



Département des Sciences de la Terre

Licence des Sciences et Techniques

Eau & Environnement

Suivi de la mise en service de la STEP des abattoirs de Casablanca (Maroc)

Réalisé par Sous la supervision de

Mlle. Niar Najoua
Mlle. Mounnad Loubna

Yassir Naim
Ingénieur en génie civil à Lydec
Chef de département (maître de stage)

Khalid Elamari
Département des sciences de la terre,
FST Marrakech

Soutenu le 27 juin 2022 devant le Jury :

-Pr. Khalid Elamari, Encadrant interne, FST Marrakech
-Pr. Nadia Khamli, Examineur, FST Marrakech



AVANT-PROPOS

Le travail actuel s'inscrit dans le cadre du stage de fin d'étude, pour l'obtention du diplôme du 1er cycle universitaire (licence) de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech, Université Cadi Ayyad, filière Eau et Environnement.

Ce stage est d'une durée de 6 semaines (du 09 Mai au 18 Juin 2022). Il a été réalisé au sein de la STEP des abattoirs de Casablanca, sous l'encadrement de :

Monsieur Naim Yassir : Ingénieur en génie civil à Lydec

Monsieur Elamari Khalid : professeur de l'enseignement supérieur à la faculté des sciences et techniques de Marrakech, département des sciences de la terre.

REMERCIEMENTS

Dieu tout puissant, merci de nous avoir donné le courage, la force, la patience et la détermination d'accomplir ce modeste travail.

A nos chères familles nous vous remercions pour tous les sacrifices que vous faites et pour tout le soutien que vous nous avez offert tout au long de nos études.

Nous tenons à remercier monsieur NaimYassir, notre encadrant au sein de la Lydec, pour votre aide et vos précieux efforts.

A monsieur Khalid Elamari, nous vous remercions pour votre patience, votre disponibilité, et vos précieux conseils. Vos qualités professionnelles et humaines servent d'exemple. Veuillez accepter notre profonde gratitude et notre grand respect.

Nous tenons également à remercier **les membres du jury** qui ont accepté de juger notre travail, que nous avons l'honneur de vous présenter.

Liste des figures

Figure 1: Emplacement de la STEP par rapport aux abattoirs de Casablanca.....	11
Figure 2: Photo satellite de la STEP des abattoirs de Casablanca	12
Figure 3 :Circuit de traitement des eaux des abattoirs de Casablanca conçu pour l'ancienne STEP	12
Figure 4: Entrée des eaux usées.....	13
Figure 5: Dégrilleur de l'ancienne STEP des abattoirs [7].....	13
Figure 6: vis de convoyage existante [7]	14
Figure 7: Poste de relevage existant[7]	14
Figure 8: Tamis rotatifs existants[7].....	15
Figure 9: Cumules de production d'eau chaude[7]	15
Figure 10: Dégraisseur existant[7].....	16
Figure 11: Stockage des graisses existant[7]	16
Figure 12: Bassin tampon existant[7]	17
Figure 13: Flottateur existant [7].....	17
Figure 14: Bassin d'aération existant [7]	18
Figure 15: Clarificateur existant [7]	18
Figure 16: Vannes d'extraction des boues existantes[7]	19
Figure 17: La bache a boues existante[7].....	19
Figure 18: circuit du traitement de la nouvelle STEP des abattoirs de Casablanca	21
Figure 19: Dégrilleur fin	22
Figure 20: fonctionnement du tamis rotatif	
Figure 21: Les tamis rotatifs.....	23
Figure 22: Bassin tampon couvert	24
Figure 23: Système de pressurisation DAF.....	25
Figure 24: Bassin biologique.....	25
Figure 25: Poste de dégazage et clarificateur.....	26
Figure 26: Local traitement tertiaire	27
Figure 27: Réacteurs de désinfection par UV	28
Figure 28: Presse à vis de Déshydratation des boues	29
Figure 29: Réacteurs de désodorisation physico-chimique	29
Figure 30: Mesure manométrique de la DBO5 [4].....	35
Figure 31: Protocole de titrimétrie pour mesurer la DCO	36
Figure 32 : variation de [DCO] en entrée de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022.....	41
Figure 33 : variation de [DBO5] en entrée de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022.....	41
Figure 34 : variation de [MES] en entrée de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022.....	42

Figure 35: variation du débit à l'entrée de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022.....	43
Figure 36: variation de [DCO] en sortie de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022.....	43
Figure 37: variation de [DBO5] en sortie de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022.....	44
Figure 38: variation de [MES] en sortie de la STEP des abattoirs entre le 16 et 30Mai 2022.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif montre les différences entre état initial et actuel de la STEP des abattoirs de Casablanca :.....	30
Tableau 2. Paramètres mesurés et leurs fréquences - Filière eau.....	37
Tableau 3: Normes de rejets imposés par la loi marocaine [7].....	39
Tableau 4 : Valeurs contractuelles (APPEL D'OFFRES OUVERT AOO N° 523/2017)	39
Tableau 5 : Analyses des eaux brutes à l'entrée de la STEP (16 à 31 Mai 2022)	40
Tableau 6: Résultats des analyses de sortie (clarificateur), laboratoire externe (16 au 31 Mai).....	43
Tableau 7: Valeurs des charges polluantes et rendement de la STEP, laboratoire externe (13 au 31 Mai).....	45
Tableau 8: Résultats des analyses de la siccité des refus solides.....	46

Abréviations

STEP : station d'épuration des eaux usées.

Lydec : lyonnais des eaux de Casablanca.

DAF : la flottation à l'air dissous (dissolved air flotation).

U-V : ultra-violet.

DBO₅ : demande biologique en d'oxygène pendant cinq jours.

DCO : demande chimique en oxygène.

MES : matière en suspension

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	7
CHAPITRE 1: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	8
1.1 Eaux usées industrielles :.....	8
1.2 Eaux usées des abattoirs :.....	9
CHAPITRE 2 : PROCÉDÉ DU TRAITEMENT AU NIVEAU DE LA STATION D'ÉPURATION DES EAUX USÉES DES ABATTOIRS DE CASABLANCA	10
2.1 Présentation de la STEP	11
2.2 Situation géographique	11
2.3 Les filières de traitement existantes	12
2.4 Problématique et objectif de réhabilitation :	20
2.5 La situation actuelle de la station :.....	21
CHAPITRE 3 : SUIVI DE LA MISE EN SERVICE DE LA STEP DES ABATTOIRS DE CASABLANCA :MÉTHODOLOGIE ET CONTRÔLE QUALITÉ	32
3.1 Méthodologie :.....	33
3.1.1 Programme de la mise en service de la file boue :	33
3.1.2 Analyses et mesures	34
3.2 Contrôle de qualité.....	39
3.2.1 File eau :	39
3.2.2 File boues :	46
CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS	47

RÉSUMÉ

La station est construite en 2004, mais elle n'a jamais été fonctionnelle à cause de manque d'investissement. Les eaux usées des abattoirs ont été alors jeté directement dans le réseau d'assainissement sans aucun traitement. Avec l'augmentation de l'activité des abattoirs ce qui implique l'augmentation de la charge polluante des eaux usées des abattoirs et leurs déchets, le maître d'ouvrage a décidé de redémarrer la STEP des abattoirs.

La station d'épuration des eaux de l'abattoir actuelle comporte un dégrillage fin, un poste de relevage des eaux brutes et deux tamis rotatifs. Elle comprend aussi un bassin tampon, un flotateur, ainsi qu'un bassin d'aération. La clarification quant à elle, se fait dans un clarificateur circulaire. Un traitement tertiaire passe par une microfiltration et un poste de désinfection par UV s'avère indispensable afin de réduire au maximum les germes pathogènes non éliminés au cours du traitement biologique. Déshydratation des boues et désodorisation pour le traitement d'air.

Le suivi de la mise en marche de la STEP des abattoirs de Casablanca a montré que au début du suivi les valeurs de la DCO, DBO5 et MES ont dépassé les normes du rejet marocaines, mais après le réglage des paramétrages surtout au niveau du flotateur (réglage des doses du coagulant et du floculant) les concentrations des paramètres de pollution ont diminué jusqu'à l'atteinte des normes de rejet.

En fin de compte, en termes de dépollution la station donne un bon rendement > 95%.

INTRODUCTION GENERALE

La gestion des eaux usées est de plus en plus exigée sur le territoire marocain, étant donné que les rejets industriels représentent un poids pour l'environnement et une menace pour la santé publique [1].

La capacité nominale de l'abattoir municipal de la ville de Casablanca (Maroc) est de 2950 carcasses abattues par jour, les effluents de cet abattoir sont rejetés directement dans le réseau d'assainissement puis sont dirigés vers la station de prétraitement de Sidi Bernoussi de la ville.

Due à leur composition et leur charge polluante élevée, les eaux usées issues des abattoirs ne devraient pas être directement rejetées dans la nature, car sans traitement physico-chimique et biologique, elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers une station d'épuration afin de s'éliminer les polluants qu'elles contiennent et de produire une eau épurée qui répond aux normes admises de rejet [1].

Dans le cadre de ce stage, l'objectif est la réhabilitation de la station d'épuration de l'abattoir de Sidi Othmane à Casablanca dont l'état de dégradation dans lequel elle était ne lui permettait plus d'assurer ses fonctions.

Pour ce faire, notre travail a porté sur le suivi de la mise en service de cette station en combinant le suivi de la réhabilitation de la station (côté génie civil), le suivi de la mise en marche de la filière boues, et l'évaluation des performances et les rendements de la station à ce qui concerne la filière eau et boues en se basant sur des analyses faites après la mise en service des deux filières.

Le rapport de ce stage se compose de trois chapitres et une conclusion générale :

1 : Bibliographie

2 : Procédé de la station d'épuration des eaux usées des abattoirs de Casablanca

3 : Suivi de la mise en service de la STEP des abattoirs de Casablanca : Méthodologie et Contrôle qualité

4 : Conclusion générale et recommandations

CHAPITRE 1: REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Eaux usées industrielles :

Les eaux usées sont les rejets liquides qui ont subi un changement de leurs caractéristiques (physico-chimiques et biologiques). La composition de toutes les eaux usées est donc en évolution constante et très variable, ce qui explique la difficulté de trouver une définition unique du mot lui-même [2].

On distingue trois catégories des eaux usées : domestiques, industrielles et pluviales.

Les eaux usées industrielles correspondent aux rejets liquides à l'aval d'une utilisation autre que domestique. Elles causent une grande pollution, qu'elle soit physique ou chimique, à cause des différentes matières qu'elles contiennent. Il peut s'agir de :

- ✓ Pollution due aux matières en solution ou en suspension minérales,
- ✓ Pollution due aux matières organiques et graisses,
- ✓ Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques,
- ✓ Pollution due aux rejets toxiques ou organiques,

Elles subissent un prétraitement de la part des industries avant d'être rejetées dans le réseau de collecte [2].

1.2 Eaux usées des abattoirs :

Les effluents des abattoirs sont un exemple de rejets industriels qui possèdent des charges polluantes élevées. Ils sont constitués de sang, graisses, protéines, phosphores, résidus de produits de nettoyage et peuvent être parfois chargés en matières fécales ...etc.[3].

Les années s'écoulent et l'activité d'abattage augmente de plus en plus, la charge polluante commence rapidement dépassé le pouvoir auto-épuration du milieu récepteur. Ce déséquilibre provoqué des problèmes de santé comme le choléra, un appauvrissement de la flore et lafaune, déséquilibre de l'écosystème aquatique, d'où la nécessité d'insérer un processus spécifique et complet pour traiter ces rejets avant de les jeter dans le milieu récepteur [4].

Le processus d'épuration doit remplacer le travail de l'écosystème aquatique, c'est-à-dire traiter ces rejets par le même processus biologique du milieu récepteur. Ce processus primaire au fil des années a subi des améliorations et des changements afin de s'adapter à l'augmentation de la charge polluante et aux exigences environnementales [4].

