

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Filière : Sciences

Agronomiques **Option: Aménagement**

Hydro-Agricole

Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Thème :

*Étude de la Qualité des Eaux Usées Épurés et Évaluation de
la Possibilité de leur Utilisation à des Fins Agricole : Cas de
la STEP de Skikda*

Présenté par :

- Bakouche Meriem
- Nouara Amira
- El Kouti Zina
- Brighet Khalad

Membres de Jury:

Mr : Hebal Aziz	(MCA) Président	Université du 20 Août 1955 - Skikda
Mr : Haddad Sadek	(MAA) Examineur	Université du 20 Août 1955 - Skikda
Mme : Heddami Salim	(Pr.) Promoteur	Université du 20 Août 1955 - Skikda

Année Universitaire : 2021-2022

Dédicaces

Je dédie ce travail à la chose la plus précieuse que possèdent *mon père et ma mère*. Que Dieu prolonge leur vie pour tout le soutien et les encouragements, grâce à eux. Je suis là *A* ma sœur *Radia* et mes frères *Mehdi, Hamza, Ramzi* et le reste de la famille.

L'ami que tu m'as présenté est un universitaire et nous avons passé des moments inoubliables *Aya Z*, mon amie *Kenza B* et une amie d'enfance *Amira D*.

Aux partenaires *Meriem et Zina*, c'est un succès et un travail, et à tout le département *Aménagement*

Hydro_ Agricole Master 2 Promo 2021/2022.

Et à la personne qui m'a beaucoup soutenu et encouragé et qui a toujours été fière de moi.

AMIRA

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À Mes très chers parents , *SALMA* et *KAMEL* :

pour lesquels j'exprime ma sincère reconnaissance pour leur soutien moral, et leurs encouragements tout au long de mes études même dans les moments difficiles, ils ont toujours été présents lorsque j'ai eu besoin d'eux, que dieu les protège, je leur serai éternellement reconnaissante.

À mon frère : *ABZEDDME*.

À mes très chers amis : *AMIRA* et *ZMA*.

À toute la meilleure personne dans ma vie

Meriem

Dédicaces

Louange à Dieu Tout-Puissant pour son aide et son assistance pour mener à bien cette recherche.

A celui qui m'a donné tout ce qu'il avait pour réaliser ses espoirs, à celui qui m'a poussé à aller de l'avant Désiré, à l'homme qui a possédé l'humanité de toutes ses forces, à celui qui a veillé sur mon éducation avec de grands sacrifices traduit dans son respect pour la science, à ma première école dans la vie,

Mon cher père, que Dieu prolonge sa vie. A celle qui a donné à la douceur de son foie toute tendresse et tendresse, à celle qui a été patiente avec tout, qui a pris soin de moi le droit aux soins, et elle était mon soutien dans l'adversité, et sa préention à moi était le succès, elle m'a suivi pas à pas dans mon travail, à qui je réconforte chaque fois que je me souviens de son sourire sur mon visage, source de tendresse

Ma mère est mon ange le plus cher le cœur et les yeux, que Dieu le récompense en mon nom avec la meilleure récompense des deux mondes.

Je leur dédie cette humble action afin d'apporter un peu de bonheur dans leur cœur pour mon frère (Mostafa) et mes sœurs (Aya, Farah, Amira) qui ont partagé le fardeau de la vie avec moi :

A Mes grands-parents

À mon fiancée et partenaire de vie dans un futur proche

Je dédie également le fruit de mes efforts à mon honorable professeur, MS. HEDAM SALIM Et à tous ceux qui croient que les graines d'un changement réussi sont en nous

et en nous avant d'être en nous d'autres choses. A mon binôme (amira.n et meriem.b)

A mes meilleurs amis : asma, zinab, nesslerin, mina, sabrina, nour, ikram, hind,

Rahma..... A toute ma famille, grande et petite A tous mes collègues et ma promo de 2021|2022 A tout ceux qui m'aiment et que j'aime.

ZINA

Dédicaces

Je Dédie ce modeste travail à Parents a mes frères pour leur appui et leur encouragement. A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, à mes Amis et tous ceux qui m'ont soutenu. Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux et le fruit de votre soutien infailible. Merci d'être toujours là pour moi.

KHALED

Remerciements

On remercie avant tout Allah tout puissant, de nous avoir guidés toutes ces années d'études et

*de nous avoir donné la volonté, la patience, le courage pour terminer ce travail. Alors que nous finalisons ces notes, Tout d'abord, nous voudrions remercier les personnes qui nous ont permis de le faire Mémoire : Nos chaleureux remerciements à notre encadrant **SALIM HEDDEM**.*

Son directeur Pour son aide, son soutien moral, ses précieux conseils et ses orientations qu'il nous a prodigués durant ce travail.

Nous tenons également à remercier les membres du jury.

*Nous adressons également nos sincères remerciements à notre responsable de formation, **NADIR BOULFUL** pour nous aider à intégrer la station d'épuration de Skikda(STEP).*

Nos remerciements à tous les enseignants et Faculté d'agriculture et Département Aménagement Hydro_ agricole, de Université du 20 août 1955 Skikda sans exception.

Et enfin, nous voudrions exprimer nos remerciements à toutes les personnes qui ont Participé directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Merci à tous.

Table des matières

Chapitre I : Généralités sur les Eaux Usées

I.1.Introduction.....	4
I .2.Définition	4
I.3. Origine des eaux usées	5
I.3.1. Les eaux usées domestiques	5
I.3.2. Les eaux usées industrielles	5
I.3.3. Les Eaux usées urbaines	5
I.3.4. Les eaux de pluie et de ruissellement dans la ville	6
I.3.5. Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles	6
I.4 .Caractéristique des eaux usées	6
I.4.1. les paramètres physico-chimiques	6
I.4.1.1. La Température (TE).....	6
I.4.1.2.Le potentiel dhydrogene(PH	6
I.4.1.3 .Oxygène dissous (DO)	7
I.4.1.4. La Turbidité(TU)	7
I .4.1.5.Les matières en suspension (MES)	7
I.4.1.6. Les matières volatiles en suspension (MVS)	7
I.4.1.7.Les matières minérales sèches (MMS)	7
I.4.1.8. La Demande Biochimique en Oxygène(DBO)	8
I.4.1.9. La demande chimique en oxygène (DCO)	8
I .4.1.10.La conductivité électrique (CE)	8

I.4.1.11. Les Matières azotées	8
I.4.1.12. Les compose phosphorés	9
I .4.1.13. Les métaux lourds	9
I.4.2 Les paramètres microbiologiques	9
I .4.2.1. Les virus	9
I .4.2.2. Les Bactéries	9
I .4.2.3. Les Protozoaires	10
I .4.2.4. Les helminthes	10
I .5. Impacts des eaux usées	10
I.5.1 Effets sur les eaux de surface	10
I.5.1.1. Eutrophisation	10
I.5.1.2. Croissance des algues	11
I.5.2. Effets sur les eaux souterraines	11
I.5.3. Effets sur la santé	12
I .6. Conclusion	12

Chapitre II : Généralités Sur L'Épuration des Eaux Usées

II.1. Introduction	14
II.2. Le réseau d'assainissement	14
II.3. Les stations d'épuration (STEP)	15
II.4. Notion d'équivalent habitant (EH)	15
II.5. Traitement des eaux usées	16
II.5.1. Traitements préliminaires	16
II.5.1.1. Dégrillage	16

II.5.1.2. Dessablage & déshuilage	16
II.5.1.3. Le déshuilage-dégraissage	16
II.5.2. Traitement primaire & décantation primaire.....	17
II.5.3. Traitements biologiques ou secondaire	17
II.5.3.1. Traitement biologique avec culture bactérienne libre	18
II.5.3.2. Traitement biologique avec culture bactérienne fixée	
II.5.4. Dégazage	20
II.5.5. La Décantation secondaire.....	21
II.5.6. Traitements tertiaires	21
II.6. Traitement et élimination des boues	22
II.6.1. L'épaississement.....	22
II.6.2. La stabilisation ou digestion des boues	22
II.6.3. La déshydratation.....	22
II.6.4. Elimination finale des boues.....	23
II.8. Conclusion	23

Chapitre III : Réutilisation des Eaux Usées Épurées en Irrigation

III.1. Introduction	25
III.2. Méthodes d'irrigation.....	25
III.2.1. Méthodes (traditionnelles) de surface	25
III.2.2. Méthodes d'irrigation sous pression	25
III.3 Choix du système d'irrigation.....	26

III.4. Evaluation de la qualité de l'eau usée traitée pour l'irrigation	26
III.4.1. Caractéristiques chimiques et physiques des eaux usées	26
III.5. Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation	27
III.5.1. la salinité	27
III.5.2. Alcalinité	27
III.5.3. Toxicité spécifique des ions	27
III.5.4. Eléments traces et métaux lourds	28
III.5.5. fertilisations dans les eaux usées épurées	28
III.6. Réutilisation des eaux usées traitées en irrigation	28
III.6.1 Définition de la réutilisation	28
III.6.2 Les types de réutilisation	29
III.7. Avantages de la réutilisation des eaux usées traitées	29
III.8. Conclusion	29

Chapitre IV : Présentation de la STEP Skikda

IV.1. Introduction	31
IV.2. Présentation de la station d'épuration STEP	31
IV.3. Localisation	32
IV.4. Objectif de traitement & objectif de la SETP de Skikda	33
IV.5. capacité de la station et estimation de la composition des eaux usées	33
IV.5.1. Premier tranche	34
IV.5.2. Deuxième tranche	34
IV.6. Description de la station (STEP)	34
IV.6.1. Bassin de réception	34

IV.6.2. Prétraitement & traitement primaire	34
IV.6.3. Traitement biologique	34
IV.6.4. Désinfection des eaux épurées	35
IV.6.5. Traitement des boues.....	35
IV.6.6. Les by-pass.....	35
IV.7.Caractéristique et dimensionnement de l'installation de la station	36
IV.7.1.Prétraitement	36
IV.7.2. Dégrillage grossier.....	36
IV.7.3. Dégrillage fin.....	37
IV.7.4. Dessablage-Déshuileur.....	38
IV.7.5.Décanteur primaire	39
IV.8. Traitement biologique	40
IV.8.1. Bassin d'aération	40
IV.8.2.Clarificateurs ou Décanteurs secondaires.....	41
IV.9.Matériels et méthodes d analyse physico chimique	42
IV.9.1.Détermination des matières en suspension (MES)	42
IV.9.2.Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	43
IV.9.3.Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)	45
IV.10. Conclusion	47

Chapitre V : Contrôle de la Qualité des Eaux Usées Brutes

V.1.Introduction	49
V.2. La régression Linéaire Multiple (RLM)	49
V.2.1. L'utilisation la régression Linéaire multiple	49
V.2.2. Le modèle linéaire de régression multiple	50
V.2.2.1. Equation de régression multiple	50
V.2.2.2. Présentation matricielle du modèle	50
V.2.2.3. Interprétation géométrique	51
V.3. Présentation de l'Excel	51
V.3.1. Méthodologie de travail statistique et modélisation avec EXCEL	52
V.4. Analyse statistique.....	55
V.5.contrôle de la qualité des eaux usée brute	58
V.5.1. contrôle de la DBO ₅	58
V.5.2. contrôle de la DCO	61
V.6.Conclusion	64

Chapitre VI : Contrôle de la Qualité des Eaux Usées Epurées

VI .1.Introduction	66
VI .2.Contrôle de la qualité des eaux usée Epurées.....	66
VI.2.1.contrôle de la DCO	66
VI.2.2..contrôle de la DBO ₅	69
VI.3. Conclusion	71

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1. Les charges théoriques de dimensionnement de la STEP de Skikda	32
Tableau IV.2. Dimensionnement et Caractéristiques du dégrillage grossier	37
Tableau IV.3. Dimensionnement et Caractéristiques du dégrillage fin	38
Tableau IV.4. Dimensionnement et Caractéristiques du dessablage-déshuilage	38
Tableau IV.5. Dimensionnement et Caractéristiques du décanteur primaire.	39
Tableau IV.6. Dimensionnement et Caractéristiques du bassin d'aération	40
Tableau IV.7. Dimensionnement et Caractéristiques du décanteur primaire	41
Tableau IV.8. Volume et dosage de l'échantillon pour la DBO ₅	44

Tableau V.1. Matrice de corrélation des eaux brutes	55
Tableau V.2. Matrice de corrélation des eaux Épurées	55
Tableau V.3. Structure des modèles utilisés	55
Tableau V.4. Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau brute	56
Tableau V.5. Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau traitée	57
Tableau V.6. Résultats obtenus par les modèles MLR & DBO ₅ (Eau Brutes)	58
Tableau V.7. Résultats obtenus par les modèles MLR & DCO (Eau Brutes)	61

Tableau VI.1. Résultats obtenus par les modèles MLR & DCO (Eau Usées Épurées)	66
Tableau VI.2. Résultats obtenus par les modèles MLR & DBO ₅ (Eaux Usées Épurées).	69

LISTE DES Figures

Figure I.1. les eaux usées	4
Figure II.1. Schéma d'un réseau unitaire	14
Figure II.2. Schéma d'un réseau séparatif	14
Figure II.3. Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration	15
Figure II.4. Schéma d'un procédé boues activées	18
Figure II.5. Schéma d'un Procédé lit bactérie	19
Figure II.6. Schéma d'un procédé d'un disque biologique	20
Figure II.7. Schéma d'un dégazeur	20
Figure II. 8. Schéma d'un clarificateur	21
Figure IV.1. Situation géographique de la wilaya de Skikda	31
Figure .IV.2. Présentation de La station d'épuration	32
Figure. IV.3. Carte géographique de la step de Skikda (Google earth)	33
Figure. IV.4. Schéma de fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées Skikda	35
Figure IV.5. Profil hydraulique de chaine d'épuration	36
Figure IV.6. Schéma du prétraitement	36
Figure IV.7. Dégrillage grossier	37
Figure IV.8. Dégrillage fin	37
Figure IV.9. Dessablage&Déshuilage	38
Figure IV.10. Schéma du décanteur primaire	39
Figure IV.11. Décanteur primaire	39
Figure IV.12. d'aération avec les turbines en marche et en arrêt	40
Figure IV.13. Un clarificateur de la STEP	41
Figure IV.14. Papier filtre et étuve	42
Figure IV.15. Balance de précision et dessiccateur	42
Figure IV.16. L'équipement de filtration	43
Figure IV.17. Équipement de mesure de la DBO ₅	44
Figure IV.18. L'équipement de la DCO (Micropipette Spectrophotomètre et Thermostat	45

Figure IV.19. Préparation d'analyse dans laboratoire de la STEP	46
--	----

Figure V.1. Équation de régression multiple	50
Figure V.2. Interprétation du modèle de régression linéaire multiple	51
Figure V.3. L'interface principale du logiciel Excel	51
Figure V.4. Lancement de l'utilitaire d'analyse	52
Figure V.5. Lancement de l'analyse de corrélation	52
Figure V.6. matrice de corrélation pour l'ensemble des données (all data)	52
Figure V.7. Lancement de l'outils régression linéaire multiple	53
Figure V.8. Calcul des coefficients de régression linéaire multiple	53
Figure V.9. Affichage des valeurs calculées par le modèle MLR pour la partie apprentissage	53
Figure V.10. Application du modèle MLR pour les données de validation.	54
Figure V.11. Calcul des critères numérique de performances: R, NSE, RMSE et MAE	54
Figure V.12. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la DBO ₅ des eaux usées brutes à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)	59
Figure V.13. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de LA DBO ₅ des eaux usées brutes à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)	60
Figure V.14. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la DCO des eaux Usées brutes à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)	62
Figure V.15. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la DCO des eaux usées brutes à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)	63

Figure VI.1. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de La DCO des eaux Usées épuré à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)	67
Figure VI.2. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la DCO des eaux usées épuré à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)	68
Figure VI.3. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de LA DBO ₅ des eaux usées épuré à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)	70
Figure VI.4. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de LA DBO ₅ des eaux usées épuré à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)	71

Introduction Générale

L'eau est l'une des nécessités de la vie et est très demandé. Les ressources en eau en Algérie représentent un caractère stratégique dans la voie de développement global du pays en raison de son lien étroit avec le développement durable, mais à l'heure actuelle, la rareté et l'irrégularité des ressources en eau est un problème préoccupant dans presque toutes les régions du pays, car il est l'objet d'une exploitation concurrentielle entre Les besoins de la population, l'économie de l'agriculture et de l'industrie.

Pour faire face à la pénurie d'eau et lutter contre le gaspillage d'eau potable dans l'agriculture et l'industrie, l'Algérie a adopté un programme riche, qui est la réutilisation des eaux usées, une pratique répandue dans le monde, en utilisant l'eau usée épurée dans l'agriculture en réalisant fin 2010 plus d'une centaine de stations d'épuration ,qui est devenue une priorité dans la nouvelle politique de l'eau. Parmi les stations d'épuration réaliser au niveau nationale, la station de Skikda, qui traite et purifie les eaux usées et les rend aptes à l'irrigation et les jettent dans l'oued SAFSAF.

Dans la cadre de la préparation de notre mémoire de fin d'étude en master Aménagement Hydro-Agricole nous choisis de travailler sur l'épuration des eaux usées et leur réutilisation en irrigation. Nous avons choisi la STEP de Skikda comme lieu de stage et pour réaliser notre travail. Nous avons fixé comme objectives le suivie et le contrôle de la qualité des eaux brutes et épurées. Nous avons réalisé notre travail en deux étapes: (i) une première étape comme un stage pratique réaliser au niveau de la STEP ayant pour objectives la prise de connaissance des différentes ouvrages de la STEP et la chaine d'épuration selon le processus adopté, et (ii) le contrôle et la simulation de deux variables caractérisant les eaux brutes à savoir la DBO_5 et la DCO en exploitant une base de donnée disponible au niveau du laboratoire.

Notre mémoire est divisé en six chapitres :

1. Le premier chapitre des généralités sur les eaux usées.
2. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de l'épuration des eaux usées avec ces différents ouvrages.

3. Le troisième chapitre pour la présentation des concepts de base de la réutilisation des eaux usées en agriculture.
4. Le quatrième chapitre pour la présentation de la STEP de Skikda et la description de la base de donnée utilisé.
5. Dans le cinquième chapitre nous avons présentés les résultats obtenus par les modèles à base de régression linéaire multiple (MLR) utiliser pour la simulation de la DBO₅ et la DCO des eaux brutes.
6. Dans le sixième chapitre nous avons présentés les résultats obtenus par les modèles à base de régression linéaire multiple (MLR) utiliser pour la simulation de la DBO₅ et la DCO des eaux brutes.
7. Enfin, une conclusion générale.

Chapitre I: Généralités sur les Eaux Usées

I.1.Introduction

Les cours d'eau ont une capacité naturelle d'autoépuration. Celle-ci a pour effet de consommer de l'oxygène; ce qui n'est donc pas sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques. Lorsque l'importance d'un rejet excède cette capacité, la détérioration de l'environnement peut être durable. Il est donc indispensable d'épurer les eaux usées avant de les rejeter en milieu naturel. Les normes nationales et internationales fixent des indicateurs de pollution biologiques et physico-chimiques de l'eau. Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, aussi se réfère-t-on à quelques paramètres pour les caractériser. Généralement exprimés en mg/l, il existe une grande variété de paramètres indicateurs de la pollution de l'eau.

I.2.Définition

Les eaux usées regroupent les eaux résiduaires domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines). Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel (**Baumont, 2004**).Selon **rejsek (2002)**, les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité Humaine .Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels (**Grosclaude, 1999**).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).



Figure I.1.Les eaux usées

I.3.Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue cinq catégories d'eaux usées:

I.3.1.Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de Lessive, de cuisine) et les eaux de vannes (urines et matières fécales).Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières Organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières Organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de Carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps (**Vaillant, 1974**).

I.3.2.Les eaux usées 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 (**Gaujous, 1995**) elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures .Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte. Elles 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 (**Lartiges, 1997**).

I.3.3.Eaux usées urbaines

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 et des cours). 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 silts, 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, etc. (**Desjardins, 1997**).

I.3.4.Les eaux de pluie et de ruissellement dans la ville

Comprennent les eaux de pluies, eaux de lavages et eaux de drainage. Ces eaux sont polluées par les matières qu'elles entraînent en provenance des trottoirs et des chaussées (huiles, mazoutes, graisse, sables...etc.). Elles contiennent également du zinc, plomb, et cuivre. Les eaux de drainage peuvent provenir de la montée d'une nappe phréatique dans le sol. Elles sont généralement peu polluées (**Boutoux, 1983**).

I.3.5.Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terre cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (**Metahri, 2012**).

I.4.Caractéristique des eaux usées

I.4.1.Les paramètres physico-chimiques

I.4.1.1.La température (TE)

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son augmentation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32 °C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures variant de 12 à 15 °C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C (**Rodier, 2005**).

