CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION D'EPURATION DES EAUX USEES DES LOGEMENTS SOCIAUX SUR LE SITE DE SONGON KASSEMBLE EN COTE D'IVOIRE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE **MASTER**

SPECIALITE GENIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLE

Présenté et soutenu publiquement le 20/07/2026 par

VAUBOUD Koffi Roxan Christ Virgile (20210308)

Directeur de mémoire : Prof. Yacouba KONATE (Enseignant-Chercheur 2iE)

Maître de stage : M. BAMBA Souleymane chef du service Travaux ONAD

Structure (s) d'accueil du stage : Office National de l'Assainissement et du Drainage (ONAD)

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Boukary SAWADOGO

Membres et correcteurs : Dr. Seyram K. SOSSOU (examinateur)

M. Christian MAMPUYA (examinateur)

Promotion [2025/2026

DEDICACES

Je dédie ce mémoire de fin de cycle a :

- Ma mère KODJO Eugénie épse VAUBOUD qui me soutient et qui fait de moi cette personne avec une éducation noble ;

- Mon père VAUBOUD Koffi Mathieu pour ses Bénédictions, ses encouragements et ses sacrifices qui m'ont permis d'être la aujourd'hui ;

- Mes frères et sœurs VAUBOUD Ulirich, VAUBOUD Eurielle, VAUBOUD Isabelle, KODJO Christelle épse ZADI pour leurs amours leur soutien moral leur encouragements ;

- Mes oncles KODJO Desiré, VAUBOUD Dominique pour leurs amours leurs aide moral et encouragements ;

REMERCIEMENTS

Avant tout propos je tiens à rendre grâce à Dieu, le tout-puissant pour m'avoir accordé la clarté d'esprit tout au long de ce parcours universitaire et durant la rédaction de ce travail.

Je tenais à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes de près ou de loin qui ont

Contribué à la réalisation de ce document :

A la direction de l'Institut international d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)

Sous la direction du Pr EL HADJ BAMBA DIAW, de m'avoir permis d'être compté parmi

Ses effectifs et pour l'enseignement et la formation de qualité reçue durant mon cycle

Ingénieur ;

Mes sincères remerciements à :

- Professeur KONATE, pour ses conseils et orientation tout au long de ce travail qui malgré son emploi du temps chargé a accepté d'encadrer ce mémoire
- ONAD a sa tête Monsieur Amara SANOGO de m'avoir accepté au sein de leur Société d'Etat
- Monsieur BAMBA Souleymane pour ses conseil son aide pour mon implication dans la société et la rédaction du mémoire
- Monsieur Noel TINDOURE, Technicien supérieur de laboratoire de 2IE (LEHSA) pour sa disponibilité et ses orientations pour la tenue effective de ce document
- Monsieur Adama KONE, Technicien supérieur à l'étude et travaux à l'ONAD pour son encadrement au sein de la société
- Monsieur Krimo LOUAN, Technicien à l'étude et travaux à l'ONAD pour son aide dans la fourniture des documents pour la rédaction du mémoire
- Monsieur Paul AKE, ingénieur à l'exploitation à l'ONAD pour sa disponibilité à m'accompagner sur le terrain et la vérification de certains calculs de dimensionnement
- Monsieur DIARASSOUBA, Chef de service Environnement ONAD pour son assistance dans la partie EIS de mon mémoire
- Monsieur Aboubacar SANOGO ingénieur à l'étude et travaux pour son encadrement au sein de la société
- Tous nos amis et camarade de 2IE

RESUME

La zone périurbaine de Songon Kassemblé à Abidjan fait face à une intense expansion démographique déconnectée de réseaux d'assainissement adéquats, menaçant gravement la santé publique et l'environnement. L'objectif général de cette étude est de contribuer à l'amélioration de l'accès à l'assainissement collectif destiné au traitement des eaux usées issues des logements sociaux de Songon Kassemblé, à travers quatre objectifs spécifiques : évaluer la production des eaux et les paramètres caractéristiques, concevoir et dimensionner les ouvrages, évaluer les impacts environnementaux et proposer des mesures d'atténuation, et estimer le coût prévisionnel de réalisation. Pour évaluer la dynamique démographique, une méthode de projection démographique basée sur les données locales a été appliquée, révélant une population cible de 102446 habitants à l'horizon 2046 pour un débit moyen de 5737 m^3/j (70l/hab/j). Ensuite, une analyse multi-critères pondérée a conduit à la sélection de la filière des **Boues Activées** (score : 3,90/5) en raison de sa forte performance épuratoire (> 90%) et de sa compacité foncière adaptée à la forte spéculation d'Abidjan. Pour le dimensionnement des ouvrages, l'évaluation de la production des eaux usées a permis de déterminer un débit de pointe horaire de 431,9 m^3/h. Le procédé à boues activés a été retenues avec une filière constituée d'ouvrages de prétraitement et d'ouvrages de traitement secondaire. L'évaluation des impacts environnementaux, montre des risques de nuisances olfactives et sonores atténués par un système de capotage et des barrières végétales. Enfin, l'estimation financière donne un coût global de **6 501 703 237,29** FCFA .

Mots-clés :

- Boues activées,
- Côte d'Ivoire,
- Dimensionnement,
- Logements sociaux,
- Station d'épuration (STEP),

ABSTRACT

The peri-urban area of Songon Kassemblé in Abidjan is experiencing intense demographic expansion disconnected from adequate sanitation networks, posing a serious threat to public health and the environment. The general objective of this study is to contribute to improving access to collective sanitation for the treatment of wastewater generated by social housing in Songon Kassemblé, through four specific objectives: assessing wastewater production and its characteristic parameters, designing and sizing the treatment structures, evaluating environmental impacts and proposing mitigation measures, and estimating the projected cost of implementation.To assess demographic dynamics, a population projection method based on local data was applied, revealing a target population of 102,446 inhabitants by the 2046 horizon, corresponding to an average flow rate of 5,737 m³/day (70 L/inhabitant/day). Subsequently, a weighted multi-criteria analysis led to the selection of the Activated Sludge process (score: 3.90/5), owing to its high treatment performance (> 90%) and its compact land footprint, well-suited to the strong land speculation pressures in Abidjan.For the sizing of the structures, the assessment of wastewater production yielded a peak hourly flow rate of 431.9 m³/h. The activated sludge process was adopted, comprising a pretreatment unit and a secondary treatment unit. The environmental impact assessment identified risks of odor and noise nuisances, which are mitigated through a covering (capping) system and vegetative buffer barriers.Finally, the financial estimate indicates an overall cost of 6,501,703,237.29 FCFA

Keywords:

- Activated Sludge,
- Côte d'Ivoire,
- Design,
- Social housing,
- Wastewater Treatment Plant

LISTE DES ABREVIATIONS

AMC : Analyse Multicritère

APS : Avant-Projet Sommaire

ASB : Apport Spécifique Brut

ATV : Abwassertechnische Vereinigung (Association technique allemande pour les eaux usées)

BAD : Banque Africaine de Développement

BNETD : Bureau National d'Études Techniques et de Développement

BTP : Bâtiment et Travaux Publics

CAPEX : Capital Expenditure (Coût d'investissement)

CH_4 : Méthane

CHSCT : Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail

CIAPOL : Centre Ivoirien Anti-Pollution

Cm : Charge Massique

CNPS : Caisse Nationale de Prévoyance Sociale

C_p : Coefficient de pointe

DBO / DBO_5 : Demande Biologique en Oxygène (à 5 jours)

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DJO : Demande Journalière en Oxygène

EH : Équivalent-Habitant

EIES : Étude d'Impact Environnemental et Social

EPI : Équipement de Protection Individuelle

FCFA : Franc de la Communauté Financière Africaine

FCG : Facteur Correctif Global

GEF : Global Environment Facility (Fonds pour l'Environnement Mondial)

H_2S : Hydrogène Sulfuré

HMT : Hauteur Manométrique Totale

HSE : Hygiène, Sécurité, Environnement

IM : Indice de Boue (ou Indice de Mohlman)

ISO : International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)

MEH : Matières Extractibles à l'Hexane (Graisses et Huiles)

MES : Matières En Suspension

MMS : Matières Minérales en Suspension

MVS : Matières Volatiles en Suspension

N_2O : Protoxyde d'Azote

NH_4^+ : Ammonium / Azote Ammoniacal

NO_3^- : Nitrates

NTK : Azote Total Kjeldahl

ONAD : Office National de l'Assainissement et du Drainage

PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale

pH : Potentiel Hydrogène

Pt : Phosphore Total

QGIS : Quantum Geographic Information System (Logiciel de Système d'Information Géographique)

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

SCADA : Supervisory Control and Data Acquisition (Système de télécontrôle et d'acquisition de données)

SODECI : Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire

SONITRA : Société Nationale Ivoirienne de Travaux

STEP : Station d'Épuration des Eaux Usées

TN : Terrain Naturel

TTC : Toutes Taxes Comprises

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée

UEMOA : Union Économique et Monétaire Ouest-Africaine

UTM : Universal Transverse Mercator

WC : Water Closet (Toilettes)

Table des matières

DEDICACES i
REMERCIEMENTS ii
RESUME iii
ABSTRACT iv
LISTE DES ABREVIATIONS v
LISTE DES TABLEAUX xi
LISTE DES FIGURES xii
I. Présentation de la structure d'accueil 3
I.1 Création et statut juridique 3
I.2 Siege social et adresse 3
I.3 Mission principale 3
I.4 Organisation de l'ONAD 4
II. Présentation de la zone d'étude 7
II.1 Horizon final du projet 7
II.2 Situation géographique 8
II.3 Climat 10
II.4 Relief 11
II.5 Contexte Géologique et Hydrogéologique 11
II.6 Population et activités économiques 12
III. Présentation de quelques différentes étapes de processus de traitement des eaux usées 13
III.1 Le prétraitement 13
III.1.1 Dégrilleur 13
III.1.2 Dessableur 14
III.1.3 Déshuilage- Dégraissage 14
III.2 Traitement primaire 15
III.3 Traitement secondaire 15
III.3.3 Le procédé à boues activées 16
III.3.4 Lagunage à microphytes 17
III.3.5 Le lit bactérien 17
III.3.6 Disque biologique 18
III.4 Traitement des boues 18
IV. Présentation des ouvrages existants 19
IV.1 Dimensionnement des systèmes de collecte et de transport des eaux usées 19

IV.1.1 Dimensionnement des ouvrages de prétraitement 20
IV.1.2 Dimensionnement du Dégrilleur 20
IV.1.3 Dimensionnement du Dessableur 22
IV.2 Dimensionnement de la bâche de pompage 22
IV.3 Résultats de calculs 24
V. METHODOLOGIE 28
V.1 Méthodologie du recensement démographique 28
V.2 Méthodologie et conception 30
V.2.1 Phase de Collecte et d'Analyse Préliminaire 30
V.2.2 Recherche Documentaire et Veille Normative 30
V.2.3 Analyse Spatiale et Cartographie 30
V.2.4 Dessin d'Ouvrage 30
V.2.5 Dimensionnement Ingénierie et Analyse Financière 31
V.2.6 Synthèse et Rédaction Technique 31
VI. Etude technique Et Choix du Procédé 31
VI.1 Analyse Multicritère (AMC) pour le choix de la filière de traitement 31
VI.1.1 Définition des variantes comparées 31
VI.1.2 Critères d'évaluation et pondération 32
VI.1.3 Résultat de la Matrice de décision multi-critères 33
VI.2 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES 35
VI.2.1 Hypothèse de base 35
VI.2.2 Dimensionnement des ouvrages de prétraitement 39
VI.2.3 Dimensionnement des ouvrages biologique 43
VI.2.4 Evaluation global de la production des boues 58
VI.2.5 Lits de séchage 60
VII. Impact environnemental 64
VII.1 Justification et objectif de l'EIES 64
VII.2 Cadre réglementaire de l'étude 65
VII.3 Description de l'état initial du site 70
VII.4 Phases du projet 71
VII.4.1 Phase de préparation 71
VII.4.2 Phase de construction 71
VII.4.3 Phase d'exploitation et d'entretien 72
VII.5 Impact positif 72

VII.5.1 En phase d'aménagement et de construction 72
VII.5.2 En phase d'exploitation 73
VII.6 Impacts négatifs 73
VII.6.1 En phase d'aménagement et de construction 73
VII.6.2 En phase d'exploitation et d'entretien 74
VII.7 Mesure d'atténuation 76
VIII. Estimation du coût de la réalisation des ouvrages 80
CONCLUSION 83
BIBLIOGRAPHIE 85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées UTM du village de Songon-Kassemblé (Getamap) 8
Tableau 2 : Paramètre de dimensionnement du dégrilleur 20
Tableau 3 : Hypothèse de calcul 24
Tableau 4: Résultats des calculs du dégrilleur 25
Tableau 5: Résultats des calculs du Dessableur 26
Tableau 6: Résultat des calculs du refoulement des eaux 26
Tableau 7: Horizon du projet 29
Tableau 8: Choix de filière de traitement 33
Tableau 9:Charge des eaux usées domestiques ayant servir de base de dimensionnement 36
Tableau 10:Normes indicatives de rejets des eaux usées et effluents CIAPOL (2011) 36
Tableau 11:Caractéristique des eaux traités 37
Tableau 12:Comparatif: caractéristiques de l'eau traitée et des normes indicatives 38
Tableau 13: Données de base pour le dimensionnement 39
Tableau 14: Données de base du dégrilleur 42
Tableau 15:Résultats du dimensionnement du dégrilleur 43
Tableau 16: Bassin d'aération 44
Tableau 17: Résultats du dimensionnement du bassin d'aération 49
Tableau 18: Zone de contact et Dégazeur 50
Tableau 19: Résultat de la zone de contact et du dégazeur 53
Tableau 20: Donnée de base du Clarificateur 54
Tableau 21:Résultat de dimensionnement du clarificateur 56
Tableau 22: Valeur des coefficients 59
Tableau 23: Résultats de l'évaluation des boues 60
Tableau 24:Donnée de base du lit de séchage 63
Tableau 25: Résultats de dimensionnement du lit de séchage 64
Tableau 26:Texte législatif et règlementaire relatif au projet 65
Tableau 27: Synthèse du plan de Gestion Environnemental Social (PGES) 77
Tableau 28: Tableau récapitulatif de l'estimation du projet 81

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Organisation de l'ONAD 6
Figure 2: Localisation du site d'étude 9
Figure 3: Carte de la Côte D'Ivoire et de Songon (Auteur : VAUBOUD) 10
Figure 4: Station de relevage des logements sociaux de Songon 20
Figure 5:Schéma synoptique de fonctionnement de la STEP (source : VAUBOUD) 40
Figure 6: Vue de dessus des grilles 41
Figure 7: Vue en coupe longitudinale de profil 41
Figure 8: Paramètre de charge (Degremont/référentiel technique ATV-A 131) 45
Figure 9: performances des aérateurs (Degrémont et Suez) 47
Figure 10: Image du bassin d'aération (source : VAUBOUD) 49
Figure 11: Courbe du temps de séjours en fonction de la charge (Mémento Technique de l'Eau) 56
Figure 12 : Image du clarificateur (source : VAUBOUD) 58
Figure 13: lit de séchage de la STEP (source : VAUBOUD) 63
Figure 14: Occupation du Site 71

INTRODUCTION

L'eau constitue une ressource indispensable au développement socio-économique et au bien-être des populations. Cependant, l'augmentation rapide de la population urbaine s'accompagne d'une production croissante d'eaux usées domestiques dont la gestion représente un défi majeur pour les villes africaines. En l'absence de systèmes adéquats de collecte et de traitement, ces effluents contribuent à la dégradation des ressources en eau, à la détérioration du cadre de vie et à la propagation de maladies d'origine hydrique **(GEF, 2020)**.

L'Afrique subsaharienne connaît une urbanisation rapide qui exerce une pression importante sur les infrastructures d'assainissement. Malgré les efforts engagés, l'accès à des services d'assainissement sûrs demeure insuffisant dans de nombreux pays (**BAD, 2021**). En Côte d'Ivoire, et particulièrement dans le district d'Abidjan, les infrastructures d'assainissement restent limitées face à la croissance démographique et à l'extension urbaine. Selon les données actualisées de l'Office National de l'Assainissement et du Drainage (ONAD), le taux d'accès à un assainissement amélioré en milieu urbain a fortement progressé pour atteindre 74 %, tandis que le taux de raccordement spécifique au réseau d'assainissement collectif dans la métropole d'Abidjan s'établit désormais autour de 40 %. Malgré cette évolution, une part prépondérante de la population, soit environ 60 %, dépend toujours de systèmes d'assainissement autonomes tels que les fosses septiques et les latrines (**l'ONAD, 2024)**. De plus, le réseau de collecte demeure globalement sous-dimensionné avec 810 kilomètres de canalisations pour les eaux usées et 650 kilomètres pour les eaux pluviales, ce qui a pour conséquence que seulement 1 à 2 % du volume total des eaux usées produites à Abidjan est effectivement évacué et traité par le réseau collectif. Toutefois, des insuffisances persistent dans plusieurs communes du district d'Abidjan, où les difficultés de collecte et de traitement des eaux usées contribuent à la pollution du milieu naturel, notamment de la lagune Ébrié **(ONAD**, **2025)**.

Dans le cadre de sa politique de développement de l'habitat social, le Gouvernement ivoirien a lancé plusieurs programmes de construction de logements sociaux notamment à Songon Kassemblé. Le développement des logements sociaux à Songon Kassemblé entraînerait une augmentation significative des volumes d'eaux usées domestiques produits. En l'absence d'un système de traitement approprié, ces effluents pourraient être rejetés directement dans l'environnement et engendrer des impacts négatifs sur les ressources en eau, les sols, les écosystèmes et la santé publique.

C’est dans cette optique que le projet de logements sociaux de Songon Kassemblé prévoit la réalisation d’une station d’épuration destinée à traiter les eaux usées générées par les futurs habitants du site.

L’objectif général de cette étude est de contribuer à l’amélioration de l’accès à l’assainissement collectif par la construction d’une station d’épuration des eaux usées issues des logements sociaux du site de Songon Kassemblé en Côte d’Ivoire. Plus spécifiquement il s’agit de :

- Evaluer la production des eaux usées et les paramètres caractéristiques ;
- Concevoir et dimensionner les ouvrages de traitement ;
- Évaluer les impacts environnementaux associés au projet et proposer les mesures d’atténuation appropriées ;
- Estimer le coût prévisionnel de réalisation de l’ouvrage ;

Pour atteindre ces objectifs, notre travail s’articule autour de plusieurs axes majeurs. Dans un premier temps, nous présenterons le cadre d’étude ainsi que l’évaluation des flux de pollution et de production des eaux usées. Ensuite, nous aborderons la conception et le dimensionnement technique des différents ouvrages de traitements de la station d’épuration. Enfin, une dernière partie sera consacrée à l’évaluation des impacts environnementaux, aux mesures d’atténuation associées, ainsi qu’à l’estimation financière global du projet.

I. Présentation de la structure d'accueil

I.1 Création et statut juridique

L'Office National de l'Assainissement et du Drainage (ONAD) est une société d'État ivoirienne créée par le décret n°2011-482 du 28 décembre 2011. Elle fonctionne sous le régime de la loi n°2020-626 du 14 août 2020 et dispose d'un capital social de 1 milliard de FCFA.

I.2 Siege social et adresse

L'ONAD est basé à Abidjan, dans la commune de Cocody, quartier Deux Plateaux Vallons, à l'angle de la Rue des Jardins et de la Rue L95. Son l'adresse 01 BP 11025 Abidjan 01- Tel : 27 22.40.41.99/98 - Fax : 27 22.40.41.98 Email : info@onad.ci - Site internet : www.onad.ci.

