

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed khider –Biskra

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie civil et

d'Hydraulique

Référence :/2020



جامعة محمد خيضر بسكرة

كلية العلوم و التكنولوجيا

قسم الهندسة المدنية و الري

المرجع...../2020

Mémoire de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème

**Suivi de la qualité physico-chimique des eaux usées
de la STEP d'Arris**

Nom et Prénom de l'étudiant :

BENAKCHA Mansoura

Encadreur : Pr. YUCEF Leila

Co-Encadreur : YUCEF Soufiane

Année universitaire : 2019 – 2020



Remerciements



Toute ma parfaite gratitude et remerciement à Allah le plus puissant qui m'a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail, et mes parents pour leurs soutiens et leurs sacrifices.

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que je remercie mon encadreur **Dr ; Youcef Leïla**. Professeur à l'université de Biskra. Pour son soutien, ses conseils judicieux et ses grandes bienveillances durant l'élaboration de ce projet.*

Ainsi j'exprime ma reconnaissance à tous les membres de jury d'avoir accepté de lire ce manuscrit et d'apporter les critiques nécessaires à la mise en forme de ce mémoire.

Je remercie aussi l'ensemble des enseignants de l'institut d'hydraulique qui ont contribué à ma formation.

Que tous ceux ou celles qui m'ont apporté leur soutien et qui m'ont aidé de loin ou de près pour l'achèvement de ce projet trouvent ici l'expression de mes vives et sincères reconnaissances, en particulier ma famille et mes amis.





Dédicace



Je dédie ce modeste travail : A mon père et ma très chère Pour leurs soutien et encouragements. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

Mon père, à qui je dois tous le respect et l'amour pour son soutien, son encouragement et ses sacrifices.

Ma mère : la Flamme de ma vie, la lumière qui m'a toujours guidé vers le bon chemin.

Et surtout à mon cher mari : Adnan Chekioua pour son soutien.

Ames chers frères : Soufiane et Abd Annour.

Mes sœurs : Chaima, Kanga, Amel, Badiia sans oublier son mari Hamza.

Ma très chère grand-mère paternelle: Zineb Boughdada que je n'oublierai jamais.

Les parents de mon mari : Yousef et Saliha.

A mes amies et collègues de promotion.

A tous ceux qui sont proches de mon cœur et dont je n'ai pas cité le nom.

A toutes les personnes qui connaissent moi de près ou de près ou de loin, Seulement pour leur existence.

BENAKCHA.M



Résumé

Dans ce travail nous nous sommes intéressés au suivi des performances épuratoires d'un système d'épuration des eaux usées urbaines dans la région d'Arris wilaya de Batna par le procédé de boues activées à faible charge. Cette STEP est gérée et exploitée par l'Office Nationale de l'Assainissement (ONA).

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur les paramètres suivants : le pH, la température, les MES, la DCO, la DBO₅, NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ et l'azote total (NT). Des analyses ont été également réalisées sur les boues activées du bassin biologique et des boues résiduelles pendant les différentes étapes de leurs traitements.

Le suivi de la variation de ces paramètres a été fait pour une période de 15 mois. D'excellents taux d'épuration ont été obtenus: **98,09%** pour la DBO₅, **96,87%** pour les MES et **94,75%** pour la DCO et **80,47%** pour NT. Une nette progression de l'élimination pour l'ammonium et les ortho phosphates a été observée.

La qualité des eaux épurées (pour la majorité des paramètres) est conforme aux normes des eaux usées exigées par l'ONA. On peut conclure que ce système peut être utilisé comme une solution écologique et économique pour l'épuration des eaux usées dans la région d'Arris.

Mots clés : Epuration des eaux usées, Boues activées, Paramètres de pollution, STEP d'Arris.

ملخص

اهتمنا في هذا العمل بمتابعة نجاعة عملية التطهير لنظام تطهير مياه الصرف الحضرية لمدينة اريس التابعة لولاية باتنة بواسطة عملية الأوحال المنشطة ذات حموضة ضعيفة. تدار هذه المحطة وتسير من قبل الديوان الوطني للصرف الصحي (ONA). أجريت التحاليل الفيزيو كيميائية على المعايير التالية: pH، درجة الحرارة، MES، DCO، DBO₅، NH₄⁺، NO₃⁻، PO₄³⁻ والازوت الكلي (NT). كما أجريت التحاليل على الأوحال المنشطة في الحوض البيولوجي (BB) وعلى الأوحال الناتجة خلال مختلف مراحل المعالجة.

متابعة تغير هذه المعايير تم خلال فترة 15 شهرا. تم الحصول على معدلات علاج ممتازة : **98,09%** بالنسبة ل(DBO₅) ، **96,87%** بالنسبة ل (MES) ، **94, 75%** بالنسبة ل(DCO) ، **80, 49%** بالنسبة ل (NT)، لوحظ تحسن في إزالة الامونيوم و الأرتوفوسفور. تتوافق جودة المياه المعالجة مع معايير الصرف المحددة من طرف ONA. يمكن أن نستنتج أن هذا النظام يمكن استخدامه كحل بيولوجي واقتصادي لتطهير المياه المستعملة في منطقة اريس.

الكلمات المفتاحية : تطهير مياه الصرف الصحي، الأوحال النشطة، عناصر تلوث، محطة التطهير اريس.

SOMMAIRE

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste d'abréviation	
Introduction générale.....	1

Partie bibliographique

Chapitre I : Les eaux usées : origines et caractéristiques

I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition des eaux usées	3
I.3. Origine et qualité des eaux usées	3
I.3.1. Les eaux résiduaires urbaines et pluviales	4
I.3.2. Les eaux industrielles	4
I.3.3. Les eaux usées agricoles	4
I.4. Caractéristiques des eaux usées	5
I.4.1. Caractéristiques microbiologiques	5
I.4.1.1. Les bactéries	5
I.4.1.2. Les virus	5
I.4.1.3. Les protozoaires.....	5
I.4.1.4. Les helminthes	5
I.4.2. Caractéristiques physico-chimiques.....	6
I.4.2.1. Température.....	6
I.4.2.2. Conductivité électrique (CE).....	6

I.4.2.3. Potentiel hydrogène (pH)	6
I.4.2.4. Carbone organique total (COT).....	7
I.4.2.5. Oxygène dissous (O ₂ dissous)	7
I.4.2.6. Demande chimique en oxygène (DCO).....	7
I.4.2.7. Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	7
I.4.2.8. Matières en suspension (MES).....	8
a) Matière minérale en suspension(MMS).....	8
b) Matières volatiles en suspension (MVS)	8
I.4.2.9. Oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO ₄).....	9
I.4.3. Les substances nutritives.....	9
a) L'azote.....	9
b) Le phosphore (P)	9
c) Le potassium (K ⁺).....	9
I.4.4. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	9
I.5. Estimation des rejets d'eaux usées.....	10
I.5.1. Equivalent habitant (EH).....	10
I.5.2. Débit (Q)	10
I.6. Normes de rejets des eaux usées épurées.....	10
I.7. Conclusion	12

Chapitre II : Pollution-Eaux usées et procédés d'épuration biologique

II.1. Introduction	13
II.2.Types de pollution produite par les eaux usées	13
II.2.1. La pollution organique.....	13
II.2.2. La pollution microbienne.....	13
II.2.3. La pollution thermique.....	13
II.2.4. Pollution radioactive	14
II.3. Impacts de la pollution par les eaux usées.....	14
II.3.1. Effets sur le sol	14

II.3.2. Effets sur les eaux souterraines.....	14
II.3.3. Effets sur les eaux superficielles.....	14
II.3.4. Risques sur la santé humaine	15
II.4. Procédés d'épuration biologique des eaux usées.....	15
II.4.1. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées.	15
II.4.2. Procédés existants d'épuration biologique des eaux usées	15
II.4.2.1. Les procédés biologiques extensifs	16
II.4.2.1.1. Lagunage	16
a) Lagunage naturel (aérobie)	17
b) Lagunage aéré.....	18
II.4.2.2. Procédés biologiques intensifs	19
II.4.2.2.1. Procédé de lit bactérien	19
II.4.2.2.2. Procédé de disques biologiques	21
II.4.2.2.3. Boues activées	22
II.4.2.3. Procédé des filtres plantés	24
II.5. Conclusion.....	26

Chapitre III : Présentation de la station d'Arris

III.1. Introduction	27
III.2. Système d'épuration de la STEP d'Arris	28
III.3. Données de base	28
III.3.1. Capacité de la STEP	28
III.3.2. Charge de pollution prise en considération par la STEP	28
III.3.2.1. La charge de pollution à l'entrée de la STEP (eau usée brute)	28
III.3.2.2. Charge de pollution à la sortie de la STEP (eau usée épurée)	29
III.4. Les différentes lignes de traitement	30
III.4.1. Ligne d'eau	31
III.4.1.1. Arrivée des eaux, ouvrage de réception et by-pass général	31
III.4.1.2. Fosse abatards	32

III.4.1.3. Dégrillage automatique grossiers.....	33
III.4.1. 4. Dégrillage fin mécanisé	34
III.4.1.5. Relevage des eaux usées	35
III.4.1.6. Dessablage /désuilage	37
III.4.1.7. Traitement biologique à boues activées.....	39
III .4.1.8. Décantation secondaire.....	43
III.4.1.9. Bassin de chloration.....	44
III.4.1.10. Comptage et préleveur des eaux traitées.....	45
III.4.1.11. Rejet des eaux traitées	45
III.4.1.12. Recirculation et purge des boues	45
III.4.2. Ligne des boues	46
III.4.2.1. Epaissement des boues	46
III.4.2.2. Evacuation des boues épaissies.....	47
III.4.2.3. Déshydratation-Bandes presseuses	48
III.5. Conclusion.....	50

Partie expérimentale

Chapitre I : Procédure expérimentale

I.1. Introduction.....	51
I.2. Prélèvement et échantillonnage	51
a) Manuelle	51
b) Automatique	51
I.3. Analyses effectuées au niveau du laboratoire de la STEP	52
I.4. Méthodes de dosage des paramètres physico chimiques	52
I.4.1. Température	52
I.4.2. Détermination de l'O ₂ dissous	53
I.4.3. Détermination du potentiel d'hydrogène(pH).....	53
I.4.4. Détermination de la conductivité	53

I.4.5. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)	54
I.4.6. Détermination des matières en suspension (MES).....	55
I.4.7. Détermination de la teneur en NO_3^-	56
I.4.8. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO_5).....	56
I.4.9. Détermination d'orthophosphates (PO_4^{-3}) et (NH_4^+).....	56
I.4.10. Détermination de l'azote khjeldahl (NTK)	58
I.5. Détermination des paramètres de fonctionnement du BB et détermination des paramètres des boues à traiter	58
I.5.1. Test de décantation (V_{30})	58
I.5.2. Dosage de la matière sèche (MS).....	58
I.5.3. Détermination de l'indice de boues (IB).....	60
I.5.4. Détermination de la siccité des boues	60
I.6. Conclusion.....	62

Chapitre II : Suivi du fonctionnement de la STEP d'Arris

II.1. Introduction	62
II.2. Rendement épuratoire.....	62
II.3. Résultats de l'étude de la variation spatiotemporelle	62
II.3.1. Variation mensuelle du Débit	63
II.3.2. Variation mensuelle de la température	63
II.3.3. Variation mensuelle de la valeur de pH.....	65
II.3.4. Variation mensuelle de la DCO	66
II.3.5. Variation mensuelle de la DBO_5	68
II.3.6. Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO_5	70
II.3.7. Variation mensuelle de MES	71
II.3.8. Azote ammoniacal (N-NH_4^+).....	73
II.3.9. Nitrates (NO_3^-)	74
II.3.10. L'azote total Kjeldahl	76
II.3.11. Orthophosphates (PO_4^{-3})	78

II.4. Evolution des paramètres de fonctionnement du bassin biologique	79
II.4.1. MS des boues biologiques	79
II.4.2. Indice de boues (IB).....	79
II.5. Evolution des paramètres des boues à traiter	80
II.5.1. MS des boues fraîches (de retour)	80
II.5.2. MS des boues épaissies.....	81
II.5.3. Siccité des boues	82
II.6. Conclusion.....	83
Conclusion générale.....	85
Références bibliographiques.....	87

Liste des tableaux

Le tableau	Titre	Page
Tableau 01	DMI moyennes des agents pathogènes dans les eaux usées	6
Tableau 02	Normes de rejet des eaux usées : OMS, européenne et Algérienne -ONA.	11
Tableau 03	Charge de pollution prise en compte pour le dimensionnement de la STEP	29
Tableau 04	Qualité prévue des eaux traitées sortantes de la STEP d'Arris	29
Tableau 05	Caractéristiques de déversoir d'orage	31
Tableau 06	Caractéristiques de fosse à bâtards	33
Tableau 07	Caractéristiques du dégrillage grossier	34
Tableau 08	Caractéristiques du dégrilleur fin	35
Tableau 09	Caractéristiques du poste de relevage	36
Tableau 10	Caractéristiques du dessableur déshuileur	37
Tableau 11	Caractéristiques de la zone de contact	39
Tableau 12	Caractéristiques de la zone d'aération	41
Tableau 13	Les paramètres de conception de la zone d'aération	42
Tableau 14	Caractéristiques de la zone de dégazage	42
Tableau 15	Caractéristiques du décanteur secondaire	43
Tableau 16	Caractéristiques du bassin de chloration	44
Tableau 17	Caractéristiques de l'épaississeur	47
Tableau 18	Caractéristiques de la pompe d'évacuation des boues	48
Tableau 19	Caractéristiques des filtres à bande	49
Tableau 20	Paramètres dosage polymère	50
Tableau 21	Valeurs moyennes mensuelles de la DCO dans les EB et les EE, et les rendements de leur élimination.	67
Tableau 22	Valeurs moyennes mensuelles de la DBO ₅ dans les EB et les EE et les rendements de leur élimination.	70
Tableau 23	Les charges moyennes des MES dans les EB et les EE et les rendements de leur élimination.	73
Tableau 24	Variations des moyennes mensuelles de l'azote total Kjeldahl et les rendements de leurs éliminations (Période 2019 /2020).	77

Liste des figures

La figure	Titre	Page
Figure01	Lagunage naturel.	18
Figure02	Le principe d'un lagunage aéré.	19
Figure03	Filière de l'épuration par le lit bactérien.	21
Figure04	Principe de l'épuration des eaux usées avec le disque biologique.	22
Figure05	Epuration des eaux usées par le procédé de boue activée.	24
Figure06	Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux.	25
Figure 07	Vue générale de la STEP d'Arris.	27
Figure08	Déversoir d'orage de la station d'Arris.	32
Figure09	Fosse à bâtard de la STEP.	33
Figure 10	Cuillère bivalve.	33
Figure 11	Dégrillage grossier de la STEP.	34
Figure12	Le poste de relevage et les pompes submersibles.	36
Figure 13	Sonde de mesure le pH, la température et redox.	37
Figure 14	Dessableur/déshuileur de la STEP d'Arris.	38
Figure15	Citerne des graisses de la STEP.	38
Figure 16	Classificateur à sables.	38
Figure 17	Zone de contact de la STEP.	40
Figure18	Les bassins d'aération de la station.	41
Figure 19	Dégazage de la STEP.	43
Figure 20	Le décanteur secondaire.	44
Figure21	Bassin de chloration.	45
Figure 22	Les groupes d'électropompes destinées pour le pompage des boues en excès et des boues de recyclage.	46
Figure 23	L'épaississeur de la STEP.	47
Figure 24	Déshydratation des boues de la STEP d'Arris le filtre à bandes presseuse.	49
Figure25	Décharge des boues déshydratées en benne.	50
Figure 26	Echantillonnage avant dessab /deshuileur.	52
Figure 27	Echantillonnage avant le rejet .	52
Figure 28	Appareillage de mesure du pH, de la conductivité et de l'oxygène dissous.	53
Figure 29	Thermo réacteur (DRB 200).	54
Figure30	DR 3900spectrophotomètre.	54
Figure31	Etuve chauffé (105°C) avec des capsules.	55
Figure 32	Une balance analytique.	55

Figure33	Filtration sous vide composé d'une pompe et 3 dispositifs de filtration et une fiole de 1 litre.	56
Figure 34	Le dessiccateur.	56
Figure 35	Incubateur à une température de 20°C.	57
Figure 36	Deux éprouvettes graduées.	59
Figure 37	La centrifugeuse.	60
Figure 38	L'étuvage des éprouvettes à 105°C.	60
Figure39	Débits en m ³ /jour entrants et sortants à la STEP d'Arris (année 2019/2020).	63
Figure 40	Courbes de la variation mensuelle de la température moyenne (2019 /2020).	64
Figure 41	Variation mensuelle de pH (année 2019/2020).	65
Figure 42	Variations moyennes mensuelles de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP.	66
Figure 43	Variations moyennes mensuelles de la DBO ₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP pendant la période d'étude.	68
Figure 44	Evolution de la biodégradabilité (DCO/DBO ₅) des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Arris.	71
Figure 45	Evolution des MES de l'eau brute et de l'eau épurée pendant la période d'étude.	72
Figure 46	Variations de N-NH ₄ ⁺ à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Arris pendant la période de l'étude.	74
Figure 47	Variations des concentrations moyennes mensuelles de N-NO ₃ ⁻ à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Arris pendant la période de l'étude.	75
Figure48	Variation des moyennes mensuelles de l'azote total Kjeldahl dans les eaux usées brutes et épurées de STEP d'Arris.	76
Figure 49	Variations des concentrations moyennes mensuelles de (PO ₄ ⁻³) à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Arris pendant la période de l'étude.	78
Figure50	Variations moyennes mensuelles de la MS des boues biologiques de la STEP pendant la période d'étude.	79
Figure51	Variations moyennes mensuelles de l'IB obtenues pendant la période de l'étude.	80
Figure 52	MS des boues fraîches de la STEP pendant la période d'étude.	81
Figure53	MS des boues épaissies de la STEP d'Arris pendant la période d'étude (2019/ 2020).	82
Figure54	Siccité des boues déshydratées de la STEP pendant la période d'étude.	83

Liste d'abréviation

- **BB** : Bassin biologique.
- **CE** : Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$).
- **COT** : Carbone organique totale.
- **DBO₅** : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (**mg/L**).
- **DCO** : Demande biochimique en oxygène (**mg/L**).
- **EB** : Eau brute.
- **EE** : Eau épurée.
- **EH** : L'équivalent habitant.
- **FAO** : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **IB** : L'indice de boue.
- **MES** : Matière en suspension (**mg/L**).
- **MMS** : Matière minérale en suspension (**mg/L**).
- **MO** : Matière organique (**mg/L**).
- **MS** : Matière sèche.
- **MVS** : Matière volatiles en suspension (**mg/L**).
- **N-NO₃⁻** : Nitrates (**mg/L**).
- **N-NH₄⁺** : Azote ammoniacal (**mg/L**).
- **NT** : L'azote total (**mg/L**).
- **OMS** : Organisation Mondiale de la santé.
- **ONA** : Office national de l'assainissement.
- **pH** : Potentiel hydrogène.
- **PO₄⁻³** : Orthophosphates (**mg/L**).
- **STEP** : Station d'épuration.
- **T** : Température (°c).
- **V₃₀** : Test de décantation (**ml/L**).

Introduction générale

**"L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres
mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter
comme tel."**

Directive Cadre européenne sur l'Eau, 2000

Introduction générale

L'eau consiste en un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. Sa qualité, nécessaire à une utilisation saine par la nature et l'humanité. Dans la plupart des cas, cette dernière n'est pas utilisable directement pour la consommation humaine car différents constituants naturels ou artificiels peuvent dégrader sa qualité (**Olivaux, 2007**).

En effet, l'évolution de l'industrie et les taux élevés de croissance démographique ont augmenté le volume des eaux usées collectées. Ces dernières, constituent des effluents pollués, qui sont rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel.

Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles) (**Rejsek, 2002**).

La station d'épuration est un ouvrage qui permet de traiter et épurer les eaux polluées afin de minimiser leurs effets néfastes sur l'être humain et l'environnement. Le traitement des eaux usées est devenu un impératif et un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'homme compte tenu des risques sanitaires qu'il présente (**Dhaouadi, 2008**).

L'Algérie adopte un programme riche en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service de plusieurs stations d'épuration. Grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques, ces stations ont pour rôle de déconcentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant-à-elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux.

Quel que soit le type de station d'épuration, le principe est simple. Les matières polluantes sont dégradées grâce à un phénomène biologique naturel par les micro-organismes contenus dans les eaux usées et maintenus en quantité suffisante sans les stations où ils transforment la pollution en boues que l'on sépare de l'eau par décantation ou par déshydratation (**Dhaouadi, 2008 ; Gaid, 1987 ; Gaid, 2007**).

En vue de suivre l'efficacité des stations d'épuration par boue activée concernant l'abattement de la charge polluante et le fonctionnement des ouvrages d'épuration, notre étude est porté sur le suivi

de fonctionnement de la station d'épuration d'Arris, celle-ci repose sur un réacteur biologique de type boues activées.

Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels. Ce procédé consiste à provoquer le développement d'un floccule bactérien dans un bassin alimenté en eau usée à traiter (bassin d'activation) (**Ouali, 2001 ; Gaid, 2007**).

Nous nous sommes intéressés dans ce travail par le suivi de fonctionnement de la station d'épuration d'Arris durant une période assez suffisante(2019,2020). L'étude de la variation de plusieurs paramètres de pollution nous permettra de juger l'efficacité du traitement de l'effluent urbain et d'examiner l'état du fonctionnement de l'ensemble des ouvrages constituant la station.

Notre étude est présentée en deux parties comme suit :

- Une partie bibliographique présentée en trois chapitres:
 - **Le premier chapitre** : présente une généralité sur les origines et les caractéristiques des eaux usées.
 - **Le deuxième chapitre** : est consacré à la discussion de la contribution des eaux usées non épurées dans la pollution de l'environnement récepteur. Dans le chapitre, on donnera également une idée générale sur les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées.
 - **Le troisième chapitre** : est destiné à la description des ouvrages de la station d'épuration à boues activées d'Arris.
- Une partie expérimentale qui contient deux chapitres :
 - **Le premier chapitre** : présente les méthodes analytiques utilisées pour la détermination des différents paramètres de pollution (DBO₅, DCO, MES, pH, température...) nécessaires pour contrôler le fonctionnement de la STEP.
 - **Le deuxième chapitre** : expose les résultats et les interprétations des analyses réalisées pour les eaux usées brutes et épurées ainsi que pour les boues produites.

Le travail est clôturé par une conclusion générale.



Partie

bibliographique

Chapitre I :

Les eaux usées : origines et caractéristiques

I.1. Introduction

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage souvent domestique, industriel et agricole. Elles sont polluées et comportent généralement un mélange de matières polluantes, dispersées ou dissoutes.

Ce chapitre présente l'origine et qualité des eaux usées et leurs principales caractéristiques, comme il indique l'estimation et normes de rejet des eaux usées.

I.2. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre, elles sont considérées comme polluées (Selghi, 2001).

Les eaux usées sont les eaux résiduelles d'une industrie ou d'une communauté, qui sont destinées à être rejetées après usage. Elles sont des eaux ayant perdu, par leur utilisation industrielle ou domestique, leur pureté initiale, et qui sont devenues impropres à d'autres utilisations de qualité. Les eaux usées, étant polluées par l'usage qui en a été fait, ne doivent pas être rejetées en masse dans le milieu naturel avant d'avoir été traitées en vue de l'élimination des polluants indésirables par passage dans une station d'épuration (www.aquaportail.com/definition-4161-eaux-usees.html).

I.3. Origine et qualité des eaux usées

On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables (Bengouga, 2010).

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue entre quatre catégories d'eaux usées :

I.3.1. Les eaux résiduaires urbaines et pluviales

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés), les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, Feuilles, graines, etc.). Et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, Débris microscopiques de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules **(Cardot, 1999)**).

Les eaux de ruissellement peuvent être polluées par lessivage des sols, des surfaces imperméabilisées. Les eaux pluviales peuvent contenir de ce fait des métaux lourds et des toxiques : plomb, zinc, hydrocarbures,... **(Achouri, 2003)**.

I.3.2. Les eaux industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures... Certaines d'entre elles font l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution **(Cardot, 1999)**.

I.3.3. Les eaux usées agricoles

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement **(Grosclaude, 1999)** :

- ❖ Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- ❖ Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...).

I.4. Caractéristiques des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives (**Baumont et al, 2004**).

I.4.1. Caractéristiques microbiologiques

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (**Belaid, 2010**).

I.4.1.1. Les bactéries

Les bactéries sont des cellules vivantes microscopiques. Elles se multiplient dans les eaux usées et les boues résiduaires. L'exposition à celles-ci provient surtout de l'inhalation des aérosols qu'elles utilisent comme vecteurs leur transport ou encore, de la contamination du système gastro-intestinal par le contact des mains à la bouche (**Djeddi, 2007**).

I.4.1.2. Les virus

Les eaux usées contiennent également des virus présents dans les selles des porteurs sains (**Gaid, 1984**). Les virus sont des agents pathogènes extrêmement petits visibles seulement au microscope électronique et qui ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante (**Degrémont, 1989**).