I.4.1.2.Le potentiel d'hydrogène (PH)

Le pH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, et le 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. Le

pH exprime le potentiel en hydrogène, indique la concentration en ion H^+ , il joue un rôle important dans les propriétés physique-chimiques (l'acidité et l'alcalinité) (Lakhdari, 2011).

I.4.1.3.L'oxygène dissous (DO)

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène (Lakhdari, 2011).

I.4.1.4.La turbidité(TU)

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (Metahri, 2012).

I.4.1.5.Les matières en suspension (MES)

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdales, donc filtrable. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau (Metahri, 2012).

I.4.1.6. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Une matière volatile en suspension est une fraction organique des MES pouvant être obtenue par différence massique entre un échantillon de MES et les résidus obtenus suivant un passage au four à 550°C (Rodert ,1981).

I.4.1.7.Les matières minérales sèches (MMS)

Elles représentent la différence entre les Matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et Correspondant à la présence de sel, et de silice (Gaid ,1984).

I.4.1.8. La demande biochimique en oxygène (DBO)

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la Charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration (Rodier, 2005). Selon (Rejsek, 2002), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO_5) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies Présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

I.4.1.9. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quel que soit leur origines organique ou minérale. La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation (Rodier, 2005). La DCO est la concentration, exprimée en ($mg. L^{-1}$), d'oxygène équivalente à la Quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme (Rejsek, 2002).

I.4.1.10. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (EC) est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau) conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà de la valeur limite de la salinité correspondant à une conductivité de $2500 \mu S/cm$, la prolifération de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire (Metahri, 2012).

I.4.1.11. Les Matières azotées

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). La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries (Chelle et al., 2005).

I.4.1.12. Les compose phosphorés

La concentration en phosphore dans les effluents secondaires varie de 6 à 15 mg/l (soit 15 à 35 mg/l en P_2O_5). 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 (Asano, 1998).

I.4.1.13. Les métaux lourds

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses (traitements de surface, galvanoplastie, hydrométallurgie, industries minières, chimique, pétrochimique, pharmaceutique, etc.). Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique (Keck et al., 2000).

I.4.2. Les paramètres microbiologiques

I.4.2.1. Les virus

Les virus se trouvent dans les eaux usées à des concentrations de milliers d'unités infectieuses par millilitre d'eau transportée à travers des réseaux. Parmi les infections virales d'origine hydrique dues à des facteurs qui affectent les trompes et les virus infectieux figurent la polio, et l'hépatite C peut être infectée l'eau (Dalli, 2007).

I.4.2.2. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes microscopiques qui infectent l'organisme humain. Les symptômes d'une infection bactérienne sont similaires à ceux observés lors d'une infection virale

(fatigue, musée, fièvre et douleurs musculaires).Elles peuvent être traitées par antibiotiques, et courates comprennent les infections à staphylocoques à streptocoque et la pneumonie (Djeddi, 2007).

I.4.2.3.Les protozoaires

Est définit de manière informelle pour désigner un protiste organisme eucaryote unicellulaire, non pathogène, comme des amibes et les flagelles ici, il est parfois la source de maladie : choléra ...etc. il vit dans des environnements humides ou directement dans aquatiques que ce soit des eaux salées ou des eaux douces, et en tout que d'autres êtres vivants (Boutelli et al., 2008).

I.4.2.4.Les helminthes

Les helminthes sont rencontrés dans les eaux usées sous forme d'œufs et proviennent des excréta des personnes ou d'animaux infectés et peuvent constituer une source de réinfection par voie orale, respiratoire ou par voie cutanée. Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites rencontrés dans les eaux résiduaires. Le nombre d'œufs d'helminthes peut être évalué entre 10 et 10³ germes/l. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricoides*, *Oxyures vermiculaires*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata* (Campos, 2008).

I.5.Impacts des eaux usées

I.5.1.Effets sur les eaux de surface

I.5.1.1.Eutrophisation

L'eutrophisation désigne un processus d'accumulation des nutriments dans un écosystème donné (un milieu dit « eutrophe » est littéralement un milieu « bien nourri »).Ce phénomène, qui concerne principalement l'azote et le phosphore, se traduit par une modification progressive des équilibres biologiques de l'écosystème concerné.Il existe naturellement des milieux eutrophes.

Ce pendant, une eutrophisation de milieux naturellement oligotrophes (pauvres en éléments nutritifs) entraîne un déficit de biodiversité. Le processus, accentué par le réchauffement climatique, favorise en effet les espèces (végétales et animales) à croissance rapide au détriment des espèces à croissance plus lente. À terme, en milieu aquatique, ce déséquilibre peut provoquer une anoxie (privation d'oxygène) chronique qui s'avère fatale pour la plupart des espèces (Youmatter).

I.5.1.2.Croissance des algues

Les algues sont des végétaux simples, le plus souvent unicellulaires, dont la taille est si petite que, dans bien des cas, on ne peut les voir qu'au microscope. Elles n'ont pas de racine et la grande majorité d'entre elles sont vertes car elles contiennent une concentration importante d'un pigment vert nommé chlorophylle (voir fiche sur la chlorophylle). Toutefois, on retrouve également dans la nature des algues brunes, rouges, orangées ou jaunes. Il existe aussi quelques algues visibles à l'œil nu (ex.: algues filamenteuses) et d'autres qui ressemblent à des plantes aquatiques. Les algues microscopiques se divisent en deux principaux groupes: le périphyton et le phytoplancton.

I.5.2.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. La contamination des eaux souterraines dépend de trois paramètres : le sol, les roches sous-jacentes et la nappe. Deux caractéristiques sont essentielles pour les sols : la capacité de rétention et la capacité d'épuration. Les sols qui ont une bonne capacité de rétention sont les sols argilo sableux, ceux ayant une mauvaise qualité sont les roches fissurées (FAO, 2003). Une bonne capacité de rétention assure une bonne assimilation par les plantes et un étalement de la pollution dans le temps. La capacité d'épuration est assurée par la fixation des substances polluantes (adsorption, précipitation), la transformation des molécules organiques par des micro-organismes et l'exportation par les végétaux (Asano, 1998).

I.5.3.Effets sur la santé

L'eau, ressource naturelle indispensable à la vie, est aussi devenue, de manière directe ou indirecte, la première cause de mortalité et de maladie au monde. L'inégalité dans la répartition des ressources en eau associée à la dégradation de la qualité de l'eau engendrent de grands problèmes de santé. Ainsi, dans les pays en développement, 80 % des maladies sont dues à l'eau, un Africain sur deux souffre d'une maladie hydrique.

I.6.Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre d'une part, les origines et caractéristiques des eaux usées et leurs effets sur les eaux de surface et souterraines et sur la santé.

Chapitre II: Généralités Sur L'Épuration des Eaux Usées

II.1.Introduction

Les eaux usées sont des eaux polluées qui ont été altérées par l'activité humaine et ces eaux contiennent des matières dissoutes et en suspension provenant de diverses sources domestiques, commerciales ou industrielles y compris des produits chimiques, des métaux lourds... Etc. Mais il existe plusieurs techniques de récupération des eaux, le plus souvent après un différent traitement pour les débarrasser d'impuretés dangereuses ou toxiques dont le but est d'en utiliser l'eau à nouveau. et on appelle cette opération "l'épuration".

II.2.Le réseau d'assainissement

On distingue les réseaux séparatifs et les réseaux unitaires. Pour le réseau unitaire, l'assainissement des eaux se fait au moyen d'un seul collecteur qui recueille les eaux usées et les eaux pluviales appelé aussi « tout-à-l'égout ». La qualité et le volume des eaux qui arrivent alors à la station d'épuration sont très variables. Pour éviter qu'un débit supérieur à sa capacité n'arrive à la station d'épuration, des ouvrages de déviation (réservoirs et déversoirs d'orage) sont répartis sur le réseau (Boumediene, 2013).

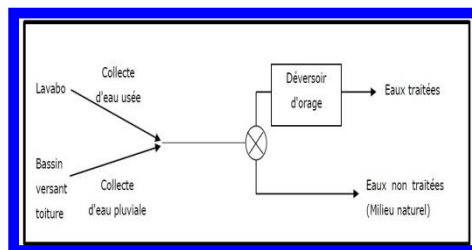


Figure II.1.Schéma d'un réseau unitaire

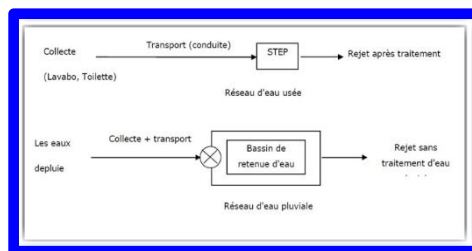


Figure II.2.Schéma d'un réseau séparatif

Pour le réseau séparatif, deux réseaux sont mis en place, l'un pour collecter les eaux usées, l'autre pour les eaux de ruissellement (réseau pluvial). En principe, seules les eaux usées arrivent à la station d'épuration pour traitement, c'est-à-dire que les eaux de pluie ne sont pas traitées mais rejetées directement (Boumediene, 2013).

II.3. Les stations d'épuration (STEP)

La station d'épuration est une installation industrielle qui rend aux eaux usées une qualité compatible avec le cours d'eau récepteur. Dans une station d'épuration, le traitement des eaux va se réaliser dans une série d'ouvrages, mis les uns derrière les autres et jouant chacun un rôle bien particulier. L'épuration se réalise par élimination des éléments les plus grossiers (objets encombrants) jusqu'aux éléments microscopiques (matières dissoutes). Une station d'épuration est généralement installée à l'extrémité d'un réseau de collecte, elle peut utiliser plusieurs principes, physiques et biologiques, le plus souvent, le processus est biologique car il fait intervenir des bactéries capables de dégrader les matières organiques. La pollution retenue dans la station d'épuration est transformée sous forme de boues.



Figure II.3. Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration

II.4. Notion d'équivalent habitant (EH)

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 180 à 300 litres d'eau par jour. La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57g de matières oxydables (MO), 90g de matières en suspension (MES), 15g de matières azotées (MA), et 4g de matières phosphorées (MP). Enfin, la

concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml (Metahri, 2012).

II.5.Traitement des eaux usées

II.5.1.Traitement préliminaires

Enlève les solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute .En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices », cette opération facilitant leur dispersion (Degremont , 1978).

II.5.1.1.Dégrillage

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer leur exécution. Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les odeurs ménagères (Degremont, 1978).

II.5.1.2.Dessablage&Désuilage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage (Degremont, 1978).

II.5.1.3.Le désuilage-dégraissage

Le désuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit

suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient en suite (**Degremont, 1978**).

II.5.2.Traitement primaire &décantation primaire

Une fois ces étapes de dégrossissage réalisées, les eaux usées vont subir des procédés physiques ou physicochimique visant à éliminer, par décantation la charge de matière organique et minérale en suspension. C'est ce que l'on appelle le traitement primaire. Ces traitements ne permettent d'obtenir qu'bassins décanteurs, à faible vitesse permettant ainsi la sédimentation des particules au fond des bassins, et leur enlèvement via des pompes. Une étape de coagulation-floculations préalable à la décantation permet d'améliorer l'épuration (**Anaëlle, 2009**).

II.5.3.Traitement biologiques ou secondaire

Pour objectif l'élimination des composés solubles d'origine organique. Parallèlement, la floculation de la biomasse permet de piéger les matières en suspension restant à l'issue du traitement primaire. Le principe de ce traitement est de mettre en contact la matière organique contenue dans les eaux usées avec une population bactérienne. Plusieurs techniques peuvent être distinguées, le choix de l'une ou l'autre est fonction de l'emplacement disponible pour le procédé de traitement, de la charge de l'effluent et de la quantité de pollution à traiter. Les procédés biologiques de traitements peuvent être classés :

- A. En procédés aérobies:** Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène. Deux grandes familles peuvent être distinguées: les procédés à cultures fixes (microorganismes fixés sur des supports), les procédés à culture libre (micro-organismes maintenus en suspension dans le mélange à épurer) (**Attab ,2011**).
- B. Enprocédés anaérobies :** C'est un processus microbiologique de conversion de la matière organique, faisant intervenir essentiellement des populations bactériennes(Bactérie et d'Archaea), ainsi que des protozoaires et quelques champignons anaérobies.

Le digestion anaérobie est décrit comme la conversion de la matière organique en biomasse et en biogaz, composé essentiellement de méthane (CH) et de gaz carbonique (CO). La digestion anaérobie d'un produit organique complexe comporte quatre étapes différentes, à savoir: l'hydrolyse, l'acidogènes, l'acétogénèse et la méthanogènes (**Attab, 2011**).

II.5.3.1. Traitement biologique avec culture bactérienne libre

Le procédé à boue activée est une technique biologique d'épuration des eaux. Il représente une alternative efficace et relativement écologique (sans utilisation de produits chimiques) aux techniques d'épuration les plus couramment utilisées. Il consiste à revaloriser les eaux usées en y introduisant un concentré de bactéries diverses. On ajoute à ce mélange un brassage mécanique qui permet l'oxygénation du tout, nécessaire au bon fonctionnement des bactéries et à la dégradation des matières. Ces dernières « mangent » les substances polluantes et les transforment en boue. L'épuration biologique à boue activée est un dispositif qui nécessite un entretien rigoureux sous peine de dysfonctionnement, voire de panne. L'investissement de départ est élevé, mais une comparaison avec les autres modes d'épuration permet de relativiser. L'implantation d'un site dans un espace vert peut provoquer quelques nuisances, au niveau du bruit et des matériaux utilisés. Enfin, la production de boues reste conséquente.

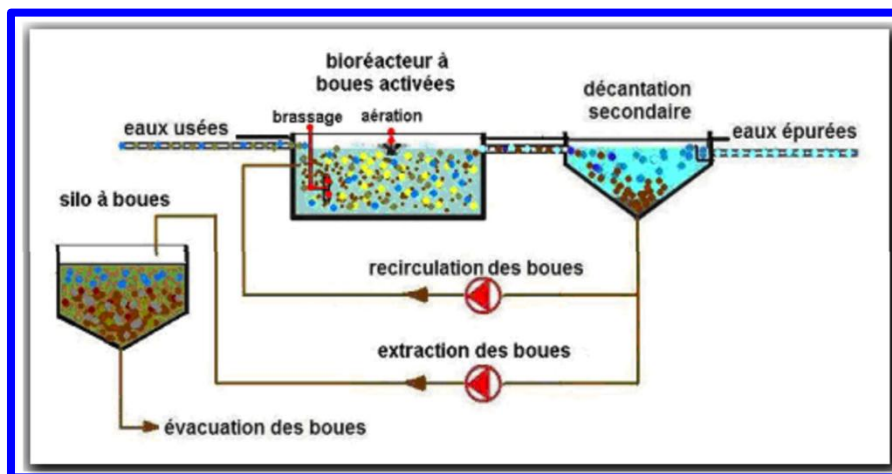


Figure II.4. Schéma d'un procédé boues activées

Le procédé de traitement biologique à boues activées le plus utilisé pour des stations de taille moyenne à importante (+ de 2000 équivalents habitants), les boues activées étant la suspension contenant la flore bactérienne épuratrice. Dans ce procédé, les bactéries se trouvent en suspension dans l'eau du bassin par un brassage continu. Elles sont donc en contact permanent avec les matières organiques dont elles se nourrissent, et avec l'oxygène nécessaire à leur assimilation. Afin de conserver un stock constant et suffisant de bactéries pour assurer le niveau d'épuration recherché, une grande partie des boues extraites du décantateur est réintroduite dans le bassin d'aération; on parle alors de recirculation des boues. La fraction restante est

évacuée du circuit et dirigée vers les unités de traitement des boues, elle constitue les «boues en excès» (Vandermeersch, 2006).

II.5.3.2. Traitement biologique avec culture bactérienne fixée

Les lits bactériens, appelés également lits ou filtres à ruissellement ont été utilisés pour le traitement biologique des eaux usées urbaines et industrielles depuis plus de 100 ans. Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Les rendements d'épuration sur lit bactérien peuvent atteindre 85 à 95 %. Par ailleurs, ce procédé génère des boues fermentescibles et des nuisances olfactives.

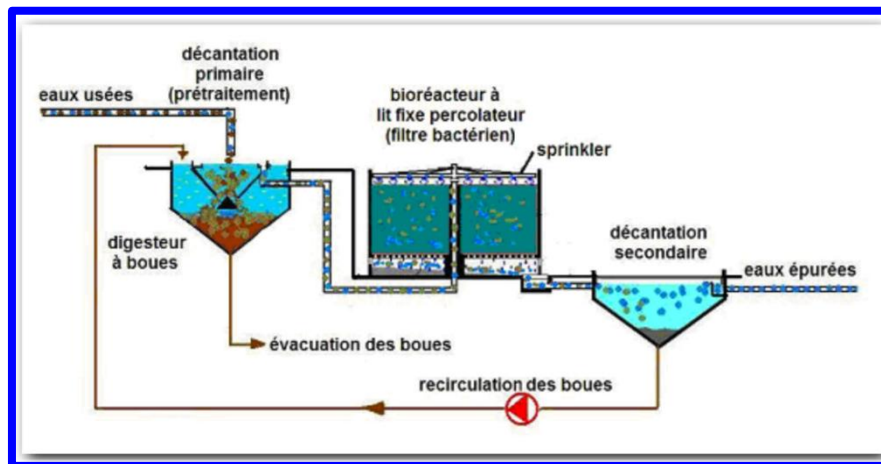


Figure II.5. Schéma d'un Procédé Lit bactérie

Les disques biologiques ou bio-disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm, et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr/mn. Ce procédé consiste à alimenter en eau, préalablement décantée, un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développent alors un film bactérien, lors de leurs immersions, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leurs respirations et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dans elles se nourrissent. Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour être stocker et digérer.

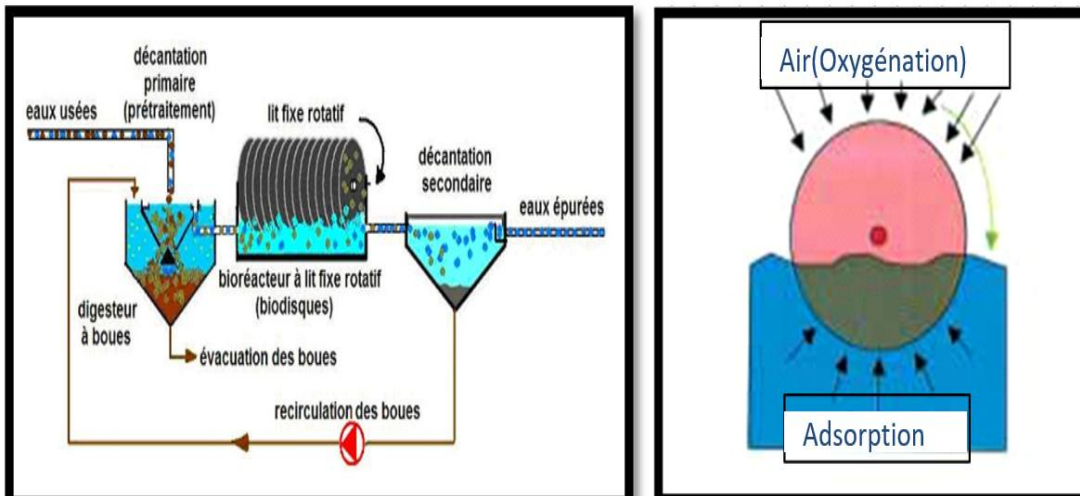


Figure II.6. Schéma d'un procédé d'un disque biologique

II.5.4. Dégazage

En sortie du bassin d'aération les floccs de boues activées sont susceptibles de contenir des bulles d'air enchâssées au sein de leur structure. Afin de favoriser une bonne décantation, il est nécessaire de chasser ces bulles d'air, c'est le rôle de l'ouvrage de dégazage. Le principe est de provoquer dans un premier temps une agitation forte en sortie du bassin afin de chasser les bulles de la structure des floccs. Dans un second temps, des conditions hydrodynamiques plus calmes vont permettre aux bulles libérées des floccs de remonter à la surface. Le dégazeur, placé en amont du clarificateur, est un ouvrage fortement conseillé pour permettre une élimination des bulles contenues dans le mélange eau/boue. Ces bulles proviennent essentiellement de la formation de gaz au cours de réaction en aérobiose ou anoxie avec notamment la présence d'azote gazeux.

