procès suivant :

- Coagulation et Flocculation
- Décantation

V-3-3-1-Variante 1 :**V-3-3-1-1-Coagulation flocculation :**

Vu l'activité exercée par l'unité la présence des matières colloïdale venu des grains de ciment et de la laitance du ciment. En conséquence la nécessité de la coagulation et la flocculation qui augmentera le rendement d'élimination des MES et la DCO.

Dans cette partie on prévoit deux variantes : bassins cylindriques séparés et deux bassins rectangulaires en série, tel que la chambre de coagulation et de la flocculation sont séparés par un mur en béton avec une ouverture latérale.

Tableau V-4-Dimensions des bassins de coagulation et flocculation.

	<i>coagulation</i>	<i>flocculation</i>	<i>unités</i>
<i>vitesse d'agitation</i>	200,00	30,00	s ⁻¹
<i>temps de séjour</i>	5,00	20,00	minutes
<i>débit de dimensionnement</i>	5	5	m ³ /h
<i>volume</i>	0,42	1,67	m ³
<i>bassin cylindrique</i>			
<i>hauteur</i>	0.5	1,2	m
<i>surface</i>	1,4	1,4	m ²
<i>diamètre</i>	1,34	1,34	m
<i>diamètre normalisé</i>	1,4	1,4	m
<i>bassin rectangulaire</i>			
<i>hauteur</i>	1	1	m
<i>surface</i>	0,53	2,08	m ²
<i>largeur</i>	1,2	1,2	m
<i>longueur</i>	0,45	1,7	m
<i>Dimension normalisés</i>	120×45	120×175	cm×cm

Pour l'agent chimique (coagulant et floculant). On trouve une multitude de produits. Les plus adéquats pour les eaux résiduaires industrielles sont : Moringa Oleifera et sulfate d'aluminium. La comparaison entre eux est représentée dans le tableau qui suit :

Tableau N°V-5-Comparaison entre les deux agents chimiques.

	$Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O$	Moringa Oleifera
pH	-Consommation d'alcalinité et chute de pH. -Rééquilibrage nécessaire.	-Pas de modification du pH ni de l'alcalinité.
Boue	-Boues acide avec des traces de métaux. -Volume 5 fois plus grand. -Traitement nécessaire et coût élevé.	-Boues organique biodégradable. -Volume 5 fois plus faible. -Epannage possible et coût plus faible.
Matière organique	-Quantité de matière organique est identique.	-Quantité de matière organique augmente. -Problème d'odeur et couleur dans le cas de stockage.
Phosphate	-Diminution de concentration. -Eutrophisation possible.	-Augmentation de la concentration.

Remarque :

L'utilisation du Moringa Oleifera est recommandée pour éviter toute consommation d'alcalinité alors un pH stable (de valeur 8) pour maintenir les précipités sulfuriques.

V-3-3-1-2-Décantation statique avec un raclage :

$$S = \frac{Q_p}{v_c} \quad \text{avec} \begin{cases} Q_p: \text{Débit de dimensionnement } 5m^3/h \\ v_c: \text{Vitesse de Hazen } 0,8 m/h. \\ S: \text{Surface de décantation.} \end{cases}$$

$$\Rightarrow S = \frac{5}{0,8} = 6,25 m^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 6,25}{\pi}} = 2,82m$$

$$h = t_s \times v_c = \frac{Q_p \times t_s}{S}$$

t_s : le temps de séjour de l'ordre 1h30.

$$h = 1,5 \times 0,8 = 1,2$$

Dimension normalisée : $D \times h = 3 \times 1,2m \times m$

V-3-3-2-Variante 2 (Décanteur lamellaire compacte) :

Dans cette variante on envisage un décanteur à trois chambres ou trois compartiment appelé aussi décanteur DLC. Construit en acier le décanteur évite tout étude géni civile. Il assure la coagulation, la floculation, l'adsorption (en utilisant le charbon actif en poudre) et la décantation à l'aide des modules lamellaires. Pour bute éviter le risque de colmatage et maximiser la surface de décantation. On envisage les deux formes de lamelle suivante avec un diamètre hydraulique de l'ordre 80mm.



Figure N°V-2-Présentation du décanteur DLC.

V-3-3-2-1-Chambre de décantation

➤ **Cas des lamelles forme simple**

$$STP = \frac{Q}{v_c} = (n - 1) * L * l * \cos(\alpha) \Rightarrow n = \frac{Q}{v_c * l * L * \cos(\alpha)} + 1$$

$$D_h = \frac{2e * l}{e + l} \Rightarrow e = \frac{D_h * l}{2l - D_h}$$

$$L = (n - 1) * \frac{e}{\sin(a)} + \frac{b}{\sin(a)} * n + L_{lam} * \cos(a)$$

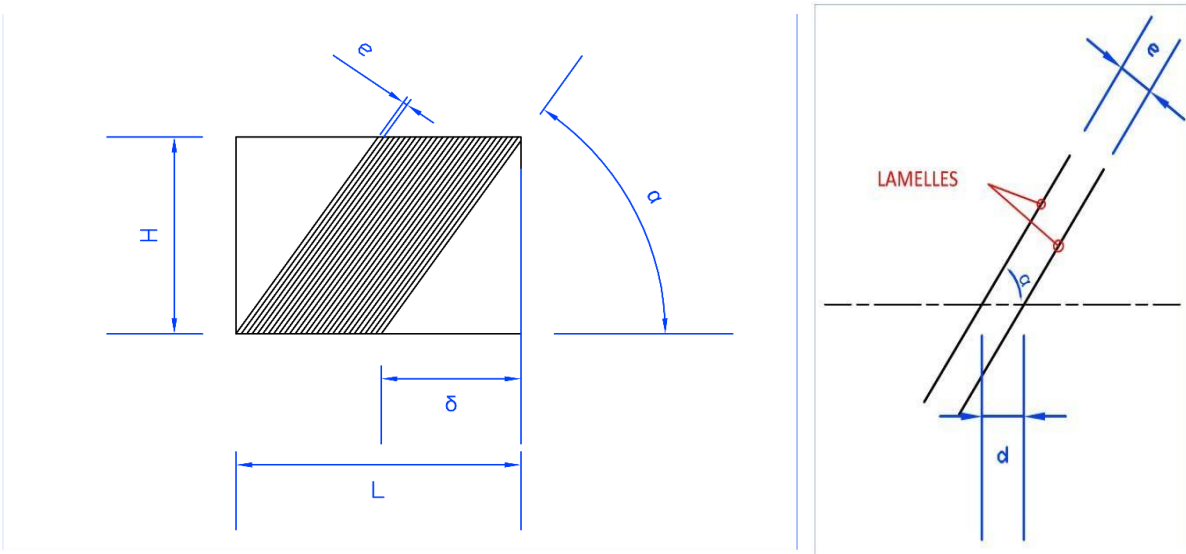


Figure N°V-3-Disposition des lamelles.

n : nombre total de lamelle.

α : angle d'inclinaison ($\alpha = 60^\circ$).

L_{lam} : longueur lamelle : ($L_{lam} : 1,5$ m).

l : largeur lamelle : (l : 1 m).

v_c : vitesse de Hazen 0,4m/h

b : épaisseur des lamelle (b=2mm)

e : espacement entre les lamelle

L : longueur du décanteur

STP : surface totale de décantation ($STP=12,5$ m²)

D_h : diamètre hydraulique ($D_h=80$ mm pour les eaux chargées)

$$n = \frac{5}{0,4 * 1 * 1,5 * 0,5} + 1 = 18$$

$$e = \frac{0,08 \times 1}{2 - 0,08} = 5 \text{ cm}$$

$$L = 17 \times \frac{0,05}{\sin(60)} + \frac{0,002}{\sin(a)} \times 18 + 1,5 \times \cos(60) = 1,8 \text{ m}$$

➤ **Cas des lamelles forme hexagonal :**

$x=30$ mm et $e=80$ mm. Donc $a=50$ mm

$$D_h = \frac{4 \times S}{P} = \frac{a \times e + e \times x}{6a} \Rightarrow D_h = 4 \times \frac{(\frac{5}{8} + \frac{3}{8}) \times e^2}{6 \times \frac{5}{8} \times e} = \frac{16}{15} e \approx 80 \text{ mm}$$

$$STP = \frac{Q}{v_c} = N * e * L_{lam} * \cos(\alpha) \dots \dots \dots (1)$$

$$N = N_{2n} * N'_{2n} + N_{2n+1} * N'_{2n+1} \dots \dots \dots (2)$$

Dans notre cas on exprime N_{2n} et N_{2n+1} en fonction de la longueur L :

$$N_{2n+1} = \frac{L_0}{d} \text{ et } N_{2n} = \frac{L_0}{d} - 1 \text{ avec } L_0 = L - \delta$$

D'autre part, le nombre de colonne paire et impaire N'_{2n} et N'_{2n+1} sont exprimées

en fonction de la largeur l. notons par p : le nombre de parties planes et p' : le nombre de parties inclinées

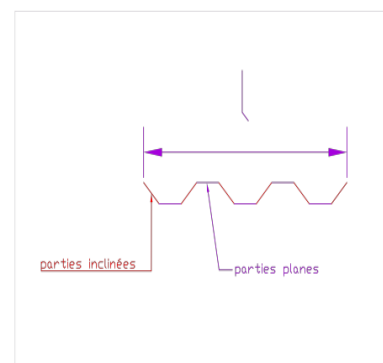
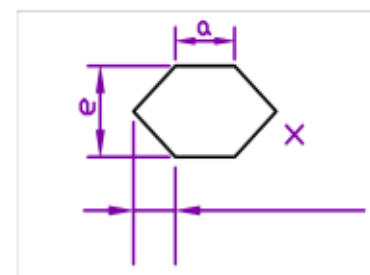
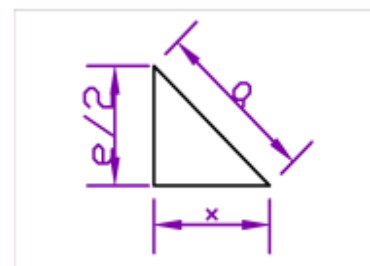
On a :

$$x * p' + a * p = l \text{ et dans notre cas}$$

$$p' = p + 1$$

$$N'_{2n+1} = N'_{2n} = \frac{p}{2} = \frac{l - \frac{3}{8}d}{2d}$$

En remplaçant dans (2) puis dans (1) et après simplification on trouve :



$$N = \frac{(2L_0 - d)(l - \frac{3}{8}d)}{2d^2} \text{ donc : } STP = \frac{(2L_0 - d)(l - \frac{3}{8}d)}{2d^2} eL_{lam} \cos(a)$$

$$(1) \Rightarrow L_0 = \frac{STP d^2}{(l - \frac{3}{8}d)eL_{lam} \cos(a)} + \frac{d}{2} \Rightarrow L_0 = \frac{12,5 \times (\frac{0,08}{\sin(60)})^2}{(1 - \frac{3}{8}(\frac{0,08}{\sin(60)})) \times 0,08 \times 1,5 \cos(60)} + \frac{(\frac{0,08}{\sin(60)})}{2} = \mathbf{1,9m}$$

- $L = L_0 + \delta \Rightarrow L = 1,9 + 0,75 = \mathbf{2,65m}$

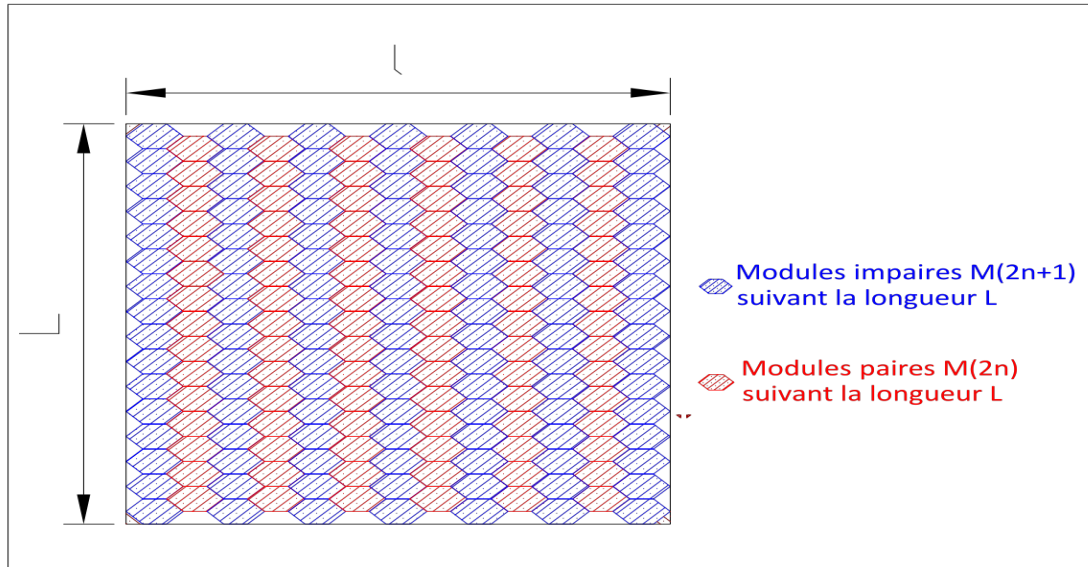


Figure N°V-4-Vue en haut des lamelles hexagonales.