I.4.1.3. Les protozoaires

Ce sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte (**Baumont et al, 2004**).

I.4.1.4. Les helminthes

Ce sont des vers multicellulaires tout comme les protozoaires ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre

plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs /L (**Baumont et al, 2004**).

Le tableau 01 représente les Doses Minimales Infectantes (DMI) moyennes des agents pathogènes présents dans les eaux usées.

Tableau 01: DMI moyennes des agents pathogènes dans les eaux usées (**Baumont et al, 2004**).

Micro – organismes	DMI
• Virus	10 ²
• Bactéries	10 ² – 10 ⁶
• Helminthes	1 – 10 ¹
• Protozoaires	10 ¹ – 10 ²

I.4.2. Caractéristiques physico-chimiques

I.4.2.1. Température

La température régit la qualité d'oxygène dissous dans l'eau : quand la température augmente, l'oxygène dissous diminue. Elle influe également sur la décomposition de la matière organique le développement des parasites responsables de certaines maladies et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxiques (**Slimani, 2003**).

I.4.2.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Rejsek, 2002**).

I.4.2.3. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH joue un rôle capital dans le traitement biologique, il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue également un rôle primordial :

- ✚ Dans les propriétés physico-chimiques (entartrage, agressivité) ;
- ✚ Dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroites se situant entre 6,5 et 8,5 (**Benmoussa et Gasmi, 2015**).

$$\text{pH} = \text{Log} \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

I.4.2.4. Carbone organique total (COT)

Il représente la teneur en carbone lié à la matière organique, et repose sur une mesure de CO_2 après oxydation complète. Cette mesure est rapide et ne nécessite qu'un volume réduit d'échantillon (Degrémont, 1989).

I.4.2.5. Oxygène dissous (O_2 dissous)

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose. Sa concentration est très faible et le plus souvent proche du zéro dans les eaux usées brutes, du fait des concentrations importantes en composés réducteur et de l'activité des microorganismes présents (Rejsek, 2002).

I.4.2.6. Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non, contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ à 150°C . Elle est exprimée en $\text{mg O}_2/\text{L}$. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine (Suschka et Ferreira, 1986).

I.4.2.7. Demande biologique en oxygène (DBO_5)

Elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées.

La moyenne pondérée de la DCO et la DBO mesurée après décantation pendant 2h suivant la formule: $(\text{DCO} + 2 \text{ DBO}_5) / 3$ correspond aux matières existantes. Le rapport entre la DCO et la DBO_5 constitue une mesure indicative de la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau (Rodier et al, 2009) :

- ❖ Si $\text{DCO}/\text{DBO}_5 > 3$ La majorité de la MO existante est non biodégradable.
- ❖ Si $\text{DCO}/\text{DBO}_5 < 3$ La majorité de la MO existante est biodégradable.

Le rapport détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, sinon on applique un traitement physico-chimique (**Metahri, 2012**).

Selon **Ouali (2001)**, les eaux résiduaires urbaines sont correctement biodégradables si elles ne contiennent pas de composés toxiques tels que surfactants ou produits pétroliers. La valeur du rapport DCO/DBO₅ d'une eau usée mixte nous permet d'avoir une idée sur sa biodégradabilité :

- ❖ DCO/DBO₅ ~ 1 → bonne biodégradabilité
- ❖ DCO/DBO₅ ~ 1.5 à 2.0 → biodégradabilité moyenne
- ❖ DCO/DBO₅ ~ 3.0 à 4.0 → biodégradabilité faible.

I.4.2.8. Matières en suspension (MES)

Le paramètre englobe tous élément en suspension dans l'eau dont la taille permet leur rétention sur un filtre de porosité donnée (**Degrémont, 1989**).

Ils représentent une intermédiaire entre les particules minérales du type sable ou poussière de charbon et les particules minérales du type mucilagineuse.

Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

MMS : Matière minérale en suspension ; **MVS** : Matières volatiles en suspension

a) Matière minérale en suspension (MMS)

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles en suspension. Elles représentent donc le résidu minéral de la calcination et correspondent à la présence de sels, silice, ... (**Gaid, 1984**).

b) Matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organiques des matières en suspension .Elles sont mesurées par calcination à 650°C d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en MES. Elles représentent environ 70 à 80 % MES (**Gaid, 1984**).

I.4.2.9. Oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4)

L'oxydabilité (ou indice de permanganate) correspond à l'oxydation des matières organiques par du permanganate de potassium de concentration connue en milieu acide selon un protocole normalisé (10 minutes à ébullition). Le résultat est exprimé en mg/L d' O_2 . C'est une analyse dont la mise en œuvre est simple. Le seul inconvénient de KMnO_4 est qu'il moins puissant que $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Tardt –Henry et Beaudry, 1984).

I.4.3. Les substances nutritives

a) L'azote

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+) (Martin, 1979).

b) Le phosphore (P)

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/L. Cette quantité est en général trop faible pour modifier le rendement (FAO, 2003). 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 du calcium en quantités importantes. On ne rencontre pas en général de problèmes liés à un excès de phosphore (Asano, 1998).

c) Le potassium (K^+)

Le potassium est présent dans les effluents secondaires à hauteur de 10 à 30 mg/L (12 à 36 mg/L de K_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins (Faby et Brissaud, 1997). Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes (Djeddi, 2007).

I.4.4. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier, 2009).

I.5. Estimation des rejets d'eaux usées

Pour le dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration on doit connaître (estimer) la quantité de pollution dans l'effluent. Dans la pratique on prend comme unité de pollution, l'équivalent habitant et le débit d'eau rejetée.

I.5.1. Equivalent habitant (EH)

C'est une notation utilisée pour caractériser la charge de pollution des effluents, quelle que soit leur origine. Elle mesure les rejets d'une personne humaine (**Rodier, 2005**). Ce terme est utilisé pour évaluer la capacité de traitement d'une station d'épuration (**A.I.D.E, 2005**).

I.5.2. Débit (Q)

L'estimation du débit journalier de l'eau résiduaire urbaine qui arrive à la station d'épuration repose sur (**Rejsek, 2002**) :

- ✓ L'enregistrement du temps de fonctionnement des pompes de relèvement qui alimente la station ;
- ✓ La mesure du débit dans un canal de comptage situé à l'entrée ou à la sortie de la station. Des variations de débit peuvent se produire au cours de la journée ou même au cours de la semaine. Elles ont plusieurs origines (**Rejsek, 2002**) :
 - ❖ La consommation d'eau potable cyclique (matin, midi, soir) ;
 - ❖ Les variations dans le fonctionnement d'établissements publics (écoles) ou industriels ;
 - ❖ L'incidence des eaux pluviales ou des eaux parasites ;
 - ❖ Les dimensions et caractéristiques du réseau de collecteurs.

Le débit est donc variable et on peut déterminer le débit moyen journalier sur la station d'épuration ainsi que le débit de pointe, débit maximum horaire enregistré sur la station, qui doit correspondre au débit nominal de pointe prévu lors de la conception de la station (**Rejsek, 2002**).

I.6. Normes de rejets des eaux usées épurées

La finalité du traitement des effluents avant rejets est la protection du milieu naturel. Progressivement, la réglementation a diversifié les niveaux de rejet possibles pour les adapter à des objectifs de qualité de la rivière fixés par les autorités responsables de la gestion des ressources en eau (**Degrémont, 1989**). Par définition, les normes de rejets sont les quantités maximales de matières polluantes qui pourront être rejetées dans un milieu récepteur donné, appelées normes de

rejets, répondent à des lois nationales et/ou internationales qui peuvent être adaptées localement par arrêté préfectoral. Il existe plusieurs textes législatifs et réglementaires qui définissent ces normes de rejets comme l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (WHO, 1989), la directive européenne (Gaid, 2007) et les normes Algériennes (ONA, 2013) (Tableau 02).

Tableau 02 : Normes de rejet des eaux usées : OMS, européenne et Algérienne -ONA.

Caractéristiques	Unités	Normes OMS (WHO, 1989)	Normes européenne (Gaid, 2007)	Normes de la STEP d'Arris (ONA, 2013)
PH	-	6,5-8,5	5,5 à 9,5	6,5 à 8,5
Température	°C	<30	< 30 °C, un écart de 5°C est toléré	30
DBO ₅	mg/L	<30	25	≤30
DCO	mg/L	<90	125	≤90
MES	mg/L	<20	35	≤30
NT	mg/L	/	/	≤25
NH ₄ ⁺	mg/L	<0,5	/	/
NO ₃	mg/L	<1	/	/
P ₂ O ₅	mg/L	<2	2 mg/L pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 1 mg/L pour une charge brute de pollution > 6000 kg/jour.	/
NO ₂	mg/L	1	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6 000 kg/jour. 10 mg/L pour une charge brute de pollution > 6 000 kg/jour.	/

I.7. Conclusion

Il en ressort de ce chapitre que les eaux usées sont généralement formées du sous-produit d'une utilisation humaine, soit domestique, industrielle ou agricole d'où l'usage de l'expression eaux usées. Ces dernières, se caractérisent par des matières polluantes telle la pollution particulaire qui limite la vie des organismes photosynthétiques et entraîne des dépôts et l'envasement du cours d'eau. La matière organique dans les eaux usées diminue la teneur en oxygène dissous et conduit à une modification et parfois à une disparition de la faune existante. Les nuisances de la pollution azotée et phosphorée sont nombreuses et variées comme l'eutrophisation du milieu récepteur. Dans un souci de protéger les milieux récepteurs, des traitements sont réalisés sur ces effluents collectés par le réseau d'assainissement urbain.

Chapitre II :

Pollution-Eaux usées et procédés d'épuration biologique

II.1. Introduction

Les eaux usées sont chargées des matières minérales ou organiques, pouvant être en solution ou en suspension, et dont certaines toxiques. Alors, pour éviter toute pollution on doit les épurer avant leur évacuation. L'épuration des eaux usées a pour objectif de rejeter dans le milieu naturel des eaux d'une qualité suffisante pour protéger le moins possible le milieu récepteur. Les procédés d'épuration des eaux usées sont nombreux et très différents l'un par rapport à l'autre.

Ce chapitre vise essentiellement à donner un aperçu sur les différents types de pollutions causées par les eaux usées non traitées et un autre aperçu sur les divers procédés d'épuration des eaux usées. Le principe de fonctionnement, les avantages et les inconvénients de chaque procédé sont également illustrés.

II.2. Types de pollution produite par les eaux usées

Il existe plusieurs types de pollution causée par les eaux usées rejetées dans l'environnement sans traitement, parmi lesquelles on distingue :

II.2.1. La pollution organique

Cette forme de pollution peut être considérée comme résultats de diverses activités (urbaines, industriels, artisanales et rurales). On distingue, pour les eaux usées urbaines, les matières organiques banales "protides, glucides, lipides", les détergents, les huiles et goudron (**Gaid, 1984**).

II.2.2. La pollution microbienne

Les eaux d'égout contiennent une multitude d'organismes vivants apportés par les excréments d'origine humaine ou animale. L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (**Gaid, 1984**).

II.2.3. La pollution thermique

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80°C) Elle diminue jusqu'à (40 à 45°C) lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène (**Gaid, 1984**).

II.2.4. Pollution radioactive

C'est celle qui est occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes (installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements (**Gaid, 1984**).

II.3. Impacts de la pollution par les eaux usées

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique et l'environnement. Elle peut concerner les eaux souterraines, les eaux superficielles, le sol et aussi il est risqué sur la santé publique.

II.3.1. Effets sur le sol

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont (**FAO, 2003**) :

- ❖ La salinisation.
- ❖ L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol.
- ❖ L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques.
- ❖ L'accumulation de nutriments.

II.3.2. Effets sur les eaux souterraines

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible par l'infiltration de ces dernières (**FAO, 2003**).

II.3.3. Effets sur les eaux superficielles

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture (**Baumont et al, 2004**).

II.3.4. Risques sur la santé humaine

Les eaux usées peuvent contenir des pesticides, des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), et des éléments toxiques. Ils sont dangereux pour la santé humaine. L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : des dizaines, voire des centaines de millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose. Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement, et l'élaboration des normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé (OMS, 2005).

II.4. Procédés d'épuration biologique des eaux usées

II.4.1. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de d'épuration des eaux usées doivent tenir compte (Bekkouche et Zidane, 2004):

- ❖ Des exigences du milieu récepteur.
- ❖ Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...).
- ❖ Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, ...).
- ❖ De la disponibilité du site.
- ❖ Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- ❖ Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien.

II.4.2. Procédés existants d'épuration biologique des eaux usées

L'épuration biologique a pour but d'éliminer la matière polluante biodégradable contenue dans l'eau domestique (décantée ou non) en la transformant en matières en suspension microorganismes et leurs déchets, plus facilement récupérables. Le traitement biologique peut être, soit libre, c'est-à-dire intimement mêlée au milieu aqueux à épurer (lagunage, boues activées), soit fixée ; elle est alors accrochée sur un support solide à la surface duquel percole l'eau à traiter (lits bactériens, disques biologiques) (Gaid, 2007).

Plusieurs procédés existent à ce stade du traitement biologique parmi lesquels, on distingue les procédés biologiques extensifs et les procédés biologiques intensifs. Un autre procédé qu'on peut classer également avec les procédés d'épuration biologique est l'utilisation des filtres plantés.

II.4.2.1. Les procédés biologiques extensifs

Les procédés extensifs sont souvent préférés aux traitements conventionnels pour assurer l'épuration des eaux usées des petites et moyennes collectivités. La raison de cette préférence est leur fiabilité, la simplicité de leur gestion et la modestie des coûts de fonctionnement. Parmi ces procédés on distingue :

II.4.2.1.1. Lagunage

Le procédé d'épuration des eaux usées par lagunage a été créé aux Etats-Unis en 1901. Dès 1920 le lagunage s'est développé aux USA, Canada, Suède et France.

Le lagunage se présente comme une succession de bassins (minimum 2 et généralement 3) peu profonds (le plus souvent rectangulaires) dits lagunes. La surface et la profondeur de ces lagunes influencent le type de traitement (aérobie ou anaérobie) et confèrent un rôle particulier à chacune d'entre-elles. L'épuration par lagunage consiste à faire passer des effluents d'eau usée par écoulement gravitaire de lagune en lagune où la pollution est dégradée par (**Valiron et Colin, 1983**):

- ❖ L'activité bactérienne.
- ❖ L'activité photosynthétique et l'assimilation des substances minérales.
- ❖ Le pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues.

Les matières en suspension de l'eau brute décantent dans le bassin de tête. Les bactéries assimilent la pollution dissoute. L'oxygène nécessaire à cette dépollution, est assuré par l'action chlorophyllienne de végétaux qui participent aussi à la synthèse directe de la matière organique :

- ✓ **Les microphytes ou algues microscopiques** : Ce sont essentiellement des algues vertes ou bleues difficilement séparables.
- ✓ **Les macrophytes ou végétaux macroscopiques** : qui comprennent des formes libres (ex. lentilles d'eau) ou fixées (ex. roseaux). Les jacinthes d'eau peuvent s'enraciner ou non. Les végétaux supérieurs jouent un rôle de support et doivent normalement permettre d'augmenter la quantité de bactéries et d'algues épuratrices (**Degrémont, 1989**). Les macrophytes sont consommés par le zooplancton, et les macrophytes filtrent l'eau en sortie avant rejet.

L'ensemble de ces phénomènes apparaît dans plusieurs bassins en séries, ce qui autorise l'étagement des phénomènes épuratoires.

Il y a plusieurs types de lagunage parmi lesquels on distingue :

a) Lagunage naturel (aérobie)

Le lagunage naturel est un procédé rustique de traitement des eaux usées domestiques. Les effluents sont dirigés dans des bassins étanches, à l'air libre (**Gaid, 2007**).

Dans un premier bassin, des bactéries interviennent pour éliminer les déchets (la matière organique) et les transformer en sels minéraux et en gaz. Par la suite, dans un deuxième bassin, ces produits sont récupérés par les plantes pour permettre leur développement. Les micro-algues (phytoplancton) seront consommées dans les derniers bassins par le zooplancton (animaux microscopiques). L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues (Figure 01).

L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux (**Alexandre et al, 1997**). A la fin de cette étape (80 jours environ après l'entrée dans le premier bassin), les eaux sont aptes à être rejetées dans le milieu naturel.

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par lagunage naturel (**Berland et al, 2001**):

✓ Les avantages du lagunage naturel :

- Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable ;
- Elimine une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été) ;
- S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique ;
- Bonne intégration paysagère ;
- Bon outil pour l'initiation à la nature.

✓ Les inconvénients du lagunage naturel :

- Qualité du rejet variable selon les saisons ;
- La maîtrise de l'équilibre biologique et des processus épuratoires reste limitée ;
- Difficultés d'extraction des boues ;
- Surface nécessaire très importante ;
- Rendement faible au climat froid.

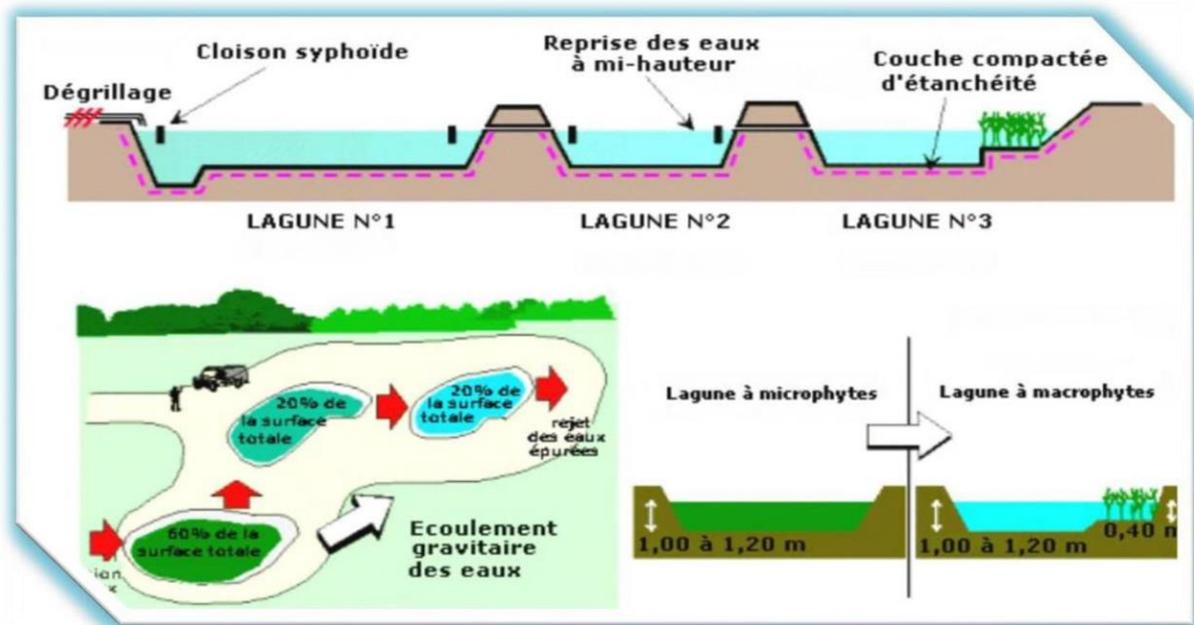


Figure 01 : Lagunage naturel (<http://eau.public.lu/eaux-usees-pluviales/traitement/lagunage-naturel/index.html>).

b) Lagunage aéré

Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobique, (Alexandre et al, 1997). L'oxygénation dans le cas du lagunage aéré est apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air (Figure 02). On réduit les volumes nécessaires mais on peut accroître la profondeur de la lagune. La concentration en bactéries est plus importante qu'en lagunage naturel (Dhaouadi, 2008).

Les principaux avantages et inconvénients du lagunage aéré (Berland et al ,2001):

✓ Les avantages du lagunage aéré :

- Tolérant aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes ;
- Tolérant aux effluents très concentrés ;
- Traitement conjoints d'effluents domestiques et industriels biodégradables ;
- Bonne intégration paysagère ;
- Boues stabilisées.

✓ Les inconvénients du lagunage aéré :

- Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres ;
- Présence de matériels électromécaniques nécessitant l'entretien par un agent spécialisé ;

- Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération ;
- Forte consommation énergétique.

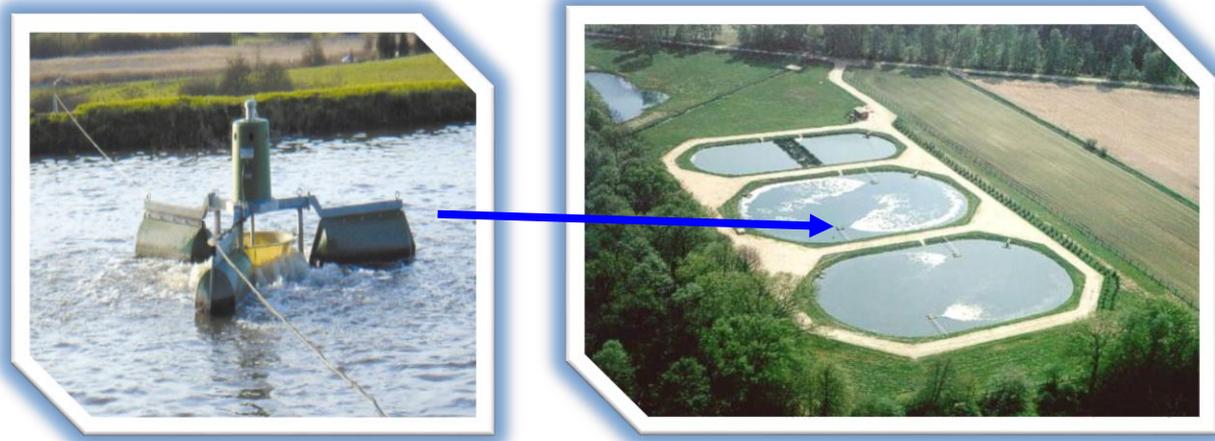


Figure 02 : le principe d'un lagunage aéré (Johanet, 2005 ; Isma, 2015).

II.4.2.2. Procédés biologiques intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (Perera et Baudot, 1991). Parmi ces procédés on distingue :

II.4.2.2.1. Procédé de lit bactérien

L'utilisation des lits bactériens en traitement des eaux usées est très ancienne, les premiers systèmes étant apparus en Grande-Bretagne il y a plus d'un siècle, le procédé a fait l'objet de nombreuses adaptations technologiques (Alexandre et al. 1997).

Ce traitement est basé sur le principe d'infiltration à travers le sol. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur dans laquelle se trouve un matériau poreux qui peut être traditionnel (pouzzolanes, coke métallurgiques, cailloux siliceux concassés ...) ou plastiques (Figure 03). Les eaux à traiter ruissellent à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support, celles-ci renferment une forte concentration de bactéries et de champignons. Ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique de l'effluent, s'appauvrissent progressivement au cours de son trajet (Rodier, 1996).

Pour apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies de la microflore dans toute la masse du lit, on pratique une aération par tirage naturel ou par ventilation forcée (Degrémont, 1989).

✓ **Les avantages majeurs des lits bactériens:**

- fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées ;
- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées ;
- Faible consommation d'énergie;
- Bonne décantabilité des boues (www.carteleau.org-rubrique guide des services).

✓ **Les inconvénients majeurs des lits bactériens:**

- Tendance au colmatage, surtout avec les supports traditionnels ;
- Variation des rendements d'épuration, par une création de zones mortes et de chemins préférentiels ;
- Très sensible au gel, car il faut que le haut et le bas du lit soient bien ouverts afin de permettre une aération naturelle suffisante ;
- Les lits bactériens sont quelquefois associés à un traitement par boues activées pour les fortes charges (**Dhaouadi, 2008**).

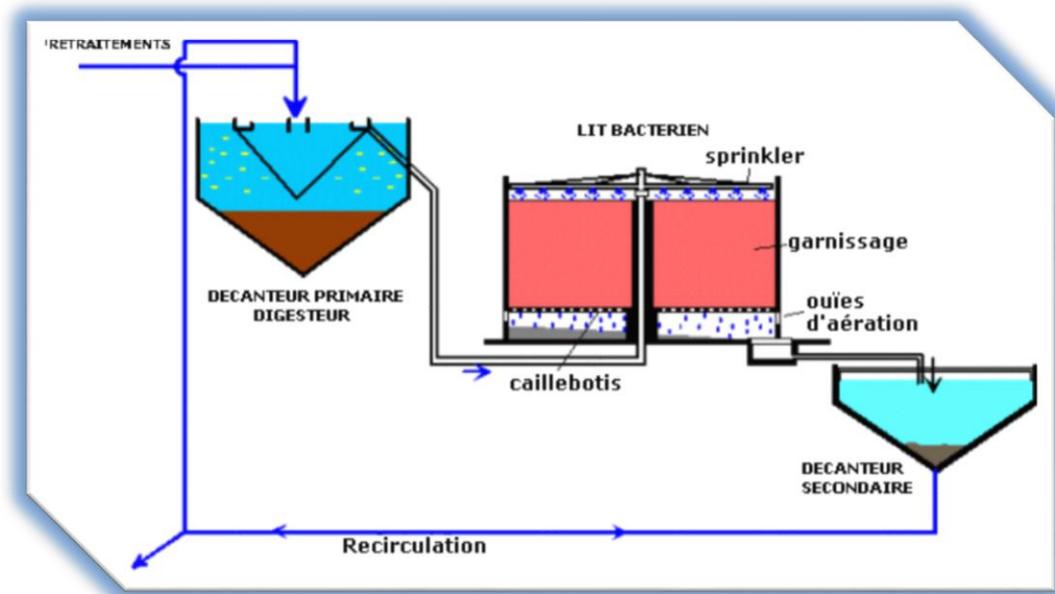


Figure 03 : Filière de l'épuration par le lit bactérien (**Pronost et al, 2002**).