I.3 Mission principale

La mission principale de l'organisme est d'assurer l'accès aux installations d'assainissement et de drainage, de manière durable et à des coûts compétitifs. Spécifiquement sa mission se décline à travers plusieurs axes essentiels, à savoir :

- La maîtrise d'ouvrage déléguée ou la maîtrise d'œuvre des investissements pour la réalisation, l'extension, le renforcement et le renouvellement des infrastructures d'assainissement et de drainage ;
- La conception, l'établissement, le contrôle et le suivi des différents contrats de délégation des services publics d'assainissement et du drainage ;
- Le suivi du respect de la règlementation et des conventions passées par les opérateurs du secteur de l'assainissement et du drainage ;
- La définition du niveau de tarif qui garantisse l'équilibre financier du secteur ;
- La gestion comptable et financière des investissements dans le secteur de l'assainissement et du drainage ; La gestion des loyers résultant de la location ou de la mise à disposition du patrimoine public ou privé de l'État dans le secteur, notamment par leur perception, leur comptabilisation et leur affectation ;
- L'émission d'avis sur les concessions ou les autorisations d'exploitation et sur les textes règlementaires, d'assainissement et de drainage ;

- La défense des intérêts des usagers en s'assurant du respect des obligations du service public et en gérant les réclamations des utilisateurs ;
- L'arbitrage des différends opérateurs ou entre opérateur et usagers ;

I.4 Organisation de l'ONAD

L'organisation de l'ONAD se présente comme suit :

- **Conseil d'Administration (CA)**

Le Conseil d'Administration de l'ONAD est composé de onze (11) membres issus des institutions ci-après :

- Présidence de la République ;
- Primature ;
- Ministère en charge de l'Assainissement ;
- Ministère en charge de l'Economie et des Finances ;
- Ministère en charge du Budget ;
- Ministère en charge des Infrastructures Economiques ;
- Ministère en charge de l'Environnement ;
- Ministère en charge de la Salubrité ;
- Ministère en charge de la Promotion du Logement ;
- Ministère en charge de l'Administration du territoire ;
- Ministère en charge de la Santé.

Une cellule d'audit interne est rattachée au Conseil d'Administration. Le Conseil d'Administration compte en son sein un Comité d'Audit et de Gestion des Risques (CAGR).

- **Direction Générale (DG)**

Un staff, rattaché à la Direction Générale, est composé d'un Conseiller, d'une coordinatrice et d'une assistante.

- **Direction Générale Adjointe (DGA)**

Des cellules et services sont rattachés à la Direction Générale Adjointe. Ce sont la Cellule passation des marchés, le Service des Systèmes Informatiques, des Moyens Généraux et de l'Approvisionnement, le Service juridique et contentieux et le Service communication. Outre ces cellules et Services rattachés, les activités opérationnelles et d'appui sont réalisées par quatre (4) Directions sur la supervision de la Direction Générale Adjointe. Ce sont :

- La Direction Administrative et Financière (DAF) ;
- La Direction de la Planification et de la Mobilisation des Financements (DPMF) ;
- La Direction des Etudes et des Travaux (DET) et ;
- La Direction du Suivi, de l'Exploitation et de la Qualité (DSEQ).

L'organisation de l'ONAD est représentée dans l'organigramme ci-dessous.

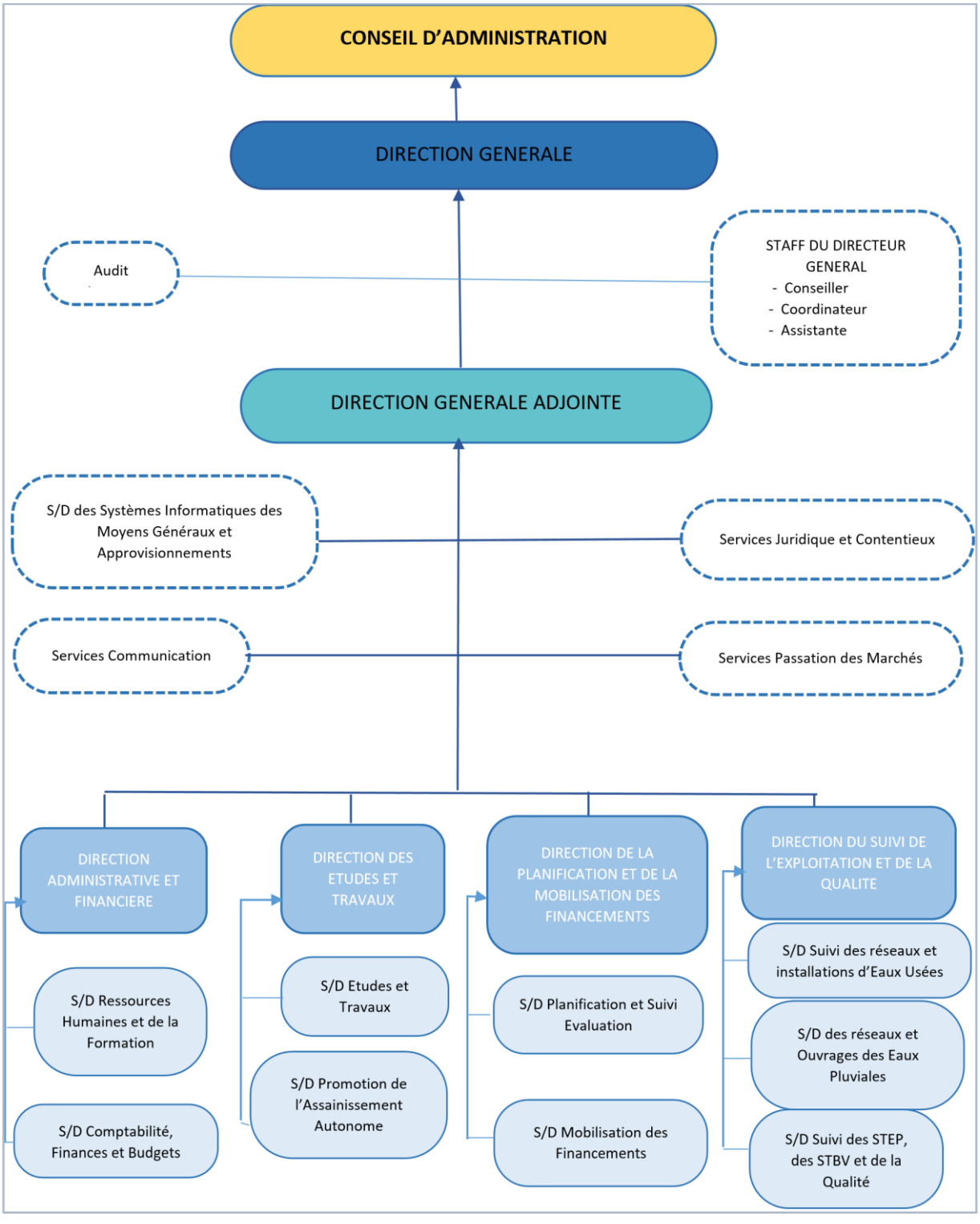


Figure 1:Organisation de l'ONAD

.

II. Présentation de la zone d'étude

La situation du secteur de l'Habitat en Côte d'Ivoire est caractérisée par un énorme déficit en logement et par la prolifération de quartiers précaires occupant une grande partie de son espace.

Les réponses à apporter par le Gouvernement à travers son Ministère en charge du Logement consistent à rechercher des solutions adaptées à cet épineux problème.

Conscient des défis à relever face à cet énorme déficit de logement, le Ministère de la Construction, du Logement et de l'Urbanisme (MCLU) a entrepris un vaste programme de construction de logements sociaux dans le District d'Abidjan et dans plusieurs villes de l'intérieur du pays.

Le projet de construction de logements sociaux sur les sites de Bingerville, Songon Kassemblé, Grand-Bassam (Modeste), 2000 logements cité ADO (Yopougon), Locodjro (ADDOHA), Anyama (ALLIANCE CI), Adiopodoume (CEB), Anonkoua Kouté (BATIM-CI) et Songon (PALMERAIE DEVELOPPEMENT), s'inscrit dans ce cadre.

Pour maîtriser la gestion durable des eaux usées domestiques, le Ministère de la Construction, du Logement et de l'Urbanisme (MCLU) a envisagé le projet de construction de neuf (09) stations d'épuration des eaux usées sur les sites de logements sociaux ci-dessus cités.

Ce mémoire de fin d'études, portant sur la conception et le dimensionnement d'une station d'épuration devant assurer le traitement des eaux usées domestiques générées par les logements sociaux et économiques du site de Songon Kassemblé. Ce projet s'inscrit dans un programme d'envergure visant la construction de 17 073 logements économiques et sociaux dans la commune de Songon, dont la mise en œuvre nécessite, en amont, la mise en place d'infrastructures d'assainissement adaptées afin de garantir un cadre de vie sain aux futurs résidents et de préserver l'environnement local.

II.1 Horizon final du projet

Le choix de l'horizon du projet constitue un paramètre fondamental du dimensionnement. Pour cette étude, l'horizon nominal (n) est fixé à 20 ans, permettant d'alligner les capacités de traitement de la station sur les projections développement urbain et sanitaire du site à long terme.

II.2 Situation géographique

Le site du projet se situe au Sud de la Côte d'Ivoire dans la ville d'Abidjan précisément dans le village Kassemblé faisant partie de la commune de Songon. Songon est constitué de plusieurs villages situés à l'ouest de la commune de Yopougon. Administrativement, c'est une sous-préfecture incluse depuis 2001 dans le District d'Abidjan. La sous-préfecture de Songon est essentiellement composée de plusieurs villages Ebriés tels que : Songon-Kassemblé ou Songon-Adjamé et bien d'autres. Le village de Kassemblé est le chef-lieu de la sous-préfecture et est hôte de l'hôpital de Songon et de l'agence de Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire (SODECI). Le village de Songon-Kassemblé est le centre commercial de cette sous-préfecture (**EIES, 2023**).

Les coordonnés géographiques en projection UTM (Universal Transverse Mercator) définissant l'emplacement du village de Songon-Kassemblé sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Coordonnées UTM du village de Songon-Kassemblé (Getamap)

Coordonnées Point	X (m)	Y (m)
1	365278,00	588437,00
2	366574,00	588444,00
3	366361,00	590119,00
4	365202,00	590238,00



Figure 2: Localisation du site d'étude

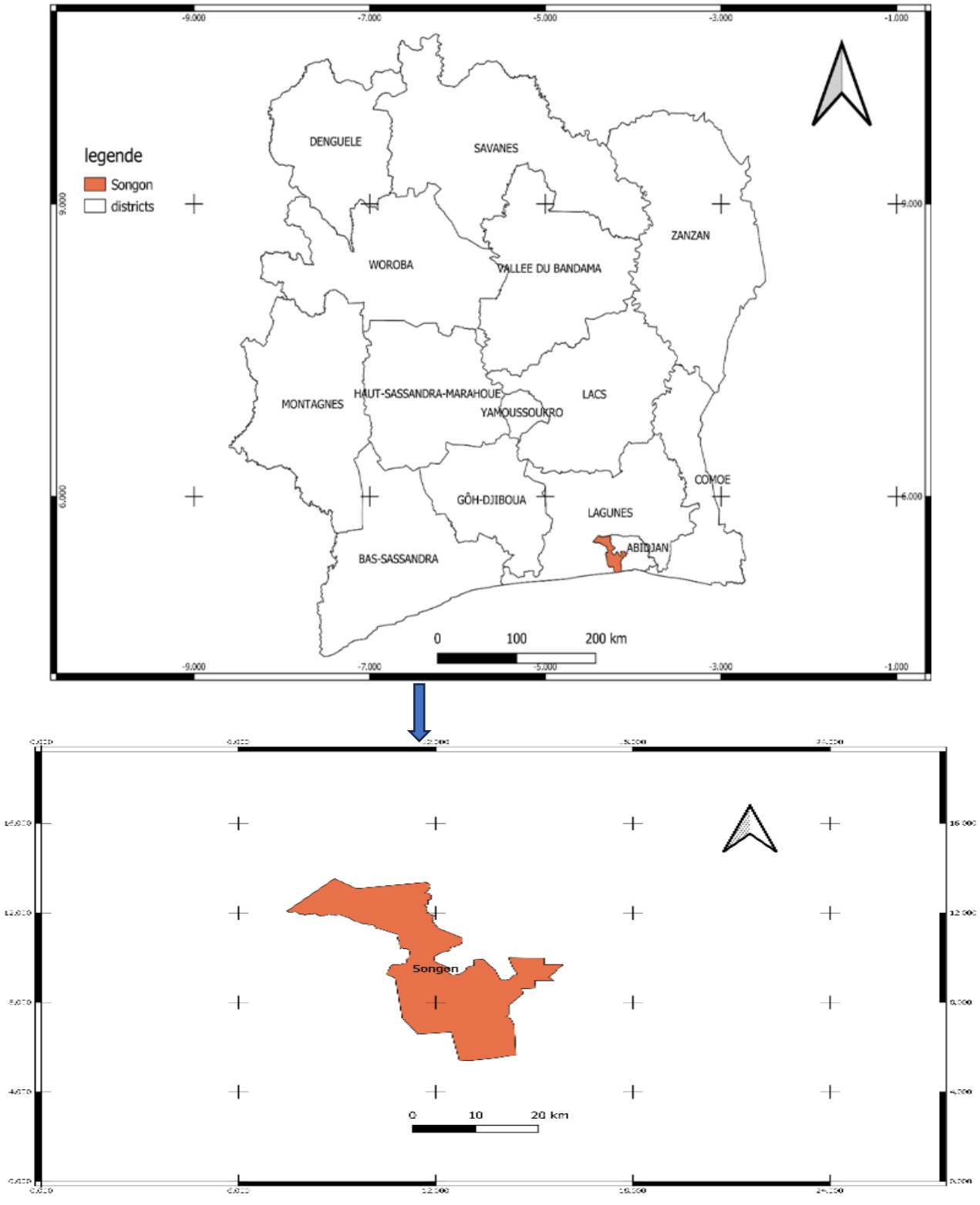


Figure 3: Carte de la Côte D'Ivoire et de Songon (Auteur : VAUBOUD)

II.3 Climat

La zone du projet (Songon) bénéficie d'un climat subéquatorial humide avec des saisons de pluies d'une inégale durée. Ce climat est caractérisé par des températures faibles de 25 à 30 °C, un fort taux d'humidité de 80 à 90%. Elle est caractérisée par une forte pluviométrie avec une moyenne

annuelle de 1 600 mm de pluie. Il présente quatre (4) saisons de durée inégale dont deux (2) saisons pluvieuses et deux (2) saisons sèches. Il est à souligner que du fait des effets du changement climatique, ces saisons sont perturbées. Cependant il convient de distinguer le découpage climatique suivant (**Tuo P., 2007**) :

- Une grande saison de pluie d'Avril à mi-Juillet ;
- Une petite saison sèche de mi-Juillet à mi-Septembre ;
- Une petite saison de pluie de mi-Septembre à Novembre ;
- Une grande saison sèche de Décembre à Mars.

Le réseau hydrographique comprend un ensemble de cours d'eau caractérisé par les rivières d'Anguédédou et le Gbangbo, la lagune Ebrié et l'océan atlantique. C'est ce système hydrologique qui draine la nappe d'Abidjan et se caractérise par des coefficients de ruissellement relativement variable selon les cours d'eau (**BAIDAIY, 2011**).

II.4 Relief

Le relief de la commune est beaucoup accidenté et le territoire spatial est dominé par la présence de la forêt du BANCO et la lagune Ebrié (**EIES, 2019**). Relief et sol au niveau pédologique, les sols sont ferralitiques, hydromorphes et récents (**PROGEP-CI, 2015**) L'abondance des pluies et les températures élevées entraînent la constitution d'un profil étagé (**PROGEP-CI, 2015**). Les sols hydromorphes constituent le deuxième élément pédologique important du secteur d'Abidjan. Cette hydromorphie a été provoquée par une évolution pédologique dominée par un excès d'eau (**PROGEP-CI, 2015**). La mise en place de cette texture pédologique provient du processus de ferralisation développé sous l'influence des facteurs paléo climatiques et des types très anciens de végétation.

II.5 Contexte Géologique et Hydrogéologique

La Côte d'Ivoire est située sur la partie méridionale du craton Ouest-africain appelée dorsale de Man. Elle comprend le domaine Kenema-Man et le domaine Baoulé-Mossi respectivement à l'Ouest et à l'Est de la faille de Sassandra, le domaine au Sud-Ouest et le bassin sédimentaire le long du littoral. Le domaine Kenema-Man, le domaine Baoulé-Mossi et le domaine SASCA constituent le socle cristallin qui vaut 97,5% du territoire ivoirien. Les 2,5% restant constitue le bassin sédimentaire, domaine sur lequel se trouve notre zone d'étude.

Le bassin sédimentaire présente une géologie simple : alternance de formations sableuses et vaseuses du quaternaire au Sud de la faille des lagunes et les formations du Continental Terminal au Nord (**Tastet, 1979).** Le site du projet est bâti au Sud de la faille des lagunes sur ces formations sableuses et vases du quaternaire.

Du point de vue hydrogéologique trois types de réservoirs aquifères, d'épaisseurs variables, peuvent être différenciés dans la zone d'Abidjan dont l'aquifère du Quaternaire, sur lequel repose notre zone d'étude. Il est constitué de sables marins grossiers et de sables fins à grossiers. Son épaisseur est voisine de 50 m et contient une nappe phréatique (**SORO et al, 2010)**.

II.6 Population et activités économiques

L'estimation actuelle est plus de 89 778 habitants (**RGPH, 2021**). Sur les plans économiques et industriels, la proximité d'avec la mégalopole (Abidjan) en fait un atout considérable.

L'aménagement des espaces hôteliers, de détente et de repos, et les espaces disponibles pour de nouveaux pôles de développement font de Songon une localité de choix avec son accès facile par la voie maritime et lagunaire.

Sur le plan commercial, l'on distingue la vente de produits vivriers, du bois de chauffe, du charbon, des produits cosmétiques et aussi la présence de boulangeries. La plupart des quartiers (villages) disposent d'un marché, dont le plus fréquenté se trouve à Songon-Agban.

La commune dispose de trois structures bancaires dont : la Banque Nationale d'Investissement (BNI) à Anguédédou, la CECP à Songon Agban, et une micro-finance (CPZ) à Abadjin Kouté.

Le transport est assuré par les mini cars (Gbaka), les cars de transport qui desservent Dabou et Jacqueville, puis les taxi-brousses.

Sur le plan industriel, on constate quelques activités de transformation des matières premières agricoles telles que le palmier à huile et l'hévéa, dans les industries. On y trouve aussi beaucoup de fermes avicoles et de vastes plantations de bananes destinées principalement à l'exportation. Une forte implantation des structures comme : TRCI (Tropical Rubber Côte D'Ivoire), SCB, PALMAFRIQUE, SIMPO, DOMAC, DAVAL, SODIPEX, CADERAK, la Scierie de Songon M'brathé, CDBCI, Terre Noble (société de plantation de banane douce). Il existe aussi depuis peu, une usine de production de l'Attiéké et une usine de production de la tomate en boîte à Songon Kassemblé (**CIGRAC, 2023**).

III. Présentation de quelques différentes étapes de processus de traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées comporte plusieurs étapes dont :

- Le prétraitement
- Le traitement primaire ;
- Le traitement secondaire.

Toutefois, un traitement tertiaire peut être réalisé à la suite des deux précédents selon les exigences de qualité du milieu récepteur. Il est destiné à améliorer spécifiquement les performances des traitements.

III.1 Le prétraitement

Le prétraitement ne cible pas la pollution dissoute (matière organique carbonée, azotée ou phosphore), son rôle est purement protecteur et préparatoire :

- Eliminer les macro-déchets susceptibles d'obstruer les conduites, d'endommager les pompes ou de détériorer les systèmes d'aération.
- Eviter l'accumulation de sables inertes et limiter l'apport de graisses pouvant générer des phénomènes de moussage ou entraver les transferts d'oxygène.

III.1.1 Dégrilleur

Le dégrilleur constitue le premier ouvrage de la filière de prétraitement ; son rôle consiste à retenir les éléments grossiers (déchets solides, matières flottantes, débris végétaux, etc.) transportés par l'effluent brut. Cette étape s'avère essentielle non seulement pour garantir l'intégrité structurelle et le bon fonctionnement des équipements électromécaniques situés en aval tels que les pompes, les agitateurs et les systèmes d'aération, mais également pour prévenir les phénomènes de colmatage, d'usure prématurée et de dysfonctionnement susceptibles de compromettre l'efficacité globale du processus épuratoire.

Écartement des barreaux : Prédégrillage [50mm; 100mm],Grille moyenne [10mm; 25mm]

Grille fine [3mm; 10mm]. Sur le plan technologique, on distingue classiquement deux types de dégrillage : le dégrillage manuel et le dégrillage automatique (ou mécanisé), dont le choix dépend

essentiellement du débit à traiter, de la charge en matières grossières véhiculée par l'effluent, ainsi que des contraintes d'exploitation propres à chaque installation.

III.1.2 Dessableur

Le dessableur constitue le second ouvrage de la filière de prétraitement ; il a pour fonction de retenir les particules minérales lourdes en suspension dans l'effluent, telles que les sables, les graviers et, plus généralement, les matières minérales non putrescibles. Cette étape de traitement vise à prévenir plusieurs dysfonctionnements susceptibles d'affecter le bon fonctionnement de la station, à savoir :

- L'engorgement et le colmatage des canalisations et des ouvrages hydrauliques ;
- L'abrasion prématurée et l'usure accélérée des équipements électromécaniques, notamment des pompes ;
- L'accumulation de dépôts au sein des ouvrages situés en aval, susceptible de réduire leur volume utile et d'altérer leur efficacité.