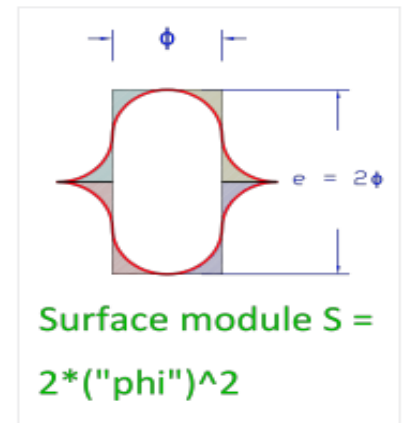
➤ Cas de lamelle ondulée :

$$S = 2\phi^2 \Rightarrow S \frac{e^2}{2} \text{ donc : } S_d = \frac{eL_{lam}}{2}$$

$$D_h = 4 \frac{S}{P} = 4 \times \frac{\frac{e^2}{2}}{\pi e} \Rightarrow D_h = \frac{2e}{\pi} \Leftrightarrow e = \frac{\pi D_h}{2}$$

$$\Rightarrow e = \frac{3,141 \times 80}{2} = \mathbf{126mm}$$

$$d = \frac{e}{\sin(a)} \Rightarrow d = \frac{126}{\sin(60)} = 145,5mm$$



En appliquant les mêmes démarches pour les modules ondulés que les modules trapézoïdaux on trouve :

$$N = \frac{2L_0 \times l - d(L_0 + l)}{d^2} \Rightarrow STP = \frac{2L_0 \times l - d(L_0 + l)}{d^2} \frac{eL_{lam}}{2} \cos(a)$$

$$\Rightarrow L_0 = \frac{2 \times STP \times d^2 + d \times l \times e \times L_{lam} \times \cos(a)}{2l - d}$$

$$L_0 = \frac{2 \times 12,5 \times 0,1455^2 + 0,1455 \times 1 \times 0,126 \times 1,5 \times \cos(60)}{2 \times 1 - 0,1455} = \mathbf{0,3m}$$

- $L = 0,75 + 0,3 = \mathbf{1,1m}$

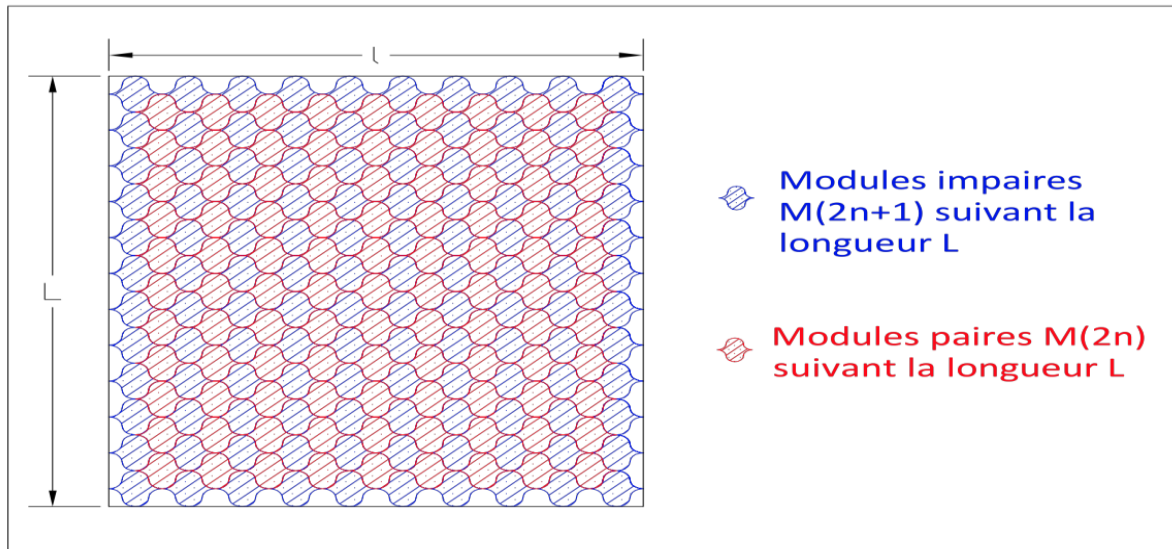


Figure N°V-5-Vue en haut des lamelles ondulées.

➤ **Le choix de modules :**

Pour notre cas on opte vers les modules lamellaires, inclinés à 60° sur l'horizontale, sont en polystyrène "choc". Ils sont constitués de tubes à section hexagonale; le diamètre hydraulique

est de 80 mm, et la longueur de 1,500 m. L'importance de la section transversale de ces tubes

permet de minimiser le risque de bouchage en présence de graisse et particules fibreuses.

La forme hexagonale présente les avantages suivants :

- ouverture maximale pour une performance hydraulique et une longueur de module données.
- absence de flexion sous le poids des boues, à la différence des modules lamellaires à plaques.
- Facile à rassembler et à réaliser par rapport à la forme ondulée

Donc les dimensions de la chambre de décantation en ajoutant 20cm de hauteur pour clarification :

V-3-3-2-Chambres de coagulation et floculation :

Le dimensionnement des deux chambres de coagulation et floculation suit le même principe et en utilisant le même agent chimique présentés dans la première variante mais en fixant la largeur et la hauteur suivant la chambre de décantation. Les relations utilisées dans le dimensionnement sont :

$$V = T_{si} \times Q_d = L_i \times l \times h \Rightarrow L_i = \frac{T_{si} \times Q_d}{l \times h} \quad (\text{avec } L_i : \text{longueur de la chambre}).$$

$$H = L_{lam} \times \sin(a) + 0,2 \quad (\text{avec } H : \text{hauteur de la chambre})$$

Tableau N°V-6-Résultat dimensionnement du coaguleur et floculeur.

	<i>coagulation</i>	<i>floculation</i>	<i>unités</i>
<i>vitesse d'agitation</i>	200,00	30,00	s ⁻¹
<i>temps de séjour</i>	5,00	20,00	minutes
<i>débit de dimensionnement</i>	5	5	m ³ /h
<i>hauteur</i>	1,1	1,1	m
<i>largeur</i>	1	1	m
<i>langueur</i>	0,4	1,2	m
<i>Dimension normalisés</i>	100×40×150	100×160×150	cm×cm×cm

Donc les dimensions finales du décanteur compacte sont en tenant compte au canal d'évacuation d'eaux traitées :

$$\diamond L \times l \times h = 490 \times 100 \times 300 \text{ cm}^3$$

Remarque :

Comme il était mentionné dans le troisième chapitre on peut ajouter une cloche à vide a notre décanteur compacte pour améliorer la quantité d'eau traité et la qualité de cette dernière

V-3-3-3-quantité de pollution à la sortie des décanteurs :

Un décanteur statique élimine généralement 65% des MES avec une bonne coagulation et floculation et le rendement d'élimination du décanteur compacte peut atteindre les 90%.

- $[MES]_2 = 0,35[MES]_1 \Rightarrow [MMS]_2 = 0,35 \times 60 = \mathbf{21 \text{ mg/l}}$ (Décanteur statique)
- $[MMS]_2 = 0,05[MMS]_1 \Rightarrow [MMS]_2 = 0,1 \times 60 = \mathbf{6 \text{ mg/l}}$ (Décanteur lamellaire)

V-3-4-Traitement secondaire :**V-3-4-1-Adsorption sur charbon actif :**

Vu la présence des métaux lourds ainsi que la valeur de la DCO une filtration classique sur un support sable ne permet pas d'éliminer ces derniers du coup on a recouru à l'adsorption sur un le charbon actif. Comme il était détaillé dans le chapitre III deux variantes s'offrent à nous. Le charbon actif en poudre (CAP) et son prix d'investissement bas mais impossible de le régénérer. En autre partie le charbon actif sous forme de grains avec des colonnes en série, caractérisé par son prix d'investissement élevé avec une régénération possible.

➤ **Adsorption sur charbon actif en poudre (variante 2) :**

Il ne nécessite pas d'ouvrage. Il suffit de l'injecté d'une façon continue avec le coagulant et le flocculant avec un dosage de 25 g/m³ en cas de décantation dynamique (super pulsateur). Et 50g/m³ en cas de décantation statique (décanteur cylindrique).

➤ **Adsorption sur charbon actif en grains (variante 1) :**

Pour les eaux résiduaires il est préférable d'utilisé des colonnes en séries (bassin en série). Le dimensionnement de ces derniers est t'analogue à celles des batteries de filtration à sable bien sûr avec un temps de contact différent, de l'ordre de 10 minute et un taux de filtration de 6,5 m³ / m².h.

$$S = \frac{Q_p}{n \times Q_f}$$

n : Nombre de bassin (n=2)

Q_p : débit de dimensionnement. (Q_p=5m³/h)

Q_f : le taux de filtration ou surface spécifique. (Q_f=6,5 m³ / m².h)

$$S = \frac{5}{2 \times 6,5} = 0,385m^2$$

Cas de bassin cylindrique : (2 tube).

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 0,385}{\pi}} = 0,7m$$

Dimensions normalisés : D×h=70×120 cm×cm

Cas de bassin carré (2 bassin) :

$$b = \sqrt{S} = \sqrt{0,385} = 0,62m$$

Dimensions normalisés : b×h= 65×120 cm×cm

V-3-4-2-Réservoir de stockage des eaux traité :

Cette partie de traitement est optionnelle qui a comme bute l'utilisation des eaux dépollués comme des eaux de rinçage et gâchage des agrégats, des moules et même les produits finis. Le réservoir d'eau traiter aussi au contrôle de la qualité des eaux traiter. Pour accomplir son but à la perfection, dans notre cas le réservoir doit être doté d'une capacité de stockage de 6m³ (volume d'eau de lavage des agrégat journalier), une hauteur h=2m et une pompe qui refoule les eaux au bassin d'homogénéisation en cas d'anomalie ou la station de lavage des agrégats en cas normal.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{h \times \pi}} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times 6}{2 \times \pi}} = \mathbf{2m}$$

V-4-Dimensionnement des ouvrages de traitement des boues :

Après avoir éliminé les impuretés des eaux résiduaires à l'aide des deux variantes. On obtient naturellement un concentrât de déchet visqueuse nommé les boues d'épuration. Comme il était cité dans la conclusion du chapitre IV. On envisage la projection d'un épaisseur gravitaire et un lit de séchage. La quantité de boues à la sortie du cycle de traitement sera :

$$q_b = ([MES]_e + [DBO]_e) \times Q_j \quad \text{avec} \begin{cases} Q_j: \text{débit moyen journalier.} \\ [DBO]_e: \text{matière organique éliminé.} \\ [MES]_e: \text{matière minéral éliminé.} \end{cases}$$

Pour la première variante : $q_b = 179 \times 10^{-3} \times 9 = 1,611 \text{Kg/j}$.

Pour la deuxième variante : $q_b = 194 \times 10^{-3} \times 9 = 1,746 \text{Kg/j}$.

V-4-1-Epaisseur :

Le but de cet ouvrage est d'évacuer le surplus d'eau présent à la sortie du décanteur et le déssableur pour augmenter le rendement du lit de séchage. En diminuant le volume d'eau pendant 5 jours ($t_c=5$ jours), par conséquence la concentration des boues augmente jusqu'à atteindre une valeur de $C_c=70$ g/l. La valeur de la concentration à la sortie du décanteur et déssableur est de l'ordre $C_b=15$ g/l.

➤ Première variante :

$$V = \frac{q_b}{C_b} \times t_c \Rightarrow V = \frac{1611}{15} \times 5 = 537 \text{ l.}$$

Epaisseur cylindrique : $D = \left(\frac{4V}{H\pi}\right)^{0,5} \Rightarrow D = \left(\frac{4 \times 0,537}{\pi}\right)^{0,5} = 85 \text{cm.}$

Epaisseur cubique : $b = \sqrt[3]{V} \Rightarrow b = \sqrt[3]{0,537} = 82 \text{cm.}$

➤ Deuxième variante :

$$V = \frac{q_b}{C_b} \times t_c \Rightarrow V = \frac{1746}{15} \times 5 = 582 \text{ l.}$$

Epaisseur cylindrique : $D = \left(\frac{4V}{H\pi}\right)^{0,5} \Rightarrow D = \left(\frac{4 \times 0,582}{\pi}\right)^{0,5} = 86 \text{cm.}$

Epaisseur cubique : $b = \sqrt[3]{V} \Rightarrow b = \sqrt[3]{0,582} = 84 \text{cm.}$

V-4-2-Lit de séchage :

Vu l'espace qu'on possède ajouter à ça l'économie énergétique, la simplicité, l'entretien facile et la faible production de boues. Le lit de séchage reste la variante la plus adoptée à notre type de boues.

Les boues à la sortie d'épaisseur qui ont une concentration de $C_c=70\text{g/l}$ finissent dans un bassin rectangulaire là où elles débarrassent naturellement des eaux qui restent dans une période de 35 jours.

➤ **Première variante :**

$$V = \frac{q_b}{C_c} t_c \Rightarrow V = \frac{1611}{70} \times 35 = 806 \text{ l.}$$

$$b = \sqrt[3]{V} \Rightarrow b = \sqrt[3]{0,806} \approx 1\text{m}$$

➤ **Deuxième variante :**

$$V = \frac{q_b}{C_c} t_c \Rightarrow V = \frac{1746}{70} \times 35 = 873 \text{ l.}$$

$$b = \sqrt[3]{V} \Rightarrow b = \sqrt[3]{0,873} \approx 1\text{m}$$

V-5-Conclusion :

Le couple bassin d'homogénéisation et débit de la station de traitement en aval assure :

- Le temps de fonctionnement de la station est 1h du coup alors une faible consommation électrique
- La station assure le futur dans le cas d'augmentation de débit des rejets mais l'ajout des bassin d'homogénéisation est recommandé.

Après avoir présenté toutes les combinaisons possibles d'ouvrage de traitement suivant les deux variantes. Il est temps de choisir le plus adéquat sur point de vue génie civil implantation et travaux de terrassement (remblai et déblai). Les résultats seront présentés dans le tableau qui résumera tout en tenant compte des épaisseurs de parois, du radier, de la couverture, espace nécessaire pour les racleurs et la hauteur de sécurité. Autrement dit les dimensions extérieures. Pour les ouvrages de traitement des boues le deuxième tableau résumera ces derniers.

Tableau N°V-7-Description des ouvrages de la station.

	Première variante		Deuxième variante	
<i>traitement mécanique ou prétraitement</i>	Déssableur couloir			
	Volume théorique (m)	0,11	Volume théorique (m)	0,11
	Langueur (cm)	70	Langueur (cm)	70
	Largeur (cm)	75	Largeur (cm)	75
	hauteur (cm)	130	hauteur (cm)	130
	Bassin d'homogénéisation, précipitation et neutralisation			
	Volume théorique (m ³)	9	Volume théorique (m ³)	9
	Langueur (cm)	460	Langueur (cm)	460
	Largeur (cm)	190	Largeur (cm)	190
	hauteur (cm)	210	hauteur (cm)	210
<i>Traitement primaire Ou traitement physico-chimique</i>	Chambre de coagulation et floculation (+décantation pour la deuxième variante)			
	Volume théorique (m ³)	2,09	Volume théorique (m ³)	6,07
	Langueur (cm)	275	Langueur (cm)	440
	Largeur (cm)	160	Largeur (cm)	100
	hauteur (cm)	160	hauteur (cm)	150
	Décanteur			
	Volume théorique (m)	7,5	Type de lamelles	Hexagonaux
	Hauteur (cm)	1,6	Coté (mm)	50
	Diamètre extérieur (cm)	340	Nombre des tubes	22135
			Espacement (mm)	80
		Nombre de block lamellaire	22	

Tableau N°V-8-(suite) Description des ouvrages de la station.

	Première variante		Deuxième variante	
<i>Traitement secondaire ou traitement physique</i>	Bassin d'adsorption			
	Surface élémentaire (m ²)	0,385		
	Nombre de bassin	3		
	coté élémentaire (cm)	105		
	hauteur élémentaire (cm)	140		
	Le poids de charbon en grain (Kg)	366		
	Réservoir d'eaux épuré			
	Volume (m ³)	6	Volume (m ³)	6
	Hauteur (cm)	260	Hauteur (cm)	260
	Diamètre extérieur (cm)	240	Diamètre extérieur (cm)	240
<i>Traitement des boues</i>	Épaississement gravitaire			
	Volume (l)	537	Volume (m ³)	582
	Concentration des boues à l'entrée (mg/l)	15	Concentration des boues à l'entrée (mg/l)	15
	Diamètre extérieur (cm)	85	Diamètre extérieur (cm)	86
	Coté (cm)	82	Coté (cm)	84
	Lit de séchage			
	Volume (l)	806	Volume (l)	873
	Concentration des boues à l'entrée (mg/l)	70	Concentration des boues à l'entrée (mg/l)	70
	Coté (cm)	100	Coté (cm)	100

Chapitre VI

Etude génie civil

et le ferrailage

des ouvrages

Chapitre VI : Etude génie civil et le ferrailage des ouvrages

VI-1-Introduction :

Tout étude et dimensionnement d'une station d'épuration doit inclure une étude génie civile approprié des ouvrages en question qui sont représenté dans le tableau de la conclusion du chapitre précédent.