II.4.2.2.2. Procédé de disques biologiques

Les disques biologiques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant (Figure 04). Ces disques plongent dans une auge où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation, ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur

les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr/min. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel (**Bouziani, 2000**).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par disques biologiques ([www.carteleau.org-rubrique guide des services](http://www.carteleau.org-rubrique_guide_des_services)) :

✓ **Les avantages majeurs des disques biologiques:**

- Résistance au froid (les disques sont -toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment) ;
- L'exploitation de ce procédé est relativement simple ne nécessitant pas de recyclage ;
- Généralement adaptés pour les petites collectivités ;
- Faible consommation d'énergie.

✓ **Les inconvénients majeurs des disques biologiques:**

- performances généralement plus faibles qu'une technique par boues activées ;
- Coûts d'investissement assez élevés (20 % par rapport à la technique par boue activées) ;
- nécessité de prétraitements efficaces.

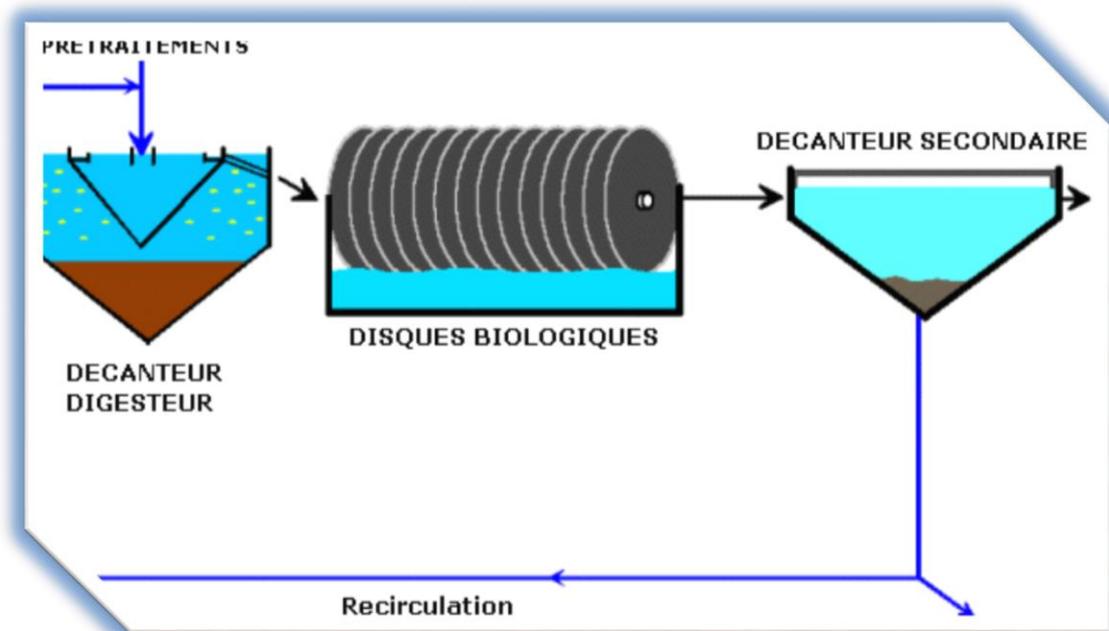


Figure 04 : Principe de l'épuration des eaux usées avec le disque biologique (**Pronost et al, 2002**).

II.4.2.2.3. Boues activées

Les stations par boues activées (très riche en micro-organismes ayant besoin d'oxygène pour vivre) reposent sur les principes suivants (**Cardot, 1999**) :

- ❖ L'eau à épurer est mise en contact dans le bassin d'activation avec une culture bactérienne importante.
- ❖ L'oxygène est fourni à travers un dispositif d'aération.
- ❖ Un brassage de la culture bactérienne est effectué.
- ❖ La séparation de la culture bactérienne (boue) et de l'eau épurée se fait dans un bassin de décantation dit clarificateur.
- ❖ La boue est soit recerclée, soit extraite : ce sont les « les boues en excès ».

Ce type de traitement est caractérisé par divers paramètres tels que : la charge massique (**C_m**), la charge volumique (**C_v**), temps de séjour (**t_s**), le rendement d'élimination, l'indice de Mohlman(**I_m**). Ces derniers permettent le dimensionnement du bassin d'aération ainsi que le clarificateur (**Cardot, 1999**).

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas (Figure 05) (**Cardot, 1999**) :

- ❖ Un bassin(ou plus) dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice.
- ❖ Un clarificateur(ou plus) dans lequel s'effectue la séparation d'eau épurer et de la culture bactérienne.
- ❖ Un dispositif de recirculation des boues(ou plus) assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologique récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché.
- ❖ Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne(ou plus) présente dans le bassin d'aération.
- ❖ Un dispositif de brassage afin d'assurer au mieux le contact entre le micro-organisme et la nourriture, d'éviter les dépôts de favoriser la diffusion de l'oxygène.

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par boues activées (**Berland et al, 2001**):

- ✓ **Les inconvénients majeurs de traitement biologique par boues activées:**
 - Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, azote par nitrification et dénitrification) ;
 - Adapté pour toute taille de collectivité à l'exception de très petites collectivités ;
 - Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles ;
 - Boues légèrement stabilisées.
- ✓ **Les inconvénients majeurs de traitement biologique par boues activées:**
 - Coûts d'investissement assez importants; consommation énergétique importante ;
 - Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière;
 - Sensibilité aux surcharges hydrauliques ;
 - Décantabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser.

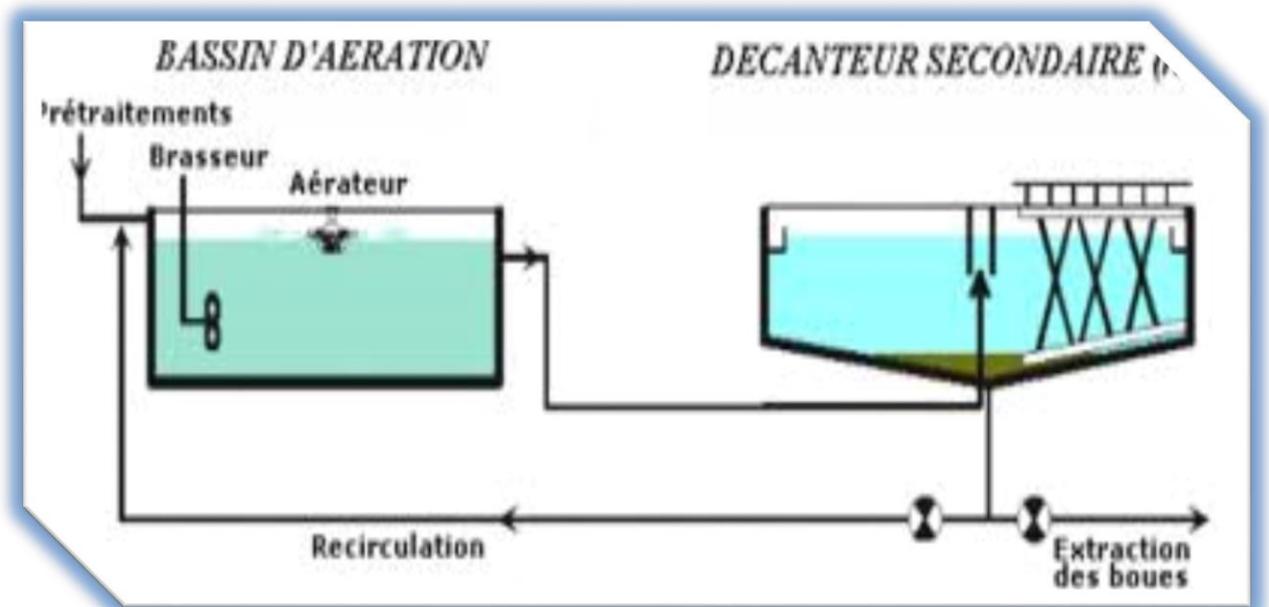


Figure 05 : Epuration des eaux usées par le procédé de boue activée (Pronost et al, 2002).

II.4.2.3. Procédé des filtres plantés

Les filtres plantés est un procédé biologique à cultures fixées sur supports fins (gravier, sable), rapportés et alimentés à l'air libre (Figure 06). Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter (Perera et Baudot, 1991).

Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué. L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racines des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins.

La vitesse d'alimentation en eaux usées brutes doit être supérieure à la vitesse d'infiltration pour bien répartir l'effluent. Théoriquement, plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées, mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées, et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés (**Perera et Baudot, 1991**).

Les principaux avantages et inconvénients de traitement biologique par filtres plantés (**Berland et al, 2001**):

✓ **Les avantages majeurs du traitement biologique par filtres plantés :**

- Aucune nécessité d'une qualification poussée pour l'entretien ;
- Bonne réaction aux variations de charge ;
- Aucune consommation énergétique si la topographie est suffisante ;
- Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes ;
- Gestion réduite au minimum des boues.

✓ **Les avantages majeurs du traitement biologique par filtres plantés :**

- Qualité du rejet variable selon les saisons ;
- La maîtrise de l'équilibre biologique et des processus épuratoires reste limitée ;
- Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol ;
- Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique ;
- Désherbage manuel avant la prédominance des plantes.

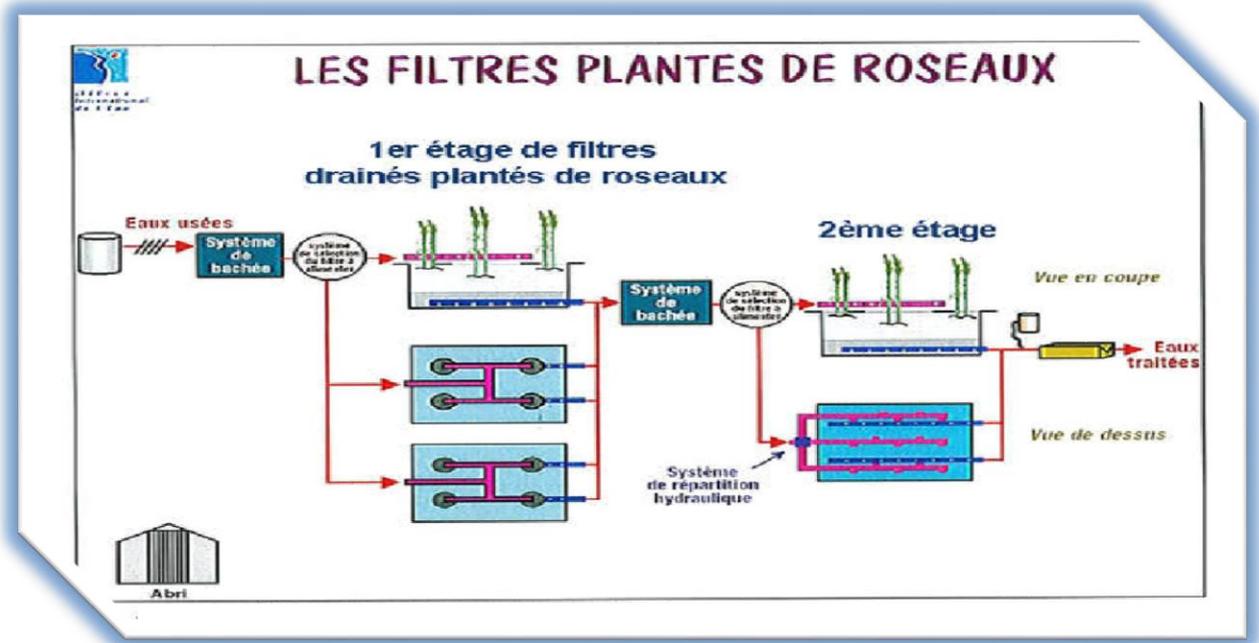


Figure 06 : Schéma du traitement biologique par filtres plantés de roseaux (Alexandre et al, 1997).

II.5. Conclusion

Pour conclure, on peut retenir que les eaux usées peuvent provoquer de grands problèmes de pollution si elles sont rejetées dans le milieu récepteur sans épuration préalable. On peut conclure également que les différents procédés de traitements des eaux résiduaires existants de nos jours permettent d'obtenir une eau débarrassée d'une grande partie de ces polluants et des boues constituant un sous-produit de l'épuration et le choix d'un tel ou tel procédé est basé sur différents critères. L'eau épurée peut être rejetée dans le milieu naturel sans risque majeur, puisque le maximum des polluants est éliminé pendant les étapes d'épuration pour que la qualité de cette eau épurée soit conforme aux normes de rejets.

Chapitre III :

Présentation de la station d'Arris

III .1. Introduction

La commune d'Arris est située au sud de la wilaya de Batna, elle se trouve à une altitude de 1100 m dans la haut vallée de l'Oued El Abiod est occupe une superficie de 152 km². Le Nombre de population étant de 32597 habitants selon les statistiques de 2011(**La commune d'Arris www_wilayabatna_gov_dz.mht**).

L'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation de la région d'Arris et Ichemoul a pour but d'assurer la collecte et le transit de l'ensemble des eaux usées et de procéder à leur traitement avant leurs rejets dans le milieu naturel. A cause de cette extension démographique, il y aura une augmentation dans les quantités des eaux usées rejetées par les habitants dans la nature. C'est pour ça elle a reçu un projet de réalisation d'une station d'épuration à Arris (35°15'30" Nord et 6°20'40" Est).

Les études de la réalisation effective du projet de cette station ont été faites en 2013, et la fin de la réalisation en 2018 par l'entreprise nommée : **KARMEN MORAL**

La réception provisoire a été faite en 01/09/2018. Le 31Aout 2020, la réception définitive de la station et elle doit être gérée et exploitée par l'Office National de l'Assainissement (O.N.A).

Ce chapitre a pour objectif la description du processus de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville d'Arris-Wilaya de Batna (Figure 7), ainsi que les équipements nécessaires pour le fonctionnement.

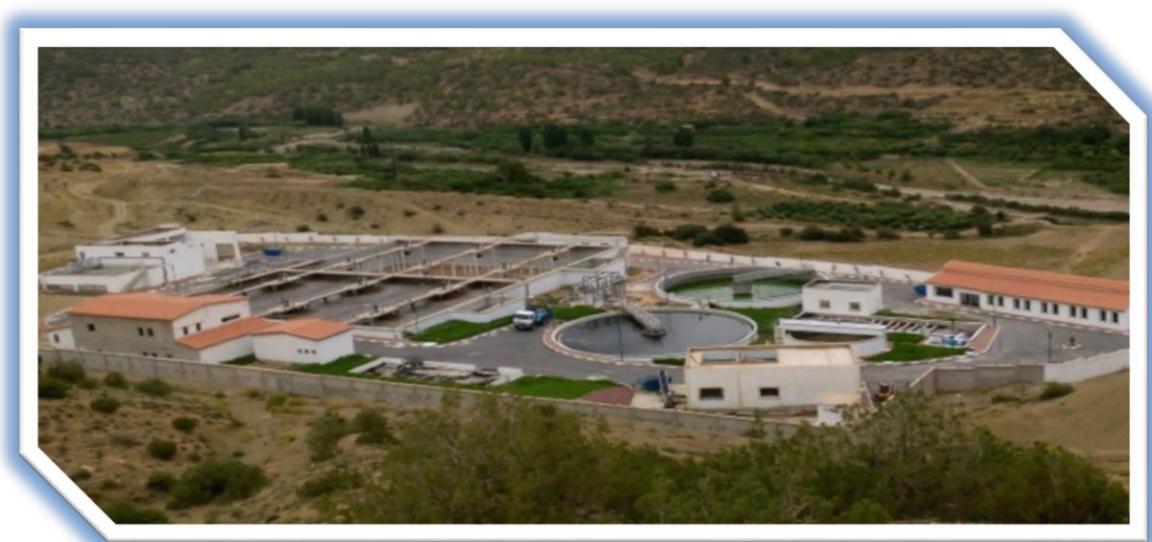


Figure 07 : Vue générale de la STEP d'Arris (ONA, 2013).

III.2. Système d'épuration de la STEP d'Arris

Le système d'épuration de la station d'Arris est le procédé biologique dit à boues activées à faible charge. Ce système assure l'élimination des matières carbonées par aération et des matières azotées par nitrification et dénitrification.

Les eaux usées à traiter sont constituées principalement par des effluents d'origines urbaines étant le dispositif d'assainissement du type unitaire.

III.3. Données de base

III.3.1. Capacité de la STEP

La capacité de recevoir des effluents en équivalents habitants (EH) qui peut être prise en compte par la station est de 63000 EH à l'horizon 2030 et les débits maximaux prise en charge par la station actuellement sont :

- Le débit moyen journalier=**9400 m³/j** ;
- Le débit moyen horaire =**9400/24= 392 m³/h** ;
- Le débit diurne (le maximum des quantités d'eaux usées arrivent à la station en 16 heures)=**9400/16 = 587,5 m³/h** ;
- Le débit de pointe (maximal) par temps sec =**683 m³/h** ;
- Le débit de pointe (maximal) par temps de pluie =**1025 m³/h**.

III.3.2. Charge de pollution prise en considération par la STEP

III.3.2.1. La charge de pollution à l'entrée de la STEP (eau usée brute)

Le procédé d'épuration tient compte que la base de dimensionnement de la STEP fixée pour l'ouvrage de réception, la fosse à bâtarde, le dégrillage grossiers, le poste de pompage, le dégrillage fins et les unités de dessablage-déshuilage seront réalisés pour le débit maximal de pointe de temps de pluie à l'horizon 2030 (**1025 m³/h**). La charge de pollution prise en compte est regroupée dans le Tableau 03.

Après le prétraitement, le débit maximal à admettre sur le réacteur biologique sera le débit de pointe en temps sec (**683 m³/h**).

Tableau 03 : Charge de pollution prise en compte pour le dimensionnement de la STEP
(ONA, 2013).

Paramètre	Charge de polluants entre de la STEP (kg/j)	Concentration (mg/l)
DBO ₅	3.780	402
DCO	9.450	1005
MES	5.040	536
NTK	950	101

III.3.2.2. Charge de pollution à la sortie de la STEP (eau usée épurée)

Le dimensionnement de la STEP est réalisé selon les paramètres de qualité de rejet (Tableau 04)

Tableau 04 : Qualité prévue des eaux traitées sortantes de la STEP d'Arris (ONA, 2013).

Valeurs limites à la finalité du traitement			
Paramètre	Unités	Valeur	Rendement d'élimination minimum (%)
DBO ₅	mg/L	≤ 30	92,54
DCO	mg/L	≤ 90	91,05
MES	mg/L	≤ 30	94,40
NTK	mg/L	≤ 25	75,26
NO ₃	mg/L	7	
NO ₂	mg/L	0, 3	
P _t	mg /L	2	
NH ₄	mg/L	2	

III.4. Les différentes lignes de traitement

L'eau usée est épurée dans la STEP d'Arris passant par une chaîne d'ouvrages différents et successifs ou chacun de ces derniers a un rôle spécifique et élimine l'un des polluants existants dans les eaux usées.

A) Ligne d'eau

- ❖ Ouvrage de réception avec déversoir ;
- ❖ By-pass avec comptage ;
- ❖ Fosse à bâtards avec cuillère bivalve ;
- ❖ Dégrillage grossier avec vis de compactage des refus ;
- ❖ Relevage avec débitmètre électromagnétique ;
- ❖ Dégrillage fins avec vis pour sortie des refus et station d'échantillonnage ;
- ❖ Dessablage-déshuilage avec aérateurs submersibles ;
- ❖ Traitement des sables et concentrateur des graisses avec stockage de graisses concentrées ;
- ❖ Puits de distribution d'eau vers traitement biologique ;
- ❖ Chambre de contact ;
- ❖ Bassin d'aération de type faible charge avec turbines et agitateurs submersibles pour la dénitrification ;
- ❖ Chambre de dégazage avec sortie de graisses ;
- ❖ Clarificateur de succion ;
- ❖ Canal de chloration avec station d'échantillonnage ;
- ❖ Groupe de pression pour eaux de service ;
- ❖ Dosage d'hypochlorite ;
- ❖ Canal de sortie avec comptage.

B) Ligne des Boues :

- ❖ Purge des boues en excès ;
- ❖ Recirculation des boues ;
- ❖ Épaississement ;

- ❖ Déshydratation avec filtre à bande et dosage de polymère.

III.4.1. Ligne d'eau

III.4.1.1. Arrivée des eaux, ouvrage de réception et by-pass général

L'ouvrage de réception (Figure 08) reçoit la totalité des eaux d'arrivée dans un déversoir (Tableau 05) avec une vanne murale pour l'isolement de la station d'épuration. Dans ce cas, les effluents seront déversés vers le by-pass général de DN 600. La station d'épuration d'Arris traite les eaux usées provenant des localités de la ville d'Arris et une partie de la zone de Tighanimine.

Les eaux usées sont véhiculées jusqu'au regard de réception par une conduite DN 600 (côte fil d'eau 1057,70 m NGA).

Les débits by-passés seront comptabilisés par une mesure à ultrasons à la sortie du by-pass général. Les eaux by passées seront dégrillées par une grille manuelle avec espacement de 100 mm (ONA, 2013).

Tableau 05 : Caractéristiques du déversoir d'orage (ONA, 2013).

Paramètre conception déversoir	Valeur
• Débit maximale entrée station	1025 m ³ /h
• Largeur	3 m
• Longueur	15 m
• Hauteur	1,75 m
• Volume	60 m ³



Figure 08 : Déversoir d'orage de la station d'Arris.

- **Cet ouvrage de réception est équipé**

- D'un trop plein dirigé vers le by-pass général de la station d'épuration.
- Une vanne murale permet d'isoler la station et les ouvrages à l'aval en cas de quelque problème.
- Grille manuelle pour la rétention avec espacement de 100 mm.

III.4.1.2. Fosse abatards

Une fosse à bâtards (Figure 09) prend place en amont de tout équipement de traitement des eaux de façon à protéger ces derniers. Sa fonction est de tranquilliser l'effluent, limitant ainsi la vitesse d'approche sur le pré-dégrillage et piéger les corps solides lourds pour protéger ainsi des équipements électromécaniques placés en aval.

Les paramètres de conception de la fosse à bâtards sont présentés ci-dessous (Tableau 06) :

Tableau 06 : Caractéristiques de la fosse à bâtards (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• Largeur	2,40 m
• Longueur	2,40 m
• Surface horizontale	5,76 m ²
• Hauteur part droite	2,0 m
• Hauteur part inclinée	1,0 m
• Volume utile apparent	15,21 m ³

La fosse à bâtard est équipée d'une cuillère bivalve (Figure 10) pour l'élimination des grossiers de volume de 200 L et d'une benne de volume 7 m³.

**Figure 09** : Fosse à bâtard de la STEP.**Figure 10** : Cuillère bivalve.

Depuis la fosse à bâtards les eaux usées seront véhiculées gravitairement vers le dégrillage grossier.

III.4.1.3. Dégrillage automatique grossiers

Deux lignes de dégrillage grossier (Figure 11) à nettoyage automatique sont installées pour protéger les équipements de pompage postérieur. Chaque ligne est dotée d'une grille à barreaux, munie d'un dispositif de nettoyage automatique pour diminuer les interventions manuelles et d'un espacement entre barreaux de 40 mm. Cette grille a pour fonction l'élimination de tous les éléments de dimension importante afin d'éviter l'obstruction des ouvertures du piège à sable et celles des grilles fines.

En résumé, les paramètres de conception du dégrillage grossier sont présentés dans le Tableau 07.

Tableau 07 : Caractéristiques du dégrillage grossier (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• Nombre de canaux	2
• Largeur canal/grille	1 m
• Hauteur du canal	1,6 m
• Débit de design maximal par unité	1025 m ³ /h
• Nombre de grilles	2 u.
• Espacement entrefer	40 mm
• Section barreaux	30 x10 mm

La sortie des refus sera par une vis transporteur vers un conteneur de 7 m³. Depuis le dégrillage grossier les eaux usées seront véhiculées gravitairement vers le poste du relevage.



Figure 11 : Dégrillage grossier de la STEP.

III.4.1. 4. Dégrillage fin mécanisé

Le dégrillage fin élimine les matières grossières, ainsi que les fibres et les éléments encombrants pour éviter le bouchage et la dégradation des ouvrages de la STEP d'Arris qui se situent en aval. Le dégrillage fin est composé de deux (2) canaux de dégrillage à nettoyage automatique qui ont les caractéristiques suivantes (Tableau 08) :

Tableau 08 : Caractéristiques du dégrilleur fin (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• N° canaux	2
• Largeur du canal/grille	1 m
• Hauteur du canal	2 m
• Débit du design maximal par unité	1025 m ³ /h
• Nombre de grilles	2 u.
Espacement entrefer	6 mm

III.4.1.5. Relevage des eaux usées

Les eaux arrivant à la station ne présentent pas la côte dynamique suffisante pour un traitement gravitaire sur les différents ouvrages hydrauliques de la station; c'est pourquoi, il est prévu un poste de relevage doté de pompes submersibles.