Le principe de fonctionnement du dessablage repose sur la différence de densité existant entre les particules minérales à extraire (densité comprise entre 1,7 et 2,6) et les matières organiques en suspension (densité voisine de 1,2), plus légères et donc maintenues en suspension dans l'effluent. Cette différence de densité permet, par décantation différentielle, la sédimentation sélective des matières minérales au fond de l'ouvrage, tandis que la fraction organique poursuit son cheminement vers les étapes de traitement.

III.1.3 Déshuilage- Dégraissage

Le déshuileur-dégraisseur, généralement associé au dessableur au sein d'un ouvrage combiné, a pour fonction de séparer de l'effluent les huiles ainsi que les matières grasses, qu'elles soient d'origine animale ou végétale. Cette étape de traitement vise à prévenir plusieurs dysfonctionnements susceptibles de compromettre l'efficacité globale de la station, à savoir :

- L'encrassement des ouvrages et des équipements ;
- La formation de flottants et d'écumes en surface, préjudiciables au bon déroulement des étapes de traitement ultérieures ;
- Les perturbations des systèmes d'aération, dont l'efficacité de transfert d'oxygène peut être significativement réduite en présence de films graisseux ;
- Les départs de matières grasses avec l'eau traitée, susceptibles d'altérer la qualité de l'effluent final.

Le principe de fonctionnement de cet ouvrage repose sur un système de flottation par insufflation d'air : de fines bulles d'air, générées au sein du bassin, viennent adhérer aux particules graisseuses et provoquent leur remontée à la surface, sous l'effet conjugué de la différence de densité et de l'entraînement par les bulles d'air. Les matières flottantes ainsi collectées en surface sont ensuite raclées et évacuées en vue d'un traitement ultérieur, notamment par incinération.

III.2 Traitement primaire

Le traitement primaire a pour objectif principal l'élimination d'une fraction importante des matières en suspension (MES) ainsi que des matières décantables résiduelles non retenues lors des étapes de prétraitement (dégrillage, dessablage, déshuilage). Selon la nature des effluents et les rendements épuratoires visés, ce traitement repose sur des mécanismes physiques ou chimiques.

Les procédés physiques : La décantation statique classique et la décantation lamellaire exploitent l'action de la gravité pour séparer les particules solides de la phase liquide. La technologie lamellaire permet d'optimiser l'efficacité de capture en augmentant la surface utile de décantation pour un encombrement au sol réduit.

Le procédé chimique : L'étape de coagulation-floculation est mise en œuvre lorsque les effluents contiennent des colloïdes ou des suspensions stables qui ne peuvent s'agglomérer naturellement. L'injection d'agents coagulants et de adjuvants de floculation permet de déstabiliser ces charges de surface et de favoriser la formation de « flocs » plus lourds, accélérant ainsi leur vitesse de sédimentation.

III.3 Traitement secondaire

Le traitement est essentiellement biologique et utilise le pouvoir épuratoire des micro-organismes naturels pour le traitement des eaux usées.

Pour le traitement secondaire, nous distinguons les techniques extensives et intensifs dont entre autres :

- le lagunage a microphytes ;

- les boues activées ;

- le lit bactérien ;

- le bio filtre ;

- le disque biologique ;

III.3.1 Les Procédés Intensifs

Ces systèmes reposent sur une accélération artificielle des processus naturels dans des ouvrages compacts.

- **Principe :** Utilisation d'équipements électromécaniques (surpresseurs, turbines) pour apporter massivement de l'oxygène aux bactéries.
- **Avantages :** Très faible emprise au sol, rendement épuratoire élevé et stable.
- **Inconvénients :** Consommation électrique importante et nécessité d'une maintenance spécialisée.

III.3.2 Les Procédés Extensifs

Ces systèmes utilisent des processus biologiques naturels à une vitesse plus lente, sans apport d'énergie mécanique.

- **Principe :** L'épuration se fait par le biais de bassins de grande surface où l'oxygène est apporté par photosynthèse ou échanges à la surface de l'eau.
- **Avantages :** Coût d'exploitation quasi nul, simplicité de gestion.
- **Inconvénients :** Besoin de surfaces de terrain gigantesques, sensibilité aux variations climatiques.

III.3.3 Le procédé à boues activées

Le procédé à boues activées représente la technologie de traitement biologique aérobie la plus répandue et la plus performante au monde pour l'épuration des eaux usées (**BOUDHANE, 2016**).

Principe fondamental

En milieu oxygéné, les micro-organismes s'agglomèrent pour former des amas biologiques appelés « boues activées ». Ces boues absorbent et dégradent la matière organique dissoute, permettant ainsi de faire chuter la Demande Biologique en Oxygène (DBO) de l'effluent **(Priyanka, 2026)**.

Processus de fonctionnement

- **Mélange initial :** Les eaux usées brutes sont introduites et mélangées aux flocons de boues activées dans un bassin d'aération.
- **Oxygénation :** Un système d'aération mécanique ou pneumatique injecte de l'air en continu pour maintenir les microbes actifs.
- **Dégradation rapide :** Les micro-organismes se multiplient en absorbant et en métabolisant les polluants organiques.

- **Clarification :** Le mélange passe dans un décanteur secondaire (clarificateur) où les boues se séparent de l'eau épurée par gravitation.
- **Recirculation :** une partie des boues décantées sont recycler vers le bassin d'aération pour réensemencer le bassin d'aération et maintenir ainsi la charge massique à traiter.
- **Extraction :** Les boues biologiques excédentaires issues de la multiplication cellulaire sont extraites du système pour être traitées séparément.

III.3.4 Lagunage à microphytes

Le mécanisme de base du lagunage naturel repose sur le processus de photosynthèse. La tranche d'eau superficielle des bassins, exposée au rayonnement solaire, permet le développement d'algues qui, par photosynthèse, produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien de l'activité des bactéries aérobies. Ces dernières assurent la dégradation de la matière organique contenue dans l'effluent.

Il s'établit ainsi une relation de symbiose entre les algues et les bactéries : le dioxyde de carbone (CO_2) ainsi que les sels minéraux issus de la dégradation bactérienne de la matière organique sont, à leur tour, utilisés par les algues comme substrat pour la photosynthèse, assurant de ce fait un cycle autoentretenu au sein du bassin.

Mécanisme de la symbiose

- **Production d'oxygène :** Les algues réalisent la photosynthèse sous l'effet de la lumière, libérant l'oxygène nécessaire à la survie des bactéries aérobies.
- **Dégradation de la pollution :** Les bactéries utilisent cet oxygène pour décomposer et métaboliser la matière organique (**Priyanka Khaire, 2026)**.

III.3.5 Le lit bactérien

Le lit bactérien est un procédé de traitement biologique aérobie à cultures fixées. Contrairement aux boues activées où les bactéries flottent dans l'eau, les micro-organismes sont ici fixés sur un support solide stationnaire.

Principe de fonctionnement

- **Le support biologique :** Le lit est constitué d'un matériau poreux à grande surface spécifique (pouzzolane, pierres concassées, ou structures en plastique alvéolaire).
- **La percolation :** Les eaux usées, préalablement décantées, et pulvérisées uniformément à la surface du lit à l'aide d'un répartiteur rotatif.

- **Le ruissellement :** L'eau s'infiltre à travers le matériau par gravité. Au contact du film biologique (le biofilm) qui recouvre le support, les microbes absorbent et digèrent les matières organiques.
- **L'oxygénation :** L'apport d'oxygène se fait naturellement par convection d'air à travers les ouvertures à la base et au sommet du lit (courant d'air naturel) (**Emersan, 2020**).

III.3.6 Disque biologique

Les disques biologiques sont des réacteurs comportant un ensemble de disques en matière plastique inerte plus ou moins immergés (40 à 60%) dans un réservoir à flux continu, tournant à vitesse moyenne d'environ un tour par minute et sur lesquels s'est développée une biomasse active capable de dégrader la pollution véhiculée par l'effluent à traiter. Lors de l'émersion de l'ensemble des disques dans le réservoir, les bactéries fixées prennent de l'air atmosphérique l'oxygène indispensable à leur métabolisme et lors de l'immersion, elles consomment le substrat dissous dans l'eau. Dès que le biofilm dépasse une certaine épaisseur, il se détache de façon autonome et est entraîné vers le décanteur secondaire (clarificateur) où il est séparé de l'eau traitée. Les installations à disques biologiques sont utilisées essentiellement pour favoriser la nitrification mais aussi pour la dénitrification grâce à une immersion totale des disques (**Mahmoud Bali, 2025**).

III.4 Traitement des boues

La filière de traitement des boues issues de l'épuration des eaux usées vise à réduire leur volume, à stabiliser leur matière organique et à faciliter leur valorisation ou leur élimination finale. Ce processus s'articule conventionnellement autour de trois phases successives :

- L'épaississement :

Cette première phase constitue une étape de concentration mécanique ou gravitaire. Elle a pour objectif principal de réduire le volume des boues en extrayant une partie de l'eau interstitielle libre, augmentant ainsi la concentration en matières sèches (siccité). Les procédés les plus répandus reposent sur l'épaississement statique (par décantation/sédimentation dans un épaississeur) ou l'épaississement dynamique (par flottation, table d'égouttage ou tambour rotatif).

- La stabilisation (Stabilisation biologique ou chimique) :

La stabilisation vise à bloquer les processus de fermentation anaérobie incontrôlée, à réduire la fraction fermentescible de la matière organique et à atténuer les nuisances olfactives. Elle contribue

également à l'hygiénisation en réduisant la charge en micro-organismes pathogènes. Sur le plan académique, on distingue principalement la stabilisation biologique qui peut être aérobie (digestion aérobie) ou anaérobie (méthanisation, permettant la production de biogaz) et la stabilisation chimique (généralement par chaulage).

- La déshydratation (Conditionnement mécanique poussé) :

Dernière étape de réduction volumétrique, la déshydratation permet de passer d'un état liquide ou pâteux à un état solide ou semi-solide, optimisant ainsi les coûts de transport et de stockage. Ce procédé nécessite généralement un conditionnement chimique préalable (par ajout de polymères ou de floculants) pour agglomérer les particules. L'extraction de l'eau liée est ensuite réalisée par des moyens mécaniques contraignants tels que les filtres-presses, les centrifugeuses ou les filtres à bandes presseuses, ou par séchage naturel (lits de séchage) (**Suez et Degrémont, 2020)**.

IV. Présentation des ouvrages existants

Les données techniques présentées dans cette section sont issues de la note de calcul des stations de refoulement, élaborée par l'entreprise SONITRA (Société Nationale Ivoirienne de Travaux).

La configuration du projet d'assainissement du site de Songon a prévu l'acheminement des eaux usées vers un seul point de traitement. Cependant la topographie du terrain ne permet pas un écoulement gravitaire jusqu'à la station de traitement. Il a été donc réaliser des stations de relèvement pour mettre en charge les eaux arrivant aux points bas.

IV.1 Dimensionnement des systèmes de collecte et de transport des eaux usées

Les systèmes de collecte des eaux usées intègrent différentes stations de relevage permettant l'évacuation des eaux usées d'immeubles ou d'ilots ne pouvant être rejetées gravitairement.

lSelon La configuration du terrain et le plan d'aménagement du site, cinq (05) postes de relevage dont quatre (4) sont pris en compte dans le cadre du présent projet.

Le système adopté pour les stations de relevage est le suivant :

- les traitements préliminaires (dégrillage, dessablage) ;

- la mise en charge des eaux par pompage.



Figure 4: Station de relevage des logements sociaux de Songon

IV.1.1 Dimensionnement des ouvrages de prétraitement

IV.1.2 Dimensionnement du Dégrilleur

Les stations de relevage utilisent des pompes pour remonter les eaux usées vers les collecteurs ou les stations de traitement. Le dégrilleur retient les déchets solides volumineux (lingettes, plastiques, morceaux de bois, pierres). Sans un dégrilleur bien dimensionné, ces objets bloqueraient les turbines des pompes. Cela provoquerait des casses mécaniques et des pannes de moteurs très coûteuses.

Le dimensionnement hydraulique et structurel du dégrilleur repose sur la définition préalable de plusieurs constantes opératoires et géométriques. Les critères de base et les paramètres de conception retenus pour cet ouvrage de prétraitement sont consignés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Paramètre de dimensionnement du dégrilleur

Paramètres	Symbole	Valeur admise	Unité
Vitesse de passage entre les grilles	V	1	m/s
Angle d'inclinaison	α	80 dégrilleur mécanique	Degré
Ecartement	E	0,015	m

Coefficient de colmatage	C	0,600	-
Espacement entre grille	B	0,050	m

- Calcul de la section utile

$$S_u = \frac{Q_{mEU}}{V} \quad (1)$$

- Calcul de la section mouillée

$$S_m = \frac{S_u}{\theta \times (1-c)} \; Avec\; \theta = \frac{e}{e+b} \quad (2)$$

θ : Coefficient d'encombrement

- Calcul de la hauteur du dégrilleur

$$h = \left(\frac{Sin\alpha \times Sm}{2}\right)^{0,5} \quad (3)$$

- Calcul de la longueur immergée de la barre

L0 =h/sinα (4)

- Calcul de la largeur du dégrilleur

l = 2 × h (5)

- Calcul de la longueur

$$L = 3 \times L0 \quad (6)$$

IV.1.3 Dimensionnement du Dessableur

Le dessablage a pour but d'éliminer 90% des particules de diamètre supérieur à 200µm.

La surface du dessableur est calculée à partir de la charge hydraulique ou charge superficielle (en $m^3\ h^{-1}\ m^{-1}$) et le débit maximal :

$$S = \frac{Q_{mEU}}{V_h} \quad (7)$$

Q_{mEU} : Le débit de pointe en temps sec

V_h : La charge hydraulique prise égale à 38 $m^3/h/m$

Pour le volume total du dessableur, on considère un temps de séjour de 4 minutes.

IV.2 Dimensionnement de la bâche de pompage

Les paramètres pour le dimensionnement du poste de relèvement.

- Débit maximum à relever
- Volume utile de la bâche de relèvement
- Volume total de la bâche de relèvement
- Hauteur manométrique (HMT)
- Puissance de la pompe
- Courbe caractéristique et point de fonctionnement

Calcul volume utile de la bâche (V_u), volume constitué entre les niveaux bas et haut d'enclenchement de la pompe.

$$V_u = \frac{Q}{4 \times f \times n} \quad (8)$$

Q : Débit maximum à pomper

n : Nombre de pompe en fonctionnement simultané

f : Nombre de démarrages ou d'enclenchement à l'heure (f = 4, pour P > 30 kw, f = 6, pour P < 15 kw, f = 8, pour P < 8 kw, et f = 10 pour P < 4 kw)

P : Puissance électrique de la pompe

Volume total de la bâche

- Côte TN
- Côte Fe (fil d'eau dans la conduite d'arrivée)
- Côte de déclenchement : Hen
- Cote de déclenchement = cote radier +0,4 m environ
- Cote d'enclenchement = cote Fe – 0,20 m environ

$V_u = S \times (Hen - Hdec)$ Avec S (Surface au sol de la bâche de pompage)

Avec Hen (niveau d'eau plus haut dans la bâche) – Hdec (niveau d'eau le plus bas) = de l'ordre de 0,80 m à 2 m

Volume total = S × (Cote TN – cote radier)

Puissance absorbée aux bornes moteur ou puissance unitaire

$$P_u = HMT \times 9{,}81 \times \frac{Q(\frac{m^3}{s})}{\eta_{pompe} \times \eta_{moteur}} \qquad (9)$$

Avec P_u : Puissance Absorbée aux bornes moteur

HMT : Hauteur Manométrique total (en m)

Q (m^3/s) : Débit véhiculé

η_{pompe} : Rendement hydraulique de la pompe de l'ordre 0,4

η_{moteur} : Rendement électrique de l'ordre de 0,85

Puissance Total $P_T = ŋ \times P_u$

Avec ŋ : nombre de pompe en fonctionnement simultané

IV.3 Résultats de calculs

L'évaluation quantitative des volumes d'eaux usées à collecter et à traiter repose sur la définition préalable de paramètre consommation d'eau et de restitution du réseau. Les hypothèses fondamentales retenues pour mener à bien ces calculs prévisionnels sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Hypothèse de calcul

HYPOTHÈSES DE BASE	UNITÉ	VALEURS
Consommation spécifique journalière	l/j/hab	70,00
Taux de rejet	%	80%
Charge massique Cm (faible charge)	Kg DBO5/j/Kg MVS	0,15

Les résultats issus des calculs de dimensionnement du dégrilleur sont synthétisés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 4: Résultats des calculs du dégrilleur

DEGRILLAGE AUTOMATIQUE	**Unité**	**SR2**	**SR3**	**SR4**	**SR5**
Nombre de canal		1,00	1,00	1,00	1,00
Débit unitaire	m3/s	0,0138	0,0428	0,0978	0,0489
Vitesse d'écoulement	m/s	1,00	1,00	1,00	1,00
épaisseur des barreaux (b)	mm	10,00	10,00	10,00	10,00
Espacement entre les barres (e)	mm	15,00	15,00	10,00	10,00
Coef de colmatage du a l'encombrement des barres (θ)		0,60	0,60	0,50	0,50
Coef de colmatage eau usée (C)		0,80	0,80	0,80	0,80
Section mouillée (Sm)	m2	0,11	0,36	0,98	0,49
Section utile (Su)	m2	0,01	0,04	0,10	0,05
Largeur de Grille (l)	m	0,48	0,84	1,40	0,99
Hauteur immergée	m	0,24	0,42	0,70	0,49
angle d'inclinaison (a)	°	80,00	80,00	80,00	80,00
Longueur totale immergée	m	0,24	0,43	0,71	0,50
Largeur canal	**m**	**0,70**	**1,10**	**1,50**	**1,20**
Hauteur canal	**m**	**0,60**	**0,80**	**1,00**	**0,80**
Longueur grille	**m**	**0,90**	**1,20**	**1,40**	**1,20**

Les paramètres hydrauliques et les critères de décantation retenus pour le dimensionnement du dessableur sont synthétisés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 5: Résultats des calculs du Dessableur

DESSABLEUR	**Unité**	**SR2**	**SR3**	**SR4**	**SR5**
Diamètre de particule à éliminer	mm	0,20	0,20	0,20	0,20
Vitesse de Hazen	m/h	38,00	38,00	38,00	38,00
Vitesse horizontale VL	m/h	1 080,00	1 080,00	1 080,00	1 080,00
Section Horizontale S	m2	1,30	4,05	9,26	4,63
Largeur calculée	m	0,70	1,10	1,50	1,20
Longueur calculée	m	1,86	3,68	6,18	3,86
Temps de séjour	h	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667
Hauteur calculée	**m**	**0,16**	**0,16**	**0,16**	**0,16**
Hauteur	**m**	**0,60**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
Largeur	**m**	**0,80**	**1,50**	**1,80**	**1,50**
Longueur	**m**	**2,50**	**6,00**	**8,00**	**6,00**

Les spécifications techniques des ouvrages de refoulement, incluant les hauteurs manométriques totales (HMT) et les puissances requises, sont consignées dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 6: Résultat des calculs du refoulement des eaux

REFOULEMENT DES EAUX	**Unité**	**SR2**	**SR3**	**SR4**	**SR5**
Débit de pointe	m3/h	45,00	140,00	320,00	111,90
Nombre de pompes en marche simultanément		1,00	1,00	2,00	1,00

Rendement hydraulique	%	60%	60%	60%	60%
Rendement électrique	%	75%	75%	75%	75%
Rendement global	%	45%	45%	45%	45%
HMT calculée	**m**	**7,25**	**24,18**	**8,19**	**10,43**
HMT choisie	**m**	**10**	**25**	**9**	**11**
Puissance unitaire	**KW**	**1,09**	**10,60**	**8,72**	**5,33**
Puissance Totale	**KW**	**1,09**	**10,60**	**17,44**	**5,33**
Volume utile de la bâche	**m3**	**1,88**	**5,83**	**10,00**	**6,67**
Profondeur utile	**m**	**0,80**	**1,10**	**1,10**	**1,10**
Surface	m2	2,34	5,30	9,09	6,06
Longueur	**m**	**2,50**	**4,00**	**5,00**	**4,00**
Profondeur regard arrivée	m	3,00	3,00	3,00	2,50
Largeur	**m**	**2,50**	**4,00**	**4,70**	**4,00**
Profondeur totale	m	5,20	5,20	5,30	5,30
Diamètre de canalisation de refoulement	**mm**	**200**	**250**	**315**	**250**

Toutefois, en raison de l'insuffisance de certaines données techniques essentielles, il n'a pas été possible de procéder à une vérification complète et détaillée du dimensionnement des stations de relevage. En particulier, l'absence d'informations relatives aux profils altimétriques détaillés, aux caractéristiques complètes des conduites de refoulement, aux pertes de charge ainsi qu'aux paramètres de fonctionnement des équipements électromécaniques ne permet pas de confirmer avec précision les choix de dimensionnement effectués lors de leur conception. Par conséquent, le présent travail ne vise pas à valider ou à remettre en cause le dimensionnement des stations de relevage existantes, mais plutôt à exploiter les données d'exploitation et de conception disponibles comme base de calcul pour le dimensionnement de la station de traitement des eaux usées. Une étude complémentaire, fondée sur l'ensemble des

données techniques définitives des ouvrages de relevage, pourrait être envisagée afin d'évaluer de manière plus approfondie leurs performances hydrauliques et électromécaniques.