Le processus d'épuration des effluents des abattoirs englobe 4 étapes principales à savoir : le prétraitement, le traitement primaire, secondaire et tertiaire (on peut s'arrêter à n'importe quelle étape selon le niveau de traitement exigé)[4].

Le traitement des eaux usées des abattoirs se fait par diverses méthodes physico-chimique et biologique :

-Parmi les procédés physico-chimiques, les unités de flottation à air dissous (DAF) et de coagulation-floculation sont largement utilisées pour l'élimination des solides totaux en suspension (MES), des colloïdes et des graisses des eaux usées des abattoirs,

-Parmi les systèmes biologiques on distingue des systèmes aérobies et anaérobies, et des systèmes hybrides. Les procédés de traitement aérobie sont connus par leur forte consommation d'énergie nécessaire à l'aération et la forte production de boues,

Même si les procédés biologiques sont efficaces et économiques, ils nécessitent un long temps de rétention hydraulique et de grands volumes de réacteur, une concentration élevée en biomasse et un contrôle de la perte de boues, pour éviter le lessivage des boues [4].

CHAPITRE 2 :

**PROCÉDÉ DU TRAITEMENT AU
NIVEAU DE LA STATION
D'ÉPURATION DES EAUX
USÉES DES ABATTOIRS DE
CASABLANCA**

Ce chapitre est dédié à la présentation de la STEP des abattoirs, la problématique de réhabilitation et une comparaison entre l'état initial et actuel de la STEP des abattoirs de Casablanca.

2.1 Présentation de la STEP

La station d'épuration des eaux usées des abattoirs de Casablanca, de type boues activées, est destinée à purifier et dépolluer les eaux usées avant de les rejeter dans la nature.

Elle a été construite sur une superficie globale de 3228.22 m² le 23/10/2004 pour une capacité de traitement de 46500 équivalent-habitant, soit le traitement d'environ 1198 m³ d'eaux usées par jour.

2.2 Situation géographique

Casablanca est une ville située au centre-ouest du Maroc, elle est située sur la côte atlantique, à environ 80 km au sud de Rabat. Elle est localisée sur la plaine de la Chaouia. La station d'épuration (figures 1 et 2) est située en aval des abattoirs de Casablanca, siseau 10 avenue du 10 mars 1982 à Sidi Othman. L'accès au site se fait par cette avenue.

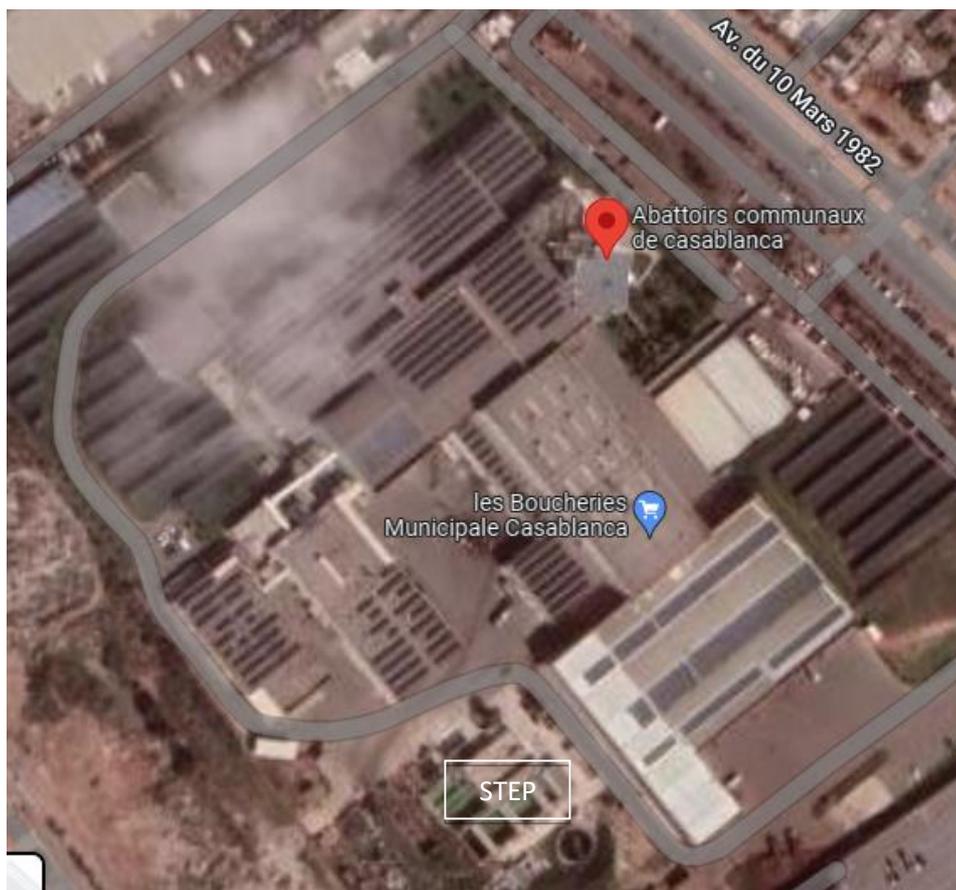


Figure 1: Emplacement de la STEP par rapport aux abattoirs de Casablanca



Figure 2: Photo satellite de la STEP des abattoirs de Casablanca

2.3 Les filières de traitement existantes

Le circuit de traitement des eaux de l'abattoir de Casablanca au niveau de la STEP initialement conçue en 2004 et qui n'a jamais fonctionné s'organise comme suit (figure 3) :

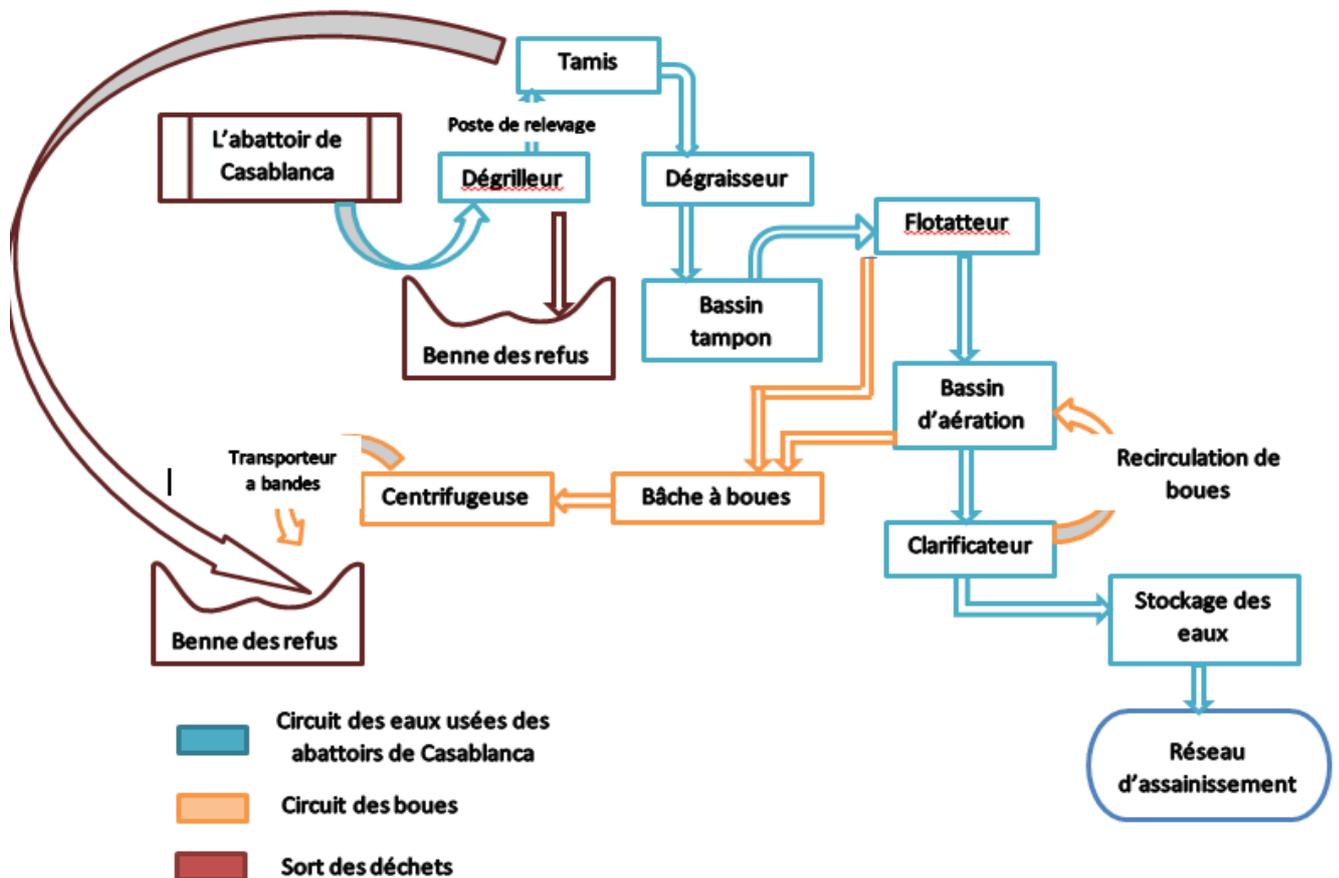


Figure 3 : Circuit de traitement des eaux des abattoirs de Casablanca conçu pour l'ancienne STEP

ARRIVEE DES EAUX USEES :

Pour la collecte des eaux usées, l'abattoir a mis en place un système comportant des canalisations ouvertes, des canalisations souterraines et des regards. Les eaux usées sortant de l'abattoir arrivent à la station (figure 4) via un collecteur gravitaire, jusqu'à l'ouvrage d'arrivée.



Arrivée des
eaux usées

Figure 4: Entrée des eaux usées

DEGRILLAGE AUTOMATIQUE :

Un dégrilleur, d'une capacité de 400 m³/h, est installé dans un canal ouvert de 600 mm de largeur, profond de 4,80 m avec une hauteur de décharge de solides de 5,50m (figure 5). L'équipement est prévu pour retenir les matières en suspension de l'ordre du centimètre. Il n'est pas adapté à la forte hétérogénéité de refus à prendre en charge dans un abattoir, sans protection en amont.



Dégrilleur

Figure 5: Dégrilleur de l'ancienne STEP des abattoirs [7]

TRANSFERT DES REFUS :

Les solides retenus par le dégrilleur sont évacués par une vis de convoyage (figure 6) pour être stockés dans une benne.



Figure 6: vis de convoyage existante [7]

POSTE DE RELEVAGE :

Les eaux usées dégrillées passent par gravité dans une bêche de pompage d'une capacité utile de 30 m³ située à côté du canal de dégrillage. Ses dimensions sont les suivantes :

- base rectangulaire de 3.20 m x 2.00 m
- hauteur utile de 4,2 m.

Le système de pompage est dimensionné pour un débit de 400 m³/H. Il est équipé de 3 pompes immergées d'une capacité unitaire de 200 m³/H, (2+1 secours). Un rail fixé au plafond équipé d'un palan et d'un treuil permet de remonter les pompes pour leur maintenance. L'automatisme est assuré par une mesure de niveau dans la bêche par sonde à ultrasons. La canalisation de refoulement est équipée d'un débitmètre électromagnétique. Une vanne manuelle sur le refoulement permet de by-passer l'étape suivante de tamisage en allant directement vers le bassin tampon. Le poste de relevage est présenté dans la figure 7.