Le but de ce chapitre est de détaillé et mettre en évidence les différentes étapes essentielles pour toutes études génie civil. On commence par l'historique et la description détaillé du béton armé. Ensuite vient exposition des différente théorie et règlement a respecté pour aboutir à un bon dimensionnement génie civil par le logiciel AUTOCAD ROBOT 14 et qui sont la théorie des poutres et ses résultats et la section d'acier min et max. Ensuite vient le prés-dimensionnement des ouvrages, le calcul de chargement, l'introduction des efforts et les compositions des charges. Enfin la représentation des résultats de calcules des efforts tranchants, la flexion composée, la traction et compression et la section d'acier par élément d'ouvrages.

VI-2-Historique du béton armé :

Il est courant d'attribuer la découverte du ciment aux Romains, qui furent sans doute les premiers à mélanger des cendres volcaniques de la région de Pouzzoles avec de la chaux, et à vérifier que le mélange ainsi constitué durcissait en présence d'eau. Ils purent ainsi s'en servir en maçonnerie pour lier les pierres entre elles.

Curieusement, cette découverte resta en sommeil au Moyen Âge et ne réapparut qu'en 1756, dans les travaux de l'ingénieur anglais John Smeaton. Ce dernier redécouvrit les propriétés de l'argile dans les pierres calcaires. Une industrialisation de ce ciment romain fut alors mise en route par les chaudronniers Parker et Wyats vers 1786.

Mais il a fallu attendre jusqu'en 1817 pour que les travaux de Louis Vicat mettent en évidence une théorie sur l'hydraulicité des chaux et mortiers. En 1824, l'ingénieur Joseph Aspdin déposera un brevet sur le « ciment Portland ».

Enfin, en 1855, l'architecte François Coignet construisit le premier immeuble en béton, rue Danton à Paris. Réputé pour ses qualités de résistance à la compression, le ciment avouait ses faiblesses dans d'autres conditions d'utilisation. Naquit alors l'idée, en 1845, du mariage ciment métal, appelé alors ciment armé, et dont le premier exemple fut celui de la barque de Joseph-Louis Lambot exposée à l'Exposition universelle de Paris de 1855.

Le développement du ciment armé, puis du béton armé, est alors important et voit son exemple le plus significatif dans les réalisations de François Hennebique à partir de 1879. Ce dernier fut à l'origine de l'invention de structure s'apparentant à de la charpente bois mais entièrement réalisée en béton armé. Dès 1896, apparaissent des projets de maisons préfabriquées en béton armé.

À partir du 20 octobre 1906 apparaît alors le premier règlement qui ne cessera d'évoluer en fonction de nouvelles caractéristiques mécaniques des deux composants principaux du béton armé : les aciers, d'une part, et le ciment, d'autre part.

VI-2-Composition du béton armé :

➤ **Ciment :**

Considéré comme un liant des comme un liant, cette poudre très fine est le fruit d'une cuisson à haute température puit un broyage d'un mélange de calcaire et argile. Dans le marché Algérien on trouve plusieurs types de ciment avec différentes caractéristique et différents dosages. Le choix du type et le dosage dépend directement des caractéristiques mécaniques voulu, la résistance et l'agressivité du milieu. On distingue cinq grandes catégories de ciment dont l'utilisation est autorisée en béton armé :

- 1) Le ciment Portland (CPA) à base de clinker.
- 2) Le ciment Portland composé (CPJ) à base de clinker avec ajouts d'autres composants.
- 3) Le ciment de haut fourneau (CHF et CLK) à base de laitier (résidu minéral de la préparation de la fonte dans les hauts fourneaux).
- 4) Le ciment pouzzolanique (CPZ).
- 5) Le ciment au laitier et aux cendres (CLC) à base de clinker, de cendres volantes et de laitier.

➤ **Les agrégats :**

Considérés comme le squelette du béton et parmi les facteurs qui contrôle la résistance finale du béton. Les agrégats sont des matériaux interne obtenu naturellement par roulage ou concassage et artificiellement comme sous-produits industriels concassés ou non tels que laitier cristallisé concassé ou laitier granulé, etc.

➤ **L'eau de gâchage :**

Le dosage et les caractéristique physico-chimique de l'eau utilisée contrôle aussi le béton résultant sous le plant résistance ainsi que l'étanchéité. Donc elle doit remplir les critères illustrés dans l'annexe A.

➤ **Les adjuvants :**

Il s'agit de produits employés en faible quantité et susceptibles d'améliorer certaines propriétés des bétons. Ils peuvent, par exemple, agir sur :

- le temps de prise ;
- les caractéristiques mécaniques ;
- l'étanchéité ;
- la mise en œuvre, etc.

➤ **Les fibres :**

Parmi les révolutions modernes du béton armé plus précisément le béton à poudre réactive (BPR) et le béton à haute performance (BHP). L'ajout des fibres de verre, métalliques ou en polypropylène a pour but :

- De nature renforce les armatures traditionnelles.
- Diminue la propagation des microfissures.
- Améliorer l'homogénéité du BHP et la compacité

VI-3-Caractéristique mécanique du béton :

➤ La résistance :

Si on parle de résistance du béton. On parle de sa résistance à la compression seulement. Obtenue avec des essais destructifs sur des éprouvettes âgés de 28 jours amenées à la rupture. La résistance est liée directement à compacité et au rapport $eau/ciment$. Si ces derniers augmente la résistance diminue. Un béton ordinaire dosé de 350 kg/m^3 à une résistance de 25MPa. Le béton haute performance peut atteindre 72,5 MPa alors que le béton à poudres réactives a comme valeurs enregistré de 200 à 800 MPa.

➤ Les retrait :

Pendant sa période de durcissement, les dimensions du béton diminuent à cause d'abaissement de température. Ce phénomène est appelé le retrait. Les expériences montrent que ce dernier peut être peut-être évité en arrosant la structure dans la période de durcissement. Le retrait du béton engendre un effort de traction de l'ordre de 6 Mpa qui dépasse la résistance du béton à la traction qui est de l'ordre de 2 MPa, par conséquence la fissuration du béton en question.

➤ Fluage :

Le fluage est défini comme une déformation continue avec une charge fixe au fils du temps. Pour le béton on admet que la déformation due au fluage est de l'ordre trois fois la déformation instantanée.

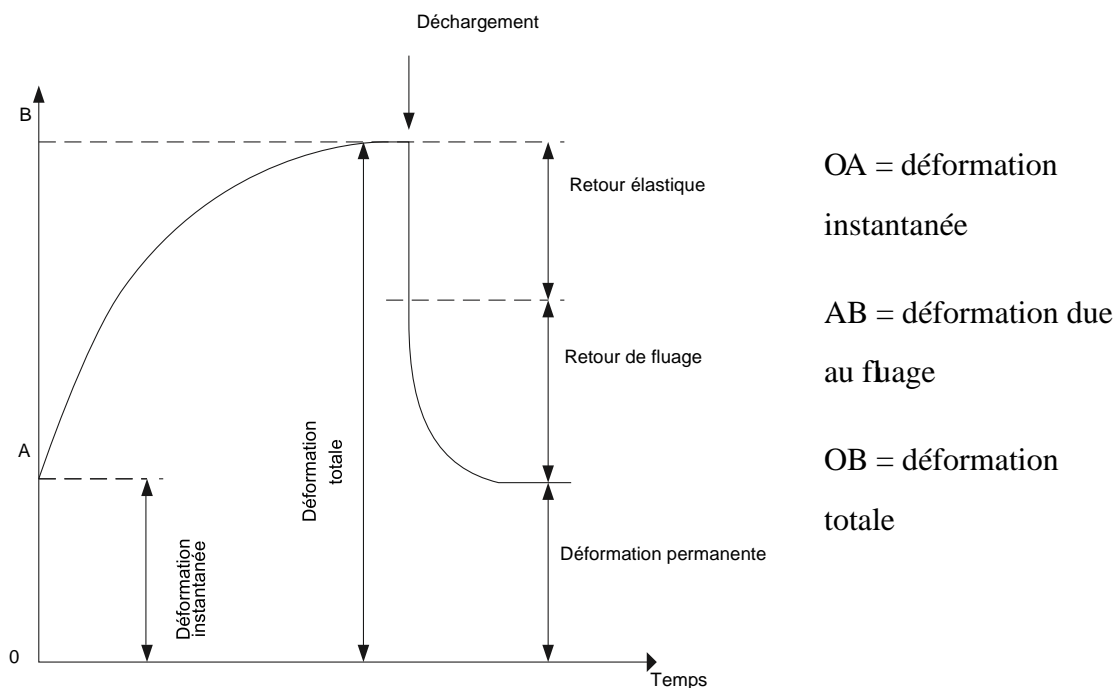


Figure N°VI-1-Diagramme déformation en fonction du temps (Lauzin, 2009).

➤ **Dilatation thermique :**

On admet généralement un coefficient de dilatation thermique de 1.10^{-5} . Ce coefficient dépend de la nature et des qualités du béton, ainsi que de la grosseur des granulats.

➤ **Le module de déformation E :**

Le module de déformation est le rapport entre la contrainte unitaire et la déformation relative. Alors en tenant compte au fluage du béton on doit considérer deux modules de déformation. Le module instantané et le module différé. Cette déformation longitudinale s'accompagne d'une déformation transversale (appelée « effet Poisson »). Le coefficient de Poisson (rapport entre la déformation transversale et la déformation longitudinale) a une valeur que l'on prend généralement égale à 0,2.

➤ **Le diagramme de déformation-contrainte :**

Il traduit le mode de déformation du béton en fonction de la contrainte appliquée à l'échantillon. On a vu précédemment que le module de déformation (ou coefficient d'élasticité ou encore module de Young) mesurait la capacité du béton à se déformer sous contrainte.

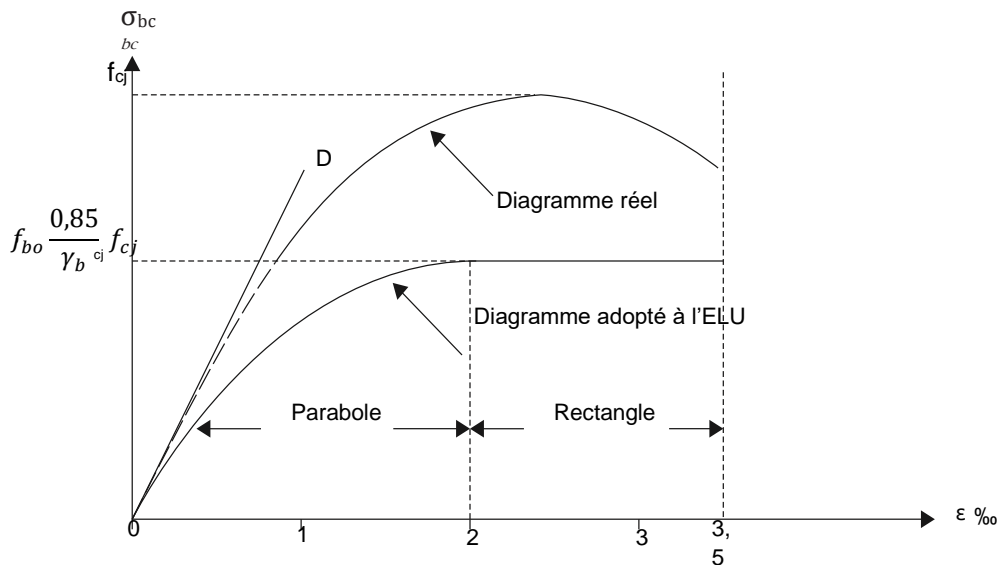


Figure N°VI-2-diagramme contrainte-déformation (Lauzin, 2009)

VI-4-Théorie de flexion des poutres en béton armé :

Dans ce chapitre on se base sur la théorie des poutres dans le dimensionnement des ouvrages. Cette théorie a comme hypothèses :

- Le matériau est supposé homogène et isotrope. Les déformations subies, sous l'effet des charges extérieures, sont réversibles et de très petites dimensions (théorie de l'élasticité linéaire).
- Les déplacements des points matériels entre eux sont négligeables (théorie dite du premier ordre).
- En cas de moment dans la partie tendue on considère que le travail des aciers car le béton ne résiste pas la traction.

Pour respecter mieux les hypothèses précédentes. On considère généralement les conditions suivantes :

- La largeur de la poutre est petite devant sa longueur, soit de l'ordre de : $\frac{1}{30} < \frac{h}{l} < \frac{1}{5}$
- Pour une poutre à section variable, la variation doit être progressive le long de la fibre moyenne.

VI-5-Classification des réservoirs en béton armé :

La classification des réservoirs dans le domaine de traitement des eaux résiduaire se fait selon deux critères, la réalisation d'étanchéité et la structure.

- **Classe A** : Ouvrage dont l'étanchéité est assurée par la structure elle-même $f_{c28} \geq 25$ MPa $f_{t28} \geq 2,1$ MPa et $C > 350$ kg/m³. Structure BA ou BP avec éventuellement incorporation d'hydrofuge de masse ou de surface.
- **Classe B** : Ouvrage dont l'étanchéité est assurée par la structure et complétée par un revêtement d'imperméabilisation
- **Classe C** : Ouvrage dont l'étanchéité est assurée par un revêtement d'étanchéité (les structures n'ayant qu'un rôle mécanique).
- **Classe D** : Ouvrage construit à l'aide d'éléments préfabriqués (les dispositions précédentes sont applicables y compris pour le traitement des joints de construction).

Tableau N°VI-1- les différents types de structures de réservoirs (Lauzin, 2009)

Types	Utilisations	Avantages	Inconvénients
Paroi plane	Réservoirs parallélépipédiques	-Coffrage plus simple -Moins cher -Ferrailage quadrillé	Calcul de dalles à chargement trapézoïdal avec conditions d'encastrement variables
Paroi circulaire	Réservoirs cylindriques Coupoles.	-Calcul de révolution plus simple	Coffrage courbe difficile Ferrailage avec espacement variable Calcul délicat des parois minces

VI-6-Calcul statique des ouvrages :

Le calcul théorique passe par le calcul de la charge total en passant par les combinaisons d'actions qui seront détaillé dans le tableau qui suit. Puit le calcul des armatures principale approprié en respectant le diagramme représenté dans la figure 3, en assurant bien sur la condition de non fragilité. Tout en respectant les dispositions de construction.

Tableau N°VI-2-Combinaison des actions (Lauzin, 2009)

<i>ÉTAT LIMITE</i>	<i>COMBINAISON D'ACTION</i>	
État limite d'équilibre statique (vérification du soulèvement)	$G + 1,05 Q$ G = poids propre à vide de l'ouvrage Q = action de l'eau extérieure	-G = charges permanentes -Q = charges variables autres que vent, neige, température
État limite ultime : combinaison fondamentale	$1,35 G + 1,5(Q + \Psi_0 T) + W'$ (et/ou Sn) $1,35 G + W'$ (et/ou Sn) + $1,3 (Q + \Psi_0 T)$ $G + 1,5W'$ (et/ou Sn) + $1,3 \Psi_0 T$	-Fa = charges accidentelles -T = température
État limite ultime : combinaison accidentelle	$G + Q + Fa + 0,6 T$	-Sn = neige normale -W = vent des règles
État limite de service	$G + Q + T$ $G + W$ (et/ou Sn) + $0,6 T$	-W' = $1,2 \cdot$ vent normal - $\Psi_0 = 0,6$.