Le poste (Figure 12) est dimensionné pour le débit de pointe par temps de pluie soit 1.025 m³/h et disposera des mesures de niveaux pour assurer la gestion hydraulique et automatique du poste et la protection des pompes, Trois pompes plus une en secours sont prévues et installées avec asservissement à une variation de vitesse pour assurer un étalement du débit relevé.

Un débitmètre électromagnétique situé sur chacune des canalisations d'alimentation des prétraitements mesurera l'entrée des eaux à l'station d'épuration. L'ensemble des retours de la STEP s'effectue à l'aval de cette étape de comptage (ONA, 2013).

En résumé, nous présentons dans le tableau 9 les paramètres de conception du poste de relevage :



Figure 12 : Le poste de relevage et les pompes submersibles.

Tableau 09 : Caractéristiques du poste de relevage (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• Débit maximal de pompage 2030	1025 m ³ /h
• Hauteur totale lame d'eau	3,47 m
• Largeur	3,5 m
• Longueur	3,5 m
• Volume utile	35,53 m ³

L'eau usée brute relevé est collectée dans un canal ouvert comprenant une mesure de niveau et une mesure de la qualité de l'eau comme le pH, la température et redox avant d'arriver à l'ouvrage de dessablage /désuilage (Figure 13).

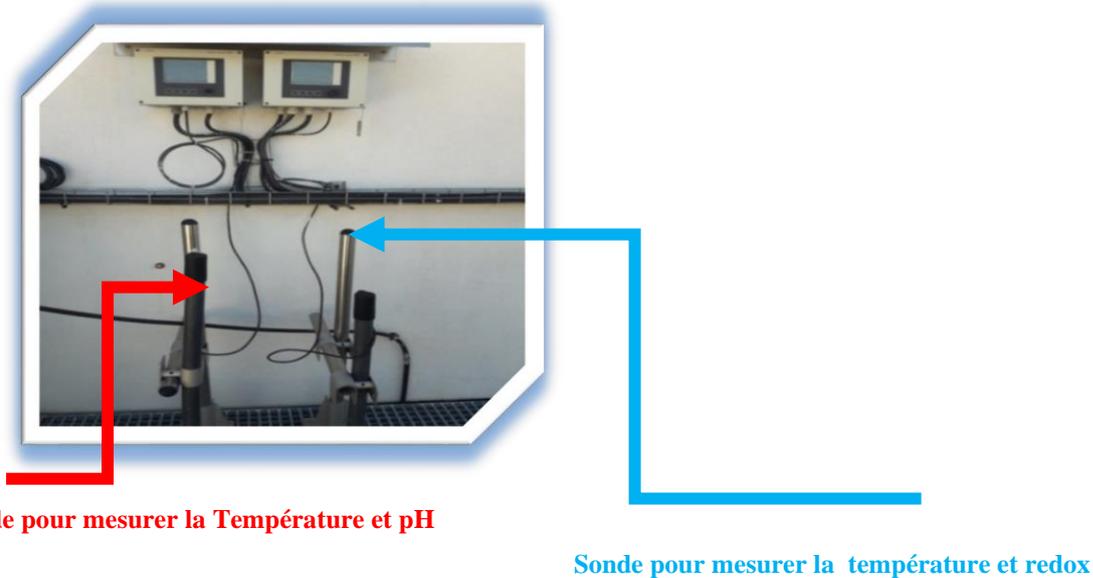


Figure 13 : Sonde de mesure le pH, la température et redox.

III.4.1.6. Dessablage /désuilage

Dans cette phase de prétraitement, il existe deux lignes pour le dessablage et désuilage. En résumé, nous présentons les paramètres de conception du dessableur-dégraisseur (Tableau 10) :

Tableau 10 : Caractéristiques du dessableur désuilageur (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• Nombre de lignes	2
• Débit de design par canal maximal	683 m ³ /h
• Longueur de la ligne	9 m
• Largeur de la ligne	3,5 m
• Largeur de la zone des huiles	1 m

Le dessablage désuilage s'effectue un ouvrage combiné de dessablage désuilage rectangulaire tronconique (Figure 14).

Chaque ouvrage est dimensionné pour assurer une charge hydraulique maximale de 25 m³/m²/h et un temps de séjour minimal de 6 minutes au débit maximal.

L'ouvrage est aéré par des aérateurs submersibles installés à l'intérieur pour assurer

l'émulsion et la flottation des matières grasses contenues dans la masse d'eau. Les matières légères et les graisses contre poussées par un système de raclage mécanique qui assure leur collecte et leur déversement directement dans un concentrateur de graisses et après, stockée set pompées pour évacuation vers une citerne de graisses de 5 m³ (Figure 15).

Les sables sont retenus au fond de l'équipement et seront extraites par pompage du type air-lift vers un classificateur de sables (Figure16) pour être compactes et après stockées dans une benne de 7 m³ (ONA, 2013).



Figure 14 : Dessableur/déshuileur de la STEP d'Arris.



Figure 15 : Citerne des graisses de la STEP.



Figure 16 : Classificateur à sables.

III.4.1.7. Traitement biologique à boues activées

Le traitement biologique est de type boues activées à aération prolongée. Deux files de traitement identiques en parallèle et isolables individuellement sont prévues. Ces lignes permettront le traitement de 683 m³/h (débit pointe en temps sec). L'écrtage sera réalisé par un ouvrage de régulation et répartition en aval du prétraitement. Chaque ligne sera isolable par vanne manuelle, et les débits excédentaires transférés à la ligne de by-pass (ONA, 2013).

- **Zone de contact**

La première étape du traitement biologique est la zone de contact. Le principe de la zone de contact consiste à brasser le mélange: effluent à traiter et une certaine quantité de boues provenant essentiellement de la recirculation des boues fraîches (Figure 17).

Comme résumé on détaille les paramètres de conception les plus importants de la zone de contact (Tableau 11)

Tableau 11 : Caractéristiques de la zone de contact (ONA, 2013).

Paramètre (zone de contact)	Valeur
• Unités	2
• Longueur unité	8 m
• Largeur unité	4 m
• Hauteur eaux	4,5 m
• Volume unitaire	144 m ³
• Volume totale	288 m ³
• Débit pointe temps sec	683 m ³ /h

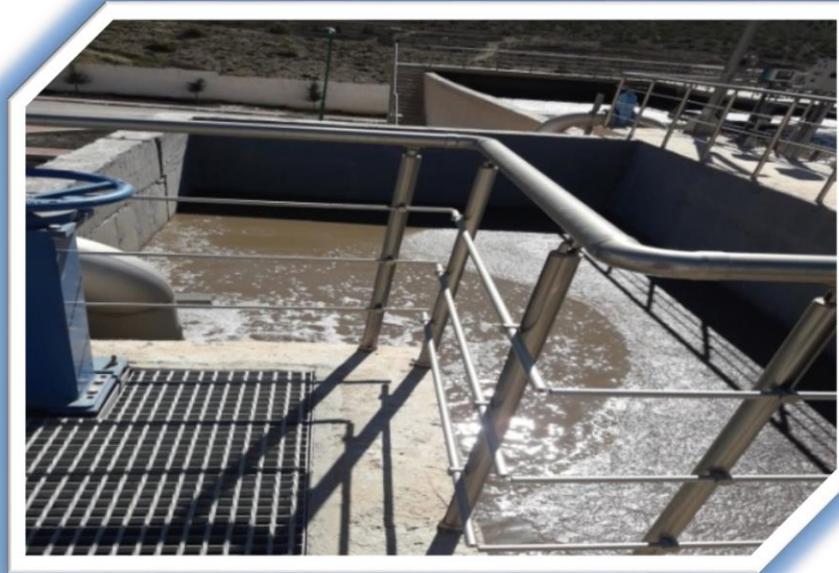


Figure 17 : Zone de contact de la STEP.

• **Zone d'aération**

La station est dotée de deux bassins d'aération, alimentés en eau usée arrivée du prétraitement, qui est brassées avec les boues de retour. L'aération sera effectuée par des aérateurs de surface à vitesse lente, lors des arrêts des aérateurs de surface la masse biologique sera homogénéisée par l'installation d'agitateurs immergés (Figure 18).

Chaque bassin est équipé :

- ✓ D'un système d'aération du type aérateur de surface de vitesse lente.
- ✓ D'un système de brassage par agitateurs immergés.
- ✓ De deux sondes de mesure d'oxygène à immersion, nécessaire pour contrôler en continu la teneur en oxygène, dissous dans la biomasse.



Figure 18 : Les bassins d'aération de la station.

La zone d'aération est dessinée avec les paramètres suivants (Tableau 12):

Tableau 12 : Caractéristiques de la zone d'aération (ONA, 2013).

Désignation	Valeur
• Débit Total	9400 m ³ /j
• Nombre d'ouvrage	2 ut
• Longueur unité	46,5 m
• Largeur unité	31 m
• Volume total	12974 m ³

• Dispositifs d'aération

Le système d'aération adopté assure la quantité d'oxygène nécessaire aux bactéries épuratrices (Figure 19) pour dégrader la matière organique liée au carbone, de provoquer une intense turbulence qui permet d'une part, le maintien en suspension des boues activées et d'autres part, de renforcer le contact intime de l'eau brute avec les bactéries épuratrice.

En résumé, nous présentons les paramètres de conception les plus importants de la zone de traitement biologique (zone aération) dans le Tableau 13 :

Tableau 13 : Les paramètres de conception de la zone d'aération (ONA, 2013).

Paramètre (charges zone aération)	Valeur
• Oxygène nécessaire maximal total (18 h/jour)	687,54 Kg O ₂ /h
• Nombre de turbines à installer	12 ut
• Puissance installée	30 k W
• Nombre d'agitateur à installer	8 ut

- **Dégazage**

Cette zone sera dotée d'extraction des flottants pour les envoyée au coffret des flottants pour être pompés vers l'épaississeur des boues.

La vitesse ascensionnelle dans cette zone (Figure 19) est moins de 40 m/h, au débit de pointe de temps sec pour l'horizon 2030 par temps sec.

Dans le Tableau 14, on résume les paramètres de conception les plus importants de la zone de dégazage :

Tableau 14 : Caractéristiques de la zone de dégazage (ONA, 2013).

Paramètre (zone de dégazage)	Valeur
• Unités	2
• Débit pointe temps sec	683 m ³ /h
• Débit de recirculation des boues	684 m ³ /h
• Longueur unité	9 m
• Largeur unité	4 m
• Hauteur des eaux	4 m



Figure 19 : Dégazage de la STEP.

III .4.1.8. Décantation secondaire

Après le dégazage les effluents seront réunis dans un puits de distribution vers les deux clarificateurs secondaires de succion, pour être clarifiée L'alimentation se fait au moyen d'une canalisation surmontée, au centre de l'ouvrage d'une jupe siphonide de tranquillisation.

Le floc biologique se sépare de l'eau épurée qui est recueillie dans une goulotte périphérique, et évacuée gravitairement (Figure 20) (ONA, 2013).

En résumé nous présentons dans le tableau 15 les paramètres de conception de la décantation secondaire :

Tableau 15 : Caractéristiques du décanteur secondaire (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• Nombre d'unités	2 ut
• Débit maximal	683 m ³ /h
• Diamètre	26 m
• Hauteur lame d'eau	3,5 m
• Surface totale	1062 m ²



Figure 20 : Le décanteur secondaire.

III.4.1.9. Bassin de chloration

La désinfection se fait dans le bassin de chloration rectangulaire (Figure 21), il est assurée par de l'hypochlorite de sodium "NaClO". Le passage obligé imposé par la chicane entre l'entrée et la sortie du bassin de chloration garantit le respect de ce temps de contact pour l'intégralité de l'effluent à épurer.

En résumé, les paramètres de conception du canal de chloration sont présentés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Caractéristiques du bassin de chloration (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• Débit maximale	683 m ³ /h
• Hauteur utile	2,5 m
• Largeur	7 m
• Longueur	20 m
• Volume	350 m ³
• Chlore actif	150 g de Cl ₂ pour l
• Volume bac Hypochlorite	15 m ³
• Temps de séjour	48 jours



Figure 21 : Bassin de chloration.

III.4.1.10. Comptage et préleveur des eaux traitées

Le comptage des eaux traitées est assuré par un canal venturi équipé d'une mesure de hauteur en continue par ultrasons. Une sonde de température intégrée, placée avant l'arrivée de l'effluent. Cet ouvrage est défini pour le débit pointe admis sur le biologique (ONA, 2013).

III.4.1.11. Rejet des eaux traitées

En sortie du traitement les effluents épurés Les eaux traitées depuis le poste de désinfection, sont évacuées vers l'Oued Labiod .A l'extrémité vers l'Oued, cette canalisation est bloquée et stabilisée par un ouvrage en béton armé.

III.4.1.12. Recirculation et purge des boues

✓ **Recirculation des boues**

Les boues reprises au centre des décanteurs sont dirigées par l'intermédiaire de tuyauterie vers la station de pompage des boues secondaires pour être recirculées(Figure.18)en tête des bassins d'aération ou refoulées vers le traitement des boues.

✓ **Production et pompage des boues en excès**

L'extraction des boues permet d'évacuer les boues en excès vers l'épaisseur. Elle sera effectuée depuis les puits de recirculation et composée d'une pompe par puits avec un groupe de secours installé (Figure 22).



Figure 22 : Les groupes d'électropompes destinées pour le pompage des boues en excès et des boues de recyclage.

III.4.2. Ligne des boues

III.4.2.1. Epaissement des boues

Les boues en excès subissent l'épaississement avant d'être séchées. L'épaississement, dont l'objectif premier est d'augmenter la concentration des boues en vue de les rendre plus pelle tables. L'épaississement des boues est réalisé dans l'épaississeur (Figure 23 et Tableau 17) ; les surnageants sont déversés dans une goulotte périphérique et renvoyés avec la surverse vers le poste toutes eaux (ONA, 2013).

Les boues épaissies sont extraites par des pompes à boues (avec secours installés) et envoyées vers le traitement des boues.



Figure 23 : L'épaississeur de la STEP.

Tableau 17 : Caractéristiques de l'épaississeur (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• Boues en excès horizon 2030	3.114 Kg/jour
• Nombre épaississeur	1
• Diamètre unitaire	12 m
• Hauteur lame d'eau	3,5 m

III.4.2.2. Evacuation des boues épaissies

Les boues épaissies seront extraites de l'ouvrage par des pompes volumétriques. Il est prévu une pompe par machine à déshydrater (deux), et un secours installé. Le fonctionnement de ses pompes est déterminé pour un fonctionnement de la déshydratation de 5 jours / semaine à raison de 12 h par jours. A chaque sortie de pompe sera associée une mesure de débit en continu de la masse des boues traitée avec une prise d'échantillon manuelle.

Nous présentons les paramètres de conception des pompes d'évacuation des boues épaissies dans le Tableau 18.

Tableau 18 : Caractéristiques de la pompe d'évacuation des boues (ONA, 2013).

Paramètre	Valeur
• Boues en excès horizon 2030	3.114 Kg/jour
• Concentration moyenne des boues épaissies	2,5%
• Débit des boues épaissies	125 m ³ /jour
• Pompes de purge à installer	2+1
• Fonctionnement pompes boues	5 jours/semaine 12 heures/jour
• Débit par pompe	15 m ³ /h

III.4.2.3. Déshydratation-Bandes presseuses

Avant évacuation, les boues sont déshydratées mécaniquement sur filtre presse à bande (Figure 24). Les boues de sortie de l'épaississeur seront acheminées vers les bandes presseuses au moyen des pompes volumétriques d'évacuation des boues épaissies.

A chaque pompe est associé un variateur mécanique permettant une variation du débit pompé. Une pompe est installée par appareil de déshydratation avec les jeux de vannes nécessaires. Un secours commun est prévu.

✓ Bandes presseuses

La technique de filtration sur bandes a connu un intérêt croissant pendant ces dernières années, surtout dans les moyennes et grandes stations d'épuration urbaines. Elle doit essentiellement son développement aux progrès accomplis dans la floculation des boues par la mise en œuvre éclairée des polymères organiques de synthèse les mieux adaptés.

En résumé, nous présentons les paramètres de conception des filtres à bande ci-après dans le Tableau 20.



Figure 24 : Déshydratation des boues de la STEP d'Arris le filtre à bandes presseuse.

Tableau 19 : Caractéristiques des filtres à bande (ONA, 2013).

Paramètre de déshydratation	Valeur
• Boues en excès générés dans le système biologique	3.114 Kg MS/jour
• Boues en excès à déshydrater journalier (5j/semaine)	4.360 Kg MS/jour
• N° filtres à bande	2
• N° heures fonctionnement	12 heures/jour
• Débit boues filtre maximale par filtre (lors qu'un tombe en panne)	15 m ³ /h
• Débit boues déshydratées total (5 j/semaine)	17 m ³ /j (18%)

✓ Préparation et dosage de polymère

Une injection de polymère liquide est effectuée avant la déshydratation (Tableau 21). Leur préparation et leur dosage seront entièrement automatisés. Le dosage du polymère est réalisé par des pompes doseuses à débit variable manuellement.

Les boues déshydratées sont reprises par une vis convoyeuse à l'extérieur de la STEP et ensuite elles sont déchargées en benne (Figure 25).

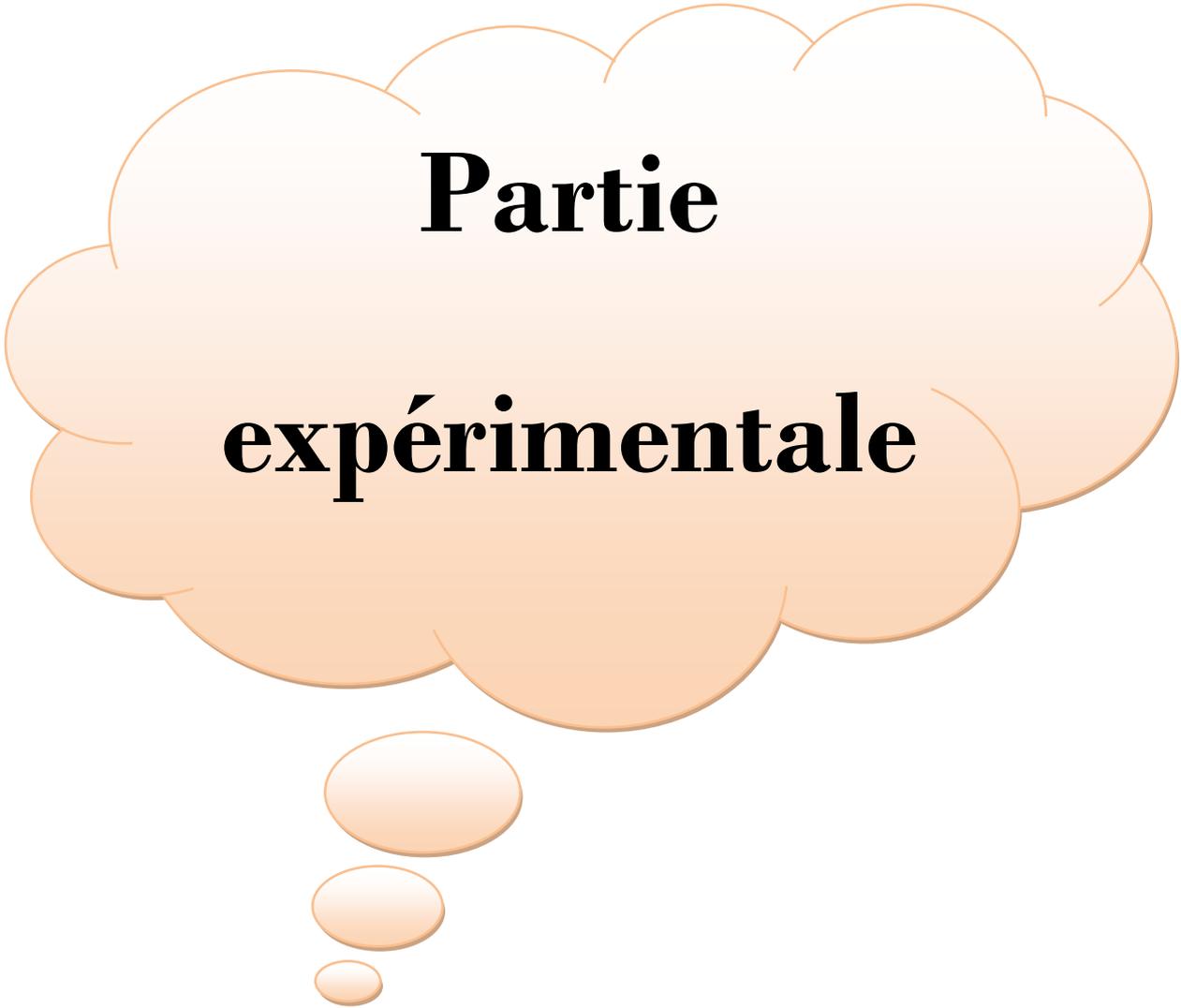
Tableau 20 : Paramètres dosage polymère (ONA, 2013).

Paramètre dosage polymère	Valeur
• Débit maximum des boues à déshydrater	370 Kg MS/h
• Dosage moyen de polymère	5.5 g/Kg boues
• Consommation maximal polymère	2,41 Kg Poly pur/h

**Figure 25** : Décharge des boues déshydratées en benne.

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné des informations sur tous les ouvrages formant le système d'épuration ainsi que leur chaîne de fonctionnement, en se basant sur l'estimation du nombre d'habitant et l'augmentation des débits des eaux usées évacuées. Nous avons détaillé la conception de tous les équipements formant le système d'épuration, et on a insisté également sur le dimensionnement, la capacité et le fonctionnement de ces ouvrages.



Partie

expérimentale

Chapitre I :

Procédure expérimentale

I.1. Introduction

Au niveau des stations d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses des différents paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et épurées afin de permettre d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination de la pollution pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les analyses faites sur les échantillons d'eaux usées effectuées au niveau du laboratoire de la station d'Arris ainsi que, les différents appareils utilisés.

I.2. Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau conditionne les résultats analytiques et les interprétations pour ne pas y modifier les caractéristiques physicochimiques d'eau (**Medjouri et Amouria, 2007**).

Le choix de la place appropriée de prélèvement des échantillons et leur conservation dans les conditions idéales jouent un rôle important dans les analyses pour obtenir de bons résultats.

Pour évaluer la qualité de l'eau épurée dans la station d'épuration d'Arris il y a deux techniques de prélèvement :

a) Manuelle : On utilise des récipients ou flacons, A partir de bassin d'aération ou dans les clarificateurs.

b) Automatique : A l'aide d'une armoire d'échantillonnage, le prélèvement se fait facilement. Cette appareil prélève 100 mL chaque 60 min puis elle les mit automatiquement dans des bouteilles de 1 litre.

La température à l'intérieure d'échantillonneur est de 4°C, il y a deux postes de prélèvement, le premier est localisé avant le dessableur/déshuileur (Figure 26) et le deuxième avant le poste de rejet (Figure 27).



Figure 26 : Echantillonnage avant dessab /deshuileur.



Figure 27 : Echantillonnage avant le rejet .

I.3. Analyses effectuées au niveau du laboratoire de la STEP

Pour un meilleur suivi et contrôle de la qualité des eaux, l'ONA est dotée d'un laboratoire au niveau de la station d'épuration .Les missions principales du laboratoire sont :

- La détermination des indicateurs d'une pollution chimique ou biochimique (la DCO, la DBO₅, les MES, les détergents,...) et des paramètres indicateurs d'une eutrophisation (azote, phosphore...).
- Le suivi du fonctionnement et le contrôle des rejets des stations d'épuration gérées par l'office, en analysant les eaux résiduaires en entrée et sortie, et en analysant les boues aux différents stades du procès (déshydratation, épaissement, stabilisation...).

La paramètres étudiés sont : pH ; T (°C), la conductivité électrique (CE), MES ,l'oxygène dissous (O₂);DCO, DBO₅, PO₄⁻³ , NO₃⁻ , N-NH₄⁺, l'azote khjeldahl (NTK), test de décantation (V₃₀), la matière sèche (MS) et l'indice de boues (IB).

I.4. Méthodes de dosage des paramètres physico chimiques

I.4.1. Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dessous.

Dans le cas de station d'Arris La température des eaux usées brutes et traitées de la STEP est mesurée au moyen d'une sonde de température. Une est installée à l'entrée de la station et l'autre à la sortie du bassin de désinfection.

I.4.2. Détermination de l'O₂ dissous

La mesure de l'oxygène dissous s'effectue par la méthode électrochimique sur site à l'aide d'une sonde dioxymétrique (Figure 28) qui permet d'afficher la teneur en oxygène dissoute en concentration (**mg d'O₂/L**) soit en pourcentage de saturation en oxygène.