Poste de relevage

Figure 7: Poste de relevage existant [7]

TAMISAGE FIN :

L'eau dégrillée provenant du poste de relevage arrive dans deux tamis rotatifs positionnés en parallèle (figure 8). Les tambours filtrants sont constitués par des barres à section triangulaire enroulées en spirale formant un cylindre. Ces tamis inhibent le passage des

matières solides de taille supérieure à 0,75 mm. Les refus solides sont entraînés par le mouvement rotatif du cylindre et raclés vers une auge de réception qui les envoie gravitairement vers la benne. Ce type de tamis laisse passer au travers des fentes les pailles issues du transport et des étables ainsi que les poils. Cela provoque à l'aval des dysfonctionnements sur l'ouvrage de dégraissage.



Figure 8: Tamis rotatifs existants[7]

EAU CHAUDE :

Un dispositif (figure 9) composé de deux cumulus électriques permet de produire l'eau chaude sous pression de rétro-nettoyage automatique des tamis rotatifs.



Cumulus électriques de la production de l'eau chaude

Figure 9: Cumules de production d'eau chaude[7]

DEGRAISSAGE :

L'eau après le passage dans les tamis rotatifs arrive dans un système de flottation où sont éliminées les graisses (figure 10). L'eau à la sortie du flotteur-dégraisseur, passe par gravité, au bassin tampon.



Figure 10: Dégraisseur existant[7]

STOCKAGE DES GRAISSES :

Les graisses sont envoyées dans un réservoir de stockage extérieur de 30m³ qui représente une autonomie de stockage de 2 jours maximum.

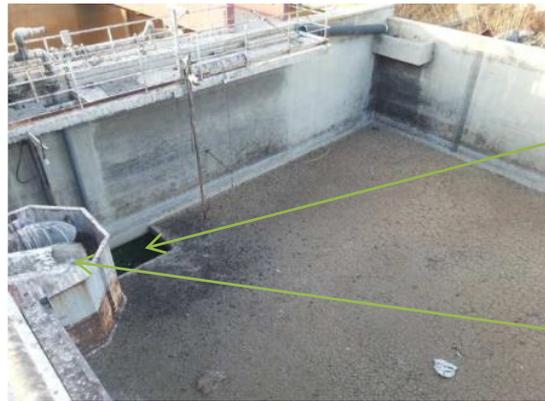


Figure 11: Stockage des graisses existant[7]

BASSIN TAMPON :

Un bassin tampon (figure 12) sert à stabiliser le débit et neutraliser le pH. Le bassin existant, d'une capacité de 1147 m³ (18 x 15 x 4.25 m), permet d'assurer ce rôle. Il est composé de :

- Deux agitateurs rapides à hélice permettant de brasser les effluents tamisés et dégraissés ainsi que les boues provenant du bassin d'aération.
- Deux pompes doseuses d'un débit unitaire réglable entre 0 et 60 l/h injectant la soude dans le bassin tampon afin de réguler le pH de l'eau à une valeur entre 6.5 et 8,5.
- Une fosse de pompage équipée de deux pompes immergées permettant la reprise des eaux prétraitées du bassin tampon vers le traitement par flottation physico-chimique.



Fosse de pompage

Arrivée des eaux tamisées

Figure 12: Bassin tampon existant[7]

FLOTTATION PHYSICO-CHIMIQUE :

Un ouvrage qui permet la séparation des matières en suspension et colloïdales des eaux traitées par un conditionnement de coagulation-floculation avec régulation de pH s'appelle flottateur (figure 13). Le conditionnement est réalisé avec du chlorure ferrique pour la coagulation et du polymère pour la floculation. Ils sont injectés en entrée de flottateur.



Figure 13: Flottateur existant [7]

TRAITEMENT BIOLOGIQUE :

Le transfert des eaux prétraitées issues du flottateur se fait gravitairement vers le bassin d'aération de 1911 m³ (figure 14), construit en béton (dimensions : 36 x 12 x 4,64 m).

La boue activée est aérée et brassée par 3 aérateurs de surface d'une puissance unitaire de 15 KW dont le fonctionnement est régulé à partir d'une sonde à oxygène. Du fait de la profondeur d'eau de 4,64 mètres dans les bassins, des cheminées d'aspiration sont aménagées sous chaque turbine afin de leur permettre de brasser et aérer le bassin jusqu'au fond.



Aérateur de surface

Figure 14: Bassin d'aération existant [7]

CLARIFICATEUR :

Le décanteur secondaire de 13 m de diamètre (figure 15) permet de séparer les boues de l'eau traitée par simple décantation.



Figure 15: Clarificateur existant [7]

RECIRCULATION ET EXTRACTION DES BOUES

La recirculation des boues vers le bassin d'aération est assurée par 3 pompes (2+1 secours) de 40 m³/h (figure 16). Les boues extraites, sont envoyées dans le bassin tampon, mélangées aux eaux brutes tamisées, elles seront donc épaissies dans le flottateur physico-chimique en même temps que les boues primaires et les graisses, produisant ainsi des boues mixtes.

Un jeu de 2 vannes permet de basculer manuellement entre recirculation et extraction de boues excédentaires. Pour cela, il faut ouvrir la vanne d'extraction puis fermer la vanne de recirculation. Après extraction il faut réaliser l'opération inverse.



Les 2 vannes
d'extraction et
de recirculation

Figure 16: Vannes d'extraction des boues existantes[7]

Les boues à traiter sont issues :

- Des boues mixtes (primaires et secondaires) épaissies en flottation,
- Des purges de boues décantées dans le dégraisseur et dans le flottateur.

Elles pourraient également inclure :

- les refus de tamisage,
- les graisses séparées par flottation en même temps que les boues mixtes.

Ces boues sont envoyées gravitairement dans une bêche à boues (figure 17) enterrée de 11 m³ (dimensions : 2,5 x 2,2 x 2,0 m)



Figure 17: La bêche à boues existante[7]

Les boues épaissies sont ensuite reprises par deux pompes volumétriques (1+1 secours) d'une capacité unitaire de 1,7-11,4 m³/h et équipées de variateurs de vitesse, vers le traitement de déshydratation par centrifugeuse d'une capacité de 8m³/h.

La boue séchée à 18-20 % de matière sèche est envoyée par un transporteur à bande dans un conteneur.

Les eaux séparées de la boue sont renvoyées dans la bêche appelée « toutes eaux » d'un volume de 14,85 m³ (dimensions : 2,5 x 2,2 x 2,70 m). Une pompe immergée de 30 m³/h les renvoient dans le bassin tampon.

2.4 Problématique et objectif de réhabilitation :

Après sa construction, la station d'épuration des abattoirs de Casablanca n'a pas été mise en service à cause de problèmes financiers, elle était en arrêt pendant 16 ans (de 2004 à 2020). Les effluents issues de l'abattage ne subissaient alors plus aucun traitement et rejoignaient directement le réseau d'assainissement. Depuis ce temps l'activité et les refus d'abattage ont augmenté et donc un traitement chimique et biologique sera nécessaire. Le maître en œuvre (LYDEC) a trouvé comme solution la réhabilitation de la STEP des abattoirs de Casablanca.

La réhabilitation de cette STEP en 2020 a nécessité certaines adaptations qui permettront de simplifier son fonctionnement, de rationaliser son exploitation mais aussi de l'adapter aux charges réellement attendue et aux nouveaux débits nettement supérieurs à ceux de 2004 en entrée de station et aux résultats escomptés sur le rejet.

Certains équipements seront alors remplacés, soit parce qu'ils ne sont pas :

- Adaptés à la nature des effluents traités :

- Le dégrilleur,
- Les tamis,
- L'équipement du bassin tampon,

- Dimensionnés pour le fonctionnement et la charge prévus

- Les pompes de relevage
- Le dispositif d'aération du bassin biologique

- En état de fonctionner

- Les équipements de dégraissage
- Les équipements de la flottation physico-chimique

D'autres objectifs complémentaires sont à prendre en compte, notamment :

- La réutilisation de l'eau traitée après le traitement tertiaire,
- La ventilation des locaux et des cuves de stockage avec traitement de l'air, non prise en compte sur les ouvrages existants.

Dans ces conditions une nouvelle installation était réalisée en changeant quelques étapes du procès de la station. Néanmoins, l'objectif de réutilisation va être loin d'être atteint due à l'absence d'un traitement spécifique du sang et une zone pour l'élimination de l'azote et du phosphore provenant des eaux usées des abattoirs.

2.5 La situation actuelle de la station :

Le nouveau circuit de traitement des eaux au niveau de la STEP des abattoirs de Casablanca, et qui traite un volume qui peut atteindre 1198m³ selon le cahier des charges signé entre LYDEC et l'entreprise, est présenté par la figure 18.

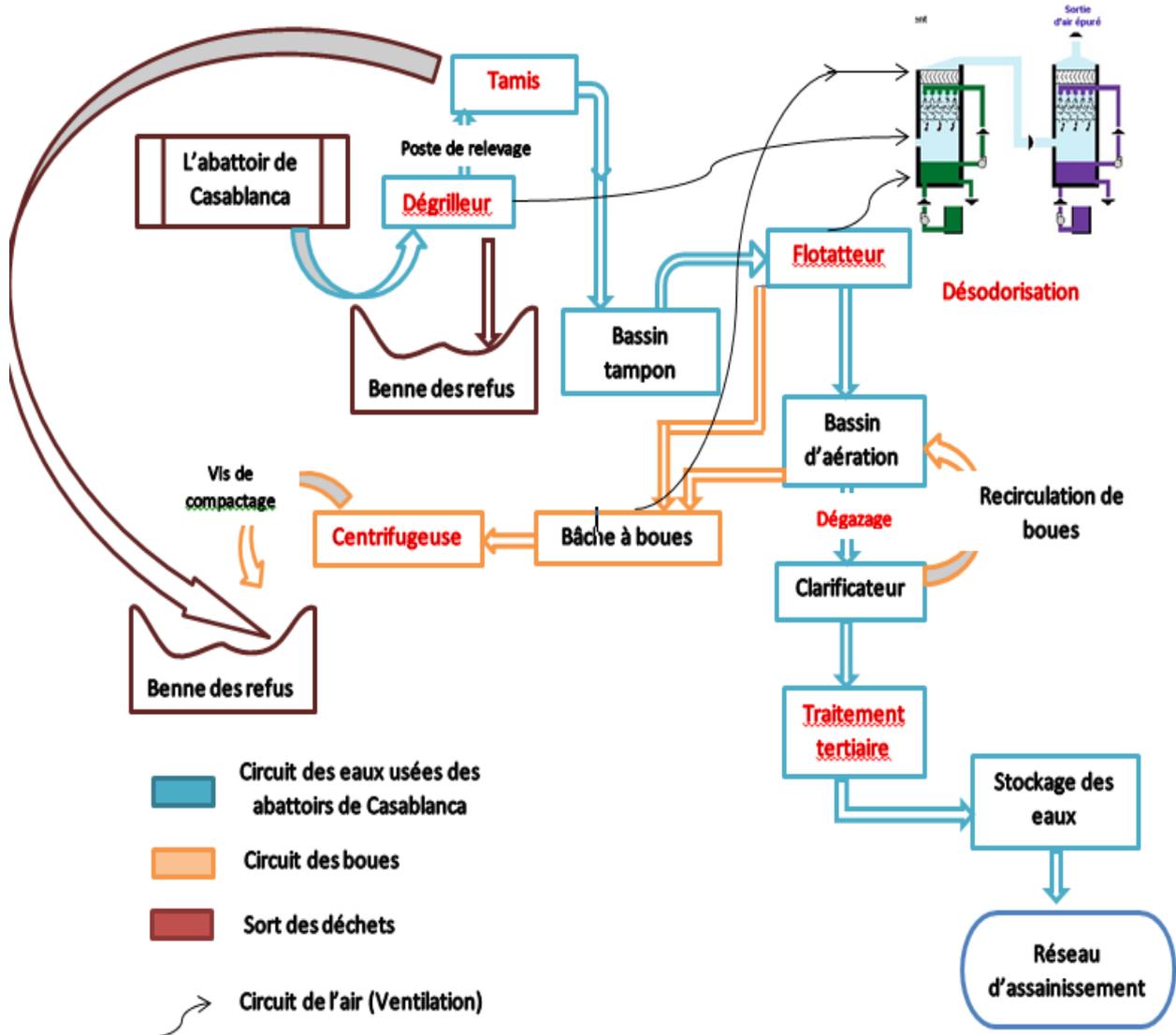


Figure 18: circuit du traitement de la nouvelle STEP des abattoirs de Casablanca

Prétraitement

Les effluents arrivent gravitairement vers l'étape de dégrillage. Le dégrilleur existant dans la STEP des abattoirs de Casablanca est remplacé par un dégrilleur à chaîne inclinée entrefer 6mm, comme illustré dans la figure 19. Cet équipement a la possibilité de monter une large gamme d'échelons, avec une très faible perte de charge. Les refus de dégrillage seront collectés, compactés par une vis, puis stockés dans une nouvelle benne.

