

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire de Master

En vue de l'obtention de diplôme de Master

EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Génie de l'Environnement

Thème

**Étude du fonctionnement de la station d'épuration des eaux
usées cas de la STEP de baraki**

Réalisé par :

FRIANE AYMEN

TOBAL ABDESLAM

Encadré par :

Dr. DADOU Salima

Année universitaire 2022/2023

Remerciements

En préambule à ce mémoire qui représente l'aboutissement de longues et enrichissantes années d'études universitaires, nous tenons à remercier avant tout, **Allah** le tout puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la force de mener à terme ce modeste travail.

Nous remercions nos parents pour leur soutien tant moral, spirituel et matériel.

Nos remerciements spéciaux vont à notre promotrice, Mme Dadou Salima, Maître de Conférences (B) à l'université Blida 1, pour sa disponibilité, ses conseils et son guide.

Nous remercions également Monsieur. Mr Hafid Amirouche le chef d'exploitation de la station d'épuration des eaux usées urbaines de Baraki et l'ensemble de ses collaborateurs qui nous ont prêté main forte dans l'élaboration de ce projet de fin d'études.

Nous remercions les membres du jury pour l'attention et la diligence qui vont porter à notre travail et à la conduite des discussions lors de notre soutenance.

Nous exprimons aussi notre profonde gratitude à tous les enseignants du département de génie des procédés qui ont assuré notre formation et qui nous ont permis d'acquérir de précieuses connaissances scientifiques.

Nos vifs remerciements s'adressent aussi à l'ensemble du personnel du Département de Génie des procédés de l'université Blida 1.

Résumé

Résumé

Ce travail met en évidence l'importance du fonctionnement de la station de l'épuration des eaux de Baraki, Wilaya d'Alger. Pour atteindre nos objectifs un suivi a été effectué au niveau de la STEP de Baraki durant notre stage, pour le contrôle des paramètres de pollution des eaux usées avant et après le traitement. Les résultats présentent un rendement épuratoire de la station satisfaisant avec 97 % des matières en suspension (MES), le taux d'abattement de la demande chimique en oxygène (DCO) et demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (BDO₅) sont respectivement de 95 % et 94 %. Changement des valeurs des paramètres physicochimiques dans les quatre types d'eau (EB, ED, EC, EF), signifie le bon fonctionnement des ouvrages et les procédés de décantation, clarification, filtration. Le traitement des boues présente le double avantage de réduire leur volume tout en produisant une source d'énergie valorisable. Une des voies de cette valorisation est la production du biogaz. Ce dernier pourrait être une source d'énergie électrique et thermique.

Mots clés : Eaux usées, STEP, Boue, Biogaz.

Abstract

This work highlights the importance of the operation of the water treatment plant in Baraki, Wilaya of Algiers. To achieve our objectives, we monitored wastewater pollution parameters before and after treatment at the Baraki STEP during our internship. The results show that the plant's purification efficiency is satisfactory, with 97% of suspended solids (MES), and chemical oxygen demand (DCO) and biochemical oxygen demand for 5 days (BDO₅) abatement rates of 95% and 94% respectively. Changes in physicochemical parameter values in the four water types (EB, ED, EC, EF), signify the proper operation of the facilities and the decantation, clarification and filtration processes. Sludge treatment offers the dual advantage of reducing the volume of sludge and producing a valuable source of energy. One way of doing this is by producing biogas. Biogas could be a source of electrical and thermal energy.

Keywords: Waste water, STEP, Sludge, Biogas.

ملخص

الكلمات الرئيسية

Liste des abréviations

STEP : station d'épuration

SEAAAL : société des eaux et d'assainissement d'Alger

ONA : office national d'assainissement

PR : Poste de relevage

SRG : station de relevage

GDE : Grille D'épaississement Egouttage

MES : matières en suspension

DBO : demande biochimique en oxygène

DCO : demande chimique en oxygène

PH : Potentiel d'hydrogène

CE : Conductivité

Ppm : partie par million

EB : Eau brute

ED : Eau décantée

EC : Eau clarifié

EP : eaux épurées

MS : matière sèche

MVS : matières volatiles en suspension

AGV : Acide gras volatile

TAC : Titre alcalimétrique complet

BE : boue épaissie

BM : boue mixte

BD : boue digérée

B désh : boue déshydratée

Liste des tableaux

N° du tableau :	page
Tableau II. 1. Caractéristiques générales de la station d'épuration de Baraki.....	11
Tableau II.2. Débit d'eau brute à l'entrée de la STEP	15
Tableau II.3. Ouvrages compris dans le poste de relèvement	16
Tableau II.4. Ouvrage compris dans le Dégrilleur.....	18
Tableau II.5. Paramètres des eaux dans la décantation primaire dans les derniers 5 ans	22
Tableau II.6. Débit l'eau à l'entrée du traitement biologique.....	23
Tableau II.7. Besoin en oxygène	23
Tableau II.8. Débit de la boue	32
Tableau II.9. Paramètre des boues dans l'épaississement pendant 5 ans	33
Tableau II.10. Différents principes des boues	34
Tableau II.11. Principes de Polymère.....	35
Tableau II.12. Paramètre des boues dans les digesteurs pendant 5 ans	39
Tableau III.1. Composition chimique de biogaz.	70
Tableau III.2. Analyses statistiques du biogaz dans les derniers 3 ans (2019, 2020, 2021)...	73

Liste des figures

Figure N° :.....	page
Figure I.1. Localisation et limite géographique de la zone d'étude.....	2
Figure I.2. Carte géologique de la Mitidja-Est.....	3
Figure I.3. Météo mensuelle pour Baraki.....	4
Figure I.4. La température horaire moyenne, codée par bandes de couleur. Les superpositions ombrées indiquent la nuit et le crépuscule civil.	5
Figure I.5. Pluviométrie mensuelle moyenne à Alger.....	6
Figure I.6. Schéma général d'assainissement	6
Figure I.7. Schéma explicatif des différents branchements du réseau unitaire.....	8
Figure II.1. Vue aérienne de la STEP de Baraki.....	10
Figure II.2. Présentation de la STEP de Baraki (selon logiciel Topkapi).....	11
Figure II.3. Schéma fonctionnel de la file eau	12
Figure II.4. Schéma fonctionnel de la file eau selon Topkapi	14
Figure II.5. Schéma de Prétraitements	15
Figure II.6. Poste de relevage PR2 de la STEP Baraki, année 2023(photo prise sur terrain). 16	
Figure II.7. Poste de relevage PR1 et PR2 de la STEP Baraki, année 2023(selon Topkapi) . 17	
Figure II.8. Dégrilleur grossier (60mm) et fine (20mm).....	18
Figure II.9. Dégrilleur grossier et fine (selon Topkapi).....	19
Figure II.10. Dessableur/déshuileur la STEP Baraki, année 2023(selon terrain)	20
Figure II.11. Dessableur/déshuileur la STEP Baraki, année 2023(selon Topkapi)	20
Figure II.12. Bassin de décantation primaire de la STEP Baraki, année 2023	21
Figure II.13. Bassin de décantation primaire de la STEP Baraki, (selon logiciel Topkapi) ...	21
Figure II.14. Bassin d'aération de la STEP Baraki (prise sur terrain 2023)	24
Figure II.15. (a) Bassin d'aération de la STEP Baraki (selon Topkapi)	24
Figure II.16. Schéma général de la décantation secondaire	25
Figure II.17. Clarificateur ou bassin secondaire (prise sur terrain à STEP Baraki 2023).....	25
Figure II.18. Clarificateur ou bassin secondaire (selon logiciel Topkapi).....	26
Figure II.19. Lit de sable, filtration par filtres Aquasures (photo prise sur terrain 2023).....	26
Figure II.20. Filtration tertiaire (selon logiciel Topkapi).....	27
Figure II. 21. (a) Désinfection par les lampes UV (prise dans terrain 2023).....	27
Figure II.22. Ouvrage de rejet (prise sur terrain à STEP Baraki 2023).	28
Figure II.23. Schéma fonctionnel de la file boue	29
Figure II.24. Schéma fonctionnel de la file boue selon Topkapi	31
Figure II.25. Représentation schématique des 5 sections de l'unité de traitement (L'épaississement).....	33
Figure II.26. Poudre de polymère et sa caractéristique.....	34
Figure II.27. Bac de préparation de polymère (selon terrain).....	35
Figure II.28. Bac de préparation de polymère (selon Topkapi).....	35
Figure II.29. (a)Boue primaire en excès ; (b) Epaississeur de la STEP Baraki 2023	36
Figure II.30. Epaississeur de la STEP Baraki (selon Topkapi).....	37
Figure II.31. Schéma générale de la filière de digestion des boues	38

Liste des figures

Figure II.32. Digesteurs dans la STEP de BARAKI 2023(selon terrain)	38
Figure II.33. Digesteurs dans le STEP de BARAKI (selon Topkapi)	39
Figure II.34. Schéma de la filière de la digestion des boues de la STEP de Baraki	40
Figure II.35. Gazomètre de stockage de biogaz, torchère et pot de purge.....	41
Figure II.36. Gazomètre et torchère (selon Topkapi).....	41
Figure II.37. Chauffage des boues selon Topkapi	41
Figure II.38. Représentation schématique des 5 sections de l'unité de traitement (déshydratation).....	42
Figure II.39. Mélange les boues digérées et les boues mixtes (selon Topkapi).....	43
Figure II.40. Agitateur	43
Figure II.41. Schéma de fonctionnement table d'égouttage	44
Figure II.42. Table d'égouttage (selon terrain 2023).....	44
Figure II.43. Filtre à bande (selon Topkapi)	45
Figure II.44. Graphes des consommations en polymère pour la déshydratation des boues ...	46
Figure II.45. Banne de stockage de la boue final.....	47
Figure II.46. Stockage de la boue au niveau de la station de Baraki (Photo pris en 2023) ...	48
Figure II.47. Graphes des stockages des boues.....	49
Figure III.1. Débit moyen au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années.....	50
Figure III.2. Préleveur automatique.....	51
Figure III.3. Différents prélèvements d'eau	52
Figure III.4. Concentrations moyennes de la MES au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années.....	53
Figure III.5. Incubateur.....	55
Figure III.6. Concentrations moyennes de la DBO5 au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années.....	55
Figure III.7. (a) Spectrophotomètre ; (b) Réactifs d'analyse de la DCO	57
Figure III.8. Concentrations moyennes de la DCO au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années.....	57
Figure III.9. Concentrations moyennes de NT au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années.....	59
Figure III.10. Concentrations moyennes de la PT de l'eau brute et épurée durant les derniers cinq années	60
Figure III.11. Concentrations moyennes du nitrate de l'eau brute durant les derniers cinq années.....	61
Figure III.12. Variation du PH de l'eau brute, clarifié et filtré de la station durant les derniers cinq années	62
Figure III.13. Concentrations moyennes de la CE au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années.....	63
Figure III.14. Variation des Potentiels d'hydrogènes (pH) au niveau de chaque digesteur ...	64
Figure III.15. Concentrations moyennes de la MS au niveau de la digestion et déshydratation de la station pendant les derniers cinq années.....	65

Liste des figures

Figure III.16. Concentrations moyennes de la siccité au niveau de déshydratation de la station dans les derniers cinq années	66
Figure III.17. Concentrations moyennes du rapport AGV/TAC au niveau de digesteur de la station dans les derniers cinq années	68
Figure III.18. Variation des MVS des boues pendant les cinq années	69
Figure III.19. Variation de biogaz de digesteur E en fonction des années 2019, 2020, 2021	72
Figure III.20. Variation moyenne de biogaz de digesteur E et de digesteur F en fonction des années 2019,2020, 2021	72

Sommaire

Remerciements	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction Générale.....	1

Chapitre I Présentation de la zone d'étude

I.1.Introduction.....	2
I.2.Caractérisation de la zone d'étude	2
I.2.1.Situation géographique	2
I.2.2.Situation géologique	2
I.2.3.Topographie.....	3
I.2.4.Hydrogéologie	4
I.3.Climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Baraki-Algérie ...	4
I.3.1.Température moyenne à Baraki	4
I.3.2.Précipitations au long de l'année pour Alger	5
I.4.Réseaux d'assainissement en Algérie	6
I.4.1.Réseaux d'assainissement de la ville d'Algérie.....	7
I.4.2. Système d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales	8
I.4.3.Arrivée des eaux usées à la station de Baraki.....	8
I.5.Conclusion	9

Chapitre II Description générale de la station d'épuration de BARAKI

II.1.Introduction	10
II.2.Présentation des différents services de la STEP	10
II.3. Logiciel utilisé dans la station de BARAKI	11
II.4. Filières de traitement de la STEP	12
II.4.1. Filière eau	12
II.4.1.1. Equipements de la file eau :.....	13
II.4.1.2. Prétraitement	15
II.4.1.3. Traitement primaire (décantation primaire).....	20
II.4.1.4. Traitement secondaire (biologique).....	22
II.4.1.5. Traitement tertiaire	26

Sommaire

II.4.2. Filière boue	28
II.4.2.1. Equipements de la file boue :	30
II.4.2.2. Recirculation et Extraction des Boues	32
II.4.2.3. Epaississement.....	32
II.4.2.4. Digestion anaérobie des boues.....	37
II.4.2.5. Déshydratation.....	42
II.4.2.6. Dysfonctionnement de la filière boue de la station de BARAKI.....	47
<i>Chapitre III Étude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI</i>	
III.1.Introduction	50
III.2.Paramètres de pollution de la file eau.....	51
III.2.1.Echantillonnage et méthodes d'analyses	51
III.2.1.1.Echantillonnage automatique.....	51
III.2.1.2.Echantillonnage manuel	52
III.2.2.Méthodes d'analyses et interprétation des résultats	52
III.2.2.1.Matières en suspension (MES).....	52
III.2.2.2.Demande biologique en oxygène (DBO ₅)	54
III.2.2.3.Demande chimique en oxygène (DCO)	56
III.2.2.4.Azote total (NT).....	58
III.2.2.5.Phosphore Total (Pt)	59
III.2.2.6.Nitrate (N-NO ₃).....	60
III.2.2.7.Potentiel hydrogène (PH).....	61
III.2.2.8.Conductivité électrique.....	62
III.3. Caractérisation physicochimique des boues finales issues de la station d'épuration de Baraki	63
III.3.1.Mésure de potentiel hydrogène (PH).....	64
III.3.2.Détermination de la matière sèche.....	65
III.3.3.Détermination de la siccité	66
III.3.4.Détermination du rapport AGV/TAC	67
III.3.5. Détermination de la matière volatile sèche « MVS »	68
III.4.Valorisation énergétique des boues.....	69
III.4.1.Biogaz	69
III.4.2.Caractéristiques du biogaz	70
III.4.3.Valorisation de biogaz.....	71
III.4.3.1.Production de chaleur	71
III.4.3.2.Production d'électricité.....	71
III.4.3.3.Production de carburant véhicule.....	71
III.4.4.Analyse de biogaz	72
Conclusion générale	75

Sommaire

Introduction Générale

Introduction générale

Ces dernières années, la qualité des eaux dans le monde s'est fortement dégradée en raison des rejets non contrôlés de déchets industriels et agricoles. Ils produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux utilisations souhaitées [1].

L'Algérie, comme de nombreux pays méditerranéens, cherche constamment à diversifier ses ressources en eau, notamment en développant des infrastructures de dessalement de l'eau de mer sur les zones côtières pour la production d'eau potable, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation et les activités industrielles.

Les besoins en ressources en eau de bonne qualité augmentent en raison de l'accroissement de la population et de l'intensification des activités industrielles et agricoles. En outre, les ressources en eau douce dans les régions arides et semi-arides sont souvent rares, et des sources d'eau alternatives, souvent de qualité marginale, sont de plus en plus utilisés pour l'irrigation des terres agricoles. La réutilisation de l'eau est l'une des possibilités de réduire le déficit en eau de l'agriculture [2].

Les ressources en eau de surface et souterraines sont polluées par le déversement incontrôlé d'eaux usées municipales non traitées, provenant des industries et du ruissellement agricole. Les eaux usées traitées réduisent les rejets d'effluents dans les eaux réceptrices et fournissent un approvisionnement en eau fiable pour les applications qui ne nécessitent pas une eau de haute qualité, ainsi libérer des ressources en eau potable autrement limitées [3].

Il est donc essentiel de comprendre la variabilité de l'influent des eaux usées réutilisées et son impact sur le processus de traitement afin de prévenir les effets néfastes sur la santé et l'environnement. L'évaluation de l'efficacité des stations d'épuration des eaux usées est difficile en raison la présence de plusieurs paramètres chimiques, physiques et microbiologiques qui doivent être pris en compte. Cela représente un grand défi pour les opérateurs en raison de la complexité des relations entre les paramètres [4].

Par conséquent, ce mémoire fait le point sur l'étude de fonctionnement de la station d'épuration (STEP) de BARAKI W Alger.

Au premier temps on s'intéresse à donner des informations sur le STEP de Baraki dans le chapitre I.

Le chapitre II est consacré à la description générale de la station d'épuration de BARAKI.

Le chapitre III porte sur l'étude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI.

Ce travail se termine par une conclusion générale avec des recommandations.

Chapitre I Présentation de la zone d'étude

I.1. Introduction

Une station d'épuration est une installation de traitement des eaux usées destinée à les rendre propre, à être rejetées sans inconvénients majeurs dans le milieu naturel et rejoindre le cycle de l'eau. Le principe d'une station d'épuration est de réduire la charge polluante (matières organiques en suspension et en solution, produits chimiques...) des effluents afin de ramener les paramètres physico-chimiques et biologiques de ces eaux aux normes compatibles avec l'équilibre biologique du milieu récepteur. Ce présent chapitre porte sur la présentation de la zone d'étude de la station d'épuration des eaux usées de BARAKI.

I.2. Caractérisation de la zone d'étude

I.2.1. Situation géographique

La commune de Baraki se localise géographiquement dans la partie orientale de la plaine de Mitidja. Est considérée comme une agglomération importante de la Wilaya d'Alger, elle se situe à environ 15 km au Sud-Est de la ville d'Alger et à 35 km au nord-est de Blida. Elle s'éloigne de la mer d'environ 14 km. Baraki est délimitée au nord par la commune d'El Harrach, au sud par la commune de Sidi moussa, à l'ouest par les communes de Saoula et Birtouta et à l'est, par celle des Eucalyptus (Fig.I.1).

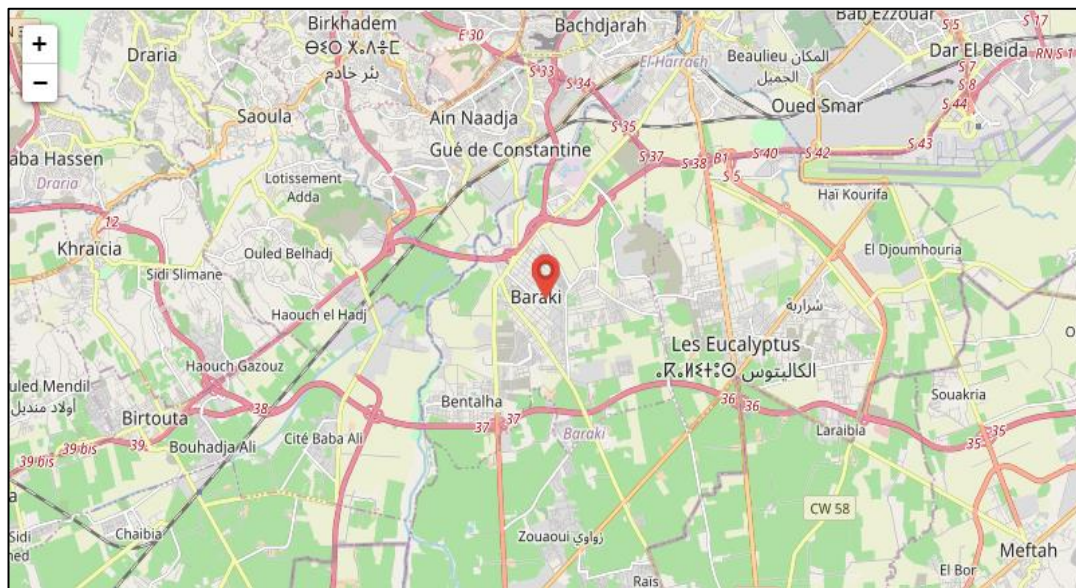


Figure I.1. Localisation et limite géographique de la zone d'étude

I.2.2. Situation géologique

La Mitidja a un cadre géologique complexe. Les sols sont généralement constitués par des marnes gypseuses et de marnes-calcaires jaunes formant des plaquettes schisteuses [5].

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

Aux terrains pliocènes du Sahel (calcaires, grès calcaires, argilo-calcaires), s'opposent les alluvions quaternaires actuelles de la Mitidja.

On note également la présence du tuf. Quant aux plaines littorales, elles sont constituées de sols sableux moins unifiés à l'Est (Bordj -El Kiffan) convenant aux cultures maraîchères.

Du point de vue géomorphologique, la région de la Mitidja est composée de deux types de reliefs : d'une part, le sahel, et d'autre part, la plaine fertile de la Mitidja avec une altitude avoisinant 50 m (Fig. I.2.). La nature du sol de la région de Baraki est limoneuse à la surface, puis caillouteuse et ensuite marneuse en profondeur.

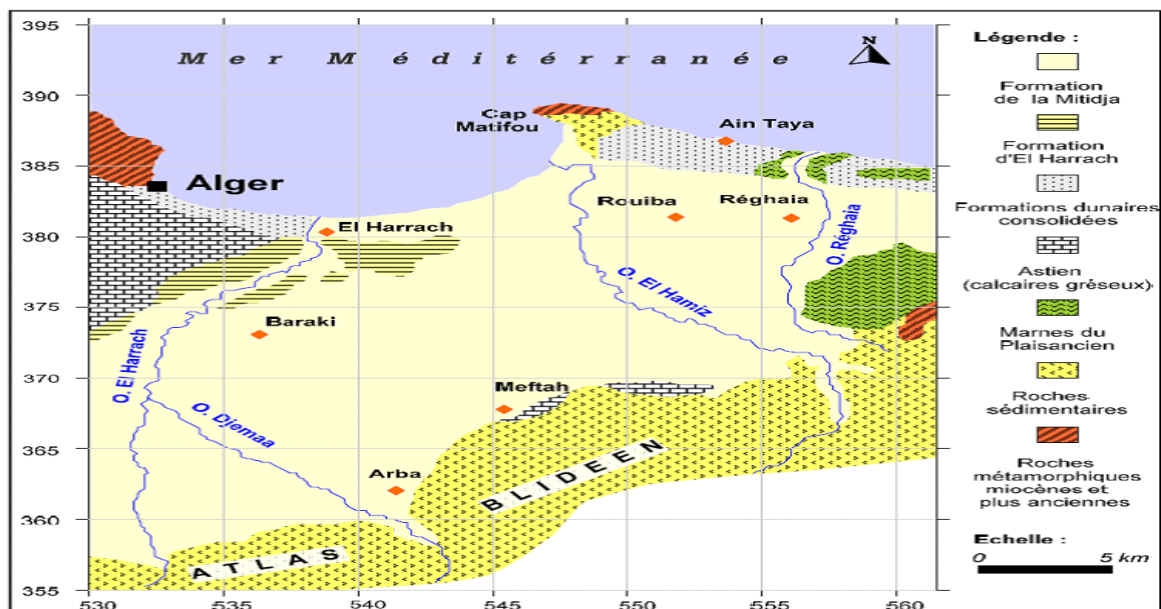


Figure I.2. Carte géologique de la Mitidja-Est

I.2.3. Topographie

Les coordonnées géographiques pour Baraki sont $36,667^\circ$ de latitude, $3,096^\circ$ de longitude et 22 m d'altitude. La topographie dans les 3 kilomètres entourant Baraki est essentiellement plate, avec une variation de l'altitude de 29 mètres maximum et une altitude moyenne au-dessus du niveau de la mer de 21 mètres. Dans les 16 kilomètres, la topographie est essentiellement plate (610 mètres). Dans les 80 kilomètres, variations considérables de l'altitude (1 706 mètres). La région dans un rayon de 3 kilomètres de Baraki est couverte par des surfaces artificielles (49 %) et des terres cultivées (43 %), dans un rayon de 16 kilomètres par des terres cultivées (45 %) et des surfaces artificielles (30 %) et dans un rayon de 80 kilomètres par des de l'eau (44 %) et des terres cultivées (32 %) [6].

I.2.4. Hydrogéologie

Notre région d'étude appartient à la zone prioritaire d'El Harrach, avec un aléa hydrologique moyen drainé par son bassin versant. Cet oued prend naissance dans les reliefs de l'Atlas blidéen et traverse la plaine de la Mitidja pour se jeter en méditerranée [7].

Il reçoit des eaux de plusieurs affluents comme l'oued de Baba Ali et l'oued El Kerma, et longe la STEP en drainant un important bassin versant englobant les parties aval et amont de l'oued.

L'eau reçue par la STEP provient de deux nappes.

- La première de direction nord-ouest est alimentée par la nappe de l'oued El Harrach.
- La seconde de direction sud-est est alimentée par l'oued Baba Ali.

I.3. Climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Baraki-Algérie

I.3.1. Température moyenne à Baraki

À Baraki, les étés sont très chauds, lourds, secs et dégagés dans l'ensemble et les hivers sont longs, frisquets, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 6 °C à 32 °C et est rarement inférieure à 2 °C ou supérieure à 36 °C.

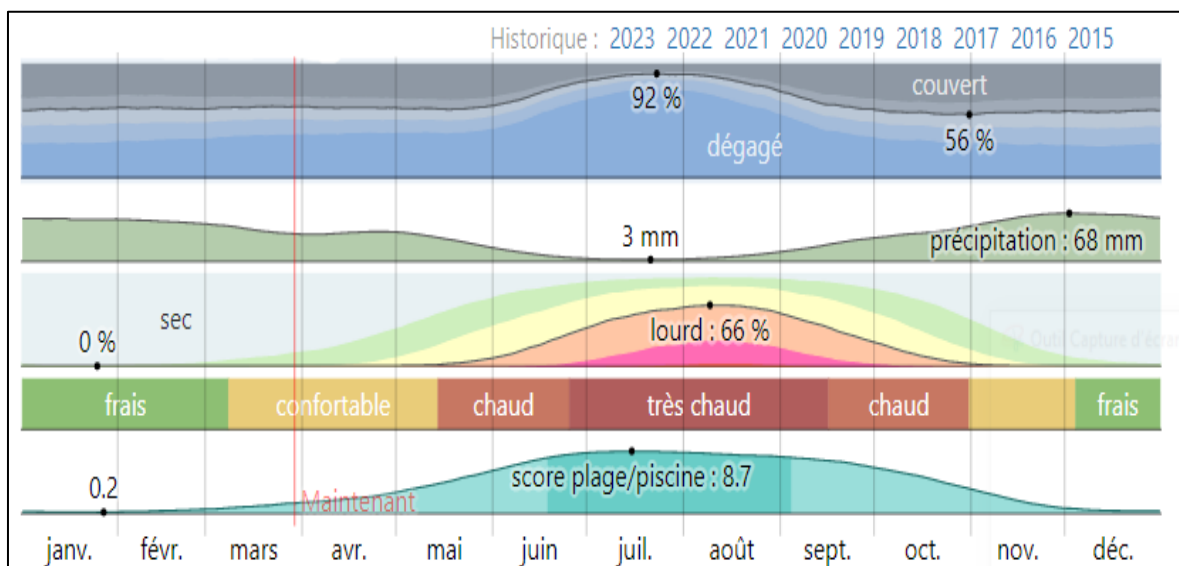


Figure I.3. Météo mensuelle pour Baraki

La saison très chaude dure 3,0 mois, du 21 juin au 20 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 29 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Baraki est août, avec une température moyenne maximale de 32 °C et minimale de 20 °C.

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 23 novembre au 22 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 20 °C. Le mois le plus froid de l'année à Baraki est janvier, avec une température moyenne minimale de 6 °C et maximale de 17 °C.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

La figure ci-dessous montre une caractérisation compacte des températures horaires moyennes pour toute l'année. L'axe horizontal représente le jour de l'année, l'axe vertical l'heure du jour, et la couleur représente la température moyenne pour cette heure et ce jour.

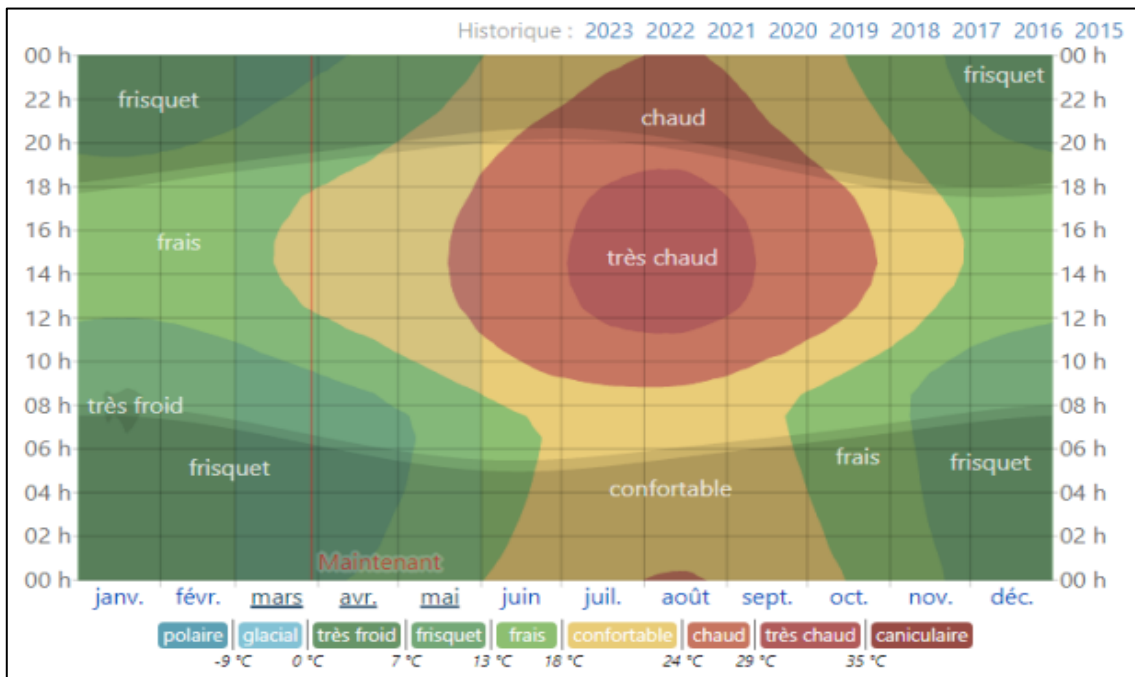


Figure I.4. La température horaire moyenne, codée par bandes de couleur. Les superpositions ombrées indiquent la nuit et le crépuscule civil.

I.3.2. Précipitations au long de l'année pour Alger

A jour de précipitation est un jour au cours duquel on observe une accumulation d'eau ou mesurée en eau d'au moins 1 millimètre. La probabilité de jours de précipitation à Alger varie au cours de l'année.

La saison connaissant le plus de précipitation dure 7,8 mois, du 22 septembre au 15 mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 16 %. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Alger est novembre, avec une moyenne de 7,9 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation.

La saison la plus sèche dure 4,2 mois, du 15 mai au 22 septembre. Le moins ayant le moins de jours de précipitation à Alger est juillet, avec une moyenne de 0,7 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation. Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. Le mois avec le plus grand nombre de jours de pluie seulement à Alger est novembre, avec une moyenne de 7,9 jours. En fonction de ce classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 29 % le 19 novembre.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

La période pluvieuse de l'année dure 9,2 mois, du 1 septembre au 8 juin, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres sur une période glissante de 31 jours. Le mois le plus pluvieux à Alger est décembre, avec une chute de pluie moyenne de 66 millimètres.

La période sèche de l'année dure 2,8 mois, du 8 juin au 1 septembre. Le mois le moins pluvieux à Alger est juillet, avec une chute de pluie moyenne de 2 millimètres.