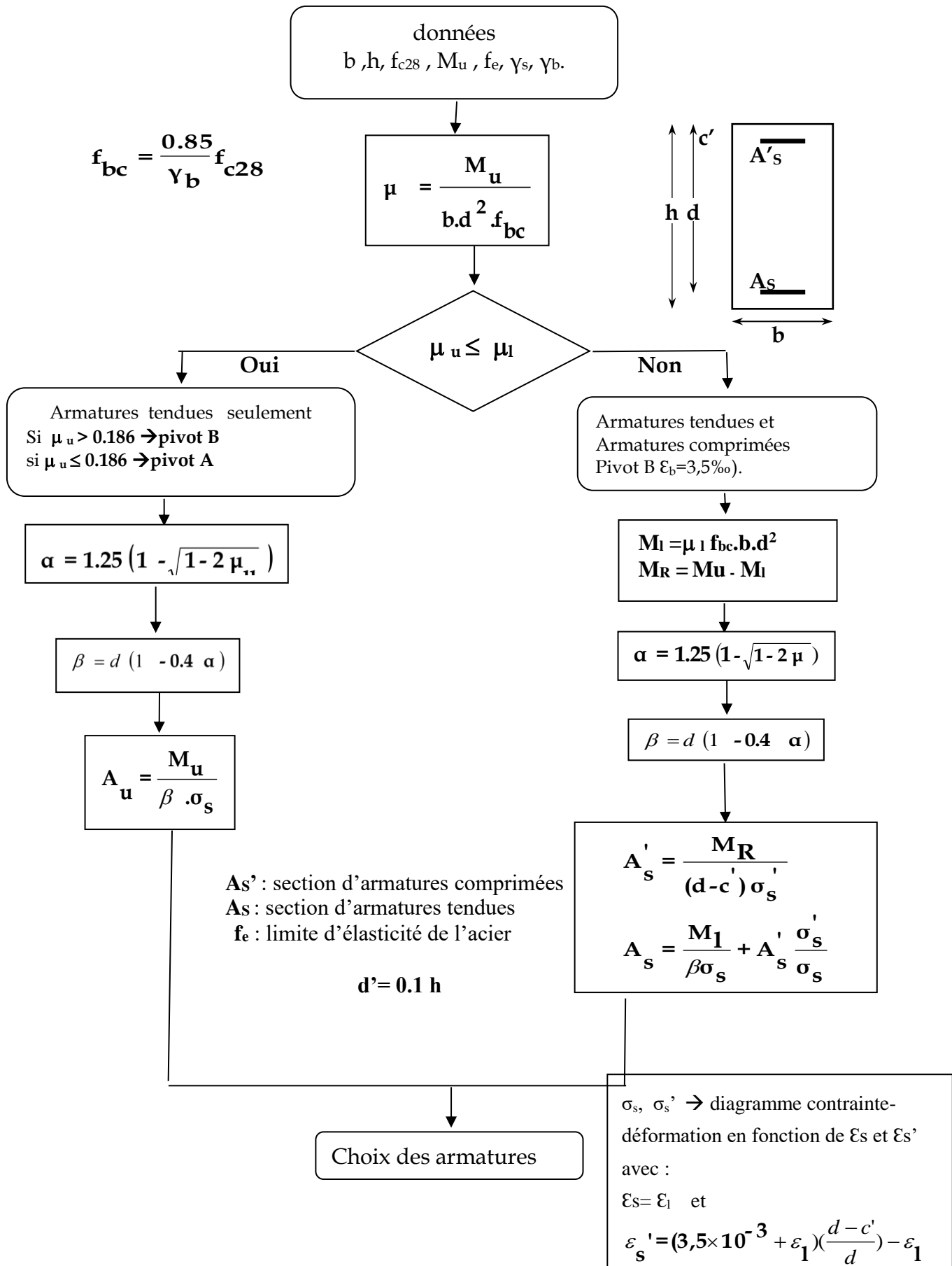


Figure N°VI-3-Diagramme de calcul de la flexion simple (HADJSADOK, 2017)

VI-7-Dimensionnement des ouvrages :

Le dimensionnement des ouvrages et leur ferrailage se fait à l'aide du logiciel Autodest ROBOT. Ce dernier se base dans son calcul sur la méthode des élément fini Pour un bon dimensionnement sans erreurs il faut respecter les démarches suivant :

- Prés dimensionnement de l'ouvrage : la forme et l'épaisseur de chaque élément ($0,12 < e_i \leq 5 \times L$).
- La détermination du type de fondation (radier).
- L'estimation du poids total de la structure pour déterminer la réaction du sol à l'aide du logiciel.
- La détermination des appuis et la nature de ferrailage.
- La détermination de la nature et la valeur des surcharge (poussé des terres, poussé d'eau,...).
- La détermination des combinaisons.
- Le calcul du ferrailage théorique (flexion simple).
- Calcule du ferrailage réel.

VI-7-1-Déssableur couloir :

Le déssableur couloir est un canal enterré composé un radier, deux voile suposé parfaitement encastré dans le radier et deux racleur un de fond et un de surface. Les caractéristiques de l'ouvrage sont :

e_2 : épaisseur du des parois ($e_2=20\text{cm}$).

e_3 : épaisseur du radier ($e_3=20\text{cm}$).

γ_e : Poids volumique de l'eau ($\gamma_e=1300\text{daN/m}^3$).

γ_b : poids volumique du béton ($\gamma_b=2500\text{ daN/m}^3$).

Q_1 : étanchéité ($Q_1=200\text{daN/m}^2$).

Q_2 : entretien ($Q_2=150\text{daN/m}^2$).

Q_3 : Poids du racleur ($Q_3=70\text{daN/m}^2$).

H : hauteur de l'ouvrage ($H=1,2\text{m}$).

h : niveau d'eau ($h=0,8\text{m}$).

l : largeur total de l'ouvrage ($l=0,75\text{m}$).

L : longueur total de l'ouvrage ($L=1\text{m}$).

VI-7-1-1 calcul des poids :

$$\text{Parois: } P_1 = 2\gamma_b H e_2 L = 2 * 2500 \times 0.2 \times 1,2 \times 1 = \mathbf{1200\text{daN}}$$

$$\text{Eau : } P_2 = \gamma_e h (l - 2e_2) L = 1300 \times 0,35 \times 1 \times 0,8 = \mathbf{364\text{daN}}$$

$$\text{Poids du radier : } P_3 = \gamma_b a e_3 b = 2500 \times 0.2 \times 1 \times 0,75 = \mathbf{375\text{daN}}$$

$$\text{La charge estimé de la structure : } P = \frac{\sum_1^3 p_i}{l * L} + \sum_1^3 Q_i = \mathbf{3459.50\text{daN/m}^2}$$

VI-7-1-1-Combinaison de charge :

L'ouvrage se compose de deux compartiment le radier et les parois dont les valeurs de combinaison de charge à l'état limite ultime (réservoir rempli et réservoir plain) fourni par le logiciel sont représentées dans le tableau :

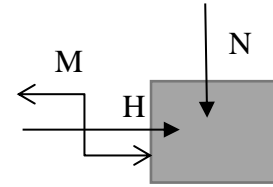


Tableau N°VI-3-Combinaison de charge pour du déssableur

	parois		
	N[daN]	M[daN.m]	H[daN]
<i>ELU déssableur en service</i>	-9365,28	4,69	57471,06
<i>ELU déssableur en hors-service</i>	-7242,53	4,27	46335,44

VI-7-1-2-Calcul génie civil :**➤ Parois :**

Longueur: 1 (m)

Epaisseur: 0,20 (m)

Hauteur: 1,2(m)

Nombres des ouvrage semblable 2

Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = $2501,36$ (kG/m³)

Age du béton au chargement : 28

Coefficient de comportement: $q = 2,50$

Calculs suivant: BAEL 91 mod. 99

Enrobage: 3,0 (cm)

Acier longitudinaux et transversale: 500MPA

a-Longueur de flambement

$L_f = 1,02$ (m)

$L_{f_rnf} = 0,96$ (m)

$L_f = 1,02$ (m)

$L_{f_rnf} = 0,96$ (m)

b- Elancement

$\lambda = 17,67$

$\lambda_{rnf} = 16,63$

c- Coefficient α

$\alpha/\alpha_1 = 1,1$ (Age du béton au chargement :28)

$\alpha = 0,55$

$\alpha_{rnf} = 0,74$

d- Résistance du voile non armé: $\sigma_{ulim} = 9,21$ (MPa)

e- Armatures réparties

$N_{u\max} = 0,00$ (daN/m)

$\sigma_{u\max} = 0,00$ (MPa)

$N_{ulim} = 184194,00$ (daN/m)

$\sigma_{ulim} = 9,21$ (MPa)

$N_{u\max} < N_{ulim} \Rightarrow$ Voile non armé

$0,00$ (daN/m) < $184194,00$ (daN/m)

f- Armatures de bord

Bord gauche:

Raidisseur en flexion composé: $A_f L = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

Bord droit:

Raidisseur en flexion composé: $A_f R = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

g- Cisaillement (BAEL91 A5.1,23)

$V_u = 57571,70$ (daN)

$\tau = 3,20$ (MPa)

$A_h = 13,74$ (cm²/m)

f-Ferrailage:

Tableau N°VI-4-ferrailage d'une paroi de déssableur

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
<i>Épingle</i>	6	9	0,14			
<i>De bord transversale</i>	6	10	0,12	0,12	0,12	0,12
<i>De bord longitudinale</i>	10	8	1,61			
<i>Principale verticale</i>	6	6	1,57			

➤ **Radier:**Longueur: **1 m.**Largeur: **0,75m.**Epaisseur: **0,20 m.**Nombre des ouvrage semblable: **1**Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m³).Age du béton au chargement : **28.**Coefficient de comportement: $q = 2,50$.Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99.**Enrobage supérieur et inférieur : **3,0 (cm)**Acier longitudinaux et transversale: **500MPA.**Flèche admissible: **3 cm****Tableau N°VI-5-Ferailage du radier de déssableur**

Nom du treillis	Position	D[mm]	d[mm]	S[cm ² /m]	s[cm ² /m]	E[mm]	e[mm]
ST 65 C	supérieure	9,0	9,0	6,36	6,36	100,0	100,0
ST 65 C	supérieure	9,0	9,0	6,36	6,36	100,0	100,0
ST 20	inférieure	6,0	7,0	1,88	1,28	150,0	300,0
ST 20	inférieure	6,0	7,0	1,88	1,28	150,0	300,0
ST 65 C	inférieure	9,0	9,0	6,36	6,36	100,0	100,0
ST 65 C	inférieure	9,0	9,0	6,36	6,36	100,0	100,0

VI-7-2-bassin d'homogénéisation :

Le réservoir d'homogénéisation est un ouvrage rectangulaire enterré à deux compartiment séparé par une paroi en béton avec une ouverture de 20 cm. Il se constitue de deux toits avec des ouvertures pour les deux mélangeurs. Quatre voiles latéral et deux perpendiculaire. enfin un radier qui encastre les voiles. Les donné de prés dimensionnement sont :

e_1 : épaisseur du toit ($e_1=20\text{cm}$).

e_2 : épaisseur du des parois ($e_2=20\text{cm}$).

e_3 : épaisseur du radier ($e_3=20\text{cm}$).

γ_e : Poids volumique de l'eau ($\gamma_e=1100\text{daN/m}^3$)

γ_b : poids volumique du béton ($\gamma_b=2500\text{ daN/m}^3$)

Q_1 : étanchéité ($Q_1=200\text{daN/m}^2$)

Q_2 : entretient ($Q_2=150\text{daN/m}^2$)

Q_3 : Poids de l'agitateur ($Q_3=70\text{daN/m}^2$)

H : hauteur de l'ouvrage ($H=1,7\text{m}$)

h : niveau d'eau ($h=1,5\text{m}$)

a : largeur total de l'ouvrage ($a=1,9\text{m}$)

b : longueur total de l'ouvrage($b=4,6\text{m}$)

s : surface de l'ouverture ($s=0,25\text{m}^2$)

VI-7-2-1 calcul des poids :

couverture : $P_1 = \gamma_b(e_1 ab - 2s) = 43\text{daN}$

Parois latérales : $P_2 = 2\gamma_b H e_2 b = 2500 \times 0,2 \times 1,7 \times 4,6 = 3570\text{daN}$

Parois de face : $P_3 = \gamma_b e_2 a H = 2500 \times 0,2 \times 1,7 \times 1,9 = 3230\text{daN}$

Eau : $P_3 = \gamma_e h(a - 2e_2)(b - 3e_3) = 1100 \times 1,5 \times 1,5 \times 4 = 9900\text{daN}$

Poids du radier : $P_4 = \gamma_b a e_3 b = 2500 \times 0,2 \times 1,9 \times 4,6 = 3570\text{daN}$

Poids du séparateur: $P_5 = \gamma_b(a - 3e_2)e_2 H = 2500 \times 0,2 \times 1,3 \times 1,7 = 1105\text{daN}$

La charge de la structure : $P = \frac{\sum_1^6 p_i}{ab} + \sum_1^3 Q_i = 3457.20\text{daN/m}^2$

VI-7-2-2-Combinaison de charge :

La combinaison pour les parois latérales, de face et le séparateur se fait à l'état limite ultime pour le réservoir vide puis plein. Pour les radier cette dernière se fait à l'état limite ultime et de service pour le cas bassin rempli.