Néanmoins, la capacité du dégrilleur mis en place reste non compatible avec le type des déchets récupérés :

- Partie d'organes des animaux abattus (boyaux, viscères..) ;
- Partie de peaux des animaux abattus ;
- Poils ;
- Matières fécales des animaux ;
- Sables ;
- Gravettes et cailloux.

Ce qui cause de temps à autre un colmatage au niveau des barreaux du dégrilleur.



Figure 19: Dégrilleur fin

Les eaux usées dégrillées passent par gravité dans une bache de pompage situé à côté du canal de dégrillage.

Une station de pompage permet de relever les eaux brutes jusqu'aux tamis, c'est l'ancien poste de relevage qui était rééquipé de deux pompes immergées de 360 m³/h unitaire (1+1 secours) sur variation de fréquence afin d'asservir le débit pompé au niveau de la bache au moyen de la sonde à ultrasons et du débitmètre électromagnétique.

Un agitateur est mis en service dans la bache d'eau afin d'éviter les dépôts au fond. Les caractéristiques de pompage sont :

- Débit nominal : 360 m³/h (variable de 240 à 360)
- Hauteur géométrique : 12,5 m si fonctionnement normal (alimentation des tamis) et 11 m si by-pass.

Le fonctionnement des pompes est asservi à la mesure de niveau dans la bache par des sondes. Une permutation automatique des pompes, basée sur leur temps de fonctionnement, permet d'en assurer une usure homogène. Le comptage des effluents bruts est réalisé par débitmètre électromagnétique placé sur la conduite de refoulement.

L'eau dégrillée provenant du poste de relevage arrive dans les 2 nouveaux tamis rotatifs d'une maille de 1mm positionnés en parallèle (figures 20 et 21).

Le liquide à filtrer pénètre dans le tambour par la conduite d'entrée située en haut, en arrière ou sur le côté où il est dispersé uniformément dans tout le tambour du filtre, qui tourne continuellement.

Les particules solides sont retenues à la surface du cylindre qui, au moyen de sa rotation, sont déplacées vers les racleurs chargés de les séparer et de les déposer sur le plateau de déchargement. Le liquide est filtré à travers la maille avec un profil trapézoïdal, grâce à son profil, elle laisse passer rapidement l'effluent qui le traverse et passe finalement à la conduite de sortie.

Grâce à sa constitution et à ses dispositifs autonettoyants, l'équipement peut fonctionner en permanence avec un minimum de maintenance mécanique et de nettoyage

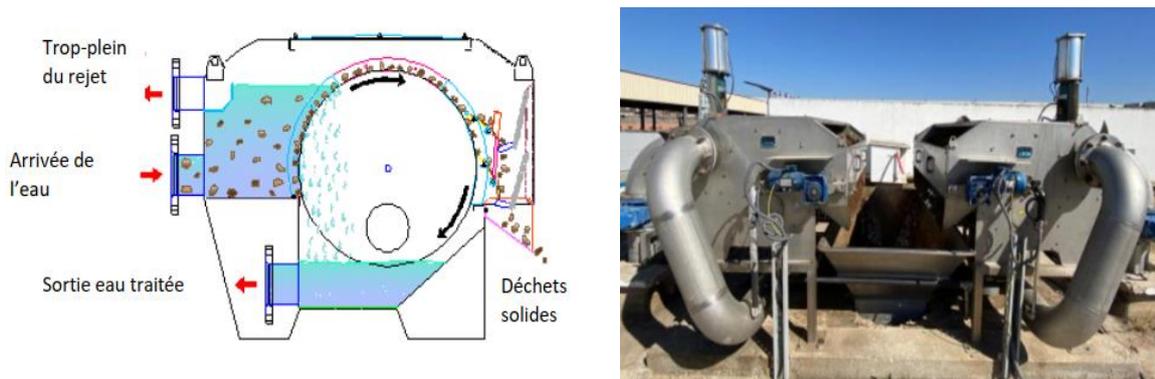


Figure 20: fonctionnement du tamis rotatif Figure 21: Les tamis rotatifs

En suite les eaux vont passer par un bassin tampon pour homogénéisation, et puis elles sont dirigées vers le flotateur où les phénomènes de coagulation-floculation, décantation, et flottation ont eu lieu, ce système est appelé DAF, que nous allons aborder son fonctionnement par la suite. Il n'y a plus de dégraissage comme dans le circuit de traitement initial.

Bassin tampon :

Dans un premier lieu, les effluents sortant des tamis rotatifs sont évacués gravitairement vers le bassin tampon (figure 22) d'un volume utile de 1212 m³ qui sert à stabiliser le débit sur 24h avant d'alimenter les flottateurs.

Ce bassin sert également de tampon physico-chimique permettant d'homogénéiser et de lisser dans le temps les fortes variations de PH et de température de l'effluent brut entrant.

La régulation du pH (neutralisation entre 6,8 et 7,8) fait directement sur la canalisation de refoulement en entrée du flottateur.

Pour maîtriser les nuisances olfactives, le bassin tampon sera couvert et équipé des Aeroflots qui soufflent l'air dans le bassin afin d'oxyder la matière organique pour éviter sa fermentation qui cause les mauvaises odeurs.



Figure 22: Bassin tampon couvert

Traitement primaire (physico-chimique)

Flottateur:

Vu que l'ouvrage précédent était en très mauvais état et sa réhabilitation pourra affecter les rendements souhaités pour la flottation qui ont un impact sur la suite de la ligne de traitement, donc une unité de flottation a été alors conçue dans un nouveau bassin de 70 m³ en acier inoxydable. L'effluent entrant dans ce bassin est coagulé/floculé et mis en présence de microbulle assurant la séparation solide/liquide désirée, la partie des flocs hydrophile est flottée en haut du bassin en fonction de pressuration pour être raclées, l'autre partie décante sous forme de boues sortant du flottateur et vont gravitairement vers l'unité déstabilisation des boues. Le taux d'injection des réactifs, est susceptible de varier à l'image de la charge de pollution entrante. Il est généralement connu à l'avance au moyen d'une analyse type jar-test qui est notre objectif dans l'amélioration du traitement physico-chimique.

L'ajout de ces réactifs chimiques permet d'élargir le spectre de particules récupérées (la quasi-totalité des particules en suspensions et des particules colloïdales). Ces produits neutralisent les forces de répulsion entre les particules en suspension pour assurer leur agglomération en flocs.

La pollution particulaire est alors susceptible de former un attelage « solide-gaz » plus robuste et plus facilement récupérable.

La technologie de pressurisation repose sur un système de type microbulles DAF (Dissolved Air Flotation) qui ont un diamètre de l'ordre de 40 à 70 μm (figure 23).

Une partie de l'eau traitée par flottation est reprise par une pompe de pressurisation (4-5 bars), pour être envoyée en même temps que de l'air comprimé dans un ballon de pressurisation (8bars). L'air se solubilise créant ainsi une réserve d'eau pressurisée, son injection dans le flottateur, à pression atmosphérique, va libérer des microbulles (détente de l'eau pressurisée) au sein de l'eau à traiter pour réaliser la flottation des flocs.

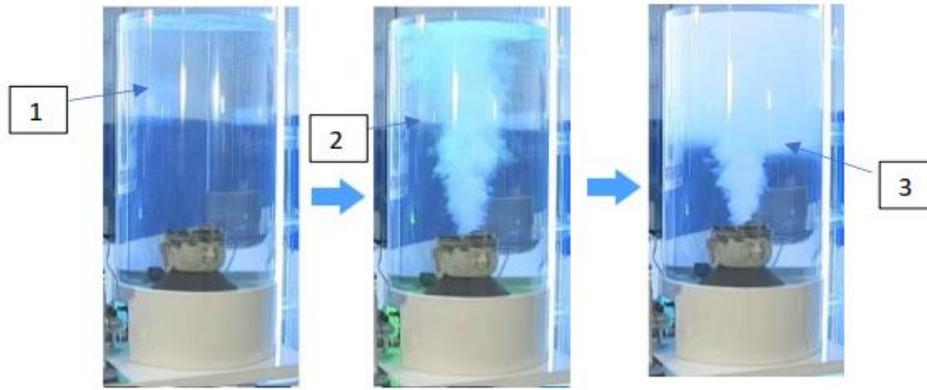


Figure 23: Système de pressurisation DAF

- 1 : Système de pressurisation en mode arrêt.
- 2 : Solubilisation de l'air et création de l'eau pressurisé
- 3 : Microbulles de l'eau pressurisée dispersés au sein de la solution.

Traitement biologique :

L'épuration biologique s'effectue sur une file comprenant :

- Aération permettant d'éliminer la pollution carbonée et phosphatée.
- Clarification où s'effectue la séparation des boues/eau traitée.
- Recirculation des boues assurant le réensemencement en boues du bassin d'aération.

L'aération est assurée dans le bassin biologique de capacité de 1944 m³ (figure 24) par des diffuseurs d'air à fines bulles (nourrice à fines bulles) alimentés par des compresseurs d'air. Il s'agit d'appareils qui assurent la diffusion d'air dans les bassins.

Trois compresseurs (2 + 1 secours) sont installés dans un local insonorisé. Le transfert de l'air est réalisé dans des canalisations inox aériennes le long du bâtiment et du bassin d'aération.



Figure 24: Bassin biologique

L'installation des agitateurs rapides maintiennent la biomasse en suspension en cas d'arrêt de l'aération et évitent ainsi tout risque de dépôts en fond d'ouvrage susceptible de créer des conditions d'anaérobiose favorisant le développement de bactéries filamenteuses.

La liqueur mixte issue du traitement biologique est envoyée gravitairement vers le clarificateur qui assure la séparation entre les boues et l'eau traitée. Un ouvrage de dégazage sera réalisé entre le bassin biologique et le clarificateur de l'effluent pour éviter l'entraînement de microbulles. En effet, celles-ci favorisent l'entraînement de floccs à la surface des clarificateurs et dégradent leur rendement. L'ouvrage de dégazage sera accolé au bassin d'aération. Les mousses et les flottants sont repris depuis le dégazeur et stockés dans une bêche à flottants (au niveau de la sortie de l'ouvrage de dégazage) avant d'être refoulés vers le bassin tampon via une pompe submersible. Cette bêche reçoit également les flottants en provenance des clarificateurs.

Le nouvel ouvrage du dégazage alimente gravitairement le clarificateur existant (figure 25). Un nouveau pont racleur est installé, pour la récupération des flottants, il est équipé d'un racleur de surface et d'une trémie.



Figure 25: Poste de dégazage et clarificateur

Les boues en excès décantées au fond de l'ouvrage sont évacuées par pompage via les pompes d'extraction ou de recirculation des boues (pompées vers le bassin d'aération : Boues activées).