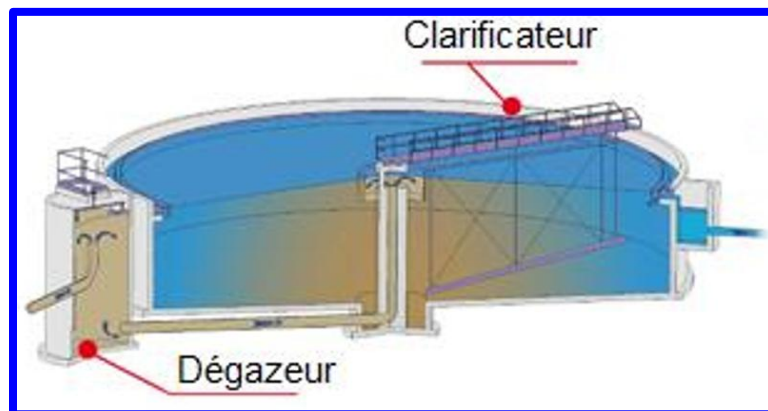


Figure II.7. Schéma d'un dégazeur

II.5.5. La décantation secondaire

Cette étape consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les "clarificateurs". Les boues se déposent au fond du bassin, où elles sont raclées et évacuées. L'eau débarrassée de 80 à 90 % de ses impuretés subit alors des analyses et des contrôles avant d'être rejetée dans le milieu naturel.

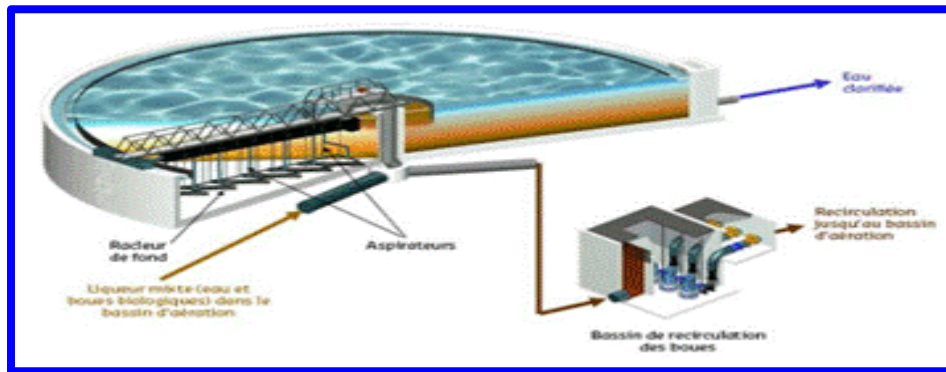


Figure II.8. Schéma d'un clarificateur

II.5.6. Traitement tertiaires

Ces traitements visent principalement l'élimination du phosphore (la déphosphatation) et les germes pathogène (la désinfection). La désinfection vise à réduire la concentration des germes pathogènes dans les effluents avant rejet dans l'environnement. Contrairement aux normes de désinfection pour la production d'eau potable qui spécifie l'absence totale de coliformes, les normes de rejets pour les eaux résiduaires urbaines ERU varient suivant la nature du milieu récepteur (Grosclaude, 1999). L'élimination du phosphore concerne les traitements de déphosphatation, soit physico-chimique soit biologique. La déphosphatation biologique, de développement récent, est basée sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique mais son rendement est en générale moins bon que celui de la déphosphatation physico-chimique (Rejsek, 2002). La déphosphatation peut aussi être réalisée par précipitation physico-chimique en présence de sels minéraux comme le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique et s'effectuer soit simultanément aux réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit en traitement final (Grosclaude, 1999). Dans le cas de l'élimination biologique des nitrates, la dénitrification, la réaction nécessite l'oxydation concomitante d'une

molécule organique ou minérale qui fournira l'énergie nécessaire à la réduction des nitrates en azote N_2 (Grosclaude, 1999).

II.6.Traitement et élimination des boues

Cette filière est pour objectif principaux, de produire une boue de meilleure qualité en moindre quantité tout en générant des boues sans risque pour l'environnement. Il existe différents types de boue selon l'étape de traitement des eaux du quel elles sont issues. Trois étapes de traitement sont ici distinguées (Anaëlle, 2009).

II.6.1. L'épaississement

Est la première étape, souvent incontournable, de la réduction de volume des boues issues des filières de traitement des eaux usées. Son inconvénient majeur est représenté par la nuisance olfactive pour pouvoir optimiser le dimensionnement, la fiabilité, la sécurité et la régularité d'exploitation des postes de traitement situé en aval. Ce stade de concentration préliminaire de la boue va jouer un rôle primordial, il faut obtenir les taux d'épaississements le plus élevé possible: la siccité est de l'ordre de 1 à 10 % selon les installations.

II.6.2.La stabilisation ou digestion des boues

La stabilisation des boues est une opération qui a pour objectif de réduire la fermentes cribillité des boues de station d'épuration pour atténuer ou supprimer les mauvaises odeurs lors de leur stockage et de leur traitement de déshydrations, en même temps ce procédé à une action plus ou moins poussée d'hygienisation . Les boues d'épuration sont composés d'une matière organique dégradable de matière minérale et d'organismes pathogènes. Cette technique induit la stabilisation du caractère fermentescible des boues. En dégradent les matières organiques ou en bloquant les réactions (Anaëlle, 2009).

II.6.3.La déshydratation

La déshydratation est une étape du traitement des boues, faisant passer les boues de l'état liquide à un état physique, afin que celles-ci soient au moins pelle tables, elle permet de diminuer la teneur en eau des boues, et d'atteindre en sortie une siccité allant de 15 à 40%, variable selon la filière de traitement des eaux, la nature des boues et la technique de déshydratation utilisée. Elle s'opère sur un mélange de boues primaire, secondaire voire tertiaire.

II.6.4. Élimination finale des boues

Après avoir fait l'objet de traitements visant à réduire leur volume et leur potentiel de nuisance, les boues d'épuration présentent des compositions variables suivant le procédé d'épuration. En fonction de leur niveau de siccité, ces boues peuvent, soit être traitées et valorisées pour une utilisation agricole, soit être éliminées par incinération ou être mises en décharge. Soit être éliminées dans une logique de recyclage de matière et d'énergie. Sont donc examinées les différentes voies de dévolution que sont la dévolution agricole, le recyclage dans un procédé industriel, les techniques de destruction thermique et la mise en centre d'enfouissement technique.

II.7. Conclusion

L'épuration des eaux Usées est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour réutiliser ou recycler les eaux usées dans le milieu naturel soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable. On a vu dans ce chapitre quelques notions sur les stations d'épuration et ces étapes dans le seul et unique objectif de réutiliser l'eau à nouveau dans plusieurs domaines.

***Chapitre III: Réutilisation des Eaux Usées Épurées en
Irrigation***

III.1.Introduction

La réutilisation des eaux usées, ou recyclage, consiste à récupérer les eaux usées après plusieurs traitements destinés à en éliminer les impuretés, afin de stocker et d'employer cette eau à nouveau. Les applications de la réutilisation sont nombreuses qu'il s'agisse de l'irrigation agricole par exemple, utilisation urbaines et industrielles. L'irrigation agricole était et restera le plus grand consommateur d'eau recyclée avec de nombreux avantages et bénéfices bien reconnus, notamment la contribution à la sécurité alimentaire.

III. 2.Méthodes d'irrigation

L'irrigation joue un rôle essentiel dans l'accroissement et la stabilité des rendements des cultures. Dans les régions arides et semi-arides, l'irrigation est essentielle pour une agriculture économiquement viable, alors que dans des régions semi-humides l'irrigation est souvent apportée sur certaines cultures en complément de la pluviométrie.

III .2.1. Méthodes (traditionnelles) de surface

- A.** Irrigation par submersion (à la planche ou par bassin), humecte presque toute la surface du terrain
- B.** Irrigation par tuyaux.
- C.** Irrigation à la raie (ou par sillon), une partie de la surface du terrain est humectée. Ces méthodes sont utilisées sur presque 95% des superficies irriguées à travers le monde. Elles sont peu coûteuses, simples à comprendre et à mettre en œuvre. Elles conviennent à beaucoup de pays en voie de développement, en particulier si l'eau n'est pas le facteur limitant pour la production agricole.

III.2.2. Méthodes d'irrigation sous pression

Par aspersion ou goutte à goutte. Les asperseurs de capacité élevée, mini asperseurs ordinaires et asperseurs. Les cultures et le sol sont mouillés de la même manière qu'avec la pluie. Pour le goutte à goutte le système d'irrigation est ponctuel ou localisé. Les caractéristiques principales du système sont: (i) l'efficacité élevée d'application, (ii) méthode appropriée pour faire face aux problèmes associés à la salinité de l'eau d'irrigation et à l'alcalinité du sol. Cette méthode est sûre et pourrait être la plus prometteuse pour l'irrigation avec l'eau usée, en particulier si le traitement est suffisant pour empêcher l'obstruction des

orifices. Le contact de l'eau usée avec les agriculteurs et les cultures irriguées est réduit au minimum.

III.3.Choix du système d'irrigation

Le choix du système d'irrigation approprié dépend de la qualité de l'eau usée, de la culture, des coutumes, de l'expérience, de la compétence, de la capacité des agriculteurs à gérer les différentes méthodes et du risque potentiel sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs et du public. Les problèmes de colmatage des asperseurs, des mini asperseurs, des goutteurs et des systèmes d'irrigation souterrains peuvent être sérieux. Son développement (dépôts biologiques, bactéries, etc.) dans les asperseurs, les orifices d'émission ou les canalisations d'alimentation, produit le colmatage. Les sels et les solides en suspension peuvent également produire le colmatage. Le colmatage le plus sérieux se produit avec l'irrigation goutte à goutte, qui est considérée comme le système idéal en ce qui concerne la protection sanitaire et la contamination des plantes, mais pourrait être difficilement utilisable si l'eau usée contient de fortes concentrations de matières en suspension (MES).

III.4.Évaluation de la qualité des eaux épurées pour l'irrigation

L'eau usée est unique du point de vue composition. Les constituants physiques, chimiques et biologiques qui s'y trouvent doivent être pris en considération. Dans ce chapitre, les problèmes sont brièvement présentés; par contre, les solutions sont mises en évidence. Quelques approches intégrées de gestion seront présentées afin d'atténuer et/ou surmonter ces problèmes.

III.4.1. Caractéristiques chimiques et physiques des eaux usées

Pour une approche de gestion appropriée, les constituants principaux qui préoccupent les agriculteurs des pays du Proche Orient sont:

- A. Les matières solides** en suspension, puisque la filtration peut être nécessaire, en particulier avec des systèmes de micro-irrigation;
- B. Les nutriments** afin d'ajuster la fertilisation;
- C. La salinité** afin d'estimer la fraction de lessivage et sélectionner les cultures les mieux appropriées;
- D. Les micro-organismes pathogènes** pour les mesures de précaution, en choisissant le modèle d'emblavement et le système d'irrigation appropriés.

III.5. Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation

Les caractéristiques de qualité chimique et physique sont identiques pour n'importe quelle eau d'irrigation. À cet égard, les directives générales de la FAO peuvent être employées pour évaluer l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques. La procédure demeure la même qu'avec les autres types d'eaux.

III.5.1. La salinité

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est l'eau ayant la meilleure qualité disponible et elle est habituellement de faible salinité. Cependant, en conditions de pénurie en eau, la salinité peut être un problème. La quantité et le type de sels présents sont importants pour évaluer si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation. Des problèmes potentiels sont liés à la teneur en sels totaux, au type de sel ou à la concentration excessive d'un ou plusieurs éléments (Ayers et al., 1985).

III.5.2. Alcalinité

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation. L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu. Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR: Sodium Adsorptio Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité. Par conséquent, le SAR et EC_w (salinité) devraient être employés en association pour évaluer les problèmes potentiels éventuels (Rhoades, 1977).

III.5.3. Toxicité spécifique des ions

Les ions les plus toxiques rencontrés généralement dans l'eau usée épurée sont le sodium (Na), le chlorure (Cl) et le bore (B) qui cause la plupart des cas courant de toxicité. Le bore est un des éléments essentiels aux cultures; cependant, les concentrations de B excédant 0.5 mg/l peuvent être toxiques aux cultures sensibles.

III.5.4. Éléments traces et métaux lourds

C'est le problème principal avec la réutilisation des eaux usées traitées dans les pays ayant une industrie lourde. Les métaux qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires {cadmium (Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn)} peuvent constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux et peuvent également affecter les cultures irriguées. Ces métaux, dans la plupart des cas, s'accumulent dans la plante et peuvent affecter de façon défavorable les humains ou les animaux domestiques se nourrissant de ces plantes. Pour cette raison, beaucoup de pays développés ont établi des charges maximum admissibles en métaux lourds sur les terres agricoles. Le problème des métaux lourds est discuté plus en détail en liaison avec les boues résiduaires (Biswas,1987) a rapporté la charge en métaux lourds admise sur les terres agricoles dans quelques pays européens.

III.5.5. Fertilisants dans les eaux usées épurées

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée due à la présence de nutriments est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, en fonction principalement de la gestion des eaux usées appliquées par les agriculteurs. Les nutriments constituent une caractéristique spécifique de l'eau usée traitée qui intéresse particulièrement les agriculteurs. Pour cette raison, un code de bonnes pratiques agricoles en matière de fertilisation est développé. Il est supposé donner une nouvelle dimension à l'utilisation raisonnée, profitable et saine de l'eau usée traitée utilisée en irrigation. Une attention particulière doit être portée aux constituants de l'eau usée traitée qui peuvent obstruer les systèmes d'irrigation. Le colmatage des asperseurs, des micro-asperseurs et des goutteurs peut engendrer un problème sérieux. L'accumulation (dépôts biologiques, bactéries, etc.) dans les arroseurs, les canalisations d'alimentation, les orifices de distribution, peut causer un colmatage tout comme une concentration importante en algues et en matières en suspension. Les problèmes de colmatage les plus sérieux se produisent avec les systèmes goutte à goutte. Une filtration peut être requise juste avant irrigation. Ceci entraîne que la gestion du système d'irrigation goutte à goutte utilisant l'eau usée traitée a besoin de plus d'assistance.

III.6. Réutilisation des eaux usées traitées en irrigation

III.6.1. Définition de la réutilisation

La réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

III.6.2. Les types de réutilisation

On distingue deux types de réutilisation:

- A. Réutilisation Directe:** La réutilisation directe d'eau existe surtout dans le secteur industriel, où d'importants efforts sont faits pour réduire les prélèvements et les rejets d'eau. Dans la mesure où le second usage est identique au premier, on réserve à cette pratique le terme de recyclage plutôt que de réutilisation (**Tecsult, 2008**).
- B. Réutilisation Indirecte :** La plupart des systèmes d'assainissement rejettent leurs effluents dans les eaux de surface, qui sont elles-mêmes prélevées en aval pour d'autres usages: industrie, irrigation, eau potable. L'on estime ainsi qu'à Paris en période d'étiage la Seine serait constituée pour moitié d'eau issue des dispositifs d'assainissement. Ce type de réutilisation passe par le milieu naturel : l'eau est prélevée au cours de son cycle hydrologique et a en quelque sorte « perdu son identité » : il s'agit donc de réutilisation indirecte (**Tecsult, 2008**).

III.7. Avantages de la réutilisation des eaux usées traitées

Pour les agriculteurs, l'incitation principale est le bénéfice attendu de l'utilisation de l'eau usée en irrigation, ainsi qu'elle est une source fiable même en années de sécheresse.

Les avantages peuvent être brièvement récapitulés comme suit:

- A.** Économie d'eau claire ;
- B.** Économie des fertilisants ;
- C.** Accroissement des rendements ;
- D.** Protection de l'environnement ;
- E.** Création d'emplois (**Metahri, 2012**).

III.8. Conclusion

L'intérêt de la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation est évident. Les eaux usées épurées procurent à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires telle que l'eau potable. Par ailleurs, le contenu de ces eaux en éléments fertilisants permet de diminuer les frais de fertilisation des sols. Néanmoins, cette eau pourrait constituer une source de pollution. Son contenu en microorganismes pathogènes et métaux peuvent présenter un risque pour la santé.

Chapitre IV : Présentation de la STEP Skikda

IV.1. Introduction

La wilaya de Skikda appartient au territoire tellien et littoral, et s'étend sur 413768 km² et 130 km de côte. Dans la wilaya de Skikda il existe plusieurs stations d'épuration (urbaines ou industrielles) fonctionnelles « Hamadi Krouma, Ramdane Djamel et Béni Béchir » ou en arrêt, et d'autres en projet de réalisation. Parmi ces dernières, la station de Skikda qui a été dimensionnée pour épurer les eaux usées d'origines domestique et pluviales par le procédé d'épuration boues activées. La STEP de Skikda est de type boues activées à moyenne charge. Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.



Figure IV.1. Situation géographique de la wilaya de Skikda

IV.2. Présentation de la station d'épuration STEP

La station d'épuration de Skikda fait partie des installations de protection de la wilaya. La phase travaux a été réceptionnée le 11 décembre 2011, et l'exploitation a débuté le même jour pour une durée de 2 ans. Cette station construite sur 11 hectares traite les eaux usées issues de la ville de Skikda, Hamadi Krouma, Ramdane Djamel, et Béni Béchir, qui sont principalement acheminées par un collecteur alimenté par les stations de relevages gérées par l'office national de l'assainissement (ONA).



Figure IV.2.Présentation de la Station D'épuration

Sa capacité nominale à l'horizon 2015 est de 229979 équivalents habitant (EH). Pour un débit à 100% ($46000\text{m}^3/\text{jour}$), les charges théoriques de dimensionnement sont décrites dans le tableau suivant:

Tableau IV.1. Les charges théoriques de dimensionnement de la STEP de Skikda

Paramètres	Symbole	Unité	Quantité
Charge nominale		E.H.	229979
Débit moyen journalier	Q	m^3/j	45995.7
Débit moyen horaire	Q	m^3/h	1916.5
Débit maximum horaire	Q	m^3/h	3066.4
Charges polluante		Unité	Valeurs Théoriques
Demande biochimique en oxygène	DBO_5	kg/j	14948.7
Demande biochimique en oxygène	DBO_5	Mg/l	325
Matières en suspension totales	MES	kg/j	17248.4
Matières en suspension totales	MES	Mg/l	375
Azote Global	N-NGL	kg/j	2 492

IV.3.Localisation

La STEP de Skikda situé à Hamouche Hamoudi au nord de la ville sur la route de la zone industrielle.



Figure. IV.3. Carte Géographique de la STEP de Skikda (Google Earth)

IV.4. Objectives de traitement & objectif de la SETP de Skikda

Le rôle principal de la station de traitement des eaux usées est de réduire la pollution « en nettoyant » les eaux usées domestiques et industrielles de façon à rejeter à la rivière « Oued SAFSAF » des eaux traitées compatibles avec la qualité souhaitée et dans les normes idéales. La station d'épuration permet ainsi de respecter l'environnement et de produire des boues utilisées comme amendement organique et substance fertilisantes utilisés éventuellement en agriculture. Les eaux usées de la ville de Skikda sont épurées dans une station d'épuration basée sur un processus d'épuration « boue active à faible charge » et comprend une filière de traitement de l'eau (prétraitement, décantation primaire, traitement biologique, clarification) et une filière de traitement des boues (Épaississement, digestion anaérobie, déshydratation mécanique, stockage) permet d'éliminer la pollution des eaux.

IV.5. Capacité de la STEP et composition des eaux usées

Pour la détermination de la capacité de la station d'épuration et l'estimation de la composition des eaux usées, on tiendra comptes essentiellement des données présentées dans l'étude préliminaire. IL s'agit des données actuelles sur:

- A.** La population;
- B.** Les industries;
- C.** Réseau d'assainissement;

D. La consommation en eau et l'évaluation de touses paramètres dans les années à venir.

Le dimensionnement de la station d'épuration a été réaliser en deux tranches:

IV.5.1. La Première tranche

Une installation satisfaisant les besoins à moyen terme correspondant à l'horizon 2015 entendant compte bien entendu du délai de réalisation. Les principal es hypothèses qui on tété émises pour laminée service de l'installation sont **(STEP Skikda 2022)**:

- A.** Achèvement complet durés eau d'assainissement
- B.** Disponibilité en eau potable pour la population urbaine et alimentation permanente de la ville.
- C.** Les eaux usées des unités industrielles seront épurées spécifiquement dans chaque unité

IV.5.2. Deuxième tranche

Une extension de l'installation initiale pour répondre eaux besoins de l'année 2025, horizon où l'on prévoit une augmentation considérable du volume des rejets en eau usée.

IV.6. Description de la STEP

Le traitement par boues activées à moyenne charge est mis en œuvre dans une installation comprenant les ouvrages suivants:

IV.6.1. Bassin de réception

La station est alimentée en eaux brutes par des postes de relevage situés sur le réseau (hors prestation). Les eaux brutes de la station sont collectées dans une bache d'arrivée. Le niveau liquide dans la bache d'arrivée des eaux brutes est de 11 m.