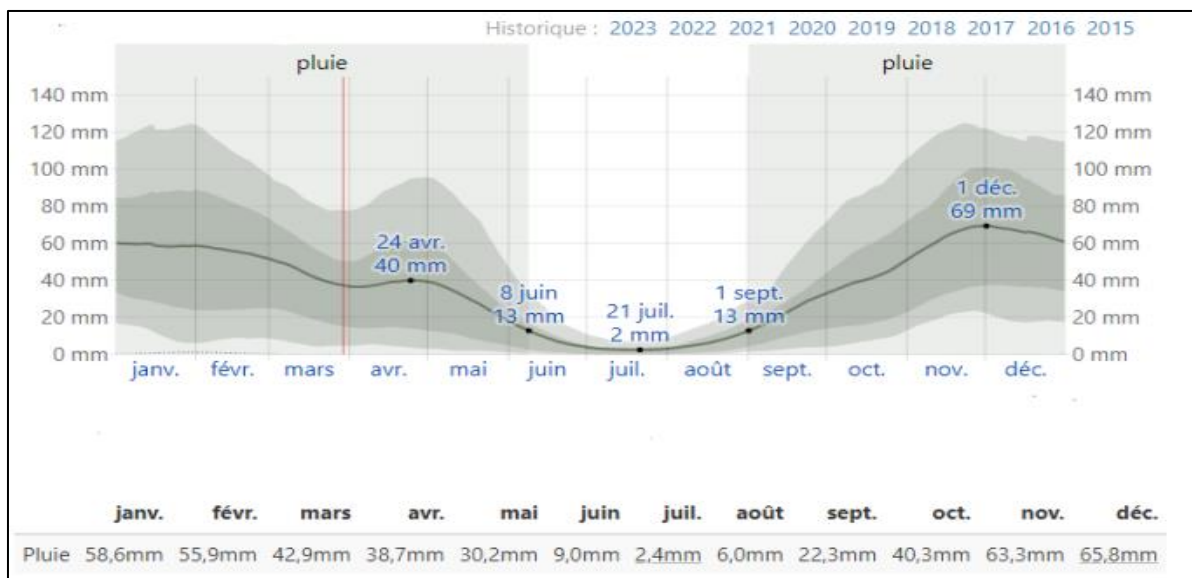


Figure I.5. Pluviométrie mensuelle moyenne à Alger

L'étude de précipitations à un rôle très important pour le choix du type de réseau d'assainissement à adopter.

I.4. Réseaux d'assainissement en Algérie

L'assainissement urbain consiste à évacuer des rejets liquides provenant des habitations (eau domestiques), des usines (eaux industrielles) et des eaux de ruissellement (eaux pluviales et eaux de lavage des routes et des voitures) à l'aide d'un réseau d'évacuation. Ces eaux seront rejetées dans l'environnement après leurs passages dans la station d'épuration pour préserver l'environnement et la santé publique.

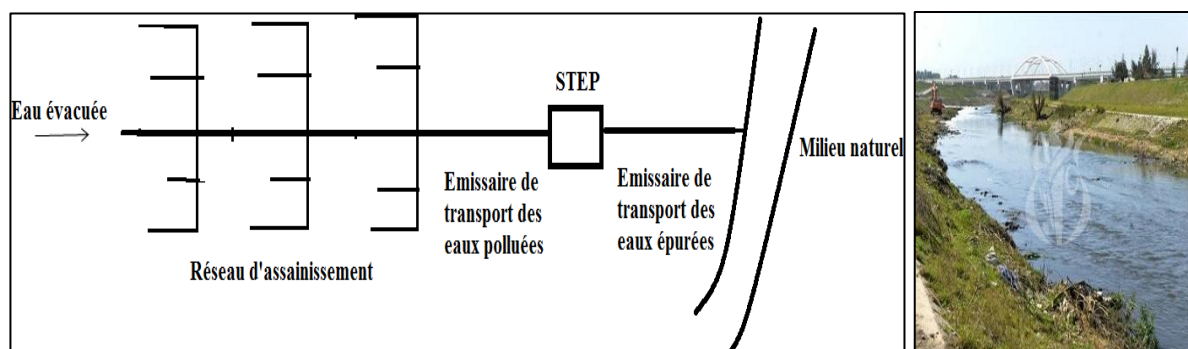


Figure I.6. Schéma général d'assainissement

I.4.1. Réseaux d'assainissement de la ville d'Algérie

Alger est la capitale de l'Algérie et la plus grande ville du pays. Elle est située sur la côte méditerranéenne et est bordée par la mer. Alger est également une ville densément peuplée, avec plus de 4.5 millions d'habitants [8]. La gestion des eaux usées dans une ville de cette taille est un défi majeur, et c'est pourquoi le service public de l'assainissement à Alger a connu une croissance significative au cours des dernières années. Le taux de raccordement au réseau d'assainissement est élevé mais la qualité du service demeure faible avec de nombreuses conduites obstruées ou trop petites par rapport aux besoins de la population. En outre, la plupart des stations d'épuration des eaux usées du pays ne sont pas opérationnelles. Les eaux usées collectées sont alors déversées sans traitement adéquat dans les vallées et dans la mer, ce qui n'est pas sans danger pour la santé publique. Il s'avère difficile de chiffrer en volume les pertes de ressources imputables aux pollutions, car celles-ci entraînent plutôt des surcoûts de production (traitements supplémentaires nécessaires) que des « mises hors d'usage » [9].

La pollution des milieux naturels par les rejets directs ou indirects provenant de l'assainissement urbain (eaux pluviales et eaux usées) ou par les activités industrielles commence à devenir très inquiétante. Dans les villes côtières, le potentiel piscicole des eaux de mer commence à diminuer d'une façon alarmante [10].

- **La collecte des eaux usées** : un réseau d'assainissement unitaire couvre la totalité des Wilayas d'Alger et de Tipasa avec un taux de raccordement de 98%. Le linéaire total de ce réseau est de 5 100 km, dont 200 km de réseau visitable (diamètre supérieur à 1,5 m).
- **Les ouvrages annexes** : deux bassins de rétention des eaux pluviales, des déversoirs d'orage, des chambres à sable et des collecteurs de décharge sont présents sur le territoire.
- **Le relevage des eaux usées** : 116 Postes de Relevage permettent de transférer les eaux usées collectées vers les stations d'épuration afin d'éviter les rejets dans le milieu naturel. Les capacités nominales de pompage varient de 50 m³/h à 23 000 m³/h.
- **L'épuration des eaux usées** : afin de rejeter une eau usée épurée conforme à la réglementation sauvegardant ainsi l'environnement, les eaux usées sont traitées au niveau des 08 stations d'épurations de type boue activée exploitées par SEAAAL. La capacité épuratoire totale est de 3.535.000 Eq/Hab. pour un débit nominal total de 633,330 m³/J.

I.4.2. Système d'évacuation des eaux usées et des eaux pluviales

La collecte s'effectue par l'évacuation des eaux usées domestiques, (et éventuellement industrielles ou pluviales) dans les canalisations d'un réseau d'assainissement appelés aussi collecteurs. Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait en général par gravité, c'est-à-dire sous l'effet de leur poids. Il peut parfois s'effectuer par refoulement, sous pression ou sous dépression. Trois systèmes d'évacuation susceptibles d'être mis en service sont : Système unitaire ; Système séparatif ; Système pseudo séparatif [11].

Dans la station d'épuration de Baraki le système choisi est le système unitaire. L'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales est assurée par un seul réseau.

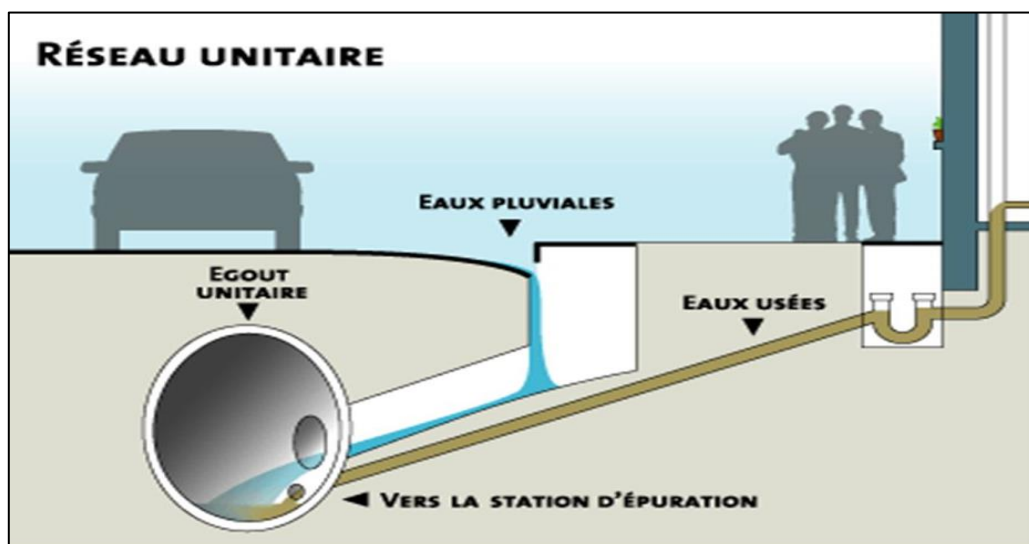


Figure I.7. Schéma explicatif des différents branchements du réseau unitaire

Les canalisations sont en ciment, parfois en fonte ou en PVC, plus rarement en grès ou en acier. Lorsque la configuration du terrain ne permet pas un écoulement satisfaisant des eaux collectées, on a recours à différents procédés (pompage et stations de relèvement) pour faciliter leur acheminement vers la station d'épuration où elles subissent différents traitements.

Le but de ces traitements est de diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans les eaux usées pour que l'eau finalement rejetée dans le milieu naturel ne dégrade pas ce dernier. Le "nettoyage" des eaux usées obéit donc à une logique de préservation des ressources en eau et de protection de l'environnement.

I.4.3. Arrivée des eaux usées à la station de Baraki

La station reçoit ses eaux par trois collecteurs connectés sur les deux stations de relevage en tête de station.

➤ **Sur station n°1**

- Collecteur générale rive gauche depuis la station de pompage nommée SRG2.
- Conduite Harrach industrielle.

➤ **Sur station n°2**

- Conduite baba Ali : le bassin de traitement reçoit les eaux domestiques évacuées de la station de pompage d'EL Harrach (70%) et (30%) arrivent gravitairement dans un collecteur de baba Ali.

Le collecteur général rive gauche est le principal collecteur d'eaux usées de l'agglomération d'Alger. Ce collecteur est équipé de deux stations de relevage en série : la première nommée SRG1 située à l'embouchure de l'oued OUCHAYAH et la seconde nommée SRG2 située à proximité du marché aux bestiaux d'EL Harrach.

I.5. Conclusion

La géomorphologique de la région est constituée par la plaine de la Mitidja, le Sahel d'Alger et d'une hydrographie moyen drainé, dense et ramifié, parmi les oueds les plus proches de la station d'épuration de BARAKI est Oued El Harrach. La région d'étude a une météorologie et une activité humaines et industrielle importante d'où un besoin important en eau d'irrigation nécessitant un apport de la réutilisation des eaux usées traitées.

***Chapitre II Description
générale de la station
d'épuration de BARAKI***

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

II.1. Introduction

La diminution de l'eau polluante des rejets est une affaire des sociétés industrielles, agriculture et usagers domestiques. Un grand nombre de communes se sont équipées d'une station d'épuration. Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents ouvrages et procédés de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI qui constitue des deux files, une file eau et une file boue. Nous allons illustrer l'application existante qui est un logiciel de gestion utilisé dans la station.

À la fin du traitement, l'eau épurée est rejetée dans le milieu naturel. Elle peut également être utilisée en irrigation de cultures ou d'espaces verts et on utilise la fin des boues pour la production des biogaz.

II.2. Présentation des différents services de la STEP

La mise en service de la STEP de Baraki date de 1989 ; elle n'a plus fonctionné pendant deux décennies, jusqu'à sa réhabilitation en 2009. Au début de son fonctionnement, la station avait une capacité épuratoire à 900 000 EH. En 2015, la station a doublé sa capacité à 1,8 million EH. Cette station traite les eaux de certaines communes d'Alger pour une moyenne théorique de 298 800 m³/jour [8]. Aujourd'hui, la STEP de Baraki est considérée comme une STEP de type boues activées à moyen charge.



Figure II.1. Vue aérienne de la STEP de Baraki

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

La STEP de Baraki est de type boues activées, elle se compose de deux filières :

- **Filière Eau** : Elle s'intéresse aux différentes étapes du traitement des eaux usées ;
- **Filière Boue** : Son but est de réduire le volume de la boue.

Tableau II. 1. Caractéristiques générales de la station d'épuration de Baraki [8]

Nom	Station d'épuration de BARAKI
Exploitant	SEAAL
Année de mise en route	1989
Type de réseau	Unitaire
Nature d'effluents	Domestiques et industriel
Capacité nominale	1 800 000 Eq/Hab.
Débit nominal	298 800 m ³ /j
Débit de pointe en temps sec	19 200 m ³ /h
Débit de pointe en temps de pluie	38 400 m ³ /h

II.3. Logiciel utilisé dans la station de BARAKI

Le TOPKAPI est le logiciel utilisé dans la station de BARAKI. Forte de son expertise sur les marchés de l'eau, des déchets et des énergies renouvelables, AREAL propose la solution de supervision Topkapi. Adaptée à ces métiers, elle répond aux problèmes des exploitants et intégrateurs : traitement des Big Data lié à une instrumentation plus importante et plus intelligente, analyse des données en temps réel, gestion des nouveaux supports de communication, intégration au système d'information de l'entreprise, etc.

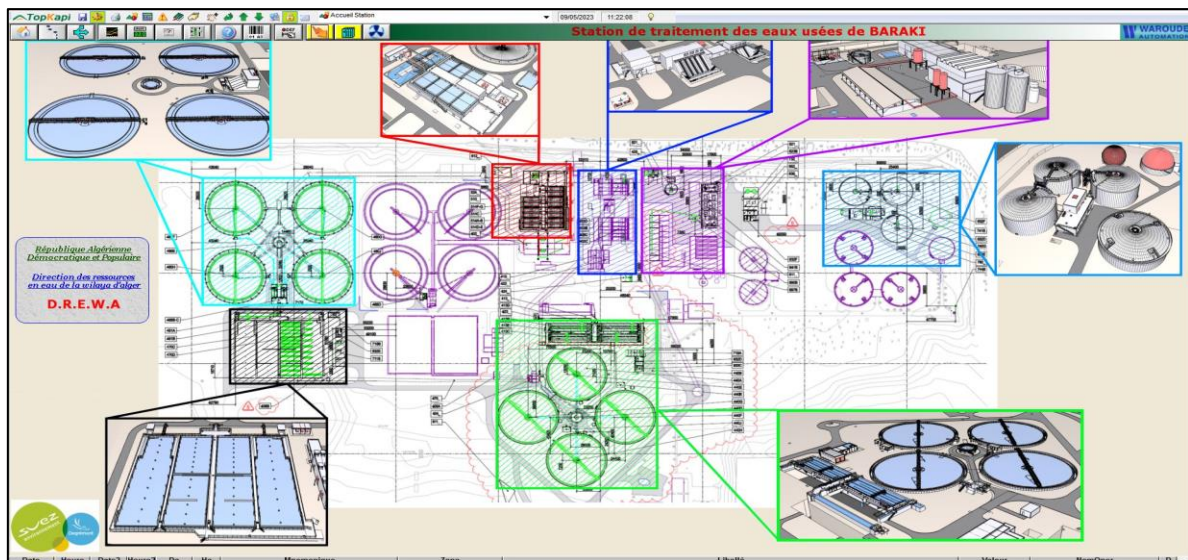


Figure II.2. Présentation de la STEP de Baraki (selon logiciel Topkapi)

Chapitre II Description générale de la station d'épuration de BARAKI

II.4. Filières de traitement de la STEP

Dans cette partie, On va décrire les différents éléments de la filière de la STEP de BARAKI. Il existe deux filières, une filière eau et une filière boue.

II.4.1. Filière eau

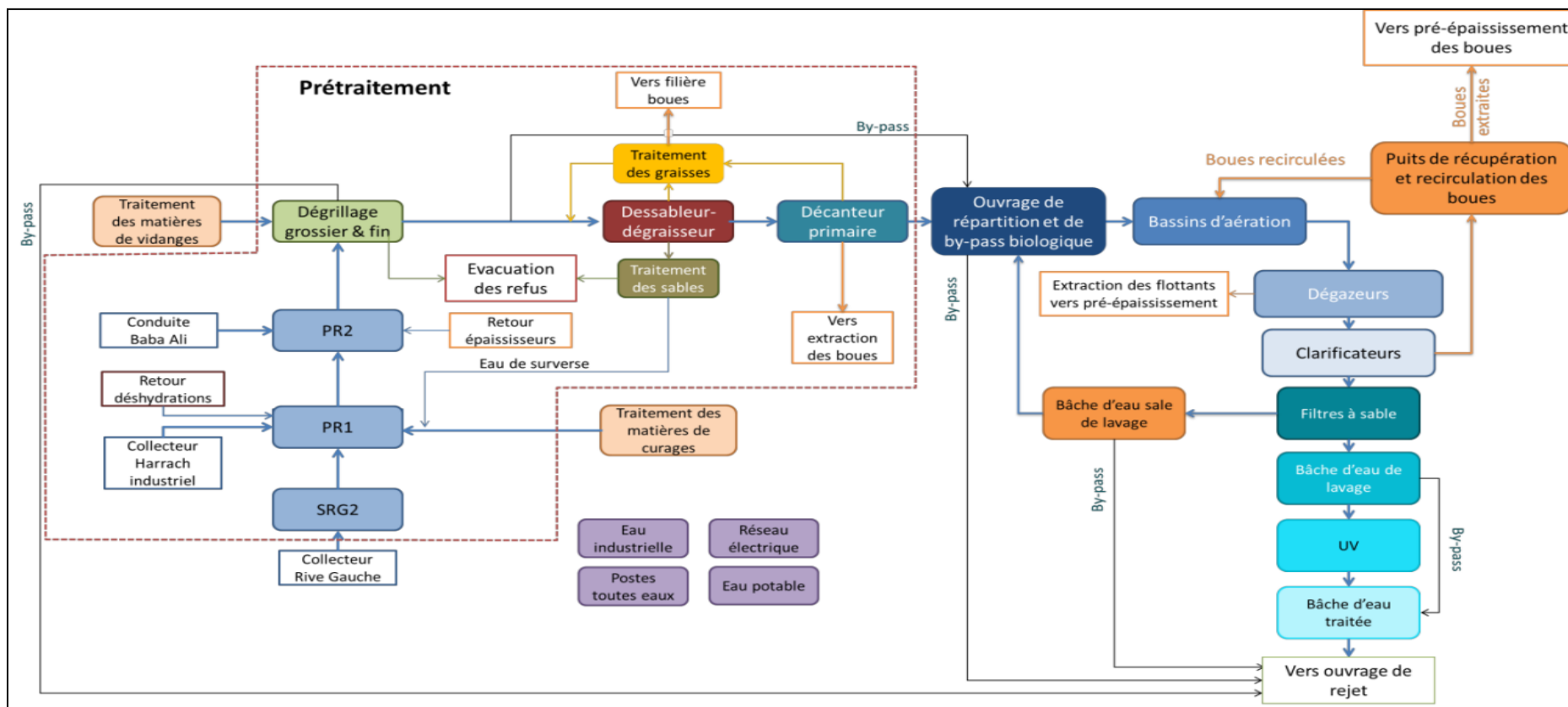


Figure II.3. Schéma fonctionnel de la filière eau

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

II.4.1.1. Equipements de la file eau :

- 3 stations de relèvement existantes dont la capacité est renforcée (SRG2, PR1 et PR2)
- 1 atelier de dégrillage existant dont la capacité est renforcée
- 4 nouveaux dessableurs-dégraisseurs (le dessableur de la tranche 1 n'est pas détruit mais ne sera néanmoins plus utilisé)
- 1 atelier de traitement des sables existant dont la capacité est renforcée
- 4 nouveaux décanteurs primaires (les décanteurs primaires de la tranche 1 sont détruits)
- atelier d'épaississement des boues biologiques avec 4 lignes de traitement
- 1 atelier de traitement des graisses (nouveau dans le cadre de la tranche 2)
- 1 ouvrage de répartition et de by-pass biologique existant dont les équipements sont complétés pour permettre l'alimentation de la biologie tranche 2
- 2 bassins biologiques avec leurs équipements de production d'air process dédiés (tranche 1),
2 bassins biologiques avec leurs équipements de production d'air process dédiés (tranche 2)
- 1 ouvrage de dégazage, avec ses équipements de production d'air dédié, en aval des bassins Biologiques de la tranche 2
- 4 clarificateurs (tranche 1), 4 clarificateurs (tranche 2)
- 1 puits de recirculation/extraction des boues biologiques de la tranche 1, 2 puits de recirculation/extraction des boues biologiques de la tranche 2
- 1 bache existante de réception de l'eau clarifiée qui est aménagée pour recevoir l'eau clarifiée des tranches 1 et 2 et permettre l'alimentation du traitement tertiaire
- 7 filtres à sable (avec leurs équipements de lavage) constituant la première étape du traitement tertiaire
- 2 canaux de désinfection constituant la deuxième étape du traitement tertiaire
- 1 canal de comptage en sortie de la désinfection UV
- 1 bache de stockage final de l'eau traitée
- 1 atelier de réception de matières de curage (nouveau dans le cadre de la tranche 2)
- 1 atelier de réception de matières de vidange (nouveau dans le cadre de la tranche 2)

Chapitre II Description générale de la station d'épuration de BARAKI

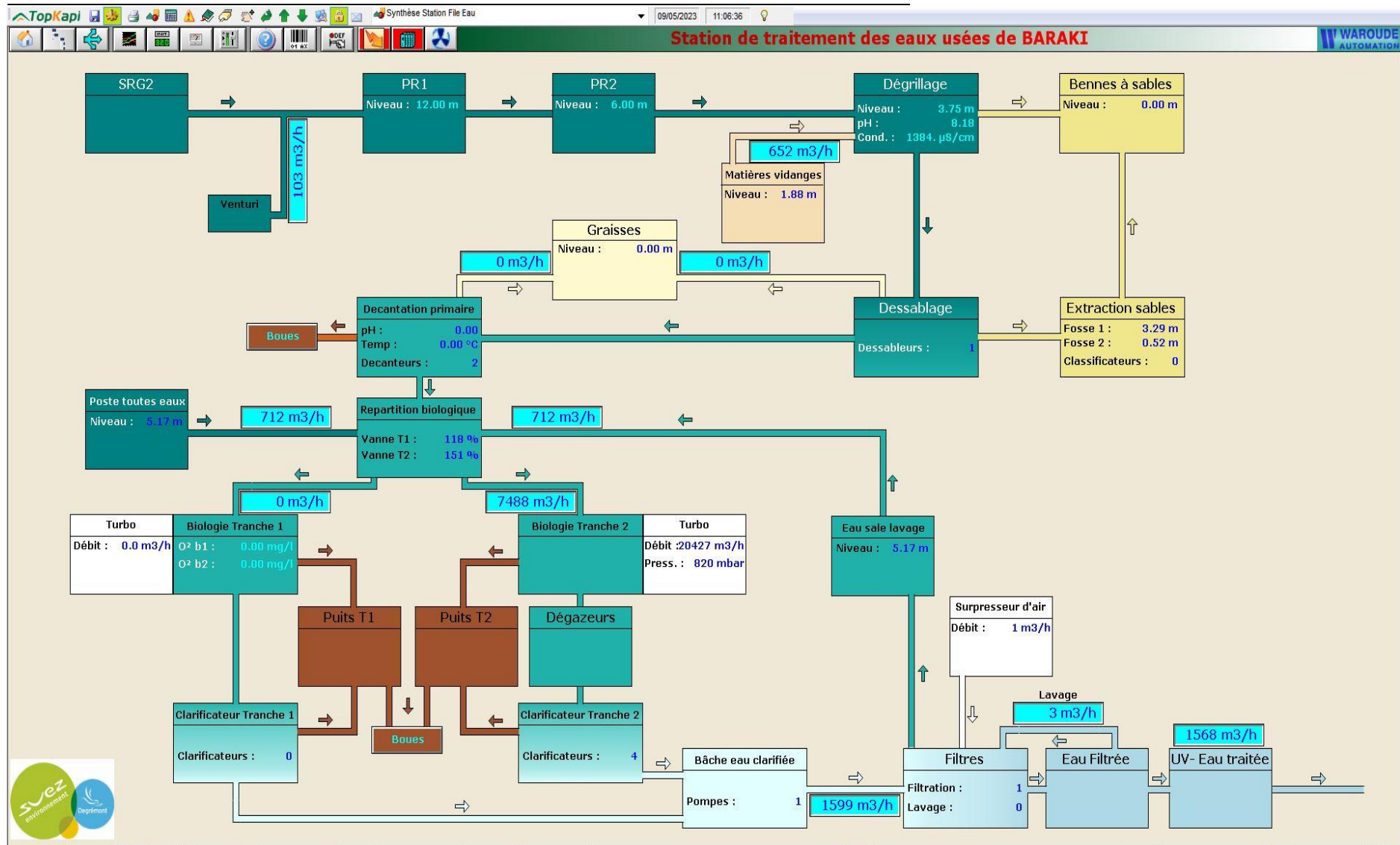


Figure II.4. Schéma fonctionnel de la file eau selon Topkapi

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

II.4.1.2. Prétraitement

Le plus souvent, les effluents qui arrivent à la STEP de BARAKI contiennent des éléments grossiers qui risquent d'empêcher le bon fonctionnement des différents ouvrages de la station, on trouve comme exemple des morceaux de bois, de papier, de sable, de plastique, sachet, etc.

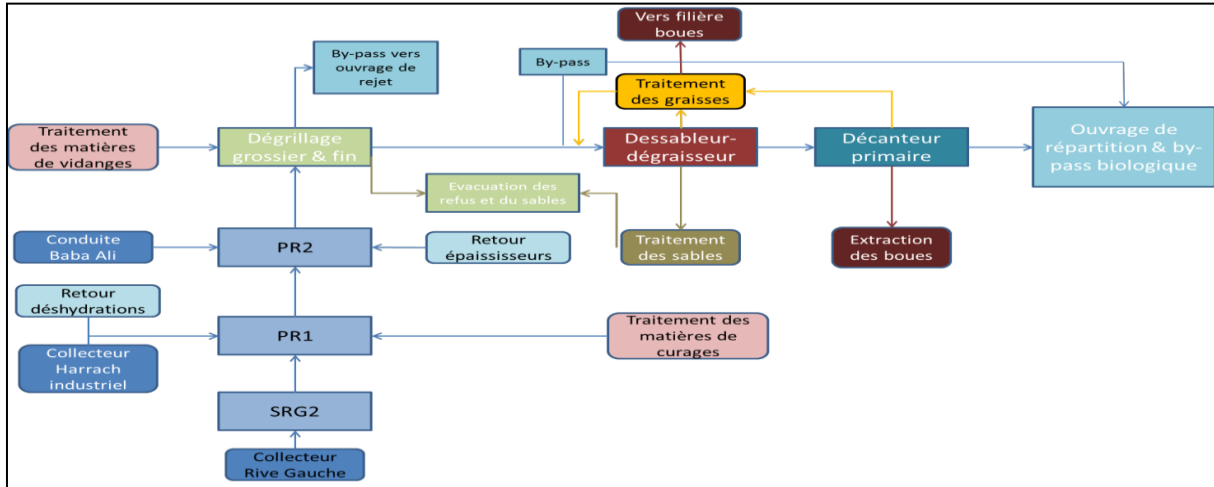


Figure II.5. Schéma de Prétraitements

Le prétraitement a pour but principal d'éliminer ces différents éléments volumineux afin d'éviter que les organes de traitement ultérieur ne tombent en panne, de limiter leur usure et de préserver leur efficacité. La STEP de BARAKI comporte pour cette étape les ouvrages suivants :

a) Relevage des eaux usées

Il est nécessaire avant tous prétraitements pour assurer un passage gravitaire de l'eau dans les différents ouvrages de traitement [12].

- L'eau issue du collecteur RIVE GAUCHE arrive dans le poste de relevage SGR2 situé à l'extérieur du site. L'eau est relevée grâce à 3 vis de relèvement de type Archimède vers la station de pompage PR1 ;
- Les eaux issues de la station de pompage SRG2, du collecteur HARRACH industriel ainsi que les retours de déshydrations et du traitement des matières de curages, arrivent dans le poste de relevage PR1. L'eau, après un premier dégrillage grossier, est relevée grâce aux vis de relevage et aux pompes vers la station de pompage PR2 ;

Tableau II.2. Débit d'eau brute à l'entrée de la STEP

Débits en m ³ /h	PR1	PR2
Pointe en temps sec	14 400	20 142
Pointe en temps de pluie	20 182	30 724

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

- Les eaux issues de la station de pompage PR1, de la conduite BABA ALI ainsi que les retours épaisseurs arrivent à la station de pompage PR2 (Tableau II.3).
- L'eau, après un nouveau dégrillage très grossier, est relevée grâce aux vis de relevage et une pompe vers le poste de dégrillage (Figure II. 6).



Figure II.6. Poste de relevage PR2 de la STEP Baraki, année 2023(photo prise sur terrain)

Tableau II.3. Ouvrages compris dans le poste de relèvement

Ouvrage	Caractéristique	Valeur
SRG2	Capacité totale	45 216 m³/h
	Nombre de grilles grossières	4
	Entrefer	15-20 mm
	Diamètre du collecteur RIVE GAUCHE	3,3 m
PR1	Capacité totale	33 912 m³/h
	Nombre de grilles grossières	4
	Entrefer	15-20 mm
	Diamètre de la conduite HARRACH industriel	1,5 m
Canal intermédiaire entre PR1 et PR2	Largeur	3,6 m
	Hauteur du canal	4,7 m
	Hauteur d'eau maxi	4 m
PR2	Capacité totale	41 364 m³/h
	Nombre de grilles grossières	5
	Entrefer	15-20 mm
	Diamètre de la conduite BABA ALI	2,3 m
	Largeur du canal de sortie	3,90 m

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

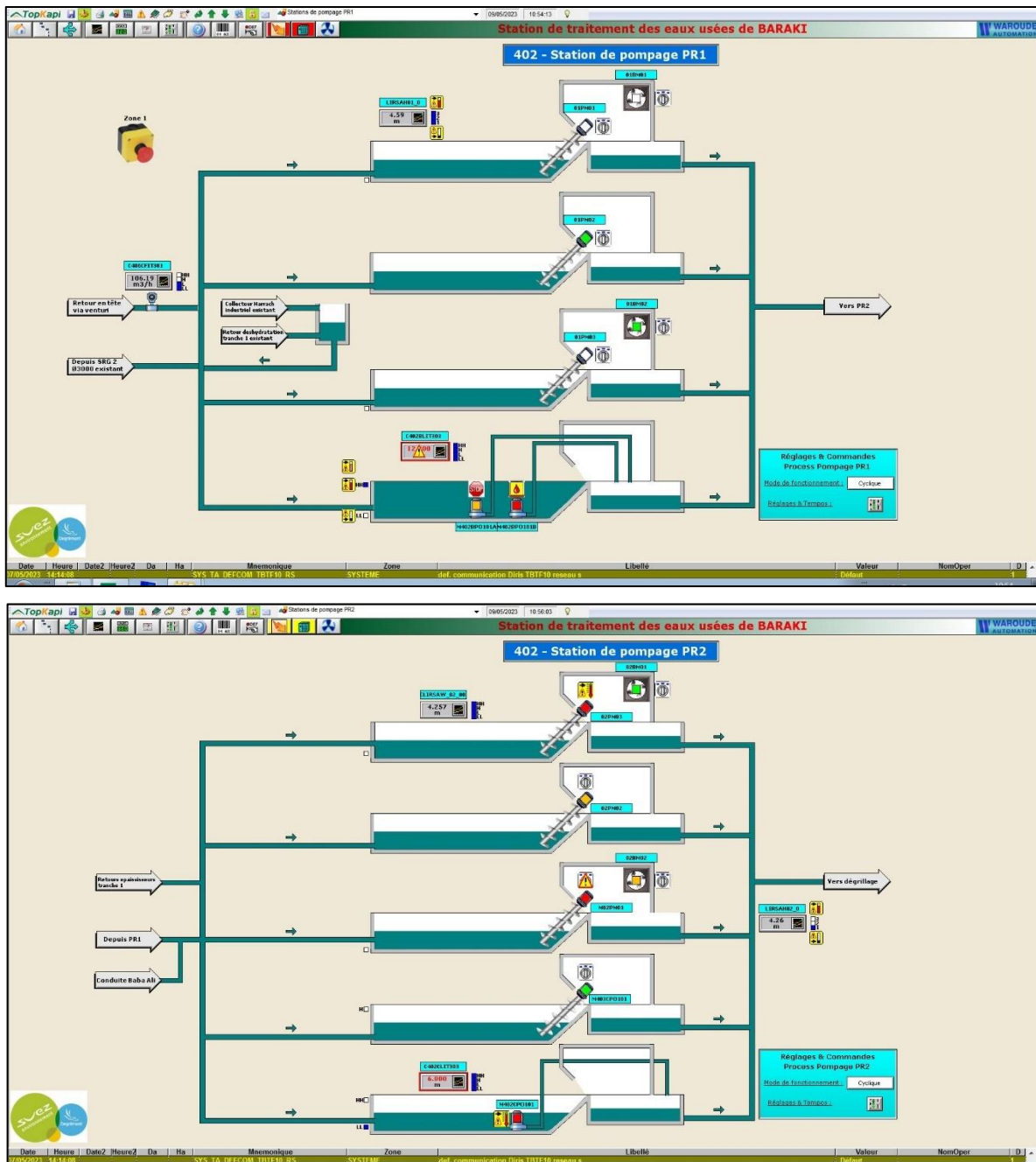


Figure II.7. Poste de relevage PR1 et PR2 de la STEP Baraki, année 2023(selon Topkapi)

b) Dégrillage

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable sur les eaux de surface et les eaux résiduaires, il est passage des eaux au travers d'une grille retenant les éléments les plus grossiers qui seront éliminés avec les ordures ménagères.