La recirculation des boues des clarificateurs vers les bassins biologiques répond à trois objectifs :

- ◆ Maintenir une concentration constante en biomasse dans les bassins d'aération pour assurer un rendement épuratoire optimum ;
- ◆ Limiter le temps de séjour des boues pour se prémunir contre toute condition d'anaérobiose susceptible de dégrader les performances du clarificateur ;
- ◆ Maintenir un voile de boues optimum dans les clarificateurs pour d'une part épaissir les boues avant leur extraction et recirculation et d'autre part éviter toute fuite de boues vers le rejet.

La recirculation des boues vers le bassin d'aération est assurée par 2 nouvelles pompes centrifuge en cale sèche (1+ 1 secours) de 120 m³/h chacune avec variation de fréquence afin de pouvoir réguler ce débit avec celui du traitement. L'extraction des boues biologiques en excès vers le bassin tampon est assurée par 2 nouvelles pompes centrifuge en cale sèche (1 + 1 secours) de 10 m³/h chacune.

Traitement tertiaire

Trois étapes de traitement sont mises en œuvre :

- ◆ Une filtration tertiaire des eaux décantées,
- ◆ Une désinfection par des rayonnements UV,
- ◆ Un dispositif de chloration complémentaire

Le local du traitement tertiaire est présenté dans la figure 26.



Figure 26: Local traitement tertiaire

Filtration mécanique

La filtration a pour but l'abattement supplémentaire de MES pour atteindre une valeur (< 10 mg/l).

Ce traitement est assuré par un seul filtre à tambour mécanique rotatif. Les eaux de sortie de la décantation secondaire sont dirigées gravitairement dans le tambour du filtre. L'eau traverse les plaques micro-perforées du tambour en rotation et passe dans le bac sous le tambour puis vers la sortie. Les matières en suspension filtrées retenues sur la plaque partent en rotation avec le tambour où elles sont raclées pour être évacuées par pompage en entrée de filtration. Un système automatique de lavage à contrepression décolmate les plaques pendant la filtration.

Désinfection à l'UV

La désinfection est réalisée dans le but d'éliminer les agents pathogènes afin d'obtenir une eau de qualité conforme aux réglementations d'arrosage des golfs et des espaces verts. Elle est réalisée par le rayonnement ultraviolet pour la capacité nominale de la station d'épuration.



Figure 27: Réacteurs de désinfection par UV

Un circuit d'eau industrielle est créé à partir de l'effluent clarifié (ou sortie traitement tertiaire en option). Le réseau d'eau industrielle alimentera :

- Le lavage des refus de dégrillage,
- La production d'eau chaude des rampes de lavage des tamiseurs,
- Les différentes bouches de lavage réparties sur la station,
- Les presses à vis des boues.

Déshydratation des boues

Les boues sortant du flottateur et les boues extraites du bassin d'aération vont gravitairement vers la bêche à boues, où elles vont être mélangées avec une dose de 5mg /l de polymère pour une coagulation ce qui va faciliter la séparation des boues et des eaux. Après les boues vont passer par une vis de compactage ce qui permet d'atteindre des siccités supérieures à 20%. La figure 28 présente le dispositif de déshydratation:



Figure 28: Presse à vis de Déshydratation des boues

Désodorisation physico-chimique

En général, la désodorisation physico-chimique consiste en un lavage de l'air extrait avec une solution composée de réactifs chimiques (l'acide sulfurique pour l'élimination des composés azotés, le chlore et la soude pour éliminer les composés soufrés) dilué à l'eau. Les polluants de l'air sont absorbés puis réagissent avec le réactif chimique en phase liquide. Ce processus est réalisé dans une enceinte fermée appelée tour de lavage comme illustré dans la figure 29 :



Figure 29: Réacteurs de désodorisation physico-chimique

Les réactifs :

Six cuves de réactifs équipés de pompes doseuses sont fournies :

- Cuve eau de javel avec des pompes doseuses pour les besoins de :
 - o La désodorisation,
 - o La chloration amont UV et après la désinfection,
- Cuve de préparation de nitrite de sodium avec la pompe pour la stabilisation des boues,
- Cuve de stockage de l'acide sulfurique pour les besoins de :
 - o La désodorisation,
 - o La stabilisation des boues,
- Cuve de stockage de la soude pour les besoins de :
 - o La neutralisation en amont de la flottation

o La désodorisation

- Cuve de stockage de chlorure ferrique avec une pompe doseuse pour les flottateurs.
- Cuve de stockage d'acide phosphorique avec une pompe doseuse pour le complément en phosphore pour le bassin d'aération.

Le tableau 1 représente une comparaison entre l'état initial de la STEP des abattoirs qui n'a jamais fonctionné et l'état actuel, on présente ce tableau récapitulatif qui montre la différence entre les ouvrages existants dans la STEP et les nouveaux.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif montre les différences entre état initial et actuel de la STEP des abattoirs de Casablanca :

Ouvrages	Existants	Nouveaux	Motif de changement
Dégrilleur	-6 cm de largeur -Sans protection amont	-6mm de largeur -Possibilité de faire monter une large gamme d'échelons avec faible charge. -Sans protection amont.	L'ouvrage existant n'est pas adapté à la nature des effluents traités.
Poste de relevage	-3 pompes de capacité 200 m ³ /h -1 vanne de by-pass	-2 pompes de capacité 360 m ³ /h -1 vanne de by-pass	-Etat génie civil des pompes existantes est dégradé. -Utilisation d'un matériel plus développé
Tamis	-2 tamis parallèles de 1 mm nécessitent d'un lavage continu	-2 tamis parallèles de 0,75 mm, fonctionnent avec minimum de maintenance mécanique et denettoyage -Elimination de graisse et huiles par le nettoyage avec eau chaude.	L'ouvrage existant n'est pas adapté à la nature des effluents traités. (Il laisse passer les poils)
Dégraisseur	-Elimination des graisses	-Inexistant	Il n'était pas en état de fonctionnement
Equipement du bassin tampon	-Bassin de capacité 1147 m ³ . -2 agitateurs rapides. -2 pompes doseuses pour régulariser le pH	-Bassin de capacité 1212 m ³ . -Aeroflots pour souffler l'air. -Régularisation du pH se fait sur la canalisation de refoulement en entrée du flotateur.	Utilisation d'une technique développée pour obtenir un bon résultat.
Flotateur	-70m ³ -Eliminer la MES avec coagulation-floculation.	-Flotateur avec le même dimensionnement (+1 secours) -Système de DAF	Le flotateur existant n'était pas en état de fonctionnement
Bassin d'aération	-Bassin de capacité 1911 m ³ . -3 aérateurs de surfaces.	-Bassin de capacité 1944 m ³ -Diffuseurs d'air fines bulles + Agitateur.	Le bassin existant n'était pas dimensionné pour le fonctionnement et la charge prévus

Clarificateur	-13 m de diamètre -Pour séparation solide-liquide par décantation.	-Même clarificateur avec changement du pont racleur.	Génie civil du pont racleur est dégradé
Traitement tertiaire	Inexistant	-Filtration (but : concentration de MES inférieure à 10 mg/l). -Rayonnement U-V	Ajouter pour but de réutilisation des eaux usées traitées.

CHAPITRE 3:

**SUIVI DE LA MISE EN SERVICE
DE LA STEP DES ABATTOIRS
DECASABLANCA :**

**MÉTHODOLOGIE ET
CONTRÔLE QUALITÉ**

Dans ce chapitre nous allons présenter le suivi de la mise en marche de la file boues, et les analyses faites pour le contrôle de qualité de la file eau et boues.

3.1 Méthodologie :

3.1.1 Programme de la mise en service de la file boue :

La période de mise en service démarre à la date d'alimentation des nouvelles installations. Ledémarrage de cette période est signifié par l'ordre de service constatant la fin des travaux de construction. Elle se poursuit jusqu'à l'obtention d'un fonctionnement stabilisé de toutes lescomposantes du traitement (eau, boues et odeurs).

La durée de la période de mise en service est fixée à 4 semaines. La période de mise au point nous permettra d'effectuer tous les contrôles et tous les réglages jugés nécessaires et de s'assurer qu'il n'y a pas de vice de construction sur le plan du génie-civil etdes canalisations, de l'hydraulique et de l'aéraulique, du traitement (eau, boues et odeurs).

Dans notre stage, nous n'avons assisté qu'à la mise en service de la file boue.

Il est à noter qu'avant le démarrage de la mise en service de n'importe quelle filière, des essais électriques et desvérifications de sécurité ont été effectués, à savoir :

- Test fil à fil de tous les raccordements « moteurs, capteurs, sondes et appareils de mesure»
- Vérification du sens de rotation de tous les moteurs et de leurs sécurités.
- Contrôle de tous les instruments de mesures (Débitmètres,sondes de mesure de niveau d'eau au niveau de la bache des eaux et le bassin tampon et de la boue au niveau de la bache a boues, mesure de pH du bassin tampon, entrée flotateur et bassin d'aération.)

Après le contrôle de sécurité, à ce qui concerne le démarrage de la file boues on poursuit les étapes suivantes :

- Démarrage des agitateurs des cuves de stabilisation des boues après leur remplissage ;
- Extraction des boues secondaires vers la bache de stockage une fois la biomasse est bien développée au niveau du bassin (environ 15jours) ;
- Remplissage de la bache à boue par l'eau et démarrage en mode automatique24h/24 de l'agitateur de la bache une fois le niveaudépasse 1 m au-dessus de l'hydro-éjecteur ;
- Mise en service des presses à vis pour réduire le volume et augmenter la concentration des boues biologiques une fois la bache de stockage est pleine ;
- Mise en service de la centrale de préparation polymère , prendre des échantillons de temps en temps afin de régulariser la dose de polymère pour une coagulation appropriée ;
- Mise en service de la vis de convoyage des boues pour le transfert des boues produite vers la benne ;

-Faire des analyses de siccité (prendre d'échantillons de boues pour déterminer la quantité de matière sèche) des boues pour vérifier le bon fonctionnement des ouvrages.

3.1.2 Analyses et mesures

Après la période de mise en service, un programme de contrôle de qualité et de surveillance est appliqué afin d'évaluer le fonctionnement réel du système et de connaître la qualité de l'effluent.

Le contrôle et la surveillance réguliers de la qualité de l'effluent final de la station permettent l'évaluation régulière de l'effluent (en se basant sur des analyses concernant la file eau et boues), en ce qui concerne la conformité par rapport aux normes locales de rejet ou de réutilisation(mentionnée à la fin de cette partie).

3.1.2.1 File eau :

Au-delà de la phase de mise en service de la station, une campagne d'analyse sur 24 heures des eaux brutes en amont de la STEP sera effectuée dans un laboratoire agréé, afin de relever les caractéristiques des eaux brutes en terme de débit et charges polluantes (MES, DCO, DBO5).

- Paramètres de pollution des eaux usées :

L'épuration a pour but de faciliter l'assimilation des éléments chimiques par le milieu récepteur (dégradation de la matière organique pour obtenir une matière minérale assimilable par la nature). Certes pour savoir la quantité de ces éléments chimiques dans l'eau brute à traiter on mesure la pollution qui est composée de 80% de carbone, azote et phosphore.

Mais, puisque dans la station des abattoirs de Casablanca l'élimination d'azote et de phosphore est absente on peut déterminer la quantité de cette pollution à partir de 3 autres éléments qu'on appelle les paramètres de pollution des eaux :

-DBO5 : Demande biologique (biochimique) en oxygène pendant 5 jours. Elle présente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder biologiquement la matière organique, elle est calculée en 5 jours à une température de 20°C. La mesure de la DBO5 permet d'avoir une idée sur la quantité de la matière biodégradable dans l'eau à traiter.

-DCO : Demande chimique en oxygène. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière dégradable et non dégradable (matières minérales et organiques) dans l'eau à traiter.