IV.6.2. Prétraitement & Traitement primaire

Les eaux brutes sont ensuite dirigées vers les prétraitements. Les eaux brutes sont alors envoyées sur un étage de dégrillage fin automatique puis passent ensuite dans les ouvrages de dessablage-déshuilage. Les eaux prétraitées sont ensuite envoyées vers les décanteurs primaires pour subir une décantation.

IV.6.3. Traitement biologique

Les eaux décantées sont acheminées vers les bassins d'aération où elles subissent une épuration biologique suivant le procédé des boues activées à moyenne charge. Les bassins d'aération sont équipés d'aérateurs de surface à axe vertical. Après aération, le mélange eaux-

boues activées également appelé liqueur mixte est envoyé dans les bassins de décantation secondaire où s'effectuent l'élimination des boues et récupération des eaux épurées.

IV.6.4. Désinfection des eaux épurées

Les eaux décantées s'écoulent gravitairement dans un bassin de contact où s'effectue la stérilisation au Chlore avant d'être rejetées dans affluent de l'Oued Saf-Saf).

IV.6.5. Traitement des boues

Réalisation et exploitation de la station d'épuration de la ville de **Skikda**. Les boues issues de l'épuration biologique sont dirigées vers les ouvrages de traitement des boues qui sont :

- A. Bassin de stabilisation.
- B. L'épaississeur.
- C. Les lits de séchage.

Puisque le débit de la STEP faible est discontinu il ya aucun traitement pour les boues jusqu'à maintenant.

IV.6.6. Les By-Pass

Afin de faciliter l'exploitation et les travaux d'entretien, il est prévu les by passe suivants:

- A. By passe du dégrillage mécanique fin.
- B. By passe permettant de court circuiter le traitement biologique
- C. By passe de la décantation secondaire.
- D. By passe général.

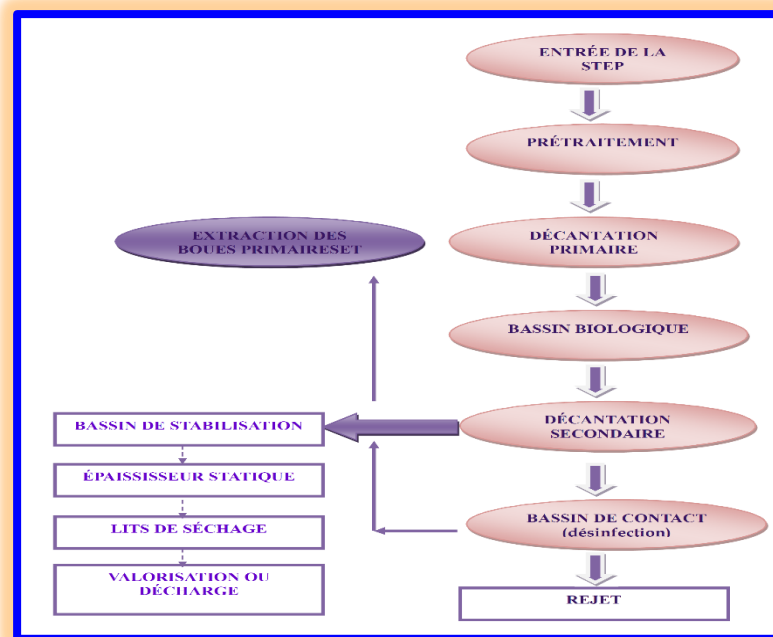


Figure. IV.4. Schéma de Fonctionnement de la station D'épuration des eaux usées Skikda

IV.7.2. Dégrillage Grossier

Matériau acier ordinaire revêtu d'époxy assurant la remontée manuelle des déchets



Figure IV.7. Dégrillage Grossier

Tableau IV.2. Dimensionnement et caractéristiques du dégrillage grossier

caractéristique	valeur
Largeur de la grille	BG = 2.27 m
Épaisseur des barreaux	e = 10 mm
Espacement des barreaux	E = 50 mm
Nombre des barreaux de la grille	n = 38 barreaux
Coefficient de colmatage	k = 1.05
Hauteur d'eau avant la grille	h = 0.75 m
Vitesse maximum de passage d'eau à travers la grille	v = 0.8 m/s
Perte de charge à débit maximal	h = 0.008 m

IV.7.3. Dégrillage fin



Figure IV.8. Dégrillage Fin

Matériau acier ordinaire revêtu d'époxy pour assurer la remontée des déchets par râpeaux fixés départ et d'autre. Cordeau tomographique par horloge pour le nombre de démarrage par jour et heure pour la durée de chaque fonctionnement.

Tableau IV.3. Dimensionnement et caractéristiques du dégrillage fin

caractéristique	valeur
Largeur de la grille	Bg = 1.15 m
Épaisseur des barreaux	e = 10 mm
Espacement des barreaux	E = 25 mm
Nombre des barreaux de la grille	n = 38 barreaux
Coefficient de colmatage	k = 1.05
Hauteur d'eau	h = 0.9 m
Vitesse maximum de passage d'eau à travers la grille	v = 0.9 m/s
Perte de charge maximum à travers la grille	h = 0.3 m

IV.7.4. Dessablage & Déshuilage



Figure IV.9. Dessablage & Déshuilage

Deux ouvrages longitudinaux en béton armé de section acutangulaire dimensionnés pour accepter le débit de pointe en temps sec de $3842 \text{ m}^3/\text{h}$. L'ouvrage comprend une zone aérée (insufflation d'air par le bas) et un compartiment. Il retient le sable de granulométrie supérieure à 0.20 mm .

Tableau IV.4. Dimensionnement et caractéristiques du dessablage-déshuilage

Caractéristique	Valeur
Débit de pointe dans chaque ouvrage	Q = $3066.4 \text{ m}^3/\text{h}$
Débit moyen	Q _{moy} = $1916.5 \text{ m}^3/\text{h}$
Charge superficielle au débit moyen	C = $15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
Charge superficielle limite au débit de pointe	C = $25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$
Nombre d'ouvrages	Nb = 2
Surface unitaire du plan d'eau	S = 64 m^2
Longueur	L = 20 m
Largeur totale	Bg = 4m
Profondeur	H = 2.5m
Volume unitaire utile	V = 200 m^3
Temps de séjour minimum	Ts = 5mn
Temps de séjour au débit de pointe	Ts = 7.83 mn
Temps de séjour au débit moyen	Ts = 12.5 mn

IV.7.5. Décanteur Primaire

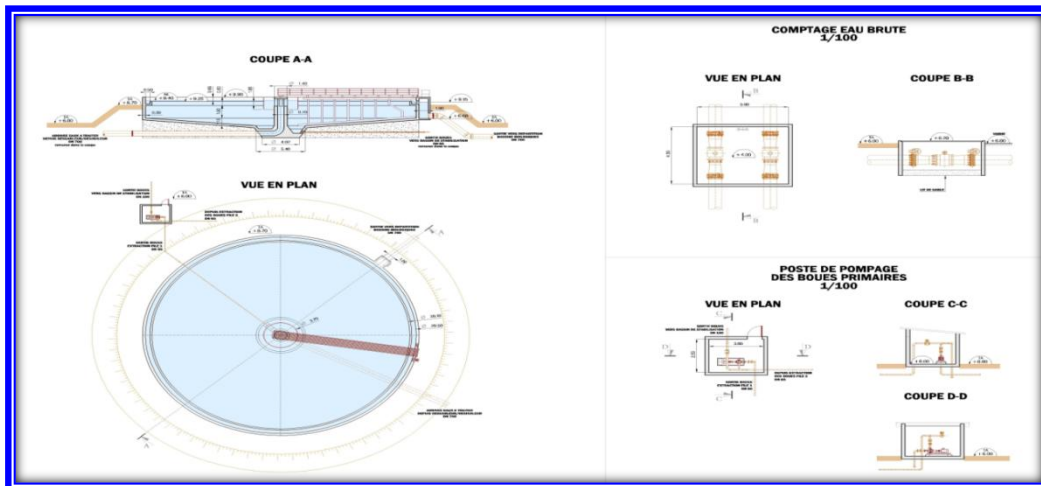


Figure IV.10. Schéma du décanteur primaire



Figure IV.11. Décanteur Primaire

Tableau IV.5. Dimensionnement et Caractéristiques du décanteur primaire.

Caractéristique	Valeur
Nombre de décanteurs	Nb = 2
Diamètre	D = 29.5 m
Volume de l'ouvrage	2400 m ³
largeur des goulottes des eaux décantées	L=0.5 m
Surface unitaire utile	S = 627 m ²
Hauteur d'eau partie cylindro-conique	H = 1.15 m
Hauteur cylindrique d'eau	H = 2.5 m
Vitesse ascensionnelle en pointe	U ₀ = 2.5 m/h
Vitesse ascensionnelle au débit de pointe	2.49 m ³ /m ² .h
Vitesse ascensionnelle au débit moyen	1.59 m ³ /m ² .h
Temps de séjour au débit de pointe	Ts = 1.34 mn
Temps de séjour au débit moyen	Ts = 2.12 mn
Pente radié	1/10

IV.8. Traitement biologique

IV.8.1. Bassin d'aération



Figure IV.12. Bassin d'aération avec les turbines en marche et en arrêt

Tableau IV.6. Dimensionnement et Caractéristiques du bassin d'aération

Caractéristique	Valeur
Nombre des bassins	Nb = 2
Volume unitaire	$v = 4500 \text{ m}^3$
volume total des bassins	$v = 9020 \text{ m}^3$
Largeur	L = 30 m
Longueur	l = 30 m
Hauteur	H = 5 m
Surface horizontale d'un bassin	S = 900 m^2
Quantité de MVS (Concentration des boues)	$q = 3 \text{ à } 3.5 \text{ g/L}$
Charge massique	$C_m = 0.35 \text{ kg DBO}_5 / \text{Kg MVS}$
Charge volumique	$C_v = 1.16 \text{ kg DBO}_5 / \text{m}^3 / \text{j}$
Pollution journalière DBO5	10464 kg / j
Débit moyen journalier (hors retour interne)	$Q = 45995.7 \text{ m}^3 / \text{j}$
Concentration en DBO5	$C = 227.5 \text{ mg/l}$
matières en suspension	MES = 6899.4 kg/j
Concentration en MES	$C_{\text{MES}} = 150 \text{ mg/l}$
Nombre d'aérateur	04 (quatre par bassin)
Puissance totale installée d'un aérateur	P = 440 Kw
Puissance totale absorbée d'un aérateur	P = 360 Kw
Puissance par bassin	P = 220 Kw
puissance d'un aérateur	P = 55 Kw
Puissance spécifique de brassage	$P = 20 \text{ W/m}^3$
capacité d'oxygénation d'un aérateur	$1.9 \text{ kg O}_2 / \text{Kwh}$
Quantité d'oxygène fournie	850 kg O ₂ /h
Temps de séjour au débit moyen	$T_s = 4.7 \text{ heures}$
Temps de séjour au débit de pointe	$T_s = 2.93 \text{ h}$

Deux bassins d'aération carrés Chaque bassin est composé de:

- A. Deux réducteurs
- B. Un accouplement
- C. Une plaque d'assise
- D. Un analyseur d'oxygène dissous ; ce dernier permet l'asservissement des aérateurs et les mesures d'oxygène sont transmises à la salle de contrôle.

IV.8.2. Clarificateurs ou Décanteurs secondaires



Figure IV.13. Un clarificateur de la STEP

Tableau IV.7. Dimensionnement et Caractéristiques du décanteur primaire

Caractéristique	Valeur
Nombre de décanteurs	Nb = 2
Diamètre	D = 29.5 m
Volume de l'ouvrage	2400 m ³
largeur des goulottes des eaux décantées	L=0.5 m
Surface unitaire utile	S = 627 m ²
Hauteur d'eau partie cylindro-conique	H = 1.15 m
Hauteur cylindrique d'eau	H = 2.5 m
Vitesse ascensionnelle en pointe	u0 = 2.5 m/h
Vitesse ascensionnelle au débit de pointe	2.49 m ³ /m ² .h
Vitesse ascensionnelle au débit moyen	1.59 m ³ /m ² .h
Temps de séjour au débit de pointe	Ts = 1.34 mn
Temps de séjour au débit moyen	Ts = 2.12 mn
Pente radié	1/10

Le clarificateur est de type circulaire-racléen béton armé. La surface de clarification est calculée pour permettre une vitesse ascensionnelle de **1.6m/h**. Les dimensions du clarificateur

sont:

- E.** Régulateur de niveau très bas pour la protection des pompes
- F.** Support de régulateurs.
- G.** Potencemobile à 180° et un palan force pour la manutention des pompes
- H.** Vannes d'isolement de recirculation des boues.

IV.9. Matériels et méthodes d'analyse physico chimique

IV.9.1. Détermination des matières en suspension (MES)

Séparation des matières en suspensions par filtration sur disque en fibre de verre puis séchage dans étuve à 105°C pendant deux heures et détermination de la matière en suspension par pesée différentielle. Le matériel utilisé:

- A.** Papier filtre.
- B.** Rampe de filtration sous vide.
- C.** Pompe à vide.
- D.** Étuve (105°C).
- E.** Dessiccateur.
- F.** Verrerie de laboratoire.
- G.** Balance de précision



Figure IV.14. Papier filtre et Étuve (105°)



Figure IV.15. Balance de précision et dessiccateur



Figure IV.16.L'équipement de filtration

Le Mode opératoire est le suivant :

- A.** Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- B.** Placer le filtre sur les verres de montre puis les sécher à l'étuve à 105°C pendant au moins 2 heures.
- C.** Laisser refroidir les filtres dans dessiccateur ou à l'air libre près de la balance quelque minute pour éviter la contamination par la poussière.
- D.** Peser le filtre sur la balance (m_0 mg).
- E.** Placer le filtre sur le système de filtration.
- F.** Filtrer un volume (Ex:V=60ml) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée.
- G.** Récupérer le filtre par des pinces et remis dans son verre de montre.
- H.** Placer le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- I.** Retirer le filtre de l'étuve et laisser s'équilibrer à température ambiante.
- J.** Peser le filtre dans la balance de précisions.

IV.9.2.Détermination de la demande biochimique en oxygène(DBO_5)

La demande biochimique en oxygène (DBO_5) est la masse d'oxygène moléculaire dissoute nécessaire aux micro-organismes pour la dégradation par oxydation de la matière organique contenue dans l'eau dans des conditions définies.

- A.** Appareil DBO_5 .
- B.** Incubateur.
- C.** Flacon coloré pour DBO_5 .
- D.** Thermomètre.



Figure IV.17.Équipement de mesure de la DBO₅

Mode de l’opérateur

- A.** Évaluer la plage de mesure de l’échantillon à analyser et choisir le volume d’échantillon
- B.** Ajuster la valeur de pH.
- C.** Mesurer exactement le volume d’échantillon à l’aide du ballon de débordement et le verser dans un flacon DBO on utilise un entonnoir.
- D.** Ajouter l’inhibiteur de nitrification
- E.** Placer un barreau d’agitation dans le flacon DBO
- F.** Remplir le joint caoutchouc avec 3-4 gouttes de solution KOH (hydroxyde de potassium) et le placer dans le flacon
- G.** Visser la sonde DBO sur les flacons
- H.** Poser l’échantillon sur le support à flacons et démarrer l’appareil.
- I.** Incuber l’échantillon selon la norme (DBO₅ à 20°C).

Tableau IV.8. Volume et dosage de l’échantillon pour la DBO₅

Plage de mesure DBO (mg/l)	Volume d’échantillon	Dosage ATH
0-40	428	10Gouttes
0-80	360	10Gouttes
0-200	244	5Gouttes
0-400	157	5Gouttes
0-800	94	3Gouttes
0-2000	56	3Gouttes
0-4000	21.7	1Gouttes

IV.9.3. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène permet d'apprécier la concentration en organique ou minérales dissoutes et en suspension dans l'eau au travers de quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matière organique avant et après un traitement physique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité de microorganismes.

- A. Thermostat.
- B. Spectrophotomètre.
- C. Micropipette.
- D. Hotter à filtration



Figure IV.18. : L'équipement de la DCO (Micropipette Spectrophotomètre et Thermostat)

- A. Ouvrir une cuvette de réaction à couvercle blanc à visser et y verser 2 ml d'eau déminéralisée (cuvette étalon).
- B. Ouvrir une deuxième cuvette de réaction à couvercle blanc à visser et y verser 2 ml d'échantillon (cuvette échantillon).
- C. Bien refermer les cuvettes avec leur couvercle respectif. Mélanger le contenu en l'agitant avec précaution. (Attention: dégagement de chaleur).
- D. Exposer pendant 2 heures les cuvettes à une température de 150°C dans le réacteur thermique préchauffé.

(Attention: les cuvettes sont brûlantes). Retirer les cuvettes du bloc chauffant et laisser refroidir jusqu'à une température de 60°C ou moins. Bien mélanger le contenu en retournant les cuvettes



Figure IV.19. Préparation d'analyse dans laboratoire de la STEP

IV.9.Conclusion

La station d'épuration de la ville de Skikda traite les eaux usées avant de les rejeter dans l'exutoire final (Oued Saf-Saf) et seront utilisées en agriculture. Dans ce chapitre on présente la STEP de Skikda et le dimensionnement et les caractéristiques de l'installation de station épuration et aussi les méthodes d'analyse par Spectrophotomètre qu'on le travail au laboratoire du STEP.

Chapitre V: Contrôle de la Qualité des Eaux Usées Brutes

V.1. Introduction

Dans la deuxième partie de notre étude nous avons procédé au contrôle de la qualité des eaux usées brutes et épurées au niveau de la STEP de Skikda. Nous avons utilisé la technique de régression linéaire multiple (MLR). Elle consiste à rechercher une équation linéaire par rapport à ses paramètres, reliant la variable à modéliser Y au vecteur d'entrées X . Nous avons sélectionné les deux principales variables caractérisant les eaux usées: la DBO_5 et la DCO. Le présent chapitre sera consacré à l'analyse des eaux brutes par les modèles MLR. Donc, l'objectif de notre travail est de développer un modèle mathématique qui permet d'estimer (prévoir) les variables DBO_5 et DCO en fonction des variables descriptives caractérisant l'eau brute à l'entrée de la STEP Hamadi Krouma (ville de Skikda).

V.2. La Régression Linéaire Multiple (RLM)

La régression linéaire multiple est une analyse statistique qui décrit les variations d'une variable endogène associée aux variations de plusieurs variables exogènes. Le modèle de régression linéaire multiple (**RLM**) est l'outil statistique le plus habituellement mis en œuvre pour l'étude des données multidimensionnelles. Cas particulier de modèle linéaire, il constitue la généralisation naturelle de la régression simple. Une variable quantitative Y dite explicite (ou encore, réponse, exogène, dépendante) est mise en relation avec n variables quantitatives $X_1 \dots X_n$ dites explicatives (ou encore de contrôle, endogènes, indépendantes, régresseurs). On écrira la relation recherchée sous la forme suivante :

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (V.1)$$

V.2.1. L'utilisation la régression Linéaire multiple

La régression linéaire multiple peut être utilisée à:

- Pour estimer la relation entre une variable dépendante ou expliquée $\{Y\}$ et plusieurs variables indépendantes ou explicatives (X_1, X_2, \dots) .
- Trouver la meilleure équation linéaire de prévision (modèle) et en évaluer la précision et la signification.
- Estimer la contribution relative de deux ou plusieurs variables explicatives sur la variation d'une variable à expliquer, déceler l'effet complémentaire ou au contraire, antagoniste entre diverses variables explicatives ; Juger de l'importance relative de plusieurs variables explicatives sur une variable dépendante en lien avec une théorie causale sous-jacente à la recherche (**Lamda et Filali 2013**).
- **Le Calage ou apprentissage (Training):** consiste à trouver le jeu de paramètres qui conduit à la meilleure approximation possible de la fonction de régression, à partir des couples entrées / sorties constituant l'*ensemble d'apprentissage*. Le plus souvent, ces couples sont constitués d'un ensemble de vecteurs de variables X_i , $\{i = 1 \dots N\}$, et d'un ensemble de mesures de la grandeur à

modéliser $\{y(X_i), i = 1 \dots N\}$. La détermination des valeurs de ces paramètres nécessite la mise en œuvre de méthodes d'optimisation qui diffèrent selon le type de modèle choisi.

- **La Validation** : l'étape de calage ne suffit cependant pas à valider les modèles et donc à s'assurer de leur « réalisme ». Il reste encore à vérifier la qualité du modèle calibré sur des séries de mesures non utilisées lors du calage. Cette validation doit être menée d'une part sur d'autres périodes sur le même bassin et d'autres parts sur d'autres sites, étape qu'on nommera Transposition.