- La STEP de Baraki comporte deux dégrilleurs grossiers manuels et trois dégrilleurs fins (deux manuels et un automatique).

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

- Les eaux pré dégrillées provenant de la station de pompage PR2 contiennent des matières solides qui peuvent encrasser les canaux et provoquer des dysfonctionnements des équipements installés tout au long des différentes étapes du traitement.
- Un dégrillage grossier permet de retirer des déchets de taille supérieure à 60 mm
- Puis un dégrillage fin permet de retirer des déchets de taille supérieure à 20 mm
- Les résidus recueillis appelés refus de grilles, sont récupérés et stockés dans des bennes, avant d'être déposés en décharge.

Tableau II.4. Ouvrage compris dans le Dégrilleur [13]

Caractéristiques	Dimensions	
	Dégrillage grossier	Dégrillage fine
Largeur de grille	1,74 m	
Épaisseur des barreaux	8 mm	
Entre fer	60 mm	20 mm
Largeur du canal	2m	
Profondeur de canal	4m	



Figure II.8. Dégrilleur grossier (60mm) et fine (20mm)

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

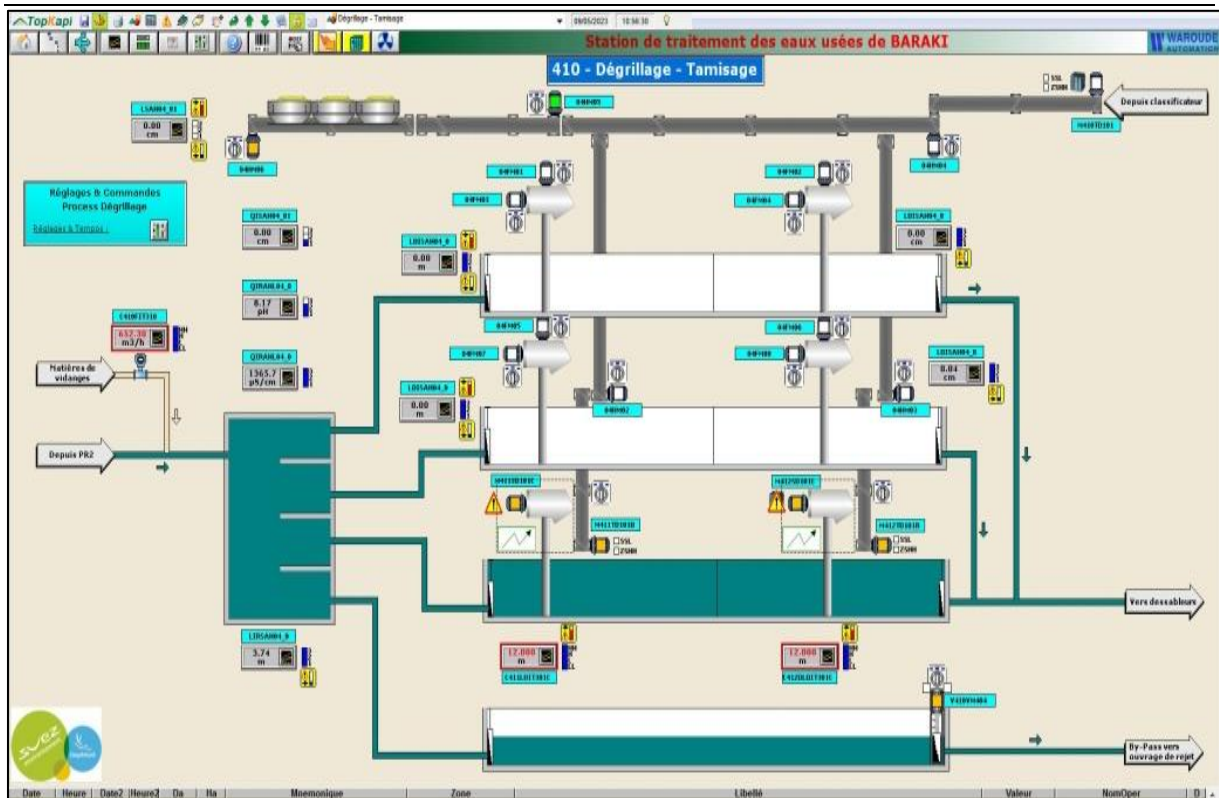


Figure II.9. Dégrilleur grossier et fine (selon Topkapi)

c) Dessablage & Déshuilage

Après le dégrilleur, l'eau est acheminée par des conduites souterraines jusqu'au canal Dessableur-déshuileur (Fig.II.10), la vitesse de chute supérieure à la vitesse horizontale d'écoulement à l'entrée assure la séparation du sable par décantation sous l'effet de la gravité. Ensuite, l'évacuation des sables est assurée par des pompes d'aspiration qui les transportent vers les classificateurs à sable, et enfin vers la décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage.

Par contre les huiles et les graisses flottent à la surface de l'eau grâce aux bulles d'air comprimés injectées par les supprimeurs d'air alimentant des rampes poreuses se trouvant au fond du bassin. Les huiles et les graisses sont ensuite raclées à la surface du bassin par un racleur, puis refoulées par des pompes vers les bâches à graisses. (Mise en décharge ou incinération) [14].

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI



Figure II.10. Dessableur/déshuileur la STEP Baraki, année 2023(selon terrain)

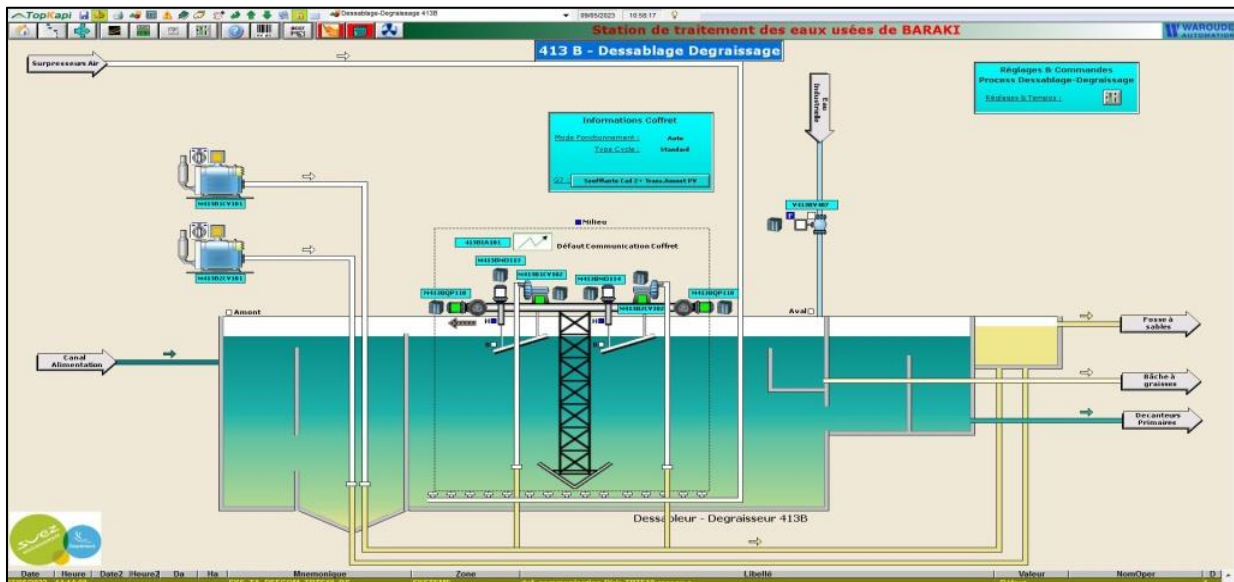


Figure II.11. Dessableur/déshuileur la STEP Baraki, année 2023(selon Topkapi)

II.4.1.3. Traitement primaire (décantation primaire)

La décantation primaire consiste en une séparation des éléments liquides (eau) et des éléments solides (boue) sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides « boues » se déposent au fond du décanteur pour former les « boues primaires ». Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspension et réduit d'environ 30 % la DBO et la DCO.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

La station d'épuration de Baraki possède quatre bassins de décantation primaire avec des racleurs de fond et de surface, leur fonctionnement dépend du débit des effluents qui arrivent pendant la journée, le plus souvent, que deux bassins sont fonctionnels et les deux autres peuvent être isolés en cas où de panne ou intervention.



Figure II.12. Bassin de décantation primaire de la STEP Baraki, année 2023

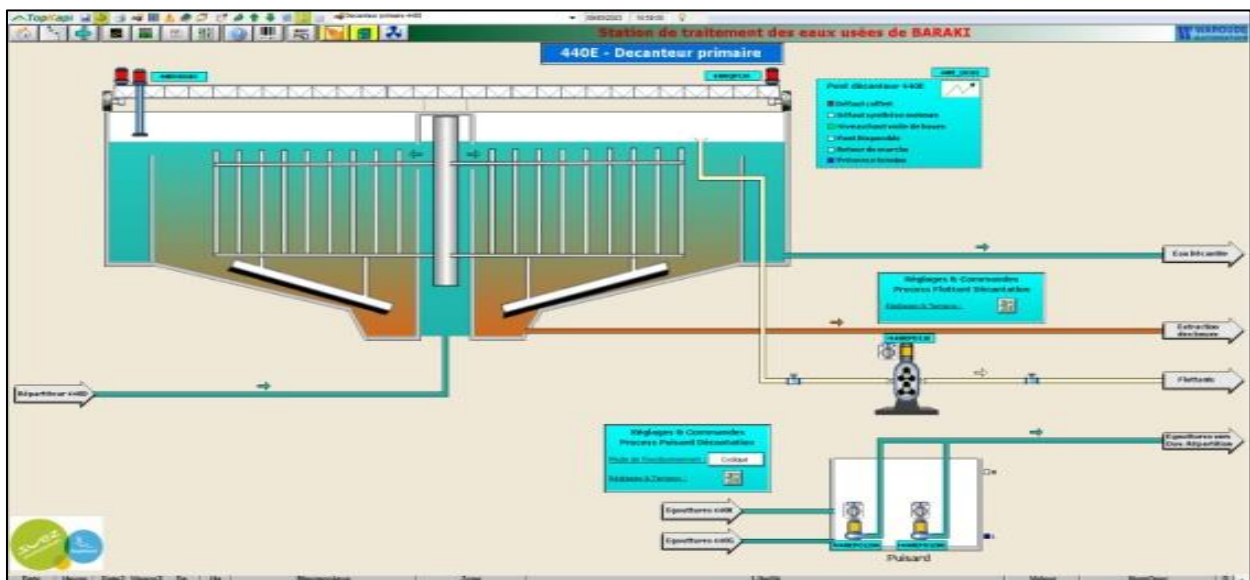


Figure II.13. Bassin de décantation primaire de la STEP Baraki, (selon logiciel Topkapi)

Chaque décanteur primaire est équipé :

- D'un pont racleur.
- D'une pompe d'extraction des flottants.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

La décantation est composée de 2 étapes :

- **Décantation naturelle de MES** : Les particules en suspension décantent naturellement en fonction de leurs densités ;
- **Epaississement et extraction des boues** : Les boues déposées au fond du décanteur s'épaississent puis sont extraites vers l'ouvrage de répartition, situé en amont des épaisseurs des boues primaires ;

Le rendement du décanteur primaire est de l'ordre 70% d'élimination de MES et 30 à 35% pour la DBO₅ et la DCO (Tableau II.5).

Les eaux décantées sont ensuite acheminées vers l'ouvrage de répartition et de by-pass biologique [13].

Tableau II.5. Paramètres des eaux dans la décantation primaire dans les derniers 5 ans

Années / Paramètre	Rendement %	MES (g/j)	DBO ₅ (g/j)
2019	73	23,7	22,5
2020	81	34,9	22,6
2021	57	37,4	13,06
2022	60	18,1	/
2023	67	36,9	30,01

II.4.1.4. Traitement secondaire (biologique)

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les traitements biologiques reproduisent les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution.

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques.

Dans cette station d'épuration, Les eaux décantées, dirigées vers 4 bassins d'aération, sont débarrassées de la pollution organique dissoute par des flocons de bactéries qui s'en nourrissent. Cette opération biologique provoque une consommation d'oxygène et une augmentation de la population bactérienne. Le procédé utilisé dans cette étape est le traitement par boues actives type moyen charge qui consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer (Tableau II.6).

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

Le métabolisme aérobie est le processus le plus rapide, il s'effectue dans un réacteur où on met en contact les micro-organismes épurateurs et l'eau à épurer en présence de l'oxygène. Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur afin de séparer l'eau épurée des boues.

Tableau II.6. Débit l'eau à l'entrée du traitement biologique

Débit en m³/h	
Débit pointe moyen	6 200
Débit pointe moyen+ retour	8 000
Débit pointe temps de pluie	19 200
Débit de pointe temps de pluie+ retour	21 000
Débit de pointe temps sec	9 600
Débit de pointe temps sec +retour	11 500

a) Bassins d'aérations

La STEP de BARAKI constitue de deux bassins d'aération d'un volume unitaire de 18 000 m³ (Fig.II.14). Ces bassins sont alimentés en oxygène à l'aide des souffleurs d'air (trois turbocompresseurs), afin de maintenir une concentration constante des bactéries dans l'eau et elles sont brassées au moyen d'agitateurs de fond assurant l'homogénéité et le contact optimal des floes. Ces derniers vont se nourrir de la pollution biodégradable et forment de gros floes décantables, lesquels à leur tour constituent des masses floeculeuses dites « boues activées ».

Tableau II.7. Besoin en oxygène [13]

Besoin/ température	12°C	29°C
Besoin journalier (Kg O₂/j)	21 800	28 000
Besoins de pointe en aération (Nm³/h)	28 000	31 00

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI



Figure II.14. Bassin d'aération de la STEP Baraki (prise sur terrain 2023)

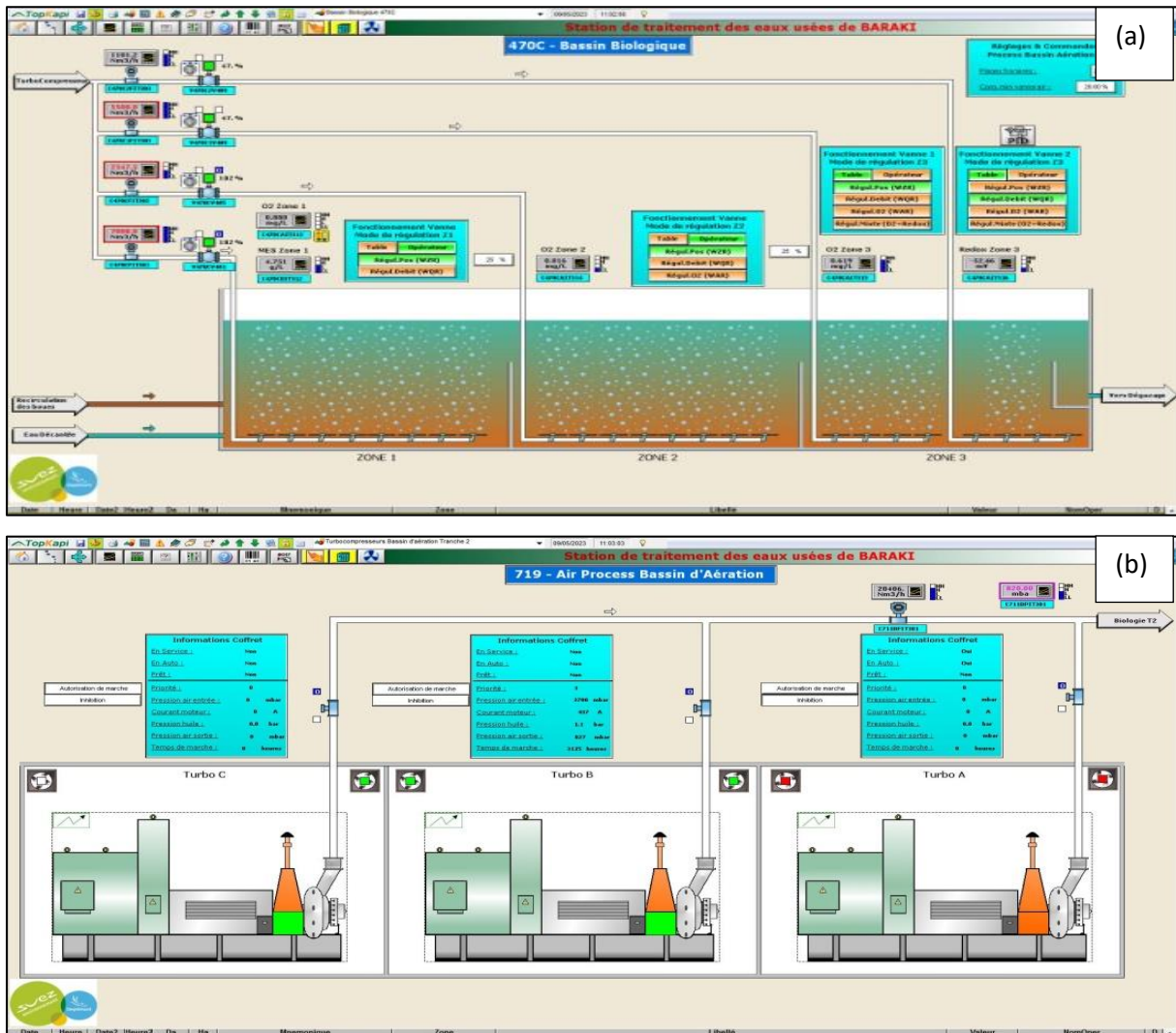


Figure II.15. (a) Bassin d'aération de la STEP Baraki (selon Topkapi)

(b) Souffleurs d'air de bassin d'aération (selon Topkapi)

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

b) Clarificateurs (Décantation secondaire)

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée et les boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel.

La STEP de BARAKI contient 4 clarificateurs circulaires assurant la décantation des boues dans la STEP. Chaque clarificateur est équipé d'un pont racleur où s'effectue la séparation par décantation des floccs biologiques constituée dans le bassin d'aération (boues activées) et de l'eau traitée.

Les boues en excès sont évacuées du clarificateur vers l'épaississeur par les trois pompes d'extraction des boues, l'autre partie des boues sont réinjectées dans le bassin d'aération afin de maintenir une concentration de biomasse nécessaire à la dégradation de la pollution (boues recyclées ou boues de routeurs) [14].

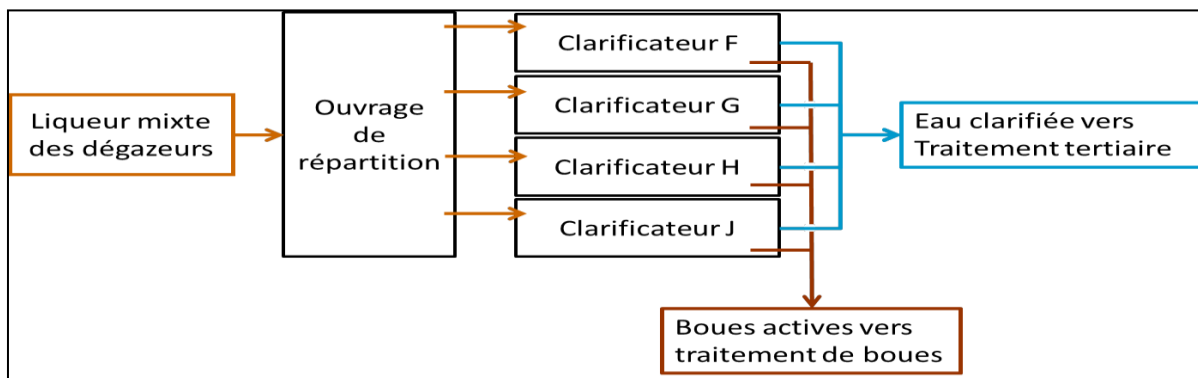


Figure II.16. Schéma général de la décantation secondaire



Figure II.17. Clarificateur ou bassin secondaire (prise sur terrain à STEP Baraki 2023)

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

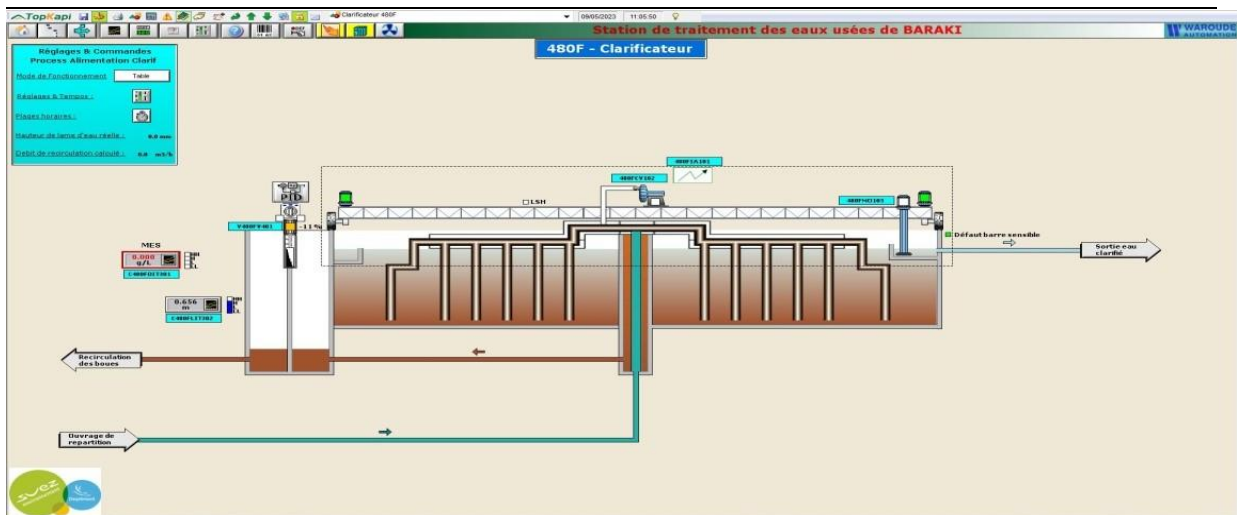


Figure II.18. Clarificateur ou bassin secondaire (selon logiciel Topkapi)

II.4.1.5. Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire est composé de :

- 7 filtres à sable.
- 8 modules de désinfection UV.

Ce traitement a pour objectif principal d'améliorer la qualité bactériologique par l'utilisation des UV et les filtres à sable, le débit de ce traitement est limité à 9350 m³/h d'eau clarifiée.

Le trop plein va directement vers l'ouvrage de rejet.

Le lit de sable (milieu filtrant) permet la rétention des particules polluantes mais pas une élimination à 100 % de MES contenues, car il y'a une partie susceptible à s'échapper malgré ces traitements sont les plus sévères (Fig.II.19). Le sable utilisé dans cet ouvrage est de la même texture et dimensions granulométriques et doit être couvert par des bâches pour empêcher la pénétration de la lumière qui conduit à l'apparition des algues et le phénomène d'eutrophisation Les filtres à sables doivent être régulièrement lavés afin d'éviter leur colmatage [15].



Figure II.19. Lit de sable, filtration par filtres Aquasures (photo prise sur terrain 2023)

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

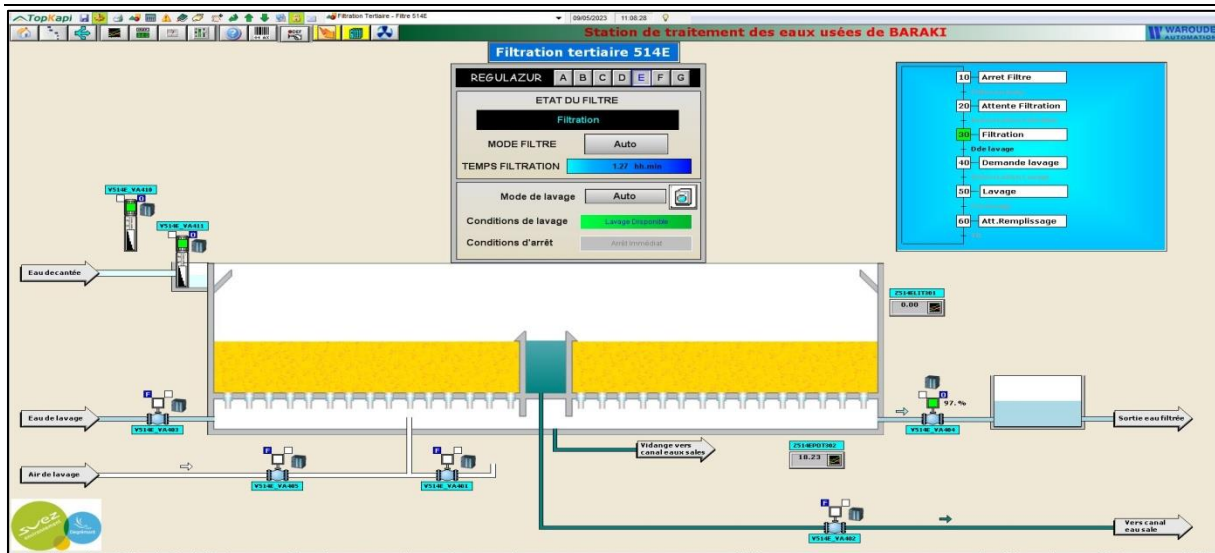


Figure II.20. Filtration tertiaire (selon logiciel Topkapi)

Les eaux filtrées sont ensuite acheminées vers des canaux abritant des lampes UV (Fig.II.21).



Figure II. 21. (a) Désinfection par les lampes UV (prise dans terrain 2023)

(b) Désinfection par les lampes UV (selon Topkapi)

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

En sortie de traitement tertiaire, l'eau traitée est envoyée vers la bêche d'eau traitée. Depuis cette bêche l'eau est reprise vers l'ouvrage de rejet.

Ce procédé est considéré comme une désinfection physique qui stérilise les micro-organismes car leur présence dans le milieu naturel génère le développement de bactérie et virus et la propagation des maladies à transmission hydrique.



Figure II.22. Ouvrage de rejet (prise sur terrain à STEP Baraki 2023).

II.4.2. Filière boue

La quasi-totalité des procédés d'épuration des eaux usées urbaines ou industrielles, qu'ils soient biologiques ou physico-chimiques (traitement primaire et secondaire), conduisent à la concentration des polluants sous forme de résidu secondaire (les boues résiduelles). Ce sont des particules solides composées des matières organiques non dégradées, de matières minérales, et des microorganismes non retenues par le prétraitement et le procédé de traitement de l'eau en amont de la station d'épuration.