-MES : Matière en suspension. Elle représente les particules solides, non dissoutes dans l'eau, fines minérales ou organiques présentes dans l'eau, il peut s'agir de matières décantables ou flottantes selon leur densité. Il s'agit de matières.

Au laboratoire, la mesure de ces paramètres se fait selon les protocoles suivants :

Mesure manométrique de la DBO5 :

Afin de mesurer la demande biologique de l'oxygène au bout de 5 jours, on ajoute un volume approprié des eaux brutes dans un flacon fermé en présence de bactéries, que nous connectons à un appareil qui mesure la dépression. La quantité de l'oxygène consommée est mesurée au début et la fin de la période d'incubation, elle est proportionnelle à la concentration de matières biodégradables. La différence entre la valeur obtenue au 5ème jour et celle obtenue le 1er jour représente la DBO5.

Le mécanisme de transformation de la matière organique se fait selon le schéma suivant :

Matières Organiques + Bactéries aérobies + Oxygène → Développement des bactéries + consommation d'oxygène + Matière minérale

Au cours de leur fonctionnement les microorganismes produisent une quantité de dioxyde de carbone, ce qui va empêcher le calculer de la valeur nette d'oxygène consommé par les bactéries au cours de dégradation de la matière organique, afin de piéger chimiquement le CO₂ une solution d'hydroxyde de potassium doit être ajoutée.

Le flacon doit être opaque pour empêcher la production de l'oxygène par les algues pendant la photosynthèse.

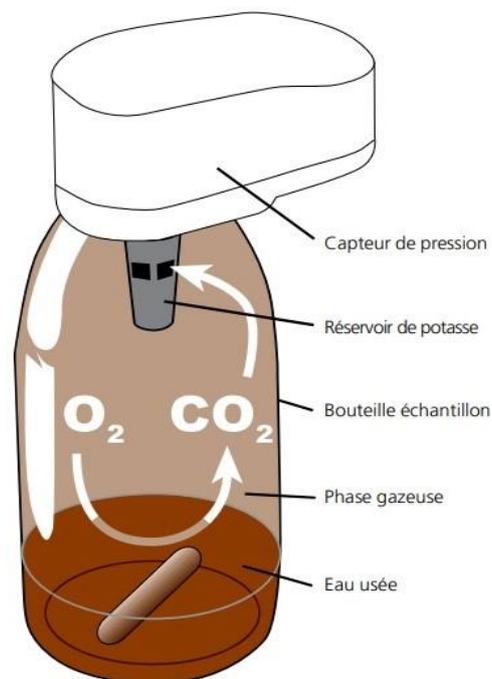


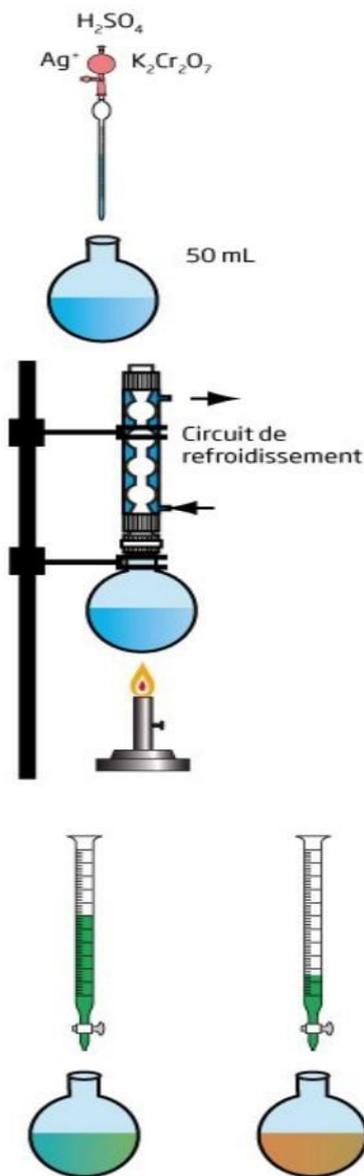
Figure 30: Mesure manométrique de la DBO5 [4]

Mesure de la DCO :

Principe de la mesure :

Le principe consiste à l'oxydation de la matière organique et minérale par le dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) dans un milieu acide avec l'ajout des ions d'argent Ag^+ comme catalyseur. Afin d'éviter l'oxydation de Cl^- on ajoute des ions de mercure Hg^{2+} sous forme de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

La quantité d'oxygène consommée est déterminée à partir de la quantité de dichromate utilisé. On peut effectuer la mesure de la DCO par titrimétrie selon le protocole de la figure 31 :



-Acidifier le milieu par l'acide sulfurique H_2SO_4 .

-Ajouter l'oxydant : dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$

-Ajouter le catalyseur Ag^+

-Chauffer jusqu'à l'ébullition avec conservation de la matière (chauffage à reflux) de la matière à une température égale à $150^\circ C$ pendant 2 heures pour stimuler l'oxydation.

-Fixation d'un réfrigérant à boules afin de refroidir les éléments chimiques vaporisés sous forme de gaz pour qu'ils se liquéfient sous forme de gouttelettes et retomber dans le bécher.

-Afin de déterminer la concentration (la quantité) du dichromate consommée au cours de l'oxydation de la matière, on dose la solution restante avec les ions ferrique (Fe^{2+})

La quantité de dichromate de potassium consommée nous fournit une idée sur la valeur de la DCO.

Figure 31: Protocole de titrimétrie pour mesurer la DCO

Mesure de la quantité de MES:

Un échantillon représentatif d'eau brute avec un volume connu est renversé dans un filtre en fibre de verre à porosité égale à 1,5 µm, on sèche la matière retenue sur le filtre à 105°C pendant une demi-heure et on pèse son poids avec le filtre.

La masse de la matière en suspension est la différence entre le poids obtenu et celui du filtre vide.

Les types d'échantillonnage :

En général les échantillons des eaux brutes à analyser se différencient en fonction de la durée du prélèvement d'échantillon, et le but de l'analyse (contrôle de qualité des eaux au niveau de l'ouvrage ou vérification du bon fonctionnement de l'ouvrage en cas de signalisation d'un problème). Les deux types d'échantillon à prélever sont les suivants :

-Echantillon ponctuel : prélevé instantanément, recommandé en cas de signalisation d'un problème (uniformité du débit, augmentation du pH ou de température...). Il représente la qualité de l'eau à l'instant du prélèvement.

-Echantillon composite : prélevé d'une façon continue, le prélèvement est échelonné sur le temps (exemple : on prend un échantillon chaque demi-heure) ou par rapport au débit (exemple : on prélève après chaque 100 m³). Ce type d'échantillon donne une idée générale sur les paramètres des eaux dans le milieu de prélèvement)

L'ensemble des analyses effectuées dans le cadre de ce stage s'est fait à des fréquences régulières pendant 15 jours. Le tableau 3 présente les points d'échantillonnage et les fréquences de mesure.

Tableau 2. Paramètres mesurés et leurs fréquences - Filière eau

Paramètres mesurés	Point de prélèvement	Unité	Fréquence d'analyse
DBO5	Entrée STEP Sortie Flottateur Sortie Clarificateur	(mg/l)	1 fois / 2 jours
DCO	Entrée STEP Sortie Flottateur Sortie Clarificateur	(mg/l)	1 fois / 2 jours
MES	Entrée STEP Bassin biologique (MVS et MES) Sortie Clarificateur Sortie traitement tertiaire	(mg/l)	1 fois / 2 jours

3.1.2.2 File boues :

Afin de vérifier la qualité des rejets solides, on effectue des analyses de la siccité qui reflète le pourcentage massique de la matière sèche dans l'échantillon. C'est le contraire de l'humidité.

Méthode de mesure de la siccité :

Procédure :

- Prélèvement des échantillons des boues à partir de :
 - La benne de dégrilleur
 - La benne des tamis
 - L'entrée de la presse de déshydratation
 - La sortie de la presse de déshydratation
- Peser les cuves vides
- Peser le poids des échantillons humides
- Sécher les échantillons à 105 ° C dans l'étuve pendant 24h.
- Retirer les échantillons du four et laissez-les refroidir pendant 2h dans un dessiccateur (pour éliminer l'humidité).
- Peser le poids des échantillons secs

Les résultats obtenus vont permettre de calculer la siccité en pourcentage a partie de la relation suivante :

$$\text{La siccité} = \frac{\text{la masse d'échantillon après séchage} * 100}{\text{la masse d'échantillon humide}}$$

- ◆ La masse d'échantillon après séchage = Poids après séchage à 105°(g)- Tare(g)
- ◆ La masse d'échantillon humide = Poids après liquide(g)- Tare(g)

La station d'épuration des abattoirs de Casablanca est conçue pour traiter les eaux usées des abattoirs avant de les jeter dans le milieu naturel pour respecter les normes de rejet imposées. Dans la première partie de ce chapitre, nous avons eu une idée sur le circuit hydraulique, la chaîne de traitement, les paramètres nécessaires à suivre ainsi que le protocole suivi pour chaque paramètre.

Dans la deuxième partie, nous allons vous présenter les résultats obtenus durant la période de notre stage (période de suivi de la mise en service de cette STEP) enregistrés au laboratoire pour pouvoir évaluer les performances de la STEP.

3.2 Contrôle de qualité

3.2.1 File eau :

3.2.1.1 NORMES ET LOIS :

Afin de protéger les eaux souterraines et superficielles, le Maroc a imposé des normes et des valeurs spécifiques limites sur les rejets liquides des stations de traitement.

Tableau 3: Normes de rejets imposés par la loi marocaine [7]

Paramètres	Valeur
DBO ₅ , mg O ₂ /L	<120
DCO, mg O ₂ /L	<250
MES, mg/L	<150

3.2.1.2 Résultats et discussions

Afin d'avoir un suivi continu et fiable des rejets de la STEP des abattoirs de Casablanca, un laboratoire externe s'occupe des mesures et d'analyses des principaux paramètres ainsi les débits d'eau (entrant et sortant de la STEP).

Avant de présenter les résultats obtenus dans le cadre de ce stage Il faut rappeler que le contrat qui lie l'entreprise responsable de la mise en service de la STEP à la Lydec insiste sur le respect par la Lydec de la qualité des eaux à l'entrée de l'usine qui ne doit pas dépasser des limites en termes de débits et teneurs en DBO, DCO et MES (tableau5) et la production par la STEP d'eaux de qualité répondant aux normes locales de rejet à la sortie de l'usine.

Tableau 4 : Valeurs contractuelles (APPEL D'OFFRES OUVERT AOO N° 523/2017)

Paramètres	Valeurs contractuelles	
	Entrée	Sortie
DCO	7741	250
DBO ₅	3670	120
MES	1700	150
Débit	1198	1198

Les résultats des analyses des paramètres durant la période du stage sont présentés dans les tableaux 6 et 7 et les figures de figure 32 à 38.

Tableau 5 : Analyses des eaux brutes à l'entrée de la STEP (16 à 31 Mai 2022)

Date d'échantillonnage	Volume Eau brute En (m3 /j)	Concentration		
		DCO	DBO5	MES
		MgO2/l	MgO2/l	Mg/l
16/05/2022	504,4	3840	2100	627
17/05/2022	341,5			
18/05/2022	153,3	3218	1900	987
19/05/2022	14,1			
21/05/2022	520,9	4500	2400	1220
22/05/2022	123,9			
23/05/2022	577,2	3758	1630	1170
24/05/2022	294,3	4233	2350	1159
25/05/2022	510,7	1608	650	1070
26/05/2022	350,1			
27/05/2022	190,8			
28/05/2022	606,2			
29/05/2022	171,7			
30/05/2022	511,1	4010	--	1240
31/05/2022	296,0			
Moyenne	334,9	3595	1838	1068
Maximum	606,2	4500	2400	1240
Minimum	14,1	1608	650	627
Total	5359			

Il ressort de ce tableau 6 de résultats que les valeurs des trois paramètres des eaux à l'entrée de la STEP respectent les valeurs contractuelles, qui sont déposées en tenant compte de la capacité des ouvrages de traitement de la STEP des abattoirs.