V.2.2. Le modèle linéaire de la régression multiple

V.2.2.1. Équation de régression multiple

Cette équation précise la façon dont la variable dépendante est reliée aux variables explicatives :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon_i \tag{V.2}$$

Où $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ tous les paramètres et \mathcal{E} est un bruit aléatoire représentant le terme d'erreur.

Les termes de l'équation

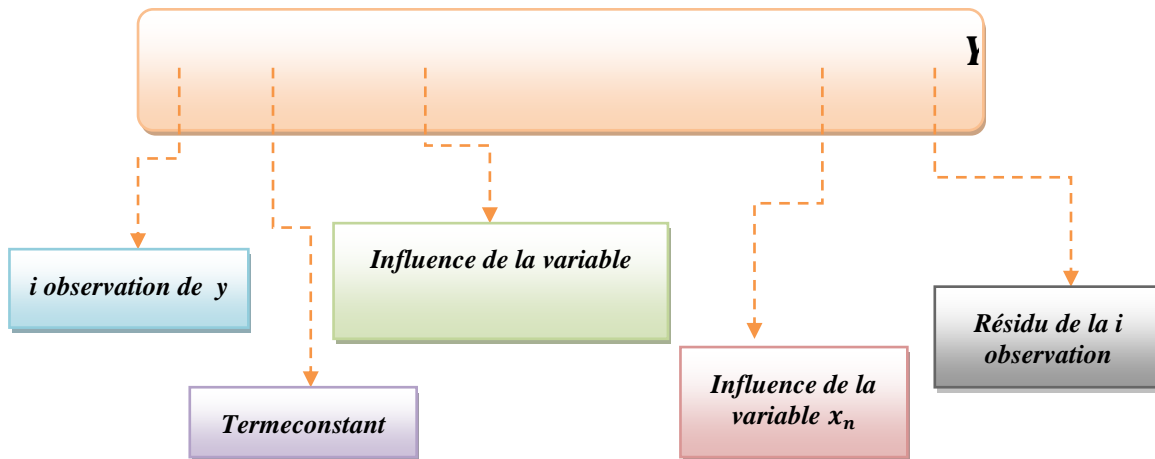


Figure V.1. Équation de régression multiple.

V.2.2.2. Présentation matricielle du modèle

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ \vdots \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{1,1} & \dots & X_{1,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1,i} & \dots & X_{i,n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \vdots \\ \varepsilon_i \end{bmatrix}$$

$$Y = XB + \varepsilon \tag{V.3}$$

Où

Y : est un vecteur aléatoire de dimension i .

X : est une matrice de taille $i \times n$ connue, appelée matrice du plan d'expérience.

B : est le vecteur de dimension p des paramètres inconnus du modèle.

ε : est le vecteur de dimension i des erreurs.

V.2.2.3. Interprétation géométrique

Le modèle général définit un hyperplan de dimension n . Nous illustrons le cas $n=2$.

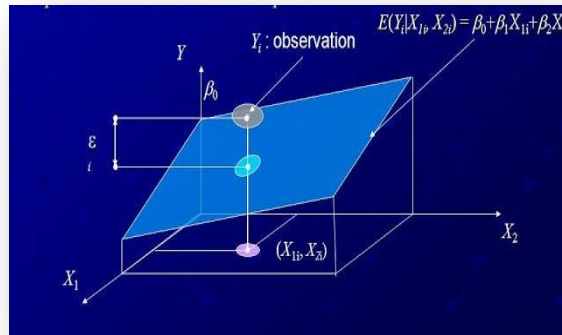


Figure V.2. Interprétation du modèle de régression linéaire multiple

V.3. Présentation du tableau Excel

Excel est un programme informatique développé et distribué par Microsoft Corp. Il s'agit d'un logiciel qui permet de réaliser des tâches comptables et financières grâce à ses applications pour créer et travailler avec des feuilles de calcul.

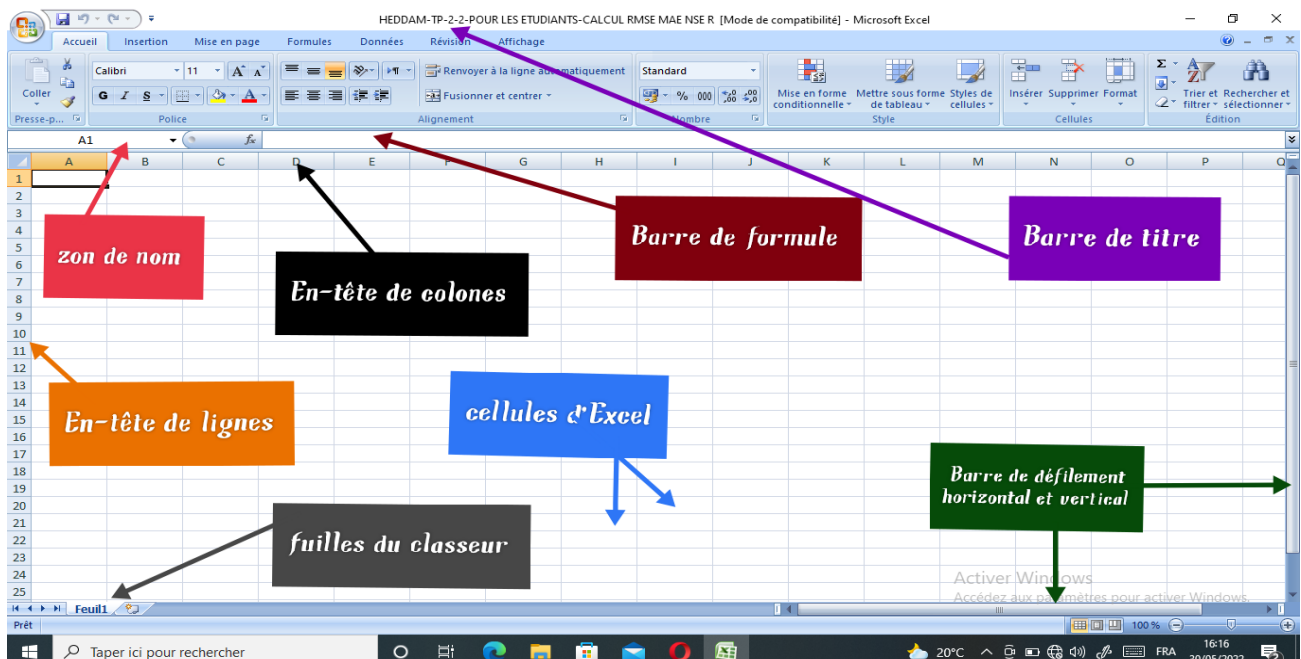


Figure V.3. L'interface Principale du logiciel Excel

V.3.1.Méthodologie de travail Statistique et Modélisation avec Excel

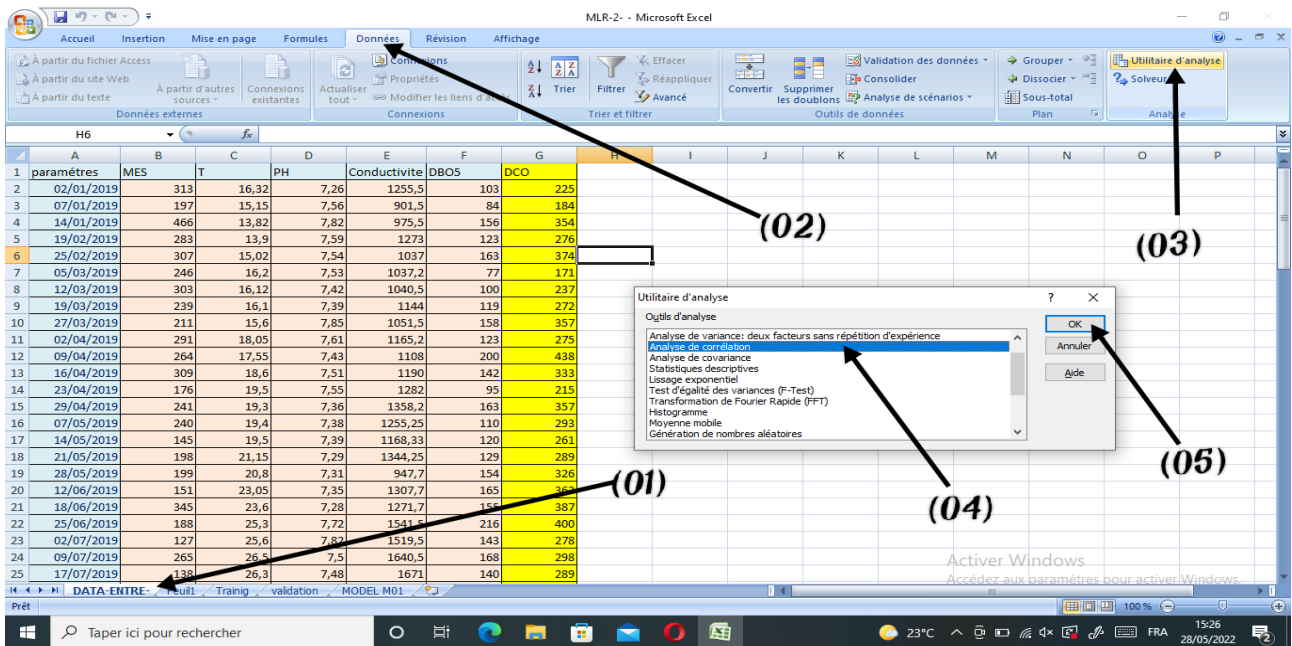


Figure V.4.Lancement de l'utilitaire d'analyse

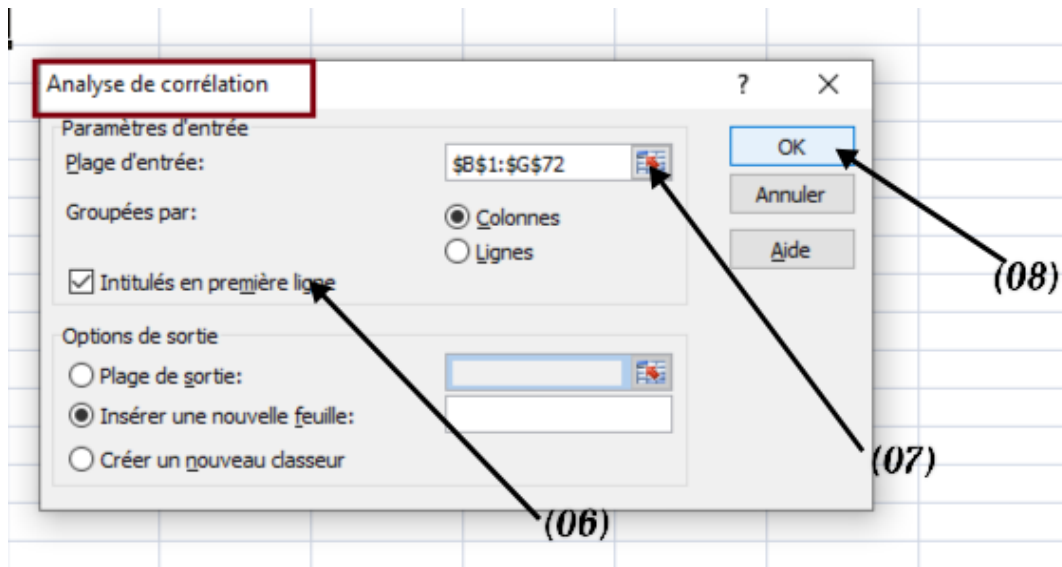


Figure V.5.Lancement de l'analyse de corrélation

	MES	T	PH	Conductivite	DBO5	DCO
MES	1					
T	-0,3031353	1				
PH	-0,13922165	-0,02521198	1			
Conductivite	-0,12314234	0,43771623	0,13673829	1		
DBO5	0,12806734	0,41452144	-0,09500659	0,10798021	1	
DCO	0,33354566	0,1997143	-0,25622561	0,01755156	0,86658956	1

Figure V.6.La matrice de corrélation pour l'ensemble des données (all data).

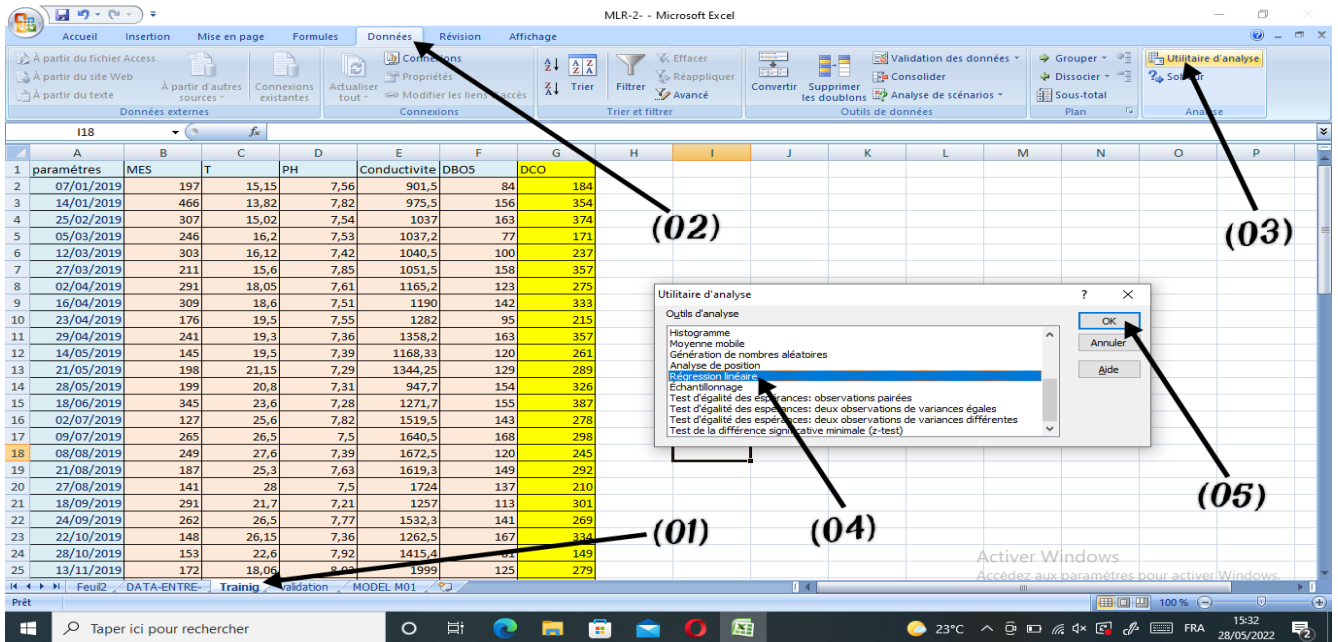


Figure V.7. Lancement de l'outil régression linéaire multiple

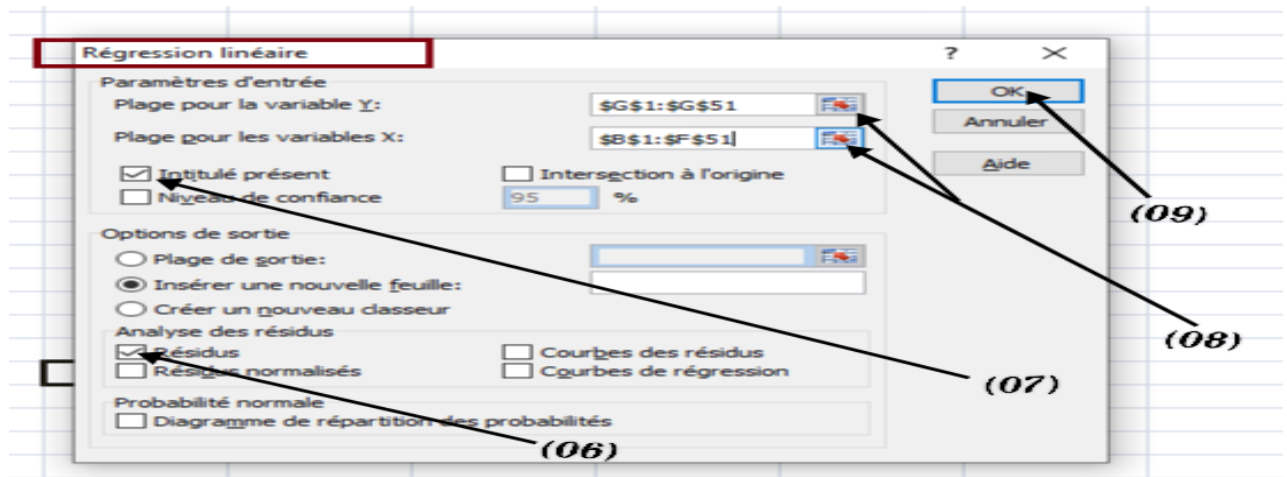


Figure V.8. Calcul des coefficients de régression linéaire multiple

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
12	Régression		5	127289,922	25457,9845	42,6846305	8,5381E-16				
13	Résidus		44	26242,4977	596,420402						
14	Total		49	153532,42							
16				Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité	pour seuil de	pour seuil de	pour seuil de	pour seuil de
17	Constante			382,8928568	146,896443	2,60654955	0,01243714	86,8425338	678,94318	86,8425338	678,94318
18	MES			0,166286169	0,03384919	2,60435827	0,01250603	0,03760658	0,29496576	0,03760658	0,29496576
19	T			-2,696044329	1,15917022	-2,32583974	0,02469883	-5,03219852	-0,35989014	-5,03219852	-0,35989014
20	PH			-46,19150327	18,2743967	-2,52766228	0,01514868	-83,0211293	-9,36187722	-83,0211293	-9,36187722
21	Conductivité			0,01166194	0,01451703	0,80332811	0,42610364	-0,01759522	0,0409191	-0,01759522	0,0409191
22	DBO5			1,913831264	0,16622919	11,5132082	7,2775E-15	1,57881835	2,24884418	1,57881835	2,24884418
26	ANALYSE DES RÉSIDUS										
27				Observation	Prévisions DCO	Résidus					
29				1	196,873461	-12,873461					
30				2	371,8392231	-17,8392231					
31				3	369,2121182	4,78788184					
32				4	191,7620882	-20,7620882					
33				5	250,5937523	-13,5937523					
34				6	327,965516	-29,034484					
35				7	280,0909301	-5,09093007					
36				8	322,8724172	-10,1275828					

Figure V.9. Affichage des valeurs calculées par le modèle MLR pour la partie apprentissage

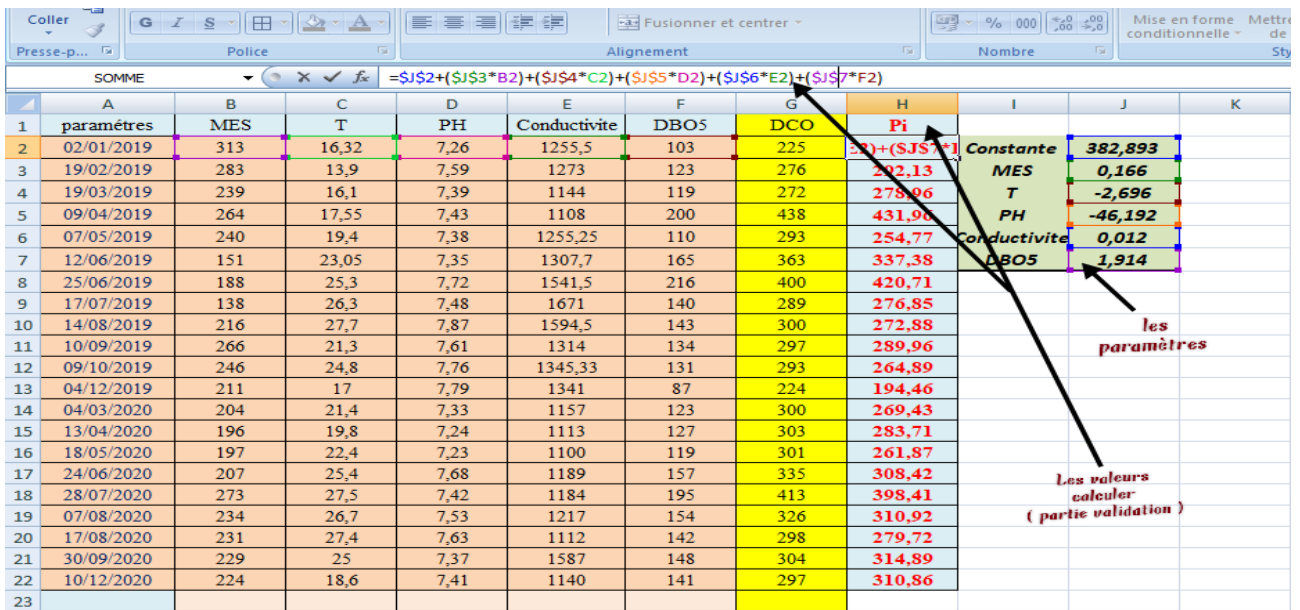


Figure V.10. Application du modèle MLR pour les données de validation.