V. METHODOLOGIE

La démarche méthodologique adoptée repose sur l'evaluation prospective de la charge polluante à traiter, adossée à une projection démographique de la population sur l'horizon du projet.

V.1 Méthodologie du recensement démographique

L'estimation de la population actuelle de la zone d'étude a nécessité la réalisation d'un recensement de terrain, mené selon la démarche suivante :

- Délimitation de la zone d'étude

La zone d'étude a préalablement été délimitée sur la base du plan d'aménagement du site, permettant d'identifier les différents îlots et zones d'habitation concernés par le projet.

- Collecte des données sur le terrain

Un dénombrement exhaustif des ménages a été réalisé sur le terrain, à l'aide de questionnaires structurés juste pour avoir une idée precise du nombre d'habitants par ménage , au cours de la période du 05/01/2026 au 08/01/2026. Cette enquête a permis de recenser 8502 logements au sein de la zone d'étude.

- Détermination de la taille moyenne des ménages

Pour chaque ménage recensé, le nombre d'occupants a été relevé, permettant de déterminer une taille moyenne des ménages de 5,5 personnes par ménage, cohérente avec les données de l'Institut National de la Statistique (INS) pour la région d'Abidjan.

- Estimation de la population actuelle (P_0)

Sur la base du nombre total de ménages recensés et de la taille moyenne des ménages ainsi déterminée, la population actuelle de la zone d'étude a été estimée à environ 46 760 habitants (P_0).

- Détermination du taux de croissance démographique

Le taux de croissance démographique retenu pour les projections futures a été fixé à 4 %, en cohérence avec les données du dernier Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH).

$$P_f = P_0 \times (1 + r)^n \quad (10)$$

P_f: population final du projet

$$P_f = 46760 \times (1 + 0{,}04)^{20}$$

P_f = 102446 hab

L'ensemble des variables démographiques et temporelles retenues pour définir l'horizon de planification du projet est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7: Horizon du projet

Paramètre	Valeur	Observation
Année de départ	2026	Début de l'exploitation
Population de départ	~ 46 760 hab.	Population actuelle du site
Taux de croissance (r)	4%	Moyen pour la zone de Songon
Horizon final	2046	Durée de vie du dimensionnement (20 ans)
Population finale	102 446 hab.	Capacité nominale de la STEP

- **Évaluation des volumes de rejet**

Les rejets d'eaux usées à traiter concernent la somme des rejets de toutes les habitations du site.

Elles sont estimées à partir des populations totales du site à l'Horizon du Projet.

Le débit de consommation spécifique considéré est de 70 l/J/habitant. S'appuie sur les recommandations des guides techniques d'assainissement urbain pour les zones résidentielles à standing intermédiaire. Elle correspond au ratio moyen constaté pour des ménages disposant d'un branchement individuel à l'eau potable avec un équipement sanitaire de base (douche, WC, évier), sans usages extérieurs consommateurs d'eau.

- Le débit moyen $\boldsymbol{Qm} = \mathbf{70} \times \boldsymbol{N} \times \mathbf{0,8}$ avec N désignant le nombre d'habitant

- Le débit moyen journalier de rejet à l'horizon finale du projet est de 5 737,00 m^3/j ;
- Coefficient de pointe : $p = 1{,}5+2{,}5\sqrt{Qm}$, avec Q_m : débit moyen (l/s) ;
- 0,8 taux de rejet (80%)
- Le coefficient de point C_p
- Le débit de pointe, $\boldsymbol{Qp} = C_p \times Q_m$

Le débit de pointe horaire pour cette installation sera de 431,9 m3/h

V.2 Méthodologie et conception

La conception de la station d'épuration s'est appuyée sur une démarche structurée, alliant investigations de terrain et outils numérique. Cette méthodologie garantit une réponse technique adaptée aux contraintes spécifiques du site et aux exigences environnementales.

V.2.1 Phase de Collecte et d'Analyse Préliminaire

La première étape a consisté à traiter les données de l'Avant-Projet Sommaire (APS). Nous avons analysé les rapports géotechniques pour comprendre la nature du sol à Songon et les relevés topographiques pour définir les pentes nécessaires à l'écoulement gravitaire des eaux.

V.2.2 Recherche Documentaire et Veille Normative

Pour assurer la conformité du projet aux normes de rejet en vigueur en Côte d'Ivoire et aux standards internationaux (ISO), une gestion bibliographique rigoureuse a été mise en place.

Le Logiciel Zotero a permis de répertorier les articles scientifiques, les guides techniques de l'ONAD et de citer précisément les sources utilisées pour le dimensionnement.

V.2.3 Analyse Spatiale et Cartographie

L'implantation d'une STEP à Songon nécessite une vision globale du territoire. Le logiciel QGIS a été mobilisé pour établie la carte de la zone.

V.2.4 Dessin d'Ouvrage

La mise en plan des ouvrages de génie civil et des réseaux a été réalisée numériquement.

Le logiciel AutoCAD a permis de produire les plans de masse, les coupes transversales, les schémas des différents ouvrages.

V.2.5 Dimensionnement Ingénierie et Analyse Financière

Le cœur technique du projet repose sur la puissance de calcul de tableurs personnalisés.

Logiciel Microsoft Excel a été utilisé pour effectuer les calculs des charges polluantes, dimensionner les équipements, d'élaborer le Devis Quantitatif et Estimatif pour l'analyse des couts.

V.2.6 Synthèse et Rédaction Technique

La dernière phase concerne la consolidation de toutes les études en un document unique.

Le logiciel Microsoft Word a servi à la rédaction du mémoire technique, permettant d'intégrer les tableaux Excel, les captures de plans AutoCAD et les cartes QGIS dans un format plus structuré.

VI. Etude technique Et Choix du Procédé

Le traitement des eaux usées consiste à éliminer les polluants physiques, chimiques et biologiques avant leur rejet dans le milieu naturel. On distingue principalement deux grandes familles de procédés :

VI.1 Analyse Multicritère (AMC) pour le choix de la filière de traitement

Le type d'analyse utilisé est une Méthode d'Agrégation Simple Ponctuelle (ou Méthode des Scores Pondérés / Matrice de Décision Linéaire).

C'est l'approche d'aide à la décision la plus courante et la plus robuste en ingénierie de l'eau et de l'assainissement (**Juana et Al-Zubi, 2020**). Elle consiste à décomposer un problème complexe (le choix d'une filière technologique parmi plusieurs variantes) en une série de critères indépendants, à leur attribuer des notes quantitatives homogènes (ici, une échelle de 1 à 5), puis à calculer une moyenne globale selon des coefficients d'importance.

Les pourcentages de poids reflètent le niveau de priorité et les contraintes réelles du site du projet (le cahier des charges imposé par l'ONAD et le contexte).

VI.1.1 Définition des variantes comparées

Pour traiter les eaux usées des logements sociaux de (102 446 EH, 5 737 m³/j), cinq variantes technologiques adaptées au contexte local ont été mises en concurrence :

- Variante 1 : Boues activées à moyenne charge – Système biologique intensif avec aération forcée et clarification.

- Variante 2 : Lits bactériens – Système biologique intensif à biomasse fixée.
- Variante 3 : Lagunage aéré – Système biologique extensif en grands bassins successifs.
- Variante 4 : Disque biologiques – Système intensif
- Variante 5 : Lagunage a Microphytes – Système extensif

VI.1.2 Critères d'évaluation et pondération

Les critères ont été choisis selon les enjeux de la zone du projet (forte croissance urbaine, proximité de la lagune Ébrié, contraintes foncières et énergétiques) :

- Efficacité épuratoire (Poids : 25%) : La Priorité Absolue :

La station va rejeter ses eaux traitées directement dans la Lagune Ébrié, un milieu récepteur extrêmement sensible aux pollutions (risques d'eutrophisation, de prolifération d'algues et de destruction de la faune aquatique). L'obligation d'atteindre des abattements microbiologiques et physico-chimiques drastiques (DCO, DBO5, Azote, Phosphore) impose de donner la priorité maximale à ce critère.

- Emprise foncière (Poids : 20%) : La Contrainte d'Espace :

Le projet est implanté au cœur d'un grand pôle de logements sociaux (17 073 logements prévus). Dans ce type de projet urbain, le foncier est précieux et réservé en priorité aux habitations et aux voiries. La STEP doit donc être la plus compacte possible (emprise inférieure à 1 ha). C'est ce critère qui élimine d'office le lagunage aéré (qui obtiendrait 1/5 car il nécessite de grands bassins de plus de 5 ha).

- Coût d'investissement (Poids : 20%) : Coût du génie civil et des équipements techniques.

Il englobe l'ensemble des dépenses nécessaires à la concrétisation physique de la station d'épuration avant sa mise en service opérationnelle, ce coût se décompose principalement en deux postes majeurs tel que le coût des travaux génie civil, le coût des équipements électromécaniques.

- Coût d'exploitation (Poids : 20%) : Consommation d'énergie, pièces de rechange et personnel.

Une station d'épuration qui coûte trop cher à faire tourner au quotidien finit souvent par être abandonnée ou sous-exploitée. Les boues activées consomment beaucoup d'énergie (insufflation d'air 24h/24), ce qui est un point faible.

- Simplicité d'exploitation et maintenance (Poids : 15%) : La Compétence Technique :

L'ONAD dispose de techniciens et de cadres capables de suivre des processus automatisés. Même si les boues activées demandent plus de suivi technique que le lagunage, ce critère n'a pas besoin d'être sur-pondéré car la structure d'accueil a les compétences requises pour exploiter l'ouvrage.

Chaque variante est notée de 1 (très contraignant) à 5 (très avantageux).

VI.1.3 Résultat de la Matrice de décision multi-critères

Le choix architectural et technologique de la filière de traitement ne saurait être arbitraire. Afin d'identifier la variante optimale répondant aux contraintes spécifiques du site de projet, une analyse multicritère comparative a été formalisée. Cette approche objective évalue cinq variantes technologiques distinctes par rapport à des indicateurs de performance pondérés (rendement épuratoire, compacité foncière, coûts d'investissement et d'exploitation, simplicité de maintenance).

Les notes attribuées et les critères d'évaluation ayant conduit à la sélection du procédé de traitement par boues activées sont détaillés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 8: Choix de filière de traitement

Critères d'évaluation	**Poids**	**V1 : Boues Activées (Retenu)**	**V2 : Lits Bactériens**	**V3 : Lagunage Aéré**	**V4 : Disques Biologiques**	**V5 : Lagunage Microphytes**
Performances épuratoires (DBO5, MES)	25%	5 (> 90%)	4 (~ 85%)	3 (Sensible)	4 (~ 85-90%)	2 (Limité en pointe)
Emprise foncière (Gain d'espace)	20%	5 (Compact)	4 (Moyen)	1 (> 5 ha)	5 (Très compact)	1 (Très gourmand)

Coût d'investissement (CAPEX)	20%	2 (Génie civil/Équipements)	3 (Moyen)	5 (Terrassement)	2 (Mécanique cher)	4 (Terrassement simple)
Coût d'exploitation (OPEX / Énergie)	20%	3	3 (Faible pompage)	3 (Aération)	3 (Entretien moteur)	5 (Gravitaire, pas d'énergie)
Facilité d'exploitation / Maintenance	15%	3 (Suivi requis)	4 (Simple)	4 (Assez simple)	3 (Sensible pannes)	5 (Très rustique)
NOTE GLOBALE PONDÉRÉE	**100 %**	**3,70 / 5**	**3,60 / 5**	**3,10 / 5**	**3,50 / 5**	**3,15 / 5**

Calcul du score :$Score\ Global = \sum(note \times poids)$ (11)

VI.1.4 Justification technique des résultats (Analyse des scores)

- Le lagunage aéré (Note : 3,10) a été rejeté : Bien que son CAPEX et sa maintenance soient imbattables (note de 5/5), son emprise foncière est rédhibitoire pour Songon Kassemblé. La surface nécessaire pour traiter les effluents de plus de 100 000 habitants aurait empiété massivement sur les réserves foncières destinées aux logements sociaux.

- Les lits bactériens (Note : 3,60) arrivent en deuxième position : C'est une excellente technologie, mais ses performances épuratoires sur l'azote et le phosphore sont légèrement inférieures aux boues activées. De plus, ils génèrent parfois des nuisances olfactives (mouches, odeurs), ce qui est problématique à proximité immédiate de zones résidentielles.

- Les boues activées (Note : 3,70) se révèlent être le choix optimal : C'est la technologie qui répond le mieux aux deux contraintes majeures du projet : la compacité (emprise au sol minimale) et l'excellence environnementale (abattement maximal de la pollution avant le rejet dans la lagune Ébrié).

- Le disque biologique (Note :3,50) un procédé intensif qui offre une compacité maximale et d'excellentes performances épuratoires idéales pour le contexte périurbain de Songon, mais dont le choix est pénalisé par un cout d'investissement élevé.

- Le lagunage a microphytes (Note :3,15) représente une solution d'épuration naturelle extensive, extrêmement économique en exploitation et très rustique à entretenir, mais totalement disqualifiée pour ce projet en raison de ses rendements instables, de son emprise foncière qui exigerait entre 20 et 40 hectares de bassins.

Le choix de la filière à boues activées pour la STEP de Songon Kassemblé est dicté par la forte contrainte d'urbanisation de la zone, laquelle impose une emprise foncière restreinte, ainsi que par la nécessité d'atteindre une efficacité épuratoire optimale pour préserver le milieu récepteur. Bien que ce procédé présente historiquement une consommation énergétique élevée et alternatives extensives s'avèrent inenvisageable. En effet, la superficie totale mobilisé pour la conception de la station s'élève à 20034 m², une emprise jugée largement insuffisante pour l'implantation d'un système de lagunage.

VI.2 DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

VI.2.1 Hypothèse de base

La caractérisation quantitative et qualitative des effluents domestiques retenue pour le présent dimensionnement s'appuie sur les données polluantes établies dans le cadre de l'Avant-Projet Sommaire (APS) de la station d'épuration, réalisé par le BNETD. Ces caractéristiques physico-chimiques constituent les hypothèses fondamentales pour le calcul et le dimensionnement technique des différents ouvrages.

Les caractéristique majeurs retenues (notamment la DBO_5 et la DCO) sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9:Charge des eaux usées domestiques ayant servir de base de dimensionnement

Polluants	Concentration en mg/l
DBO5	800
DCO	1600
MES	260
NTK	160
Pt	10

Afin d'évaluer la conformité des effluents et de guider les objectifs de traitement, les seuils réglementaires à respecter sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10:Normes indicatives de rejets des eaux usées et effluents CIAPOL (2011)

Paramètre	Normes indicatives en mg/l	Observation
P_h	5,5 – 8,5 unités	
Température	40 °C	
Phosphore total comme P	15	Si débit journalier >30 kg/j
Azote Kjeldahl comme N	50	Si débit journalier >100 kg/j
Demande chimique en oxygène (DCO)	500	Si débit journalier <150 kg/j
	300	Si débit journalier >150 kg/j
Demande biologique en oxygène (DBO)	150	Si débit journalier <50 kg/j

Paramètre	Normes indicatives en mg/l	Observation
	100	Si débit journalier >50 kg/j
Huile et graisse	30	Si débit journalier <5 kg/j
	10	Si débit journalier >5 kg/j
Fer comme Fe	5	Si débit journalier >20 kg/j
Chrome total comme Cr	0,5	Si débit journalier >5 kg/j
Total hydrocarbures	10	Si débit journalier >100 kg/j
MES (Matières en Suspension)	< 50	

Le tableau des normes indicatives pour le rejet d'eaux usées ont permis de faire une comparaison avec le tableau des caractéristiques des eaux traitées que nous nous sommes fixés.

En confrontation avec les exigences réglementaire, les objectifs de qualité retenus pour les effluents épurés sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11:Caractéristique des eaux traités

Polluants	Concentration en mg/l
DBO5	30
DCO	90
MES	30
NTK	30
Pt	10

Les données de caractérisation présentées précédemment ont servi de base de dimensionnement du bassin d'aération, de la zone de contact. Afin de valider la conformité de ce dimensionnement technique vis-à-vis des exigences environnementales.

Une analyse comparative entre les caractéristiques de l'eau traité attendues et les valeurs des normes indicatives est synthétisé dans le tableau ci -dessous.

Tableau 12:Comparatif: caractéristiques de l'eau traitée et des normes indicatives

Paramètre / Polluant	**Concentration Eau Traitée**	**Limite Indicative**	**Statut / Conformité**
DBO_5 (ou DBO)	30	100 à 150 (selon le débit journalier)	**Conforme (Largement en dessous)**
DCO	90	300 à 500 (selon le débit journalier)	**Conforme (Largement en dessous)**
NTK (Azote Kjeldahl)	30	50 (si débit > 100 kg/j)	**Conforme (Respecte la limite générale)**
Pt (Phosphore total)	10	15 (si débit > 30 kg/j)	**Conforme (Inférieur à la limite)**
MES (Matières en Suspension)	30	< 50 mg/l	**Conforme (Inférieur à la limite)**

VI.2.2 Dimensionnement des ouvrages de prétraitement

A l'issue des évaluations démographiques et des estimations de rejets, les données de base requise pour initier le dimensionnement technique des ouvrages sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13: Données de base pour le dimensionnement

Donnée de base		
Grandeur	**Valeur**	**Unité**
Q spécifique	70	l/hab/j
Q global	5737	m3/j
POP	102446,43	Hab
Q pointe	431,9	m3/h

Le fonctionnement global de la station d'épuration (STEP) de Songon Kassemblé est illustré par le schéma synoptique de la figure ci-dessous.

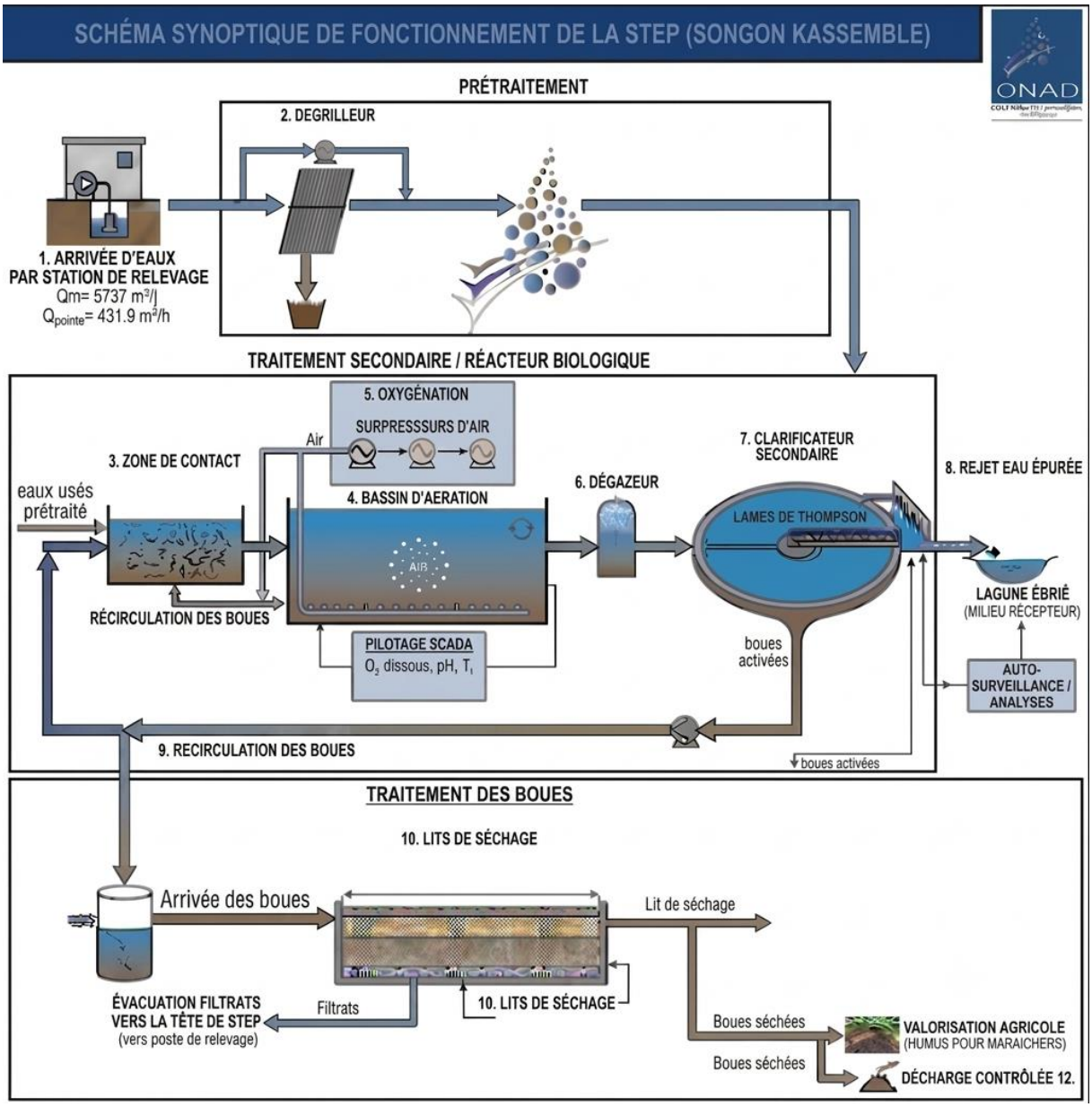


Figure 5:Schéma synoptique de fonctionnement de la STEP (source : VAUBOUD)

VI.2.2.1 Dimensionnement d'un dégrilleur

Le dégrilleur étant automatisé, le peigne métallique nettoyeur exerce une force mécanique répétée en remontant le long de la grille pour extraire les refus. Des barreaux de 10mm offrent la robustesse requise pour supporter ce frottement continu sur le long terme. L'espace de 15mm est suffisamment étroit pour intercepter efficacement les macrodéchets.