Une variation remarquable des valeurs des trois paramètres pendant ces 18 jours :

DCO : varie entre 4500 mg/l et 1608 mg/l

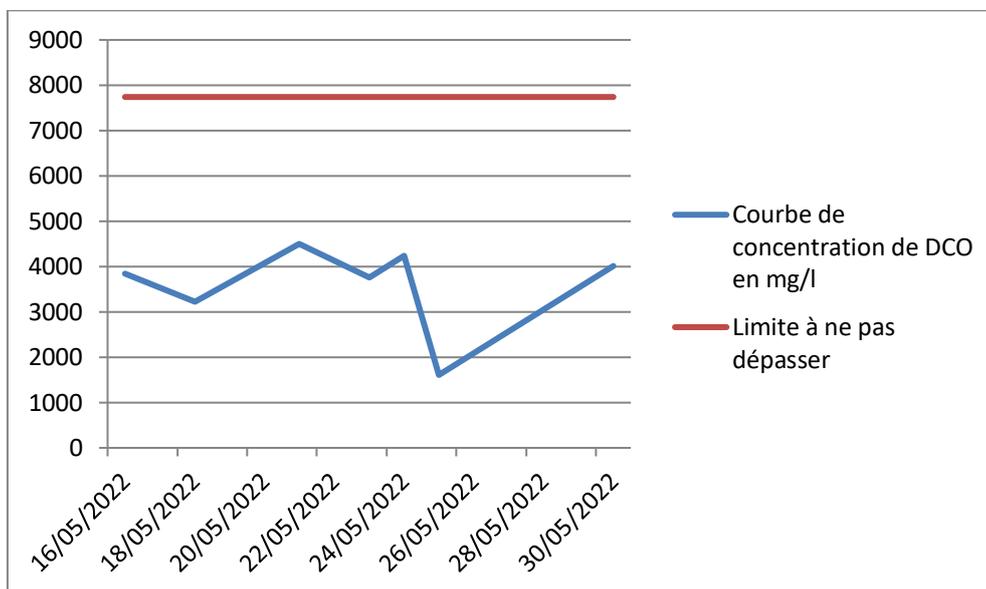


Figure 32 : variation de [DCO] en entrée de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022

DBO5 : varie entre 2400 mgO2/l et 650 mgO2/l

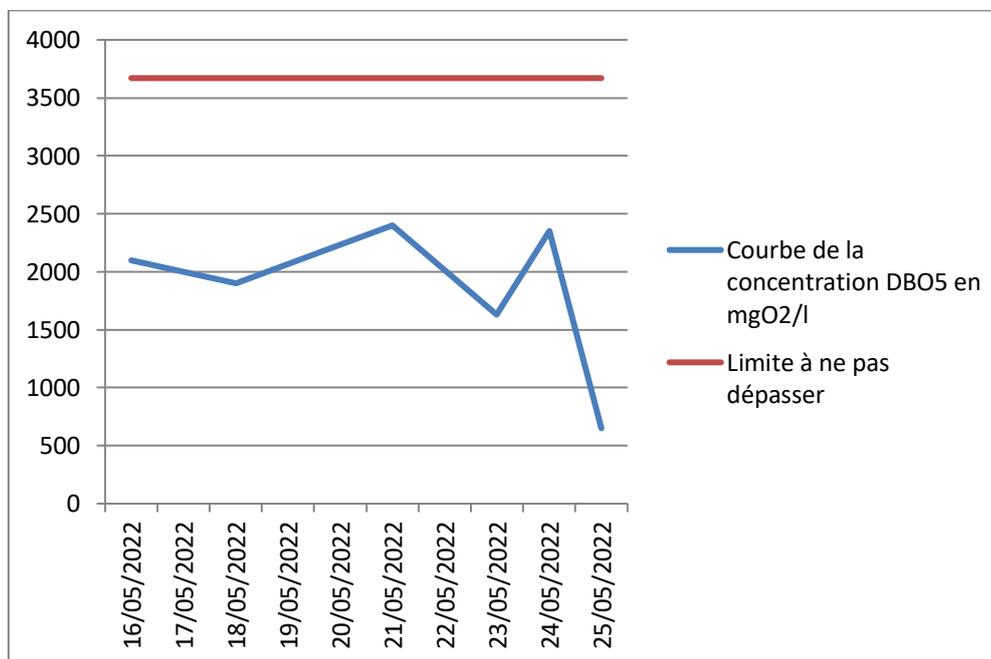


Figure 33 : variation de [DBO₅] en entrée de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022

MES : varie entre 1240 mg/l et 627 mg/l

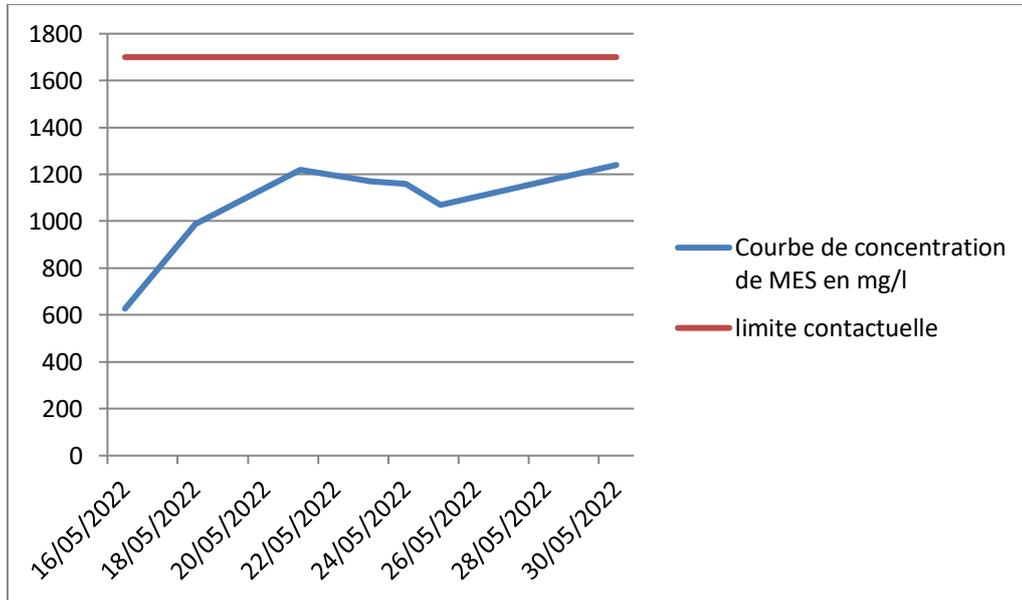


Figure 34 : variation de [MES] en entrée de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022

Cette variation des valeurs des paramètres serait due à l'instabilité de l'activité d'abattage dans les abattoirs de Casablanca.

-Pour le débit les valeurs varient entre 606,2 m³ /j et 123,2 m³ /j, avec une faible valeur marquée le 19/05 (14,1 m³ /j) il s'agit d'un jour de by-pass, la station était en arrêt.

Néanmoins toutes les valeurs de débits entrants ne dépassent pas la limite contractuelle.

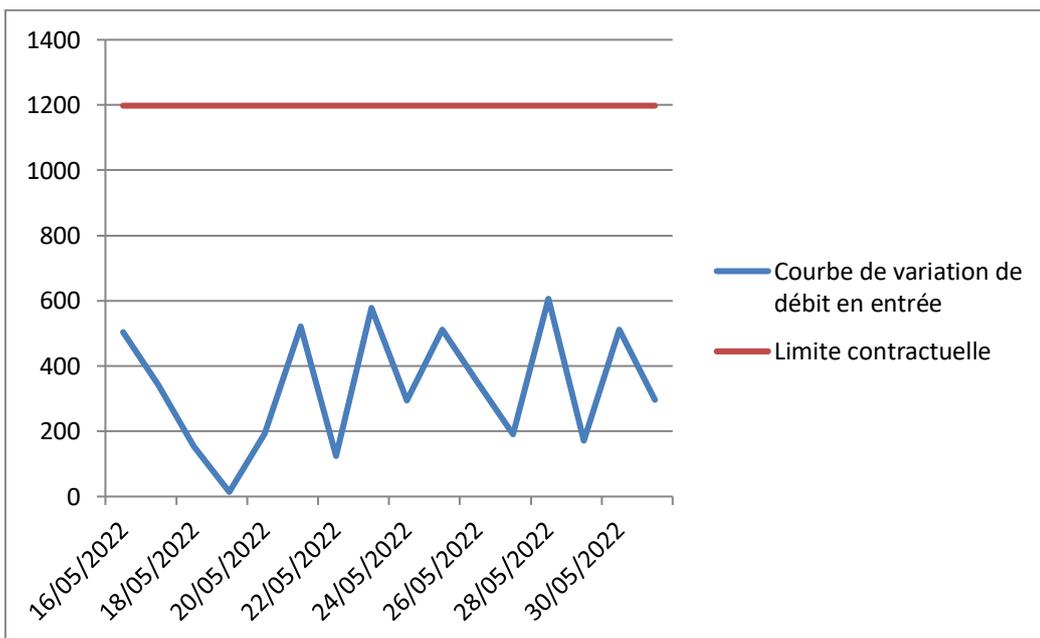


Figure 35: variation du débit à l'entrée de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022

-Cette fluctuation du débit dépend elle aussi de l'activité d'abattage dans les abattoirs de Casablanca.

Tableau 6: Résultats des analyses de sortie (clarificateur), laboratoire externe (16 au 31 Mai)

Date	Concentration		
	DCO	DBO5	MES
	MgO2/L	MgO2/L	Mg/L
16/05/2022	534	300	396
18/05/2022	324	120	198
21/05/2022	290	145	125
23/05/2022	166	110	31
24/05/2022	176	93	23
25/05/2022	183	95	43
30/05/2022	143		73
Moyenne	259	144	127
Maximum	534	300	396
minimum	143	93	23

Certes les valeurs de sorties des paramètres de pollution des trois premiers jours le 16,18 et le 21 Mai 2022 dépassent les normes marocaines, mais il est bien clair que les concentrations des 3 paramètres ont subi une diminution remarquable pendant les 3 derniers jours le 23,25 et le 30 Mai 2022.