Les procédés de traitement des boues peuvent varier suivant leurs natures et la taille de la station d'épuration. et le schéma suivant présente les différentes filières de traitement des boues:

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

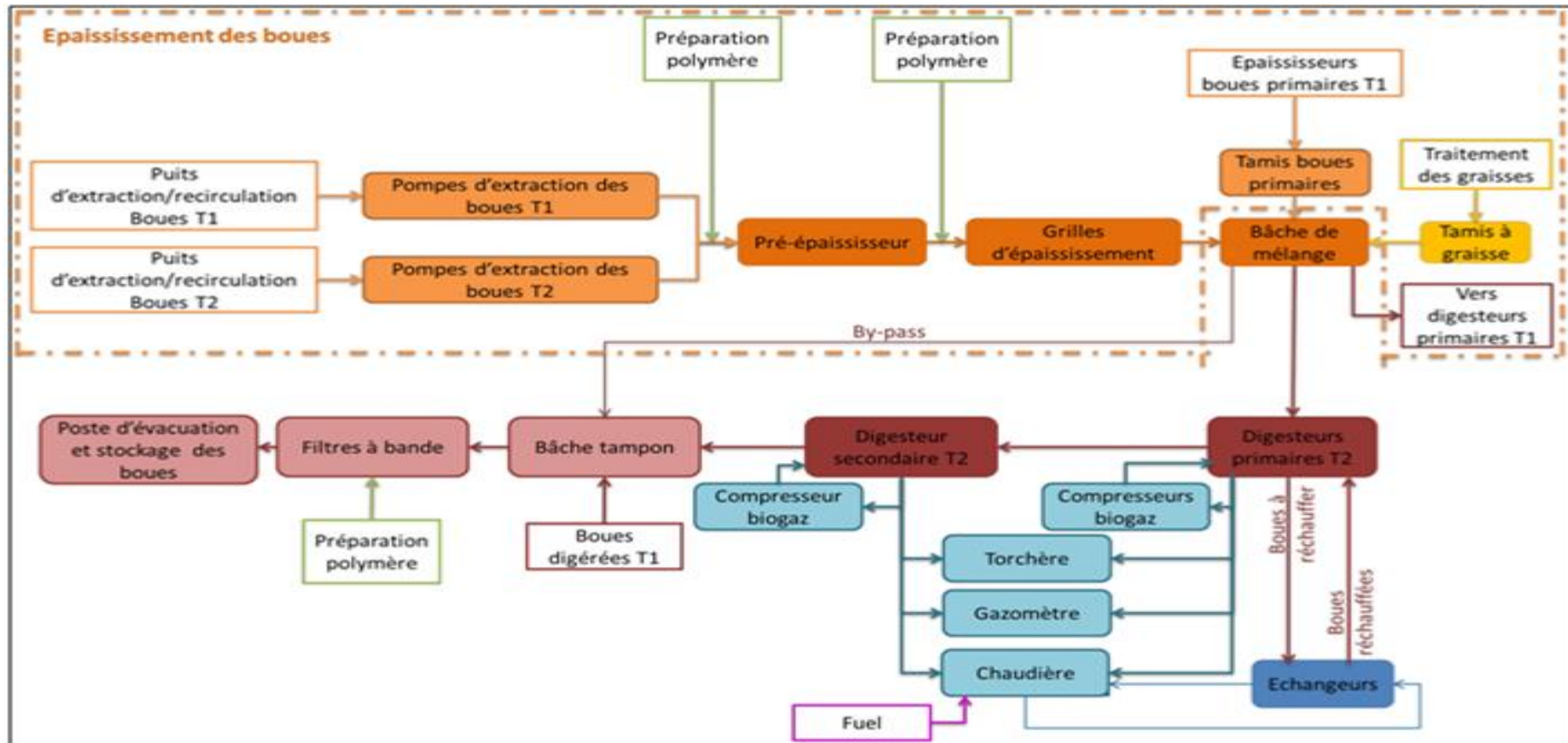


Figure II.23. Schéma fonctionnel de la file boue

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

II.4.2.1. Equipements de la file boue :

La file boue de la tranche 2 et les aménagements de la file boue de la tranche 1 comprennent :

- 2 postes d'extraction des boues primaires pour l'extraction des boues primaires de la tranche 1 et de la tranche 2
- 2 postes d'extraction des boues biologiques (tranche 1 et tranche 2)
- 1 tamis des boues primaires
- 2 épaisseurs des boues primaires (reprise d'ouvrages de la tranche 1)
- 1 pré-épaisseur des boues biologiques
- épaissement des boues biologiques avec 4 lignes de traitement
- 1 Bâche de mélange des boues mixtes épaissies
- Digestion tranche 2 avec 2 digesteurs primaires, 1 digesteur secondaire avec capacité de stockage, système de chaufferie, traitement du biogaz, compression du biogaz
- Déshydratation des boues digérées (ou boues mixtes) tranche 2 avec 6 lignes de traitement
- 1 Stockage des boues déshydratées tranche 2
- 1 Poste toutes eaux pour le relèvement et comptage d'une partie des retours de la filière boue tranche 2
- 1 Comptage par venturi de l'autre partie des retours de la filière boue tranche 2 qui retournent gravitairement en tête de l'usine

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

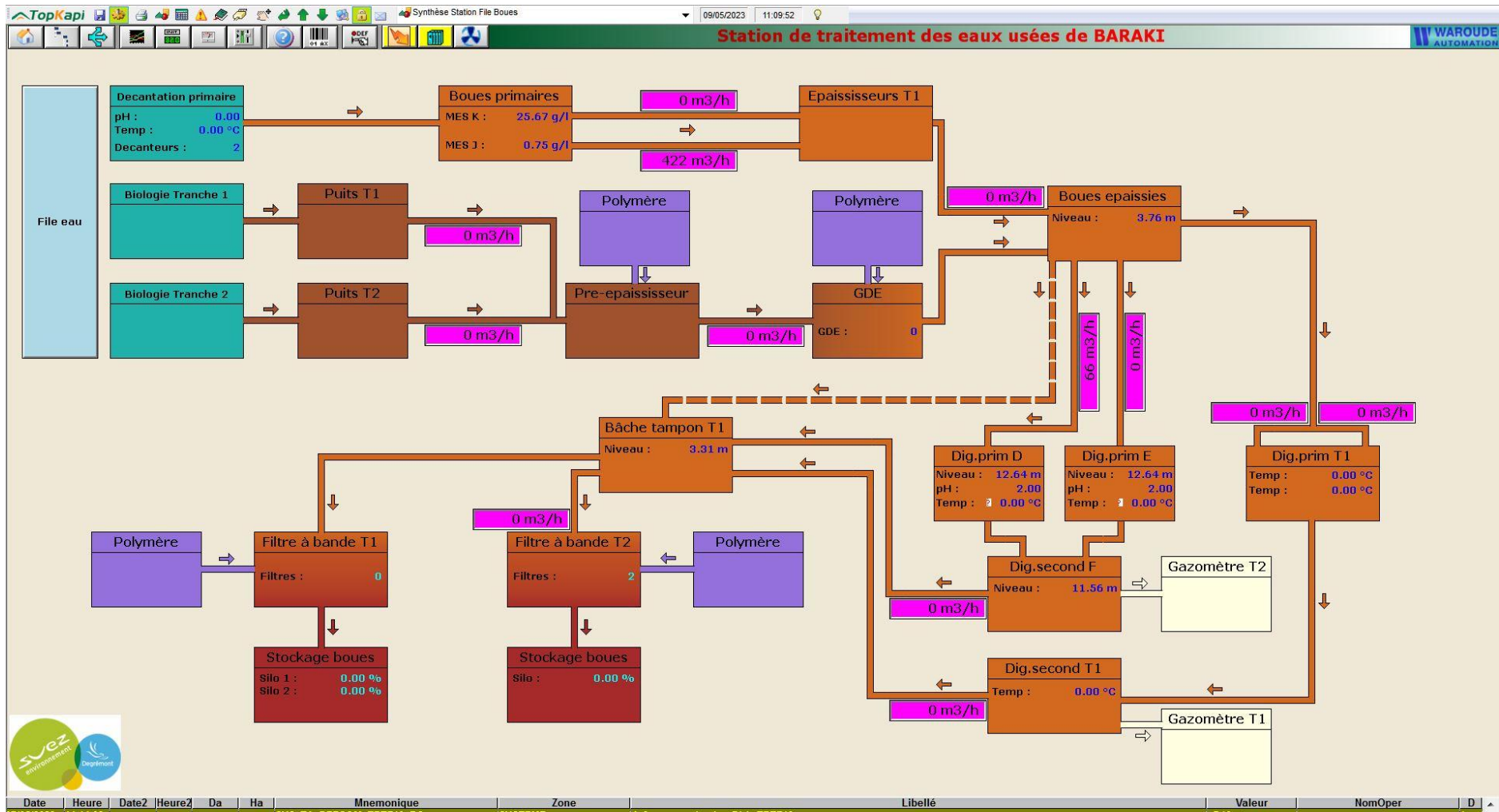


Figure II.24. Schéma fonctionnel de la file boue selon Topkapi

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

II.4.2.2. Recirculation et Extraction des Boues

A pour objectif de recirculer les boues (maintenir une quantité adéquate de microorganisme dans les bassins d'aération, maîtriser l'âge des boues et assurer une bonne épuration).

La recirculation des boues est assurée par deux vis d'Archimède, dont une en secours. Le but de la circulation des boues du décanteur secondaire vers le réacteur biologique est d'y maintenir une concentration constante.

Tableau II.8. Débit de la boue [13]

Ouvrage	Tranche 1	Tranche 2
Taux de recirculation max	150%	150%
Taux de recirculation moyen	80%	80%
Débit recirculé max (m ³ /h)	9 300	9 300
Débit recirculé moyen (m ³ /h)	4 960	4 960

II.4.2.3. Epaissement

Considéré comme la première étape du traitement, elle consiste à réduire une portion de la fraction liquide des boues, afin d'augmenter la matière solide. En effet si les boues issues du décanteur secondaire contiennent seulement 0,8% de matière sèche. La boue épaisie peut atteindre une siccité de 6% et réduira ainsi d'un cinquième son volume initial.

La portion d'eau récupérée est recyclée à la tête de la station, l'unité de traitement se divise en 5 sections.

- ✓ Le pré épaisseur des boues biologiques
- ✓ La préparation du polymère du pré épaisseur
- ✓ L'épaissement des boues biologiques par GDE
- ✓ L'épaissement des boues primaires
- ✓ Le tamis à graisses

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

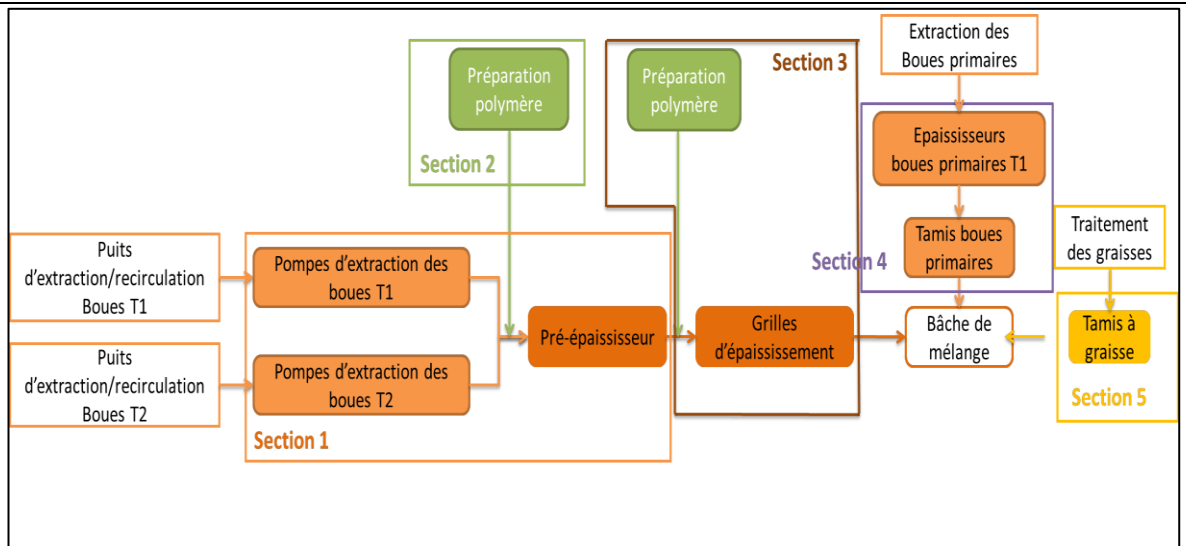


Figure II.25. Représentation schématique des 5 sections de l'unité de traitement (L'épauississement).

Tableau II.9. Paramètre des boues dans l'épauississement pendant 5 ans

Années / Paramètre	Concentration (g/L)	MS (g/j)	MVS (%)
2019	109,17	23,7	33
2020	60	34,9	48
2021	93,46	37,4	40
2022	66,67	/	45
2023	53,15	36,07	61

a) Pré épauississeur

- Les boues produites lors du traitement biologiques sont envoyées dans un pré épauississeur gravitaire à une concentration de 3g/L et mélangées avec une solution de polymère.
- Le pré épauississeur permet par décantation d'obtenir des boues biologiques plus concentrées, en entrée les boues biologiques sont à 3 g/L, en sortie les boues pré concentrées sont à 10 g/L.
- Le pré épauississeur est équipé :
 - D'un pont racleur fonctionnant en continu.
 - D'un mélangeur statique permettant le mélange entre les boues biologique et le polymère.
- Le mélange de boues biologiques et de polymère permet une décantation plus rapide.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

- Les boues pré épaissies sont ensuite envoyées vers les grilles d'épaississement par des pompes.
- La surverse du pré-épaississeur est envoyée vers le poste toutes eaux qui pompe ces eaux vers l'amont des bassins biologiques.

Tableau II.10. Différents principes des boues [13]

Objectif	Produite en présence	Principe
Pré épaissir les boues biologiques	Boues biologique	Décantation
Envoyer les boues biologiques pré épaissies vers les grilles d'épaississement	Polymère	Floculation

b) Préparation de polymère

Préparation d'une solution mère comprise entre 2 et 5g/L avec de l'eau potable. Injecter le polymère après ajout possible d'une eau de dilution en aval de la pompe d'alimentation en boues du pré-épaississeur.

La durée de conservation maximale d'une solution de polymère est de 2 jours.

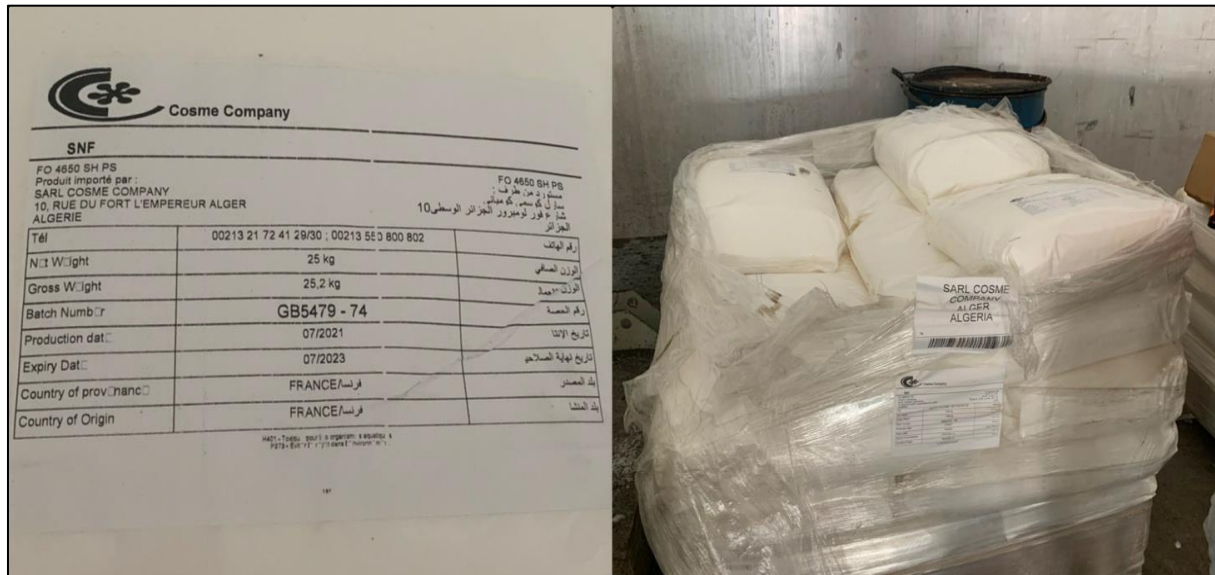


Figure II.26. Poudre de polymère et sa caractéristique

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI



Figure II.27. Bac de préparation de polymère (selon terrain)

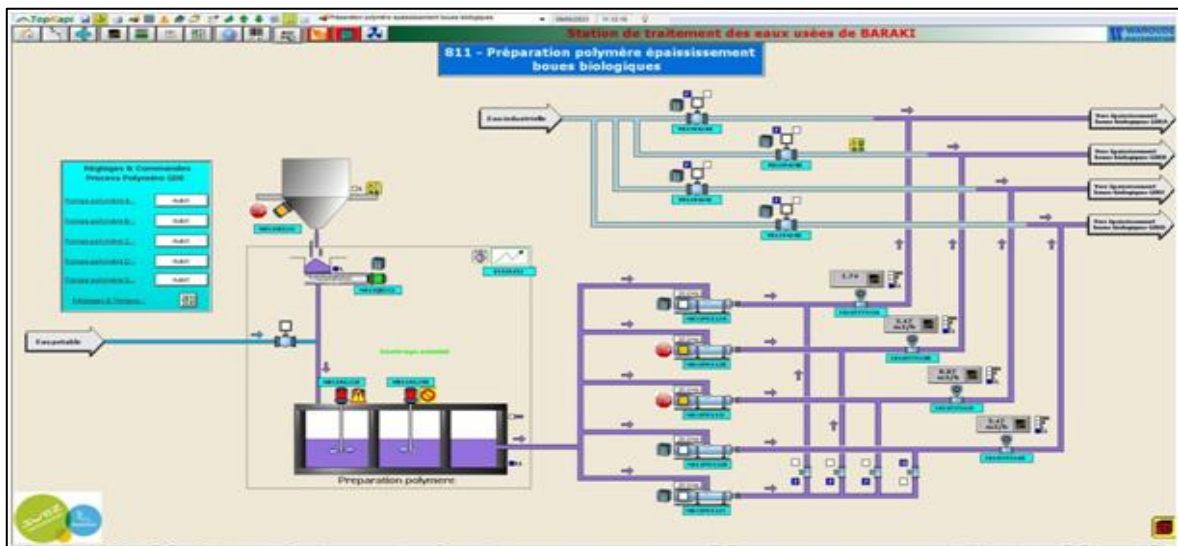


Figure II.28. Bac de préparation de polymère (selon Topkapi).

Tableau II.11. Principes de Polymère [13].

Objectif	Produite en présence	Principe
Permettre une décantation plus rapide des boues biologiques	Boues biologique	Floculation
	Polymère	
	Eau industrielle	
	Eau potable	

c) Épaississement des boues biologiques pré épaissies par GDE

La GDE (Grille D'épaississement Egouttage) est un appareil simple permettant l'épaississement des boues liquides notamment des boues d'aération prolongée.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

Cet épaissement est réalisé par égouttage des boues sur une grille fixe. Ces boues auront été préalablement floculées.

La GDE est composée d'une grille d'égouttage à maille continue. L'espacement entre barreaux est de 600 micro mètre (0,6 mm) sur toute la longueur de la grille. La grille est plane, fixe et formée de barreaux parallèles entre eux disposés dans le sens de circulation de la boue floculée.

L'eau interstitielle des boues liquides – ou filtrat - passe à travers les mailles de la grille. Le filtrat est recueilli en partie basse de l'équipement et est envoyé vers le poste toutes eaux. En fin de parcours, la boue épaisse est évacuée vers la trémie située sous la GDE.

Afin d'améliorer la séparation eau/boues faite par la GDE, du polymère est injectée dans les boues en entrée de la grille. Le polymère permet la formation de floccs plus volumineux qui ne passeront pas à travers les mailles de la grille.

Les boues pré épaisées et le polymère sont mélangés dans le flocculateur, en entrée de la grille d'épaissement.

d) L'épaissement des boues primaires

A pour objectif de concentrer les boues primaires des décanteurs primaires de 3 g/L à 60 g/L pour ensuite les envoyer dans la bache de pompage des boues épaisées et enlever les éventuelles filasses présentes dans les boues primaires avant d'être mélangées aux boues biologiques et aux graisses dans la bache de mélange, dans le but principal de protéger les digesteurs.



Figure II.29. (a) Boue primaire en excès ; (b) Epaisseur de la STEP Baraki 2023

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

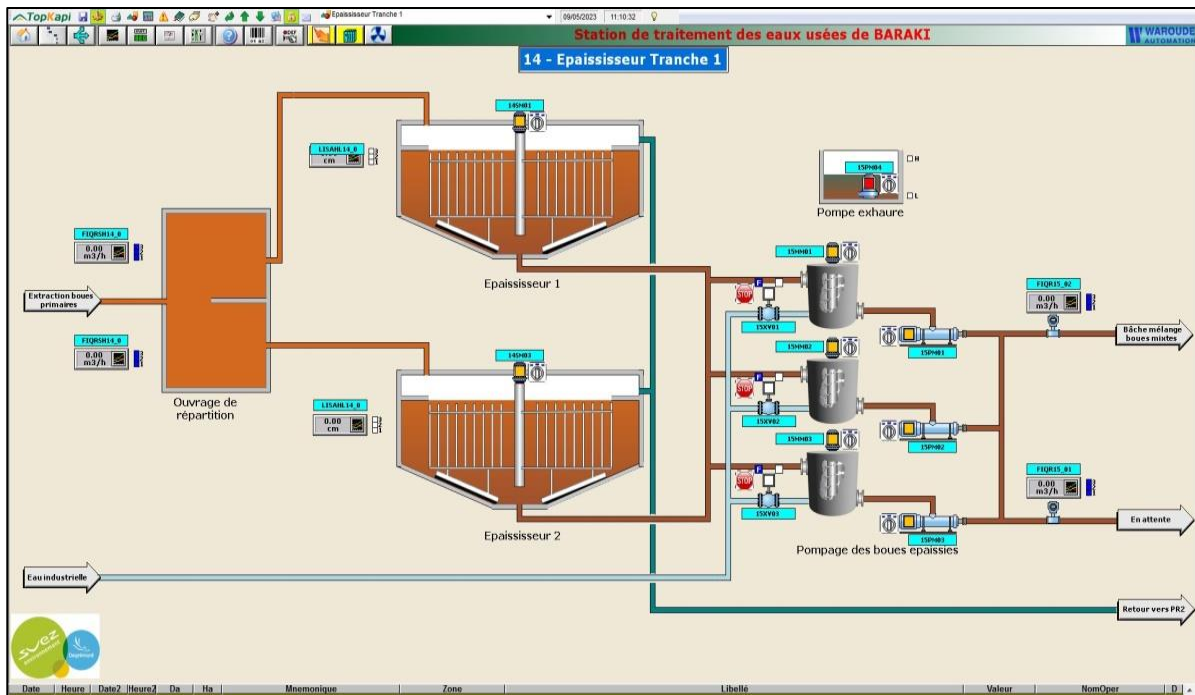


Figure II.30. Epaisseur de la STEP Baraki (selon Topkapi).

e) Tamis à graisses

Le but est tamiser les graisses produites sur la station au niveau du dessableur-dégraisseur avant de les réintégrer aux boues.

Les graisses sont tamisées par le tamis à graisses avant de rejoindre la bêche de mélange des boues épaissies.

Ce tamis fonctionne à la demande de l'exploitant lorsqu'il désire réaliser un dépotage des graisses depuis la citerne. Un coffret de dépotage précise à l'exploitant si le dépotage est autorisé ou non.

II.4.2.4. Digestion anaérobie des boues

La digestion anaérobie des boues permet de réduire la masse (matières sèches) des boues. Elle vise également à stabiliser la matière organique afin de diminuer les nuisances olfactives tout en produisant une énergie valorisable, le biogaz.

L'unité de traitement se divise en 4 sections :

Section 1 : Alimentation, digestion et extraction.

Section 2 : Brassage au biogaz.

Section 3 : Stockage et utilisation du biogaz.

Section 4 : Chauffage de la digestion.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

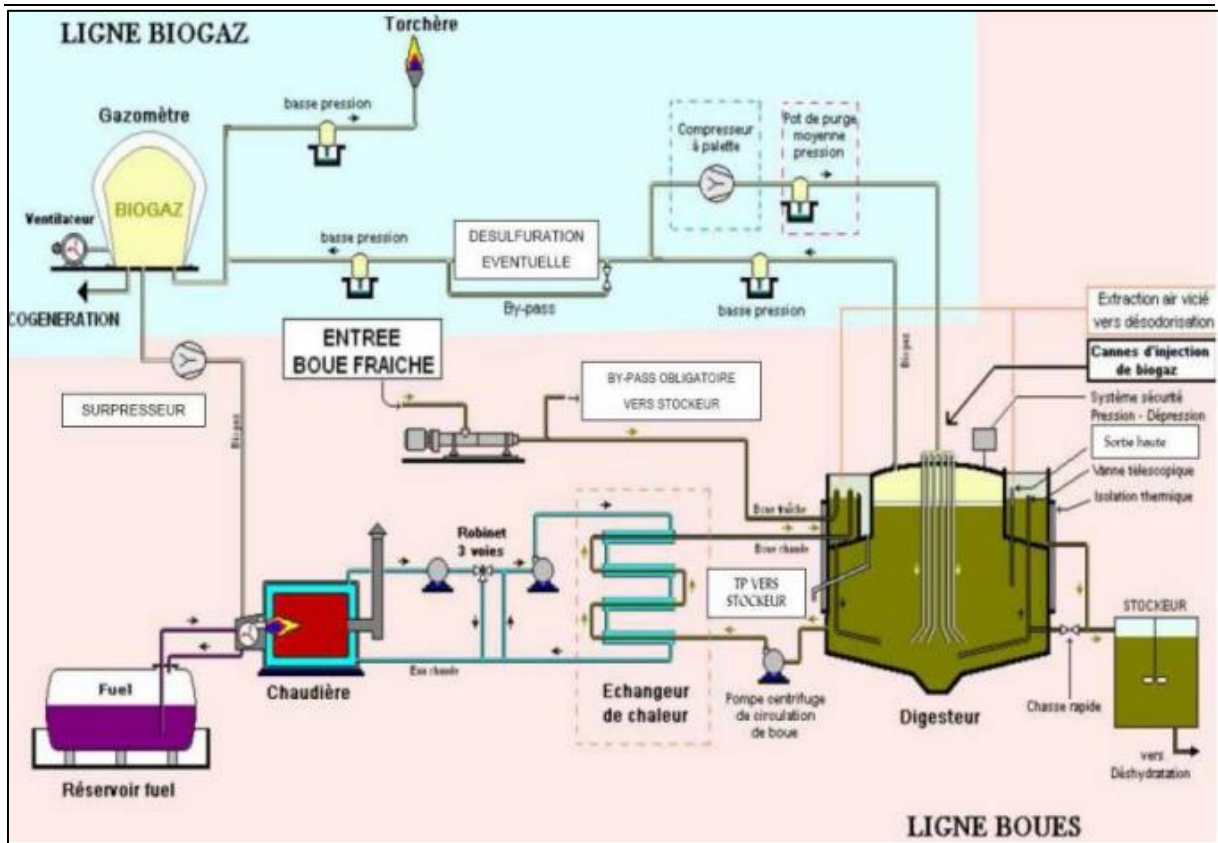


Figure II.31. Schéma générale de la filière de digestion des boues [16]



Figure II.32. Digesteurs dans la STEP de BARAKI 2023(selon terrain)

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

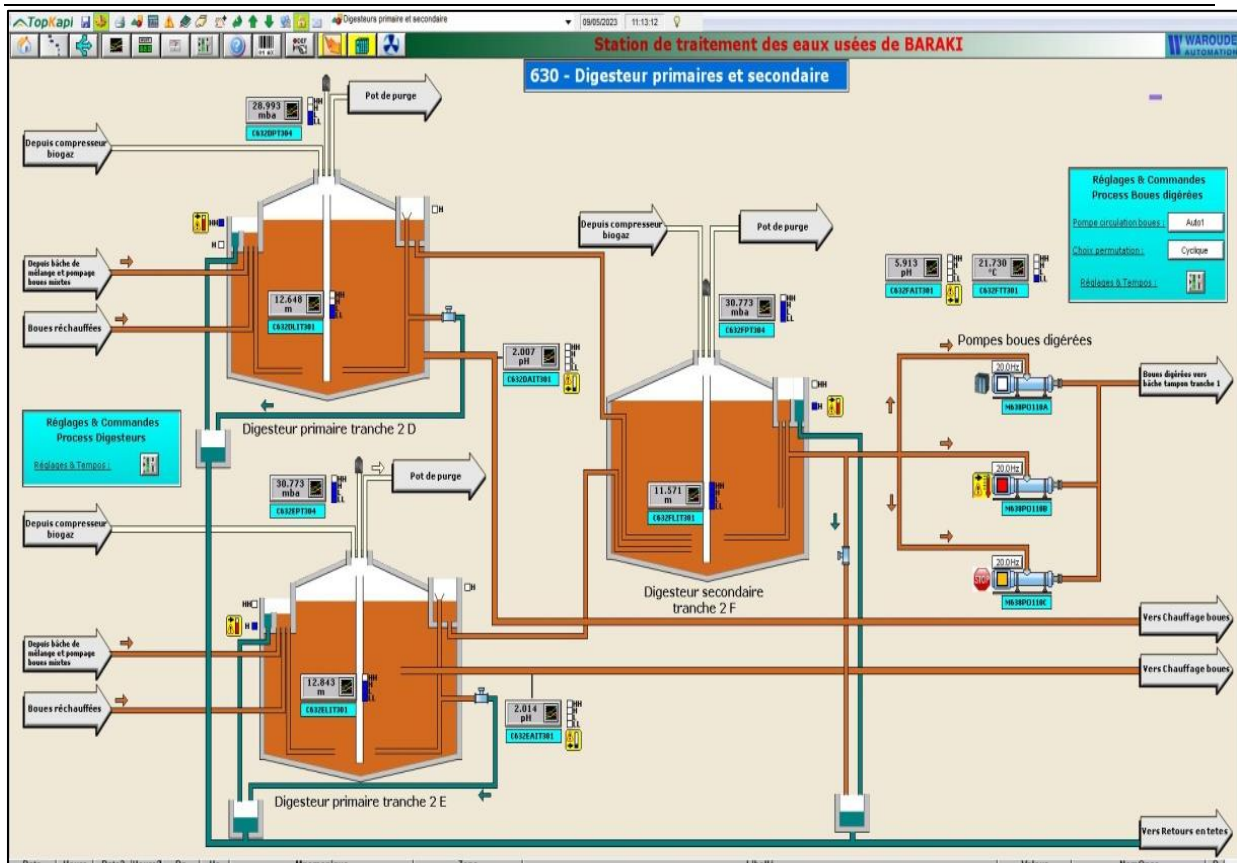


Figure II.33. Digesteurs dans le STEP de BARAKI (selon Topkapi)

Tableau II.12. Paramètre des boues dans les digesteurs pendant 5 ans

Années / Paramètre	Concentration (g/l)	MS (g/j)	MVS (%)
2019	39	8,5	33
2020	35	20,1	46
2021	38	15,2	43
2022	38	/	52
2023	33	23,1	46

a) Alimentation, digestion et extraction

C'est une opération d'alimentation des boues biologiques épaissies, Boues primaires épaissies, Graisses épaissies. Les produits à la sortie sont des Boues digérées et le Biogaz. Les Principes utilisés sont la Digestion mésophile anaérobie, Brassage et le Pompage.

Les boues mixtes peuvent être envoyées : Soit vers la digestion, Soit vers la bache tampon située en amont de la déshydratation.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

Les digesteurs primaires D et E fonctionnent 7j/7 et 24h/24 tandis que l'atelier de déshydratation ne fonctionne que 5j/7. Le digesteur secondaire F sert donc également à stocker les boues pendant les périodes d'arrêt de la déshydratation.

Les principaux facteurs qui affectent la digestion anaérobie sont : le pH ; la température ; le taux d'AGV (Acides Gras Volatils) ; la quantité de biogaz produit.

Une partie des boues du digesteur est extraite et envoyée vers chauffage des boues. Il permet de maintenir les boues à la température optimale de 37°C. Les boues produites sont des boues digérées.

Le digesteur F est alimenté gravitairement par les deux digesteurs primaires (D et E), il fonctionne avec un marnage de boues de 4,80 m, soit 3 500 m³. Pour cela, l'extraction ne fonctionne pas avec une vanne télescopique comme les digesteurs primaires mais avec 3 pompes (dont une en secours).

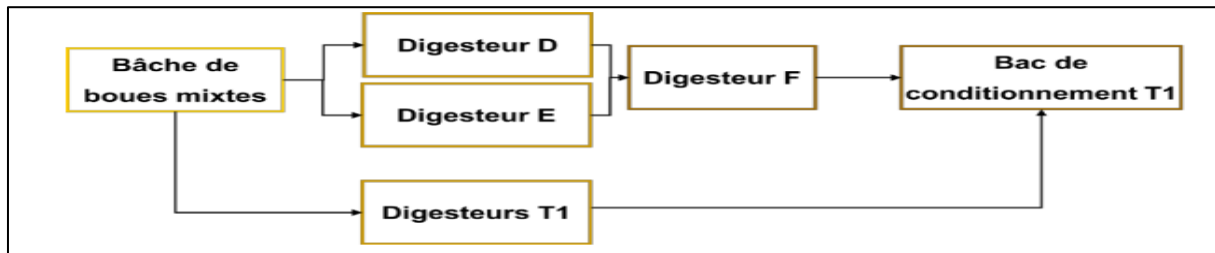


Figure II.34. Schéma de la filière de la digestion des boues de la STEP de Baraki

b) Brassage du gaz

Le biogaz produit par les digesteurs s'échappe vers le haut des digesteurs, et est stocké dans le ciel gazeux des digesteurs. Une partie du biogaz extrait du ciel gazeux est envoyé vers le compresseur de brassage. Une fois comprimé, il est refoulé par les compresseurs vers les cannes de brassage des boues dans les digesteurs.

c) Stockage et utilisation du biogaz

Le biogaz est récupéré dans le ciel gazeux, par une conduite au sommet de l'ouvrage.

Les soupapes et les gardes hydrauliques assurent la sécurité des équipements et des personnes.

Le biogaz venant des digesteurs peut soit :

- Alimenter directement les chaudières.
- Être brûlé par la torchère.
- Être stocké dans le gazomètre.