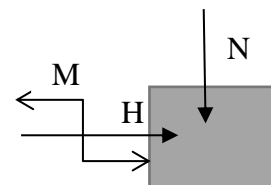


Tableau N°VI-6-Combinaison de charge , parois du réservoir d'homogénéisation

	Bassin rempli			Bassin vide		
	N[daN]	M[daN.m]	H[daN]	N[daN]	M[daN.m]	H[daN]
<i>face</i>	-746,46	0,06	-83,12	225,98	0,04	-60,87
<i>latérale</i>	-8042,13	-18,26	-4045,88	-3908,34	-11,83	-2335,25
<i>Séparateur</i>	3635,13	0,15	-5,61	843,15	0,09	-631,63

Tableau N°VI-7-Combinaison de charge, radier du bassin d'homogénéisation

	ELS				ELU			
	A _x (+)	A _x (-)	A _y (+)	A _y (-)	A _x (+)	A _x (-)	A _y (+)	A _y (-)
N _{xx} [daN/m]	146,49	146,49	146,49	146,49	-490,26	-490,26	-490,26	-490,26
N _{yy} [daN/m]	159,69	159,69	159,69	159,69	-415,00	-415,00	-415,00	-415,00
N _{xy} [daN/m]	25,36	25,36	25,36	25,36	213,91	213,91	213,91	213,91

VI-7-2-3-calcul génie civil :**➤ Voiles de face :**

Longueur: 1,70 (m)

Epaisseur: 0,20 (m)

Hauteur: 1,90 (m)

Nombre des ouvrages semblable 2

Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m³)

Age du béton au chargement : 28

Coefficient de comportement: $q = 2,50$

Calculs suivant: BAEL 91 mod. 99

Enrobage: 3,0 (cm)

Acier longitudinaux et transversale: 500MPA

a-Longueur de flambement $L_f = 1,62$ (m) $L_{f_rnf} = 1,52$ (m) $L_f = 1,62$ (m) $L_{f_rnf} = 1,52$ (m)**b-Elancement** $\lambda = 27,97$ $\lambda_{rnf} = 26,33$ **C-Coefficient α** $\alpha/\alpha_1 = 1,1$ (Age du béton au chargement : 28) $\alpha = 0,50$ $\alpha_{rnf} = 0,69$

d-Résistance du voile non armé: $\sigma_{ulim} = 8,39$ (MPa)

e-Armatures réparties

$N_{umax} = 4153,44$ (daN/m)

$\sigma_{umax} = 0,21$ (MPa)

$N_{ulim} = 167793,49$ (daN/m)

$\sigma_{ulim} = 8,39$ (MPa)

$N_{umax} < N_{ulim} \Rightarrow$ Voile non armé

$4153,44$ (daN/m) < $167793,49$ (daN/m)

f-Armatures de bord

-Bord gauche:

Raidisseur en flexion composé $A_f L = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux Largeur: $d' : d' = 0,20$ (m)

-Bord droit:

Raidisseur en flexion composé $A_f R = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux Largeur: $d' : d' = 0,20$ (m)

g-Cisaillement

$V_u = 69,31$ (daN)

$\tau = 0,00$ (MPa)

$A_h = 0,00$ (cm²/m)

h-Ferrailage:

Tableau N°VI-8-Ferrailage des voiles de face du bassin d'homogénéisation

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
Épingle	6	24	0.14			
De bord transversale	6	16	0.12	0.12	0.12	0.12
De bord longitudinale	10	8	2.31			
Principale verticale	6	12	2.27			
Principale horizontale	6	16	1.64			
Principale en U	6	16	0.28	0,13	0.28	

➤ **Voiles latéraux :**

Longueur: 2,2 (m)

Epaisseur: 0,20 (m)

Hauteur: 1,90 (m)

Nombres des ouvrage semblable: 4

Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = $2501,36$ (kG/m³)

Age du béton au chargement : 28

Coefficient de comportement: $q = 2,50$

Calculs suivant: BAEL 91 mod. 99

Enrobage: 3,0 (cm)

Acier longitudinaux et transversale: 500MPA

a-Longueur de flambement:

$L_f = 1,62$ (m)

$L_{f_rnf} = 1,52$ (m)

$L_f = 1,62$ (m)

$L_{f_rnf} = 1,52$ (m)

b-Elancement:

$\lambda = 27,97$

$\lambda_{rnf} = 26,33$

c-Coefficient α :

$\alpha/\alpha_1 = 1,1$ (Age du béton au chargement :28)

$\alpha = 0,50$

$\alpha_{rnf} = 0,69$

d-Résistance du voile non armé: $\sigma_{ulim} = 8,39$ (MPa)

e- Armatures réparties:

$N_{umax} = 5338,08$ (daN/m)

$\sigma_{umax} = 0,27$ (MPa)

$N_{ulim} = 167793,49$ (daN/m)

$\sigma_{ulim} = 8,39$ (MPa)

$N_{umax} < N_{ulim} \Rightarrow$ Voile non armé

$5338,08$ (daN/m) < $167793,49$ (daN/m)

f-Armatures de bord

Bord gauche:

$A_f L = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: _Largeur: $d' = 0,20$ (m)

Bord droit

Raidisseur en flexion composé: $A_f R = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux :_Largeur: $d' = 0,20$ (m)

g-Cisaillement

$$V_u = 1320,34 \text{ (daN)}$$

$$\tau = 0,03 \text{ (MPa)}$$

$$A_h = 0,00 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

h-Ferrailage:**Tableau N°VI-9-Ferrailage des voiles latéraux du bassin d'homogénéisation**

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
<i>Épingle</i>	6	32	0,14			
<i>De bord transversale</i>	6	16	0,12	0.12	0.12	0.12
<i>De bord longitudinale</i>	10	8	2,31			
<i>Principale verticale</i>	6	16	2,27			
<i>Principale horizontale</i>	6	16	2,14			
<i>Principale en U</i>	6	16	0,28	0,13	0.28	

➤ Séparateur :

Longueur : 1,4(m)

Epaisseur : 0,20 (m)

Hauteur : 1,9 (m)

Béton : $f_{c28} = 25,00 \text{ (MPa)}$ Densité = $2501,36 \text{ (kG/m}^3\text{)}$

Age du béton au chargement : 28

Coefficient de comportement : $q = 2,50$

Calculs suivant : BAEL 91 mod. 99

Enrobage : 3,0 (cm)

Acier longitudinaux et transversale : 500MPa

a-Longueur de flambement:

$$L_f = 1,62 \text{ (m)}$$

$$L_{f_rnf} = 1,52 \text{ (m)}$$

$$L_f = 1,62 \text{ (m)}$$

$$L_{f_rnf} = 1,52 \text{ (m)}$$

b-Elancement:

$$\lambda = 27,97$$

$$\lambda_{rnf} = 26,33$$

c-Coefficient α :

$$\alpha/\alpha_1 = 1,1 \quad (\text{Age du béton au chargement : 28})$$

$$\alpha = 0,50$$

$$\alpha_{rnf} = 0,69$$

d-Résistance du voile non armé: $\sigma_{ulim} = 8,39 \text{ (MPa)}$

e-Armatures réparties

$N_{u\max} = 2605,48$ (daN/m)

$\sigma_{u\max} = 0,13$ (MPa)

$N_{ulim} = 167793,49$ (daN/m)

$\sigma_{ulim} = 8,39$ (MPa)

$N_{u\max} < N_{ulim} \Rightarrow$ Voile non armé

$2605,48$ (daN/m) < $167793,49$ (daN/m)

f-Armatures de bord:

Bord gauche

Raidisseur en flexion composé: $A_f L = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

Bord droit

Raidisseur en flexion composé: $A_f R = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

g-Cisaillement:

$V_u = 666,35$ (daN)

$\tau = 0,03$ (MPa)

$A_h = 0,00$ (cm²/m)

h-Ferrailage:

Tableau N°VI-10-Ferrailage des voiles latéraux du bassin d'homogénéisation

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
<i>Épingle</i>	6	20	0,10			
<i>De bord transversale</i>	6	16	0,08	0,08	0,08	0,08
<i>De bord longitudinale</i>	10	8	2,29			
<i>Principale verticale</i>	6	10	2,25			
<i>Principale horizontale</i>	6	16	1,30			

➤ **Radier :**

Longueur: **4,60m.**

Largeur: **1,9m.**

Epaisseur: **0,20 m.**

Nombres des ouvrage semblable: **1**

Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m³).

Age du béton au chargement : **28.**

Coefficient de comportement: $q = 2,50$.

Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99.**

Enrobage supérieur et inférieur : **3,0 (cm)**

Acier longitudinaux et transversale: **500MPA.**

Flèche admisible: **3 cm**

Type de calcule: flexion composé.

Les moment suivant tout les plan sont nul.

Surface des armature: **6,36cm²/ml**

-Resultats du ferrailage réel:

Tableau N°VI-11-ferrailage du radier du bassin d'homogénéisation

Nom du treillis	Position	Nombre	D[mm]	d[mm]	S[cm ² /m]	s[cm ² /m]	E[mm]	e[mm]
ST 65 C	supérieure	2	9	9	6,36	6,36	100	100
ST 65 C	supérieure	2	9	9	6,36	6,36	100	100
ST 65 C	inférieure	2	9	9	6,36	6,36	100	100
ST 65 C	inférieure	2	9	9	6,36	6,36	100	100

VI-7-3-Bassin de floculation et coagulation :

Comme le bassin d'homogénéisation le bassin de coagulation et floculation se compose de deux parois de face et deux de côté, séparateur avec une ouverture de 10 cm, théorie encastrées parfaitement dans un radier en plus un toit avec deux ouvertures de surfaces $0,25\text{m}^2$ et $0,06\text{m}^2$. les données de base et de dimensionnement du réservoir sont :

e_1 : épaisseur du toit ($e_1=20\text{cm}$).

e_2 : épaisseur des parois ($e_2=20\text{cm}$).

e_3 : épaisseur du radier ($e_3=20\text{cm}$).

γ_e : Poids volumique de l'eau ($\gamma_e=1100\text{daN/m}^3$).

γ_b : poids volumique du béton ($\gamma_b=2500\text{ daN/m}^3$).

Q_1 : étanchéité ($Q_1=200\text{daN/m}^2$).

Q_2 : entretien ($Q_2=150\text{daN/m}^2$).

Q_3 : Poids des agitateurs ($Q_3=100\text{daN/m}^2$).

H : hauteur de l'ouvrage ($H=1,4\text{m}$).

h : niveau d'eau ($h=0,8\text{m}$).

a : largeur total de l'ouvrage ($a=3,15\text{m}$).

b : longueur total de l'ouvrage ($b=1,6\text{m}$).

VI-7-3-1-Calcul des poids :

$$\text{Poids de la couverture : } P_1 = \gamma_b \left(e_1 ab - \frac{5s}{4} \right) = 4370\text{daN}$$

$$\text{Parois latérales : } P_2 = 2\gamma_b H e_2 b = 2500 \times 0,2 \times 1,4 \times 3,15 = 4410\text{daN}$$

$$\text{Parois de face : } P_3 = 2\gamma_b e_2 a H = 2500 \times 0,2 \times 1,4 \times 1,6 = 2240\text{daN}$$

$$\text{Eau : } P_4 = \gamma_e h (a - 2e_2)(b - 3e_3) = 1100 \times 0,8 \times 1,2 \times 2,55 = 2420\text{daN}$$

$$\text{Poids du radier : } P_5 = \gamma_b a e_3 b = 2500 \times 0,2 \times 3,15 \times 1,6 = 2520\text{daN}$$

$$\text{Poids du séparateur : } P_6 = \gamma_b (a - 2,5e_2)(h + 0,2)e_2 = 2500 \times 1 \times 1 \times 0,2 = 450\text{daN}$$

$$\text{La charge de la structure : } P = \frac{\sum_1^6 p_i}{ab} + \sum_1^3 Q_i = 3214\text{daN/m}^2$$

VI-7-3-2-Combinaison de charge :

Les valeurs de combinaison de charge fournies par ROBOT à l'état limite ultime de base pour les deux cas bassin en service et bassin hors service concernent les parois de face et latérales ainsi que le séparateur seront représentés dans le tableau suivant :

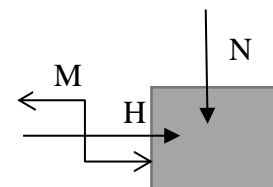


Tableau N°VI-12-Combinaison de charge les parois du coaguleur-floculeur

	Bassin rempli			Bassin vide		
	N[daN]	M[daN.m]	H[daN]	N[daN]	M[daN.m]	H[daN]
face	1247,9	-0,11	-108,39	1307,46	-0,07	-108,39
latérale	-1817,30	2,85	-2782,11	-696,01	1,15	-2060,46
Séparateur	1331,55	-0,49	-5,61	1243,59	-0,39	-152,84

Pour le radier les combinaisons de charges seront l'état limite ultime de base et celle du service pour le scénario ouvrage plain seront illustré dans le tableau suivant :

Tableau N°VI-13-Combinaison de charge radier du coaguleur-floculeur

	ELS				ELU			
	A _x (+)	A _x (-)	A _y (+)	A _y (-)	A _x (+)	A _x (-)	A _y (+)	A _y (-)
N _{xx} [daN/m]	-170,11	-197,7	-200,05	-200,05	-229,64	-266,89	-270,07	-270,07
N _{yy} [daN/m]	-244,75	-207,08	-184,95	-184,95	-330,42	-279,56	-249,68	-249,68
N _{xy} [daN/m]	-6,31	-81,10	76,39	76,39	-10,10	-109,48	103,12	103,12

VI-7-3-3-Calcul génie civil :➤ **Voile latéral :**Longueur: **2,75 m**Epaisseur: **0,20 m**Hauteur: **1,2 m**Nombre des ouvrage semblable: **2**Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = **2501,36 (kG/m³)**Age du béton au chargement : **28**Coefficient de comportement: $q = 2,50$ Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99**Enrobage: **3,0 cm****a-Longueur de flambement:**L_f' = 1,02 (m)L_f'_{rnf} = 0,96 (m)L_f = 1,02 (m)L_f'_{rnf} = 0,96 (m)**b-Elancement:** $\lambda = 17,67$ λ rnf = 16,63

c-Coefficient α :

$\alpha/\alpha_1 = 1,1$ (Age du béton au chargement :28)

$\alpha = 0,55$

$\alpha_{rnf} = 0,74$

d-Résistance du voile non armé: $\sigma_{ulim} = 9,21$ (MPa)

e-Armatures réparties

$N_{umax} = 0,00$ (daN/m)

$\sigma_{umax} = 0,00$ (MPa)

$N_{ulim} = 184194,00$ (daN/m)

$\sigma_{ulim} = 9,21$ (MPa)

$N_{umax} < N_{ulim} \Rightarrow$ Voile non armé

0 (daN/m) $<$ $184194,00$ (daN/m)

f-Armatures de bord:

Bord gauche:

Raidisseur en flexion composé: $A_f L = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

Bord droit:

Raidisseur en flexion composé: $A_f R = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

g-Cisaillement (Armatures horizontales)

$V_u = 2844,00$ (daN)

$\tau = 0,05$ (MPa)

$A_h = 0,00$ (cm²/m)

h-Ferrailage:

Tableau N°VI-14-Ferrailage, voile latéral coaguleur-floculeur

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
Épingle	6	33	0,14			
De bord transversale	6	10	0,12	0,12	0,12	0,12
De bord longitudinale	10	8	1,61			
Principale verticale	6	22	1,57			
Principale horizontale	6	10	3,09			
Principale en U	6	10	0,28	0,13	0,28	

➤ **Voile de face :**largeur: **1,4 m**Epaisseur: **0,20 m**Hauteur: **1,2 m**Nombre des ouvrage semblable: **2**Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = **2501,36 (kG/m³)**Age du béton au chargement : **28**Coefficient de comportement: $q = 2,50$ Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99**Enrobage: **3,0 cm**Acier longitudinaux et transversale: **500MPA****a-Longueur de flambement:** $L_f' = 1,02$ (m) $L_{f_rnf} = 0,96$ (m) $L_f = 1,02$ (m) $L_{f_rnf} = 0,96$ (m)**b-Elancement:** $\lambda = 17,67$ $\lambda_{rnf} = 16,63$ **c-Coefficient α :** $\alpha/\alpha_1 = 1,1$ (Age du béton au chargement :28) $\alpha = 0,55$ $\alpha_{rnf} = 0,74$ **d-Résistance du voile non armé:** $\sigma_{ulim} = 9,21$ (MPa)**e-Armatures réparties:** $N_{umax} = 933,9$ (daN/m) $\sigma_{umax} = 0,05$ (MPa) $N_{ulim} = 184194,00$ (daN/m) $\sigma_{ulim} = 9,21$ (MPa) $N_{umax} < N_{ulim} \Rightarrow$ **Voile non armé** $933,9$ (daN/m) < $184194,00$ (daN/m)**f-Armatures de bord:****Bord gauche:**Raidisseur en flexion composé: $A_f L = 3,14$ (cm²)Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)**Bord droit:**Raidisseur en flexion composé: $A_f R = 3,14$ (cm²)Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

g-Cisaillement

$$V_u = 67,64 \text{ (daN)}$$

$$\tau = 0,00 \text{ (MPa)}$$

$$A_h = 0,00 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

h-Ferrailage:**Tableau N°VI-15-Ferrailage, voile de face coaguleur-floculeur**

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
Épingle	6	15	0,10			
De bord transversale	6	10	0,08	0,08	0,08	0,08
De bord longitudinale	10	8	1,59			
Principale verticale	6	10	1,55			
Principale horizontale	6	10	1,30			