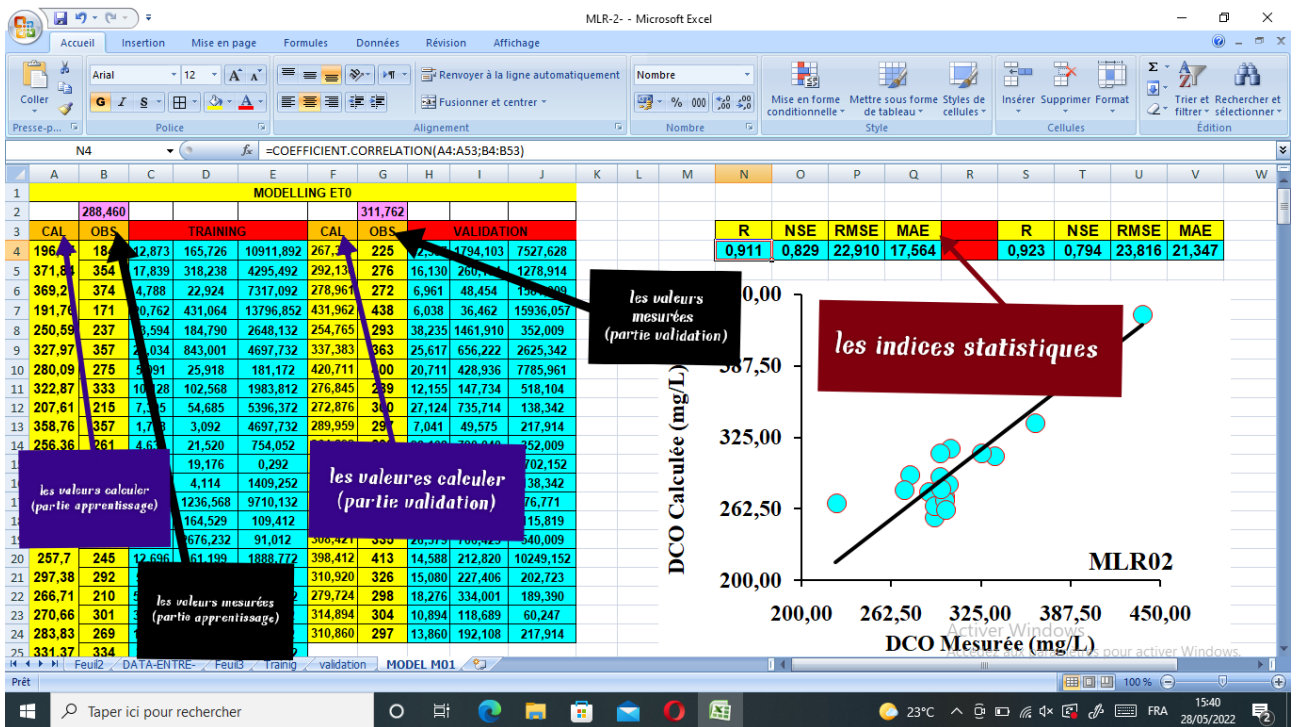


Figure V.11. Calcul des critères numérique de performances: R, NSE, RMSE et MAE.

V.4. Analyse Statistique

L'objectif de notre travail est la modélisation (la prédiction) des paramètres de pollution DBO₅, DCO, en fonction des variables descriptives caractérisant l'eau brute (entrée de la STEP). Nous deux cas d'étude:

- **Modéliser la DBO₅** en fonction de la demande chimique en oxygène (DCO), la matière en suspension (MES), la température (T°), le PH, la conductivité (CE) et l'oxygène dissous (DO). Donc le modèle est de la forme : $DBO_5 = f[DCO, MES, TE, pH, CE, DO]$.
- **Modéliser la DCO** en fonction de la demande biologique en oxygène (DBO₅), la matière en suspension (MES), la température (TE°), le PH, la conductivité (CE) et l'oxygène dissous (DO). Donc le modèle est de la forme : $DCO = f[DBO_5, MES, TE, pH, CE, DO]$.

Tableau V.1. Matrice de corrélation des eaux brutes et épurées

	MES	TE	PH	CE	DO	DCO	DBO ₅									
MES	1.000							DCO	1.000							
TE	-0.303	1.000						MES	-0.018	1.000						
PH	-0.139	-0.025	1.000					T	0.425	-0.105	1.000					
CE	-0.123	0.438	0.137	1.000				PH	-0.223	-0.011	-0.184	1.000				
DO	0.364	-0.324	0.068	0.005	1.000			CE	0.201	0.005	0.422	0.028	1.000			
DCO	0.334	0.200	-0.256	0.018	-0.134	1.000		O ₂	0.018	0.157	0.005	0.045	0.252	1.000		
DBO ₅	0.128	0.415	-0.095	0.108	-0.157	0.867	1.000	DBO ₅	0.448	0.119	0.359	-0.147	0.203	-0.029	1.000	

A total nous avons tester 12 modèles (Tableau V.2), pour chaque modèle on fait varier le nombre de variable d'entrée et on calcul que ce soit la DBO₅ ou la DCO.

Tableau V.2. Structure des modèles utilisés

N°	Modèles	Variables d'entrées (les inputs)	Output	Output
01	M1	DO, TE, pH, MES, SC, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
02	M2	TE, pH, MES, SC, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
03	M3	DO, pH, MES, SC, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
04	M4	DO, TE, pH, MES, SC	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
05	M5	pH, MES, SC, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
06	M6	DO, TE, pH, MES	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
07	M7	TE, pH, SC, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
08	M8	pH, SC, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
09	M9	MES, SC, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
10	M10	SC, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
11	M11	pH, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)
12	M12	MES, DCO	DBO ₅ (Mg/L)	DCO (Mg/L)

Les statistiques des descriptives des données utilisées pour les eaux brutes et épurées sont reportés dans les deux Tableaux V.3 et V.4 dans lesquelles nous avons:

- ✓ La valeur maximale (X_{max}) qui est la valeur la plus élevée de la série et qui correspond à la borne supérieure de la série;
- ✓ La valeur moyenne (X_{moy}) qui est égale à la somme des valeurs divisée par leur nombre;
- ✓ La valeur minimale (X_{min}) qui est la valeur la plus faible de la série et qui constitue la borne inférieure de la série;
- ✓ L'écart type (S_x) qui représente la caractéristique de dispersion la plus usuelle;
- ✓ Le coefficient de corrélation linéaire (R) permet d'illustrer la relation entre la variable et la DBO₅ et la DCO.
- ✓ Le coefficient de variation (C_v) est le rapport de l'écart-type à la moyenne. Plus la valeur de coefficient de variation est élevée plus la dispersion autour de la moyenne est grande.

Tableau V.3. Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau brute

Variables	Data	Unité	X_{mean}	X_{max}	X_{min}	S_x	C_v	R_1	R_2
<i>Eaux brutes</i>									
<i>TE</i>	Training	<i>C°</i>	21.826	8.03	7.17	0.202		0.384	0.125
	Validation	<i>C°</i>	22.043	27.7	13.9	4.327		0.473	0.377
	All data	<i>C°</i>	21.890	29.2	13.82	4.162		0.414	0.199
<i>pH</i>	Training	/	7.538	8.03	7.17	0.202		-0.193	-0.325
	Validation	/	7.498	7.87	7.23	0.189		0.123	-0.021
	All data	/	7.52	8.03	7.17	0.189		-0.095	-0.256
<i>SC</i>	Training	<i>µs/cm</i>	1231.525	1999	175.7	278.699		0.099	0.018
	Validation	<i>µs/cm</i>	1283.322	1671	1100	175.805		0.124	-0.076
	All data	<i>µs/cm</i>	1246.845	1999	175.7	252.525		0.107	0.017
<i>MES</i>	Training	<i>Mg/l</i>	219.76	466	127	62.950		0.217	0.450
	Validation	<i>Mg/l</i>	226.190	313	138	41.630		-0.122	-0.113
	All data	<i>Mg/l</i>	221.661	466	127	57.252		0.128	0.333
<i>DO</i>	Training	<i>Mg/l</i>	0.592	1.47	0.21	0.257		-0.291	-0.215
	Validation	<i>Mg/l</i>		1.66	0.31				-0.037
	All data	<i>Mg/l</i>	0.608	1.66	0.21	0.279		-0.157	-0.134
<i>DBO5</i>	Training	<i>Mg/l</i>	136.76	173	76	24.690		1	0.846
	Validation	<i>Mg/l</i>	141.761	216	87	31.896		1	0.940
	All data	<i>Mg/l</i>	138.239	216	76	26.883		1	0.866
<i>DCO</i>	Training	<i>Mg/l</i>	288.46	387	149	55.976		/	1
	Validation	<i>Mg/l</i>	311.761	438	224	53.761		/	1
	All data	<i>Mg/l</i>	295.352	438	149	55.980		/	1

[Abréviations : X_{mean} , mean ; X_{max} , maximum ; X_{min} , minimum ; S_x , standard déviation ; C_v , coefficient of variation ; R_1 : coefficient de corrélation avec DBO₅, R_2 : coefficient de corrélation avec la DCO].

D'autres part nous avons une base de donnée composée de 71 valeur enregistré durant la période allant de 02/01/2019 au 29/12/2020. Nous l'avons divisé en deux parties : la partie apprentissage (70%) et la partie validation (30%).

Tableau V.4. Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau traitée

Variables	Data	Unité	X_{mean}	X_{max}	X_{min}	S_x	C_v	R_1	R_2
<i>Eaux traitée</i>									
TE	Training	C°	21.166	27.9	13	4.268		0.280	0.305
	Validation	C°	21.470	27.5	12.3	4.433		0.502	0.677
	All data	C°	21.256	27.9	12.3	4.288		0.359	0.425
pH	Training	/	22.58	766	6.99	107.280		-0.194	-0.264
	Validation	/	7.418	8	7.12	0.176		0.299	0.005
	All data	/	18.099	766	6.99	90.027		-0.147	-0.222
SC	Training	µs/cm	1169.178	1718	929	190.053		0.195	0.189
	Validation	µs/cm	1197.437	1606.5	1009	190.357		0.219	0.200
	All data	µs/cm	1177.536	1718	929	189.224		0.202	0.200
MES	Training	Mg/l	19.406	36.33	5.33	6.580		0.205	-0.034
	Validation	Mg/l	21.997	29.66	3.33	6.128		-0.045	-0.079
	All data	Mg/l	20.172	36.33	3.33	6.516		0.119	-0.017
DO	Training	Mg/l	1.627	21	0.65	2.857		-0.005	0.080
	Validation	Mg/l	1.304	2.85	0.67	0.619		-0.265	-0.449
	All data	Mg/l	1.532	21	0.65	2.417		-0.029	0.018
DBO5	Training	Mg/l	27.6	47	8	6.372		1	/
	Validation	Mg/l	27.904	42	9	8.774		1	/
	All data	Mg/l	27.690	47	8	7.102		1	/
DCO	Training	Mg/l	69.184	99	35.4	15.416		0.449	1
	Validation	Mg/l	74.79	99.6	32	17.485		0.457	1
	All data	Mg/l	70.842	99.6	32	16.135		0.447	1

[Abréviations : X_{mean} , mean ; X_{max} , maximum ; X_{min} , minimum ; S_x , standard déviation ; C_v , coefficient de variation ; R_1 : coefficient de corrélation avec DBO₅, R_2 : coefficient de corrélation avec la DCO].

Nous avons sélectionné quatre critères de performances: la racine carrée de l'Erreur Quadratique Moyenne (RMSE), la moyenne des erreurs (MAE), le coefficient de Corrélation (R), et le critère d'efficience de Nash-Sutcliffe(NSE). Pour les deux premiers critères (RMSE et MAE) elles doivent être proches de zéro pour avoir un meilleur modèle alors que pour les deux autres indices (R et NSE) il faut toujours chercher à avoir des modèles ayant des coefficients proches de 1.

$$R = \frac{\frac{1}{N} \sum (O_i - O_m)(P_i - P_m)}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum (O_i - O_m)^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum (P_i - P_m)^2}} \tag{V.4}$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [O_i - P_i]^2}{\sum_{i=1}^N [O_i - O_m]^2} \tag{V.5}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2} \tag{V.6}$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |O_i - P_i| \quad (V.7)$$

O_i : valeur observée et correspond à la valeur de la DBO₅ ou la DCO mesurée ; P_i : valeur de de la DBO₅ ou la DCO calculée par le modèle ; O_m : moyenne des valeurs mesurées.

V.5. Contrôle de la qualité des eaux usée brutes

V.5.1. Contrôle de la DBO₅

Pour le contrôle de la DBO₅ basé sur les modèles MLR on peut constater ce qui suit. Les performances numériques, i.e., les R, NSE, RMSE, et MAE reportés dans le Tableau V.5 indiquent que: (i) durant la phase d'apprentissage (le calage des modèles) tous les modèles qui utilisent la DCO comme variable d'entrée ont données de très bon résultats, (ii) les deux modèles MLR4 et MLR6 ont donnés de faible performances étant donné que la DCO a été exclu des entrées, (iii) le meilleur modèle était le MLR1 qui utilise tous les variables comme entrées (i.e., pH, TE, CE, DO et la DCO) avec les meilleure performances numériques R, NSE, RMSE, MAE, qui étaient de l'ordre de 0.906, 0.881, 10.371 et 8.116. En phase de validation, les performances étaient meilleures par rapport à la phase d'apprentissage et la même remarque est signalé concernant les faibles performances qui ont été obtenus avec les deux modèles MLR4 et MLR6. Le meilleur coefficient de corrélation R a été obtenu avec le modèle MLR8 (R=0.957) alors que les RMSE et MAE les plus faibles ont été obtenus avec le modèle MLR5 et MLR3, respectivement. D'une façon générale, les deux variables DBO₅ et DCO peut être exprimé par un modèle MLR d'une façon très acceptable.

Tableau V.5. Résultats obtenus par les modèles MLR & DBO₅ (Eau Brutes)

Models	Training				Validation			
	R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	0.906	0.881	10.371	8.116	0.930	0.840	12.465	10.444
MLR2	0.905	0.820	10.372	8.126	0.930	0.837	12.574	10.500
MLR3	0.872	0.760	11.969	8.884	0.943	0.826	12.995	9.787
MLR4	0.599	0.359	19.570	15.445	0.268	-0.015	31.356	20.994
MLR5	0.871	0.759	11.981	8.947	0.946	0.831	12.788	9.705
MLR6	0.593	0.351	19.683	15.149	0.256	-0.005	31.206	20.727
MLR7	0.903	0.816	10.491	8.243	0.925	0.829	12.869	10.531
MLR8	0.854	0.730	12.708	9.949	0.957	0.806	13.706	10.244
MLR9	0.868	0.754	12.127	1.487	0.939	0.810	13.558	9.862
MLR10	0.851	0.723	12.855	9.912	0.951	0.533	21.261	17.598
MLR11	0.851	0.724	12.844	10.090	0.950	0.802	13.866	10.314
MLR12	0.866	0.835	12.225	9.062	0.933	0.806	13.719	9.762

Finalement, on présente les résultats pour tous les modèles sous forme graphique. Sur la Figure V.12 nous présentons les courbes Scatterplots sur lesquelles on peut facilement constater que les deux modèles MLR4 et MLR6 étaient les plus faibles avec une capacité d'ajustement médiocre. En plus, sur la Figure V.13 nous présentons une comparaison entre les valeurs mesurer et calculer de la DBO₅.

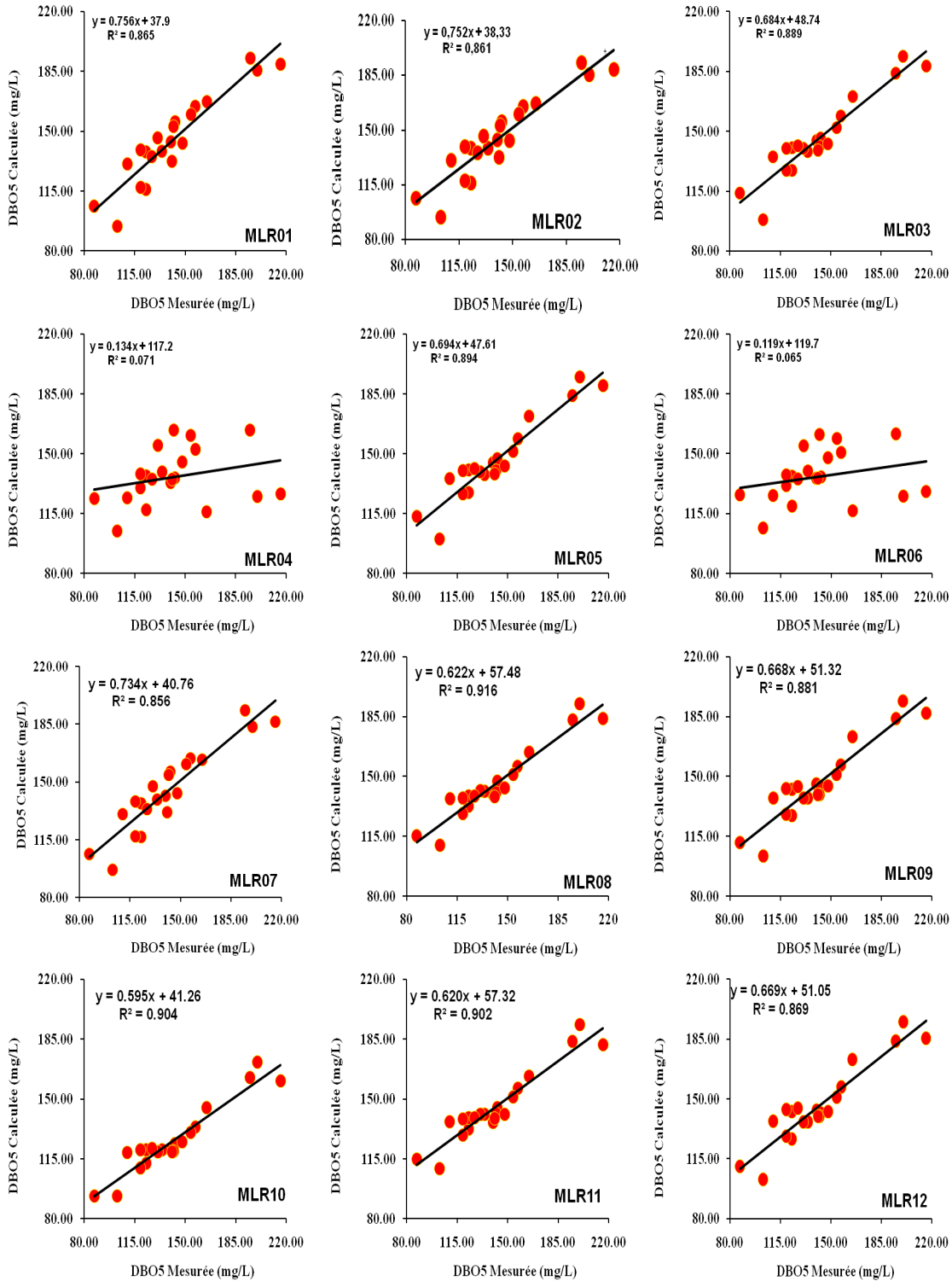


Figure V.12. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la DBO₅ des eaux usées brutes à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)