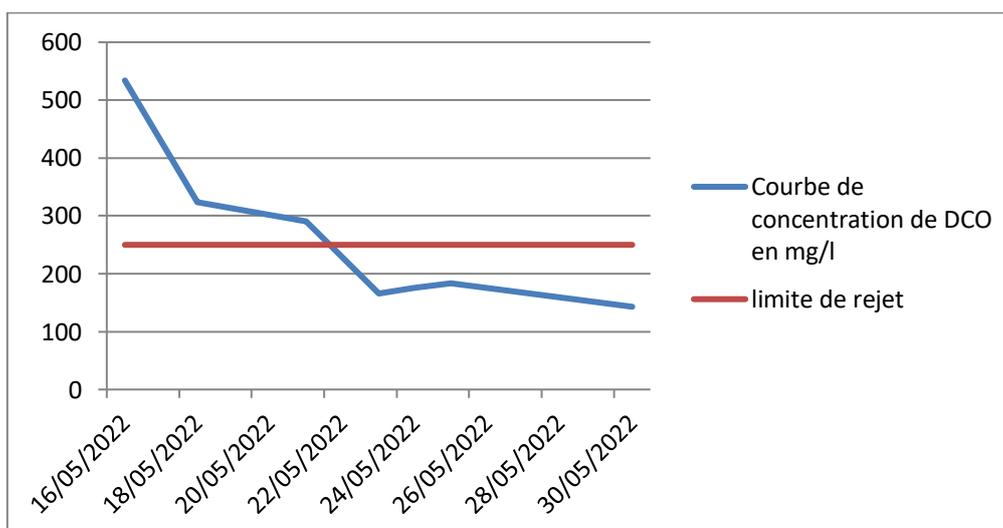


Figure 36: variation de [DCO] en sortie de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022

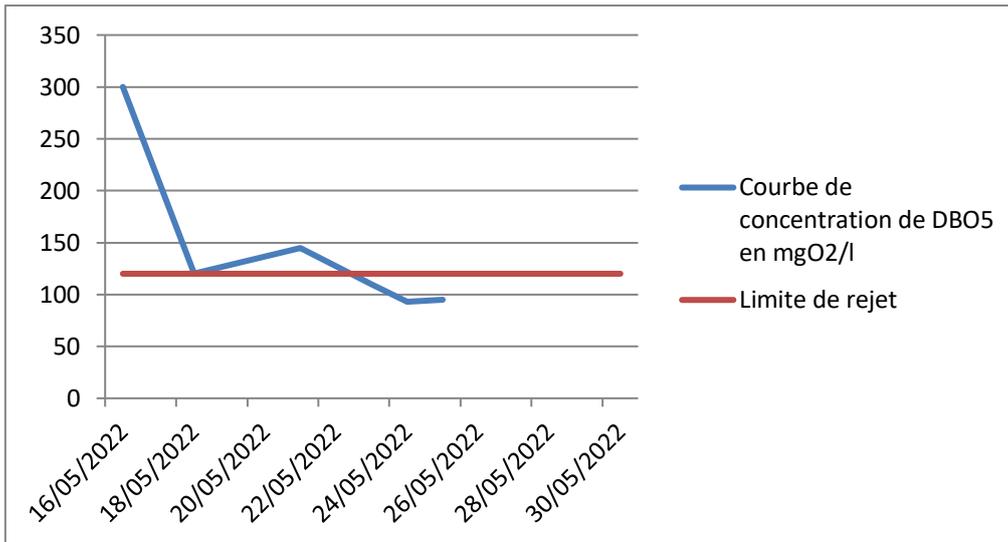


Figure 37: variation de [DBO5] en sortie de la STEP des abattoirs entre 16 et 30 Mai 2022

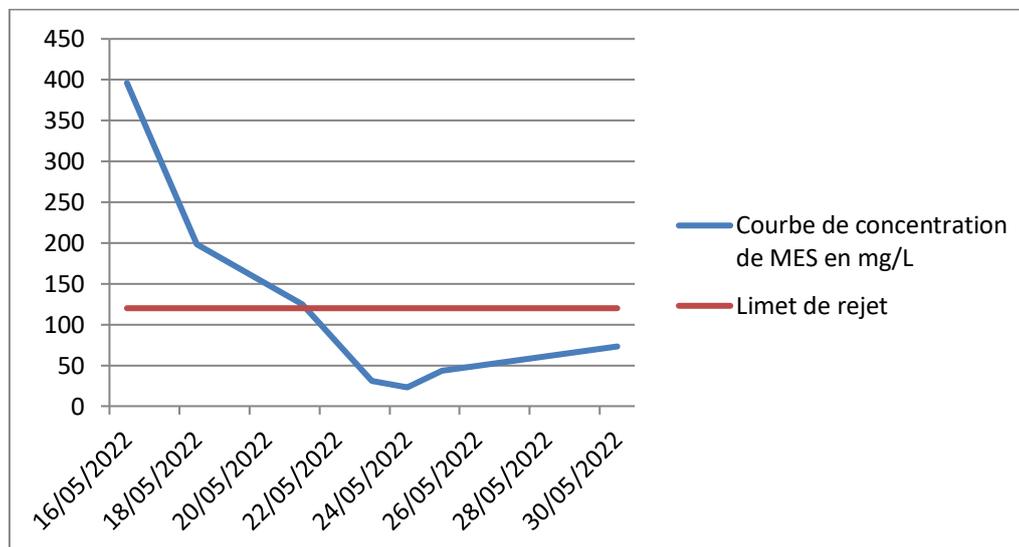


Figure 38: variation de [MES] en sortie de la STEP des abattoirs entre le 16 et 30 Mai 2022

Et Cette diminution des valeurs des concentrations des 3 paramètres peut s'expliquer par l'évolution du fonctionnement des ouvrages de traitement de la STEP, en particulier le flotateur (réglage du dose du coagulant et du floculant par le Jar-Test), et le bassin biologique qui sont les principaux ouvrages responsables de l'élimination de la pollution.

-Rendement de la STEP :

Le rendement est calculé par l'équation suivante :

$$R = \frac{\text{charge entrante} - \text{charge sortante}}{\text{charge entrante}} \times 100$$

Pour calculer le rendement, on calcule la charge polluante de chaque paramètre en entrée et en sortie de la STEP pendant les derniers 15 jours du mois de Mai.

Elle est calculée à partir de la relation suivante :

$$CP = [C]_{(\text{en Kg/l})} \times \text{Débit}_{(\text{en l/j})}$$

Tableau 7: Valeurs des charges polluantes et rendement de la STEP, laboratoire externe (13 au 31 Mai)

Charge polluantes et rendement									
Date	Entrée			Sortie			Rendement		
	DCO	DBO5	MES	DCO	DBO5	MES	DCO	DBO5	MES
	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j	Kg/j
Valeurs Contractuelle	9274	4397	2037	300	144	180	97 %	97 %	91%
16/05/2022	1937	1059	316	269	151	200	86 %	86 %	37%
18/05/2022	493	959	498	50	18	30	90 %	98%	94%
21/05/2022	2344	1250	635	151	76	65	94 %	94%	90%
23/05/2022	2196	941	675	96	63	18	96 %	93%	97%
24/05/2022	1246	692	341	52	27	7	96 %	96%	89%
25/05/2022	821	332	546	93	46	22	89 %	85%	96%
30/05/2022	2050	--	634	73	--	37	96 %		94 %
Moyenne	1580	872	521	112	55	54	92 %	92 %	87 %
Maximum	2344	1250	675	269	151	200	96 %	98 %	98 %
Minimum	493	332	316	50	18	7	86 %	85 %	37 %

On peut donc conclure, qu'en termes de dépollution la station donne un bon rendement.

3.2.2 File boues :

La mesure de la siccité des boues et des refus de dégrillage et de tamisage est nécessaire afin de vérifier le bon fonctionnement des ouvrages de traitement. De ce fait des analyses in situ de la siccité des refus solides ont été faites.

3.2.2.1 Données contractuelles :

Après dégrillage, les refus sont compactés pour limiter les volumes à exporter et minimiser leur humidité. Une siccité minimale de **30 %** est imposée avant le stockage en sac dans des containers.

La déshydratation des boues doit permettre d'obtenir une siccité minimum de **20%**

3.2.2.2 RESULTATS DES ANALYSES ET INTERPRETATIONS :

Les résultats obtenus sont les suivantes :

Tableau 8: Résultats des analyses de la siccité des refus solides

	Tare(g)	Poids d'échantillon liquide (g)	Poids après séchage à 105°(g)	Siccité(%)
Refus du dégrilleur	71,5426	105,6733	83,5167	35,1
Refus des tamis	70,5544	92,9896	74,7995	18,9
Boue de l'entrée de la presse à vis	26,3534	51,97	27,4102	4,12
Boue de la sortie de la presse à vis	25,707	49,2681	30,9171	22

La valeur de la siccité des refus de dégrilleur est conforme à la valeur contractuelle (supérieure à 30 %) au contraire au refus de tamisage où le taux d'humidité reste important, qu'on peut expliquer par l'absence d'un matériel de compactage après le tamisage.

La siccité des boues déshydratées respecte les données contractuelles, elle est supérieure à 20%. La siccité des boues déshydratées dépend du taux d'injection du polymère dans la cuve avant presse de déshydratation.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

Le présent stage à la LYDEC nous a permis de découvrir et nous familiariser avec l'univers professionnel avec ses multiples intervenants et d'y mettre en application nos compétences et connaissances théoriques. Ce stage fût donc une précieuse opportunité d'approfondir l'ensemble de nos connaissances techniques sur le domaine des STEP.

Notre travail portait sur le suivi de la mise en service de la STEP des abattoirs de Casablanca et l'évaluation de ses performances.

Le projet de réhabilitation de la STEP de l'abattoir de Sidi Othmane à Casablanca est une nécessité pour protéger le milieu récepteur qui est dans ce cas la station de prétraitement de Sidi Bernoussi, vu que l'océan est le milieu récepteur de cette dernière, les eaux usées générées par l'abattoir constituent une source de pollution pour la vie aquatique de l'océan. Elles peuvent être responsables d'un déséquilibre écologique irréversible ainsi que de l'eutrophisation des eaux de milieu récepteur.

Le traitement des eaux usées au niveau de la STEP des abattoirs passe par les phases suivantes : prétraitement, traitement primaire (physico-chimique), traitement biologique (bassin d'aération à boues activées) et traitement tertiaire.

Le suivi des analyses du traitement a montré qu'il y a une amélioration des performances de la STEP) tout au long de la période du suivi ; les concentrations de la DCO, DBO5 et MES au début de la période de suivi ont été élevée (dépassé les normes marocaines) mais le réglage des paramétrages surtout au niveau du flotateur (réglage des doses du coagulant et du floculant) a permis de baisser les concentrations des paramètres de pollution jusqu'à l'atteinte des normes de rejet.

Néanmoins, la station d'épuration des abattoirs de Casablanca reste face à certain nombre de problèmes qui vont empêcher le bon fonctionnement des ouvrages et diminuer le rendement de la STEP vu que l'activité d'abattage augmente d'une année à une autre.

Afin d'améliorer l'état de la station, il serait intéressant :

✓ Installation d'une fosse à bâtard avant le dégrillage qui consiste une élimination des objets trop volumineux qui pourrait endommager les équipements de la station.

✓ L'installation d'une zone anoxie en tête du bassin d'aération, comme ça l'environnement favorable des bactéries dénitrifiant est créé, ou recourir à la méthode de syncopage ; le bassin d'aération soumis à une alternance de phase aérobie et anoxie. La méthode se base sur un fonctionnement discontinu des aérateurs.

✓Injection de chlorure ferrique au niveau de canal entre dégazage et le décanteur secondaire pour éliminer le phosphore.

✓Il faut avoir son propre laboratoire d'analyses pour gagner du temps et évité toute erreur d'analyses.

REFERENCES

- [1] Driss Belghyti (2009), Caractérisation physico-chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en œuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc <https://www.ajol.info/index.php/afsci/article/view/61730>
- [2] Hind NIAR (2018): évaluation des performances de la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Oualidia (Rapport de stage d'insertion en milieu professionnel, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat : Génie Rural).
- [3] René Alvare, Gunnar Lidén (June 2007) Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3387025/#:~:text=The%20most%20common%20methods%20used,filters%20and%20activated%20sludge%20processes>
- [4] Andrew C. Marr, Queen's University Belfast, United Kingdom (June 29, 2012) Slaughterhouse Wastewater Treatment by Combined Chemical Coagulation and Electrocoagulation Process
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0040108>
- [5] Système de mesure de la DBO, catalogue général (Mars 2012) https://www.humeau.com/media/blfa_files/CO_OXIDIRECT_FR_290814.pdf
- [6] Dictionnaire Aquaportail, publiée le 15/05/2009.
<https://www.hannainstruments.fr/produits-hanna-instruments/dco-eaux-usees/?sort=rd>

[7]Programme Fonctionnel Détaillé (PFD), CAHIER DES
PRESCRIPTIONS SPECIALES, Travaux de Réhabilitation de la STEP des abattoirs
de Casablanca sis Sidi Othmane (document interne ; Lydec Casablanca)