Le gazomètre permet le stockage du biogaz pour sa valorisation. Sa capacité est de 3000 m³.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI



Figure II.35. Gazomètre de stockage de biogaz, torchère et pot de purge

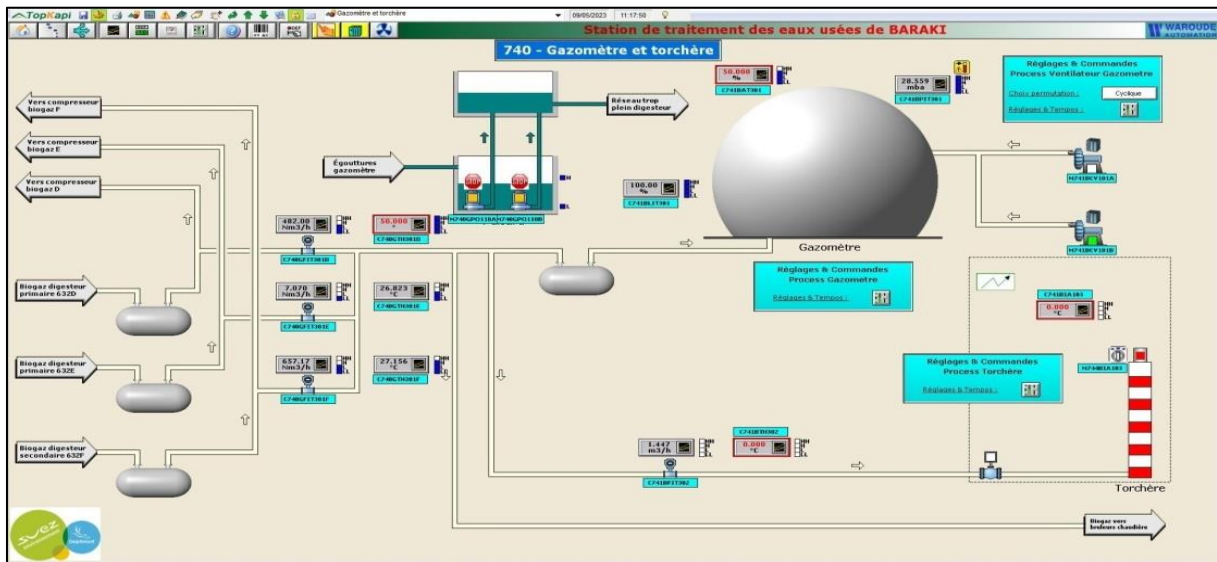


Figure II.36. Gazomètre et torchère (selon Topkapi)

d) Chauffage de la digestion

Il faut maintenir la température à l'intérieur du digesteur à une température de 37°C. Les boues doivent être réchauffées pour compenser les déperditions thermiques et l'arrivée de boues fraîches. On utilise deux principes le pompage et l'échange de chaleur.

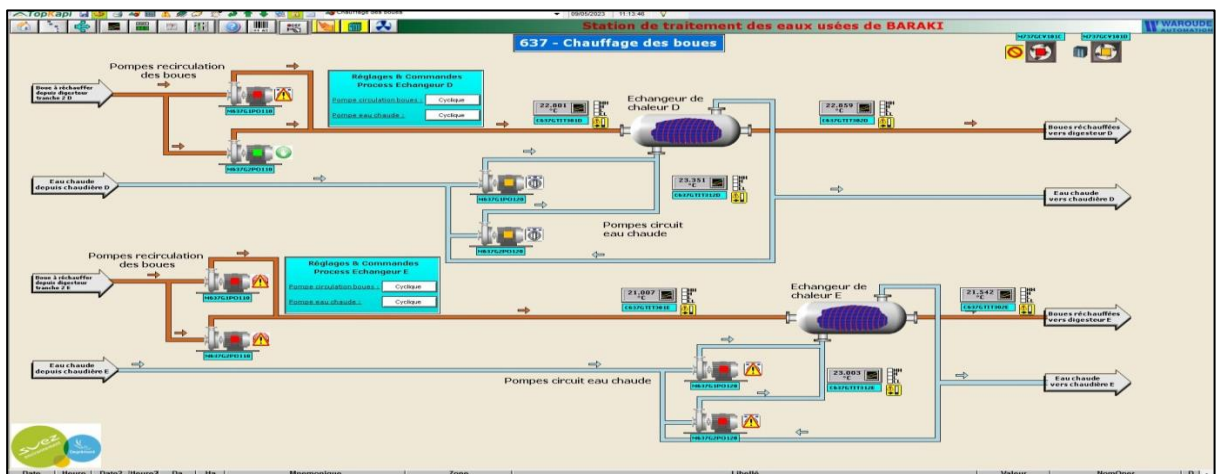


Figure II.37. Chauffage des boues selon Topkapi

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

II.4.2.5. Déshydratation

La fonction première de la déshydratation des boues est de diminuer la teneur en eau des boues. En effet, les boues digérées extraites contiennent beaucoup d'eau et prennent donc de la place de stockage.

L'atelier de déshydratation des boues est composé de combinés Table d'égouttage - Filtre à bandes qui permettent de déshydrater les boues extraites de la bêche tampon issues, l'unité de traitement se divise en 5 sections :

- ✓ Bêche tampon & pompes d'alimentation.
- ✓ Tables d'égouttage – filtres à bandes.
- ✓ Préparation polymère.
- ✓ Evacuation & stockage des boues.
- ✓ Postes toutes eaux.

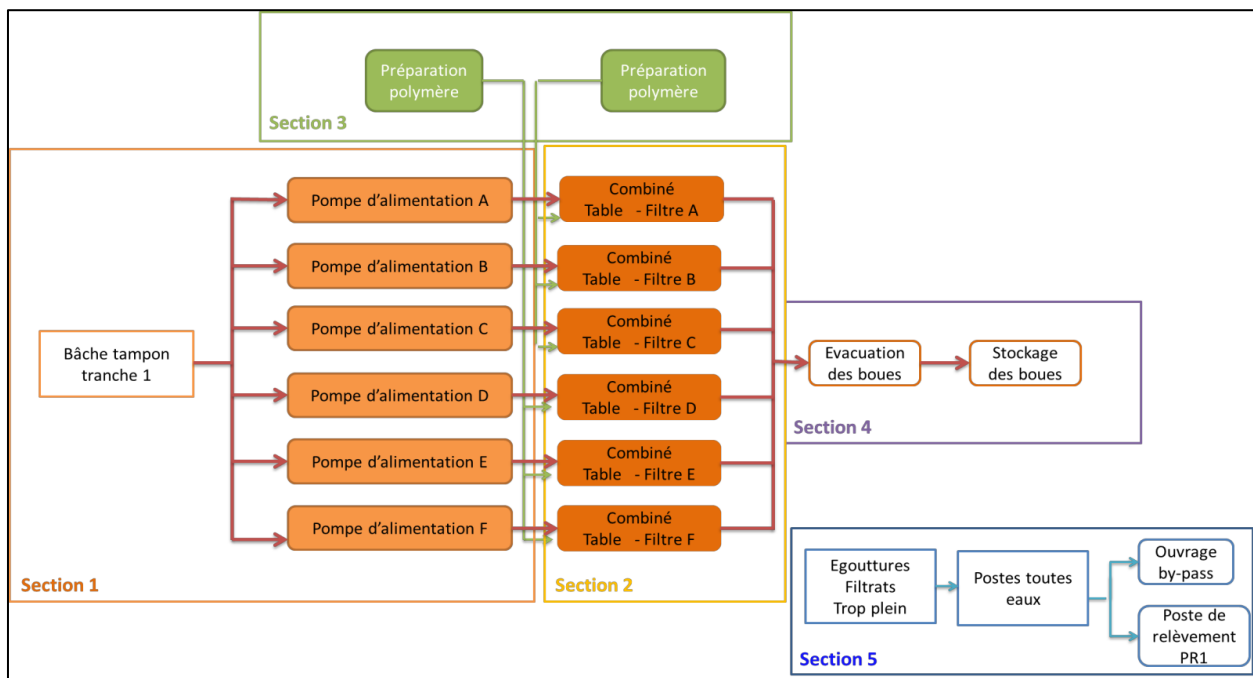


Figure II.38. Représentation schématique des 5 sections de l'unité de traitement (déshydratation)

a) Bêche tampon et pompes d'alimentation

Cette section a pour but de réceptionner les boues digérées à 38 g/L et les boues mixtes à 60 g/L depuis la bêche boues mixtes dans le cas où il est prévu le by-pass de la digestion.

Les boues digérées sont ensuite envoyées vers les combinés : Tables d'égouttages – Filtres à bandes par des pompes.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

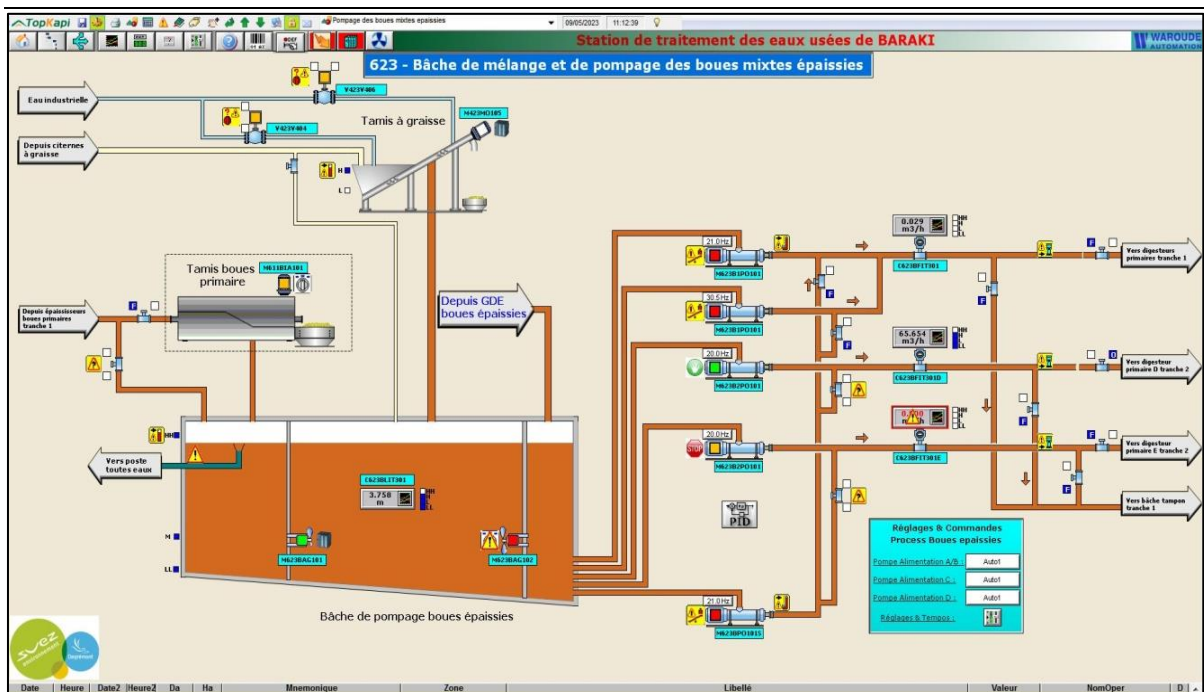


Figure II.39. Mélange les boues digérées et les boues mixtes (selon Topkapi)

b) Tables d'égouttage – filtres à bandes

Les boues digérées sont injectées dans 12 filtres à bandes équipés de plateaux munis de toiles filtrantes qui retiennent la boue.

Afin d'améliorer la séparation eau/boues, du polymère est injectée dans les boues en aval de la pompe d'alimentation. Le polymère permet la formation de floccs plus volumineux qui ne passeront pas à travers les mailles de la toile.

Les boues et le polymère sont ensuite mélangés dans un flocculateur, situé en entrée de chaque combiné Table d'égouttage – Filtre à bandes et Chaque flocculateur est équipé d'un agitateur.



Figure II.40. Agitateur

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

La boue floculée est ensuite déversée sur la table d'égouttage, en entrée du combiné.

Le combiné, composé d'une table d'égouttage et d'un filtre à bandes, est conçu pour l'épaississement puis la déshydratation en continu des boues.

Chaque table d'égouttage est composée de :

- Une toile de filtration en mouvement montée sur 2 rouleaux.
- « Bobidrans » (plats tournants sur un axe) utilisés pour créer des sillons dans la boue afin de favoriser l'égouttage.
- Un « rouleau égalisateur » qui comprime légèrement la boue en sortie de machine.

La boue floculée s'égoutte alors gravitairement sur la toile de filtration :

- La toile est mise en mouvement par 2 rouleaux.
- La toile est lavée en continu au moyen d'une rampe équipée de buses de lavage.
- Les filtrats et les eaux de lavage sont évacués vers le poste toute eaux.

La boue traverse ainsi la machine avant de se déverser sur la toile du filtre à bandes.

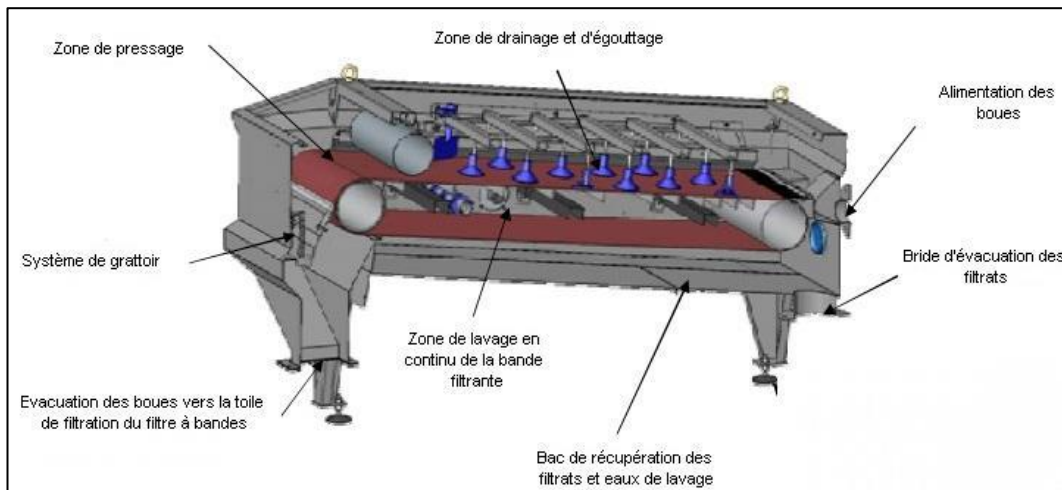


Figure II.41. Schéma de fonctionnement table d'égouttage



Figure II.42. Table d'égouttage (selon terrain 2023)

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

En sortie de la table d'égouttage, la boue est répartie sur toute la largeur de la toile inférieure de la zone d'égouttage du filtre à bandes.

Après l'égouttage, la boue est prise entre 2 toiles puis est soumise à une compression progressive dans une entrée en forme de coin suivie d'un enroulement jusqu'au serrage dû à la mise sous tension des toiles.

Les deux toiles passent ensuite sur une série de rouleaux de pressage qui augmentent la pression d'essorage en même temps qu'un effet de cisaillement rompt la structure de la boue, ouvre des canaux d'essorage du gâteau et améliore la déshydratation.

A la fin de la pressée, les « gâteaux » à in si formés sont débâchés et dirigés vers 3 silos de stockage.

Les boues sortent de l'atelier de déshydratation avec une siccité moyenne de 22%. Les filtrats, quant à eux, sont retournés en tête de la station (PR01).

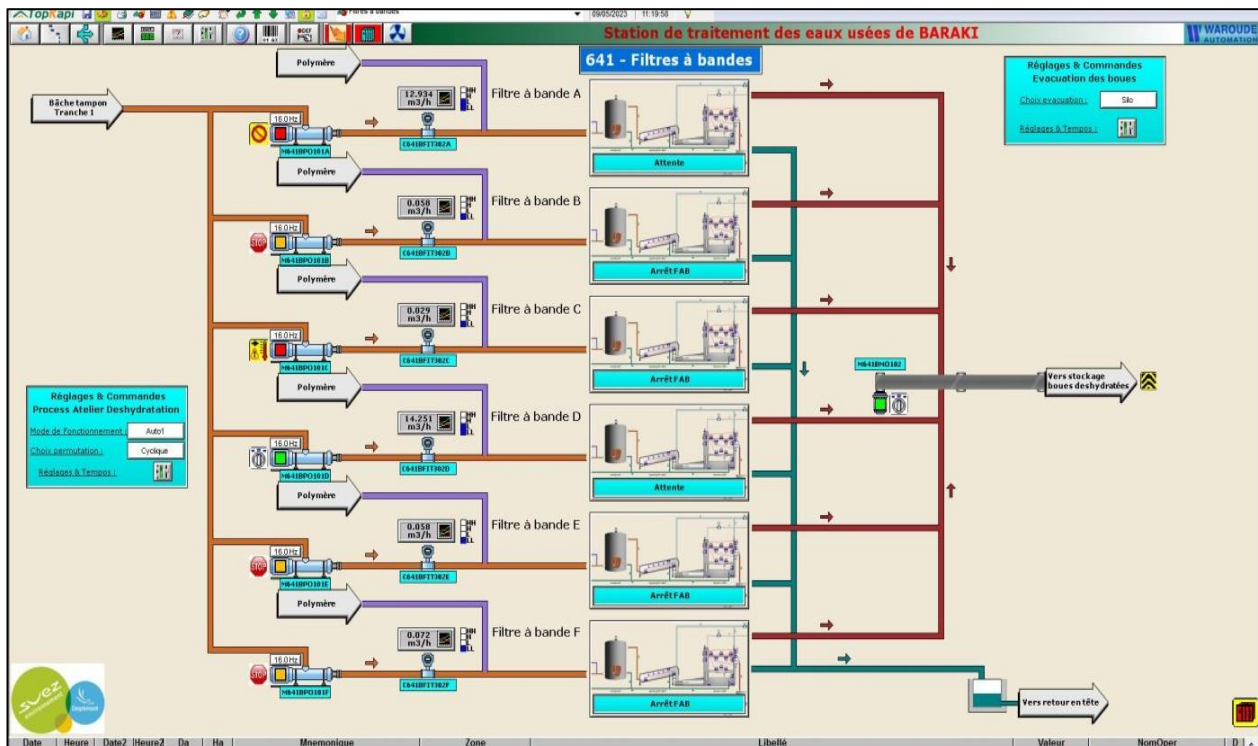


Figure II.43. Filtre à bande (selon Topkapi)

c) Préparation de polymère

C'est le même principe de l'étape précédente (l'épaississement) et dans ce cas le polymère est injecté dans les boues en entrée de la table d'égouttage – filtres à bandes.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

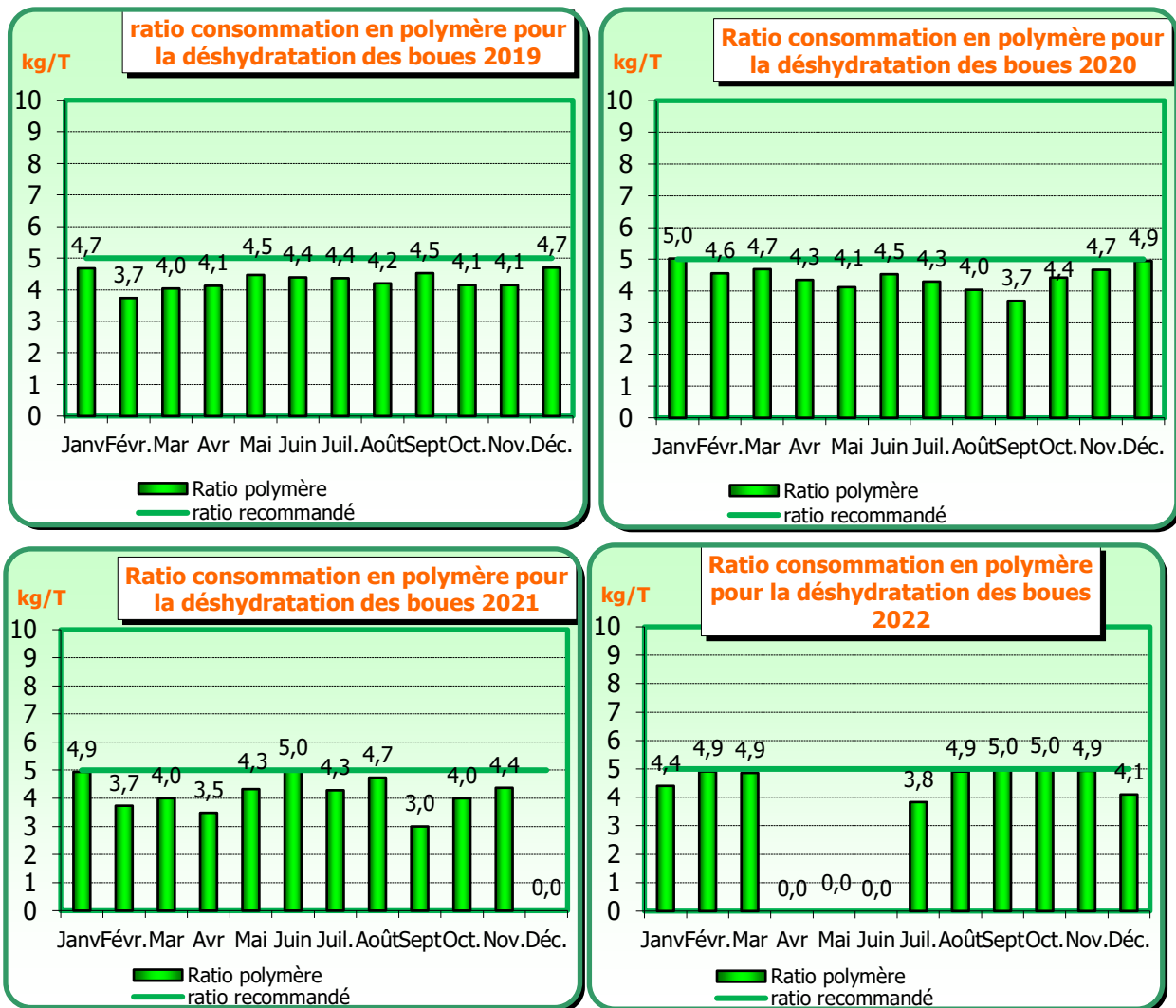


Figure II.44. Graphes des consommations en polymère pour la déshydratation des boues

Commentaire

En 2019, Le ratio est inférieur au seuil maximum recommandé.

En 2020, Le ratio est inférieur au seuil maximum recommandé et c'est l'objectif recherché.

En 2021, Le ratio est nul, arrêt du système de déshydratation.

En 2022, Le ratio est inférieur à la limite recommandée.

d) Evacuation & stockage des boues

Dans cette section les boues déshydratées sont évacuées vers trois destinations possibles et stockées selon trois modes

- Soit dans un silo.
- Soit dans l'un des compartiments de l'aire de stockage.
- Soit dans une benne située sous les combinés.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI



Figure II.45. Banne de stockage de la boue final

e) Postes toutes eaux

Le fonctionnement de cette section a pour objectif de :

Relever vers l'ouvrage de répartition et de by-pass biologique les retours constitués

- Des égouttures des pompes de boues mixtes et de boues épaissies ;
- Des filtrats venant des GDE et du pré-épaississeur ;
- Des boues pré-épaissies en cas de by-pass des GDE ;
- Des boues mixtes provenant du trop-plein de la bêche de mélange.

Renvoyer vers le poste de relèvement PR1 en tête de station les retours constitués :

- Des égouttures venant de la locale chaudière, de la désodorisation et des pompes de boues digérées ;
- Des filtrats venant des combinés et du traitement des sables ;
- Des matières de curage ;
- Des boues issues de la surverse des digesteurs F & D ;
- D'un mélange entre les boues issues de la surverse du digesteur E et des égouttures du pot de purge.

II.4.2.6. Dysfonctionnement de la filière boue de la station de BARAKI

Le principal objectif du traitement des boues en station d'épuration :

- Pour réduire leur volume en vue de limiter les quantités à stocker (pour l'épandage notamment).
- Pour stabiliser en vue d'améliorer leur composition chimique et leur consistance pour réduire leur biodégradation.

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

En effet, avant d'être stabilisées, les boues sont très riches en eau, et leur forte teneur en matières organiques fraîches les rend particulièrement fermentescibles, ce qui a pour conséquence de générer de mauvaises odeurs sur de larges périmètres. Ainsi, la stabilisation permet de produire des boues à forte siccité (taux de matière sèche) limitant considérablement ce type de nuisances pour l'environnement.

La station d'épuration de BARAKI génère de grandes quantités de boues qui posent un sérieux problème environnemental. Ces boues sont stockées dans la station avec des grandes quantités, sans aucune mesure assurant leur innocuité à l'environnement.



Figure II.46. Stockage de la boue au niveau de la station de Baraki (Photo pris en 2023)

Voici le stock des boues dans la station de BARAKI dans les derniers 4 ans (année 2023 non considérée car la fiche de reporting n'est pas encore fini).

Chapitre II

Description générale de la station d'épuration de BARAKI

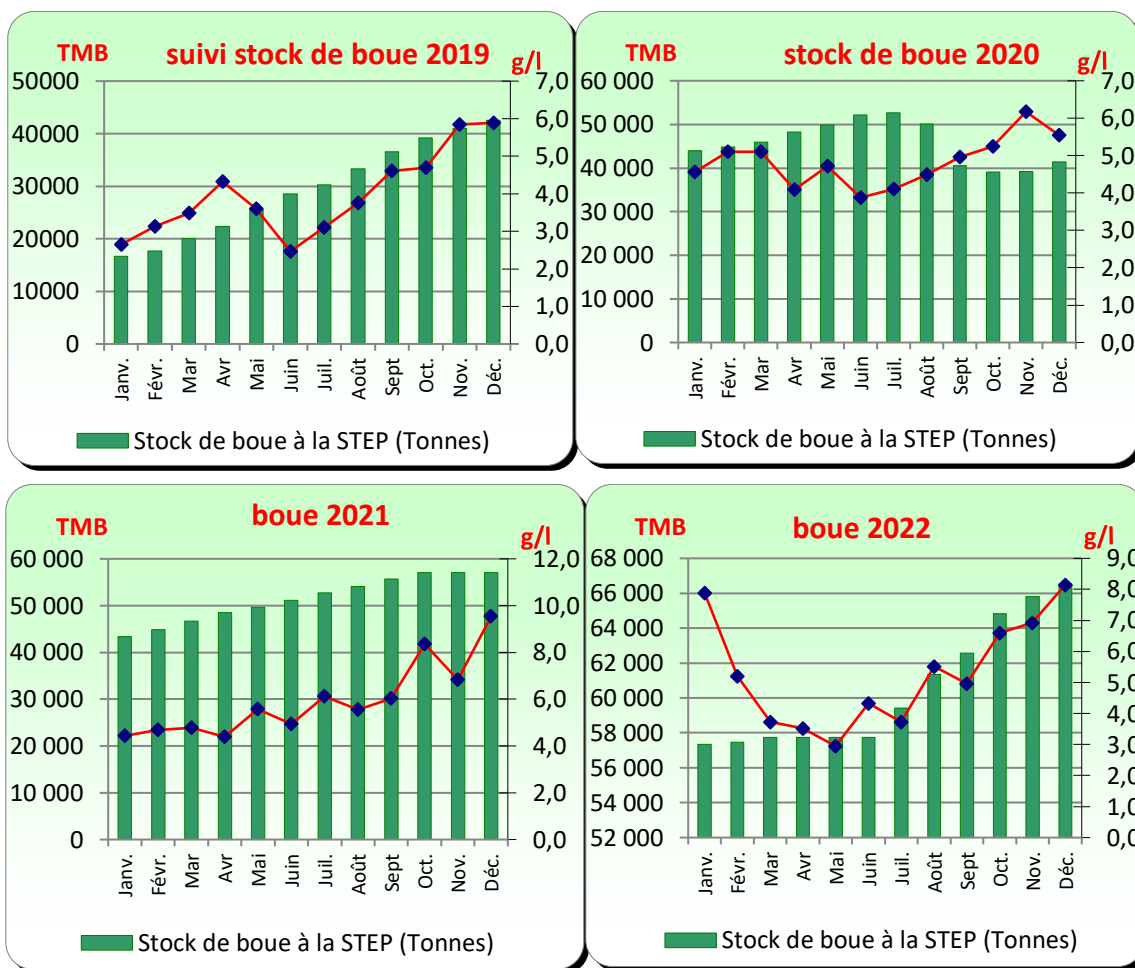


Figure II.47. Graphes des stockages des boues

Au cours de l'année 2019, la quantité de la boue stockée au niveau du site est d'ordre de 42 500 tonnes, l'évacuation des boues déshydratées est toujours en stand-by.

Au cours de l'année 2020, l'évacuation de 288 tonnes de boue déshydratée stockées sur site vers la plateforme de Zeralda, la quantité de la boue stockées au niveau du site est d'ordre de 41 381 tonnes,

Au cours de l'année 2021, la quantité de la boue stockée au niveau du site est d'ordre de 57 080 tonnes. Au cours de l'année 2022, La boue stockée au niveau du site est d'ordre de 66 544 tonnes. La concentration des boues dans les bassins biologiques est en augmentation en raison d'une déshydratation insuffisante (succession de problématique technique).

*Chapitre III Étude de
fonctionnement de la station
d'épuration de BARAKI*

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

III.1. Introduction

La performance d'une station d'épuration est le principal facteur d'évaluation de la qualité des eaux rejetées dans les milieux naturels. Ce travail se concentre sur l'estimation de l'efficacité de la station de traitement des eaux usées dans la ville de Baraki.

Le laboratoire de contrôle de la SEAAL de Baraki, réalise quotidiennement des analyses des différents paramètres organiques et physico-chimiques (MES, DBO₅, DCO, azote total (NGL), Pt etc.) de l'entrée, jusqu'à la sortie, et à des pas de temps variés. Pour notre part nous avons effectuée des prélèvements et des analyses pendant un mois. Durant le déroulement de notre stage, nous avons effectué des analyses sur les eaux prélevées afin de mesurer les concentrations des paramètres de pollution.

L'étude consiste à comparer une idée de la qualité physicochimique des eaux usées avant et après traitement ainsi que sa variabilité temporelle.

Les analyses des échantillons d'eau prélevés dans les deux stations d'épuration ont été réalisées au cours de la période allant de 2019 à décembre 2023. Les paramètres physico-chimiques mesurés sont : pH, T, conductivité, MES, DBO₅, DCO, N-NH₄, N-NO₃, P-PO₄.

La figure (III .1) représente la variation de débit de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP Au cours de la période 2019-2023.

Le volume de l'eau brute est supérieur au volume de l'eau épurée car le surplus est réutilisé dans les filières de traitement (dessablage et déshuilage, recirculation et extraction des boues).

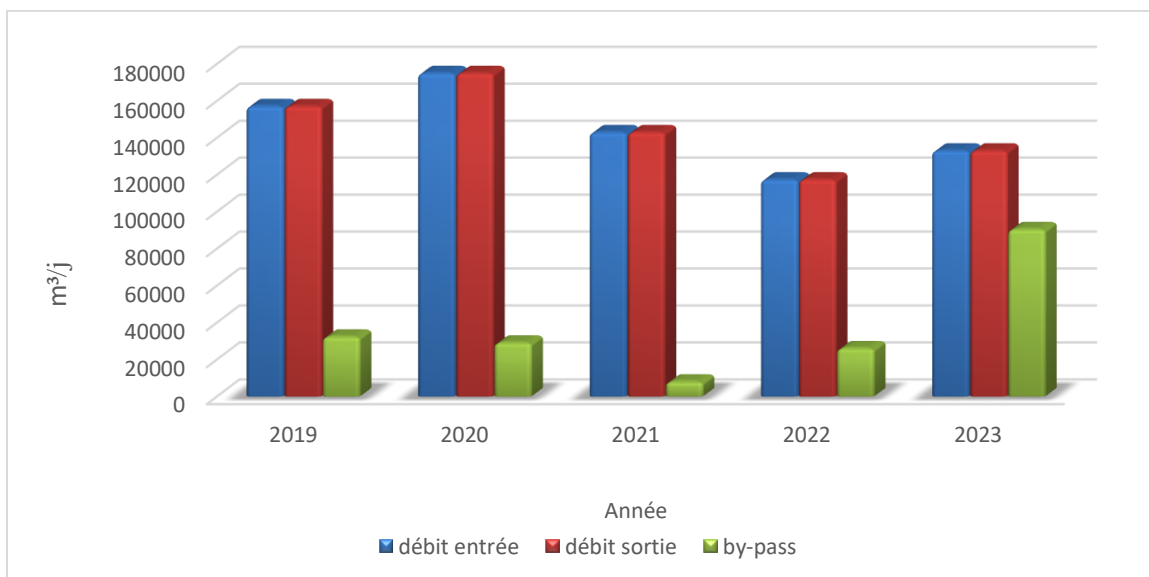


Figure III.1. Débit moyen au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années

III.2. Paramètres de pollution de la file eau

III.2.1. Echantillonnage et méthodes d'analyses

III.2.1.1. Echantillonnage automatique

La STEP de Baraki est équipée de préleveurs automatiques (Figure III.2) permettant de constituer un échantillon composite de 24 h de l'effluent à analyser aux différentes étapes du traitement des eaux usées.