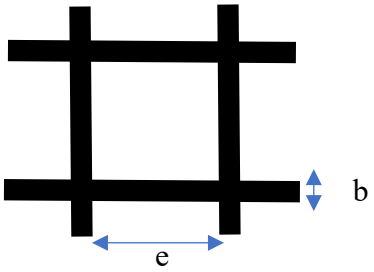


Figure 6: Vue de dessus des grilles

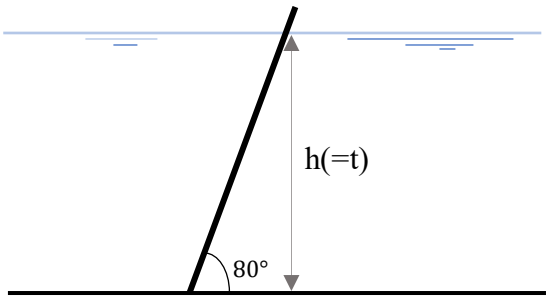


Figure 7: Vue en coupe longitudinale de profil

b = 10 mm l'épaisseur des barreaux de la grille, e = 15 mm l'espacement entre les barres, incliné d'un angle de 80°.

Les formules utilisées pour le dimensionnement du dégrilleur ont été prise du **Mémento Technique de l'Eau (Degrémont/Suez)** et de **Kirshmer (1926).**

Le débit journalier d'eaux usées est $Q_j = 5737\ m^3/j$

Alors $Su = Q_p/V = \theta\ (1\text{-}c)\ *Sm \Rightarrow \quad \boldsymbol{Sm} = Q_p/(\theta * V(1\text{-}C))$ (12)

$\boldsymbol{\theta}$: le coefficient de colmatage dû à l'encombrement des barres ;

Q_p : Le débit de pointe ; il représente la charge hydraulique maximale instantanée que l'ouvrage doit être capable de faire transiter sans générer de débordement de sécurité en Amont.

C_p : le coefficient de pointe ;

Sm : La section mouillée ; c'est la surface transversale occupée par l'eau dans le canal de dégrillage

L et l : les dimensions du dégrilleur

Les paramètres initiaux retenus pour la conception de la grille sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14: Données de base du dégrilleur

DEGRILLEUR Données		
e	15	mm
b	10	mm
α	1,40	radians
v	1	m/s
Qp	0,12	m3/s
θ	0,77	
C	0,5	
h	0,8	m

Calcul du coefficient de colmatage

$$\theta = \frac{e}{e+b} \quad (13)$$

- Calcul de la section mouillée (S_m)

$$S_m = \frac{Q_p}{\theta \times V(1-C)} \quad (14)$$

V : Vitesse de passage de l'eau entre les barreaux

C: Coefficient de colmatage dû aux eaux usée

- Calcul de la longueur oblique L_o

$$L_o = \frac{h}{\sin(\alpha)} \quad (15)$$

h : Tiran d'eau

- Calcul de la largeur l

$$l = \frac{S_m}{L_o} \quad (16)$$

A l'issue de la phase de calcul, les caractéristique géométrique finales et les paramètres de fonctionnement hydraulique de l'ouvrage ont été déterminés. Les résultats de ce dimensionnement sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15:Résultats du dimensionnement du dégrilleur

Dimensionnement		
Sm	0,31	m2
Su	0,12	m2
Lo	1,02	m
L	0,31	m
Va	0,39	m/s
Refus annuel	410,00	m3/an
Refus journalier	1,12	m3/j

Les résultats issus de la note de calcul du dégrilleur traduisent une configuration géométrique et hydraulique parfaitement cohérente avec les objectifs de la STEP. L'analyse croisée des différents paramètres met en évidence trois aspects fondamentaux :

- Maitrise des conditions hydrauliques et de l'autocurage
- Efficacité du piégeage et choix de l'entrefer
- Sécurité opérationnelle

VI.2.3 Dimensionnement des ouvrages biologique

VI.2.3.1 Bassin d'aération

Le bassin d'aération constitue l'unité centrale du traitement biologique secondaire par boues activées. Son principe repose sur le maintien en suspension d'une culture bactérienne aérobie (biomasse), dont le métabolisme et la croissance cellulaire permettent la dégradation cinétique et l'assimilation de la pollution organique carbonée dissoute.

Le dimensionnement de cet ouvrage est principalement gouverné par la charge organique entrante, exprimée en Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours (DBO_5). Les équations et critères de calcul appliqués sont issus des directives méthodologiques de la norme allemande **ATV-DVWK-A 131 (2000)**, spécifique à la conception des stations d'épuration à boues activées.

Les variables opératoires et les données de base requises pour le calcul du volume et des besoins en oxygène du réacteur biologique sont synthétisées dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 16: Bassin d'aération

BASSIN D'AREATION			
	Données		
Qm	5737,00	m3/j	
Cm	0,13	DBO5/kg/j	
MVS	4,00	kg/m3	
a	0,50		
b	0,10		
He	3,70	m	
ASB	2,50		
FCG	0,55		
Rdt	0,19		
am	0,66		
b	0,07		
q	6,00	Nm3/h	
cos ψ	0,80		
DBO5(e,s)	0,80	g/l	0,03 g/l
Hd	4,00	m	
Prof	5,00	m	

➢ Volume du Bassin d'aération V_{ba}

$$V_{ba} = \frac{F_{DBO5}}{C_m \times C_{MVS}} \quad (17)$$

- F_{DBO5}: Flux de DBO_5
- C_m : Charge massique
- C_{MVS} : Concentration de MVS dans le bassin

C_m : elle représente la quantité de pollution apportée chaque jour par rapport à la masse de micro-organismes présente dans le bassin. Elle définit le régime de fonctionnement

Paramètres	Aération prolongée	Faible charge	Moyenne charge	Forte charge
C_m (kg DBO_5/kg MVS/j)	< 0,1	0,1 à 0,2	0,2 à 0,5	> 1
C_v (kg DBO_5/m^3/j)	< 0,35	0,35 à 0,5	0,5 à 2	> 2
MVS (kg/m^3)	4 - 6	3 - 4	3 - 4	2 - 3
Rendement épuratoire en DBO_5 (%)	> 95	90 - 97	80 - 90	70 -80
Age des boues (j)	> 15	> 10	2 - 8	1
Temps de séjour des effluents (h)	24	8 - 24	2 - 8	1 - 2

Figure 8: Paramètre de charge (Degremont/référentiel technique ATV-A 131)

La figure récapitule les critères de dimensionnement et les paramètres opératoires clés réagissant les systèmes d'épuration à boues activées, conformément au référentiel technique et aux abaques de Degrémont

Nous avons une concentration massique de 0,125 kg DBO5/kg MVS /j, d'où nous somme en faible charge, donc nous aurons l'âge de boue qui sera supérieur à 10 jours.

- Calcul du Diamètre du Bassin

$$D_{ba} = \sqrt{\frac{V_{ba} \times 4}{prof \times \pi}} \quad (18)$$

Pour éviter l'encrassement par les dépôts nous allons installer sur une rampe de 0,30m au fond

Donc : H_d (hauteur d'eau) = 4 m

H_e (hauteur d'eau final) = 4 – 0,30

H_e = 3,70 m

- Calcul des besoins en oxygène : C'est la quantité d'oxygène journalière nécessaire que doit fournir les systèmes d'aération (turbine ou insufflateur d'air) avec

$$O_2 = a' \times L_e + b' \times S_v \quad (19)$$

- L_e : Poids de DBO_5 éliminé ($kgDBO_5/j$)
- S_v : Biomasse (kgMVS)
- a': Fraction de DBO_5 utilisé pour la production d'énergie
- b': Coefficient de respiration endogène

- Calcul du Débit d'air

La détermination du débit d'air nécessaire repose sur le paramètre ASB (Apport Spécifique Brut), initialement mesuré en eau claire. Afin de refléter les conditions réelles d'exploitation, ce paramètre est ajusté par un facteur correctif global (FCG). Ce coefficient est indispensable pour tenir compte de la présence de matière en suspension (MES) dans les boues activées, qui réduit la vitesse de transfert de l'oxygène de 30 à 50% ainsi, l'efficacité réelle notée ASB, est obtenue par le produit de l'ASB en eau claire et du facteur FCG (variant généralement entre 0,5 et 0,7).

Valeurs moyennes des performances des aérateurs fournies par les constructeurs

Systèmes d'aération	ASB en Kg O_2.kWh^{-1}	FCG	Hauteur d'eau en m	Brassage en W.m^{-3}
Aérateurs de surface				
Turbines lentes	1,5	0,7	1,8	40
Turbines rapides	1	0,7	1,25	35
Brosses	1,7	0,7	1,7	25
Insufflateur d'air				
Moyennes Bulles	1,2	0,7	2 - 8	12
Fines Bulles	2,5	0,55	2 - 8	12 - 15

Figure 9: performances des aérateurs (Degrémont et Suez)

Les critères d'efficacité énergétique et les capacités opératoires des différentes technologies de transfert d'oxygène sont récapitulés dans la figure précédente.

$$Q_{air} = \frac{DJO/24}{FCg \times Rdt \times 285{,}7 \times 10^{-3} \times H_e} \quad (20)$$

Avec DJO = O_2

- Calcul de la puissance Absorbée P_a

La puissance absorbée est la puissance électrique réelle que les moteurs des turbines ou surpresseurs consomment sur le réseau à un instant T pour fournir l'oxygène nécessaire.

$$P_a = \frac{DJO/24}{ASB \times FCG} \quad (21)$$

- Calcul de la puissance installé

La puissance installée correspond à la puissance nominale maximale.

$$P_i = \frac{P_a}{cos\varphi} \quad (22)$$

- Calcul de la puissance de brassage (W.m^3)

C’est la puissance minimale nécessaire pour agiter l’eau de manière homogène et maintenir les boues en suspension.

$$P_b = \frac{P_a \times 1000}{V_{ba}} \quad (23)$$

- Calcul de la puissance unitaire de turbine

Nous avons opté pour 3 turbines (2 en fonction simultané et 1 en secours).

Avec 3 turbines,1 seule turbine tourne la nuit pour assurer le brassage minimal,2 turbines tournent pendant les heures de pointe pour fournir le pic d’oxygène requis. De plus si une tombe en panne ou subit une opération de maintenance planifiée, les deux autres unités opérationnelles suffisent à couvrir les besoins nominaux de la station sans aucune rupture du processus épuratoire.

$$P_u = \frac{P_a}{nbr\ turbine} \quad (24)$$

- Nombre de diffuseur

Plus le nombre de diffuseurs est optimisé, plus les bulles générées sont petites (fines bulles) et réparties de manière homogène.

$$N = \frac{Q_{air}}{q} \quad (25)$$

q : Debit unitaire

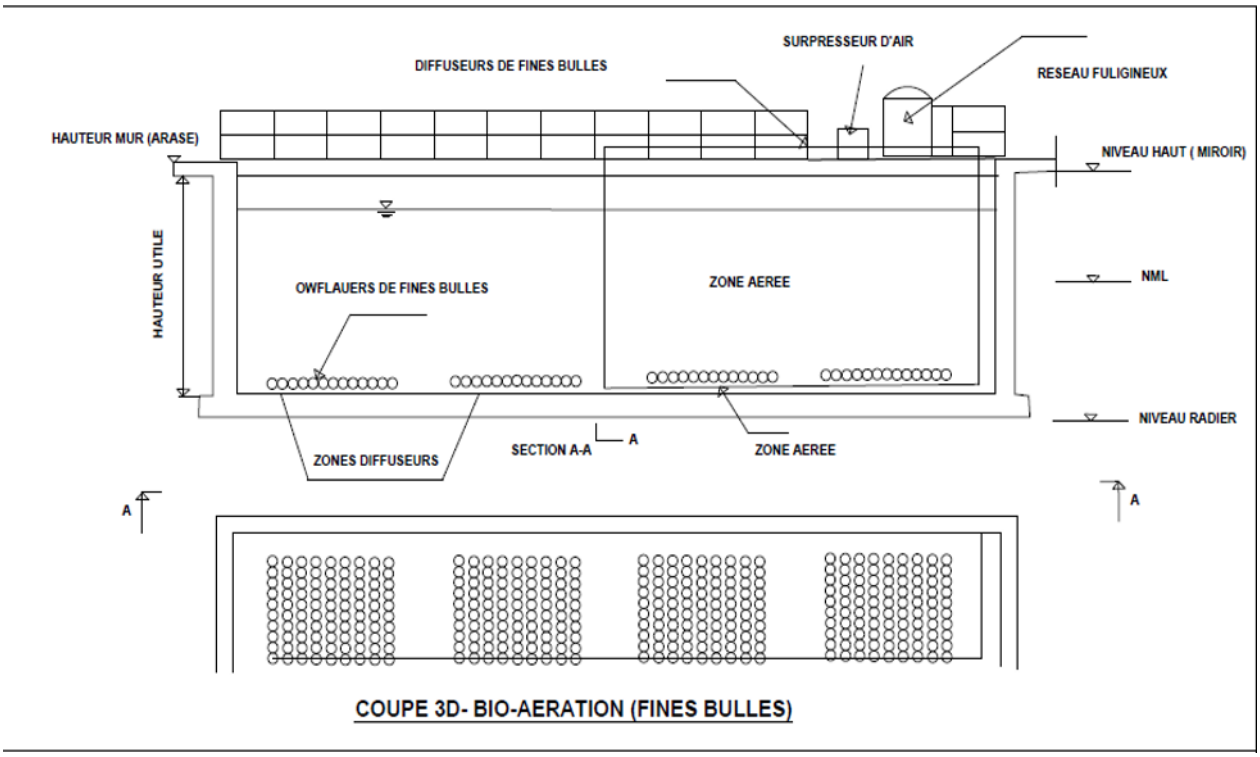


Figure 10: Image du bassin d'aération (source : VAUBOUD)

Suite à l'application des équations de transfert de masse et des critères cinétiques de la biomasse, l'ensemble des caractéristiques épuratoire obtenus pour le réacteur biologique est synthétisé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17: Résultats du dimensionnement du bassin d'aération

Dimensionnement		
FDBO5	4589,60	kgDBO5/j
Vba	9179,20	m3
Ts	21,25	h
Dba	48,35	m
Le	4417,49	kgDBO5/J
Sv	36716,80	kgMVS
O2	5880,43	kgO2/j

DJO	5880,43	kgO2/j

Qair	2277,99	Nm3/h
Pa	178,19	kw
Pi	222,74	kw
Pu	59,40	kw
Pb	19,41	w/m3
Ndiffuseur	379,66	380,00

Le bassin d'aération constitue le cœur réacteur biologique de notre station d'épuration. C'est au sein de cet ouvrage que s'accomplissent les cinétiques de biodégradation de la pollution par la biomasse en suspension. Les résultats issus des notes de calcul mettent en exergue une parfaite adéquation avec le régime d'opération choisi à travers quatre axes d'analyse :

- Validation du régime de faible charge (C_m) et rendement épuratoire
- Sécurisation de la nitrification par l'âge des boues
- Optimisation du volume du Génie Civil et temps de séjour hydraulique
- Analyse des besoins énergétiques et synergie avec le parc électromécanique

VI.2.3.2 Zone de Contact

La zone de contact, positionnée en amont du bassin d'aération, est un réacteur biologique configuré à forte charge massique. Son rôle principal est de favoriser sélectivement le développement des bactéries formatrices de flocs (biomasse épuratoire utile) au détriment des micro-organismes filamenteux, prévenant ainsi les phénomènes de foisonnement des boues.

Le principe opératoire repose sur la mise en contact rapide des effluents bruts (riches en substrat carboné) et de la boue activée recirculée. La cinétique d'assimilation de la pollution organique et les mécanismes de transfert au sein de ce réacteur sont régis par les principes de la cinétique chimique (notamment la Loi de Chick-Watson) ainsi que par les critères de conception du Design Manual (2000).

Les paramètres cinétiques et les critères de calcul retenus pour le dimensionnement de la zone de contact et du dégazeur sont synthétisés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 18: Zone de contact et Dégazeur

Zone de contact et Dégazeur	
Données	

DCOFa	30% DCO	
T	10	min
Cr	8	g/l
TSH1	0,016	h
C	100	mgDCO/gMES
hd	4	m
TSH2	4	min
Vh1'	3600	m/h

- Calcul du débit des boues a recirculer Q_b (m^3/h)

$$Q_b = \frac{DCOFa \times Q_e}{C \times C_r} \quad (26)$$

Qe : débit de pointe horaire (en m3.h-1)

DCOfa : concentration en DCO soluble facilement assimilable ($mg.l^{-1}$)

C : charge massique appliquée dans la zone

Cr : Concentration moyenne des boues alimentant la zone de contact (concentration des boues de recirculation en $mg.l^{-1}$)

- Calcul le volume de la zone de Contact

$$V = \frac{[T(Q_e + Q_b)]}{60} \quad (27)$$

T : Temps de contact eaux usée/boues (de l'ordre de 10min)

VI.2.3.3 Dégazeur

En sortie du bassin d'aération, la liqueur mixte (mélange d'eau traitée et de boues activées) subit une forte turbulence due aux systèmes d'aération (insufflation d'air ou turbines). Ce processus entraîne l'occlusion et le piégeage de microbulles d'air ou de gaz (comme le diazote ou le dioxyde de carbone) au sein des flocs biologiques.

La présence de ces gaz résiduels diminue la densité apparente des flocs bactériens, ce qui nuit gravement à leur vitesse de sédimentation et risque de provoquer des départs de boues (phénomène de flottation involontaire) dans l'ouvrage de clarification aval.

Le dégazeur (ou canal de dégazage) a donc pour rôle principal de dissiper l'énergie hydraulique et de faciliter le relargage de ces bulles de gaz occluses. En éliminant cette phase gazeuse, l'ouvrage rétablit les conditions optimales de décantation statique requises pour le bon fonctionnement du clarificateur.

- Calcul du volume V_1 (zone 1- zone agitée)

$$V_1 = \left(Q_P + Qr_p\right) \times TSH \quad (28)$$

Q_p : Debit de pointe en entrée

Qr_p : Debit de recirculation en pointe

TSH : Temps de séjour hydraulique

- Calcul de la surface Zone 1

$$S_{Zone1} = \frac{V_1}{H_d} \quad (29)$$

H_d : Hauteur d'eau

- Calcul de la surface de la zone 1'

$$S_{Zone1'} = \frac{Q_p + Qr_p}{Vh_{1'}} \quad (30)$$

$Vh_{1'}$: Vitesse ascensionnelle dans la zone 1' (1m/s soit 3600m/h)

- Calcul du volume de la zone 2 (zone calme)

$$V_2 = \left(Q_P + Qr_p\right) \times TSH2 \quad (31)$$

- Calcul de la surface zone 2

$$S_{Zone2} = \frac{V_2}{H_d} \quad (32)$$

- Vérifions que la vitesse ascensionnelle résultante en zone calme est de 2,5 cm/s

Maximum

La vitesse ascensionnelle maximale à 2,5 cm/s soit 1,5 m/min répond à la LOI de Stokes et à la vitesse de chute des flocs, appliquée aux boues activées.

$$Vh_2 = \frac{Q_p + Qr_p}{S_{Zone2}} \quad (33)$$

Le tableau ci-dessous représente les résultats de calculs de dimensionnement.