➤ *Le séparateur :*

Longueur: **1,1 m.**

Epaisseur: **0,20 m.**

Hauteur: **1,2 m.**

Nombres des ouvrage semblable: **1.**

Béton : $f_{c28} = 25,00 \text{ (MPa)}$ Densité = **2501,36 (kG/m³).**

Age du béton au chargement : **28.**

Coefficient de comportement: $q = 2,50.$

Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99.**

Enrobage: **3,0 cm.**

a-Longueur de flambement:

$$L_f' = 1,02 \text{ (m)}$$

$$L_{f_rnf}' = 0,96 \text{ (m)}$$

$$L_f = 1,02 \text{ (m)}$$

$$L_{f_rnf} = 0,96 \text{ (m)}$$

b-Elancement:

$$\lambda = 17,67$$

$$\lambda_{rnf} = 16,63$$

c-Coefficient α :

$$\alpha/\alpha_1 = 1,1 \quad (\text{Age du béton au chargement : } 28)$$

$$\alpha = 0,55$$

$$\alpha_{rnf} = 0,74$$

d-Résistance du voile non armé: $\sigma_{ulim} = 9,21 \text{ (MPa)}$

e-Armatures réparties:

$N_{u\max} = 1207,32$ (daN/m)

$\sigma_{u\max} = 0,06$ (MPa)

$N_{ulim} = 184194,00$ (daN/m)

$\sigma_{ulim} = 9,21$ (MPa)

$N_{u\max} < N_{ulim} \Rightarrow$ Voile non armé

$1207,32$ (daN/m) < $184194,00$ (daN/m)

f-Armatures de bord:

Bord gauche:

Raidisseur en flexion composé: $A_f L = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

Bord droit

Raidisseur en flexion composé: $A_f R = 3,14$ (cm²)

Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

g-Cisaillement:

$V_u = 96,15$ (daN)

$\tau = 0,00$ (MPa)

$A_h = 0,00$ (cm²/m)

h-Ferrailage:

Tableau N°VI-16-Ferrailage, voile de face du coaguleur-floculeur

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
Épingle	6	12	0,14			
De bord transversale	6	10	0,12	0,12	0,12	0,12
De bord longitudinale	10	8	1,61			
Principale verticale	6	8	1,57			
Principale horizontale	6	10	1,14			
Principale en U	6	10	0,28	0,13	0,28	

➤ **Radier :**Longueur: **3,15m.**Largeur: **1,6m.**Epaisseur: **0,20 m.**Nombre des ouvrage semblable: **1**Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m³).Age du béton au chargement : **28.**Coefficient de comportement: $q = 2,50$.Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99.**Enrobage supérieur et inférieur : **3,0 (cm)**Acier longitudinaux et transversale: **500MPA.**Flèche admissible: **3 cm**

Type de calcul: flexion composé.

Les moment suivant tout les plan sont nul.

Surface des armature: **2,38cm/ml****-Resultats du ferailage réel:****Tableau N°VI-17-Ferailage du radier de bassin de coagulation et floculation**

Nom du treillis	Position	Nombre	D[mm]	d[mm]	S[cm ² /m]	s[cm ² /m]	E[mm]	e[mm]
ST 10	supérieure	2	5,5	5,5	1,19	1,19	200	200
ST 10	supérieure	2	5,5	5,5	1,19	1,19	200	200
ST 10	inférieure	2	5,5	5,5	1,19	1,19	200	200
ST 10	inférieure	2	5,5	5,5	1,19	1,19	200	200

VI-7-4-Décanteur cylindrique :

Le décanteur est un réservoir cylindrique qui se compose de fondation superficielle de type radier et parois courbées supposé encastrées parfaitement dans ce dernier et aussi équipé avec un racleur de fond. Les données de base de l'ouvrage sont :

e_2 : épaisseur des parois ($e_2=20\text{cm}$).

e_3 : épaisseur du radier ($e_3=20\text{cm}$).

γ_e : Poids volumique de l'eau ($\gamma_e=1100\text{daN/m}^3$)

γ_b : poids volumique du béton ($\gamma_b=2500\text{ daN/m}^3$)

Q_1 : étanchéité ($Q_1=200\text{daN/m}^2$)

Q_2 : entretien ($Q_2=150\text{daN/m}^2$)

Q_3 : du racleur ($Q_3=100\text{daN/m}^2$)

H : hauteur de l'ouvrage ($H=1.2\text{m}$)

h : niveau d'eau ($h=1.2\text{m}$)

R : rayon intérieur ($R=1,7\text{m}$)

VI-7-4-1-Calcul des poids :

$$\text{parois: } P_1 = \gamma_b H \pi (R^2 - (R - e_2)^2) = 2500 \times 1,2 \times 3,142 \times (1,7^2 - 1,5^2) = \mathbf{6032,64\text{daN}}$$

$$\text{Poids d'eau : } P_2 = \gamma_e h \pi (R - e_2)^2 = 1100 \times 1,2 \times 3,142 \times 1,5^2 = \mathbf{8483,4\text{daN}}$$

$$\text{Poids du radier : } P_3 = \gamma_b \pi e_3 R^2 = 2500 \times 0,2 \times 3,142 \times 1,6^2 = \mathbf{3534,75\text{daN}}$$

$$\text{Chargement total de la structure : } P = \frac{\sum_1^3 p_i}{\pi(R+0,2)^2} + \sum_1^3 Q_i = \mathbf{3871,5\text{daN/m}^2}$$

VI-7-4-2-Combinaison de charge :

La combinaison de charge total de l'ouvrage pour les parois courbées se fait à l'état limite ultime pour les deux cas décanteur vide et décanteur plein et Pour le radier les combinaisons à prendre en compte sont ELS et ELU pour un ouvrage en service.

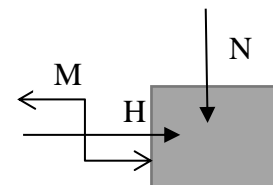


Tableau N°VI-18-Combinaison des charges pour parois courbées du décanteur

	nom	Type	N(daN)	M(kN*m)	H (daN)
1	réservoir rempli	ELU	1921,21	-2,88	0
2	réservoir vide	ELU	1851,78	-2,77	0

VI-7-4-3-Calcul génie civil :➤ **Radiers :**

Longueur courbé : **2,36 (m)**.

Epaisseur: **0,20 (m)**.

rayon : 1,5 (m).

Nombres des ouvrage semblable: **1**.

Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m³).

Age du béton au chargement : **28**.

Coefficient de comportement: $q = 2,50$.

Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99**.

Enrobage supérieur et inférieur : **3,0 (cm)**

Acier longitudinaux et transversale: **500MPA**.

Flèche admissible: **3 cm**.

Type de calcul: flexion composé.

Section de ferrailage: **5,65cm²/ml**.

-Resultats du ferrailage réel:

Position des treillis soudé: **superieur et inferieur**.

Nom des treillis soudé: **ST 65 C**

Types d'acier des treillis : **TSHA**

Diametre: **9mm**

Nombre:**28**

Surface :6.36cm²/m

➤ **Parois courbées:**

Longueur: **1,72 m**

Epaisseur: **0,20 m**

Hauteur: **1,2 m**

Nombres des ouvrage semblable: **4**

Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m³)

Age du béton au chargement : **28**

Coefficient de comportement: $q = 2,50$

Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99**

Enrobage: **3,0 cm**

Acier longitudinaux et transversale: **500MPA**

a-Longueur de flambement:

$L_f = 1,02$ (m)

$L_{f_rnf} = 0,96$ (m)

$L_f = 1,02$ (m)

$L_{f_rnf} = 0,96$ (m)

b-Elancement:

$$\lambda = 17,67$$

$$\lambda_{\text{rnf}} = 16,63$$

c- Coefficient α :

$$\alpha/\alpha_1 = 1,1 \quad (\text{Age du béton au chargement :28})$$

$$\alpha = 0,55$$

$$\alpha_{\text{rnf}} = 0,74$$

$$\text{d-Résistance du voile non armé: } \sigma_{\text{ulim}} = 9,21 \text{ (MPa)}$$

e-Armatures réparties:

$$N_{\text{umax}} = 1116,59 \text{ (daN/m)}$$

$$\sigma_{\text{umax}} = 0,06 \text{ (MPa)}$$

$$N_{\text{ulim}} = 184194,00 \text{ (daN/m)}$$

$$\sigma_{\text{ulim}} = 9,21 \text{ (MPa)}$$

$$N_{\text{umax}} < N_{\text{ulim}} \quad \Rightarrow \quad \text{Voile non armé}$$

$$1116,59 \text{ (daN/m)} < 184194,00 \text{ (daN/m)}$$

f-Armatures de bord:

- Bord gauche:

$$\text{Raidisseur en flexion composé: } A_f L = 3,14 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Potelets minimaux: } d' = 0,20 \text{ (m)}$$

-Bord droit:

$$\text{Raidisseur en flexion composé: } A_f R = 3,14 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{Potelets minimaux: } d' = 0,20 \text{ (m)}$$

g-Cisaillement (Armatures horizontales):

$$V_u = 0,00 \text{ (daN)}$$

$$\tau = 0,00 \text{ (MPa)}$$

$$A_h = 0,00 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

h-Ferrailage:

Tableau N°VI-19-Ferrailage de parois courbée du décanteur

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
Épingle	6	12	0,14			
De bord transversale	6	8	0,12	0,12	0,12	0,12
De bord longitudinale	10	8	1,61			
Principale verticale	6	12	1,57			
Principale horizontale	6	8	1,66			
Principale en U	6	8	0,28	0,13	0,28	

VI-7-5-Bassins d'adsorptions :

Les bassins d'adsorption sont des réservoirs rectangulaire en série remplis de charbon actif sous forme de grains. Ils se composent de 4 parois verticales et un radier par unité autrement dit un total de 12 parois et 3 radier. Les données caractérisant une seule unité sont :

e_2 : épaisseur des parois ($e_2=20\text{cm}$).

e_3 : épaisseur du radier ($e_3=20\text{cm}$).

γ_e : Poids volumique de l'eau ($\gamma_e=1000\text{daN/m}^3$)

γ_b : poids volumique du béton ($\gamma_b=2500\text{ daN/m}^3$)

γ_c : poids du charbon actif ($\gamma_c=600\text{ daN/m}^3$)

Q_1 : étanchéité ($Q_1=200\text{daN/m}^2$)

Q_2 : entretien ($Q_2=150\text{daN/m}^2$)

H : hauteur des parois ($H=1,4\text{m}$)

h : niveau d'eau ($h=1,4\text{m}$)

h' : hauteur du charbon actif ($h'=1,1\text{m}$)

b : côté de la base ($b=0,92\text{m}$)

VI-7-5-1-Calcul des poids :

Poids des parois: $P_1 = \gamma_b H e_2^2 (2b - 1) = 2500 \times 1,4 \times 0,2^2 \times 1,04 = 2296\text{daN}$

Eau : $P_2 = \gamma_e h (b - e_2)^2 = 1000 \times 0,62^2 \times 1,4 = 538,16\text{daN}$

Poids du radier : $P_3 = \gamma_b e_3 b^2 = 2500 \times 0,2 \times 1,9 \times 4,6 = 3570\text{daN}$

Poids du charbon actif : $P_4 = \gamma_c (b - e_2)^2 h' = 600 \times 0,62^2 \times 1,2 = 253,704\text{daN}$

Chargement total de la structure : $P = \frac{\sum_1^4 p_i}{\pi(R+0,1)^2} + \sum_1^3 Q_i = 3158,89\text{daN/m}^2$

VI-7-5-2-Combinaison de charge :

La combinaison concernant les parois se fait à l'état limite ultime pour le cas du bassin vide et bassin plein. Et pour le radier la combinaison se fait à l'état limite ultime et de service en supposant le bassin plein.

Tableau N°VI-20-Combinaison des charges pour parois du filtre d'adsorption.

	nom	Type	N(daN)	M(kN*m)	H (daN)
1	réservoir rempli	ELU	-1364,23	-1,35	3540,04
2	réservoir vide	ELU	-345,21	-0,33	843,42

Tableau N°VI-21-Combinaison de charge pour le radier du bassin d'adsorption.

	ELS	ELU
$N_{xx}[\text{daN/m}]$	-81,70	-110,29
$N_{yy}[\text{daN/m}]$	-80,73	-108,98
$N_{xy}[\text{daN/m}]$	3,13	4,22

VI-7-5-3-calcul génie civil :**➤ Voile :**Longueur: **1,02 m**Epaisseur: **0,20 m**Hauteur: **1,4 m**Nombre des ouvrage semblable: **4**Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = **2501,36 (kG/m³)**Age du béton au chargement : **28**Coefficient de comportement: $q = 2,50$ Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99**Enrobage: **3,0 cm****a-Longueur de flambement:** $L_f' = 1,19$ (m) $L_{f_rnf} = 1,12$ (m) $L_f = 1,19$ (m) $L_{f_rnf} = 1,12$ (m)**b-Elancement** $\lambda = 20,61$ $\lambda_{rnf} = 19,40$ **c- Coefficient α** $\alpha/\alpha_1 = 1,1$ (Age du béton au chargement :28) $\alpha = 0,54$ $\alpha_{rnf} = 0,73$ **d- Résistance du voile non armé:** $\sigma_{ulim} = 9,00$ (MPa)**e- Armatures réparties** $N_{umax} = 0,00$ (daN/m) $\sigma_{umax} = 0,00$ (MPa) $N_{ulim} = 179978,52$ (daN/m) $\sigma_{ulim} = 9,00$ (MPa) $N_{umax} < N_{ulim} \Rightarrow$ **Voile non armé** $0,00$ (daN/m) < $179978,52$ (daN/m)**f- Armatures de bord****-Bord gauche**Raidisseur en flexion composé: $A_f L = 3,14$ (cm²)Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)**-Bord droit**Raidisseur en flexion composé: $A_f R = 3,14$ (cm²)Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

g-Cisaillement:

$$V_u = 3540,42 \text{ (daN)}$$

$$\tau = 0,19 \text{ (MPa)}$$

$$A_h = 0,00 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

h-Ferrailage:**Tableau N°VI-22-Ferrailage de parois du bassin d'adsorption**

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
Épingle	6	9	0,14			
De bord transversale	6	12	0,12	0.12	0.12	0.12
De bord longutidinale	10	8	1,81			
Principale verticale	6	6	1,77			
Principale horizotale	6	12	0,96			
Principale en U	6	12	0,28	0,13	0.28	

➤ **Radier:**

coté : 1,02 (m).