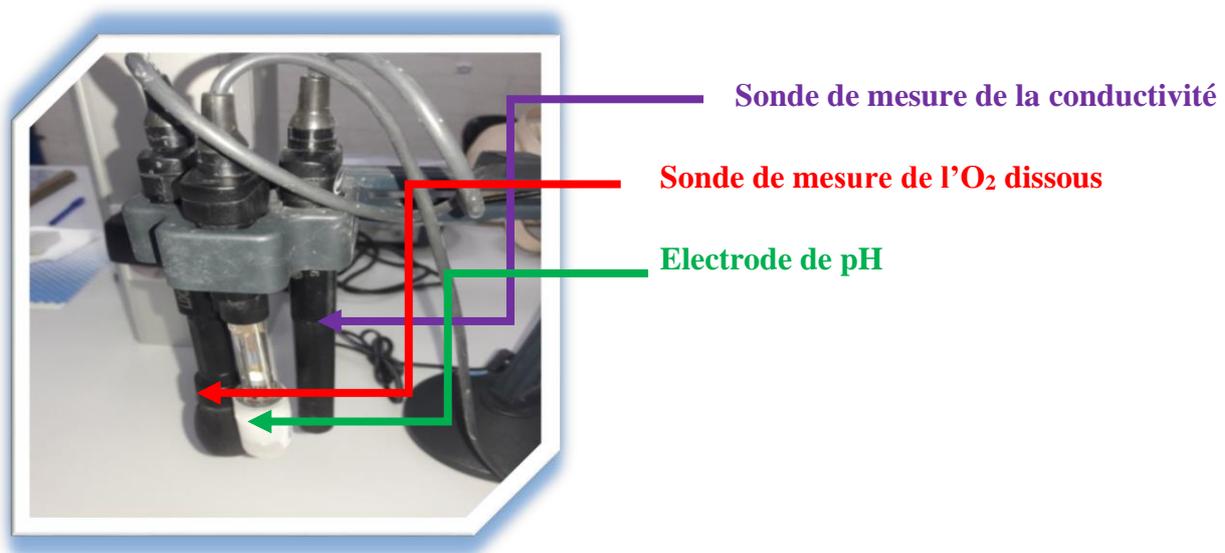


Figure 28 : Appareillage de mesure du pH, de la conductivité et de l'oxygène dissous.

I.4.3. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène (pH) est en relation avec la concentration des ions hydrogène présent dans l'eau ou les solutions. Ce paramètre a été mesuré en utilisant un pH mètre (C805).

Ce pH mètre affiche les valeurs directement après l'immersion d'une électrode spécifique de pH dans l'échantillon (Figure 28).

I.4.4. Détermination de la conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. La conductivité électrique d'une eau augmente avec la teneur en sels électrolytables dissous. La mesure de la conductivité a été faite à l'aide d'un conductimètre de laboratoire (Figure

28). On plonge la sonde dans l'échantillon d'eau pour un certain temps afin que la valeur de la conductivité indiquée sur l'afficheur serra stable .

I.4.5. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par de dichromate de potassium, ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acide et en présence de sulfate d'argent (Ag^+) comme catalyseurs d'oxydation et de sulfate de mercure (Hg^{2+}) permettant de complexer les ions chlorures. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de Fer et d'ammonium car la quantité de matière oxydable est proportionnelle à la quantité de dichromate réduit (**Rodier, 2009**).

La mesure de la DCO d'un échantillon d'eau a été réalisée en suivant les étapes suivantes :

- ✚ Ajouter 2 mL d'échantillon en tube de réactif DCO.
- ✚ Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté.
- ✚ Mélanger énergiquement le contenu de tube.
- ✚ Chauffer le tube pendant 120 minutes à 148°C dans le thermo réacteur portoir (DRB 200) (Figure 29).
- ✚ Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir.
- ✚ Au bout de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes). Ne pas refroidir à l'eau froide ;
- ✚ Mesurer la teneur de DCO de l'échantillon dans le spectrophotomètre (DR3900) (Figure 30).



Figure 29 : Thermo réacteur (DRB 200).



Figure 30 : DR 3900 spectrophotomètre.

I.4.6. Détermination des matières en suspension (MES)

L'échantillon filtré est vaporisée à une température de 150° pendant 2 heures. La détermination des matières en suspension a été déterminée par pesée différentielle. Dans les eaux d'une faible concentration en MES on suit les étapes suivantes :

- ✚ Mouiller le filtre avec de l'eau distillée et mettre dans l'étuve (Figure 31) pendant quelques minutes.
- ✚ Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- ✚ Peser le filtre sur la balance (Figure 32) jusqu'à obtention d'un poids stable
- ✚ Prendre une prise d'essai de 100 mL, placer le filtre dans la rampe de filtration (Figure 33).
- ✚ Verser le volume d'eau (100 mL) jusqu'à filtration complète.
- ✚ Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures.
- ✚ Mettre le filtre dans le dessiccateur (Figure 34) pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total
- ✚ Peser le filtre tare séché en (g).

On calcule le MES par l'équation suivante :

$$\text{MES} = [(M_1 - M_2) / v].1000 \text{ (mg/L)}$$

M_1 : la masse de capsule vide ; M_2 : la masse de capsule pleine après dessiccation à 105 °C ; V : le volume d'eau traitée en ml.



Figure 31 : Etuve chauffé (105°C) avec des capsules.



Figure 32 : Une balance analytique.



Figure 33 : Filtration sous vide composé d'une pompe et 3 dispositifs de filtration et une fiole de 1 litre.

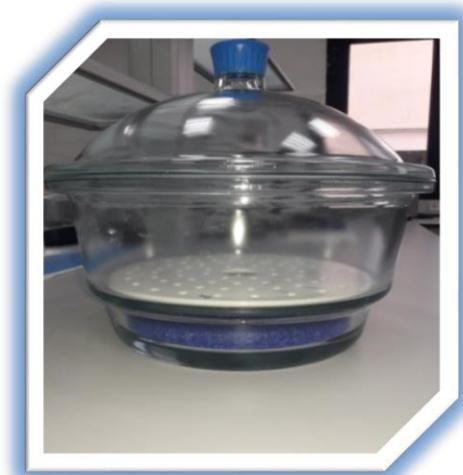


Figure 34 : Le dessiccateur.

I.4.7. Détermination de la teneur en NO_3^-

La teneur de cet élément est déterminée par utilisation d'un spectrophotomètre (DR3900). Dans un tube on ajoute à l'échantillon le produit chimique approprié et après agitation, ensuite on le pose dans l'appareil, le résultat est donné directement en mg/L.

I.4.8. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La DBO_5 des eaux usées est un critère largement employé comme indicateur de la matière organique qui peut être décomposée par action microbienne dans une période et une température de 20 °C. Le teste de la DBO_5 est largement utilisé par les organismes de contrôle afin d'évaluer l'efficacité de leur station de traitement. Il repose sur la mesure de l'oxygène consommé dans un échantillon d'eau et de ces dilutions pour dégradé la pollution initiale par voie biologique. L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermostatée (Figure 35) est mis à incuber à 20 °C en présence d'air. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissout dans l'air d'un récipient fermé.

La solution à analyser est introduite une bouteille qui va être fermée avec l'Oxitop. La mesure sera obtenue dans le 5ème jour (la valeur lue). On multiplie la valeur du 5ème jour par le facteur X pour obtenir la valeur final de la DBO_5 .



Figure 35 : Incubateur à une température de 20°C.

I.4.9. Détermination d'Orthophosphates (PO_4^{3-}) et (NH_4^+)

Les phosphates constituent un nutriment pour les bactéries. Leur présence est indispensable, dans le traitement biologique. Son évacuation renseignera sur la traitabilité d'une eau, son rapport à la DBO_5 contenue dans l'eau à traiter doit être de l'ordre 1/100. Un défaut de phosphore influera négativement sur le processus. Un excès de phosphore nécessite un traitement complémentaire déphosphoration.

L'azote ammoniacal (N- NH_4^+) C'est l'azote contenu dans l'ammoniac contenu dans l'eau. L'ammoniac est une substance assimilable par le micro-organismes. Son oxydation conduit aux nitrites N-NO_2^- et aux nitrates N-NO_3^- .

La méthode par spectrophotométrie d'adsorption moléculaire a été optée pour doser les phosphates dans l'eau (Rodier, 2009). Pour la mesure de chaque élément on a besoin de :

- ✚ Thermo réacteur (DRB 200) chauffant les tubes pendant 30 minutes à 120°C.
- ✚ Réactifs : Produit chimie de PO_4^{3-} sur une bouteille (tube de réactif PO_4^{3-}).
- ✚ Produit chimie de NH_4^+ sur une bouteille (tube de réactif NH_4^+).
- ✚ Spectrophotomètre (DR 3900) pour mesurer la teneur de PO_4^{3-} et NH_4^+ des échantillons.

I.4.10. Détermination de l'azote khjeldahl (NTK)

L'azote khjeldahl (NTK) regroupe l'azote présent sous forme organique et celui sous forme ammoniacal, il est souvent appelé, azote total (**Degrémont, 1989**).

Pour la mesure l'azote totale t on a besoin de :

- ✚ Thermo réacteur (DRB 200) chauffant les tubes pendant 30 minutes à 120°C.
- ✚ Réactifs (a) (2,3 mL) : Produit chimie de NT sur une bouteille (tube de réactif NT) avec 0,2 ml échantillon.
- ✚ Produit chimie (D) (0,2 mL) de NT sur une bouteille (tube de réactif NT) avec 0,5 mL de l'échantillon après le refroidissement.
- ✚ Spectrophotomètre (DR 3900) pour mesurer la teneur de NT de l'échantillon pour une durée de 15min.

I.5. Détermination des paramètres de fonctionnement du BB et détermination des paramètres des boues à traiter

I.5.1. Test de décantation (V_{30})

Le test de décantation ou le V_{30} est un paramètre qui donne une idée sur l'aptitude de décantation, ou la décantabilité des boues activées du bassin biologique aussi il nous donne une vue sur la constitution des boues par exemple l'existence des surnageants, des flottants et la couleur des boues (**Rejsek, 2002**).

On prélève des boues dans chaque bassin biologique. Puis on met ces échantillons après qu'elles sont bien mélangées dans deux éprouvettes d'un litre graduées (Figure 36) jusqu'un volume de 250mL. Ensuite, on fait une dilution avec l'eau épurée prélevée à la sortie du bassin de désinfection pour obtenir un volume de 750 ml. Enfin on lit le volume de boues obtenue après 30 minutes de décantation dans chaque éprouvette en mL/L.

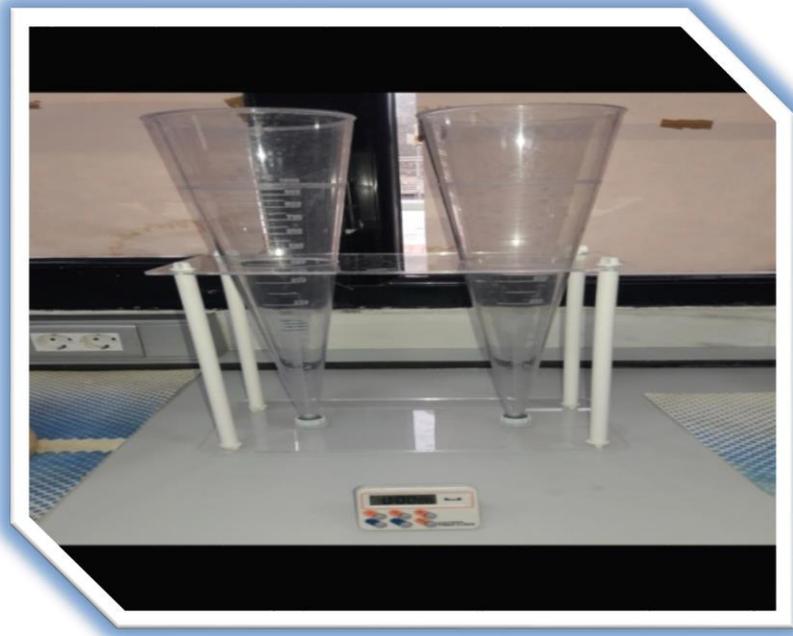


Figure 36 : Deux éprouvettes graduées.

I.5.2. Dosage de la matière sèche (MS)

La détermination de la MS nous donne une idée sur la matière sèche contenant dans un échantillon de boues de la STEP pour suivre leur qualité.

Pour la détermination de la MS on doit passer par les étapes suivantes :

- ❖ On prend un certain volume des boues après l'homogénéisation de l'échantillon.
- ❖ on le met dans la centrifugeuse (Figure37) pour extraire seulement la matière décantée.
- ❖ On pèse une Capsule d'un poids P_0 dans laquelle on introduit le décantant
- ❖ On la place dans l'étuve à 105°C (Figure 38) jusqu'à l'évaporation totale de l'eau contenant dans la boue.
- ❖ On pèse la capsule après le refroidissement dans le dessiccateur. On obtient un poids P_1 .

Donc la MS peut être obtenue selon cette formule :

$$\text{MS} = (P_1 - P_0) * 10$$



Figure 37 : La centrifugeuse.



Figure 38 : L'étuvage des éprouvettes à 105°C.

I.5.3. Détermination de l'indice de boues (IB)

L'indice de boues représente le volume de boue activée décantée en 30 minutes (en mL) par rapport à la masse de résidu sec de cette boue (en g de matière sèche, il est très important de déterminer l'IB pour savoir le débit de recyclage à partir du clarificateur. Ce paramètre doit être varié entre 50 et 150 mL/g et le plus préférable égale à 100 mL/g pour le bon fonctionnement du bassin d'aération (Satin et Selmi, 1999). On détermine l'IB selon cette formule :

$$\text{IB (mL/g)} = \frac{V_{30 \text{ mL/L}}}{\text{MS des boues du BB eng/L}}$$

I.5.4. Détermination de la siccité des boues

La siccité d'un échantillon est la quantité en poids de MS contenue dans un poids de boues (Cardot, 1999). Ce paramètre est exprimé en pourcentage.

La détermination de la siccité des boues s'effectue sur les boues solides après la déshydratation mécanique sur le filtre presse à bande, elle peut être mesurée selon le mode opératoire suivant (Rejsek, 2002) :

- + Peser une coupelle, propre et sèche : poids P_0 en g.
- + Déposer dans cette coupelle une quantité de boues déshydratées, peser à nouveau la coupelle : poids P_1 en g.
- + La différence $P_1 - P_0$ représente le poids total des boues déshydratées à analyser.

- ✚ Placer la coupelle contenant des boues dans l'étuve à 105°C, pour que l'eau qui existe dans les boues s'évapore. Cette étape nécessite environ 12 h.
- ✚ Peser la coupelle, après refroidissement, dans un dessiccateur : P_2 en g.
- ✚ La différence $P_2 - P_0$ représente la matière sèche restante après l'évaporation de l'eau.

Donc la siccité des boues peut être calculée selon la formule suivante:

$$\text{La siccité} = \left[\frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} \right] * 100$$

I.6. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons décrit les différentes méthodes expérimentales, suivies au niveau du laboratoire de la station d'Arris, permettant le dosage des paramètres physiques et chimiques des eaux usées et épurées et l'évolution de la qualité des boues produites.

Les analyses des paramètres polluants sont nécessaires pour connaître le degré de pollution et son risque à l'aide des appareils à technologie moderne.

Chapitre II :

Suivi du fonctionnement de la STEP d'Arris

II.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons étudier le fonctionnement de la station d'épuration d'Arris, wilaya de Batna d'une part, et d'autre part d'examiner le pouvoir épuratoire et de suivre l'efficacité d'élimination de différents paramètres de pollution (demande biologique en oxygène, demande chimique en oxygène...) à la sortie de la station.

On discutera aussi les résultats des analyses faites pour les boues produites durant la période de notre étude (2019/2020).

Les paramètres de pollution analysés ont été suivis pendant 15 mois à l'entrée et à la sortie de la station pour évaluer le pouvoir épuratoire des ouvrages de traitement.

II.2. Rendement épuratoire

L'évaluation du pouvoir épuratoire étudiés et l'interprétation des résultats obtenus sont basées essentiellement sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et sur le calcul du rendement d'élimination de la charge polluante.

Le pourcentage d'abattement de la pollution (**R %**) est donné par la relation suivante :

$$(R \%) = \left(\frac{C_0 - C_f}{C_0} \right) * 100$$

Avec:

C_0 : Concentration du paramètre considéré dans l'eau usée brute (**EB**).

C_f : Concentration du paramètre considéré dans l'eau épurée (**EE**).

II.3. Résultats de l'étude de la variation spatiotemporelle

Nous étudierons dans cette partie la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie de différentes étapes de la station d'épuration des eaux usées d'Arris. Afin de déterminer la qualité des eaux et des boues produites de la station d'épuration d'Arris, nous avons effectué des analyses de différents paramètres de pollution au niveau du laboratoire de la station (entre octobre et décembre 2019) et présenté d'autres analyses obtenus de l'archive des données de la même station.

II.3.1. Variation mensuelle du Débit

Le débit est un paramètre très important qui permet de quantifier les eaux usées entrantes à la station d'épuration. La Figure 39 représente la variation des débits moyens mensuels entrants et sortants de la station d'Arris pendant une période de 15 mois (entre Janvier 2019 et Mars 2020).

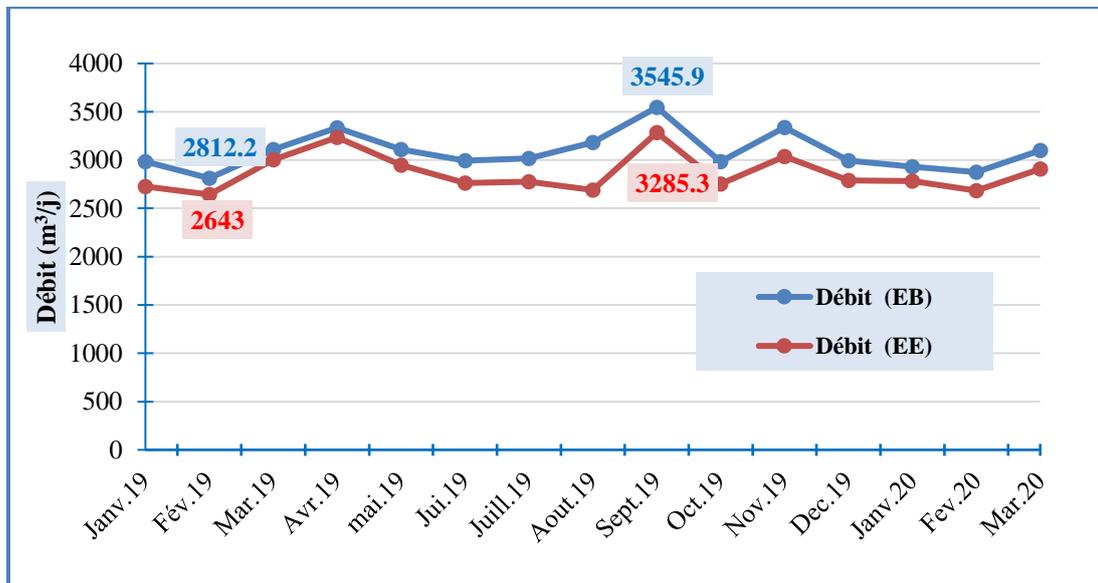


Figure 39 : Débits en m³/jour entrants et sortants à la STEP d'Arris (année 2019/2020).

Pendant la période d'étude, et selon la Figure 39 on a remarqué que les valeurs moyennes mensuelles du débit entrant varient entre **2812,2 m³/j** (obtenu pendant le mois février 2019) et **3545,9 m³/j** (obtenu pendant le mois de septembre 2019).

En ce qui concerne les eaux épurées, le débit varient entre **2643 m³/j** (obtenu pendant le mois février 2019) et **3285,3 m³/j** (obtenu pendant le mois septembre 2019).

Concernant les valeurs journalières des débits entrants à la station, on a remarqué qu'elles sont toujours inférieures au débit moyen de la STEP (**9500 m³/j**) (ONA, 2013).

Comme l'en vois sur le graphe, le débit entrant et sortant est stable durant toute l'année à l'exception des piques enregistrés pendant quelques périodes qui sont dues aux pluies orageuses qui sont produites sur la région d'Arris.

II.3.2. Variation mensuelle de la température

La température est un facteur important. Sa mesure est nécessaire, elle joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels dissous. Elle agit également comme facteur physiologique sur le métabolisme et la croissance de la plupart des organismes vivant dans l'eau,

notamment ceux des microscopiques ce qui est directement liée à la vitesse de dégradation de la matière organique. Une diminution de la température entraîne une augmentation de la viscosité et ceci rend difficile le dépôt du floc de boue.

La Figure 40 représente les variations des températures moyennes mensuelles de l'eau usée épurée et de l'eau usée brute (pendant toute la période d'étude).

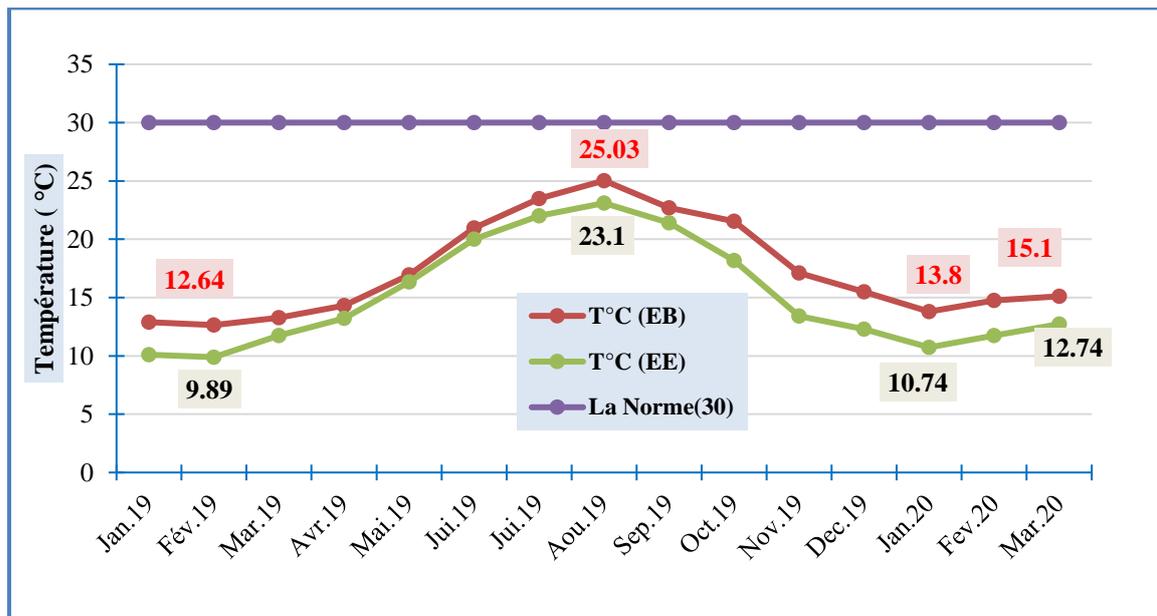


Figure 40 : Courbes de la variation mensuelle de la température moyenne (2019 /2020).

Selon les résultats obtenus représentés dans la Figure 40, on constate que les valeurs moyennes mensuelles de l'eau usée brute augmentent de **12,64°C** (pendant la période hivernale) puis elles remontent pour atteindre une valeur maximale de **25,03°C** (pendant la période d'été) et ensuite elles décroissent à **13,8°C** puis elles remontent à **15,1°C** (début de la période hivernale) avec une moyenne de **17,33°C** pendant toute la période d'étude.

Pour les variations moyennes mensuelles de la température de l'eau usée épurée, on constate que leurs valeurs sont augmentées de **9,89°C** jusqu'à **23,10°C** et ensuite elles sont diminuées à **10,74 °C** puis elles remontent à **12, 24°C** avec une moyenne de **15,12°C**.

De plus, les courbes, illustrent bien que les températures des eaux brutes aux entrées de la station sont supérieures à celles des eaux épurées.

Les valeurs moyennes mensuelles des températures enregistrées au niveau de stations sont toujours inférieures à la norme de rejet d'eaux usées (**< 30°C**) (ONA, 2013).

Il est important de signaler que les fortes températures sont en faveur d'une accélération des procédés biologiques de traitement des eaux usées et des boues, car elles contribuent à l'augmentation de la cinétique de dégradation des matières organique.

II.3.3. Variation mensuelle de la valeur de pH

La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. En général, l'activité biologique se situe entre **6,5** et **8,5** unités de pH.

En dehors de cet intervalle, le pH affecte la vie aquatique et par conséquent influence l'auto-épuration du milieu naturel. Des valeurs de pH inférieures à 6,5 ou supérieures à 8,5 affectent directement la viabilité et la croissance des micro-organismes (**Mara, 1976**).

Le pH est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement (**Rodier, 1996**).

Pour avoir une idée sur le pH des eaux brutes et épurées pendant la période de notre étude, nous avons suivi la variation moyenne mensuelle du pH (Figure 41).