Figure III.2. Préleveur automatique

Chaque préleveur est composé d'une enceinte réfrigérée qui contient 24 bouteilles de prélèvement. Le préleveur prend des échantillons de 100 ml chaque 20 min durant toute la journée (au total 7L200 ml). Après 24 heures, le personnel chargé du prélèvement reconstitue un échantillon moyen de 2 L en mélangeant les 24 flacons pour l'acheminer au laboratoire de la station chargée de l'exploitation de la STEP. Les prélèvements s'effectuent au niveau de :

- Eaux brutes (à l'entrée de la station), **EB**.
- Eau décanté (décanteur), **ED**.
- Eaux épurées (clarificateur), **EE**.
- Eau filtrée, **EF**.

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI



Figure III.3. Différents prélèvements d'eau

III.2.1.2. Echantillonnage manuel

En cas d'absence ou de panne de préleveurs, le préleveur ou un opérateur désigné par le responsable effectue des prélèvements selon le planning. Chaque 2 h, il prélève 1000 ml entre 8h et 16h. Ces prélèvements sont ensuite transmis au laboratoire.

Nous prenons à chaque prélèvement 500 ml pour la reconstitution de l'échantillon moyen et la conservation au réfrigérateur. Les prélèvements s'effectuent au niveau du :

- Bassin primaire (eaux décantées)
- Bassin secondaire (eaux décantées secondaire).

III.2.2. Méthodes d'analyses et interprétation des résultats

Les kits d'analyses rapides sont aujourd'hui fréquemment employés, autant pour les eaux usées, que les eaux potables, industrielles. Ces kits répondent à de nombreux besoins et offrent l'avantage de fournir des résultats en un temps record, avec une fiabilité qui égale parfois celle des analyses réalisées en laboratoire qui répond aux exigences normées.

III.2.2.1. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse. Elles sont exprimées en mg/L [17]. Afin de déterminer les MES on a pris à l'aide d'une éprouvette les volumes suivant :

- 30 ml d'Eaux Brute
- 100 ml d'Eaux Décanté (bassin primaire)

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

- 250 ml d'Eaux Epuré (clarificateur)
- 250 ml d'Eaux Filtré

Prélever un échantillon représentatif dans un contenant de plastique ou de verre. Pour la détermination des solides en suspension, aucun agent de conservation n'est requis. Conserver l'échantillon en réfrigérant entre 0 °C et 6 °C. Le délai de conservation entre le prélèvement et l'analyse ne doit pas excéder 7 jours. La détermination des solides en suspension est faite en filtrant une portion d'échantillon au travers d'un filtre Whatman 934 AH préalablement pesé. Lorsque la filtration est terminée, le résidu est séché à 103-105 °C et pesé de nouveau. Le poids de solides en suspension est obtenu en effectuant la différence des poids [18]. Ensuite, La teneur en matières en suspension, par filtration, est calculée d'après l'expression suivante :

$$\text{MES} = (M_1 - M_0) \times 1000 / V$$

Avec

(MES) : teneur en matières en suspension, (mg/L) ;

V : volume, en millilitres, de la prise d'essai ;

M₀ : masse, en milligrammes, du creuset avec filtre avant filtration ;

M₁ : masse, en milligrammes, du creuset avec filtre, après filtration, séchage à 105 °C et refroidissement.

La figure (III .4) représente la variation de MES de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP pour les trois types d'eau (brute, décanté, clarifié, filtré) durant les dernières cinq années (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

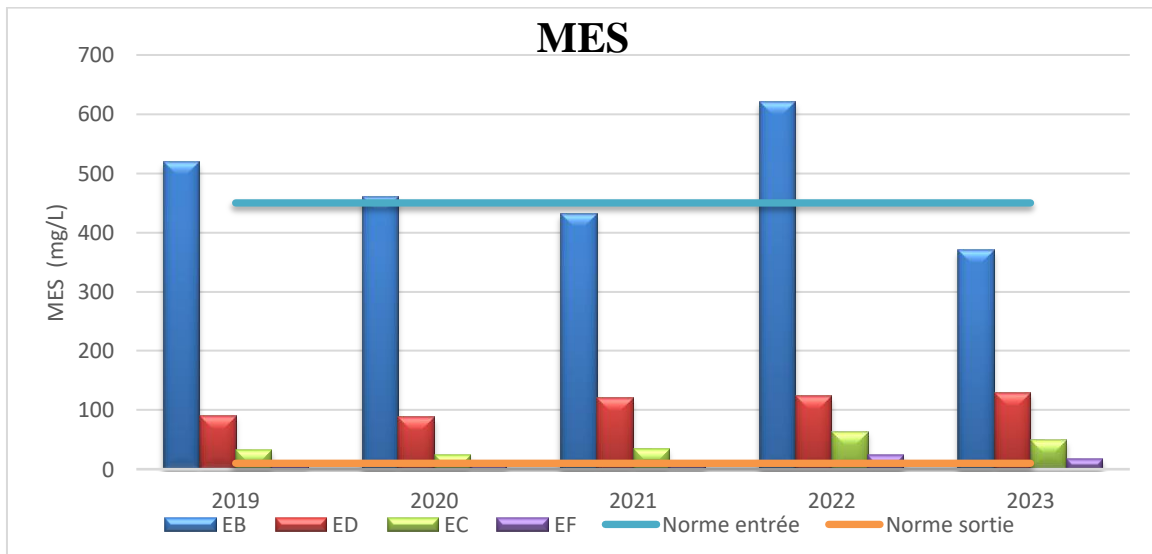


Figure III.4. Concentrations moyennes de la MES au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules solides (minérales et organiques). D'après le graphe III.5, on remarque que la quantité de la matière en suspension à l'entrée (eau brute) varie entre 370 mg/L et 620 mg/L. Les concentrations élevées de la MES au niveau de l'entrée de la station (EB) sont toutes à fait compréhensibles, car les eaux usées sont pleines de matière solide organiques et minérales, tandis qu'à la sortie (eau filtrée) le taux de MES varie entre 6 mg/L et 24 mg/L, ce qui est conforme à la norme Algérienne (10 mg/L) (Voir annexe A). Ces résultats montrent que malgré la charge en MES, son élimination se fait de façon efficace et avec un bon rendement.

On observe également un rendement d'abattement de MES très important (96%) ce qui explique une bonne élimination des particules au niveau de :

- Dégrilleur
- Bassins d'aération
- Clarificateur.

III.2.2.2. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est la mesure de la consommation d'oxygène d'un effluent après cinq jours d'incubations à 20 °C. La consommation d'oxygène de l'échantillon provient de la dégradation des molécules organiques et de l'oxydation des molécules inorganiques comme les sulfures, les ions ferreux et les différentes formes de composés azotés [17].

Prélever un volume d'un litre d'échantillon représentatif dans un contenant de plastique exempt de contaminants. Aucun agent de conservation n'est ajouté à l'échantillon. Celui-ci se conserve pendant 48 heures en le réfrigérant entre 0 °C et 6 °C.

L'oxydation complète des matières organiques nécessite de 21 à 28 jours, mais la mesure de la DBO est limitée à 5 jours, car au-delà, débute le processus aérobie de nitrification (oxydation des matières azotées). La DBO₅ est également exprimée en mg / L d'oxygène [19].

On verse dans un premier flacon un volume de 97 ml de l'eau brute et dans un deuxième flacon un volume de 432 ml de l'eau filtrer et dans un troisième flacon un volume de 432ml de l'eau épurer. On Ajoute un inhibiteur de nitrification qui permet d'inhiber la demande d'oxygène dans le test de DBO₅ car les bactéries nitrifiantes consomment l'oxygène pour transformer l'ammonium NH₄ en nitrate NO₃. Ensuite, assurer une bonne agitation de l'échantillon pendant les cinq jours.

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

Puis ajouter 3 pastilles de KOH dans le godet en caoutchouc avec lequel on referme le flacon (a pour rôle de piéger le CO₂ dégagé pendant la respiration) et on ferme hermétiquement chaque flacon avec l'Oxitop, lancer la mesure et mettre le flacon dans l'incubateur réglé à 20°C, faire la lecture après 05 jours d'incubation.



Figure III.5. Incubateur

La DBO₅ est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques.

La figure (III .6) représente la variation de DBO₅ de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP quatre type d'eau (brute, décanté, clarifié, filtré) durant les dernières cinq années (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

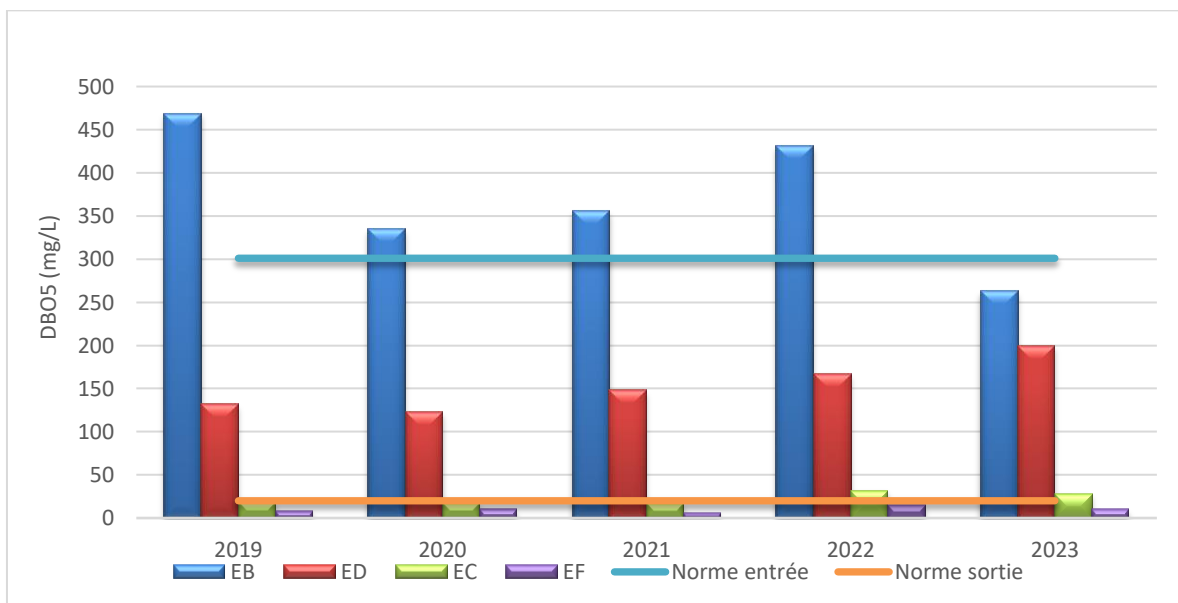


Figure III.6. Concentrations moyennes de la DBO₅ au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

On remarque que la concentration de la DBO₅ de l'eau brute varie entre (EB) varient entre 260 mg/L et 470 mg/L. Les concentrations élevées de la DBO₅ au niveau de l'entrée de la station (EB) sont tout à fait compréhensibles, car les eaux usées urbaines sont chargées en matières organiques biodégradables. Après traitement, nous avons enregistré des valeurs de 27, 35,36, 54, 54 mg/L. En effet, les teneurs enregistrées à la sortie de traitement (EF) sont entre 6 mg/L et 15 mg/L, ce qui est conforme à la norme Algérienne (20 mg/L).

Le rendement d'abattement de la DBO₅ égale à 97 % ce qui explique une bonne dégradation de la matière organique biodégradable par les bactéries.

III.2.2.3. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène requise pour oxyder la matière organique et inorganique oxydable contenue dans un échantillon. Ce paramètre donne une estimation de la quantité de polluants présents dans une eau usée. Elle permet de mesurer la teneur en matières organiques totales (excepté quelques composés qui ne sont pas dégradés), y compris celles qui ne sont pas dégradables par les bactéries. Il s'agit donc d'un paramètre important permettant de caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques [17]. La mesure de la DCO se fait par oxydation au dichromate de potassium (K₂Cr₂O₇). Elle est exprimée en mg / L d'oxygène [20].

La valeur de la DCO peut également servir d'indicateur pour les dilutions nécessaires lors de la mesure de la demande biochimique en oxygène.

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement [17].

Il utilise la méthode kit Hach LCK114 (haute gamme) et LCK314 (basse gamme). Tout d'abord, il faut agiter les différents prélèvements des eaux prises, ensuite, on va Prendre une cuve de la gamme indiquée de 150 à 1000 mg O₂/L (haute gamme : LCK 114 pour les échantillons des eaux brutes et décantées) et 15 à 150 mg O₂/L (basse gamme : LCK314 pour les échantillons des eaux épurées et filtrées) et bien l'agiter. On utilise une pipette 2 ml de l'échantillon dans la cuve à code barre et Bien agiter la cuve, On va Chauffer le tube pendant 2 h à 148 ° C dans le thermostat LT200 et Secouez énergiquement et laissez refroidir la cuve pendant un petit moment. Ensuite, il faut Nettoyez la cuve, puis l'insérer dans l'emplacement approprié du DR2800 /DR3800, enfin et Après avoir mis la cuve dans le spectrophotomètre, la valeur de la concentration de DCO s'affichera directement sur l'écran du spectrophotomètre en mg O₂/L [21].

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

À partir de ces résultats, on peut déterminer les volumes nécessaires des échantillons pour mesurer la DBO₅.



Figure III.7. (a) Spectrophotomètre ; (b) Réactifs d'analyse de la DCO

La figure (III .8) représente la variation de DCO de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP dans quatre types d'eau (brute, décanté, clarifié, filtré) durant les dernières cinq années (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

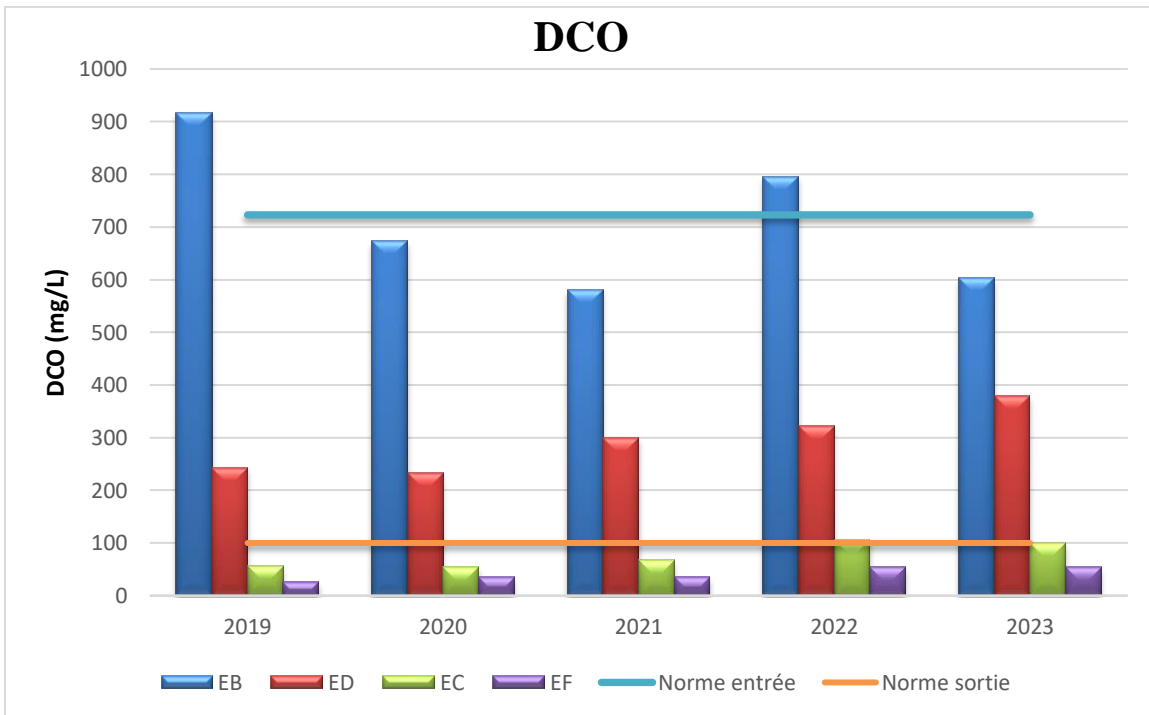


Figure III.8. Concentrations moyennes de la DCO au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène.

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

D'après les résultats obtenus, on observe que le taux d'abattement de la DCO de l'eau entrée (brute) varie entre 920-520 mg/L et pour les eaux épurées, nous avons enregistré des valeurs de 27, 35, 36 et 54mg/L. Ces valeurs sont toutes sous le trait de la norme appliquée dans la STEP de BARAKI 120 mg/L (Figure III.8).

Le rendement d'élimination de la DCO est de 94% ce qui explique une bonne élimination de la matière organique et minérale.

III.2.2.4. Azote total (NT)

L'usage d'eaux usées en irrigation peut faire craindre un excès d'apports azotés. Cet excès se réfère d'une part aux tolérances de la végétation cultivée et d'autre part, aux risques de pollution des nappes phréatiques sous-jacentes. L'azote en quantité excessive peut, dans des mesures qu'il ne faut pas exagérer, perturber certaines productions, retarder la maturation de certaines cultures, abricotiers, agrumes, avocatiers, vigne par exemple. Il peut aussi altérer leur qualité, comme par exemple réduire la teneur en sucre des fruits ou des betteraves, accentuer la sensibilité des cultures aux maladies, la tendance à la verse pour les céréales, limiter le développement des jeunes racines [22].

Ce mode opératoire est applicable pour les eaux brutes, (haute gamme LCK 338) et les eaux traitées (basse gamme LCK 238). On prend par une pipette de 0,2ml d'échantillon d'eaux brute dans le tube à essai (1) sec puis ajouter 2,3ml de la solution A et une pastille B. aussi Prélever 0.5ml d'échantillon d'eau épurée dans le tube à essai (2) puis ajouter 2 ml de la solution A et une pastille B et on ferme les tubes et chauffer au niveau du thermostat pendant 60 min à 100 °C, on sort le tube et laisser se refroidir à T °C ambiante et Ajouter 1 Micro Cap C et Bien mélanger le tube à essai. Ensuite, on prend une Pipette du tube à essai (1) 0,5 ml dans la cuve à code barre et on ajoute à la cuve à code barre 0,2 ml de la solution D, (même chose pour le tube 2). On ferme la cuve et agiter le contenu et Attendre 15 min et mesurer avec le spectrophotomètre, la valeur de la concentration de l'azote total (NT) est donnée directement par le spectrophotomètre en mg/L.

La figure (III .9) représente la variation de l'azote totale NT de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP durant les derniers cinq années (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

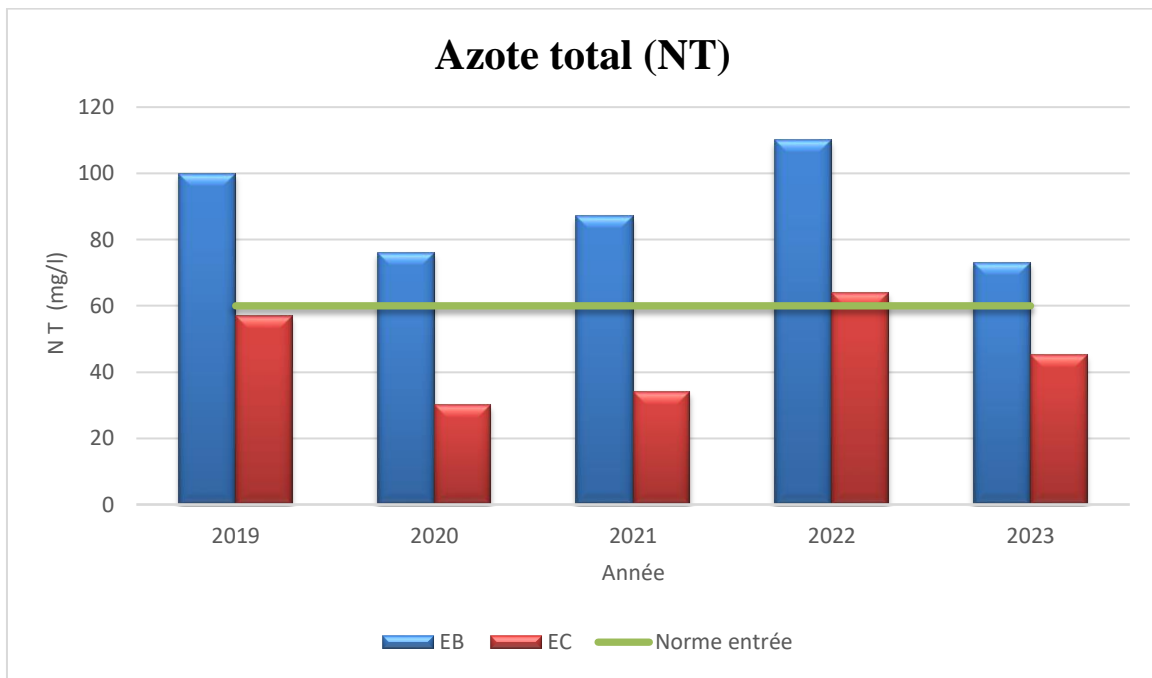


Figure III.9. Concentrations moyennes de NT au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années

Afin de dégrader le carbone, les bactéries nécessitent un apport nutritif en azote et en phosphore (C/N/P), l'assimilation du carbone entraîne forcément l'assimilation au minimum 5% du phosphore et 5% d'azote, d'où la diminution de ces derniers en sortie de l'installât.

Sachant que $NT = NH_4^+ + N_{org} + NO_3^- + NO_2^-$, les valeurs de NT de l'eau brute varient entre 50- 110 mg/L, les valeurs obtenues sont supérieures aux normes de l'entrée à cause de la charge des matières azotées dans l'eau brute. Et les valeurs de l'azote de l'eau clarifié entre 30- 60 mg/L, ces valeurs sont conformes aux normes (≤ 10 mg/L).

III.2.2.5. Phosphore Total (Pt)

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/L (soit 15 à 35 mg/L en P_2O_5), à moins que l'élimination du phosphore ne soit assurée durant le traitement. La teneur en phosphore dans les eaux usées est habituellement trop faible pour modifier le rendement. Mais s'il y a excès, il est pour l'essentiel retenu dans le sol par des réactions d'adsorption et de précipitation ; cette rétention est d'autant plus effective que le sol contient des oxydes de fer, d'aluminium ou de calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore [22].

La figure (III .10) représente la variation de PT de l'eau à l'entrée et à la sortie de la STEP durant les derniers cinq années (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

Chapitre III
Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

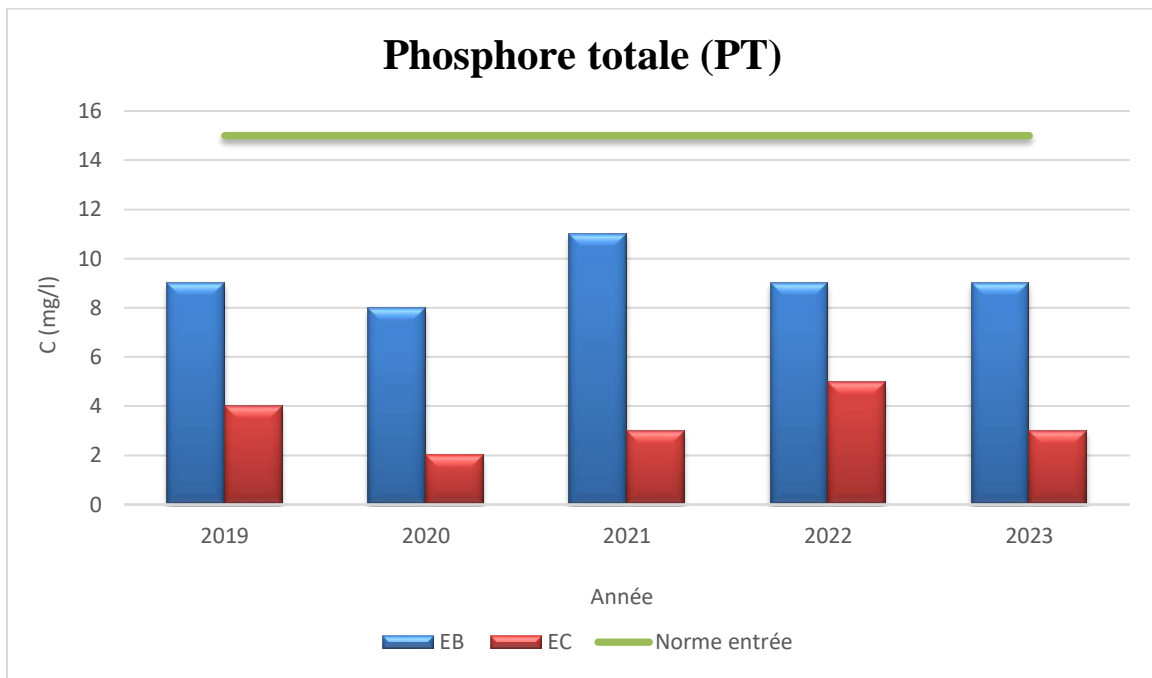


Figure III.10. Concentrations moyennes de la PT de l'eau brute et épurée durant les derniers cinq années

Selon les résultats présentés sur la figure III.10, on observe que la concentration de phosphore (PT) de l'eau brute a des valeurs oscillantes entre 8 - 11 mg /L, alors que l'eau épurée, sa valeur oscille entre 2 mg /L et 5mg/L. Ces valeurs sont conformes aux normes ($\leq 10\text{mg/L}$).

III.2.2.6. Nitrate (N-NO₃)

Pipeter 1,0 ml d'échantillon et on Pipete 0,2 ml de la solution A et on ferme la cuve et on mélange le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que- le mélange soit complet. On Attend 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et la mesurer. Le spectrophotomètre indique des résultats en mg/L de N-NO₃ ; ces derniers sont enregistrés sur le cahier de poste.

Pour le contrôle interne de la manipulation et du matériel, il suffit de remplacer la prise d'essai par la solution standard de l'étalon LCA 703 et suivre les mêmes étapes indiquées dans le logigramme de LCK 339.

La figure (III .11) représente la variation de NO₃⁻ de l'eau brute de la STEP durant les derniers cinq années (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

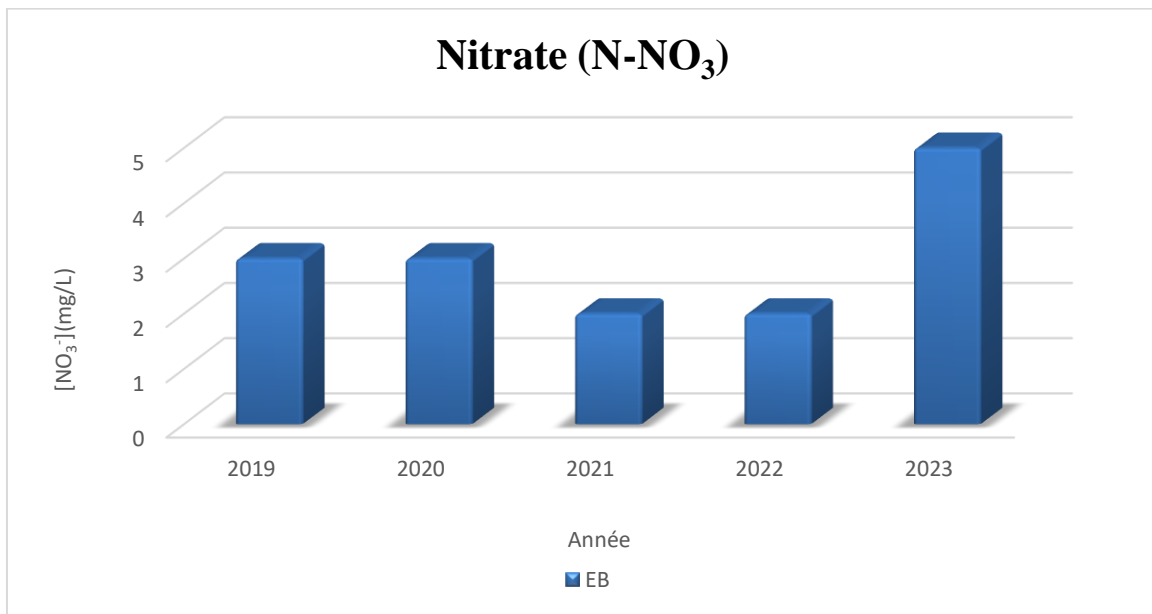


Figure III.11. Concentrations moyennes du nitrate de l'eau brute durant les derniers cinq années

III.2.2.7. Potentiel hydrogène (PH)

C'est l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il permet de définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau.

Il joue sur les équilibres chimiques et biologiques et a une importance primordiale sur de nombreuses étapes de traitement, comme la coagulation/floculation, la rétention des métaux sur les filtres, la désinfection, les traitements de finition (mise à l'équilibre, décarbonatation, adsorption, ozonation, nano filtration) et la plupart des traitements spécifiques (nitrification, dénitrification, déferrisation, démagnétisation, élimination de nombreux métaux et métalloïdes) [23].

La figure (III .12) représente la variation de pH de l'eau brute, clarifié, filtré de la STEP en fonction dans les derniers cinq années (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

Le paramètre de pH est indispensable pour la vitalité des bactéries dans le bassin biologique et il est un indicateur de pollution par excellence, il donne une idée de l'alcalinité et de nature des effluents (acide ou basique). Les valeurs de pH avant traitement sont entre 7,61 et 8. Après le traitement, on a des valeurs de pH entre 7,73 et 7,97. Alors, Les valeurs obtenues à la sortie sont dans la norme de la station de BARAKI (6,5 – 8 ,5).

Chapitre III
Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

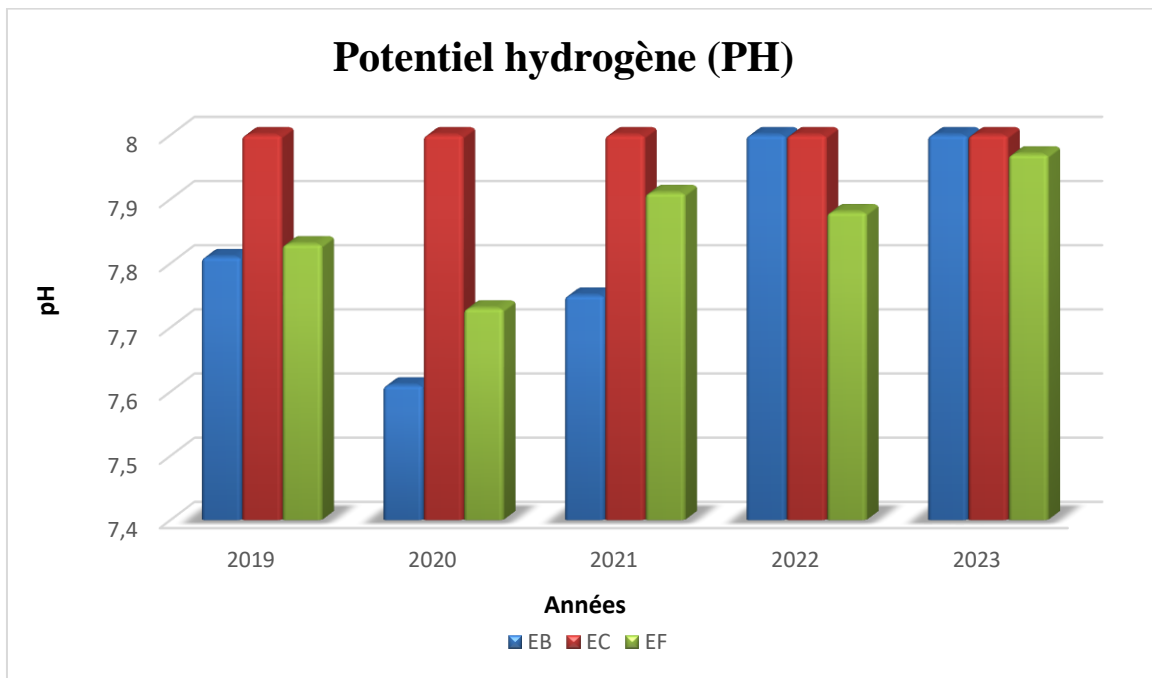


Figure III.12. Variation du PH de l'eau brute, clarifié et filtré de la station durant les derniers cinq années

Le pH est un paramètre indispensable pour la vitalité des bactéries dans le bassin biologique, il donne une idée de l'alcalinité et de nature des effluents (acide ou basique). Premièrement, nous vous rappelons de la norme de la STEP d'étude 6,5-8,5, c'est proche de la neutralité. Les valeurs de pH avant traitement (EB) sont entre 7,61 et 8. Après le traitement (EF), on a des valeurs de pH entre 7,73 et 7,97. Alors, Les valeurs obtenus dans la sortie sont acceptables et dans la norme de la station de BARAKI (6,5 – 8 ,5).