Epaisseur: **0,20 (m)**.

Nombres des ouvrage semblable: **12**.

Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m³).

Age du béton au chargement : **28**.

Coefficient de comportement: $q = 2,50$.

Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99**.

Enrobage supérieur et inférieur : **3,0 (cm)**

Acier longitudinaux et transversale: **500MPA**.

Flèche admicible: **3 cm**.

Type de calcule: flexion composé.

Section de ferailage: **1,19cm²/ml**.

-Resultats du ferailage réal:**Tableau N°VI-23-Ferrailage du radier de bassin d'adsorption**

Nom du treillis	D[mm]	d[mm]	nombres	S[cm ² /m]	s[cm ² /m]	E[mm]	e[mm]
ST 10	5,5	5,5	4	1,19	1,19	200,0	200,0
ST 10	5,5	5,5	4	1,19	1,19	200,0	200,0

VI-7-6-Réservoir d'eau épuré :

Le réservoir d'eau traité est un ouvrage cylindrique sur sol qui se compose de voile courbé encastré dans un radier de fondation et une couverture. Les données et les dimensions du réservoir sont :

e_1 : épaisseur du radier ($e_1=20\text{cm}$).

e_2 : épaisseur des parois ($e_2=20\text{cm}$).

e_3 : épaisseur du radier ($e_3=20\text{cm}$).

γ_e : Poids volumique de l'eau ($\gamma_e=1000\text{daN/m}^3$).

γ_b : poids volumique du béton ($\gamma_b=2500\text{ daN/m}^3$).

Q_1 : étanchéité ($Q_1=200\text{daN/m}^2$).

Q_2 : entretien ($Q_2=150\text{daN/m}^2$).

Q_3 : du racleur ($Q_3=100\text{daN/m}^2$).

H : hauteur de l'ouvrage ($H=2,4\text{m}$).

h : niveau d'eau ($h=2\text{m}$).

R : rayon intérieur ($R=1\text{m}$).

r : Rayon de l'ouverture : ($r=0,25\text{m}$)

VI-7-4-1-Calcul des poids :

parois : $P_1 = \gamma_b H \pi ((R + e_2)^2 - R^2) = 2500 \times 2,4 \times 3,142 \times (1,2^2 - 1^2) =$
7603,64 daN

Poids d'eau : $P_2 = \gamma_e h \pi R^2 = 1000 \times 2 \times 3,142 \times 1^2 =$ **6284 daN**

Poids du radier : $P_3 = \gamma_b \pi e_3 R^2 = 2500 \times 0,2 \times 3,142 \times 1,2^2 =$ **2262,24 daN**

toit : $P_4 = \gamma_b \pi e_1 (R^2 - r^2) = 2500 \times 0,2 \times 3,142 \times (1,1^2 - 0,25^2) =$ **2262,248 daN**

Chargement total de la structure : $P = \frac{\sum_1^4 p_i}{\pi R^2} + \sum_1^3 Q_i =$ **5167,15 daN/m²**

VI-7-4-2-Combinaison de charge :

La combinaison de charge total de l'ouvrage pour les parois courbées se fait à l'état limite ultime pour les deux cas décauteur vide et décauteur plein et Pour le radier les combinaisons à prendre en compte sont ELS et ELU pour un ouvrage en service.

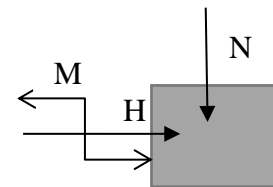


Tableau N°VI-24-Combinaison des charges pour parois courbées du réservoir

	nom	Type	N(daN)	M(kN*m)	H (daN)
1	réservoir rempli	ELU	1331,59	17,68	-8157,06
2	réservoir vide	ELU	2126,17	9,48	-5026,50

Tableau N°VI-25-Combinaison de charge pour le radier du réservoir

	ELS	ELU
N_{xx} [daN/m]	4924	7009,54
N_{yy} [daN/m]	-2012	-2760,65
N_{xy} [daN/m]	1762	2482,08

VI-7-4-3-Calcul génie civil :➤ **Radiers :**Longueur courbé : **1,18 (m)**.Epaisseur: **0,20 (m)**.

rayon : 1,1 (m).

Nombres des ouvrage semblable: **4**.Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = 2501,36 (kG/m³).Age du béton au chargement : **28**.Coefficient de comportement: $q = 2,50$.Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99**.Enrobage supérieur et inférieur : **3,0 (cm)**Acier longitudinaux et transversale: **500MPA**.Flèche admissible: **3 cm**.

Type de calcul: flexion composé.

Section de ferrailage: **6,36cm²/ml**.**-Resultats du ferrailage réel:****Tableau N°VI-26-ferrailage du radier du réservoir**

Nom du treillis	Position	Nombre	D[mm]	d[mm]	S[cm ² /m]	s[cm ² /m]	E[mm]	e[mm]
ST 65 C	supérieure	2	9	9	6,36	6,36	100	100
ST 65 C	supérieure	2	9	9	6,36	6,36	100	100
ST 65 C	inférieure	2	9	9	6,36	6,36	100	100
ST 65 C	inférieure	2	9	9	6,36	6,36	100	100

➤ **Parois courbées:**Longueur: **1,18 m**Epaisseur: **0,20 m**Hauteur: **2,4 m**Nombre des ouvrage semblable: **4**Béton : $f_{c28} = 25,00$ (MPa) Densité = **2501,36 (kG/m³)**Age du béton au chargement : **28**Coefficient de comportement: $q = 2,50$ Calculs suivant: **BAEL 91 mod. 99**Enrobage: **3,0 cm**Acier longitudinal et transversale: **500MPA****a-Longueur de flambement:** $L_f' = 2,04$ (m) $L_{f_rnf} = 1,92$ (m) $L_f = 2,04$ (m) $L_{f_rnf} = 1,92$ (m)**b-Elancement:** $\lambda = 35,33$ $\lambda_{rnf} = 33,26$ **c- Coefficient α :** $\alpha/\alpha_1 = 1,1$ (Age du béton au chargement :28) $\alpha = 0,46$ $\alpha_{rnf} = 0,65$ **d-Résistance du voile non armé:** $\sigma_{ulim} = 7,71$ (MPa)**e-Armatures réparties:** $N_{umax} = 1800,35$ (daN/m) $\sigma_{umax} = 0,09$ (MPa) $N_{ulim} = 154190,96$ (daN/m) $\sigma_{ulim} = 7,71$ (MPa) $N_{umax} < N_{ulim} \Rightarrow$ **Voile non armé** $1800,35$ (daN/m) < $154190,96$ (daN/m)**f-Armatures de bord:****- Bord gauche:**Raidisseur en flexion composé: $A_f L = 3,14$ (cm²)Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)**-Bord droit:**Raidisseur en flexion composé: $A_f R = 3,14$ (cm²)Potelets minimaux: $d' = 0,20$ (m)

g-Cisaillement (Armatures horizontales):

$$V_u = 8307,06 \text{ (daN)}$$

$$\tau = 0,39 \text{ (MPa)}$$

$$A_h = 0,00 \text{ (cm}^2\text{/m)}$$

h-Ferrailage:***Tableau N°VI-27-Ferrailage de parois courbée du réservoir***

Type d'armature	Diamètre(mm)	nombre	A(m)	B(m)	C(m)	D(m)
Épingle	6	20	0,14			
De bord transversale	6	20	0,12	0.12	0.12	0.12
De bord longitudinale	10	8	2,81			
Principale verticale	6	8	2,77			
Principale horizontale	6	20	1,12			
Principale en U	6	20	0,28	0,13	0.28	

VI-8-Conclusion:

On remarque que la première variante nécessite une bonne quantité de travaux génies civil comparé à la deuxième. Ainsi que des quantités importantes de béton et de fer, d'aménagement important et une surface d'occupation importante.

Pour compenser les travaux génie civil. On peut demander la fourniture des éléments préfabriqués de la part de COSIDER canalisation. Pour l'espace l'UTB dispose assez de surface prête à être exploitée.

Chapitre VII

***Devis estimatif et
quantitatif***

CHAPITRE VII : Devis estimatif et quantitatif

VII-1-Introduction :

Après l'étape technique qui consistait à dimensionner le procès. En point de vu génie civil et hydraulique, suivant les deux variantes présentées. Vient l'étude économique ou l'étude du devis estimatif et quantitatif des différents éléments.

Comme son nom indique ce chapitre est divisé en deux grande partie la quantité de travaux (béton, remblais, déblai, équipent auxiliaire ...). Après cette étape vient le prix estimatif des travaux qui se base sur les prix unitaires des éléments selon le marché algérien.

VII-2-Calcul des quantités de béton :

Les quantités de béton qu'on cherche à déterminer est celle du béton de construction et le béton de propreté. Pour la première quantité, il s'agit d'un béton ordinaire avec une résistance de 25MPa et un dosage de ciment de 350kg/m³. Cette dernière est déterminé en multipliant le résultat donné par le logiciel ROBOT, pour chaque élément dimensionné, au nombres des éléments semblable.

Pour la deuxième quantité, le béton employé est sans exigence technique avec un dosage de ciment de 150Kg/m³ et une épaisseur de 10 cm avec une surface qui couvre celle du radier de l'ouvrage avec un ajour de 5 à 10 cm en extrémités.

VII-2-1-Quantité de béton de propreté :

Le calcul du volume du béton de propreté se base sur la surface à couvrir et l'épaisseur de ce dernier. Pour la première variante les ouvrages se divise en deux catégorie selon la forme du radier. Des ouvrages avec un radier circulaire et des ouvrages avec un radier rectangulaire. En conséquence le tapie du béton de propreté épouse la forme du radier en question avec une extension de 10 cm. Les équations qui sert à déterminer la quantité nécessaire sont :

$$\left\{ \begin{array}{l} V'_i = (a + 0,1)(b + 0,1)e' \\ \text{ou} \\ V'_i = \pi e'(R + 0,1)^2 \end{array} \right. \quad \text{avec}$$

e' : épaisseur du tapie ($e' = 10\text{cm}$).

R : rayon extérieur de l'ouvrage.

a et b : longueur et largeur de l'ouvrage.

$$V_{1,2} = C \sum V'_i \quad \text{avec} \quad C: \text{coefficient de majoration de 30\% } (C = 1,3)$$

Tableau N°VII-1-Volume élémentaire du béton du tapie première variante.

	Rayon(m)	Longueur(m)	Largeur(m)	Volume du tapie(m ³)
<i>Déssableur couloir</i>		1	0,75	0,094
<i>Bassin d'homogénéisation</i>		4,6	1,9	0,94
<i>Bassin de coagulation et floculation</i>		3,15	1,6	0,563
<i>Décanteur</i>	1,7			1,02
<i>Filtre d'adsorption</i>		1,05	1,05	0,126
<i>Réservoir d'eau épuré</i>	1,2			0,531
<i>Quantité première variante</i>				4,3
<i>Quantité deuxième variante</i>				2,1

VII-2-2-Quantité de béton de construction :

Chaque ouvrage de traitement se compose de radier et des voiles (parois) ainsi qu'un toit dans certains. Les éléments qui contrôlent la quantité à employer, en se basant sur les résultats donnés par le logiciel sont le nombre des éléments semblables, l'épaisseur et le coefficient de majoration. Vu les épaisseurs égales de la couverture et le radier et sans prendre en considération l'ouverture. Alors le toit sera considéré comme un élément semblable au radier. Le résultat de calcul ainsi que les données de base et la méthode de calcul seront représentés ci-dessus.

$$V_{1,2} = C \times \sum nb_i V_i \quad \text{Avec -nb : le nombre des éléments semblable}$$

-C : coefficient de majoration d'ordre 30%(C=1,3).

-V_i : le volume de l'élément.

Tableau N°VII-2-Volume élémentaire du béton de construction

	Volume élémentaire(m ³)	Nombre des éléments semblables	Volume total(m ³)
Déssableur couloir			
<i>Radier</i>	0,17	1	0,17
<i>Parois</i>	0,24	2	0,48
Bassin d'homogénéisation			
<i>Radier et toit</i>	1,5	2	3
<i>Parois de face</i>	0,65	2	1,3
<i>séparateur</i>	0,53	1	0,53
<i>Parois latérales</i>	0,84	4	3,36
Bassin de coagulation et floculation			
<i>Radier et toit</i>	0,73	2	1,46
<i>Parois de face</i>	0,3	2	0,6
<i>Séparateur</i>	0,26	1	0,26
<i>Parois latérales</i>	0,76	2	1,52
Décanteur			
<i>Radier</i>	0,4	4	1,6
<i>Parois courbé</i>	0,41	4	1,64
Bassin d'adsorption			
<i>Radier</i>	0,13	1	0,13
<i>Parois</i>	0,3	4	1,2
Réservoir d'eau			
<i>Radier</i>	0,19	8	1,52
<i>Parois courbé</i>	0,57	4	2,28

Donc le volume du béton total pour les deux variantes est :

$$V_1 = C \times \sum nb_i V_i = 21,05 \times 1,3 = \mathbf{27,4 m^3}.$$

$$V_2 = C \times \sum nb_i V_i = 12,64 \times 1,3 = \mathbf{16,5 m^3}$$

VII-3-Quantité de ferrailage :

Les armature principales ou secondaire, longitudinales ou verticales, sont des éléments cruciaux pour tout béton de construction. Elles sont caractérisées par le type, la résistance, le diamètre, longueur et le nombres.

Pour les deux premières caractérisations, qui sont le type et la résistance, tous les aciers utilisés sont des HA 500 (Aciers haute adhérence de 500MPa). Et pour le diamètre, la longueur et le nombre les résultats sont obtenues à l'aide du logiciel ROBOT pour chaque élément d'ouvrage (voile ou radier) et par armature (pour notre cas épingle, barres et des treillis soudées). Les résultats de quantité de d'armature pour le ferrailage des élément verticaux (voile et séparateur) et pour les radier seront représenté dans les tableaux qui suivent respectivement. Pour le calcul des poids de barre, on multiplie le poids spécifique de la barre, qui est en fonction de son diamètre (0,222KG et 0,617KG pour le diamètre 6 et 10 respectivement) et la longueur totale.

Tableau N°VII-3-Quantité des barres pour les éléments verticaux.

	Longueur total des Barres (m)	
	Diamètre 6	Diamètre 10
<i>Déssableur</i>	35,78	25,78
<i>Bassin d'homogénéisation</i>	609,37	129,27
<i>Bassin de coagulation et floculation</i>	286,58	64,45
<i>Décanteur</i>	210,28	51,56
<i>Bassin d'adsorption</i>	157,76	57,96
<i>Réservoir</i>	298,96	89,96
<i>Longueur total première variante</i>	1599	419
<i>Longueur total deuxième variantes</i>	945	245
	Poids des barres (kg)	
<i>Poids total première variante</i>	355	259
<i>Poids total deuxième variante</i>	210	152

Tableau N°VII-4-Quantité de treillis soudées

	Treille soudé		
	ST 65 C TSHA	ST 20 TSHA	ST 10 TSHA
<i>Déssableur</i>	1	1	0
<i>Bassin d'homogénéisation</i>	2	0	0
<i>Bassin de coagulation et floculation</i>	0	0	1
<i>Décanteur</i>	4	0	0
<i>Bassin d'adsorption</i>	0	0	1
<i>Réservoir</i>	4	0	0
<i>Total première variantes</i>	10	1	2
<i>Total deuxième variantes</i>	7	1	0

VII-4-Quantité de travaux de terrassement :

Bien évidemment l'installation ou la construction des ouvrages nécessite une préparation de surface d'implantation par le terrassement adéquat. Dans ce passage et pour notre cas le travail de la surface est divisé en trois parties.