Tableau 19: Résultat de la zone de contact et du dégazeur

Dimensionnement		
Qb	259,14	m3/h
V	115,17	m3
V1	11,06	m3
SZone1	2,76	m2
Szone1'	0,19	m2
V2	45,61	m3
Szone2	11,40	m2
Vh2	60,61	m/h

VI.2.3.4 Clarificateur

Le clarificateur, ou décanteur secondaire, est un ouvrage hydraulique stratégique assurant une double fonction essentielle en aval du traitement biologique :

- La clarification de l'effluent : Il réalise la séparation physique par sédimentation statique entre l'eau épurée et la biomasse en suspension (flocs biologiques). Cette étape permet d'obtenir une eau limpide répondant aux normes environnementales avant son rejet vers le milieu récepteur.
- La concentration et la gestion de la biomasse : Il permet d'épaissir les boues déposées au fond de l'ouvrage afin de garantir, d'une part, leur recirculation continue vers le réacteur biologique pour y maintenir une concentration bactérienne optimale, et d'autre part, l'extraction contrôlée des boues excédentaires.

Le dimensionnement hydrodynamique de cet ouvrage repose sur la théorie des flux solides (Modèle de Dick et Vesilind) ainsi que sur les critères de vitesse ascensionnelle définis par le référentiel technique de Degrémont.

Les constantes opératoires et les critères cinétiques appliqués pour le calcul de la surface et de la profondeur du clarificateur sont récapitulés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 20: Donnée de base du Clarificateur

CLARIFICATEUR		
Données		
Vasc	0,6	m/h
h	3,5	m
Sa	4	g/l
IM	120	ml/j
Ts	90	min
k	1,3	

- Calcul de la surface du clarificateur

$$S = \frac{Q_p}{V_{asc}} \quad (34)$$

- Calcul du volume de clarificateur

$$V_{clar} = S \times h \quad (35)$$

- Calcul du diamètre

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} \quad (36)$$

- Calcul du Taux de recirculation des boues

Il régule le débit des boues sédimentées au fond du clarificateur qui sont renvoyées en tête du traitement biologique.

$$TB = \frac{S_a}{S_r - S_a} \times 100 \quad (37)$$

S_a : concentration en MES dans le bassin d'aération

S_r concentration en MES dans la boue recirculer

Avec S_r= (1000/IM) * K

K = Facteur d'épaississement = (temps de séjours des boues dans le clarificateur)

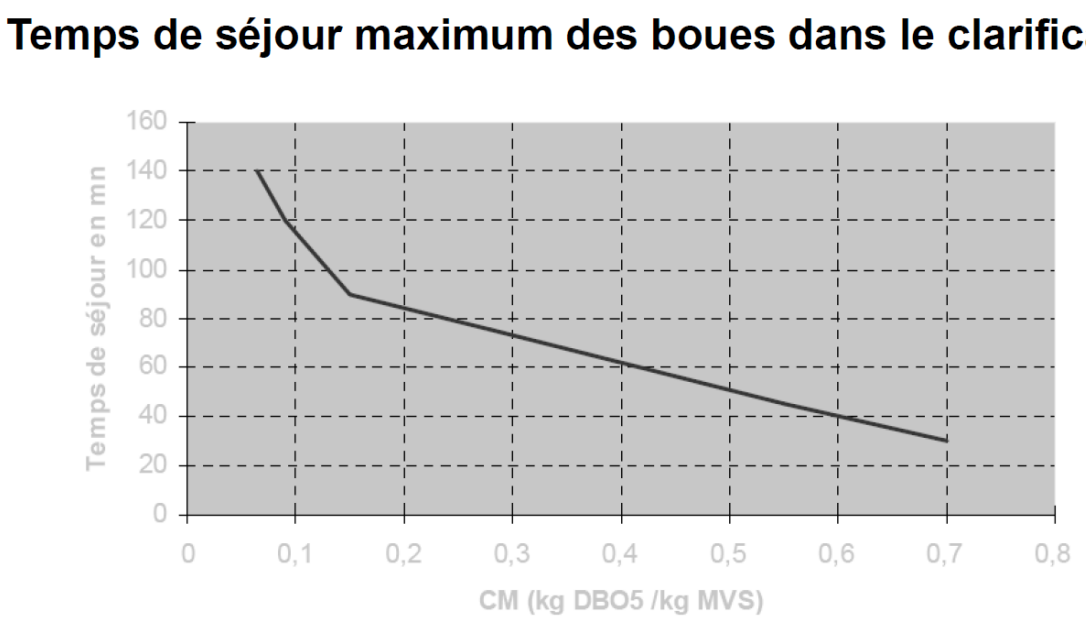


Figure 11: Courbe du temps de séjours en fonction de la charge (Mémento Technique de l'Eau)

On a C_m = 0,125 kgDBO5/kgMVS

D'ou Ts = 90 min ⟶ K = 1,3

Et IM = 120 ml/j, Indice de Mohlman caractérise le phénomène de l'épaississement des boues dans le fond du clarificateur.

IM ≥ IB (Indice des boues)

IB pour la vitesse de clarification

$IB \approx IM\ (250/V_{d30})^{0,5}$

$IM \approx 80 + 227 \times (Cm)^{0,5}$

Les paramètres géométriques, dimensionnels et hydrauliques résultant des calculs de conception de cet ouvrage sont rassemblé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 21:Résultat de dimensionnement du clarificateur

Dimensionnement		
S	719,83	m2
Vclar	2519,42	m3

D	30,27	m
Sr	10,83	g/l
Tb	58,54	0,59
QEB	239,04	m3/h
QRBT	139,93	m3/h
Qre	252,82	m3/h
Vboue extraire	98,34	m3/j

Le clarificateur secondaire constitue l'ultime barrière physique de séparation solide-liquide avant le rejet des effluents épurés dans l'exutoire naturel. L'analyse des résultats de dimensionnement met en évidence une conception robuste et pleinement conforme aux exigences réglementaires, validée par trois piliers fondamentaux :

- Respect de la cinétique de sédimentation
- Sécurisation du stockage de la biomasse par la charge solide
- Maitrise des volumes, des temps de séjour

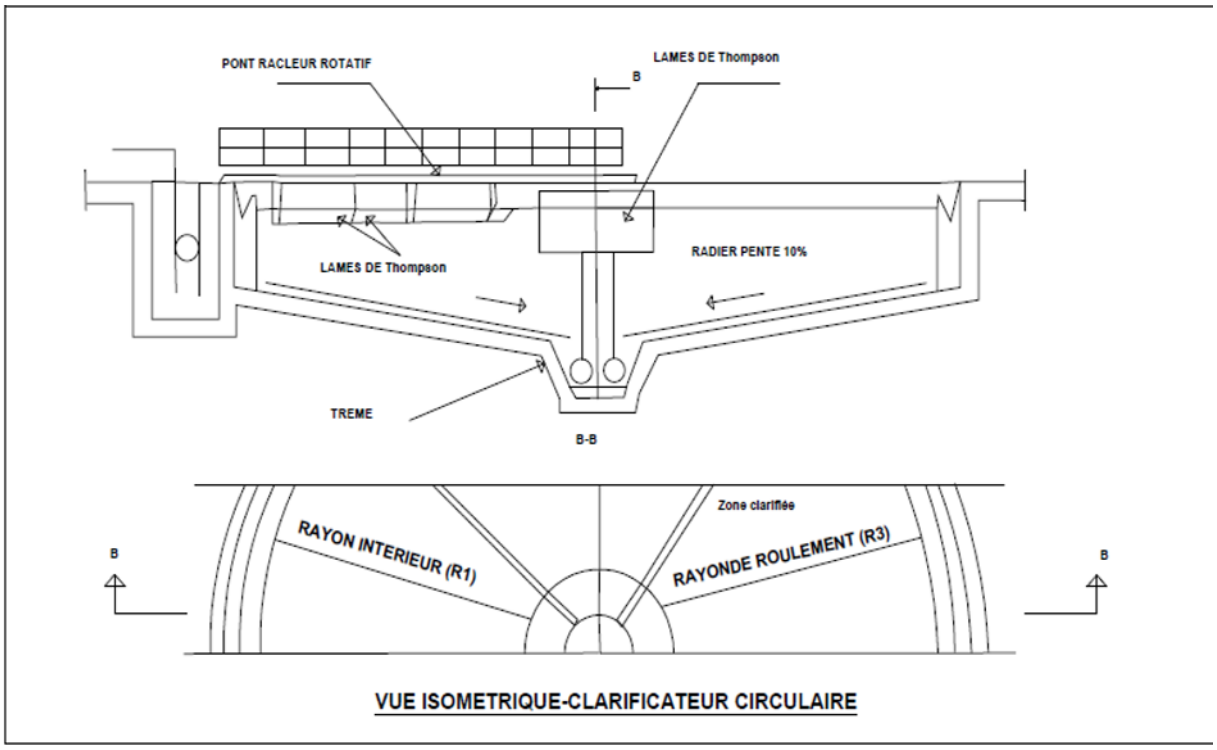


Figure 12 : Image du clarificateur (source : VAUBOUD)

VI.2.4 Evaluation global de la production des boues

Dans une filière a boues activées, l'évaluation, le suivi et la caractérisation des boues constituent l'acte de pilotage très important pour la station, car une STEP a boues activées abrite un écosystème vivant.

Evaluer régulièrement ces boues permettent de contrôler la santé des bactéries, d'anticiper les dysfonctionnements hydrauliques et d'optimiser les couts d'exploitation.

- Calcul du débit des boues a recirculer

$$Q_{rbt} = TB \times Q\ [m^3/h] \quad (38)$$

Q : Débit d'entrée journalière

- Calcul de débit de pointe a recirculer

$$Q_r = IB \times Q_p \quad (39)$$

- Calcul de la production de boues est donnée par l'équation de **Eckenfelder (1956)**

$$P = S_{min} + S_{dur} + a_m L_e - bS_v - S_{eff} \quad (40)$$

a_m : Biomasse produite par Kg DBO5

b: Fraction de biomasse détruite par jour

Les Coefficients a_m et b dépendent de la charge massique de la station d'épuration.

Tableau 22: Valeur des coefficients

Valeurs de Cm	**0,1**	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**
Valeur de am	0,66	0,59	0,56	0,53	0,5
Valeur de b	0,065	0,07	0,07	0,07	0,07

Smin = masse MMS de l'eau brute évaluée généralement à 30% des MES

Sdur = Masse de MES difficilement biodégradable évaluée à 17,5% des MES

Le = Masse de DBO_5 éliminée par jour

Sv = Masse de boues organiques dans le bassin d'aération en Kg de MVS

Seff = Masse de boues évacuées avec l'effluent traité en Kg de MES par jour

- Calcul du volume des boues à extraire

$$V_b = \frac{P}{C_r} \quad (41)$$

Afin d'anticiper les besoins logistiques et techniques liés à la gestion des sous-produits de l'épuration le tableau suivant capitule les indicateurs clé et les résultats de l'évaluation de la production des boues.

Tableau 23: Résultats de l'évaluation des boues

Calcul		
Smin	447,486	kg/j
Sdur	261,0335	kg/j
Le	4417,49	kgDBO5/j
amLe	2915,5434	kgDBO5/j
Sv	36716,8	kgMVS
bSv	2386,592	kgMVS/j
Seff	172,11	
P	1065,3609	kgMs/j

L'évaluation et la caractérisation quantitative de la biomasse en circulation constituent le tableau de bord opérationnel du procédé a boues activées. Les indicateurs calculés permettent de valider la viabilité de l'écosystème bactérien et de garantir la maîtrise des transferts de masse entre le réacteur biologique et le clarificateur.

VI.2.5 Lits de séchage

Les formules du dimensionnement du lit de séchage des boues proviennent des guides techniques de référence en assainissement (Memento technique de l'eau Degrémont, manuels CIEH/2IE)

L'impératif du curage manuel (La largeur de 7 m}

Dans les stations d'épuration d'Afrique de l'Ouest, les lits de séchage sont curés à la pelle par les opérateurs une fois la boue séchée (Manuel d'assainissement et de traitement des boues de vidange en Afrique de l'Ouest et centrale).

Une largeur de 7m permet à un ouvrier placé sur le muret latéral d'atteindre facilement le milieu du lit avec sa pelle ou sa fourche (portée maximale humaine d'environ 3,5 m).

L'homogénéité de la répartition de la boue (La longueur de 12m)

Lorsque la boue liquide (V_b) arrive sur le lit par la vanne d'alimentation, elle s'écoule par simple gravité.

La longueur de 12m garantit que la boue liquide va s'étaler de manière parfaitement uniforme sur toute la surface assurant une épaisseur constante de 25 cm indispensable pour un séchage régulier sous le soleil d'Abidjan (règles générales de conception des bassins et lits de séchage).

- Formule Volumétrique (Capacité de rétention par cycle)

Cette formule permet de savoir quel volume de boue liquide extrait un lit de séchage unitaire peut recevoir à chaque cycle d'alimentation.

$$V_{lit} = S_{lit} \times e_{boues} \quad (42)$$

$S_{lit} = l \times L$

$E_{boues} = 0{,}25$ m

Interprétation : Puisque le volume journalier à extraire est de $V_b = 98{,}34$ m^3/ j, un seul lit standard de 21m^3 n'est pas suffisant pour encaisser une seule journée d'extraction complète (il absorbe environ 21,3% de notre extraction quotidienne V_b).

- Formule de la Charge Surfacique (Capacité annuelle en Matière Sèche)

Cette formule détermine la quantité maximale de matières sèches (la masse de boue déshydratée) qu'un seul lit de séchage peut traiter sur une année entière sans saturer le filtre

MS = 200 kg MS/m²/an (la limite maximale recommandée pour la Côte d'Ivoire par Eawag-Sandec en raison du fort ensoleillement).

$$C_h = S_{lit} \times MS \quad (43)$$

- Nombre de lits

$$Nombre\ de\ lits = \frac{Prod}{C_h} \quad (44)$$

Prod = p(kgMs/j)×365

- Nombre de lits à remplir par jour

$$Nbr\ a\ remplir = \frac{V_b}{V_{lit}} \quad (45)$$

V_b:Volume des boues dans le clarificateur

- Charge totale admissible

La charge totale admissible représente la capacité massique globale que notre installation peut accepter sur une année complète sans saturer les massifs filtrants (sable/gravier).

$$Chtot = S_{tot} \times MS \quad (46)$$

S_{tot} : nbr de lit × S_{lit}

- Dimensionnement des hauteurs (Profil vertical)

L'ouvrage sera un bassin en maçonnerie béton armé composé de plusieurs couches :

Épaisseur de la boue liquide à admettre (e_{boue}) : 0,25 m (25 cm). C'est la hauteur maximale de boue liquide déversée par cycle pour garantir un bon séchage. Elle correspond au compromis optimal entre la vitesse d'évaporation et la productivité surfacique du lit.

Hauteur de revanche : 0,30 m (30 cm) au-dessus du niveau maximal de la boue liquide. Elle sert à contenir les eaux de pluie en saison de mousson sans que le lit ne déborde.

Composition du massif filtrant (du haut vers le bas)

Sous la couche de boue, le fond du lit est constitué de couches de matériaux granulaires superposées assurant le drainage des lixiviats (filtrats) :

Couche supérieure (Sable) : 10 à 15 cm de sable fin (diamètre 0,2 à 0,6 mm) qui retient la biomasse en surface.

Couche intermédiaire (Gravier fin) : 10 cm de gravette servant de transition.

Couche inférieure (Gros gravier / Cailloutis) : 15 à 20 cm de gros graviers emballant les drains perforés en PVC (Eawag / SANDEC).

Le fond du lit doit présenter une pente de 1 à 2% orientée vers le drain central pour évacuer l'eau percolée vers la tête de la STEP.

Le tableau ci-dessous représente les donné de base de dimensionnement des lits.

Tableau 24:Donnée de base du lit de séchage

LITS DE SECHAGE		
Données		
L	12	m
l	7	m
eboue	0,25	m
hr	0,3	m
MS	200	kgMS/m2/an

La configuration structurelle, géométrique ainsi que le profil des différentes couches physiques constituant l'ouvrage sont illustrés graphiquement par la figure ci-après.



Figure 13: lit de séchage de la STEP (source : VAUBOUD)

L’optimisation de la filière boues passe par une réduction efficace de leur teneur en eau avant leur évacuation. Les surfaces utiles de percolation ainsi que le nombre de lits de séchage nécessaires sont consignées dans tableau ci-après.

Tableau 25: Résultats de dimensionnement du lit de séchage

	Calcul		
Slit	84,00	m2	
Hutile	0,55	m	
vboue/cycle	21,00	m3/lit	
ch	16800,00	kgMS/an/lit	
prod	388856,73	kgMS/an	
nombre de lits	23,15	24	
nbr de lit a remplir	4,68	5	lits/jour
ch tot bassin	403200,00	kgMs/an	

VII. Impact environnemental

La réalisation de la Station d’Epuration (STEP) s’inscrit dans une dynamique de développement urbain durable et de santé publique. Toutefois, un projet d’une telle envergure interagit inévitablement avec son milieu récepteur. L’objectif de cette section est d’identifier, d’évaluer les empreintes laissées par le projet sur les composantes physiques, biologiques et humaines.

Pour répondre à ce défi environnemental, le projet a été initié afin de traiter efficacement les effluents domestiques avant leur rejet dans le milieu naturel. Toutefois, la construction de la STEP peut causer des impacts négatifs sur l’environnement naturel (biophysique) et social (cadre de vie des population, milieu de travail des travailleurs…)

VII.1 Justification et objectif de l’EIES

Conformément à la législation environnementale en vigueur en Côte d'Ivoire, tout projet d'infrastructure d'assainissement susceptible de modifier l'équilibre écologique et le cadre de vie doit faire l'objet d'une évaluation environnementale préalable. La réalisation de cette Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES) répond strictement aux exigences du Code de l'environnement ivoirien pour garantir la durabilité du projet.

Elle a pour objectif d'anticiper, d'analyser et de maîtriser les effets d'un projet sur l'environnement naturel et humain avant sa mise en œuvre. Elle permet d'identifier, d'analyser

et d'évaluer les impacts potentiels directs et indirects de la STEP lors de ses phases de construction et d'exploitation. À l'issue de cette analyse, l'étude proposera un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES), regroupant les mesures d'atténuation, de bonification et de suivi nécessaires à la préservation de l'environnement, de la santé publique et des travailleurs.

VII.2 Cadre réglementaire de l'étude

La réalisation de ce projet s'appuie aussi sur un cadre réglementaire qui constitue le cadre d'orientation permettant de mieux cerner la problématique environnementale sur le site.

Ces textes législatifs et réglementaires encadrent la construction et l'exploitation de la STEP de Songon Kassemblé dont pour chaque texte sont précisés : les articles applicables, le rôle de l'entreprise d'exécution des travaux.

Les principaux textes législatifs de référence gouvernant le présent projet, ainsi que les obligations opérationnelles s'y rattachant, sont synthétisés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 26:Texte législatif et règlementaire relatif au projet

Intitulé du Texte Réglementaire	**Articles Correspondants**	**Rôle de l'Entreprise d'Exécution**
Loi 2020-348 du 19 Mars 2020 modifiant la loi 2016-886 du 08/11/2016 portant Constitution de la République de Côte d'Ivoire	Art. 27 : Droit à un environnement sain reconnu à tous. Art. 40 : Protection de l'environnement, devoir de chaque personne physique et morale.	Respecter le droit à l'environnement sain des riverains tout au long du projet. Mettre en œuvre les mesures environnementales préventives. Garantir l'accès aux soins pour les travailleurs du chantier.