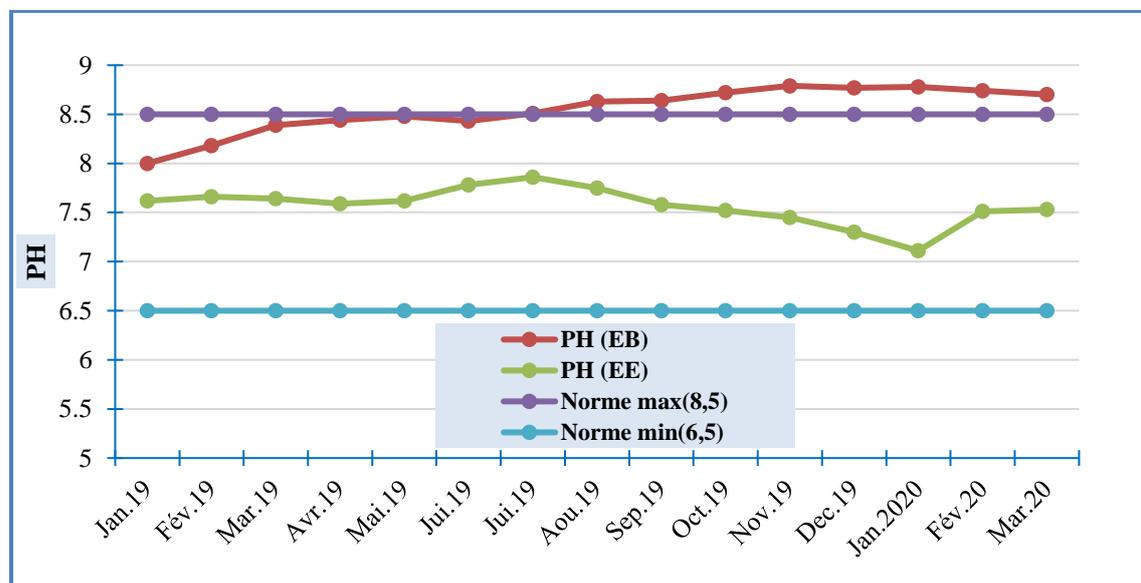


Figure 41 : Variation mensuelle du pH (année 2019/2020).

En analysant les courbes de la Figure 41, on remarque que les valeurs du pH pour les eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP ne présentent pas des variations importantes et sont proches à la neutralité à légèrement alcaline puisque ce sont des eaux urbaines.

Pour les eaux brutes, on remarque que leur pH varie entre **8** et **8,79** avec une moyenne de **8,54**. Concernant les eaux épurées leur pH varie entre **7,11** et **7,86** avec une moyenne de **7,56**. Entre

l'eau usée et l'eau épurée, la diminution du pH est due probablement à une modification due à l'opération de dégradation biologique.

Nous avons enregistré un pic d'une valeur de **8,79** ceci est en fonction de qualité de l'eau usée qui rentre à la STEP.

La conclusion qui s'impose est celle relative au fait que la valeur moyenne du pH du rejet est conforme à la norme. Par conséquent, nous pouvons dire que le pH se situe dans la bonne gamme d'activité des micro-organismes en favorisant aisément un traitement biologique étant donné qu'il n'est pas loin de la neutralité (Mara, 1976).

II.3.4. Variation mensuelle de la DCO

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non biodégradable) d'une eau à l'aide d'un oxydant. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables. Elle est exprimée en mg O₂/L (Rodier, 2009).

La figure ci-dessous représente les variations des concentrations moyennes mensuelles de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Arris.

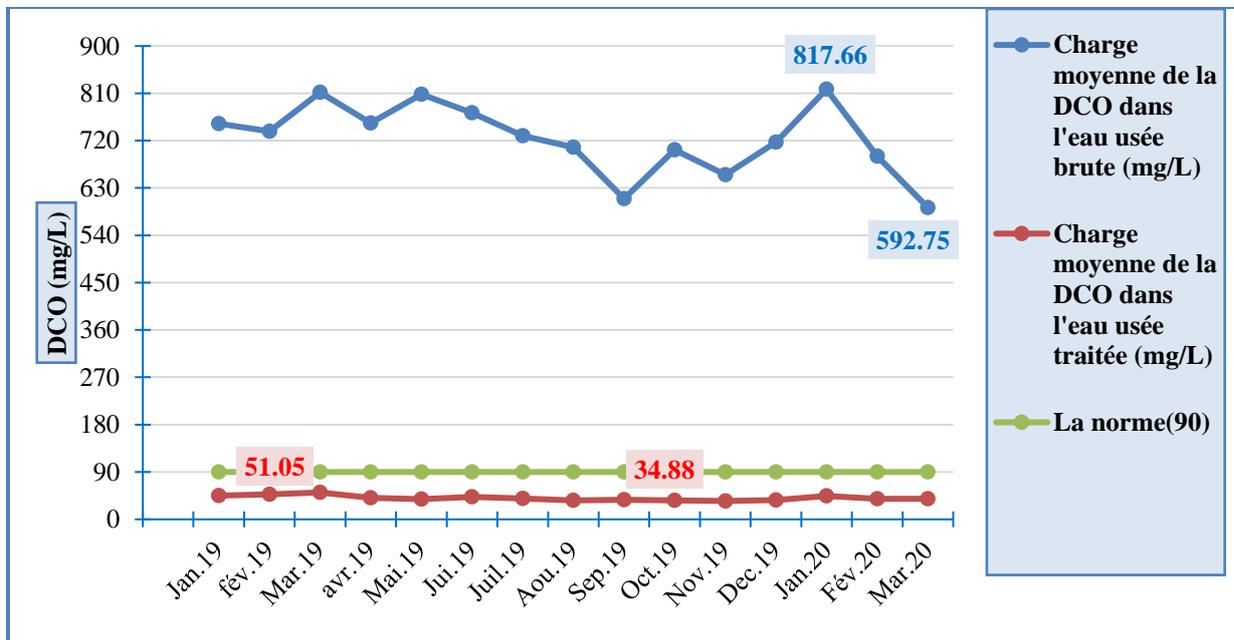


Figure 42 : Variations moyennes mensuelles de la demande chimique en oxygène (DCO) à l'entrée et à la sortie de la STEP.

A partir de la Figure 42, on remarque que les valeurs des moyennes mensuelles de la DCO de l'eau brute sont variables. Elles oscillent entre **817,66 mg O₂/L** et **592,75mg O₂/L** avec une moyenne de **723,85 mg O₂/L**.

Concernant l'effluent épuré, les valeurs enregistrées de la DCO sont largement inférieures à celles de l'eau brute. Elles varient entre **34,88 mg O₂/L** et **51,05 mg O₂/L** avec une moyenne de **40, 58 mg O₂/L**.

Par ailleurs, les mesures de la DCO effectuées durant toute la période d'observation à la sortie de la station montrent que ces valeurs respectent la norme définie (**≤90 mg/L**) (ONA, 2013) et normes internationales(OMS) (**< 90 mg/L**).

Pour mieux comprendre le pouvoir épuratoire de la STEP on a suivi l'évolution des rendements mensuels de l'élimination de la DCO pendant de la période d'étude (Tableau 22).

Tableau 21 : Valeurs moyennes mensuelles de la DCO dans les EB et les EE, et les rendements de leur élimination.

Mois (2019/2020)	Charge moyenne de la DCO dans l'eau usée brute (mg/L)	Charge moyenne de la DCO dans l'eau usée traitée (mg/L)	Rendements d'élimination de la DCO pendant chaque mois (%)
Janvier	752,231	44,969	<u>94,520</u>
Février	737,444	47,778	93,726
Mars	811,833	<u>51,050</u>	93,744
Avril	753,500	41,067	94,781
Mai	808,385	38,492	95,556
Juin	773,100	42,750	94,965
Juillet	729,200	39,833	94,990
Aout	707,272	36,172	<u>95,755</u>
Sep	609,66	37,33	94,13
Oct	702,42	35,79	95,32
Nov	655	<u>34,88</u>	95,05
Dec	717,08	36,82	95,15
Janv	<u>817,66</u>	44,35	95,01
Fév	690,25	38,76	94,70
Mar	<u>592,75</u>	38,73	93,86
Moyenne	723,85	40,58	94,75

Selon les résultats insérés dans le tableau précédant on constate que les rendements épuratoires varient d'une valeur minimale de **93,52%** (obtenue pendant le mois de Janvier) à une valeur maximale de **95,75%** (obtenue pendant le mois d'Aout). Ces variations dans les rendements peuvent s'expliquer par les changements de la température.

En comparant les mesures enregistrés avant traitement et à la sortie de la station, donc une grande concentration a été éliminé par ce procédé car il ya une dégradation importante de la charge polluante. Avec un rendement d'abattement de DCO est environs **94,75%**, ces résultats indique une bonne aération dans le bassin biologique en (2019/2020).

II.3.5. Variation mensuelle de la DBO₅

La demande biochimique en oxygène exprime la fraction biodégradable de la matière organique (Rodier, 2009).

Les variations de la teneur en DBO₅ dans les eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP, au cours de notre suivi, sont représentées dans la Figure 43.

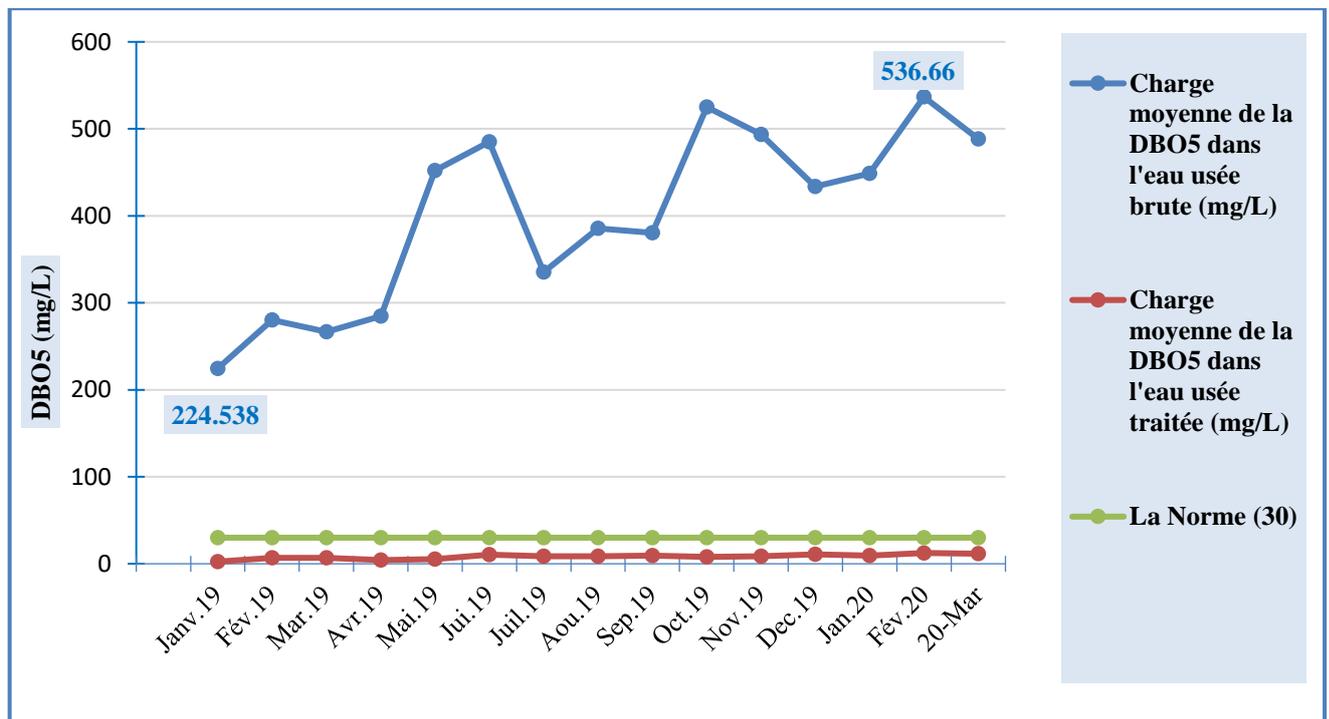


Figure 43 : Variations moyennes mensuelles de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP pendant la période d'étude.

Ce graphe nous montre que la concentration de DBO_5 entrant n'est pas stable et très variable d'un mois à l'autre, des valeurs élevées sont enregistrées aux mois de Novembre, Décembre, Mai et Juin par contre pour les autres mois, les valeurs enregistrées sont très faibles et sont loin des valeurs nominales. Ces variations des concentrations en DBO_5 de l'eau brute s'expliquent par la nature des eaux résiduaires de la ville d'Arris et aussi par les précipitations.

Selon les courbes présentées dans la figure précédente, on remarque que les valeurs des moyennes mensuelles de la DBO_5 de l'eau brute sont variables. Elles oscillent entre **536,66 mg O_2/L** et **224,53 mg O_2/L** avec une moyenne de **505,08 mg O_2/L** .

Concernant l'effluent épuré, les valeurs enregistrées de la DBO_5 sont largement inférieures à celle de l'eau brute. Elles varient entre **2,62 mg O_2/L** et **12,41 mg O_2/L** avec une moyenne de **9,33 mg O_2/L** .

Par ailleurs, les mesures de la DBO_5 effectuées durant toute la période d'observations à la sortie de la station montrent que ces valeurs respectent la norme définie (**$\leq 30 \text{ mg/L}$**) (ONA, 2013) et internationales (OMS) (**$< 30 \text{ mg/L d}'O_2$**). Ceci indique une bonne réduction de la fraction biodégradable de la matière organique dans le processus d'épuration.

L'élimination de la DBO_5 dans la station est traduite par la dégradation biologique de la matière organique dans le réacteur biologique.

Selon les données du Tableau 23, on a constaté que les rendements mensuels sont très importants et varient de **97,42%** en mois Mars et **98,97%** en mois Janvier, ce qui nous donne un taux d'abattement moyen de **98,09%**. Cette performance de la station est liée à une bonne maintenance des ouvrages.

Tableau 22 : Valeurs moyennes mensuelles de la DBO₅ dans les EB et les EE et les rendements de leur élimination.

Mois (2019/2020)	Charge moyenne de la DBO ₅ dans l'eau usée brute (mg/L)	Charge moyenne de la DBO ₅ dans l'eau usée traitée (mg/L)	Rendements d'élimination de la DBO ₅ pendant chaque mois (%)
Janvier	<u>224,538</u>	<u>2,462</u>	<u>98,978</u>
Février	280,111	6,667	97,740
Mars	266,833	6,750	<u>97,424</u>
Avril	284,667	4,267	98,422
Mai	452,000	5,233	98,934
Juin	485,000	10,30	98,041
Juillet	335,400	8,600	97,638
Aout	385,416	8,666	98,145
Sep	380,58	9,41	97,62
Oct	524,92	8,07	98,61
Nov	493,33	8,5	98,73
Dec	433,75	10,75	97,57
Jan	448,58	9,25	98,02
Fév	<u>536,66</u>	<u>12,41</u>	97,78
Mar	488,5	11,75	97,71
Moyenne	505,08	9,33	98,09

II.3.6. Variation mensuelle de l'indice de biodégradabilité DCO/DBO₅

Le rapport DCO/DBO₅ a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO₅ implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

Selon la valeur de cet indice, on peut distinguer en générale :

- ❖ Effluent facilement biodégradable : lorsque le rapport **DCO/DBO₅ < 2**.
- ❖ Effluent est moyennement biodégradable : lorsque le rapport **2 < DCO/DBO₅ < 3**.
- ❖ Effluent est difficilement biodégradable : lorsque le rapport **DCO/DBO₅ > 3**.

Les résultats de l'indice de biodégradabilité lors de la période (2019/2020) sont représentés par la figure 44.

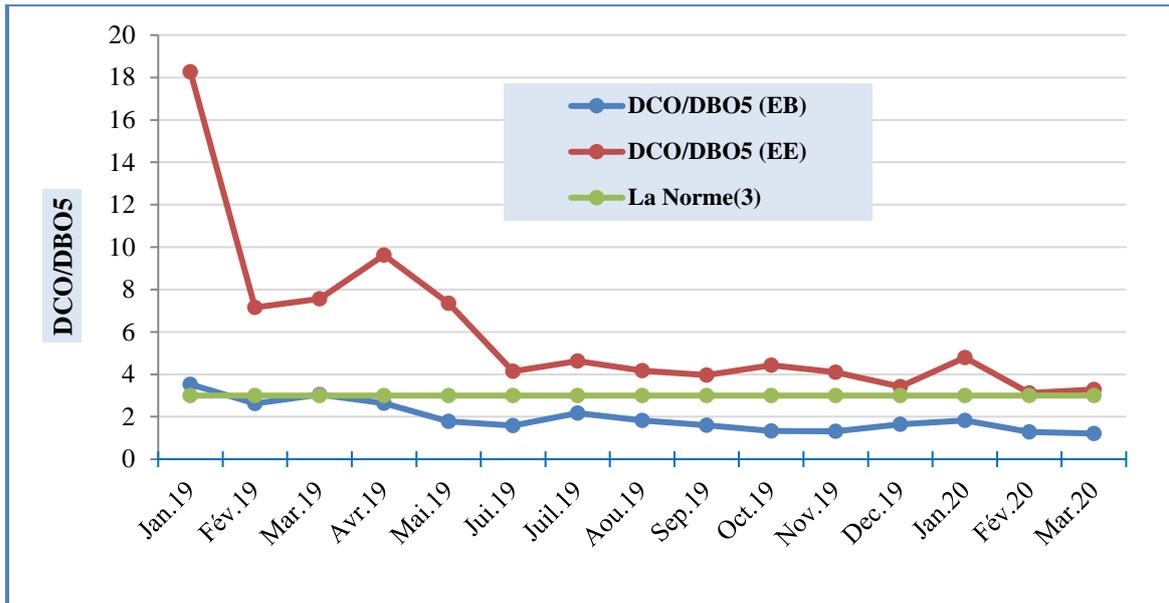


Figure 44 : Evolution de la biodégradabilité (DCO/DBO₅) des eaux usées brutes et épurées de la STEP d'Arris.

Les résultats de cet indice nous donnent une indication sur la biodégradabilité des substances organiques des eaux usées. A l'entrée de la STEP, la majorité des valeurs de ce rapport se trouve autour de **2**, ce qui nous laisse penser que l'effluent testé est généralement facilement biodégradable. Néanmoins, nous avons remarqué une valeur de **3,53** pour le mois de Janvier, c'est-à-dire dans ce cas, la plupart des matières organiques sont non biodégradables ce qui diminue l'efficacité du traitement biologique.

A la sortie de la station, nous avons constaté qu'il y a une augmentation dans les valeurs de l'indice de biodégradabilité. Ceci peut s'expliquer par la diminution de la partie biodégradable de la matière organique.

II.3.7. Variation mensuelle de MES

Les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, limitant la photosynthèse végétale ce qui produit des carences en oxygène dissous, et l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies par les dépôts et l'envasement (**Rejsek, 2002**). Puisque la destination finale des eaux usées sortants de la STEP d'Arris est l'Oued Labiod, connue par ces poissons d'eau douce, il faut minimiser au maximum les charges en MES des eaux usées. Les résultats de MES enregistrés au cours de l'année (**2019/2020**) sont regroupés dans la Figure 45 le Tableau 24.

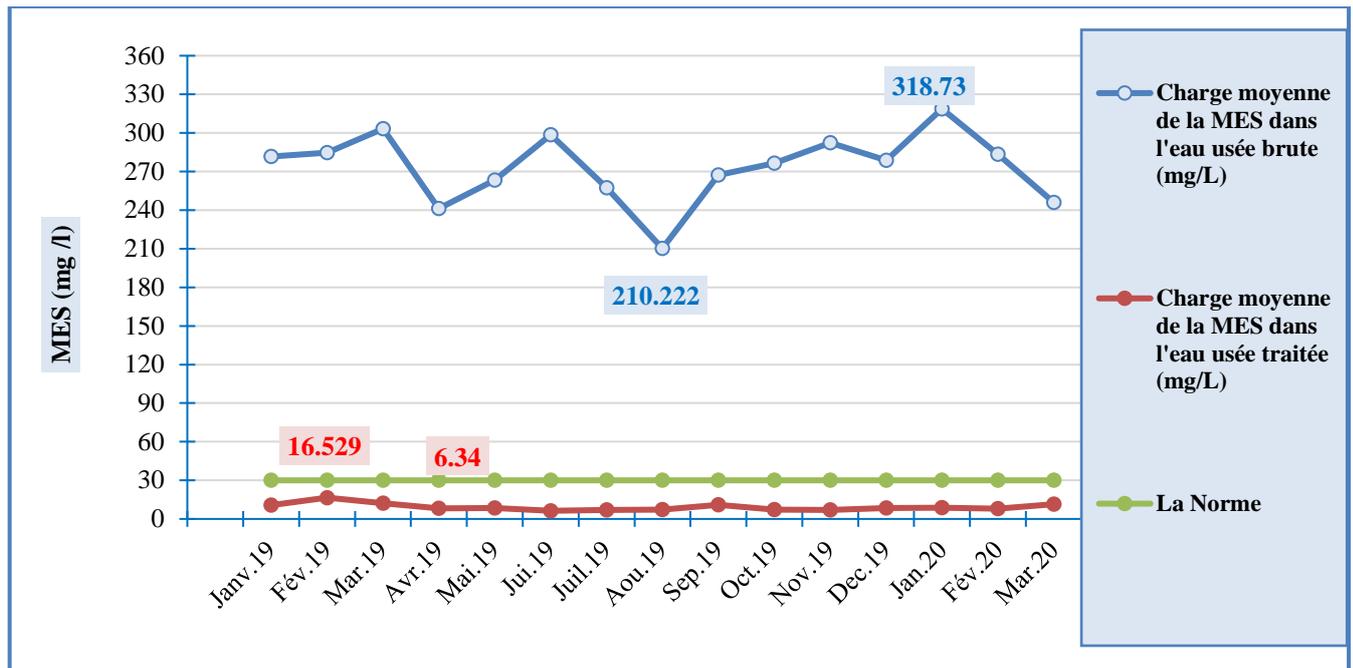


Figure 45 : Evolution des MES de l'eau brute et de l'eau épurée pendant la période d'étude.

Les valeurs enregistrées au cours de notre étude révèlent une réduction importante des MES entre les eaux brutes et traitées. Elles se situent entre **210,22 mg/L** et **318,73 mg/L** avec une moyenne de **273,50 mg/L** à l'entrée de la STEP d'Arris.

En ce qui concerne les eaux épurées, le taux des MES varie entre **6,34 mg/L** et **16,52 mg/L**, ces faibles valeurs sont dues à la décantation des matières décantables, avec une moyenne de **9,22 mg/L** pendant la période de l'étude. Les valeurs obtenues sont nettement inférieures aux normes des rejets (ONA, 2013) (≤ 30 mg/L), et aux normes internationales (OMS) (< 35 mg/L).

Les résultats enregistrés sur cette figure indiquent que l'effluent est faiblement chargé en matières solides en suspension, et donc on peut conclure que la matière présente dans ces eaux se trouve sous forme dissoute.

On peut dire que l'élimination des matières en suspension dans la STEP d'Arris est très efficace puisque le rendement moyen de la période d'étude (du mois de Janvier 2019 jusqu'au mois de Mars 2020) est de **96,87%**. Donc la totalité des MES sont éliminées au niveau des clarificateurs, ce qui traduit l'efficacité des clarificateurs et la bonne aptitude des boues à la décantation (Tableau 24)

Tableau 23 : Les charges moyennes des MES dans les EB et les EE et les rendements de leur élimination.

Mois (2019/2020)	Charge moyenne de la MES dans l'eau usée brute (mg/L)	Charge moyenne de la MES dans l'eau usée traitée (mg/L)	Rendements d'élimination de la MES pendant chaque mois (%)
Janvier	281,750	10,600	96,682
Février	284,706	<u>16,529</u>	94,660
Mars	303,238	12,133	96,371
Avril	241,263	8,253	96,706
Mai	263,238	8,533	96,922
Juin	298,400	<u>6,340</u>	98,069
Juillet	257,217	6,991	97,511
Out	<u>210,222</u>	7,155	97,250
Sep	267,23	10,95	96,10
Oct	276,36	7,14	97,61
Nov	292,38	7,08	97,90
Dec	278,66	8,45	97,03
Janv	<u>318,73</u>	8,63	97,39
Fév	283,42	8,08	97,30
Mar	245,83	11,48	95,58
Moyenne	273,50	9,22	96,87

II.3.8. Azote ammoniacal (N-NH₄⁺)

La présence d'azote ammoniacal dans la ressource en eau rend plus difficile et plus onéreuse la production d'eau potable (**Deronzier et al, 2001**). Comme dans le cas d'Arris qui reçoit les eaux usées épurées de la STEP. Egalement sa présence en excès dans les eaux épurées provoque un appauvrissement des eaux du milieu récepteur en oxygène puisque les ions N-NH₄⁺ sont transformés en nitrates par consommation de l'oxygène dissous (**Rejsek, 2002**).

La figure ci-dessous représente les variations de N-NH₄⁺ à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Arris pendant la période de notre étude.