Le creusement et l'extraction de la terre. La plateforme de creusement est pyramidale avec un fruit de talus déterminé à partir de la nature du sol et la profondeur en question. Pour des raisons de sécurité et confort de travail. La base de la plateforme est supérieure à celle du radier de 40 cm par coté, pour les ouvrages dont le radier est rectangulaire. Pour les ouvrages cylindrique le radier de la base de la plateforme est supérieur à celui du radier de 40 cm. La deuxième partie consiste à combler le vide des par une partie de la terre extraite après la réalisation des ouvrages. Cette opération est dite remblai. La troisième partie, consiste à se débarrasser du déblai en excès. En le déplaçant par des camions.

Le site d'implantation a une pente de terrain naturelle presque nul. Donc le calcul des volumes déterrés se base sur l'équation suivante (volume de pyramide tronquée) :

$$V_i = C' \times \frac{h}{3} \times (B^2 + b^2 + \sqrt{b^2 \times B^2})$$

$$H' = e' + e_1 + e_2 + h - 0,5$$

$$b = \begin{cases} (L + 0,4)(l + 0,4) & \text{radier rectangulaire} \\ (D + 0,8)^2 & \text{radier circulaire} \end{cases}$$

$$B = \begin{cases} (L + 2H' \tan(\alpha) + 0,4)(l + 0,4 + 2H' \tan(\alpha)) \\ (D + 0,8 + 2H' \tan(\alpha))^2 \end{cases}$$

$$V'_i = C' \left(\frac{1}{C'} V_i - V_i \right)$$

$$V''_i = V_i - V'_i$$

B : Surface de la grande base.

b : Surface de la petite base.

C' : coefficient de décompression du sol ($C'=5/3$).

D : diamètre du radier.

L : Longueur du radier.

l : Largeur du radier.

H' : Profondeur du tranché.

e' : épaisseur du tapie de propreté. ($e'=10\text{cm}$)

e₁ : épaisseur du radier. ($e_1=20\text{cm}$)

e₂ : épaisseur du toit. ($e_2=20\text{cm}$)

h : hauteur de l'ouvrage.

α : Fruits des talus ($\alpha=30^\circ$).

V_i : Volume du déblai élémentaire.

V'_i : Volume du remblai élémentaire.

V''_i : Volume de terre à transporter élémentaire.

V_i : Volume des ouvrages élémentaire

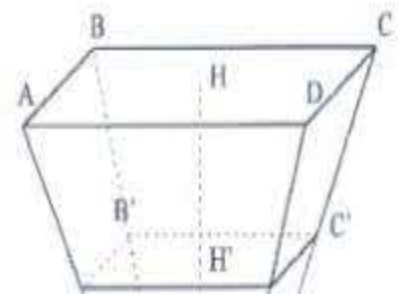


Tableau N°VII-5-Quantité des travaux de terrassement

	Rayon (m)	Longueur (m)	Largeur (m)	hauteur de l'ouvrage (m)	Profondeur (m)	volume de déblai (m ³)	volume des ouvrages (m ³)	volume de remblai (m ³)	volume de terre à transporter (m ³)
<i>Déssableur couloir</i>	/	1	0,75	1,3	1,1	31,184	0,975	29,559	1,625
<i>Bassin d'homogénéisation</i>	/	4,6	1,9	1,9	1,8	1126,094	16,606	1098,418	27,677
<i>Bassin de coagulation et floculation</i>	/	3,15	1,6	1,6	1,5	383,383	8,064	369,943	13,440
<i>Décanteur</i>	1,7	/	/	1,6	1,3	1014,543	9,081	999,409	15,134
<i>Filtre d'adsorption</i>	/	1,05	1,05	1,4	1,1	122,614	4,631	114,896	7,7175
<i>volume total première variante</i>	/	/	/	/	/	2678	/	2613	66
<i>volume total deuxième variante</i>	/	/	/	/	/	1158	/	1128	30

VII-5-Equipement auxiliaires :

Ce passage détaillera tous les équipement hydraulique nécessaire pour le bon fonctionnement des ouvrages de traitement pour les deux scénarios. Naturellement la première variante demande plus d'équipement que la deuxième mais ces derniers sont disponibles dans le marché algérien. Contrairement à la deuxième qui demande moins d'équipement mais certains doivent être importé.

En plus des équipements hydrauliques, ce passage détaillera les équipements hydrotechniques et les équipements de dosage, de mélange et de commande pour les deux variantes, dans les tableaux qui suivent :

Tableau N°VII-6-Equipement auxiliaire première variante.

Equipement	Nombre d'unité	But	Description
<i>Pompe hydraulique</i>	3	-Pour refouler les eaux homogénéisées -Pour le refoulement des eaux flocculer -Pour le refoulement des eaux épuré vert le bassin d'homogénéisation si la norme n'est pas respectée	Pompes immergées de marque WILO avec un débit de 5m ³ /h
<i>Pompe et poste de dosage</i>	3	-1 system pour la neutralisation -1 système de coagulation -1 systeme de floculation	Pompes à membrane
<i>Capteur de mesure et équipement</i>	2	-Pour le contrôle du pH des eaux. -Pour le contrôle de la pollution dans le bassin d'eau épuré	Le poste contrôle la pompe de refoulement si le pH est différent de 8 la pompe ne fonctionne pas. Si les eaux sont
<i>Armoire de commande</i>	1	Pour automatisé la station d'épuration par le contrôle des agitateur, les pompes.....	
<i>Agitateur</i>	4	-2 Pour l'homogénéisation -1 Pour la coagulation -1 Pour la floculation	Agitateur en aluminium avec des pales anti vortex
<i>Pompe d'air</i>	3	-Pour les 2 bassins d'absorption -Pour le déssableur	
<i>Racleur</i>	3	-Racleur circulaire pour le décanteur -Racleur de fond pour le déssableur -Racleur de surface pour le déshuileur	Racleur en aluminium doté d'un moteur
<i>Pompes de lavages</i>	2	Pour les deux bassin d'absorption	

Tableau N°VII-7-Equipement auxiliaire deuxième variante.

Equipement	Nombre d'unité	But	Description
<i>Pompe hydraulique</i>	2	-Pour refouler les eaux homogénéisées -Pour le refoulement des eaux épuré vers le bassin d'homogénéisation si la norme n'est pas respectée	Pompes immergées de marque WILO avec un débit de 5m ³ /h
<i>Pompe et poste de dosage</i>	3	-1 system pour la neutralisation -1 système de coagulation -1systeme de floculation	Pompes à membrane
<i>Capteur de mesure et équipement</i>	2	-Pour le contrôle du pH des eaux. -pour le contrôle de la pollution dans le bassin d'eau épuré	Le poste contrôle la pompe de refoulement si le pH est différent de 8 la pompe ne fonctionne pas. Si les eaux sont
<i>Armoire de commande</i>	1	Pour automatisé la station d'épuration par le contrôle des agitateur, les pompes.....	
<i>Agitateur</i>	4	-2 pour l'homogénéisation -1 pour la coagulation -1 pour la floculation	Agitateur en aluminium avec des pales anti vortex
<i>Racleur</i>	2	-Racleur de fond pour le déssableur -Racleur de surface pour le déshuileur	Racleur en aluminium doté d'un moteur
<i>Pompes d'aspiration des boues</i>	1	Evacuation des boues du décanteur	
<i>Block hexagonaux</i>	18	Décantation	
<i>Pompe d'air</i>	1	-Pour le déssableur	

VII-6-Devis estimatif :

On clôture ce chapitre avec le calcul estimatif du prix total des travaux et des équipements à employer. En se basant sur le nombre d'unité et le prix unitaire. Les prix estimatifs des différentes phases de travaux et des équipements, pour les deux variantes sera représenté dans les tableaux suivant :

Tableau N°VII-8-devis première variante (2017).

Phase	Travaux	quantité	Prix unitaire estimé (Dinard)	Prix total (Dinard)
<i>Maçonneries</i>	Béton de propreté	4,3 (m ³)	7 000	30 100
	Béton de construction	27,4 (m ³)	12 000	328 800
	Barre en acier	0,614 (tonne)	20 000	12 280
	ST 65 TSHA	10	5 000	50 000
	ST 20 TSHA	1	3 000	3 000
	ST 10 TSHA	2	1 000	2 000
	travaux de démolition			100 000
<i>Terrassement</i>	remblai	2613 (m ³)	2 000	522 6000
	déblai	2678 (m ³)	5 000	13 390 000
	terre a transporter	66 (m ³)	1 500	99 000
<i>Equipements</i>	Pompe hydraulique	4	120 000	480 000
	Pompe et poste de dosage	3	140 000	420 000
	Capteur de mesure et équipement	2	60 00	12 000
	Armoire de commande	1	200 000	200 000
	Agitateur	4	100 000	400 000
	Pompe d'air	4	70 000	280 000
	Racleur	3	300 000	900 000
	Pompes de lavages	3	60 000	180 000
	Pompe d'aspiration des boues	1	12 000	12 000
Total				22 125 180

Tableau N°VII-9-devis deuxième variante (2017).

Phase	Travaux	quantité	Prix unitaire estimé (Dinard)	Prix total (Dinard)
<i>Maçonneries</i>	<i>Béton de propreté</i>	2,1 (m ³)	7 000	14 700
	<i>Béton de construction</i>	16,5 (m ³)	12 000	198 000
	<i>Barre en acier</i>	0,362 (tonne)	20 000	7 240
	<i>ST 65 TSHA</i>	7	5 000	35 000
	<i>ST 20 TSHA</i>	1	3 000	3 000
	<i>travaux de démolition</i>	1	100.000	100 000
<i>Terrassement</i>	<i>remblai</i>	1128 (m ³)	2 000	2 256 000
	<i>déblai</i>	1158 (m ³)	5 000	5 790 000
	<i>terre à transporter</i>	30 (m ³)	1 500	45 000
<i>Equipements</i>	<i>Pompe hydraulique</i>	2	120 000	240 000
	<i>Pompe et poste de dosage</i>	3	140 000	420 000
	<i>Capteur de mesure et équipement</i>	2	6 000	12 000
	<i>Armoire de commande</i>	1	200 000	200 000
	<i>Agitateur</i>	4	100 000	400 000
	<i>Racleur</i>	2	300 000	600 000
	<i>Pompes d'aspiration des boues</i>	1	150 000	900 000
	<i>Block hexagonaux</i>	22	30 000	540 000
	<i>Pompe d'aspiration de boues</i>	1	12 000	12 000
Total				11 772 940

VII-7-Conclusion :

Au premier coup d'œil, on déduit que la première variante est la plus défavorable économiquement parlant. Mais en ajoutant le facteur social, elle ce désavantage est compensé.

Sur le lent terme et en point de vu simplicité de construction et entretien. La première variante offre plus d'avantage. Mais sur le point de vu extension, elle perd devant la première variante.

CONCLUSION GENERALE:

Ce travail nous laisse avec une conclusion évidente qui saute aux yeux. Le choix entre les deux variantes proposées est loin d'être facile car chaque variante propose des avantages mais ces derniers n'éclipsent pas les inconvénients qui vient avec chaque variante.

Commençant avec la première variante facile a réalisé localement, en terme d'étude hydraulique et génie civil. Ajouté à ça la simplicité de la réalisation des ouvrages, vu que le client dispose déjà un département de réalisation des éléments préfabriqués en béton armé pour les ouvrages de traitement et épuration des eaux. En plus cette variante ne nécessite pas une main d'œuvre qui sort de l'ordinaire. Ni des techniques de réalisation compliquées donc sur le plan sociologique cette variante est parfaite car elle fait intervenir le client et la mains d'œuvre algérienne. Sans oublier l'exploitation facile de la station après la réalisation et la maintenance simple. Ces derniers peuvent être assuré facilement sans une formation poussée. Pour couronné le tout le débit des eaux résiduaire est faible, même plein période de production excessif et qui sort de l'ordinaire. Donc une station simple classique donne un rendement satisfaisant.

Comme était cité dans le premier passage cette variantes représente des défauts. Tout d'abord sa simplicité vient est au prix de l'espace énorme qu'elle occupe. Lié au passage précédant, l'expansion de la station est assez difficile et la quantité des travaux génie civil reste importantes malgré l'utilisation des prés fabriqué et pour finir le temps de réalisation et mise en service qui reste élevé comparé à la deuxième variante

Passant maintenant à la deuxième variante, les points négatifs de la premier construit les points forts de la deuxième. Autrement dit cette variante est compacte par conséquence moins de travaux, implantation simple, temps de réalisation et mise en service court et expansion simple. Enfin pour couronné le tout un rendement phénoménal.

Mais le choix de cette variante implique des équipements importés et un entretien plus complexe. Sans oublier la difficulté de procuration des pièces de rechange et le diagnostic des anomalies. Enfin la turbulence causée par l'écoulement dans les tubes lamellaires doit être contrôlé si non on aura un rendement de décantation médiocre.

Bibliographie

- [1] **Benras, Moussa. 2003.** *Mémoire d'ingénieur: Dimensionnement d'une station monobloc pour le traitement des eaux industrielles* . Blida : ENSH, 2003.
- [2] **BOEGLIN, Jean-Claude. 2017.** *Traitements physico-chimiques*. France : Les techniques de l'ingénieur, 2017.
- [3] **Crini, Grégorio Marie, Badot, Pierre, Montiel, Antoine. 2007.** *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées [texte imprimé] : procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique*. Besançon, France : s.n., 2007.
- Décret exécutif n° 06-141. 2006.* 26, 2006, Vol. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE .
- [4] **Foucher, S. 1999.** *Etude de la précipitation de certains métaux, contenus dans des solutions complexes par l'hydrogène sulfuré*. Orléans, France : BRGM, 1999.
- [5] **GUIBELIN, Éric. 2017.** *Traitement des boues d'épuration* . France : technique de l'ingénieur , 2017.
- [6] **HADJSADOK, AHMED. 2017.** *Cours béton armé* . BLIDA : ENSH, 2017.
- [7] **Lauzin, Xavier. 2009.** *Guide pratique des stations de traitement des eaux* . Paris : Eyrolles, 2009.
- [8] **Saint-Etienne, Ecole des mines de. 2019.** https://www.emse.fr/https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4_6.htm. [En ligne] 2019.
- [9] **Saint-Etienne, Ecole des Mines. 2019.** https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4_1.htm. <https://www.emse.fr>. [En ligne] 2019.
- [10] **SUEZ. 2019.** <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/decantation/decantation-a-contact-de-boue>. <https://www.suezwaterhandbook.fr/>. [En ligne] 2019.
- [11] **TATANGELO, Adeline. 2006.** *Doctorat: Optimisation de la précipitation des métaux lourds en mélange et*. St-Etienne, France : s.n., 2006.
-