III.2.2.8. Conductivité électrique

Elle permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Elle dépend de la température de l'eau [23].

La mesure est faite à l'aide d'un conductimètre de type TOLEDO. MC226. La conductivité d'une solution est affectée par la température de la solution. Donc il est nécessaire de lier les mesures de conductivité à une température de 25°C.

La conductivité électrique est déterminée en même temps que la température par le conductimètre.

La figure (III .13) représente la variation de conductivité électrique de l'eau usée à l'entrée et à la sortie de la STEP pour les trois types d'eau (brute, clarifié, filtré) durant les dernières cinq années (2019, 2020, 2021, 2022, 2023).

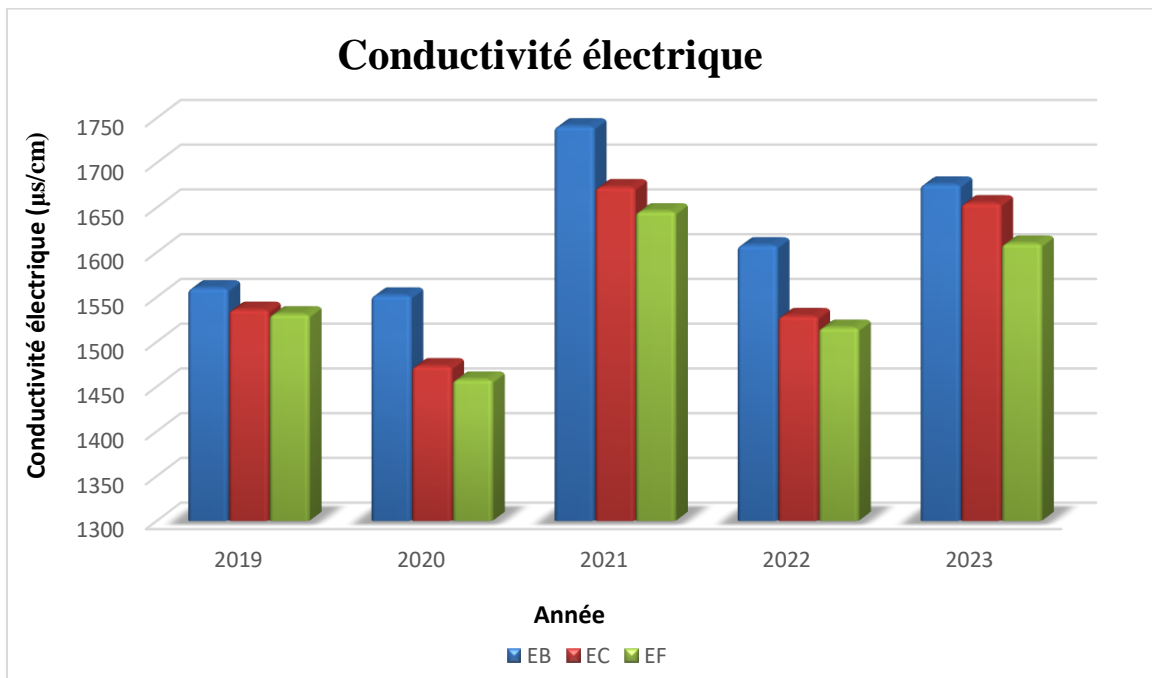


Figure III.13. Concentrations moyennes de la CE au niveau des différents points de la station dans les derniers cinq années

D'après le graphe ci-dessus, on remarque que l'eau brute possède une gamme de conductivité qui varie dans l'intervalle 1500-1800 µs/cm. Par contre pour l'eau épurée, cette conductivité varie entre 1400-1600 µs/cm.

On peut expliquer la diminution de la conductivité de l'eau épurée par la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur par le phénomène adsorption et qui se sont concentrés dans les boues. Les valeurs de conductivité des eaux brutes et épurées sont aux normes (1800 µs/cm).

III.3. Caractérisation physicochimique des boues finales issues de la station d'épuration de Baraki

Les boues d'épuration sont traditionnellement mises en décharge telles quelles. Cela entraîne des nuisances olfactives, des risques sanitaires et environnementaux. Dans le contexte actuel de développement durable, la valorisation agricole et/ou énergétique des boues de stations d'épuration est au cœur des préoccupations environnementales. Le compostage et la méthanisation sont des techniques vertes, qui permettent de transformer les déchets en une à haute valeur ajoutée tout en minimisant les risques de pollution. En Algérie, actuellement, le seul débouché pour les boues est leur déversement dans des centres d'enfouissement technique [24].

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

Ce mémoire peut être utile à la fois pour toute personne souhaitant s'informer sur les techniques de traitement des boues et en tant qu'ouvrage de référence. S'initier aux techniques de traitement des boues et comme outil d'aide à la décision pour les exploitants de stations d'épuration des eaux usées.

Dans cette partie, Nous avons étudié Les analyses physico-chimiques des boues mixtes et digérée et du biogaz produit de la station d'épuration des eaux usées de Baraki sont effectués durant les années 2019, 2020,2021,2022 et 2023.

III.3.1. Mesuré de potentiel hydrogène (PH)

Le pH du sol est déterminé selon la norme (NF ISO 10 390) comme suit : on réalise une suspension de 1/5 de la poudre des boues dans l'eau distillée, on agite le mélange pendant quelques minutes, puis on le laisse reposer 4 heures. Sauf qu'on a mélangé la solution pendant 20 minutes avant d'effectuée à l'aide 1 d'un pH-mètre.

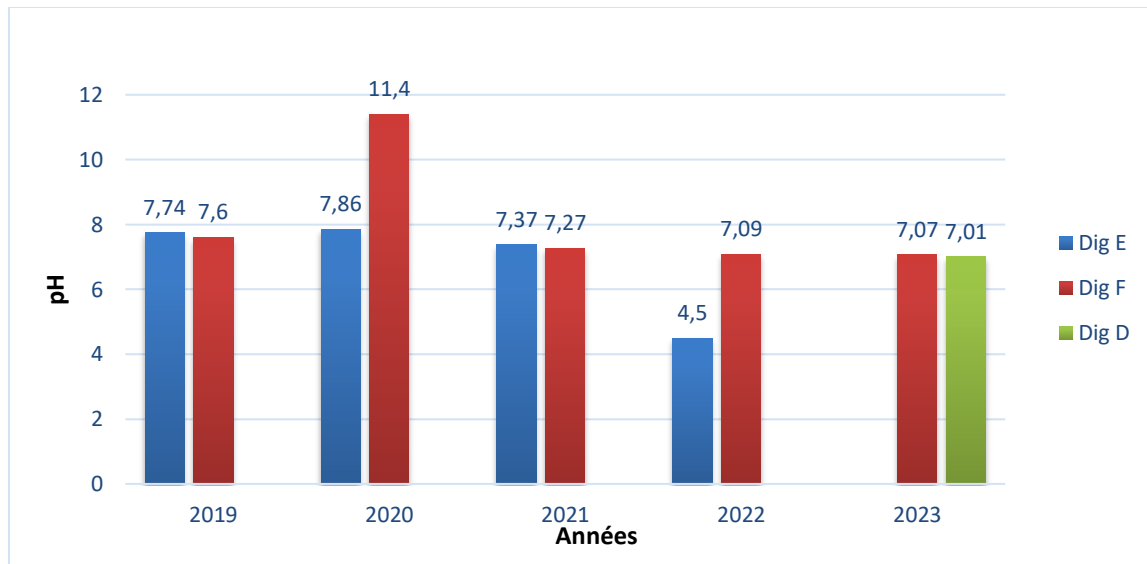


Figure III.14. Variation des Potentiels d'hydrogènes (pH) au niveau de chaque digesteur

Le diagramme montre que les valeurs du pH pour les boues mixtes (digesteurs E et D) varient entre 7,01 et 7,80 et pour les boues digérées (digesteur F) entre 7,01 et 7,61. Nous constatons que le pH reste dans la neutralité.

La digestion anaérobie du digesteur de la STEP de Baraki fonctionne d'une manière continue ce qui explique la neutralité du milieu. Cette neutralité est due à la stabilité des réactions d'une façon simultanée entre les différentes étapes de la digestion décrite en littérature, c'est à dire, la formation des acides gras volatils au cours de l'étape d'acidogènes.

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

III.3.2. Détermination de la matière sèche

La teneur en matières sèches est exprimée en pourcentage par rapport au poids de l'échantillon. La méthode de mesure consiste à mettre à l'étuve à 105°C, jusqu'à obtention d'une masse constante, un échantillon de boue (25 à 100 ml selon la concentration de la boue) [25].

$$\text{M.S en \%} = (m_2 - m_0 / m_1 - m_0) \times 100$$

$$1\% \longrightarrow \text{siccité } 10\text{g/L}$$

$$\text{M.S (\%)} \longrightarrow ?$$

$$\text{M.S en (g/L)} = \text{suscité} \times 10 \text{ g/L}$$

m_0 : poids de la capsule vide en g.

m_1 : poids de la capsule et son contenu en g.

m_2 : poids de la capsule et son contenu en g, après séchage et refroidissement.

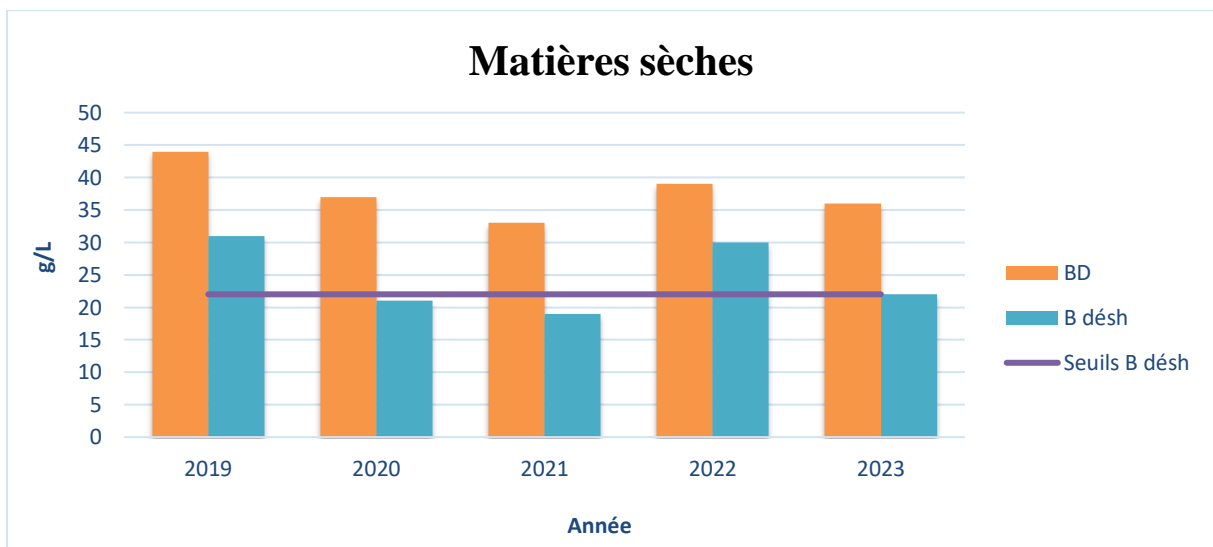


Figure III.15. Concentrations moyennes de la MS au niveau de la digestion et déshydratation de la station pendant les derniers cinq années

D'après les données de la STEP, on a un seuil de surveillance de MS de BD (boue digéré) est de 38 g/L (± 5), et seuils de B désh est 22g/L (± 5).

Les concentrations obtenues de MS des BD sont entre 33 et 44 g/L, les valeurs qui sont supérieure aux normes sont obtenus suite aux dysfonctionnements rencontrés au niveau des ouvrages de file boue :

- Arrêt de digesteur (bouchage de conduite de BM vers digesteur).
- Arrêt de GDE grille d'égouttage (manque pièce de rechange).

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

Les concentrations obtenues de MS des B désh sont entre 20 et 31 g/L, pendant les années 2019 et 2020, on a des valeurs qui sont supérieures à la norme suivie sont obtenus suite aux dysfonctionnements et l'arrêt de la salle de déshydratation (remplissage des aires de stockage de boue, manque de service, panne de camion multi benne).

III.3.3. Détermination de la siccité

La mesure de la siccité de la boue est importante dans la chaîne de traitement des boues, elle nous indique le poids réel et donc les moyens logistiques à mettre en œuvre pour sa manipulation ultérieure : plus la boue est sèche, plus elle facilite le transport et éventuellement le stockage.

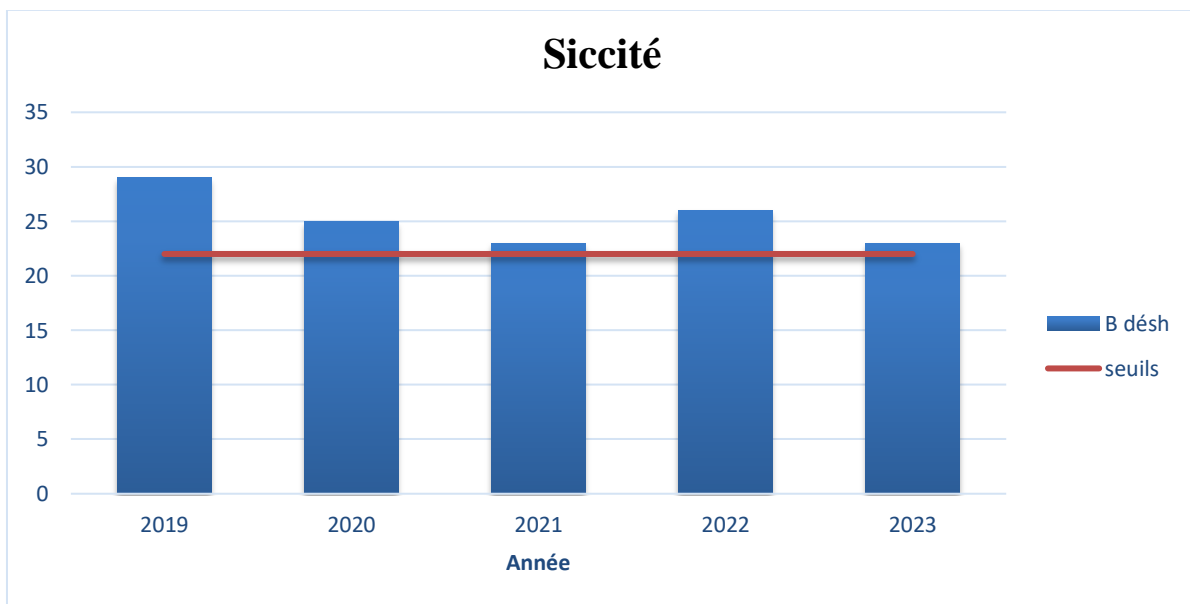


Figure III.16. Concentrations moyennes de la siccité au niveau de déshydratation de la station dans les derniers cinq années

D'après l'histogramme (Figure III.16), on a obtenu des valeurs de siccité entre 23% et 29 %. D'après les données de la station, la norme de surveillance de siccité de boues déshydratées doit être supérieure à 22%. Alors on peut dire que toutes les valeurs de siccité sont dans les seuils de station (>22%), alors, on a une boue solide.

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

III.3.4. Détermination du rapport AGV/TAC

Il est important de s'assurer que le TAC est supérieur à 1000 mg CaCO₃/L (mais inférieur à 6000 mg CaCO₃/L). En effet les hydrogénocarbonates (HCO₃⁻), l'azote ammoniacal (NH₄⁺) qui font l'alcalinité du milieu, permettent un fonctionnement plus stable du digesteur.

Centrifuger la boue une première fois à 5000 tour/minute pendant 10 minutes ;

- Recueillir le liquide surnageant dans un bécher de 400ml ;
- Laver le culot formé avec 50 ml d'eau distillée ;
- En respectant les mêmes conditions précédentes on refait la même chose fois, la centrifugation et le lavage du culot ;
- Verser sous agitation la solution de H₂SO₄ (0,1N) jusqu'à obtention d'un pH =4 correspondants à un volume v (ml) de H₂SO₄ versé ;

$$\text{Soit : TAC} = (V \times 0,1 \times 1000) / 25$$

$$\text{TAC} = (V \times 4) \text{ en méq/L}$$

Où :

$$\text{TAC} = (V \times A \times 0,05) \text{ en q/L de CaCO}_3$$

Pour la détermination du taux d'acides gros volatils de boue liquide, d'abord, on commence le travail par mesurer 25ml de boue et la centrifuger pour une première fois, après, on a recueilli le liquide surnageant et on récupère le culot fermé, puis, on répète l'opération de centrifugation du culot deux fois de suite et on met le liquide sous agitation magnétique et on verse la solution H₂SO₄ jusqu'à stabilisation du pH et faire bouillir le liquide et laisser refroidir et on verse la solution de NaOH jusqu'à stabilisation de pH. Enfin, on calcule le taux AGV.

Calculer le taux AGV :

$$\text{AGV} = (V_2 - V_1) \times 4 \text{ en méq/L}$$

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

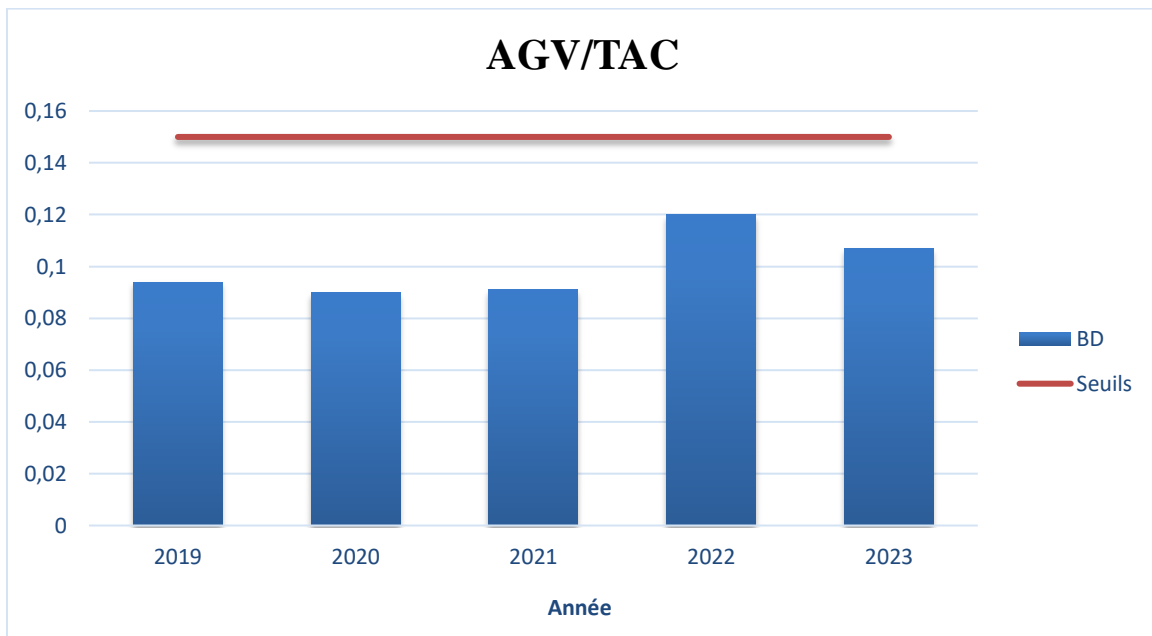


Figure III.17. Concentrations moyennes du rapport AGV/TAC au niveau de digesteur de la station dans les derniers cinq années

Pour un bon fonctionnement de la digestion anaérobie le rapport AGV/TAC doit être inférieur à 0,15. D'après l'histogramme (Figure III.17), toutes les valeurs du rapport AGV/TAC sont inférieures à 0,15. Alors, on a un bon rendement de la digestion anaérobie.

III.3.5. Détermination de la matière volatile sèche « MVS »

La mesure de MVS nous permet de déterminer le taux d'élimination des MV (Matières volatiles) lors de la digestion.

La recherche des matières volatiles en suspension (MVS) est pratiquée par calcination à 550°C des matières en suspension obtenues après centrifugation puis séchage à 105°C. Pour calculer le taux d'élimination des MV, il faut connaître le % de MV des boues fraîches mais aussi celui des boues digérées. Plus le taux d'élimination sera élevé, plus la quantité de biogaz produite sera importante.

Le MVS est exprimé par l'équation :

$$MVS = M_1 - M_0$$

Où :

M_1 : la masse finale après le brulage dans 550°C. Qui représente la matière minérale

M_0 : la masse de la matière sèche à 105°C.

La figure III. 21 représente l'évolution moyenne du MVS en fonction de l'année :

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

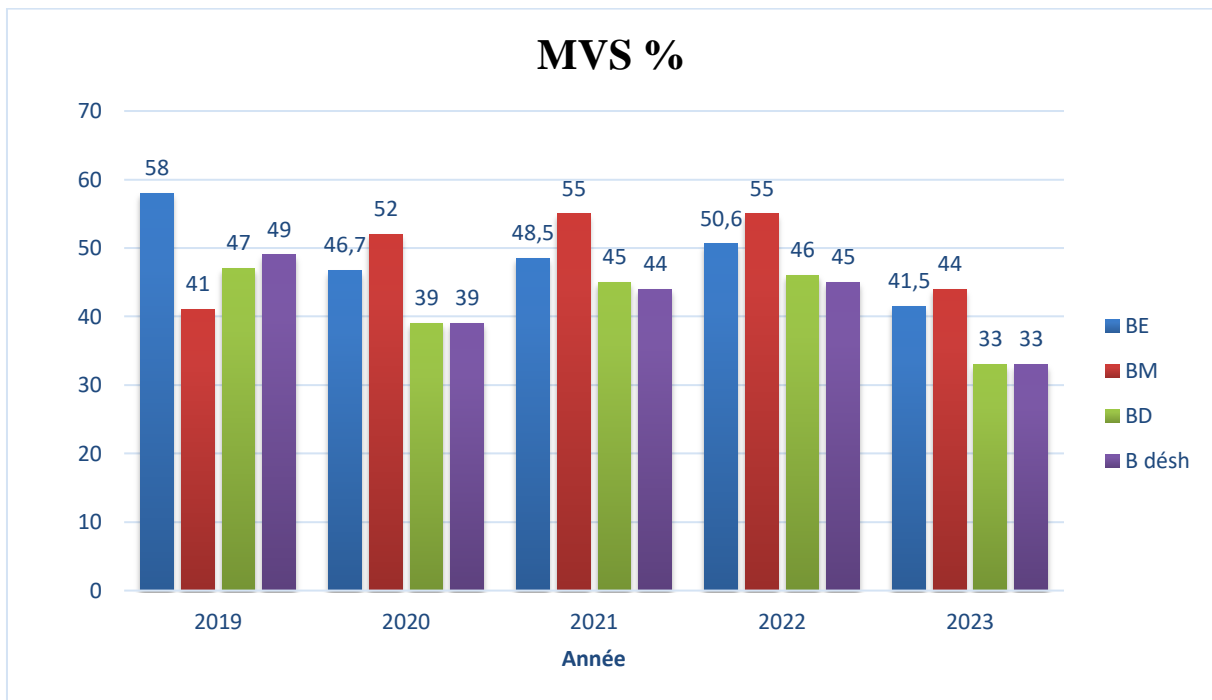


Figure III.18. Variation des MVS des boues pendant les cinq années

La quantité des matières volatiles sèches est très élevée, ce qui traduit l'instabilité des boues, et ça peut être revenir au mal fonctionnement de digesteur de la station ou bien la boue arrivée au digesteur était de mal qualité.

III.4. Valorisation énergétique des boues

Il existe cinq procédés de valorisation énergétique des boues qui sont la méthanisation, l'incinération, la thermolyse la gazéification et l'oxydation par voie humide. On s'intéressera dans ce chapitre à la méthanisation qui est le procédé utilisé au niveau de la station de BARAKI et le moyen de production du biogaz.

La fermentation méthanique ou la biométhanisation est l'une des méthodes de valorisation de la biomasse pour la production du biogaz qui est constitué essentiellement du dioxyde de carbone et du méthane. Ce dernier peut être valorisé par différentes voies : production de chaleur et d'électricité, utilisation comme carburant ou injection directe dans le réseau du gaz naturel.

III.4.1. Biogaz

Le biogaz est considéré comme une énergie renouvelable. Il est le gaz résultant d'un processus de digestion anaérobie, il est issu de la fermentation d'éléments organiques sous l'action de micro-organismes.

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

Ce processus de fermentation, qui se produit spontanément dans les écosystèmes naturels, il est appelé méthanisation. Il est aujourd'hui maîtrisé par l'homme et permet de valoriser nos déchets tout en remplaçant certaines sources d'énergie. À la clé d'une réduction de nos émissions de gaz à effet de serre.

La fermentation de déchets alimentaires ou végétaux dégage un gaz constitué de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2) appelé biogaz.

Les proportions respectives de méthane et de CO_2 dépendent de la nature des matières fermentées : déjections animales ou ordures ménagères. En général, le biogaz produit contient entre 55 et 65 % de méthane.

III.4.2. Caractéristiques du biogaz

Selon sa composition, le biogaz présente des caractéristiques qu'il est intéressant de comparer au gaz naturel et au propane. Le biogaz est un gaz sensiblement plus léger que l'air, il produit deux fois moins de calories par combustion à volume égal que le gaz naturel. Le biogaz se caractérise en premier lieu par sa composition chimique

Le biogaz est essentiellement un mélange de méthane CH_4 (entre 50 -75% généralement), de dioxyde de carbone CO_2 (20-50%) et d'hydrogène sulfuré H_2S (0-0,5%) en petite proportion (qui est responsable de l'odeur de ce gaz) ainsi que de vapeurs d'eau en concentrations variables et d'oxygène O_2 .

La teneur de ces gaz dépend étroitement du déchet traité et du degré d'avancement de la méthanisation. Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de quantité de combustible.

Tableau III.1. Composition chimique de biogaz.

Nature de gaz	Proportion en %
Méthane (CH_4)	50-75
Dioxyde de carbone (CO_2)	25-45
Hydrogène sulfuré (H_2S)	100 à 5000 ppm (0,01 à 0,5 %)
Oxygène (O_2)	< 0,2 ppm

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

III.4.3. Valorisation de biogaz

La valorisation de biogaz n'est toutefois possible que pour les grandes unités comme la station de BARAKI. Elle est considérée très importante pour leurs utilisation et bienfaits interne et externe.

Alors, plusieurs procédés et équipements peuvent être utilisés pour la gestion et la valorisation du biogaz. Une partie du biogaz est utilisée pour réchauffer le digesteur, 10 à 30% de la production sur un digesteur mésophile. Le reste est généralement brûlé par une torchère, mais il peut également être valorisé par plusieurs processus les plus répandus sont [26] :

- ✓ La production de chaleur qui sera consommée à proximité du site de production ;
- ✓ La production conjointe de chaleur et d'électricité, appelée cogénération ;
- ✓ L'injection dans les réseaux de gaz naturel après une étape d'épuration (le biogaz devient alors du biométhane) ;
- ✓ La transformation du biogaz en carburant sous forme de gaz naturel véhicule (GNV).

III.4.3.1. Production de chaleur

Dans le cas d'une simple production de chaleur avec un four ou une chaudière, le traitement du biogaz se limite généralement à une élimination de l'humidité pour éviter l'entraînement de liquide dans les appareils nécessaires à la valorisation. Les rendements énergétiques atteints sont de l'ordre de 80 à 90%.

III.4.3.2. Production d'électricité

Le biogaz, comme toute énergie, peut se transformer en électricité. Le biogaz doit cependant comporter au moins 40 % de méthane. La production d'électricité peut être couplée avec celle de chaleur dans le cas de co-génération. Alors c'est une valorisation électrique.

III.4.3.3. Production de carburant véhicule

La saturation en eau du biogaz ainsi que la présence de CO₂ et de H₂S éventuel sont susceptibles de rendre le biogaz corrosif. Avant d'être utilisé en tant que carburant dans un véhicule, le biogaz doit être épuré de certains éléments (le gaz carbonique, l'eau et le sulfure d'hydrogène, corrosif pour les moteurs). On obtient alors du biométhane quasiment identique au GNV (gaz naturel pour véhicule).

Chapitre III
Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

III.4.4. Analyse de biogaz

III.4.4.1. Digesteur E

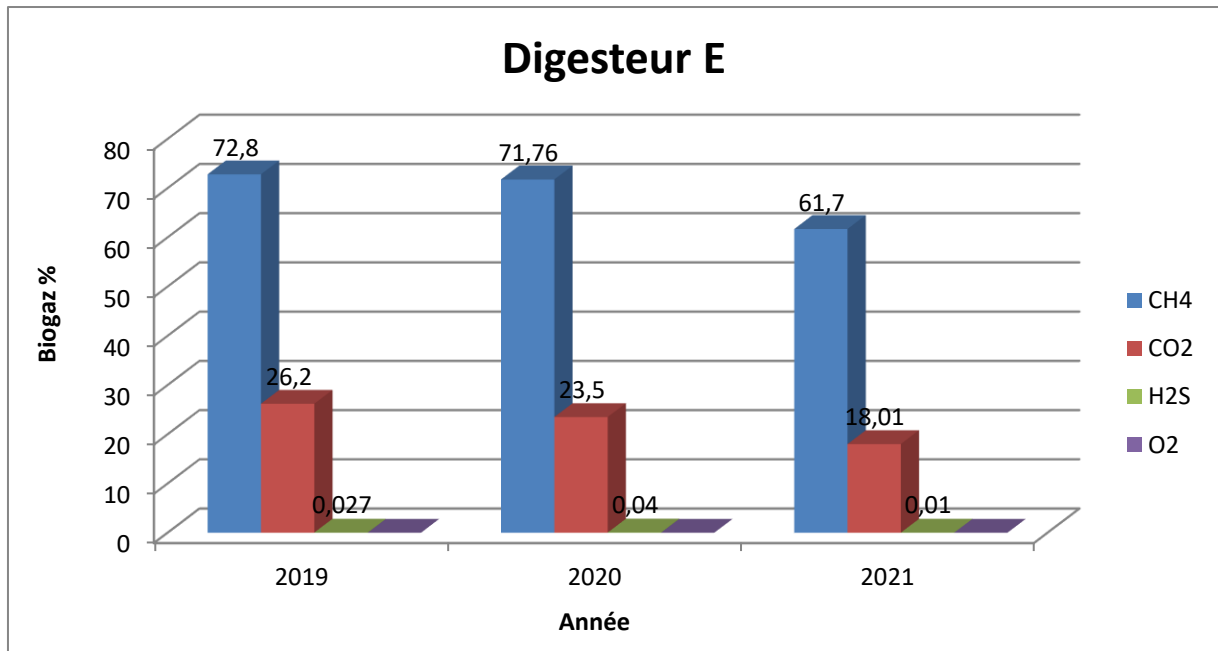


Figure III.19. Variation de biogaz de digesteur E en fonction des années 2019, 2020, 2021

III.4.4.2. Digesteur F

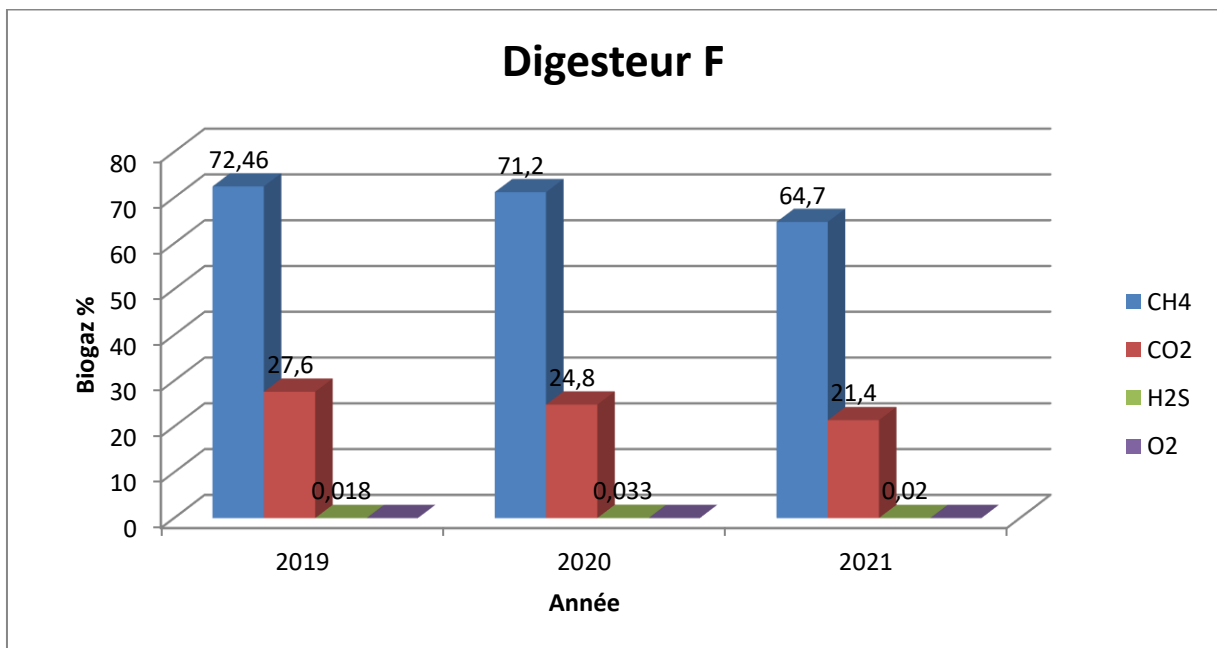


Figure III.20. Variation moyenne de biogaz de digesteur E et de digesteur F en fonction des années 2019,2020, 2021

Chapitre III

Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

Les deux histogrammes (Figures 19 et 20) représentent le pourcentage de biogaz dans les digesteurs E et F (le digesteur D est en panne). Le biogaz produit est un mélange de méthane, de dioxyde de carbone et de quelques gaz traces (O_2 , H_2S). La composition des biogaz dans les boues digérées de la station de BARAKI d'épuration tel que :

- CH_4 comprise entre 50 et 75 % ;
- CO_2 varie entre 25 et 45 % ;
- H_2S de 100 et 5000 ppm (0,01 et 5%) ;
- O_2 est < 0.2 ppm ;

D'après les histogrammes et les résultats obtenus dans cette étude de biogaz, la composition du biogaz dans le digesteur E et F est entre 61% et 73 % de CH_4 , et entre 100 et 400 ppm de H_2S , et entre 0,1 et 0,2 ppm d' O_2 . Les valeurs montrent que la composition du biogaz est bonne.