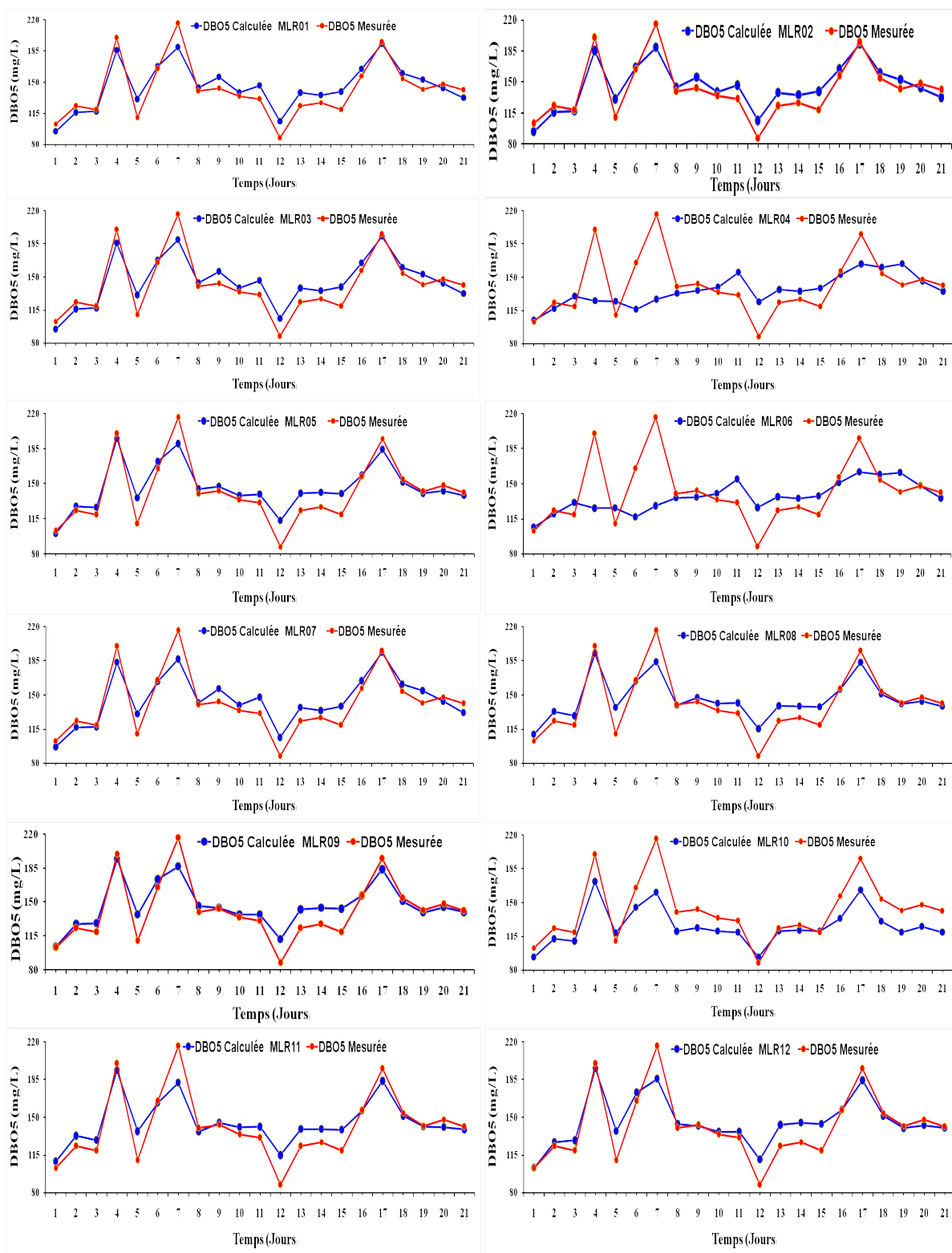


Figure V.13. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de LA DBO₅ des eaux usées brutes à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)

V.5.1. Contrôle de la DCO

Pour le contrôle de la DCO nous avons gardé la même structure des modèles (12 modèles) sauf que la DBO₅ est considéré comme une input pour modéliser la DCO. Les résultats obtenus sont reportés dans le Tableau V.4. Les mêmes remarques obtenues avec la DBO₅ sont à signaler pour la DCO. Tous les modèles ont donné de très bon performances à l'exception des deux modèles MLR4 et MLR6 pour lesquelles la DBO₅ n'a pas été incluse comme variable d'entrée. En phase d'apprentissage, le modèle MLR ayant cinq entrées à donner les meilleures performances avec R, NSE, RMSE, et MAE de l'ordre de 0.915, 0.838, 22.319, et 17.351, respectivement, alors qu'en phase de validation les meilleures R et NSE values sont obtenus avec le modèle MLR8, i.e., 0.954 et 0.910, respectivement. Grosso-modo, on peut conclure qu'en présence la DBO₅ on peut estimer la DCO avec un simple modèle de régression en faisant une combinaison avec les autres variables caractérisant l'eau brute. Les résultats sont aussi représentés graphiquement avec les courbes Scatterplots et les courbes de variation sur les deux Figures V.14 et V.15.

Tableau V.4 Résultats obtenus par les modèles MLR & DCO (Eau Brutes)

Models	Training				Validation			
	R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	0.915	0.838	22.319	17.351	0.943	0.879	18.235	15.354
MLR2	0.911	0.829	22.910	17.564	0.923	0.794	23.816	21.347
MLR3	0.903	0.816	23.784	18.212	0.938	0.814	22.639	17.760
MLR4	0.650	0.420	42.120	34.50	0.08	-0.400	62.140	39.15
MLR5	0.899	0.808	24.277	18.416	0.937	0.821	22.213	17.972
MLR6	0.650	0.422	42.130	34.415	0.067	-0.401	62.091	39.235
MLR7	0.896	0.975	24.612	18.734	0.923	0.980	25.084	22.122
MLR8	0.864	0.967	27.931	21.428	0.954	0.910	21.464	18.109
MLR9	0.890	0.792	25.288	19.223	0.928	0.783	24.443	18.617
MLR10	0.849	0.721	29.284	20.880	0.947	0.784	24.378	18.328
MLR11	0.849	0.721	29.284	20.880	0.947	0.784	24.378	18.328
MLR12	0.849	0.721	29.284	20.880	0.947	0.784	24.378	18.328

Les deux figures montrent clairement que la DCO est estimé avec une grande précision avec la majorité des modèles à l'exception des deux modèles MLR4 et MLR6 pour lesquelles les points sont très dispersés.

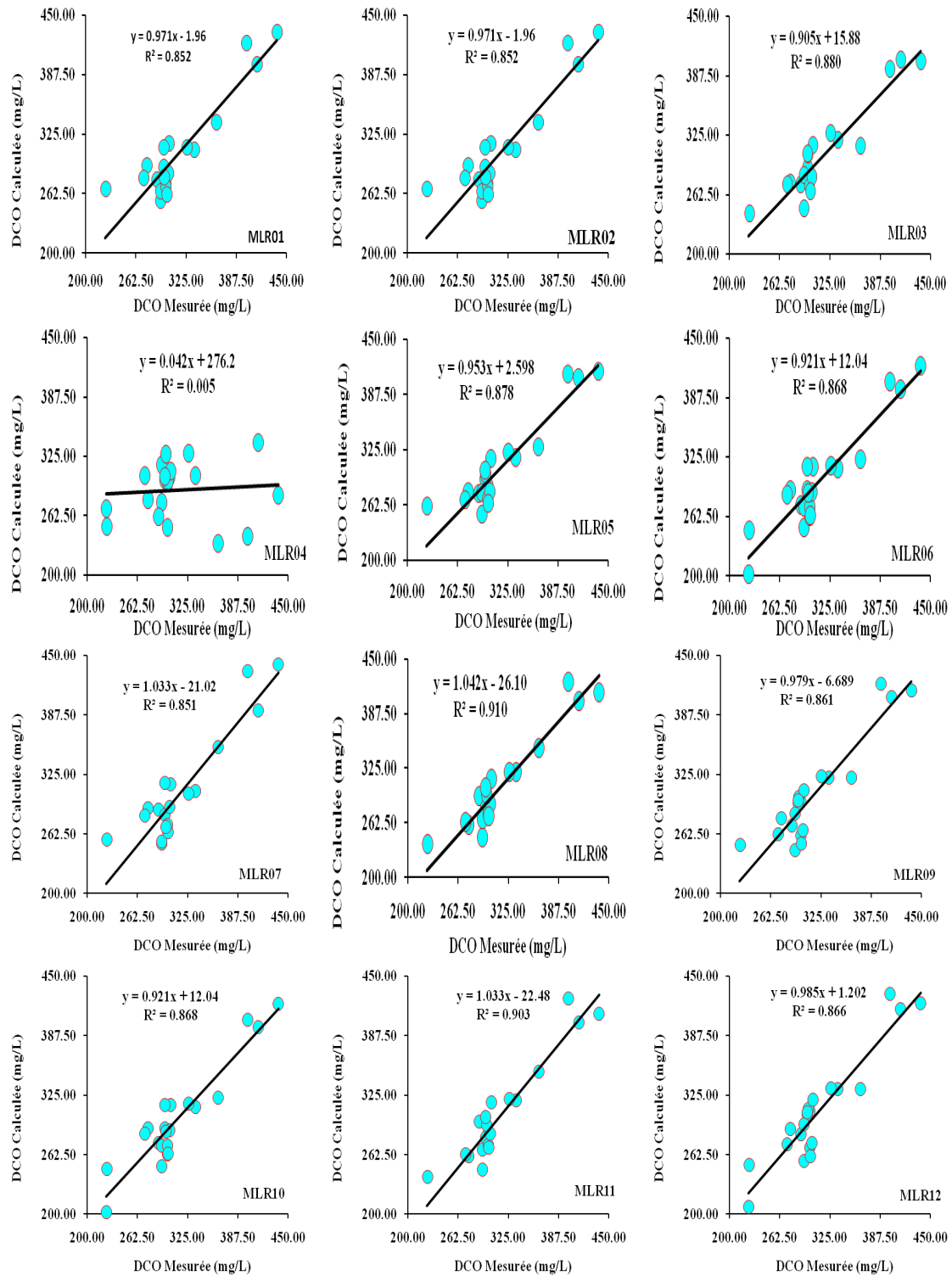


Figure V.14. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la DCO des eaux Usées brutes à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)



Figure V.15. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la DCO des eaux usées brutes à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation).

V.6. Conclusion

Dans le présent chapitre nous avons en premier lieu présentés les données que nous avons collectés au niveau de la station d'épuration de Skikda, en second lieu nous avons présentés l'outil statistique que nous avons utilisés, i.e., Excel, pour le développement des modèles à base de régression linéaire multiple (MLR). Aussi, nous avons expliqué l'approche adopté pour le contrôle des deux variables caractérisant les eaux usées, i.e., la DBO₅ et la DCO. L'approche de modélisation que nous avons adoptée nous a permis de conclure qu'il est possible de prédire les deux variables DBO₅ et DCO avec une grande précision. Cependant une exception est à signalé et qu'en absence de l'une ou de l'autre variable, i.e., DBO₅ ou DCO, il était très difficile d'obtenir d'excellent performances numérique ce qui nous conduit à conclure que, en absence des mesures directe au niveau de la station il serait très délicat de proposer des alternatives à base de modélisation.

Chapitre VI: Contrôle de la Qualité des Eaux Usées Épurées

VI.1. Introduction

Dans le présent chapitre nous présentons les résultats obtenus avec les modèles MLR appliquer pour le contrôle de la DBO5 et la DCO des eaux usées épurées. Nous avons gardés la même structure avec douze modèles, et les résultats sont évalués en termes numérique et graphique.

VI.2. Contrôle de la qualité des eaux usée Épurées

VI.2.1. Contrôle de la DCO

Pour le contrôle de la DCO ([Tableau VI.1](#)), nous remarquons qu'aucun modèle n'a abouti à de bon résultats quel que soit le nombre et le type des variables d'entrée utilisés. En phase d'apprentissage, les valeurs des coefficient R varient de 0.374 à 0.570, avec une valeur maximale obtenu avec le modèle MLR1. Les valeurs du coefficient NSE varient de 0.140 à 0.278, qui sont des très faibles valeurs. Pour les critères numériques de l'erreur on remarque que : (i) les valeurs des RMSE sont très élevées et elles varient de 12.966 comme valeur minimale à 14.121 comme valeur maximale, et (ii) les valeurs des MAE sont aussi très élevées et elles varient de 10.239 comme valeur minimale à 11.2441 comme valeur maximale. En phase de validation, les performances des modèles ont encore détérioré pour atteindre des valeurs médiocres, ce qui reflète la faible capacité des modèles à prédire correctement les valeurs des DCO mesurer. Les figures VI.1 et VI.2 confirment les résultats numériques avec une visualisation du nuage de points très dispersés.

Tableau VI .1. Résultats obtenus par les modèles MLR & DCO (Eau Usées Épurées)

Models	Training				Validation			
	R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	0.570	0.278	12.966	10.239	0.536	0.178	15.471	12.176
MLR2	0.521	0.271	13.031	10.403	0.543	0.198	15.285	11.978
MLR3	0.519	0.269	13.047	10.368	0.460	0.093	16.248	13.026
MLR4	0.379	0.144	14.121	11.074	0.647	0.152	15.710	13.174
MLR5	0.512	0.263	13.105	10.513	0.470	0.116	16.046	12.802
MLR6	0.374	0.140	14.154	11.052	0.673	0.163	15.612	12.890
MLR7	0.511	0.261	13.116	10.657	0.560	0.237	14.902	11.757
MLR8	0.527	0.278	12.966	10.239	0.536	0.178	15.471	12.176
MLR9	0.527	0.278	12.966	10.239	0.536	0.178	15.471	12.176
MLR10	0.461	0.212	13.543	11.244	0.468	0.126	15.957	12.793
MLR11	0.484	0.234	13.356	10.828	0.458	0.125	15.960	12.702
MLR12	0.468	0.219	13.490	10.730	0.461	0.069	16.468	12.781

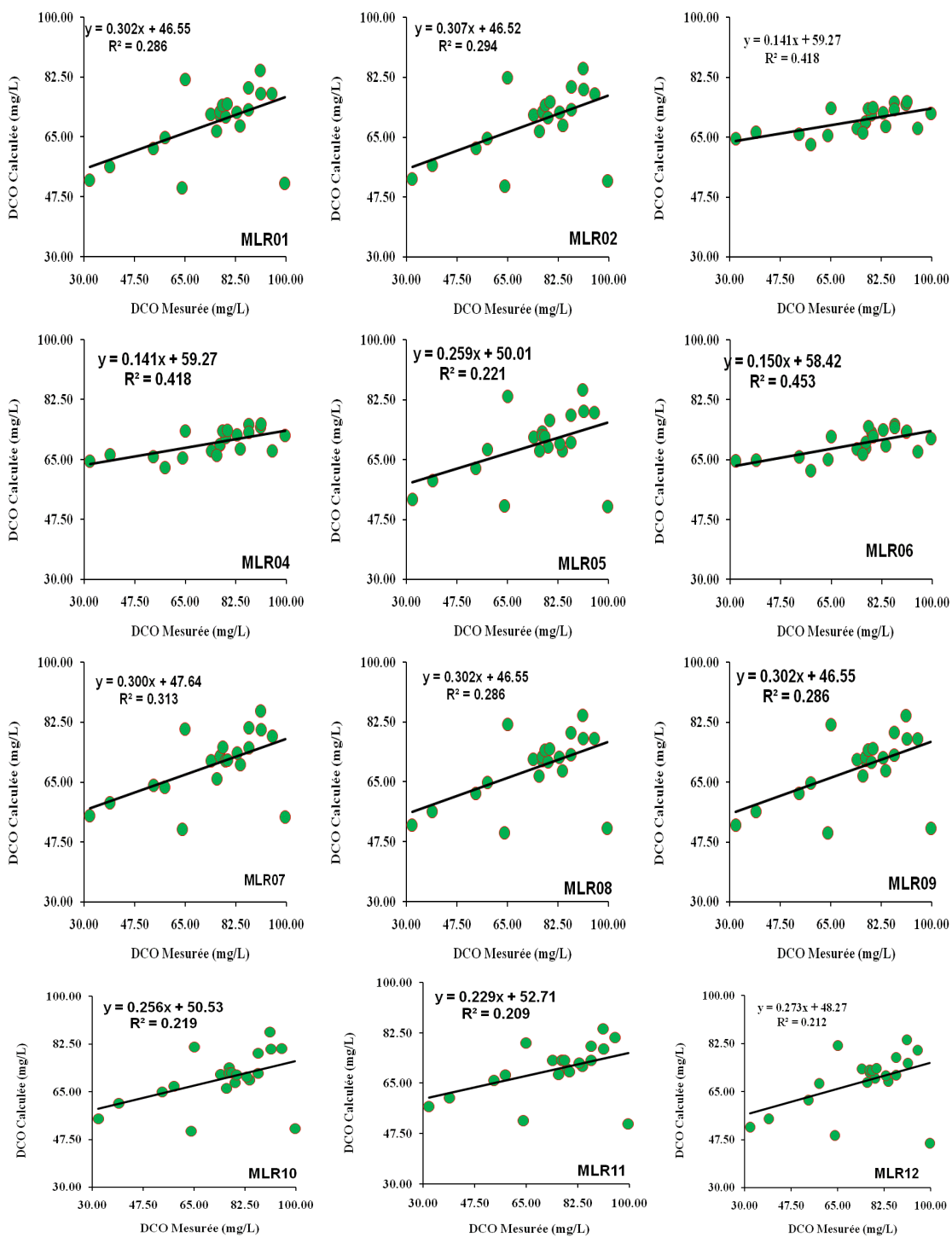


Figure VI.1. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de La DCO des eaux Usées épuré à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation).

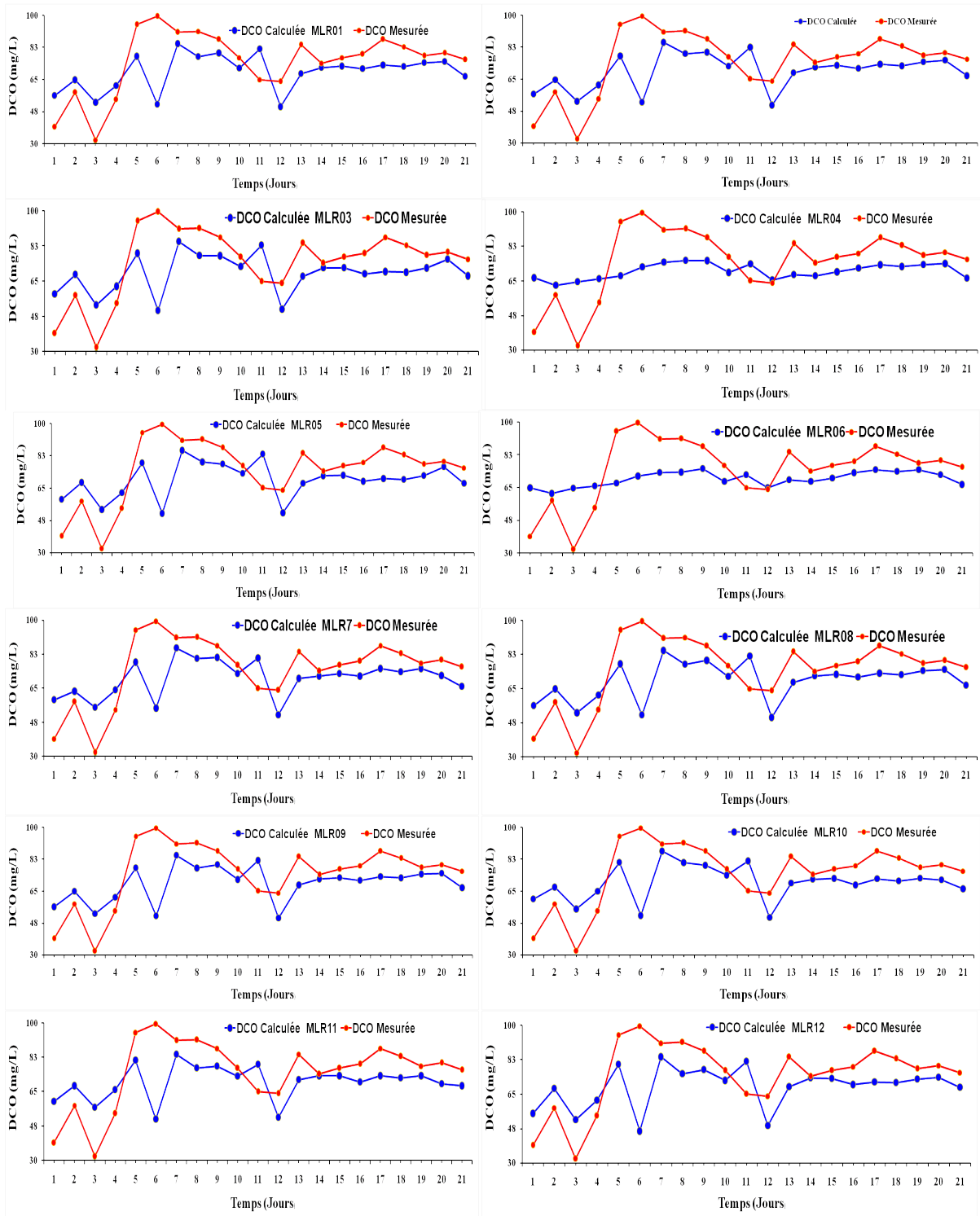


Figure VI.2. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la DCO des eaux Usées épuré à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation).