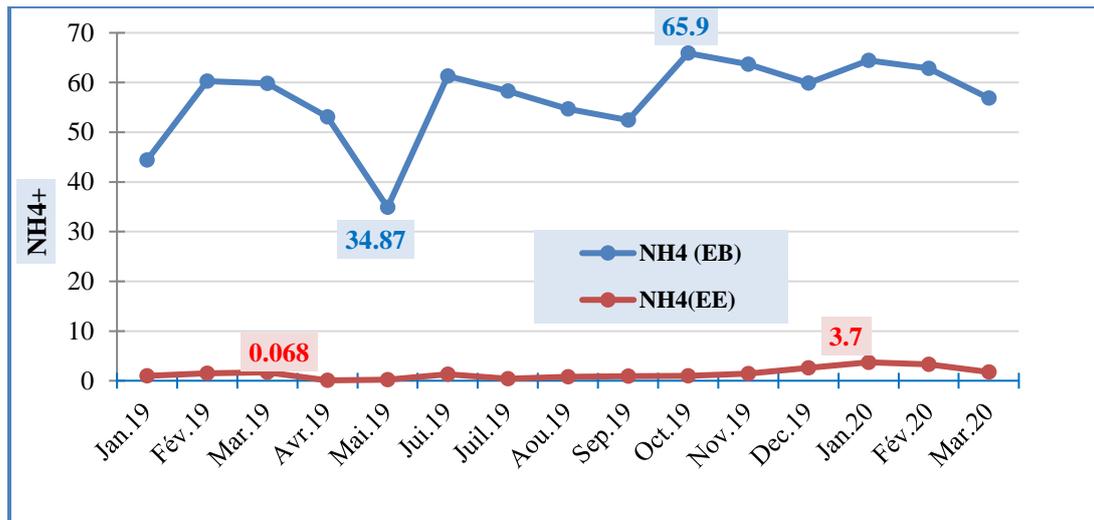


Figure 46 : Variations de $N-NH_4^+$ à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Arris pendant la période de l'étude.

L'analyse de la courbe représentant la variation journalière de l'azote ammoniacal (Figure.42), montre que ces teneurs dans l'eau usée brute varient entre **34,8 mg/L** (obtenues en Mai 2019) et **65,9 mg/L** (obtenue en Octobre 2019). Ces deux teneurs sont dans la limite de la charge qui peut être traitée par la STEP.

Concernant l'eau épurée, on constate que les teneurs de $N-NH_4^+$ varient d'une valeur minimale de **0,068 mg/L** obtenue pendant le prélèvement en Mars 2019 à une valeur maximal de **3,7 mg/L** obtenue en Janvier 2020.

On remarque que les valeurs de l'azote diminuées à l'effluent de la sortie ce qui explique sa transformation en azote nitrique (NO_2^- , NO_3^-). Cela dépend probablement à l'origine de l'eau usée, la dégradation incomplète de la matière organique et le manque de l'oxygène qui assure cette transformation.

II.3.9. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates proviennent de la réaction de nitrification de l'azote ammoniacal par les bactéries autotrophes nitrifiantes en présence d'oxygène dissous (**Deronzier et al, 2001**).

Les nitrates ne sont pas toxiques à faibles teneurs, mais leur présence à des teneurs élevées dans les eaux usées provoque une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu récepteur (**Rejsek, 2002**), qui est dans notre cas d'Oued Labiod. La figure ci-dessous traduit l'évolution de $N-NO_3^-$ dans les eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP.

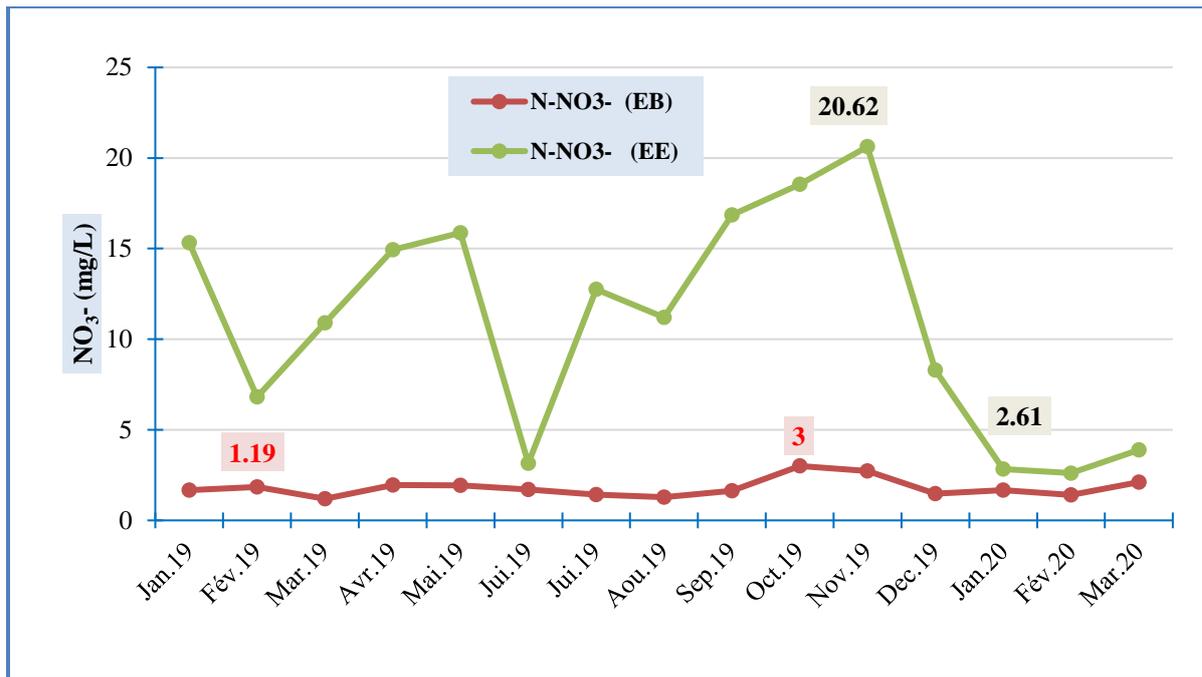


Figure 47 : Variations des concentrations moyennes mensuelles de N-NO₃⁻ à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Arris pendant la période de l'étude.

Selon la figure 47, on remarque que les valeurs journalières des nitrates obtenues, varient entre **1,19mg** de N-NO₃⁻/L à l'entrée et de **3 mg** de N-NO₃⁻/L à l'entrée et de **2,61mg** de N-NO₃⁻/L et **20,62 mg** de N-NO₃⁻/L au rejet.

On constate que les nitrates augmentent considérablement au niveau des eaux traitées par rapport aux eaux brutes (Figure 47) à cause de la minéralisation de l'azote organique et le processus de la nitrification. Ainsi que les faibles teneurs en nitrates des eaux brutes sont probablement dues au fait que l'azote contenu dans les eaux usées domestiques a essentiellement une origine humaine (Deronzier et al, 2001).

Les nitrates ont une toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites qui sont toxiques, mais leurs élévations dans les eaux favorisent le phénomène d'eutrophisation.

La teneur en nitrate à la sortie atteint la valeur **20,62 mg/L**, cela dépasse les normes internationale d'OMS des rejets (<**1 mg/L**).

II.3.10. L'azote total Kjeldahl

L'azote Kjeldahl (NTK), du nom du chimiste qui a mis au point le dosage, représente la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Au cours de notre étude l'évaluation de ce paramètre à l'entrée et la sortie de la station est représentée sur la Figure 48 et le Tableau 25.

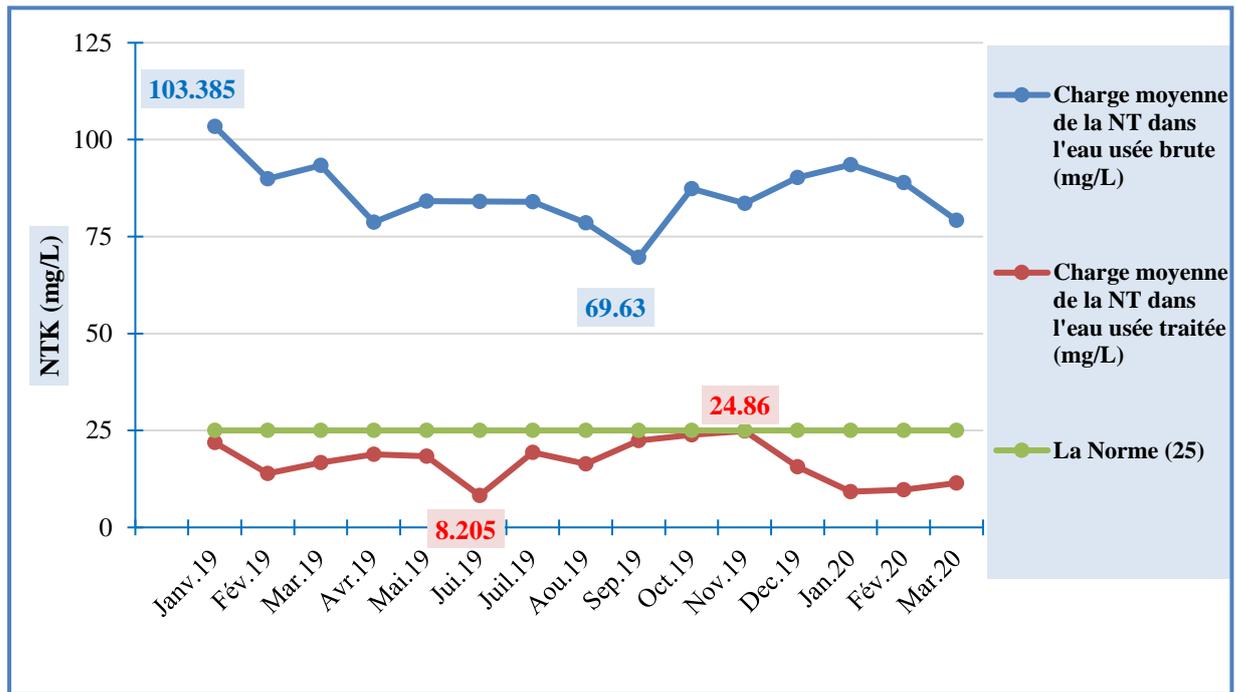


Figure 48 : Variation des moyennes mensuelles de l'azote total Kjeldahl dans les eaux usées brutes et épurées de STEP d'Arris.

Selon les courbes présentées dans la figure précédente, on remarque que les valeurs moyennes mensuelles de l'azote total Kjeldahl l'eau brute sont variables. Elles oscillent entre **69,63 mg/L** et **103,385 mg/L** avec une moyenne de **85,90 mg/L**.

Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées de l'azote total Kjeldahl sont largement inférieures à celle de l'eau brute. Elles varient entre **8,205 mg O₂/L** et **24,86 mg/L** avec une moyenne de **17,70 mg/L**. Par ailleurs, les mesures de l'azote total Kjeldahl effectuées durant toute la période d'observations à la sortie de la station montrent que ces valeurs respectent la norme définie (**25mg/L**) (ONA, 2013).

A l'exception du pic enregistré au mois de Janvier qui dépasse la valeur nominale, la concentration d'azote total à l'entrée est presque stable durant toute l'année. En sortie les concentrations sont au-dessous de la valeur nominale pendant toute l'année.

Nous remarquons que les concentrations de l'azote Kjeldahl dans les eaux varient entre l'entrée et la sortie de la station (Tableau 25). L'azote est présent sous forme réduite : sous forme organique (N org.), et sous forme d'ions ammonium (N-NH₄). L'azote pouvant subir différentes transformations au cours d'un traitement biologique : passage de la forme ammoniacale à la forme nitreuse puis nitrique et retour à la forme gazeuse. Ainsi, on peut expliquer la réduction des teneurs en l'azote Kjeldahl à la sortie de la station.

Tableau 24 : Variations des moyennes mensuelles de l'azote total Kjeldahl et les rendements de leurs éliminations (Période 2019 /2020).

Mois (2019/2020)	Charge moyenne de NT dans l'eau usée brute (mg/L)	Charge moyenne de NT dans l'eau usée traitée (mg/L)	Rendements d'élimination de NT pendant chaque mois (%)
Janvier	<u>103,385</u>	21,908	80,849
Février	89,900	13,943	85,218
Mars	93,377	16,708	82,743
Avril	78,675	18,854	76,791
Mai	84,183	18,335	77,666
Juin	84,069	<u>8,205</u>	<u>91,051</u>
Juillet	83,961	19,338	78,798
Out	78,550	16,364	82,620
Sep	<u>69,63</u>	22,42	64,84
Oct	87,34	23,83	71,30
Nov	83,57	<u>24,86</u>	<u>64,75</u>
Dec	90,26	15,62	83,64
Jan	93,52	9,22	90,34
Fév	88,96	9,71	89,66
Mar	79,23	11,42	86,71
Moyenne	85,90	17,70	80,47

Selon les données du Tableau 25 concernant les résultats d'analyses obtenus en période (2019/2020), on a constaté que les rendements mensuelles sont très importants et varient de **64,75%** en mois Novembre et **91,051%** en mois Juin, ce qui nous donne un taux d'abattement moyen de **80,47%**.

II.3.11. Orthophosphates (PO_4^{-3})

La connaissance de la quantité des ions Orthophosphates (50 à 90% du phosphore total des eaux usées urbaines) contenue dans les eaux résiduaires permet de vérifier si ce composé ne fait pas défaut pour envisager un traitement biologique de ces eaux.

La Figure 49 représente les variations des moyennes mensuelles des ions orthophosphatés (PO_4^{-3}) pendant notre période d'étude.

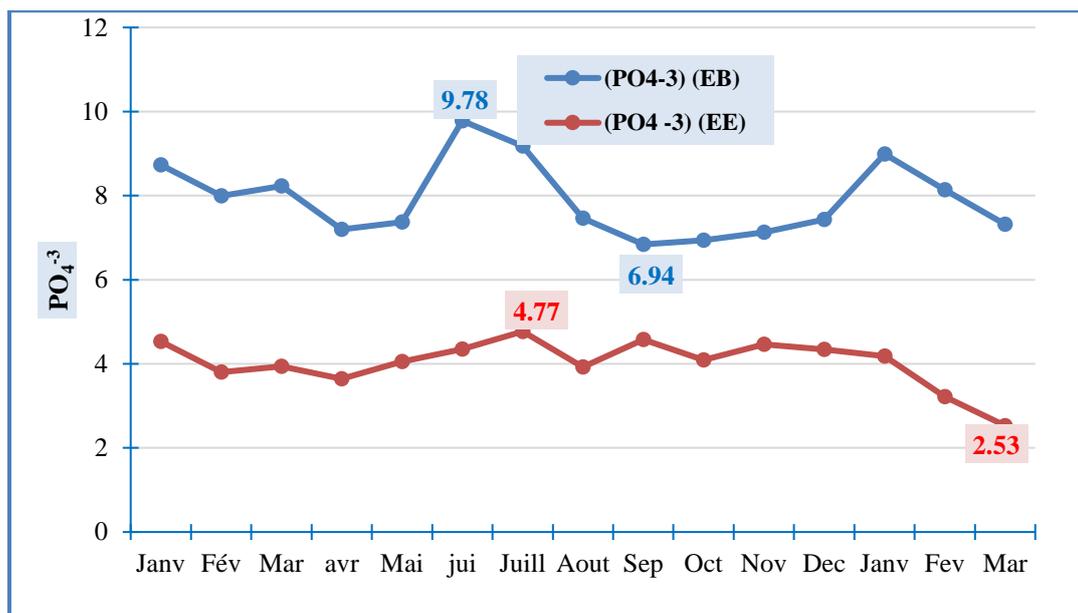


Figure 49 : Variations des concentrations moyennes mensuelles de (PO_4^{-3}) à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Arris pendant la période de l'étude.

Selon les courbes présentées dans la figure précédente, on remarque que les valeurs moyennes mensuelles de (PO_4^{-3}) l'eau brute sont variables. Elles oscillent entre **6,94 mg/L** et **9,78 mg/L**. Concernant l'effluent traité, les valeurs enregistrées de (PO_4^{-3}) sont largement inférieures à celle de l'eau brute. Elles varient entre **2,53 mg O₂/L** et **4,77 mg/L**.

Les données des analyses de PO_4^{3-} dans l'eau brute sont élevées, après épuration nous observons qu'il y a une diminution des taux de phosphates. Les résultats enregistrés dans le cas des eaux traitées montrent des valeurs élevées en PO_4^{3-} . Dans l'ensemble, ces teneurs dépassent les seuils fixés par les normes Européenne (02 mg/L) et celle d'OMS.

Ce résultat peut être expliqué par les déversements des eaux usées industrielles (notant la présence d'une usine de céramique dans la région) et domestiques riches en détergents phosphatés.

II.4. Evolution des paramètres de fonctionnement du bassin biologique

II.4.1. MS des boues biologiques

La concentration des boues activées dans le bassin biologique varie de 3 à 5 g/L pour les stations d'épuration à faible charge pour avoir un meilleur abattement des matières polluantes (Cardot, 1999). Pour la STEP d'Arris la concentration de 5 g/L en MS est considérée comme une valeur optimale (ONA, 2013). La Figure 50, représente l'évolution des valeurs moyennes mensuelles de la MS dans le BB pendant la période d'étude.

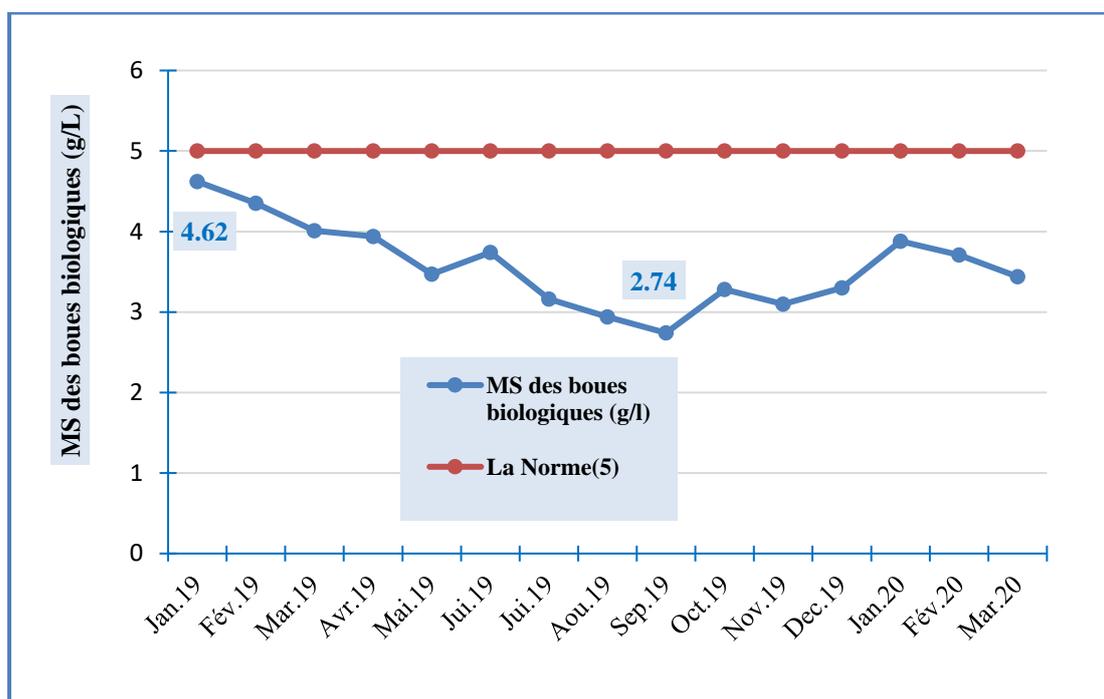


Figure 50 : Variations moyennes mensuelles de la MS des boues biologiques de la STEP pendant la période d'étude.

En examinant la Figure 50, on observe que les valeurs moyennes mensuelles de la MS de BB sont voisines, et oscillent entre **2,74 g/L** (pendant le mois d'Octobre) et **4,62 g/L** (pendant le mois de Janvier) pour le BB, avec une moyenne de **3,57 g/L**.

Donc selon la courbe, on constate qu'à partir du mois d'octobre jusqu'au mois de Aout la concentration de la MS dans le BB est presque conforme à la concentration des STEP à faible charge mais pendant le mois de Septembre elle dépasse **5 g/L** pour le BB.

II.4.2. Indice de boues (IB)

L'indice de boues est utilisé pour apprécier l'aptitude des boues à la décantation. Pour la bonne décantation des boues la valeur de l'IB doit être dans l'intervalle de **50 mL/g** à **150 mL/g**

(Satin et Selmi, 1999), mais la boue activée décantant correctement a un IB de l'ordre de 100 mL/g, c'est-à-dire qu'elle a une teneur en eau inférieure à 99% avec 1% de matières sèches (Gis-Biostep, 2005). Les variations de ce paramètre sont apportées dans la Figure 51.

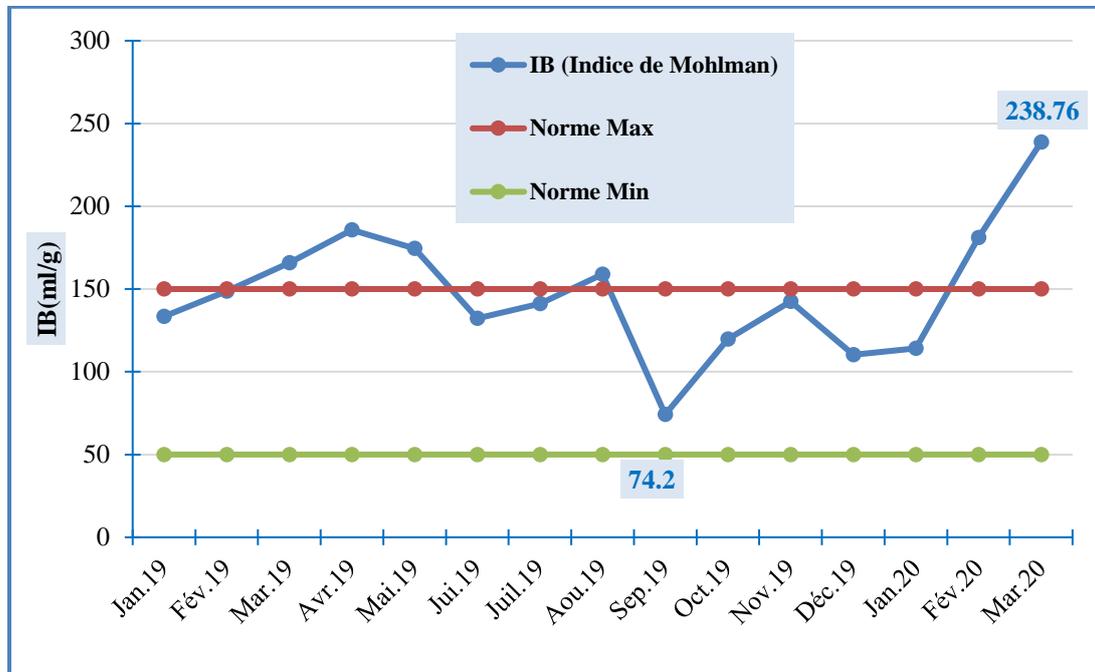


Figure 51 : Variations moyennes mensuelles de l'IB obtenues pendant la période de l'étude.

En examinant la courbe précédente on remarque que les variations moyennes mensuelles de l'IB de bassin biologique sont presque voisines et oscillent entre **74,2 mL/g** et **238,76 mL/g**.

On remarque également que les valeurs de l'IB pendant tous les mois sont optimales ce qui assure la facilité de décantation des boues dans les clarificateurs. Sauf les mois de Mars 2019, Avril 2019, Mai 2019, Aout 2019, Février 2020 et Mars 2020 on a constaté que l'évolution des valeurs moyennes mensuelles de l'IB sont croissantes et atteignent la valeur maximum **238,76 mL/g** pendant le mois de Mars 2020. Ces valeurs peuvent s'expliquer par l'augmentation des valeurs de V_{30} et la diminution des concentrations de la matière sèche dans les BB.

II.5. Evolution des paramètres des boues à traiter

II.5.1. MS des boues fraîches (de retour)

La détermination de la MS des boues extraites du clarificateur nous donne une idée sur la concentration des boues dans les deux clarificateurs. La concentration optimale déterminée lors le

dimensionnement de la STEP est de 10 g/L (ONA, 2013). La Figure 52, nous expose l'évolution de la MS des boues fraîches extraites du clarificateur.