La composition de CH_4 dans biogaz est bonne juste dans les années 2019 et 2020 sont entre 23 et 27%, la proportion de CH_4 dans année 2021 est inférieure à la proportion de la station de BARAKI (24-45%). Les valeurs dans année 2021 sont 18 et 21%. Alors, le biogaz est mal à cause de stockage des boues et des pannes dans les ouvrages de la file boue (digesteur, pré-épaississeur...).

Tableau III.2. Analyses statistiques du biogaz dans les derniers 3 ans (2019, 2020, 2021)

2019	Analyse du biogaz E				Analyse du biogaz F			
paramètre	CH_4 (%)	CO_2 (%)	H_2S (ppm)	O_2 (ppm)	CH_4 (%)	CO_2 (%)	H_2S (ppm)	O_2 (ppm)
Nb	18	18	18	18	18	18	18	18
Centile 95%	74,5	27,4	538,14	583	74,1	27,4	299,26	0,18
Moyenne	72,8	26,2	273,27	0,12	72,46	27,6	184,8	0,12
Médiane	72,9	26,4	259,72	0,12	72,44	26,6	190,4	0,11
Min	70,4	24	154,54	0,06	71,1	24,3	87,6	0,1
Max	74,6	27,8	529,18	0,2	74,2	50,2	332,81	0,26

Chapitre III
Etude de fonctionnement de la station d'épuration de BARAKI

2020	Analyse du biogaz E				Analyse du biogaz F			
paramètre	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	O ₂ (ppm)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	O ₂ (ppm)
Nb	16	16	14	16	16	16	14	16
Centile 95%	74	26,41	739,8	0,18	73,5	26,8	520,8	0,27
Moyenne	71,76	23,5	466,8	0,12	71,2	24,8	333,4	0,15
Médiane	71,7	23,3	494,6	0,13	71,3	24,8	335,65	0,1
Min	69,3	21,2	197,1	0,04	69,4	21,9	171,1	0,08
Max	73,9	26,8	749,6	0,2	73,3	27	588,5	0,3

2021	Analyse du biogaz E				Analyse du biogaz F			
paramètre	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	O ₂ (ppm)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	O ₂ (ppm)
Nb	18	18	17	18	18	17	17	17
Centile 95%	68	20	210	0,2	69,2	25,1	314,25	0,2
Moyenne	61,7	18,01	102,1	0,14	64,7	21,4	206,3	0,13
Médiane	62,9	18,7	87,5	0,15	65,175	20,5	166	0,15
Min	51,95	12,85	19,5	0,1	55,8	17,95	101,5	0
Max	68,05	20,8	544	0,2	70,15	25,3	694	0,25

Conclusion générale

Conclusion générale

L'épuration des eaux usées et la digestion anaérobie des boues d'épuration sont des principales solutions environnementales et économiques telle que la diminution de la pollution d'eau, la conservation de l'énergie et la réduction des gaz à effet de serre

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur le fonctionnement de la station de traitement des eaux usées de la ville de BARAKI et d'après le rendement et la performance suivis pour l'évaluation de l'efficacité de traitement primaire et secondaire et tertiaire et le traitement des boues.

Les résultats physicochimiques obtenus ont révélé que les eaux usées brutes entrant à la station de Baraki présentent une pollution organique et azotée assez élevée.

On constate que les équipements de traitement des eaux usées de la STEP de BARAKI, fonctionnent correctement. Les mesures de la pollution avant et après traitement sont faites régulièrement.

A partir de cette étude réalisée on peut conclure les résultats capitalisés suivants :

- Les paramètres de traitement des eaux les plus importants à suivre sont MES, DCO, DBO₅.
- Le système d'épuration des eaux usées de Baraki donne un rendement de traitement satisfaisant, suivi d'un bon fonctionnement des ouvrages d'eau.
- Une bonne élimination des matières organiques la DBO₅ avec des rendements de 97 %, de la DCO avec des taux de 94 % et de MES de 96 % a été constaté au niveau de la STEP.
- Les paramètres physiques, température (TC°), pH, conductivité électrique (CE), répondent aux normes algériennes des rejets liquides urbains.
- Les analyses physico-chimiques des eaux traitées sont conformes aux normes de rejets dans les milieux naturels.
- Le changement des valeurs des paramètres physicochimiques dans les quatre types d'eau (EB, ED, EC, EF), signifie le bon fonctionnement des ouvrages et les procédés de décantation, clarification, filtration.
- Les paramètres des boues les plus importants à suivre sont siccité, matière sèche et le rapport TAC/AGV et ils sont tous dans les seuils de la station.

L'excès de quantités des boues stockées et son évacuation quasi nul influe négativement sur le rendement de boues activées.

Conclusion générale

La production de biogaz dans la STEP de baraki est l'une des expériences les plus intéressantes pour l'Algérie dans le cadre de développement durable et la consommation des énergies renouvelables à partir du traitement et valorisation des eaux usées.

L'Algérie doit investir dans cette source énergétique renouvelable pour minimiser la pollution.

En termes de perspective et suggestions il est recommandé de :

- Développer un modèle d'intelligence artificielle, pour évaluer les paramètres physico-chimiques de l'eau bruts et purifiés ainsi que la prédiction des indices de qualité de l'eau purifiée.
- Elaborer une feuille de route qui comprendrait une série de procédures qui devraient s'appliquer à toutes les stations d'épuration des eaux usées domestiques en Algérie et ailleurs.
- La valorisation des boues en agriculture (épandage)
- L'incinération des boues est un procédé de traitement des déchets présentés sous formes de boues
- La mise des boues en décharge, le mise en décharge n'est pas encore disponible beaucoup en Algérie mais en Europe elle est très connue. Il est également appelé « Centre d'Enfouissement Technique » ou « Centre de Stockage des Déchets ».

Références
Bibliographiques

- [1] Meriem T., Majdouline L., Hajar Q., Mohammed T., Elamrani M., El Midaoui A. (2015). Study on the performance of primary and secondary treatment of wastewater of the WWTP of Marrakech. *European Scientific Journal*, 11, ISSN 1857-7881.
- [2] Qadir M, Wichlens D, Rachid-Shally L, McCornick P, Drechel P, Bahri A, Minhas P (2010) The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agric Water Manag* 97:561–6568. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.11.004>.
- [3] Agrafoti E, Diamadopoulos E (2012) A strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete. *Agric Water Manag* 105:57–64.
- [4] Timmerman J.G., Beinat E., Termeer K., Cofino W., Analyzing the data-rich but-information-poor syndrome in Dutch water management in historical perspective, *Environ. Manage.*
- [5] Messikh H. et Taleb M. Etude de la production de biogaz dans la station d'épuration de BARAKI. Master en gestion d'environnement, USTHB faculté des sciences biologique.
- [6] Astite S.W., Medjerab A., Belabid N., Kemmou S..(2015). Cartography of flood hazard by overflowing rivers using hydraulic modeling and geographic information system: Oued El Harrach case (North of Algeria). *REVISTA DE TELEDETECCIÓN Asociación Española de Teledetección* 44, 67-79 ISSN 1133-0953 EISSN 1988-8740 <http://dx.doi.org/10.4995/raet.2015.3985>.
- [7] Benziada, 2003. hydrogéologie de la plaine de la Mitidja orientale (Algerie). *Bulletin des Science Géographiques*, N°11-avril 2003, Page 46.
- [8] SEEAL. Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger, 2023.
- [9] P.N.U.E.-P.A.M. (Programme des Nations Unies pour l'environnement / Plan d'action pour la Méditerranée). (2009). *Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée*. PNUE/PAM-Plan Bleu, Athènes, ISBN : 978-92-807-3061-6, 208 p.
- [10] Benzerra A. (2016). *Méthodologie pour l'évaluation de la durabilité en matière d'assainissement urbain*. Thèse de doctorat, Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 225 p.
- [11] Gueree. H, Gomella. C (1982). « les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales, EYROLLES, Paris.
- [12] Y.Libes 2010: *Les eaux usées et leur épuration*, PDF).
- [13] Documentation de la Station d'épuration BARAKI (Manuel Opérateur).
- [14] Boubekki T. et Boudjema. (2016). Contrôle du rendement épuratoire de la station d'épuration de Baraki « ALGER ». Master en Traitement et valorisation des ressources hydriques, université Mouloude Mammeri de Tizi-Ouzou, page 28-33.

Références bibliographiques

- [15] Belabbas M. et Chadouli M. (2017). Etude du fonctionnement de la digestion d'une station d'épuration des eaux usées urbaine : cas de la STEP de Baraki (W. Alger). Master en Hydraulique, sciences de l'eau, université Saad Dahlab- Blida 1, Page 40.
- [16] TALEB M, MESSIKH H, (2017) . Etude de la production de biogaz dans la station d'épuration de Baraki. Mémoire master 2 Génie de l'environnement université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (U.S.T.H.B) 2017.
- [17] De Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C. (2005). - Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement.
- [18] Norme EN 872.(1996). Le présent document décrit une méthode de dosage des matières en suspension dans les eaux brutes, les eaux usées et les effluents, par filtration sur filtre en fibres de verre.
- [19] Akpo Y. (2006). Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées à la station d'épuration de Camberene (DAKAR). Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales, Université Cheikh Anta Diop de DAKAR, Page 13.
- [20] Bonfoh A. (2000). Dynamique des polluants issus des établissements classés industriels et impact environnemental sur l'écosystème littoral et côtier : cas des abattoirs de Dakar (SOGAS EX. SERAS). Mémoire de DEA Environnement, ISE : Dakar et 587.
- [21] ISO 6060, 1989. -La Norme internationale ISO 6060 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 147, Qualité de l'eau.c'est le Dosage de la demande chimique en oxygene. Domaine: Analyse de l'eau.
- [22] Abdessamed D. (2004). Détermination des performances de traitement d'eau usée secondaire par coagulation-adsorptionfiltration membranaire en vue de sa réutilisation. thèse doctorat en chimie industrielle, USTHB Faculté de Génie Mécanique et de Génie d.
- [23] Atinkpahoun. et Houéfa NC. (2018). Relations entre la variabilité de la pollution des eaux usées urbaines et les contextes géographiques, socio-économiques et culturels au Benin et en France. Thèse de doctorat en Génie des Procédés et Produits, Chimie.
- [24] Kalloum S, Bouabdessalem H, Touzi A, Iddou A, Ouali M. Biogas production from the sludge of the municipal wastewater treatment plant of Adrar city (southwest of Algeria). Biomass Bioenergy.2011 et 35(7):2554–60.
- [25] ISO 11465, 1993.-La présente Norme internationale prescrit une méthode de détermination de la teneur pondérale en matière sèche et en eau d'échantillons de sol.(qualité d'eau).
- [26] Anne-Laure Reverdy, (2011).La digestionanaérobie des boues de station d'épuration urbaines : Etat des lieux-Etat de l'art, Cemagref.

ANNEXE A

Résultats statistiques des analyses physico-chimique de la file eau

	Débit entrant	Débit sortie	by pass												Débit entrant												Débit entrant												Débit sortie
2019	Débit (m3/j)			Eau Brute									Eau Décantée			Eau Clarifiée									Eau Filtrée														
Total	4 782 083	4 782 083	16 158	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	NO3	Pt	MES	DBO5	DCO	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	PT	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	Débit										
Nb	30	30	1	7,25	23	23	23	23	5	5	5	23	8	9	30	8	23	23	23	23	5	5	30	8,00	22	22	21	22	30										
Centile 95%	196 742	196 742	65 775	7,95	1726	887	755	1385	136	4	11	147	161	276	157746	8	1741	75	38	110	43	4	62731	8,00	1721	13	14	38	66300										
Moyenne	157 082	157 082	32 317	7,81	1560	519	469	917	100	3	9	90	132	243	115297	8	1536	33	19	57	45	4	41872	7,83	1531	6	8	27	30337										
Médiane	154 708	154 708	22 300	7,82	1559	486	462	950	96	3	9	84	132	240	113751	8	1522	19	14	39	40	4	42825	7,88	1530	5	8	26	32028										
Min	104 583	104 583	8 000	7,50	1225	188	183	361	69	1	5	37	76	161	63237	7	1236	6	7	23	33	2	22891	6,96	1241	1	4	13	26420										
Max	208 917	208 917	66 900	8,00	1960	978	845	1744	139	5	14	193	184	346	169416	8	2128	191	64	265	64	6	54963	8,89	1828	19	17	52	63228										

	Débit entrant	Débit sortie	by pass												Débit entrant												Débit entrant												Débit sortie
2020	Débit (m3/j)			Eau Brute									Eau Décantée			Eau Clarifiée									Eau Filtrée														
Total	4 996 658	4 996 658	351 800	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	NO3	Pt	MES	DBO5	DCO	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	PT	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	Débit										
Nb	28	28	2	7,40	19	19	19	19	4	4	4	19	7	8	29	7	19	19	19	19	4	4	26	7,00	19	18	18	18	30										
Centile 95%	205 721	205 721	26 729	7,80	1704	727	517	1076	104	5	7	144	134	254	180190	8	1591	59	36	91	27	2	56963	7,80	1651	13	15	50	58221										
Moyenne	174 976	174 976	29 080	7,61	1552	460	335	673	76	3	8	88	123	232	138340	8	1473	25	18	54	30	2	39275	7,73	1458	8	10	35	37126										
Médiane	175 983	175 983	160 000	7,60	1559	435	327	650	71	2	8	83	119	227	138729	8	1494	18	15	46	27	2	40994	7,74	1460	6	8	31	38743										
Min	132 750	132 750	157 500	7,39	1324	228	165	318	52	1	5	33	87	169	87320	7	1258	4	6	25	20	1	14802	7,54	1253	2	4	19	26138										
Max	212 083	212 083	161 500	7,84	1815	823	577	1137	107	5	11	189	164	312	194630	8	1640	88	47	139	47	3	59879	7,91	1659	24	25	63	46213										

	Débit entrant	Débit sortie	by pass												Débit entrant												Débit entrant												Débit sortie
2021	Débit (m3/j)			Eau Brute									Eau Décantée			Eau Clarifiée									Eau Filtrée														
Total	4 247 125	4 247 125	667	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	NO3	Pt	MES	DBO5	DCO	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	PT	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	Débit										
Nb	30	30	0	7,08	22	22	22	22	5	5	5	17	8	8	30	7	22	22	22	22	5	5	28	7,00	21	21	21	21	29										
Centile 95%	172 847	172 847	8 000	7,94	1910	544	471	697	119	4	12	205	173	352	146 616	8	1839	86	37	120	36	3	56 416	7,94	1871	17	11	51	56 648										
Moyenne	142 957	142 957	8 000	7,75	1741	432	356	580	87	2	11	121	148	300	108 766	8	1673	35	17	67	34	3	35 771	7,91	1646	9	6	36	35 829										
Médiane	141 371	141 371	8 000	7,75	1748	433	352	584	83	2	11	105	145	286	106 825	8	1688	26	12	54	33	3	34 547	7,95	1669	7	6	34	35 427										
Min	99 692	99 692	8 000	7,48	1442	247	218	402	62	1	6	44	84	204	55 202	7	1381	5	5	30	24	2	14 661	7,70	1333	2	2	21	14 888										
Max	190 750	190 750	8 000	8,03	1957	578	518	725	126	4	17	353	233	450	159 778	8	1887	112	65	191	45	5	63 424	8,09	1692	10	8	79	51 893										

	Débit entrant	Débit sortie	by pass												Débit entrant												Débit entrant												Débit sortie
2022	Débit (m3/j)			Eau Brute									Eau Décantée			Eau Clarifiée									Eau Filtrée														
Total	3 545 425	3 545 425	667	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	NO3	Pt	MES	DBO5	DCO	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	PT	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	Débit										
Nb	30	30	1	7,08	23	24	24	24	5	5	5	19	7	7	30	7	23	24	24	24	5	5	30	8,00	21	21	21	22	30										
Centile 95%	154 187	154 187	89812,50	8	1825	1214	734	1451	159	5	10	202	186	357	133074	8	1688	152	66	211	61	5	36786	7,66	1664	45	27	88	37 909										
Moyenne	117 385	117 385	62041,67	8	1608	621	431	796	110	2	9	123	167	322	93400	8	1529	64	32	107	64	5	24013	7,88	1516	24	15	55	23 917										
Médiane	118 067	118 067	58875,00	8	1596	574	395	748	104	2	8	116	169	315	92869	8	1543	48	25	87	58	4	24255	7,84	1528	21	12	51	24 853										
Min	68 667	68 667	27200,00	7	1329	248	201	399	69	1	5	56	105	230	48593	8	1171	11	7	39	40	2	8568	7,64	1311	5	3	25	7 102										
Max	167 517	167 517	74600,00	8	1943	1704	963	1758	156	5	16	241	219	415	148422	8	1734	211	96	300	101	12	44588	8,04	1701	68	43	108	41 533										

	Débit entrant	Débit sortie	by pass											Débit entrant											Débit entrant											Débit sortie
2023	Débit (m3/j)			Eau Brute										Eau Décantée			Eau Clarifiée										Eau Filtrée									
Total	3 993 750	3 993 750	84 500	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	NO3	Pt	MES	DBO5	DCO	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	NGL	PT	Débit	PH	con	MES	DBO5	DCO	Débit							
Nb	30	30	1	7,75	23	23	23	23	2	5	5	22	7	9	30	7	23	23	23	23	2	5	30	8,00	23	23	23	23	30							
Centile 95%	164 813	164 813	98450,00	8	1888	483	349	777	78	7	9	218	226	436	138072	8	1829	132	58	215	46,69	4	33304	8,00	1808	34	22	90	35 789							
Moyenne	133 037	133 037	90500,00	8	1676	370	263	603	73	5	9	129	200	380	106139	8	1655	49	28	100	45,28	3	26898	7,97	1610	18	10	54	25 234							
Médiane	134 250	134 250	90500,00	8	1729	378	254	591	73	5	9	114	202	388	107399	8	1694	31	28	94	46,05	4	28271	8,00	1653	15	8	49	25 258							
Min	94 500	94 500	81666,67	7	1127	200	164	374	69	3	6	72	135	270	72219	7	1206	9	5	28	39,97	2	12806	7,62	1118	5	3	22	12 443							
Max	174 000	174 000	99333,33	8	1940	529	385	819	79	7	15	250	265	482	147731	8	1867	144	63	254	49,4	5	35982	8,18	1872	63	29	127	36 438							

ANNEXE B

Résultats statistiques des analyses physico-chimique de la file boue

	Epaissiseur statique (primaire épaissie)						Boues Mixtes vers digesteur					Boues digérées													Déshydratation des boues						
2019	Débit entré (boues en excée et BP) (m³ /j)	MES (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit BPE vers bache BM (m3/j)	Qt de MS extraite (t/j)	Qt de MVS extraite (t/j)	Débit BM (m3/j)	MES (g/L)	MVS (%)	Qt de BEM vers dig kg de MS/j	Qt de MVS vers dig	MS Dig F (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit boue dig F	Qt de BD vers la désh kg de MS/j	Qt de MVS sortie dig F (kg MV/j)	TAC (meq/ L) E	AGV (meq/ L) D	AGV/ TAC (dig E)	charge organique kg MV/m3/j	pH dig E	pH dig F	T dig E	T dig F	production de biogaz N m3	MS BD (g/L)	Volume boues à désh m3/j	Qt de boues à désh MS t/j	Siccité des boues désh	MVS %	
Total	238730	2510	1126	13293,3	3188,5	1252,9	20877			1253602				31831	890549	293250										216742	1371,1	22 765,5	1071	780	865
Nb	30,25	27,42	27,25	26	26,41	26,25	25	25	24	25	24	25	25	25	24	24	8	1	8	24,67	9	6	30	30	29	27	26	26	26	25	
Centile 95%	11 519,8	122,3	50,5	897,7	275,2	108,0	1299	82	52	84023	39855	53	39	3489	55507	18506	66	5	0,132	2,42	8	8	40	32	14930	60	1212	61	31	36	
Moyenne	7 880	91,2	41,5	495,2	108,4	42,9	810	61	44	49027	21711	44	33	1456	35240	11675	60	5	0,094	1,36	7,74	7,60	37	25	7608	49	833	40	29	33	
Médiane	8 061	94,0	40,2	443,9	109,9	43,7	808	60	44	47403	21121	43	32	803	35543	11672	61	5	0,092	1,32	8	8	37	25	7188	46,3	832,1	39	29	32	
Min	2 429	49,4	31,6	54,5	31,4	9,3	153	38	34	11097	4104	36	30	162	7677	2353	53	3	0,058	0,31	8	8	33	18	1182	37,0	236,6	12	26	30	
Max	14 125	132,6	89,1	1 572,5	190,4	103,3	1565	89	51	100671	45400	56	42	12622	64464	20905	67	6	0,130	2,80	8	8	40	32	17161	67,5	1 220,4	63	32	37	

	Épaisseur statique (primaire épaissie)						Boues Mixtes vers digesteur					Boues digérées											Déshydratation des boues							
2020	Débit entré (boues en excée et BP) (m³ /j)	MES (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit BPE vers bache BM (m3/j)	Qt de MS extraite (t/j)	Qt de MVS extraite (t/j)	Débit BM (m3/j)	MES (g/L)	MVS (%)	Qt de BEM vers dig kg de MS/j	Qt de MVS vers dig	MS Dig F (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit boue dig F	Qt de BD vers la désh kg de MS/j	Qt de MVS sortie dig F² (kg MV/J)	TAC (meq/L) E	AGV (meq/L) D	AGV/ TAC (dig E)	pH dig E	pH dig F	T dig E	T dig F	production de biogaz N m3	MS BD (g/L)	Volume boues à désh m3/j	Qt de boues à désh MS t/j	Siccité des boues désh	MVS %	
Total	229426,33	1478,8	1018	7014,9	1169,2	556,6	15300			755081	385271			18346	668215	262485									134669	979,0	19 748,1	719077	565	825
Nb	28	19,8	21,5	18,5	18,5	18,4	24	24	24	24	24	26	26	26	26	26	6	6	5	4	5	19	19	30	27	26	26	22	21	
Centile 95%	10 847,9	92,8	51,2	725,3	148,5	72,5	1039	60	58	56191	27909	42	42	1105	42779	16719	65	6	0,110	8	12	33	28	14930	43	1030	39795	28	41	
Moyenne	8 087	75,1	46,7	372,5	77,8	37,2	655	49	52	32331	16566	37	39	719	26954	10355	57	5	0,090	7,86	11,44	35	24	4440	37	748	27829	25	39	
Médiane	8 163	75,8	46,6	345,7	79,1	37,8	650	51	51	32060	16009	37	38	712	26020	10178	57	5	0,091	8	11	28	24	4028	37,3	733,8	27084	25	40	
Min	4 054	56,8	41,7	112,8	33,0	15,7	183	31	47	7937	4259	31	34	270	9173	3487	49	3	0,060	8	11	25	33	1197	30,1	412,0	13363	23	36	
Max	12 012	92,2	50,7	979,3	135,7	65,0	1255	70	60	72280	38529	46	44	1274	49454	19581	66	6	0,100	8	12	233	30	9030	46,6	1 113,0	43273	29	41	

	Épaisseur statique (primaire épaissie)						Boues Mixtes vers digesteur					Boues digérées											Déshydratation des boues							
2021	Débit entré (boues en excée et BP) (m³ /j)	MES (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit BPE vers bache BM (m3/j)	Qt de MS extraite (t/j)	Qt de MVS extraite (t/j)	Débit BM (m3/j)	MES (g/L)	MVS (%)	Qt de BEM vers dig kg de MS/j	Qt de MVS vers dig	MS Dig F (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit boue dig F	Qt de BD vers la désh kg de MS/j	Qt de MVS sortie dig F (kg MV/J)	TAC (meq/L) E	AGV (meq/L) D	AGV/ TAC (dig E)	pH dig E	pH dig F	T dig E	T dig F	production de biogaz N m3	MS BD (g/L)	Volume boues à désh m3/j	Qt de boues à désh MS t/j	Siccité des boues désh	MVS %	
Total	241894,6042	509	472,6	6583,2	239,1	106,8	10669			447753	114775			11221	145070	67097									169690	720,2	13 141,0	432001	423	791
Nb	29,75	11	9	12,75	10	8,8	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	12	/	12	7	4	30	29	30	22	21	20	19	18	
Centile 95%	12 863,3	63,5	53,0	1 166,9	53,0	28,2	993	56	59	42961	24098	38	47	800	24614	11388	72	/	0,118	7	7	35	155	9914	38	862	29107	25	47	
Moyenne	8 132	51,3	48,5	537,3	26,4	12,6	522	46	55	21969	12174	33	45	470	15076	6910	58	/	0,091	7,33	7,27	34	37	5171	34	608	20251	23	44	
Médiane	8 048	50,4	49,8	477,6	22,0	10,1	470	46	56	20241	11223	33	45	459	14806	6834	56	/	0,089	7	7	32	24	4862	33,9	598,2	19833	23	45	
Min	2 796	36,9	40,1	145,1	6,7	3,4	106	34	47	4472	2481	27	42	113	4081	1834	47	/	0,065	7	7	24	17	775	26,4	278,2	9491	21	42	
Max	15 591	65,6	52,8	1 216,9	55,8	27,8	1095	59	59	48050	27183	42	48	871	28457	13248	77	/	0,126	7	7	92	204	13080	43,4	913,6	31911	25	47	

	Epaississeur statique (primaire épaissie)						Boues Mixtes vers digesteur					Boues digérées										Déshydratation des boues								
2022	Débit entré (boues en excée et BP) (m³ /j)	MES (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit BPE vers bache BM (m3/j)	Qt de MS extraite (t/j)	Qt de MVS extraite (t/j)	Débit BM (m3/j)	MES (g/L)	MVS (%)	Qt de BEM vers dig kg de MS/j	Qt de MVS vers dig	MS Dig F (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit boue dig F	Qt de BD vers la désh kg de MS/j	Qt de MVS sortie dig F (kg MV/J)	TAC (meq/L) E	AGV (meq/L) D	AGV/ TAC (dig E)	pH dig D	pH dig F	T dig E	T dig F	production de biogaz N m3	MS BD (g/L)	Volume boues à désh m3/j	Qt de boues à désh MS t/j	Siccité des boues désh	MVS %	
Total	195016,6	604,7	544	4395,3	212,6	91,5	8443			350378	195520			9031	318562	150486									183674	687,5	8 896,7	323074	477	821
Nb	25,25	12	10,7	11,6	11,6	10,5	16	16	16	16	16	18	18	18	18	18	4	/	4	/	4	25	28	30	18	18	18	18	18	
Centile 95%	10 403,5	62,8	52,3	679,6	34,8	15,9	837	58	59	39902	21612	47	50	799	29566	13897	55	/	0,154	/	7	24	28	9641	45	686	26254	29	48	
Moyenne	7 920	51,9	50,6	363,6	18,4	8,5	490	49	55	21430	11792	38	46	477	17202	8085	47	/	0,121	/	7,09	22	21	6049	37	431	15927	26	45	
Médiane	7 809	52,3	50,5	361,5	19,3	8,7	464	48	56	19111	10714	39	47	480	16329	7578	46	/	0,122	/	7	21	21	5955	38,1	432,5	15487	26	44	
Min	2 923	45,6	48,9	113,7	5,2	2,3	151	39	46	6399	3492	28	41	149	5216	2409	41	/	0,086	/	7	19	14	3018	27,2	151,0	5335	23	40	
Max	12 008	63,8	52,4	798,4	38,4	17,3	1108	60	61	54759	27845	50	52	983	35489	16794	56	/	0,158	/	7	24	30	10012	47,5	815,0	32640	30	50	

	Epaississeur statique (primaire épaissie)						Boues Mixtes vers digesteur					Boues digérées										Déshydratation des boues								
2023	Débit entré (boues en excée et BP) (m³ /j)	MES (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit BPE vers bache BM (m3/j)	Qt de MS extraite (t/j)	Qt de MVS extraite (t/j)	Débit BM (m3/j)	MES (g/L)	MVS (%)	Qt de BEM vers dig kg de MS/j	Qt de MVS vers dig	MS Dig F (g/L) Sortie	MVS (%)	Débit boue dig F	Qt de BD vers la désh kg de MS/j	Qt de MVS sortie dig F (kg MV/J)	TAC (meq/L) E	AGV (meq/L) D	AGV/ TAC (dig E)	pH dig D	pH dig F	T dig E	T dig F	production de biogaz N m3	MS BD (g/L)	Volume boues à désh m3/j	Qt de boues à désh MS t/j	Siccité des boues désh	MVS %	
Total	232931,75	460,3	508	3517,75	187,9	111,2	11120			452332	257279			11857	435206	200947									192327	868,3	10 887,5	376080	553	1158
Nb	29,75	8,5	8,5	8,75	8,5	8,5	22	22	22	22	22	25	25	25	25	25	4	/	4	4	5	30	30	30	24	25	24	24	24	
Centile 95%	12 800,0	69,3	61,2	704,7	40,5	23,4	789	46	64	34817	20433	41	50	985	38398	17860	47	/	0,117	7	7	20	21	8594	41	683	25356	25	51	
Moyenne	7 838	55,6	58,0	396,1	22,5	12,9	472	41	60	19572	11517	36	47	448	16314	7547	45	/	0,107	7,01	7,07	19	16	6335	36	406	14347	23	49	
Médiane	8 078	53,0	60,0	356,3	18,7	11,2	467	42	59	18531	11095	37	47	382	13305	6307	45	/	0,108	7	7	19	15	6129	36,3	393,8	14076	22	49	
Min	30	48,5	51,0	177,5	9,2	4,9	142	32	52	5303	3237	28	42	101	3141	1422	43	/	0,098	7	7	16	10	3733	27,8	130,0	4503	20	46	
Max	15 248	73,5	61,5	811,0	46,6	26,3	876	52	64	40961	23131	44	52	1213	46856	21734	47	/	0,118	7	7	20	24	9212	44,0	760,0	28838	29	53	