Intitulé du Texte Réglementaire	Articles Correspondants	Rôle de l'Entreprise d'Exécution
Loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 modifiée relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution	Art. 1 : Lutte contre la pollution des eaux et leur régénération pour satisfaire les besoins en eau potable, la santé publique, l'agriculture et l'industrie.	Prévenir toute pollution des eaux de surface et souterraines pendant les travaux. Installer des dispositifs de rétention et de confinement des eaux de chantier. Assurer la conformité des effluents traités aux normes de rejet.
Loi n° 99-477 du 2 août 1999 portant Code de Prévoyance Sociale (modifiée par Ord. n°2012-03 et Ord. n°17-107 du 15/02/2017)	Art. 1 : Prestations pour pallier les risques d'accidents du travail, maladies professionnelles et invalidité. Art. 66 : Est considéré accident du travail tout accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail.	Déclarer tous les travailleurs à la CNPS avant le démarrage des travaux. Souscrire une assurance accidents du travail et maladies professionnelles. Déclarer tout accident de travail dans les délais légaux réglementaires.

Intitulé du Texte Réglementaire	Articles Correspondants	Rôle de l'Entreprise d'Exécution
Loi n°2023-900 du 23 novembre 2023 portant Code de l'Environnement	Art. 2 : Protection des sols, faune, flore, prévention des pollutions et nuisances, amélioration du cadre de vie. Art. 39 : Tout projet susceptible d'impact doit faire l'objet d'une EIES préalable et d'un suivi. Art. 75 : Interdiction des déversements et rejets polluants dans les eaux et l'air.	Mettre en œuvre toutes les mesures d'atténuation identifiées dans le PGES. S'abstenir de tout rejet non autorisé dans les milieux naturels.
Loi n° 98-755 du 23 décembre 1998 portant Code de l'Eau	Art. 41 : Le déversement dans le réseau public ne doit nuire ni à sa gestion ni aux ouvrages. Art. 48 : Interdiction des déversements susceptibles d'accroître la pollution des ressources en eau. Art. 49 : Tout rejet d'eaux usées doit respecter les normes en vigueur. Art. 51 : Interdiction de déverser des matières toxiques dans les eaux naturelles et leurs abords.	Respecter strictement les normes de rejet en phase exploitation. Mettre en place un suivi analytique régulier des effluents traités.

Intitulé du Texte Réglementaire	Articles Correspondants	Rôle de l'Entreprise d'Exécution
Loi n° 2015-532 du 20 Juillet 2015 portant Code du Travail	Titre IV, Ch. 1, 2 et 3 (Hygiène, Sécurité, Santé au travail). Art. 42.1 : Obligation de créer un comité d'hygiène et sécurité pour tout établissement de plus de 50 salariés.	Mettre en place le Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT). Fournir des EPI adaptés à tous les travailleurs exposés aux risques. Afficher le règlement intérieur HSE sur le chantier et former le personnel.
Décret n° 2012-1047 du 24 octobre 2012 fixant les modalités d'application du principe pollueur-payeur	Art. 3 : Le pollueur supporte les dépenses de prévention, de réduction, de lutte contre les pollutions et de remise en état. Art. 7 : Applicable aux impacts des projets dans le cadre des recommandations EIES, audits et inspections.	Budgétiser et financer intégralement les mesures d'atténuation environnementale. Prendre en charge la réhabilitation de tout milieu dégradé par les activités de chantier. Constituer une provision financière pour les risques

Intitulé du Texte Réglementaire	Articles Correspondants	Rôle de l'Entreprise d'Exécution
		environnementaux résiduels.
Décret n° 2013-507 du 25 juillet 2013 portant détermination de la périodicité de l'inventaire des ressources en eau et des ouvrages hydrauliques	Art. 1 : Inventaire des ressources en eau et des aménagements hydrauliques. Art. 2 : Inventaire réalisé tous les 3 ans.	Fournir à l'autorité compétente les données techniques de la STEP lors de chaque inventaire. Tenir à jour un registre des volumes d'eau traitée et des performances de l'installation. Faciliter l'accès aux installations pour les inspections périodiques.
Arrêté N°01164/MINEF/CIAPOL/SDIIC du 04 Novembre 2008 relatif à la réglementation des rejets et émissions des installations classées	Art. 3 : Valeurs limites d'émission fixées dans l'arrêté d'autorisation (débit, flux, concentrations polluants). Art. 6 : Épandage des eaux et des boues encadrées. Art. 9 : Dispositions générales sur le bruit et les vibrations.	Respecter strictement les valeurs limites d'émission fixées dans l'arrêté d'autorisation. Mettre en place un programme de surveillance analytique des rejets

Intitulé du Texte Réglementaire	Articles Correspondants	Rôle de l'Entreprise d'Exécution
	Art. 10 : Surveillance obligatoire des rejets et émissions.	liquides, gazeux et du bruit. Transmettre trimestriellement les résultats de surveillance au CIAPOL. Encadrer réglementairement toute opération d'épandage des boues de la STEP.

VII.3 Description de l'état initial du site

Le site retenu pour l'implantation de la station d'épuration est situé dans la commune de Songon plus précisément sur le site, destiné à accueillir un important programme de logements sociaux. L'état initial du site se caractérise par les éléments suivants :

- Topographie et sol

Le relief est globalement plat avec une légère pente orientée vers le sud, facilitant naturellement l'écoulement gravitaire des eaux.

- Contexte Hydrologique

Le site se trouve à proximité de la lagune Ebrié.

- Couvert végétal et Biodiversité

La zone est majoritairement constituée d'une végétation de jachère arbustives. La biodiversité aquatique de la lagune demeure pratiquement riche et vulnérable.

- Occupation Humaine

Le site est en pleine mutation, initialement agricole, il est désormais intégré dans la zone d'aménagement urbain. Le voisinage immédiat est composé de chantiers de construction et de premières habitations rendant la gestion des futures nuisances (odeurs, bruit) prioritaire.



Figure 14: Occupation du Site

VII.4 Phases du projet

VII.4.1 Phase de préparation

C'est la phase intellectuelle et logistique qui garantit la viabilité du projet.

- Etude d'exécution : Validation des notes de calcul hydraulique et de béton armé. Réalisation des plans de coffrage et de ferraillage
- Installations de chantier : Clôture du site, raccordement provisoire à l'eau et à l'électricité, installation de la base vie.
- Sondages complémentaires : vérification de la portance du sol pour s'assurer que les bassins (très lourds une fois plein ne s'affaissent pas.

VII.4.2 Phase de construction

C'est la phase la plus impressionnante, où le projet sort de terre.

- Terrassement : Fouilles de masse pour enterrer partiellement les bassins.

- Génie Civil : Coulage du béton armé pour le bassin d'aération et le clarificateur. Cette étape nécessite un coffrage de haute précision pour garantir l'étanchéité.
- Montage Electromécanique : pose des 500 diffuseurs d'air, installation des surpresseurs du pont racleur et des pompes de recirculation.
- Electricité et automatisme : Câblage des armoires et mise en place du système SCADA pour le pilotage à distance.

VII.4.3 Phase d'exploitation et d'entretien

Une fois les travaux finis, la station commence à fonctionner.

- Mise en eau et Tests : Vérification de l'étanchéité et du bon fonctionnement des moteurs.
- Ensemencement : Introduction des boues activées (bactéries) dans le bassin d'aération pour démarrer le processus biologique.
- Pilotage du process : suivi du quotidien des paramètres (O_2 dissous, PH, température) pour maintenir les bactéries en vie et traiter les 5 737 m^3/j.
- Extraction des boues : Gestion du surplus de bactéries via l'unité de déshydratation.
- Maintenance préventive : Vidange des huiles des surpresseurs, vérification de l'usure des racleurs du clarificateur et nettoyage des dégrilleurs.
- Maintenance Curative : Remplacement des membranes des diffuseurs d'air (tous les 5 à 7 ans) ou des pompes en cas de panne.
- Suivi analytique : Prélèvements réguliers en entrée et sortie pour garantir que l'eau rejetée dans la lagune respecte les normes environnementales.

VII.5 Impact positif

VII.5.1 En phase d'aménagement et de construction

Les impacts positifs du projet en cette phase portent essentiellement sur le milieu humain et ont une portée locale, régionale et nationale. Trois principaux impacts positifs sont observés :

- Opportunités d'affaires pour des opérateurs économiques

Les activités d'aménagement et de construction requièrent de la sous-traitance avec des entreprises du secteur du Bâtiment des Travaux Publics (BTP). Les entreprises locales seront

prioritaires pour l'adjudication des travaux. Ainsi, le projet de construction de la STEP constitue une opportunité d'affaire pour ces structures.

En outre, l'achat des matériaux de construction constitue une opportunité d'affaire pour des commerçants locaux.

- Opportunités d'emplois

Les travaux de génie civil, de maçonnerie nécessiteront un besoin en personnel. Des jeunes sans-emplois et sans qualification ou des techniciens du bâtiment de la sous-préfecture de Songon seront sollicités pour ces travaux.

En parallèle, il pourra se développer aux alentours du site, un ensemble de petits commerces induit par la présence de travailleurs sur le site.

Ce projet sera donc source de création d'emplois temporaire en phase de construction.

- Paiement de taxes

L'obtention du site nécessite le paiement de frais d'acquisition. Ce projet constituera par conséquent une source d'entrée de devises.

VII.5.2 En phase d'exploitation

Les impacts positifs associés à l'exploitation de la station de traitement des eaux usées portent essentiellement sur le milieu humain ou socio-économique. On observera donc comme impacts positifs en phase d'exploitation :

Amélioration du revenu financier des maraîchers Les boues séchées serviront d'humus pour l'enrichissement des terres à cultiver, permettant ainsi d'améliorer les récoltes. Les récoltes étant améliorées, les maraîchers auront un meilleur revenu financier.

VII.6 Impacts négatifs

VII.6.1 En phase d'aménagement et de construction

- ❖ Impacts sur le sol

Pour les travaux de construction, le sol devra être remblayé, puis excavé à certains endroits du site pour la pose des semelles de fondation des installations. Ces travaux seront à l'origine de la modification de la structure du sol, de la perturbation du système de drainage naturel des eaux.

❖ Impacts sur la qualité de l'air

Les impacts sur la qualité de l'air en phase de travaux concerneront essentiellement la pollution par les émissions de poussières lors des fouilles qui peuvent causer des troubles respiratoires légers ou salir les façades des logements voisins.

❖ Impacts sur les ressources en eau

Les eaux souterraines dans la zone du projet pourraient être polluées par les fuites accidentelles d'hydrocarbures des engins de construction utilisés sur le site. Impacts sur le milieu humain Les travaux d'aménagement et de construction requièrent l'utilisation d'engins lourds et de main-d'œuvre dont la majorité est non qualifiée. Cela augmente les risques de survenue des accidents professionnels pouvant entrainer des dommages corporels ou des pertes en vies humaines.

❖ Nuisances sonores

Les premiers impacts du projet pourraient être relatifs aux bruits provoqués par les engins. Ces bruits peuvent provoquer des troubles auditifs chez les travailleurs.

❖ Risques sécuritaires et Risques d'accidents

Les ouvrages (bâtiment, station d'épuration des eaux usées et autres installations spécifiques aux activités de la station) peuvent ne pas respecter les normes de qualité en BTP. Cela peut constituer des risques sécuritaires pendant la phase d'exploitation. La présence de fouilles profondes (jusqu'à 5m pour les bassins) présente un risque de chute pour les riverains ou les animaux si le chantier n'est pas correctement balisé.

VII.6.2 En phase d'exploitation et d'entretien

Lors de la phase d'exploitation, il y a lieu de retenir essentiellement les impacts en rapport avec les milieux sensibles tels que : l'eau, le sol, l'air et l'insertion paysagère.

❖ Qualité des ressources en eau

Les impacts négatifs ne seront ressentis que lors d'un dysfonctionnement, si le clarificateur déborde ou si les bactéries meurent, des eaux non traitées se déversent dans la lagune (risque d'eutrophisation). L'eau traitée peut être plus chaude que l'eau de la lagune, perturbant l'écosystème local.

❖ Nuisance Odorantes

Si l'aération est mal réglée ou si les boues restent trop longtemps sans être déshydratées, des odeurs (h_2s) peuvent se propager.

- ❖ Nuisances Sonores de surpresseurs

Les machines qui injectent l'air dans les 500 diffuseurs font un bruit continu. Sans isolation phonique dans le bâtiment technique, cela peut être une gêne nocturne.

- ❖ Risque de pollution accidentelle

En cas de coupure d'électricité prolongée (si le groupe électrogène tombe en panne), les bactéries meurent. L'eau rejetée dans la lagune ne sera plus traitée, provoquant une pollution grave.

- ❖ Impacts sur l'air

Le brassage dans le bassin d'aération peut projeter des gouttelettes chargées de micro-organismes. Production de Gaz à effet de serre à travers le dégagement de méthane (CH_4) ou de protoxyde d'azote (N_2O) si le processus est mal régulé.

- ❖ Risques d'intoxication : Lors du nettoyage des bassins ou de la manipulation des produits chimiques.

- ❖ Risque de foisonnement

Parfois, des bactéries filamenteuses se développent et empêche les boues de décanter dans le clarificateur. Ce qui vas impliquer l'échappement des boues avec l'eau traitée vers la lagune, créant une pollution majeure.

- ❖ Impacts techniques

Le milieu est très corrosif (H2S, humidité, chaleur). Les équipements métalliques, s'ils ne sont pas en inox de haute qualité, se dégradent en moins de 5 ans, générant des déchets métalliques.

- ❖ Risques liés à un personnel non qualifié

Le manque de compétence sur une technologie de boues activées engendre des conséquences graves : Mort de la biomasse si l'opérateur ne sait pas régler les surpresseurs en fonction de la charge polluante, une mauvaise manipulation de l'électricité et des produits chimiques sans une formation rigoureuse expose le personnel a des électrocutions ou des intoxications.

VII.7 Mesure d'atténuation

Afin de pallier les perturbations identifiées et de rationaliser l'empreinte environnementale du projet, un ensemble de mesure d'atténuation préventives et correctives est mis en œuvre. Ces actions ciblent prioritairement la préservation de la tranquillité des populations riveraines et la protection des récepteurs du milieu naturel.

- Limiter les travaux bruyants aux horaires légaux (7h – 18h) et imposer l'utilisation d'engins récents équipé de silencieux
- Arrosage régulier des pistes de circulation et des zones de terrassement par camion-citerne, surtout en saison sèche.
- Balisage strict du chantier, pose de clôtures autour des bassins et port obligatoire des EPI (casques, gilets, Chaussures).
- Aménagement d'une aire de maintenance étanche (dalle béton) pour les engins afin d'éviter l'infiltration d'huile ou de gasoil.
- Installation d'un système de traitement de l'air (biofiltre ou charbon actif) sur les ouvrages de prétraitement.
- Maintenir un taux d'oxygène suffisant (> 2 mg/l) dans le bassin d'aération pour éviter la fermentation anaérobie malodorante.
- Plantation d'une haie végétale dense tout autour de la station pour filtrer les odeurs et réduire la propagation des aérosols.
- Prélèvements journaliers en sortie en sortie de Clarificateur pour s'assurer que les normes (DCO, DBO5, MES) sont respectées avant rejet.
- Acheminement des boues déshydratées vers une filière de compostage ou une décharge contrôlée pour éviter le stockage sauvage sur le site.
- Formation spécifique du personnel a la manipulation des produits chimiques, a la manipulation du système SCADA et aux risques liés aux espaces confinés.

Tableau 27: Synthèse du plan de Gestion Environnemental Social (PGES)

Phase du projet	Zone concernée	Activités / Sources d'impact	Composante du milieu affectée	Nature de l'impact potentiel	Mesures d'atténuation	Indicateur de suivi	Coût (FCFA)
AMÉNAGEMENT ET CONSTRUCTION	Site du projet	Remblayage et excavation du sol	Sol	Modification de la structure du sol, risques d'érosion et fragilisation.	Réaliser une étude géotechnique avant travaux. Réduire les excavations au strict minimum. Réutiliser les déblais pour le remblayage.	Existence du rapport d'étude ; Taux de réutilisation des terres.	5 000 000
	Voies d'accès et site	Circulation des engins et terrassement	Air	Émissions de poussières et de gaz d'échappement (CO2, Nox).	Arrosage régulier des pistes et des zones de fouilles. Entretien préventif des moteurs des engins.	Fréquence d'arrosage ; État de propreté des abords.	5 000 000

	Zone de chantier	Vie de chantier et travaux	Humain	Nuisances sonores, risques d'accidents et maladies respiratoires.	Limitation des horaires de travail (7h-18h). Port obligatoire des EPI. Balisage et clôture des zones dangereuses.	Nombre d'accidents répertoriés ; Taux de port des EPI.	8 500 000
EXPLOITATION ET MAINTENANCE	Ouvrages de tête (Prétraitement)	Arrivée des eaux usées brutes	Air / Homme	Émanations d'odeurs (H_2S) et prolifération d'insectes.	Installation d'un système de biofiltration (charbon actif). Nettoyage quotidien des dégrilleurs.	Concentration en H_2S ; Absence de plaintes du voisinage.	85 000 000
	Bassins et Clarificateur	Processus biologique et pompage	Eau / Milieu Récepteur	Risque de rejet d'eau non traitée en lagune (eutrophisation).	Maintenance du groupe électrogène (800 kVA). Auto-surveillance journalière au laboratoire interne.	Conformité des rejets (DCO, DBO5, MES) ; Disponibilité de l'énergie.	45 000 000

	Zone de stockage des boues	Déshydratation (Presse à vis)	Sol / Air	Accumulation de boues fermentescibles et risque d'infiltration.	Évacuation régulière vers une filière de valorisation ou décharge. Aménagement d'un rideau végétal (haie vive).	Volume de boues évacuées ; Densité de la haie vive.	10 000 000
	Ensemble de la STEP	Gestion globale du site	Homme / Sécurité	Risques liés aux produits chimiques et aux gaz de process.	Formation continue du personnel. Installation de détecteurs de gaz et masques de protection.	Nombre de sessions de formation ; État du matériel de détection.	21 000 000
TOTAL ESTIMÉ DU PGES							179 500 000

VIII. Estimation du coût de la réalisation des ouvrages

La viabilité globale d'un projet d'infrastructure à fort impact environnemental, tel qu'une Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP), ne se limite pas à la validation de ses performances épuratoires et hydrauliques. Elle requiert également la démonstration de sa soutenabilité et de sa rationalité économique.

L'analyse financière développée dans cette section poursuit un double objectif réglementaire et opérationnel :

La quantification des dépenses d'investissement (CAPEX) : Il s'agit d'estimer avec précision l'enveloppe budgétaire requise pour la construction, le génie civil et l'équipement de l'ensemble des ouvrages constitutifs de la filière.

L'évaluation des charges récurrentes d'exploitation (OPEX) : Cette composante intègre les coûts prévisionnels liés à la maintenance, à la consommation énergétique et à la gestion opérationnelle de la station en phase d'exploitation.

Cette évaluation budgétaire a été établie sur la base de l'avant-métré des ouvrages, combiné à la mercuriale officielle des prix actuellement en vigueur sur le marché du BTP en Côte d'Ivoire.

L'estimation globale du coût du projet vous sera présentée en annexe.

L'évaluation global des dépenses d'investissement requises pour la réalisation des infrastructures et l'acquisition des équipements est synthétisée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 28: Tableau récapitulatif de l'estimation du projet

SECTION	DÉSIGNATION	MONTANT (FCFA)
UNITÉ 1	TRAVAUX PRÉLIMINAIRES ET TERRASSEMENTS	555 012 000,00
UNITE 2	OUVRAGES DE PRETRAITEMENT	300 000 000,00
UNITÉ 3	OUVRAGES DE TRAITEMENT	2 404 803 440,70
UNITÉ 4	EQUIPEMENT	2 250 102 557,00
TOTAL HT	TOTAL GÉNÉRAL HORS TAXES	5 509 917 997,70
TVA	TAXE SUR LA VALEUR AJOUTÉE (18%)	991 785 239,59
TOTAL TTC	TOTAL GÉNÉRAL T.T.C	6 501 703 237,29

L'estimation financière montre que le projet est économiquement viable.

- Investissement : L'utilisation de technologies intensives (boues activées) permet de réduire l'emprise foncière. À Songon, où le terrain a une forte valeur immobilière pour les logements sociaux, économiser plusieurs hectares (par rapport à un lagunage) représente un gain financier indirect colossal.
- Exploitation : Bien que les boues activées consomment de l'énergie, le dimensionnement rigoureux (débit de 5 737 m³/j) évite le gaspillage électrique. De plus, l'automatisation prévue réduit les coûts de main-d'œuvre et les risques d'erreurs humaines coûteuses.

- Durabilité des matériaux : L'investissement dans l'inox 316L et le béton PM-ES, bien que coûteux au départ, garantit une durée de vie de plus de 30 ans, évitant des travaux de réhabilitation précoces qui ruineraient la viabilité du projet.