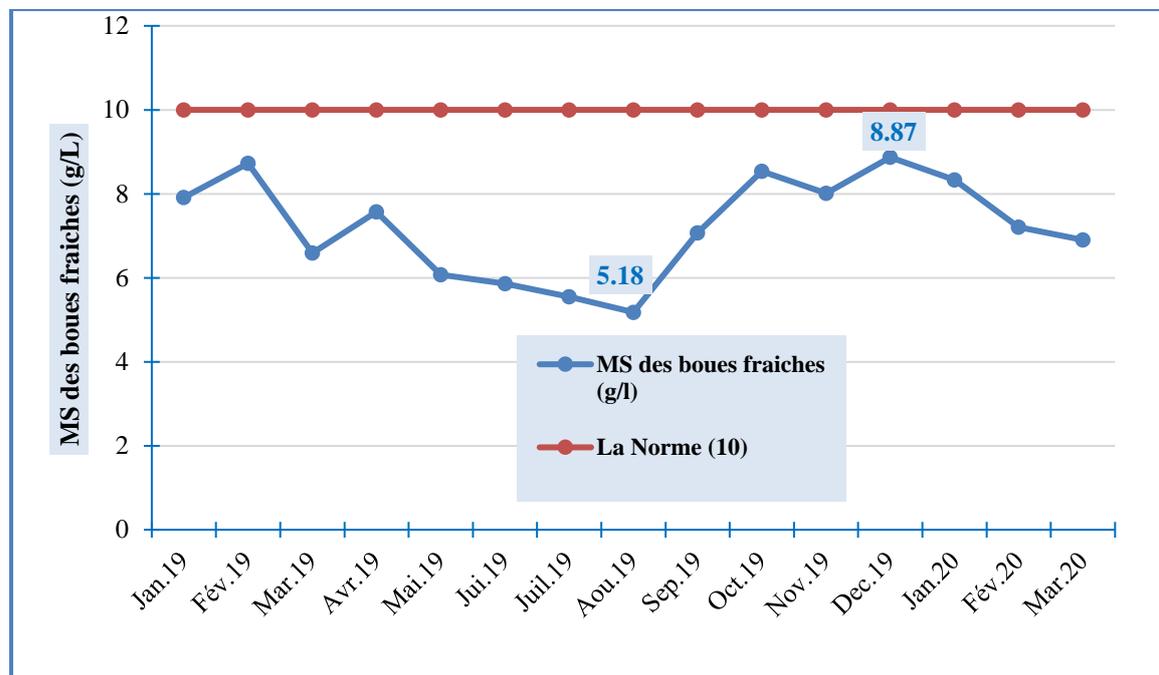


Figure 52 : MS des boues fraîches de la STEP pendant la période d'étude.

En analysant la courbe de la Figure 52 on remarque que la concentration de la MS du clarificateur varie entre **5,18 g/L** (pendant le mois d'Aout 2019) et **8,87 g/L** (pendant le mois de Décembre 2019), avec une moyenne de **7,22 g/L**. Cette variation est en fonction de la charge organique entrant à la station.

II.5.2. MS des boues épaissies

Les boues constituent des déchets volumineux puisque elles contiennent une grande quantité d'eau et sont génératrices de nuisances olfactives puisque elles sont constituées par des matières organiques fermentescibles (Rejsek, 2002).

C'est pour cela il faut diriger les boues extraites des clarificateurs vers l'épaississeur pour diminuer le volume d'eau qu'elles contiennent et augmenter la concentration en MS, puis elles sont transférées vers le stabilisateur pour diminuer leurs pouvoir fermentescible et détruire les bactéries afin de minimiser leurs toxicités. La Figure 53 représente l'évolution des concentrations en MS des boues pendant l'étape de leurs traitements, qui est l'épaississement.

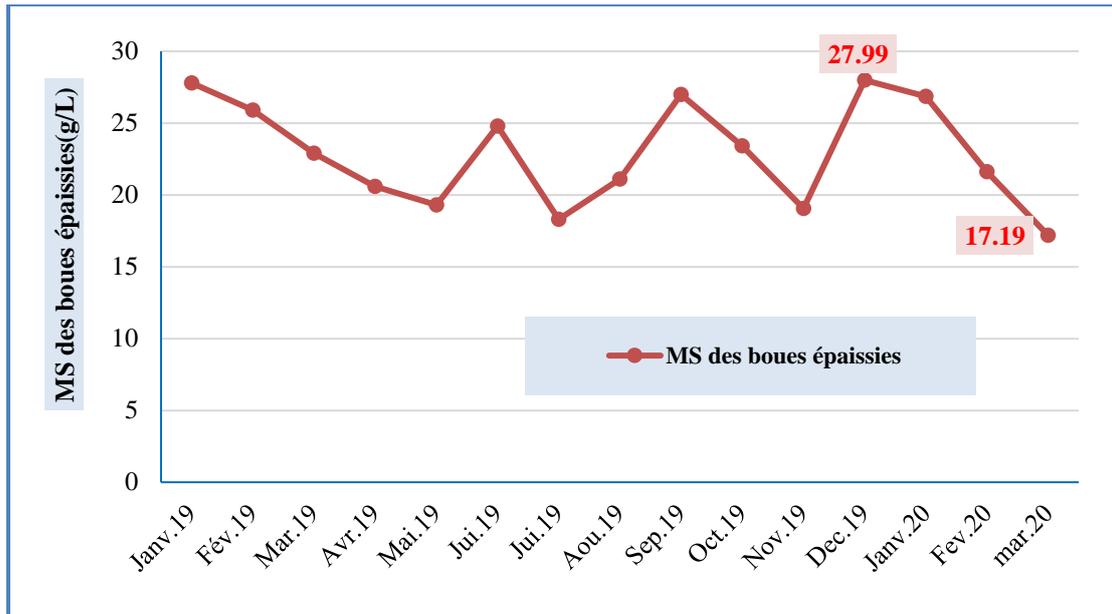


Figure 53 : MS des boues épaissies de la STEP d'Arris pendant la période d'étude (2019/ 2020).

Selon la Figure 532 on remarque que les valeurs de la MS des boues épaissies sont comprises entre **17 ,19 g/L** (pendant le mois de mars 2020) et **27,99 g/L** (pendant le mois de décembre 2019).

II.5.3. Siccité des boues

La siccité des boues nous permet de définir sa consistance et sa teneur en eau. La siccité finale est en fonction du traitement des boues utilisées dans les stations d'épuration (**Rejsek, 2002**).

La Figure 54 nous donne une idée sur les valeurs moyennes mensuelles de la siccité des boues déshydratées de la STEP d'Arris pendant la période de notre étude.

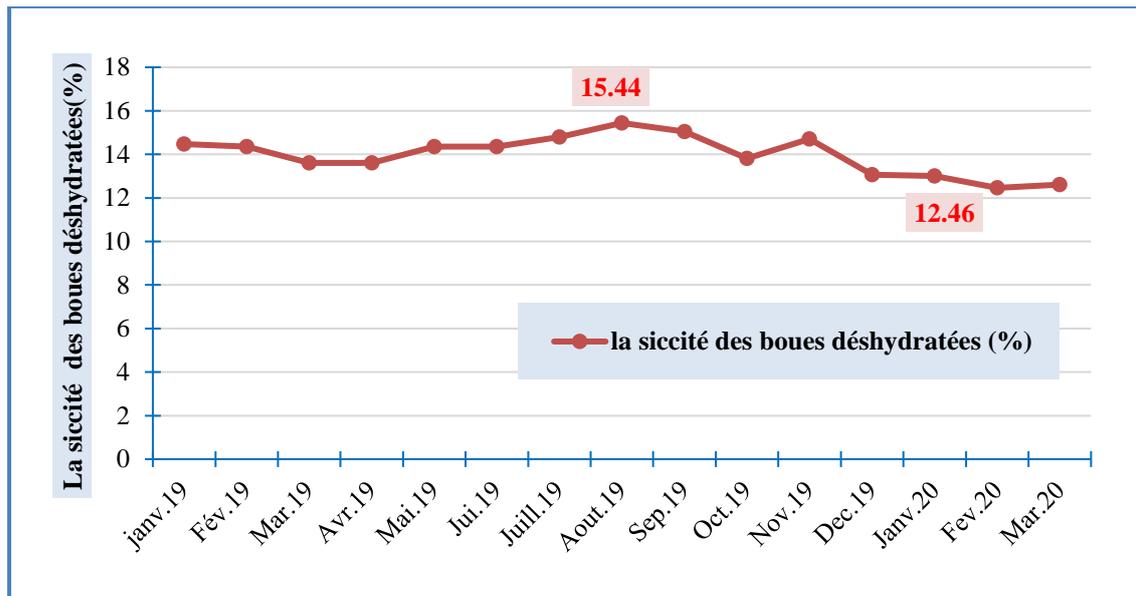


Figure 54 : Siccité des boues déshydratées de la STEP pendant la période d'étude.

Selon la Figure 54, on peut constater que les variations moyennes mensuelles de la siccité des boues déshydratées oscillent entre **12,46%** (pendant les mois de février 2020) et **15,04%** (pendant le mois d'aout 2020) pendant la période de notre étude.

Ces variations de la siccité des boues peuvent être exprimées par la concentration de la matière sèche des boues stabilisées dirigées vers la déshydratation, c'est-à-dire plus que la concentration en MS des boues stabilisées est élevée plus que la siccité finale des boues est plus forte. Ces variations ont pu être dues également au fonctionnement de l'épaississeur. Puisque si ce dernier sépare le maximum d'eau contenu dans les boues, la déshydratation devient plus efficace et donne des meilleures siccités.

II.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudiée les différentes variations des paramètres disponibles en comparant les données de ces paramètres avec les valeurs limites de la réglementation.

L'étude consiste à suivre la qualité des eaux usées du centre d'Arris épurées au niveau de la STEP. Dans cette phase nous retenons les principaux points suivants :

En considérant les résultats d'analyses réalisés ou obtenus du laboratoire de la station d'épuration, nous pouvons conclure ce qui suit :

- Que ces eaux usées ne peuvent être rejetées dans un milieu récepteur sans traitement préalable. Ces eaux sont chargées en différents types de matières polluantes (carbonées, azotées et phosphorées) qui peuvent créer beaucoup de nuisances.

- Que ces eaux usées sont aptes au traitement biologique (par boues activées) réservés aux eaux usées urbaines à prédominance domestique.

Cette STEP reçoit quotidiennement des débits importants d'eaux usées rejetées par les habitants de la ville d'Arris.

Ces eaux sont chargées en différents types de matières polluantes (carbonées, azotées et phosphorées) qui peuvent créer beaucoup de nuisances. En suivant les évolutions des différents paramètres de pollution carbonée (DBO_5 , DCO et MES) azotée ($(N-NH_4^+$ et NT et $N-NO_3^-$) et phosphorée ($P-PO_4^{-3}$) dans l'eau usée brute et épurée nous avons pu calculer les rendements d'abattement de ces paramètres qui sont respectivement : **98,09 %** pour la DBO_5 , **94,75%** pour la DCO, **96,87%** pour les MES, **80,47%** pour l'azote total Kjeldahl. On peut dire que la station d'Arris joue un rôle très important dans la protection d'Oued Labiod puisque la majorité des matières polluantes contenues dans l'eau brute est éliminée au niveau des ouvrages de la STEP.

Les pourcentages satisfaisants de l'élimination des matières polluantes sont dus à la qualité de l'eau usée qui a une origine urbaine de bonne biodégradabilité ($K= 2$), en moyenne inférieur à **3**. Ainsi que la satisfaction des conditions favorables aux réactions biologiques de la décomposition des matières polluantes comme le pH qui est proche à la neutralité et la température moyenne qui est presque égale à la température de dimensionnement du bassin biologique (**15,12°C**).

On a aussi suivi l'évolution des paramètres qui concernent les boues activées des BB comme l'indice de Mohlman (IB) et la MS. Ces paramètres nous permettent d'avoir une idée sur le fonctionnement du BB et le développement de la biomasse épuratrice dans les bassins biologiques.



**Conclusion
générale**

Conclusion générale

Le traitement des eaux usées est devenu un impératif pour nos sociétés modernes. En effet, le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Le but de l'épuration des eaux usées non seulement la protection de la santé humaine, mais aussi pour protéger les ressources en eaux et l'environnement.

L'objectif de notre travail a été d'évaluer le traitement des eaux usées urbaines par le procédé à boues activées dans la station de l'ONA de la ville Arris -wilaya de Batna. D'autre part, de suivre le fonctionnement et l'efficacité des étapes de traitement, la variation de plusieurs paramètres de pollution au cours du temps a été examiné.

Au cours de cette étude, on a donné un aperçu bibliographique sur les origines des eaux et les paramètres globaux permettant de contrôler leur pollution. Le rôle d'une station d'épuration des eaux est l'élimination de la pollution jusqu'à un niveau définie par la réglementation en vigueur pour assurer que le rejet des eaux traitées n'affecte pas le milieu récepteur et selon cette réglementation, les procédés de traitement sont mis en œuvre selon plusieurs niveaux de traitements. On a également approfondi nos connaissances pratiques dans ce domaine très intéressant à l'aide d'un suivi d'une unité d'épuration des eaux usées.

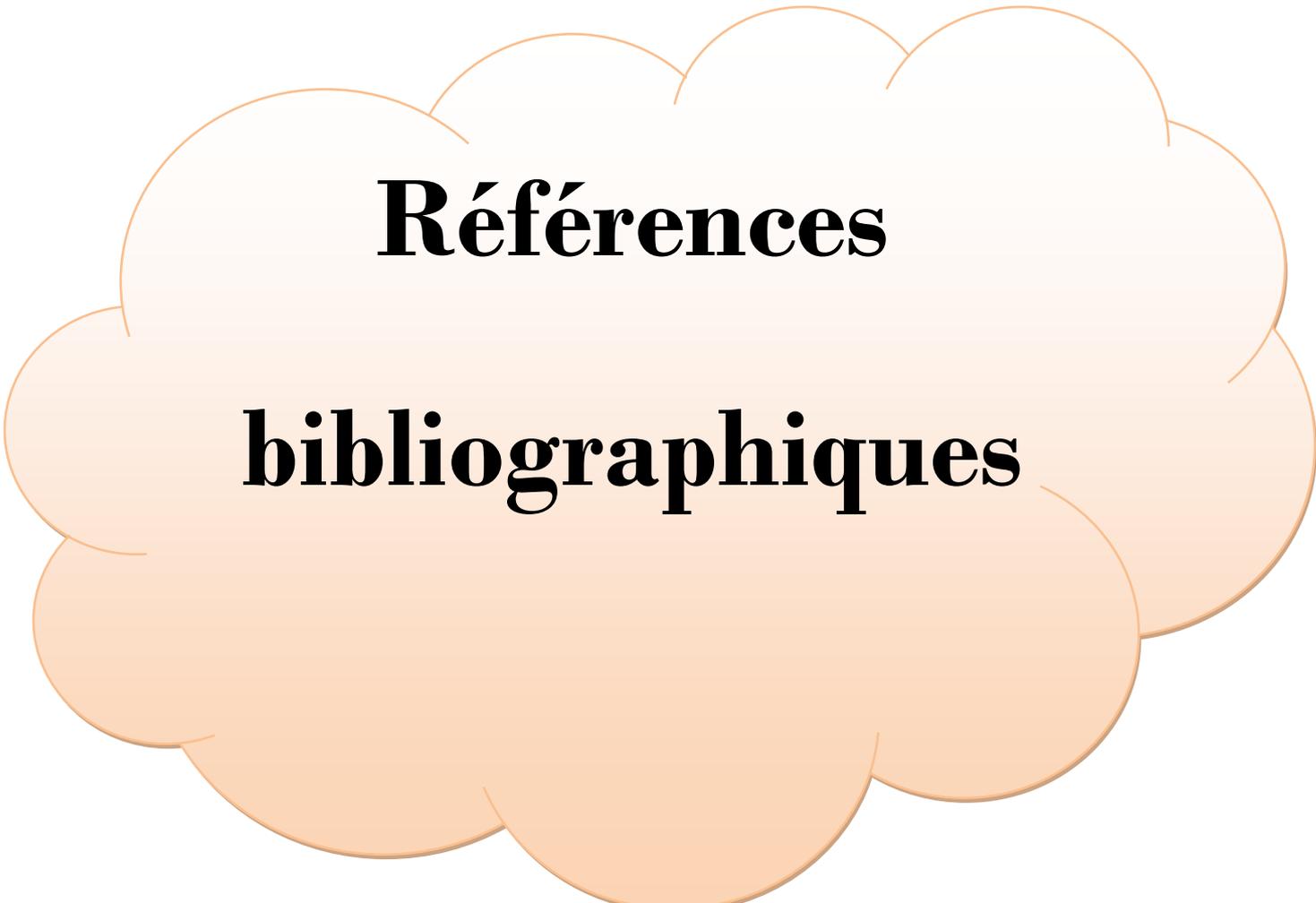
Notre présente étude a permis d'étudier de près le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville d'Arris par le procédé biologique à boues activées. La station d'épuration « Arris » fonctionne à un régime de faible charge, elle est munie d'un dégrilleur grossier et fin, d'un dessableur-déshuileur, et pour le traitement secondaire la STEP est d'un bassin d'aération, d'un clarificateur et d'un bassin de désinfection. Cette station comporte aussi une filière de traitement des boues produites qui comporte un épaisseur et un filtre presse à bande pour la déshydratation de ces dernières.

Après une description détaillée de la STEP dans le partie bibliographique et les protocoles de détermination de l'ensemble des analyses physico-chimiques faites sur les eaux usées brutes et traitées, On a suivi les variations journalières et mensuelles des paramètres de pollution et les variations des paramètres de pollution des boues produites dans le partie expérimentale. Ce suivi a permis de donner une idée sur le fonctionnement des ouvrages de la STEP.

Les résultats obtenus nous ont permis de tirer les conclusions suivantes:

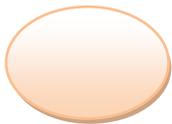
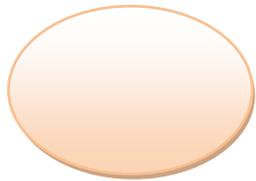
- ✓ Selon les résultats d'analyses effectuées dans le laboratoire de la station, nous remarquons la grande différence entre les valeurs des eaux traitées et celles des eaux brutes. Nous avons obtenus des rendements d'élimination des matières de pollution très satisfaisants. Cette matière polluante est principalement représentées en DCO, DBO₅, MES et NT qui ont, pendant la période de notre étude, des rendements moyens de 94,75%, 98,09%, 96,87% et 80,47% respectivement .Pour les orthophosphates, ces substances dangereuses on trouve un bon traitement. Le pH est l'un des paramètres les plus important été toujours convenables aux normes nationales. En fin la température qui est aussi convenables aux degrés fixé par l'OMS et le journal national (30°C).
- ✓ Le traitement naturel des eaux usées par boue activée représente une solution de choix pour la dépollution de l'eau dans la région d'Arris, en raison de résultats des analyses effectuées qui montrent la plupart des paramètres de pollutions sont conformes aux normes des eaux usées.

A fin de ce travail, on peut dire que l'épuration des eaux usées à la STEP d'Arris par le procédé boues activées est généralement efficace et satisfaisante. L'eau traitée au niveau de cette station ne représente aucun danger pour l'environnement. Ce qui permet de protéger les eaux d'Oued Labiod contre la pollution.



Références

bibliographiques



- A.I.D.E. (2005).** Station d'épuration d'eaux résiduaires urbaines de Liège –Sclessin, résumé non technique. Projet N°: 05.0258
- Achouri, F. (2003).** Etude des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage naturel de l'oued Béni-Messous W. d'Alger. En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Université d'Alger. 85p.
- Alexandre, O., Boutin, C., Duchene, P., Lagrange., C, Lakel, A., Lienard, A., Orditz, D. (1997).** Filières d'épuration adaptée aux petites collectivités. Cemagref (établissement publique a caractère scientifique et technologique au service de la recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement) Ed. Lyon, Paris.
- Asano, T. (1998).** Irrigation with Reclaimed municipal waste water: California Experiences. Options Méditerranéennes. Série A. Séminaire Méditerranéen 1. Reuse of Low, Quality Water for Irrigation in Mediterranean Countries. Vol 10. United States of America .1475p.
- Baumont, S., Camard-P., Lefranc, A., Franconie, A. (2004).** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.
- Bekkouche, M., Zidane, F. (2004).** Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla par lagunage. Mémoire d'ingénieur en Hydraulique saharienne. Université d'Ouargla .67p.
- Belaid, N. (2010).** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phyto- absorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat en eau sol environnement chimie et microbiologie de l'eau, Université de Sfax, Tunisie ,188p.
- Bengouga, K. (2010).** Contribution à l'étude du rôle de la végétation dans l'épuration des eaux usées dans la région aride. Mémoire de Magister (Spécialité : Sciences agronomiques). Université Mohamed Khider, Biskra.
- Benmoussa, S., Gasmî, I. (2015).** Etude de faisabilité de l'épuration des eaux usées par un lagunage naturel (Cas de la région de M'rara) (Mémoire de Master). Université de Echahid Hamma Lakhdar El Oued, El Oued.

- Berland, J. M., Boutin, C., Molle, P., Cooper, P. (2001).** Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 éq-hab). La directive de conseil relative au traitement des eaux urbaines résiduaires n°91/271. France.
- Bouziani, M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies (Ibn-Khaldoun, Vol. 1). Tlemcen: Ed. Ibn-Khaldoun, Impr. 2000.
- Cardot, C. (1999).** Les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus, édition : Ellipses marketing (France).
- Degrémont. (1989).** Mémento technique de l'eau : vol. 1. 9^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier. France 592p.
- Deronzier, G., Schétrite, S., Racault, Y., Canler, J.P., Liénard, A., Héduit, A., Duchène, P. (2001).** Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités, Document technique FNDAE n° 25, Cemagref. Antony (France).
- Dhaouadi, H. (2008).** Traitement des eaux usées urbaines, les procédés biologiques d'épuration. Université Virtuelle de Tunis, 34 p.
- Djeddi, H. (2007).** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Ecologie et Environnement, Option : Ecologie végétale. Université de Constantine (Algérie).
- Faby, J.A., Brissaud, F. (1997).** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, documentation technique FNDAE N°11.
- FAO. (2003).** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, 65p.
- Gaid, A. (2007).** Traitement des eaux usées urbaines, France.
- Gaid, A.k. (1984).** Epuration biologique des eaux usées urbaines, tome I. édition : OPU. Ben Aknoun, Alger (Algérie).
- Gis-Biostep. (2005).** Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration: origines et solutions. Document technique FNDAE n° 33. 1^{ière} édition, Cemagref. Lyon (France).
- Grosclaude, G. (1999).** L'eau : usage et polluant, Tome II. 4^{ème} Edition : INRA, Paris. 11pp.

- Isma. 2015.** Lagunage aéré documentation. France, 1-4.
- Johanet, V. (2005).** Le lagunage aéré: un compromise technico économique intéressant. N°278- l'Eau, l'industrie.les nuisances, 37-40.
- Madjouri, H., Amouria, H. (2007).** Contribution au traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation en irrigation Étude site- S.T.E.P de Touggourt (Mémoire de Licence). Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.
- Mara, D. D. (1976).** Sewage treatment in hot climates. Ed. John Wiley .168p.
- Martin. (1979).**Rapport Le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, Paris.
- Metahri, M.S. (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes: cas de la STEP est de la ville de Tizi Ouzou (Thèse doctorat). Université Mouloud Mammeri, Algérie.
- Olivaux, Y. (2007).** La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur. France. 563p.
- OMS. (2005).** Etude Parasitologie médicale : technique de base pour le laboratoire, 119p.
- ONA. (2013).** Fiche technique de la station d'épuration (STEP) de la ville d'Arris.
- Ouali, M.S. (2001).**Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, édition : OPU, Ben Aknoun, Alger (Algérie).
- Perera, P, Baudot, B. (1991).**Guide Procédés extensifs d'épuration des eaux usées, adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 eq-hab). Office International de l'Eau, France.
- Pronost, J., Pronost, R., Deplat, L., Malrieu, J., Berland, J.M. (2002).** Station d'épuration: dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Document technique FNDAE n°22 bis.
- Rejsek, F. (2002).** Analyse des eaux, aspects réglementaires et techniques, édition : Scérén CRDPA quitaine. Bordeaux.
- Rodier, J. (1996).** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer.8^{ème} Edition. Dunond, Paris. 1383 p.

- Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 9^{ème} édition, Ed. DUNOD. Paris.
- Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. Dunond, Paris.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., Brunet, R., Mialoq, J.C., Leroy, O., Houssin, M., Lavison, G., Bechemin, C., Vincent, M., Rebouillon, P., Moulin, L., Chomodé, P., Dujardin, P., Gosselin, S., Seux, R., Almardini, F. (2009).** L'analyse de l'eau. 9^{ème} Ed. Dunond. France. 1511p.
- Satin, M., Selmi, B. (1999).** Guide technique de l'assainissement. 2^{ème} édition. Édition du Moniteur, Paris (France).
- Selghi, R. (2001).** Différents filières de traitement des eaux, Edition: Université de Rabat (Maroc).
- Slimani, R. (2003).** Contribution à l'étude hygiénique des caractères physico-chimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique. Mémoire Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharien. Université d'Ouargla. 85p.
- Suschka, J., Ferreira, E. (1986).** Activated sludge respirometric measurements. Water Research, 20, 2, 137-144.
- Tardat-Henry, M., Beaudry, J.P. (1984).** Chimie des eaux. Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada.
- Valiron, F., Colin, J.J., France Bureau de Recherches Géologiques et Minières. (1983).** La Réutilisation des eaux usées, Climats tempérés, Editions du B.R.G.M, Paris (France).
- WHO. World Health Organization. (1989).** Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture : report of a WHO scientific group [meeting held in Geneva from 18 to 23 November 1987] (World Health Organization). Geneva.

Liens:

[www.carteleau.org-rubrique guide des services.](http://www.carteleau.org-rubrique-guide-des-services)

La Commune d'Arris [www_wilaya-batna_gov_dz.mht](http://www.wilaya-batna-gov-dz.mht).

www.aquaportail.com/definition-4161-eaux-usees.html]eaux usées [/url].

<http://eau.public.lu/eaux-usees-pluviales/traitement/lagunage-naturel/index.html>.