VI .2.2 Contrôle de la DBO₅

Pour le contrôle de la DBO₅ (Tableau VI.2), nous remarquons qu'aucun modèle n'a abouti à de bon résultats quel que soit le nombre et le type des variables d'entrée utilisés. En phase d'apprentissage, les valeurs des coefficient R varient de 0.398 à 0.544, avec une valeur maximale obtenu avec le modèle MLR1. Les valeurs du coefficient NSE varient de 0.158 à 0.287, qui sont des très faibles valeurs. Pour les critères numériques de l'erreur on remarque que : (i) les valeurs des RMSE sont très élevées et elles varient de 5.292 comme valeur minimale à 5.787 comme valeur maximale, et (ii) les valeurs des MAE sont aussi très élevées et elles varient de 3.292 comme valeur minimale à 3.689 comme valeur maximale. En phase de validation, les performances des modèles ont encore détérioré pour atteindre des valeurs médiocres, ce qui reflète la faible capacité des modèles à prédire correctement les valeurs des DCO mesurer. Les figures VI.3 et VI.4 confirment les résultats numériques avec une visualisation du nuage de points très dispersés.

Tableau VI.2. Résultats obtenus par les modèles MLR& DBO₅ (Eaux Usées Épurées).

Models	Training				Validation			
	R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	0.544	0.265	5.292	3.292	0.477	0.222	7.678	4.856
MLR2	0.535	0.287	5.328	3.369	0.473	0.221	7.672	4.925
MLR3	0.530	0.281	5.349	3.329	0.447	0.220	7.827	4.832
MLR4	0.407	0.165	5.764	3.688	0.397	0.205	7.984	5.504
MLR5	0.519	0.269	5.392	3.449	0.439	0.215	7.834	4.854
MLR6	0.398	0.158	5.787	3.646	0.387	0.202	7.986	5.707
MLR7	0.481	0.231	5.532	3.590	0.505	0.225	7.492	4.808
MLR8	0.472	0.222	5.563	3.689	0.115	0.132	14.373	13.198
MLR9	0.512	0.262	5.421	3.549	0.441	0.218	7.813	4.822
MLR10	0.463	0.214	5.592	3.769	0.475	0.223	7.622	4.875
MLR11	0.456	0.208	5.615	3.737	0.458	0.218	7.704	4.998
MLR12	0.501	0.251	5.461	3.647	0.420	0.216	7.883	5.072

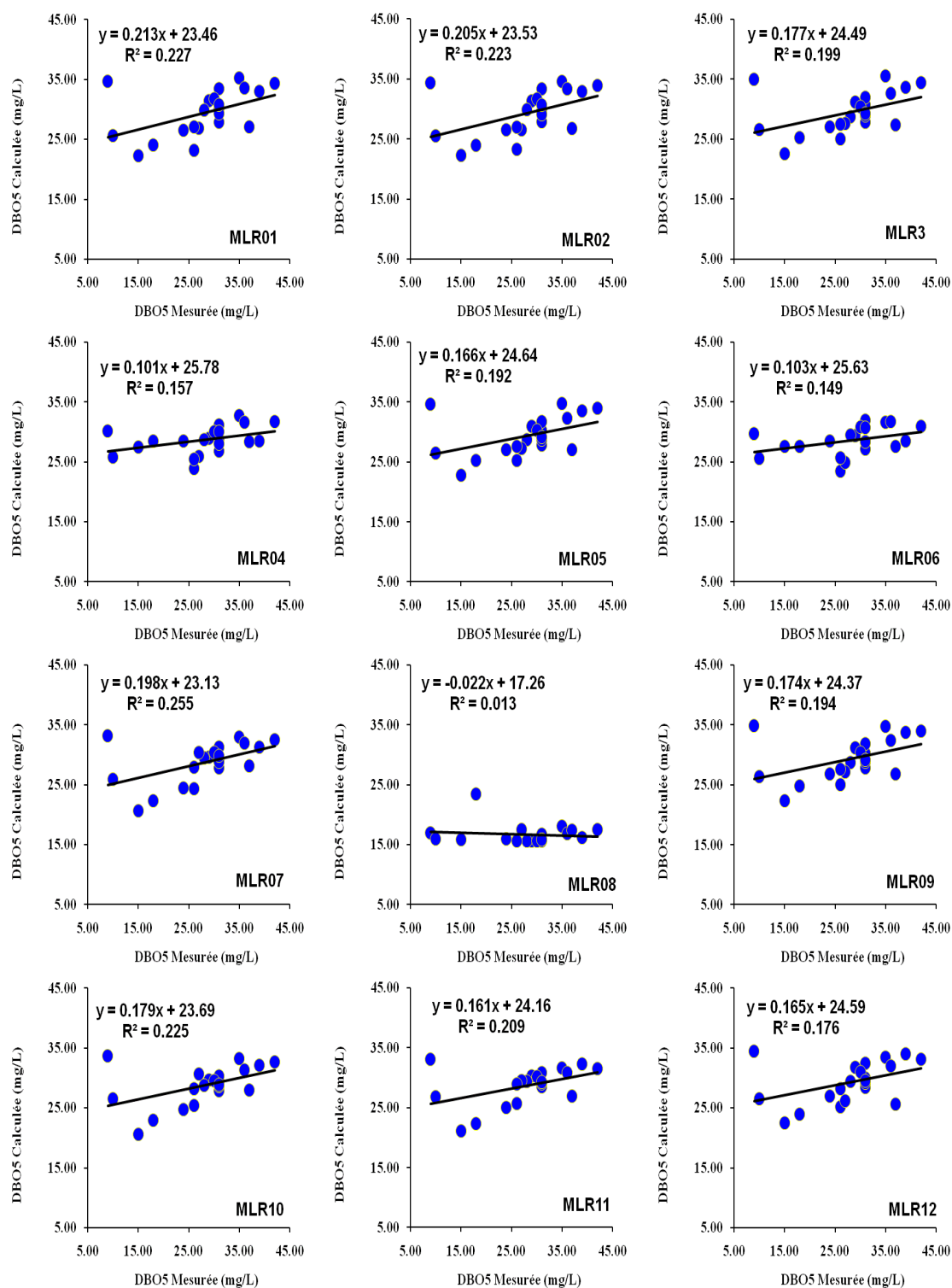


Figure VI.3. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de LA DBO₅ des eaux Usées épuré à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation).

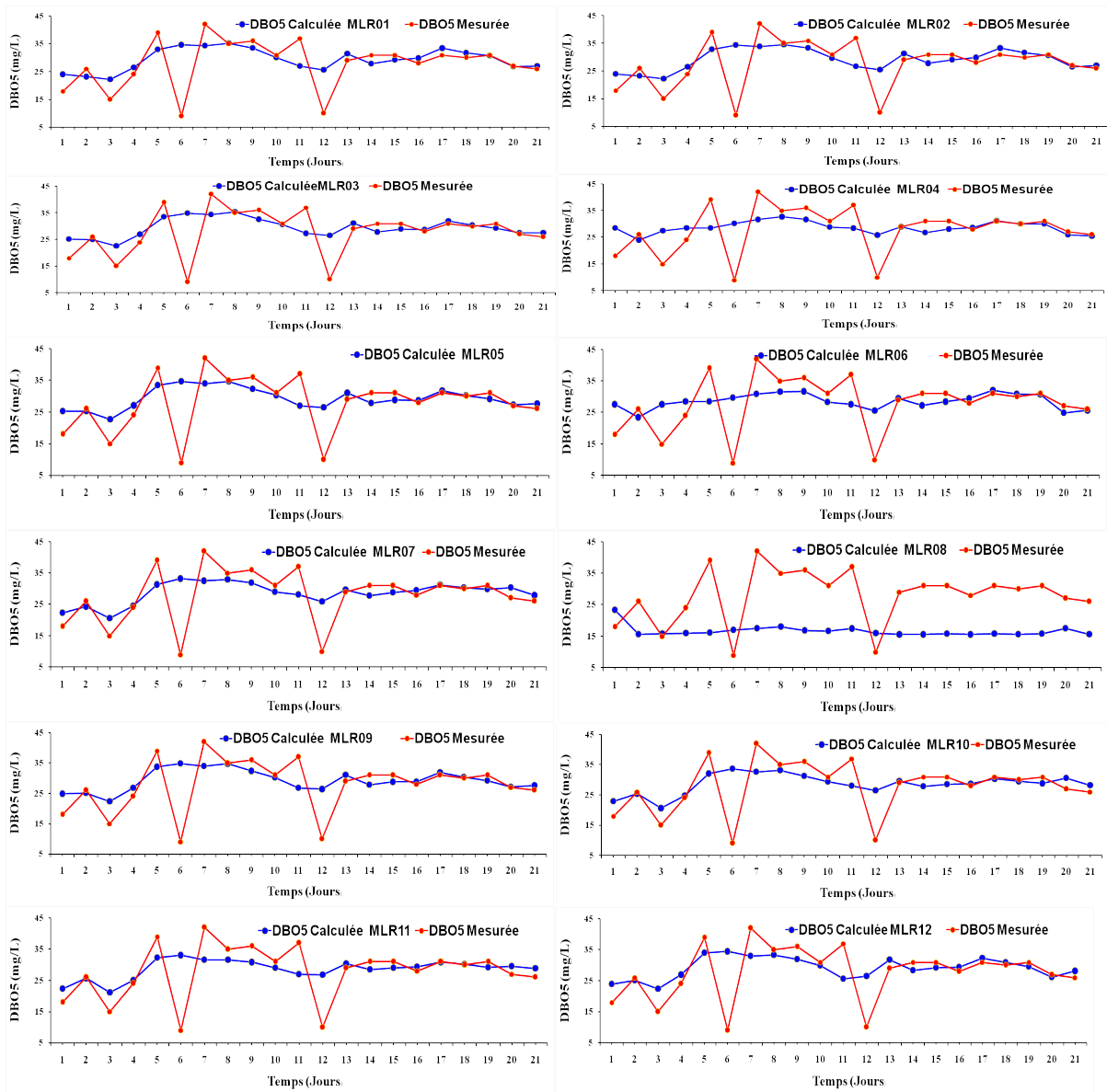


Figure V.4. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de LA DBO₅ des eaux Usées épuré à l'échelle journalière STEP Skikda (phase de validation)

VI.3. Conclusion

Le présent chapitre a fait l'objet d'analyse statistique à base de modélisation en utilisant les modèles à base de régression linéaire multiple (MLR). Sur la base des résultats obtenus et pour les deux variables analyser: la DBO₅ et la DCO, on peut conclure que, contrairement aux résultats obtenus avec les eaux brutes, il est très difficile de modéliser que ce soit la DBO₅ ou la DCO et cela malgré l'utilisation de plusieurs variables comme entrées des modèles. Pour le moment et ce stade d'analyse il sera difficile de justifier les résultats obtenus en absence d'une longue série d'observations, et des conclusions solides nécessitent d'autres analyse plus profonds.

Conclusion Générale

Le traitement des eaux usées est un processus important pour combler la pénurie d'eau d'une part et pour préserver les risques résultant du rejet de cette eau dans les cours d'eau naturelles, avec leurs graves dommages à la santé humaine et à l'environnement en général. La réutilisation des eaux usées à des fins agricoles comme à avoir une ampleur ces dernières années. À la lumière des résultats obtenus dans notre présent travail on conclure ce qui suit:

1. Il est difficile de confirmer à 100% que la STEP de Skikda est opérationnelle à 100%, vue que nous n'avons pas reçu toutes les informations nécessaires durant la période de stage.
2. Les eaux usées épurées et rejetées ne sont pas utilisables pour le moment à des fins agricoles ce qui n'est en accordance avec les objectifs de notre mémoire fixé au début du stage.
3. Il n'y a pas un contrôle continu et quotidien de la qualité des eaux et les mesures ne sont pas réalisées sur tous les variables.
4. Pour qui est de la simulation des variables caractérisant les eaux brutes et épurées nous avons constatés que pour les eaux brutes, il n'existe aucune corrélation entre les variables mesurées et calculer par les modèles MLR, alors que pour les eaux traitées une forte corrélation existe.
5. Pour nos recommandations, nous souhaiterons que l'état algérienne donne plus d'importance aux stations d'épuration par l'amélioration de leur système de gestion et d'exploitation et par un renforcement en termes d'équipement.

Références Bibliographiques

- Anaëlle P., (2009).** Estimation de performances épuratoires : caractérisation de boues de station d'épuration- mémoire de Master Université de Maghnia
- Asano T., (1998)** wastewater réclamation and reuse. Water quality management library pp1475.
- Attab S., (2011).** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration Haoud Berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local. mémoire de Magistère. Université d'Ouargla.
- Ayers .R.S.,(1977).**quality water for irrigation.j.Irrig.Drain.Div.,ASCE:135-154
- Baumont S., Camard J-P., Lefranc A., Franconie A., (2004).** Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p
- Biswas A.K.(1987).**Role of wastewater reuse in planning and management.In A.K.Biswas and A.Arar (Eds) Treatment and reuse of sewage effluent for irrigation.buttersworth scientific Guildford,U.K.
- Boumediene Mohammed El Amin .,(2013)** - bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration a boues activées : cas de la STEP AIN EL HOUTZ – mémoire de fin d'étude.
- Boutoux J.,** introduction à l'étude des eaux douces -eaux -naturelles -eaux usées-eaux de boisson, Édition CEBEDOC, liège, 1983
- Campos C.,(2008)**New perspectives on microbiological water control for waste water REUSE. Desalination. 218, p 34–42.
- Chelle F, Dellale M, Dewachter M, Mapakou F, Vermeij L.2005,** l'épuration des eaux :pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, pp15
d'épuration) Tunis, (2008).

- Degremont, 1978.** Mémento technique de l'eau : 8^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1200p

- Des jardins R,** le traitement des eaux, 2 ème édition ,Ed. École polytechnique de Montréal, canada, 1997,p303

- Dhaouadi H.,** Etude Traitement des eaux usées urbaines (les procédées biologiques

- FAO 2003,** l'irrigation avec des eaux usées traités :manuel d'utilisation. FAO irrigation and Drainage paper p65

- Gaujous, 1995.** La pollution des milieux aquatiques ; aide mémoire. Ed. Techniques et documentations. Lavoisier. Paris,p 220

- Grosclaude. G 1999.**l'eau :usage et polluants. Édition INRA, p210.

- Keck.G et Vernus. E 2000:** "Déchets et risque pour la santé ". Technique de l'ingénieur, paris pp2450.

- **Lamda Hilal Et Filali Samir (2013)** ; qualité des eaux usées de Sidi Marouane-wilaya de Mila-mémoire de fin d'études en vue de l'obtenir du diplôme d'ingénieur d'état.

- **Lartiges B** , Déstabilisation d'une suspension de silice colloïdale Par un sel d'aluminium relation entre les phénomènes de surface, la structure et la granulométrie des floccs, docteur de l'INPL, institut national polytechnique de Lorraine 1994. 19janvier 2015.

- Lakhdari B,** effet de coagulation -floculation sur la qualité des eaux épures de la Step de Ain El Houtz, mémoire de magister en chimie, université de tlemcen, **2011**,pp106.
- Martin G, 1979 , le problème de l'azote dans les eaux. Ed technique et documentation, paris, pp279.
- **Metahri .M,** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, **2012**, pp 172.

- Rejesk, F. 2002 :** analyse de l'eau, aspect réglementaire et technique, édition CRDP.Aquitaine,p 358
- Rejsek. F., 2002.**analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. Ed Scéren crdp aquitaine. Bordeaux. P165-170 . P183-239
- Rhoades.J.D., 1977.**Potential of using saline agricultural drainage for irrigation.In Proc.water management for irrigation and drainage.ASAE,Reno,Nevada,July 1977:85-116.
- Rodier J.,** L'analyse de l'eau naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8^{ème} Édition DUNOD. Technique, paris, 2005,pp1008-1043.
- Sophie Vandermeersch, 2006.** Diplôme d'Etudes Spécialisées en Gestion de l'Environnement, Etude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogènes. Université Libre de Bruxelles, p 18
- Tecsult.,** Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. 051453-3020.Aout 2006. Alger.
- Vaillant J.R., (1974).** Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, 413

Nom et Prénom:

Thème:

Résumé: Depuis quelques années une grande importance a été attribuée à l'épuration d'eaux usées et l'étude de la possibilité de leur réutilisation à des fins agricoles, et plusieurs pays ont fournis de grands efforts dans ce domaine. Parmi eux l'Algérie, notre pays a entamé une politique de constructions des stations d'épuration (STEP) à travers tout le territoire national. Les objectifs de la présente étude qui entre dans le cadre de la préparation de mémoire de fin d'étude de master Aménagement Hydro Agricole sont le suivi et le contrôle de la qualité des eaux brutes et épurées au niveau de la STEP SKIKDA. Dans la première phase de notre étude nous avons réalisé un stage pratique au niveau de la STEP la où nous avons pris connaissance des différents ouvrages ainsi que le processus d'épuration adopté au niveau de la STEP. Dans une deuxième phase, nous avons élaborés des modèles mathématiques à base de régression linéaire multiple (MLR) pour le contrôle de deux variables: la demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO_5) et la demande chimique en oxygène (DCO). Le modèle développé a donné de très bons résultats pour les eaux épurées alors que pour les eaux brutes les performances étaient très faibles.

ملخص:

منذ مدة ليست بالبعيدة أبدت العديد من الدول في العالم اهتمامها بمعالجة المياه القذرة و دراسة إمكانية استعمالها لأغراض زراعية , و الجزائر تعتبر من الدول الرائدة في هذا المجال حيث قامت بإنجاز عدد لا متناهي من محطات معالجة مياه الصرف الصحي. تهدف هذه الدراسة التي قمنا بها في إطار إعداد مذكرة نهاية التخرج للحصول على ماستر تهيئة المياه الفلاحية إلى مراقبة و تقييم نوعية المياه الخام الغير معالجة و كذا المعالجة على مستوى محطة معالجة مياه الصرف الصحي لمدينة سكيكدة . كمرحلة أولى أنجزنا تربص علمي ميداني على مستوى المحطة حيث تم من خلاله التعرف على مختلف منشآت و خصائص محطة المعالجة مع المراقبة اليومية لنوعية المياه. في المرحلة الثانية قمنا بإعداد نموذج رياضي مبني على الانحدار الخطي المتعدد من أجل مراقبة خاصيتان أساسيتان للمياه الخام و المعالج : الطلب البيوكيميائي للأكسجين خلال خمسة أيام (DBO_5), و الطلب الكيميائي للأكسجين (DCO). النموذج الرياضي المنجز تم تقييمه باستعمال معايير حسابية عديدة ($RMSE, MAE, NSE, R$) و باستعمال منحنيات بيانية. أثبت النتائج المحصل عليها العلاقة الوطيدة ما بين القيم المتحصل عليها في المخبر و المتحصل عليها بواسطة النموذج الرياضي بالنسبة للمياه المعالجة أما في ما يخص المياه الخام فقد كانت النتائج جد ضعيفة حيث أن النموذج الرياضي لم يتمكن من إيجاد لأي علاقة ما بين القيم المتحصل عليها في المخبر .

Mots-clés: Station d'épuration des eaux usées, Eaux brutes , Eaux épurées, DBO_5 , DCO, La régression linéaire multiple (MLR), Le Coefficient de Corrélation Linéaire (R) .

الكلمات المفتاحية: محطة معالجة المياه القذرة, مياه خام, مياه معالجة, الطلب البيوكيميائي على الأكسجين لمدة خمسة أيام, الطلب الكيميائي للأكسجين, الانحدار الخطي المتعدد, معامل الارتباط .

Année Universitaire 2021/2022

Nom et prénom : Bakouche meriem

Nom et prénom : Nouara amira

Nom et prénom : El kouti zina

Nom et prénom : Brighet khalad

Titre : Étude de la Qualité des Eaux Usées Épurées et Évaluation de la Possibilité de leur Utilisation à des Fins Agricole : Cas de la STEP de Skikda

Résumé : Depuis quelques années une grande importance a été attribuée à l'épuration d'eaux usées et l'étude de la possibilité de leur réutilisation à des fins agricoles, et plusieurs pays ont fournis de grands efforts dans ce domaine. Parmi eux l'Algérie, notre pays a entamé une politique de constructions des stations d'épuration (STEP) à travers tout le territoire national. Les objectifs de la présente étude qui entrent dans le cadre de la préparation de mémoire de fin d'étude de master Aménagement Hydro Agricole sont le suivi et le contrôle de la qualité des eaux brutes et épurées au niveau de la STEP SKIKDA. Dans la première phase de notre étude nous avons réalisé un stage pratique au niveau de la STEP là où nous avons pris connaissance des différents ouvrages ainsi que le processus d'épuration adopté au niveau de la STEP. Dans une deuxième phase, nous avons élaboré des modèles mathématiques à base de régression linéaire multiple (MLR) pour le contrôle de deux variables : la demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO_5) et la demande chimique en oxygène (DCO). Le modèle développé a donné de très bons résultats pour les eaux épurées alors que pour les eaux brutes les performances étaient très faibles.

Mots clés : Station d'épuration des eaux usées, Eaux brutes, Eaux épurées, DBO_5 , DCO, La régression linéaire multiple (MLR), Le Coefficient de Corrélation Linéaire (R).

Année Universitaire : 2021/2022