CONCLUSION

Le présent projet de fin d'études a été consacré à la conception et au dimensionnement technique de la station d'épuration (STEP) des eaux usées de Songon Kassemblé, s'inscrivant au cœur d'une démarche de développement urbain durable et de protection de la santé publique face à L'urbanisation accélérée du district d'Abidjan. L'objectif principal de ce travail consistait à apporter une réponse ingénieriale robuste aux défis d'assainissement posés par l'essor des logements sociaux dans cette zone.

Sur le plan technique, les investigations et les calculs de dimensionnement ont conduit au choix d'une filière de traitement par boues activées à faible charge, calibrée pour une capacité nominale de *102 446 EH* (Équivalent-Habitant). Les simulations et les critères de conception retenus démontrent une efficacité épuratoire élevée, avec des taux d'abattement supérieurs à *90%* pour la Demande Biochimique en Oxygène (*DBO5*) et la Demande Chimique en Oxygène (*DCO*). Ces performances garantissent un effluent final rigoureusement conforme aux normes environnementales et de rejet en vigueur en République de Côte d'Ivoire. De surcroît, la pérennité structurelle et l'optimisation énergétique de l'infrastructure ont été sécurisées par la prescription de matériaux à haute durabilité, notamment le béton PM-ES (Prises en Milieux Agressifs et Eaux Séléniteuses) et l'acier inoxydable 316L, associés à un système d'aération par diffuseurs à fines bulles.

Sur le plan environnemental et socio-économique, l'analyse d'impact et l'évaluation financière confirment la viabilité et la pertinence du projet. Au-delà de sa conformité réglementaire, la STEP de Songon Kassemblé s'impose comme une barrière écologique indispensable contre la dégradation de la lagune Ébrié. En neutralisant la charge polluante en amont, l'ouvrage prévient activement les phénomènes d'eutrophisation du milieu récepteur, préservant ainsi durablement la biodiversité aquatique, les ressources hydriques et le cadre de vie des populations riveraines.

En somme, ce travail d'ingénierie a permis de concilier les exigences théoriques de la mécanique des fluides et des biotechnologies environnementales avec les contraintes opérationnelles du terrain. Il réaffirme que la mise en place d'infrastructures d'assainissement fiables constitue le socle fondamental et non négociable de l'émergence des villes durables africaines.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Afin d'optimiser l'exploitation de la STEP, d'anticiper les risques sanitaires et d'assurer une gestion résiliente de l'infrastructure, les recommandations suivantes sont formulées :

Intégration d'un système de désinfection de l'effluent traité : Bien que le procédé à boues activées garantisse une réduction majeure de la charge carbonée et suspendue, l'abattement des germes pathogènes (coliformes fécaux, streptocoques) reste insuffisant pour un rejet direct sans risque en zone périurbaine ou pour une éventuelle réutilisation. Il est fortement recommandé d'implanter en aval du clarificateur final une unité de désinfection, de préférence par irradiation ultraviolette (UV) pour éviter la formation de sous-produits de chloration toxiques, ou par chloration contrôlée (injection d'hypochlorite de sodium avec bassin de contact) si les contraintes technico-économiques locales l'imposent. Cela sécurisera le milieu récepteur vis-à-vis des risques épidémiologiques.

Mise en place d'un programme de suivi et de monitoring régulier cela pourrait se faire par sous traitance avec un laboratoire grée.

Plan de maintenance préventive des équipements électromécaniques : Établir un calendrier rigoureux de maintenance des surpresseurs, des agitateurs et des pompes de recirculation afin de prévenir les pannes susceptibles d'asphyxier la biomasse épuratoire.

Valorisation agronomique des boues issues des lits de séchage : Initier une étude de faisabilité pour le compostage des boues stabilisées extraites du procédé, en vue de leur valorisation comme amendement organique pour les filières agricoles locales, transformant ainsi un déchet en ressource dans une logique d'économie circulaire.

BIBLIOGRAPHIE

- **Abdelkader GAÏD. (1993),** Traitement des eaux usées urbaines. Mise à jour du document de J. SIBONY et B. BIGOT paru en 1993.
- **Agence de l'eau Seine-Normandie sur le traitement des eaux usées, (2023).** Système de traitement par boues activées. Pdf. p12
- **Amina Sarah DIAGOLA. (2019)** « Etude de faisabilité de la mise en place d'une station d'épuration pour la gestion des eaux usées de la baie de Cocody ». Mémoire de fin d'étude master soutenu publique le 23-01-2019. pdf. p19
- **Asma HAMIMED et IDDER Wahiba. (2018),** Étude des performances épuratoires de la STEP d'Oued Zine, Mémoire Master soutenu publiquement le 18/06/2018. p108
- **Climate data. (2023),** « Climat Abidjan: Température de l'eau à, Température moyenne Abidjan, Pluviométrie, diagramme ombrothermique pour Abidjan». https://fr.climate-data.org/afrique/cote-d-ivoire/abidjan/abidjan-5755/
- **COULIBALY, A., KASSI Kadjo, J.C. and ALOKO N'GUESSAN, J. (2022),** Etat de l'environnement des zones industrielles dans le district d'Abidjan : cas de la zone industrielle de Koumassi (CÔTE D'IVOIRE). Revue Internationale du Chercheur. 3, 2 (Jun. 2022)
- **Dongo, Koffi René et al. (2013),** Impacts des effluents liquides industriels sur l'environnement urbain d'Abidjan-Côte D'Ivoire. International Journal of Biological and Chemical Sciences 7(1) : 404-420.
- **Degrémont (Suez).** (**2005**). **Mémento technique de l'eau** (11ème éd., Vol. 1 & 2). Lavoisier. (La source principale pour vos calculs de prétraitement et de clarification).
- **Metcalf & Eddy, Inc. (2014). Wastewater Engineering**: Treatment and Resource **Recovery (5ème éd.). McGraw-Hill Education**. (Référence mondiale pour les cinétiques biologiques des boues activées).
- **Valiron, F. (1994**). Gestion des eaux : Assainissement des agglomérations. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.
- Rapport National d'Évaluation du GEF au Bénin (2020)

- **ATV-DVWK-A 131. (2000**). Dimensionnement des stations d'épuration à boues activées monostades. Association Allemande pour l'Eau, les Eaux Usées et les Déchets. (Source de vos formules sur l'âge des boues et la charge massique).

- **Norme Ivoirienne (CIAPOL**). Réglementation sur les rejets d'effluents liquides dans le milieu récepteur en Côte d'Ivoire. (Indispensable pour justifier vos objectifs de traitement avant rejet en lagune).
- **EPA** (Environmental Protection Agency). (2011). Process Design Manual: Land Application of Municipal Sludge. (Pour la partie gestion des boues et lits de séchage).
- **ONAD** (Office National de l'Assainissement et du Drainage). Schéma Directeur d'Assainissement du District d'Abidjan (Horizon 2030).
- Juana, J. S., & Al-Zu'bi, M. (2020). Multi-Criteria Decision Analysis for Wastewater Treatment Plant Selection. Water Resources Management, 34, 4125–4140
- **INS** (Institut National de la Statistique). (2021). Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH 2021) : Résultats définitifs pour la zone de Songon. (Source de vos données de population EH).
- **OIEau (Office International de l'Eau**). Guide technique sur le prétraitement des eaux usées urbaines.
- **Ministère de l'Hydraulique, de l'Assainissement et de la Salubrité (MINHAS)** : https://www.assainissement.gouv.ci. (Consulté pour les politiques sectorielles d'assainissement).
- **Office National de l'Assainissement et du Drainage (ONAD)** : https://www.onad.ci. (Données sur les projets de STEP dans le District d'Abidjan et normes de rejet).
- **Agence Nationale de l'Environnement (ANDE)** : http://www.ande.ci. (Cadre réglementaire des Études d'Impact Environnemental et Social - EIES).
- **Portail Officiel du Gouvernement de Côte d'Ivoire** : Communiqués sur le projet des logements sociaux de Songon Kassemblé
- **(Rapport officiel de l'ONAD (Gouv.ci))** bilans officiels consolidés pour la période allant de 2021 à 2024
- **(Loi n° 2025-527 portant Code de l'Assainissement (ONAD))**
- **Emersan compendium,2020**)
- **Priyanka Khaire 13 février 2026 les eaux usées**
- **Guide SANDEC / Eawag (Institut Fédéral Suisse des sciences et technologies de l'Eau), Chapitre 7** : Unplanted Sludge Drying Beds (Spécifications géometriques et contraintes d'exploitation manuelle**).**

Annexes

Annexe 1 : Estimation du coût des ouvrages.....88
Annexe 2 : Plan de situation de refoulement.....89

Annexe 1 : Estimation du coût des ouvrages

Tableau : Estimation du coût des ouvrages

UNITE 1 :TRAVAUX PRÉLIMINAIRES ET TERRASSEMENTS					
N°	**Désignation des Postes**	**Unité**	**Quantité**	**P.U (FCFA)**	**Montant Total (FCFA)**
100,00	**INSTALLATION ET ÉTUDES**				480 000 000,00
101,00	Installation de chantier, base vie et repli	Ens	1,00	330 000 000,00	330 000 000,00
102,00	Études d'exécution et plans de ferraillage	Ens	1,00	150 000 000,00	150 000 000,00
200,00	**TERRASSEMENTS ET AMÉNAGEMENTS**				75 012 000,00
201,00	Fouilles en masse et évacuation des déblais	m³	15 000	5 000,00	75 000 000,00
202,00	Remblais techniques compactés sous ouvrages	m³	1,00	12 000,00	12 000,00
UNITE 2 :GÉNIE CIVIL OUVRAGES DE PRETRAITEMENT					
N°	**Désignation des Postes**	**Unité**	**Quantité**	**P.U (FCFA)**	**Montant Total (FCFA)**
300,00	**GC ET INFRASTRUCTURES**				150 000 000,00

301,00	Beton armé Q350 pour canaux et fosses	m³	385,00	350 000,00	134 750 000,00
302,00	Socles Béton et ancrages machines	Ens	1,00	15 250 000,00	15 250 000,00
400,00	**DEGRILLAGE AUTOMATIQUE**				150 000 000,00
401,00	Dégrilleur automatique inox 316L (6mm)	u	2,00	60 000 000,00	120 000 000,00
402,00	Vis de compactage et convoyeur de refus	u	1,00	30 000 000,00	30 000 000,00
UNITE 3 :OUVRAGES DE TRAITEMENT					
N°	**Désignation de l'Ouvrage**	**Unité**	**Quantité**	**P.U (FCFA)**	**Montant Total (FCFA)**
700,00	**BASSIN D'AÉRATION**				1 549 499 998,00
703,00	Beton Résistant a l'agressivité PM-ES	m³	1 250,00	150 000,00	187 500 000,00
704,00	Acier Haute Adhérence	kg	520 000,00	800,00	416 000 000,00
705,00	coffrage soigné	Ens	1,00	125 000 000,00	125 000 000,00
706,00	Diffuseurs fines bulles	Unité	380,00	450 000,00	171 000 000,00
707,00	Surpresseur d'air	Unité	3,00	216 666 666,00	649 999 998,00
800,00	**CLARIFICATEUR**				574 999 960,00
801,00	Génie civil (Structure Circulaire)				160 000 000,00
802,00	Terrassement et fouilles en puits	m³	1 200,00	15 000,00	18 000 000,00
803,00	Beton Résistant a l'agressivité PM-ES(Radier conique et voiles)	m³	820,00	150 000,00	123 000 000,00

804,00	Etancheité et Cuvelage interieur	m²	950,00	20 000,00	19 000 000,00
805,00	EQUIPEMENT DE RACLAGE				280 000 000,00
806,00	Pont racleur rotatif complet(inox316L)	u	1,00	245 000 000,00	245 000 000,00
807,00	Groupe motoréducteur et armoire locale	Ens	1,00	35 000 000,00	35 000 000,00
808,00	GOULOTTES ET DEVERSOIRS				44 999 960,00
809,00	Lame de Thompson (Dent de scie) inox	ml	115,00	250 000,00	28 750 000,00
810,00	Cloisons siphoides et supports	ml	115,00	141 304,00	16 249 960,00
811,00	POMPAGE DE RECIRCULATION DES BOUES				90 000 000,00
812,00	Pompes submersibles de recirculation (RS)	u	3,00	30 000 000,00	90 000 000,00
900,00	**ZONE DE CONTACT**				61 250 000,70
901,00	GENIE CIVIL (BASSIN A CHICANES)				61 250 000,70
902,00	Béton Armé Q350 (canaux et chicanes)	m³	175,00	350 000,00	61 250 000,00
903,00	Béton de propreté renforcée	m³	0,00	70 000,00	0,70
904,00	**Equipement du regard de Degazage**				29 018 482,00
905,00	Fourniture et pose agitateur				17 018 482,00
906,00	Fourniture et pose de racle des flottants vers la bâche à flottant	u	2,00	3 263 656,00	6 527 312,00

908,00	Fourniture et pose trémie à 45° d'évacuation des flottants raclés vers la bâche	u	2,00	5 245 585,00	10 491 170,00
910,00	EQUIPEMENT DE SECURITE ET ACCES				12 000 000,00
911,00	Garde corps et caillebotis en inox 316L	ml	45,00	180 000,00	8 100 000,00
912,00	Douche de securité et rince-œil (obligatoire)	u	1,00	3 900 000,00	3 900 000,00
913,00	**LITS DE SECHAGES(24lits)**				190 035 000,00
914,00	Terrassement et fouilles en puits				5 775 000,00
915,00	Decapage de la terre et fouilles	m3	1 650,00	3 500,00	5 775 000,00
916,00	Genie civil beton				143 775 000,00
917,00	béton de propreté dosé a 150kg/m3(sous radiers et murs	m3	110,00	75 000,00	8 250 000,00
918,00	Beton arm" pour radier de fondation(ep15cm)et caniveaux dosé a 350kq/m3	m3	320,00	220 000,00	70 400 000,00
919,00	Beton armé pour murs de soutènementet separatif dosé a 350jg/m3	m3	245,00	240 000,00	58 800 000,00
920,00	Enduit etanche	m2	1 150,00	5 500,00	6 325 000,00
921,00	massif filtrant				17 680 000,00
922,00	fourniture et mise en œuvre du sable	m3	520,00	25 000,00	13 000 000,00
923,00	fourniture et mise en sable fin lavé	m3	260,00	18 000,00	4 680 000,00

924,00	Hydraulique equipement				22 805 000,00
925,00	Reseau de drains perforés en pvc(d 100mm)	ml	410,00	8 500,00	3 485 000,00
926,00	tuyauterie alimentation en boue	Ens	24,00	120 000,00	2 880 000,00
927,00	garde-corps de sécurité	ml	580,00	18 000,00	10 440 000,00
928,00	rampes d'accèet escalier en béton	Ens	24,00	250 000,00	6 000 000,00
UNITE 4 : EQUIPEMENT					
N°	**Désignation des Postes**	**Unité**	**Quantité**	**P.U (FCFA)**	**Montant Total (FCFA)**
930,00	MESURE ET COMPTAGE (VENTURI)				25 000 000,00
931,00	Canal Venturi préfabriqué (composite)	u	1,00	18 000 000,00	18 000 000,00
932,00	Debimètre a ultrasons avec transmetteur	u	1,00	7 000 000,00	7 000 000,00
1 000,00	**ENERGIE ELECTRICITE**				620 001 003,00
1 001,00	RACCORDEMENT ET DISTRIBUTION HTA/BT				145 001 003,00
1 002,00	Poste de transformation cabine préfabriquée	u	1,00	145 000 000,00	145 000 000,00
1 003,00	Extension réseau CIE et cellules de protection	Ens	1,00	1 003,00	1 003,00
1 004,00	SECURITE ET SECOURS ELECTRIQUE				50 000 000,00
1 005,00	Groupe Electrogène 800 KVA(insonorisé)	u	1,00	42 000 000,00	42 000 000,00

1 006,00	Inverseur de source automatique (Normal/Secours)	u	1,00	8 000 000,00	8 000 000,00
1 007,00	COMMANDE ET VARIATION DE VITESSE (VFD)				300 000 000,00
1 008,00	Armoires TGBT et coffrets divisionnaires	Ens	1,00	120 000 000,00	120 000 000,00
1 009,00	Variateurs de frequence (VFD) fortes puissances	u	12,00	15 000 000,00	180 000 000,00
1 010,00	ECLAIRAGE ET SERVICES GENERAUX				125 000 000,00
1 011,00	Mats d'éclairage LED autonomes (Solaire/secteur)	u	50,00	1 500 000,00	75 000 000,00
1 012,00	Réseaux de cablage et terre (protection foudre)	Ens	1,00	50 000 000,00	50 000 000,00
2 000,00	**ALIMENTATION EN EAU**				200 000 004,00
2 001,00	RACCORDEMENT EN AEP (SODECI)				45 000 000,00
2 002,00	Branchement au reseau et compteur industriel	Ens	1,00	15 000 000,00	15 000 000,00
2 003,00	Conduite d'amenée d'eau potable (Fonte/PEHD)	ml	600,00	50 000,00	30 000 000,00
2 004,00	STOCKAGE ET RESERVE D'INCENDIE				65 000 000,00
2 005,00	Bache de stokage en béton armé Q350 (100m³)	m³	100,00	450 000,00	45 000 000,00
2 006,00	Equipements de bache (Trop-plein,Vidange,trappe)	Ens	1,00	20 000 000,00	20 000 000,00
2 007,00	SURPRESSION ET L'EAU DE SERVICE				35 000 000,00
2 008,00	Groupe de surpression (2pompes + ballon)	u	1,00	28 000 000,00	28 000 000,00

2 009,00	Filtration et traitement de l'eau de service	Ens	1,00	7 000 000,00	7 000 000,00
2 010,00	RESEAU DE LAVAGE ET ARROSAGE				55 000 004,00
2 011,00	Reseau de distribution intérieur (PEHD PN16)	ml	850,00	35 000,00	29 750 000,00
2 012,00	Bornes de lavage et bouche d'arrosage	u	18,00	1 402 778,00	25 250 004,00
3 000,00	**AMENAGEMENTS DE SURFACE ET VOIRIES**				700 100 000,00
3 001,00	CHAUSSEES ET VOIES DE CIRCULATION				605 100 000,00
3 002,00	Chaussée lourde intérieur (grave bitume/béton)	m²	7 780,00	45 000,00	350 100 000,00
3 003,00	voie d'accès extérieure (liaison réseau urbain)	ml	1 200,00	150 000,00	180 000 000,00
3 004,00	Pavés autobloquants (epaisseur 6cm)	m²	3 750,00	12 000,00	45 000 000,00
3 005,00	Bordures de type T2 et caniveaux de bordure	ml	2 500,00	12 000,00	30 000 000,00
3 006,00	ASSAINISSEMENT PLUVIAL DU SITE				95 000 000,00
3 007,00	Caniveaux a fentes et regards de collecte	ml	1 180,00	55 000,00	64 900 000,00
3 008,00	Exutoire et ouvrage de décharge vers lagune	Ens	1,00	30 100 000,00	30 100 000,00
4 000,00	**TUYAUTERIE ET ROBINETTERIE**				705 001 550,00
4 001,00	CANALISATION ENTERREES(inter-ouvrages)				185 001 600,00
4 002,00	Tubes PEHD PN16 (Diamètre variables DN110 a DN500)	ml	3 200,00	45 000,00	144 000 000,00

4 003,00	Terrassement en tranchée,lit de pose et remblai	ml	3 200,00	12 813,00	41 001 600,00
4 004,00	TUYAUTERIE AERIENNE ET PROCESS (inox 316L)				275 000 000,00
4 003,00	Tuyauterie inox 316L (réseau air et refoulement boues)	kg	18 500,00	12 000,00	222 000 000,00
4 004,00	Soudure Sous argon et décapage/passivation	Ens	1,00	53 000 000,00	53 000 000,00
4 005,00	ROBINETTERIE ET ORGANES DE SECTIONNEMENT				145 000 000,00
4 006,00	Vannes a opercule et vannes murales (Inox/fonte)	u	45,00	2 500 000,00	112 500 000,00
4 007,00	Clapets anti-retour et ventouses automatiques	u	25,00	1 300 000,00	32 500 000,00
4 008,00	SUPPORTS,FIXATIONS ET PIECES SPECIALES				89 999 950,00
4 009,00	Chandelles,coliers et berceaux de supportage	u	150,00	233 333,00	34 999 950,00
4 010,00	Joints de démontage,coudes tés et réductions	Ens	1,00	55 000 000,00	55 000 000,00
4 011,00	ESSAIS ET CONTROLES TECHNIQUES				10 000 000,00
4 012,00	Epreuves hydrauliques et tests d'etancheité réseau	Ens	1,00	10 000 000,00	10 000 000,00

Annexe 2 : Plan de situation de refoulement

