

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE 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 :

Suivie et Contrôle de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement Kénitra, Oum Toub, Wilaya de Skikda.

Présenté par :

- Babouri Ihssane
- Sassane Imane
- Satouh Imane
- Sebbagh Sarra

Membres de Jury:

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

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciement

Tous d'abord nous tenons à remercier ALLAH tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous exprimons nos profondes gratitude et respectueuses reconnaissances à notre encadrant monsieur Heddam Salim pour son encadrement, conseils et sacrifices afin de donner le meilleur et pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire d'afin d'étude.

Nos remerciements vont aux membres du jury Hebbel Aziz et Haddad Sadek, qui m'ont fait l'honneur d'accepter de jurer notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les professeurs qui par leurs conseils et leur efforts durant toutes les années passées nous sommes là, vraiment un grand remerciement pour leur qualité d'enseignement qui nous a été dispensé.

Un spécial remerciement à Monsieur Kerker Anwar pour leur précieuse aide, pour leur conseil.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les travailleurs de la station de traitement de Guenitra qui nous ont aidés dans notre travail, et nous adressons également nos remerciements à tous les travailleurs du laboratoire de Zeramna où nous avons effectué les analyses nécessaires à la recherche, et nous remercions monsieur Fenghour Aziz le directeur du barrage guenitra

Nous remercions également tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, et nous remercions tous les professeurs et travailleurs du département de science Agronomie.

Dédicaces

En signe de respect et de reconnaissance, je remercie *ALLAH* qui m'a aidé à réaliser ce mémoire

J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail à :

La lumière de mes yeux

- ♥ A la fontaine qui ne se lasse pas de donner, Mon très chère *mère* qui a éclairé ma vie avec ses conseils et soutiens-moi, a mon espoir, a la source de l'amour, de la tendresse, a mon sourire, a la plus belle reine de la terre
- ♥ A mon honoraire Mon très chère *père* pour ses encouragements son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études
- ♥ A ma chère petite sœur *Ihsane*
- ♥ À ma chère sœur *Nassima* et son mari *Zoheir* et leur fille *Tesnim*
- ♥ A ma chère sœur *Asma* et son mari *Ali* et leurs enfants *Zakaria, Zainab,*

Nour et *Mouhammed*

- ♥ A mes chers frères *Abde djalil* et *Yassin*
- ♥ A mon cher frère *Amine*, sa femme et ses enfants *Abde Mouhcien, Bara* et *Badis*
- ♥ A tous mes amis : *Chafika, Amina, Fatin, Fatima, Manel.....*
- ♥ A mon Binôme *Sarra* pour leur aide
- ♥ A mes collègues du master 2 Aménagement Hydro-Agricole
- ♥ A mes professeurs
- ♥ A tout ma grande famille *Sassane* et *Semassel*
- ♥ A tous ceux qui m'ont appris une lettre dans ce monde mortel

IMANE



Dédicaces

*Tout d'abord Je dédie ce modeste travail qui est complète par l'aide
de DIEU*

*A Mes Chers parents, Barizza et Lakhdar Pour leurs efforts et leurs
sacrifices durant Toute ma vie, leurs encouragements et soutiens Pour
persévérer jusqu'à l'aboutissement de ce Travail. Qu'ils retrouvent,
dans ce travail, L'expression de ma reconnaissance.....
Je dis merci beaucoup*

A tous mes professeurs

A ma chers frère : Saber et sa petit enfant Adem

A mes chères sœurs : Yasmina, Karima, Somia, Ratiba et ses enfants :

Amani, Cyrine, Asma, Assil, Rassil, Anfel, Lina, Rahma, Lilyane

*A tous mes amis, surtout ryme et à tous ceux que j'aime et à toutes les
personnes qui m'ont prodigué des encouragements et sont données la
peine de me soutenir durant cette année*

*A tous qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la
réalisation de ce travail.*

A toute la famille Satouh

Satouh Imane

Dédicaces

*Dieu soit loué qui m'a permis de faire ce travail
J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail*

*A ma très chère mère **BOUGUERRA MESSOUDA**, qui me donne
toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi*

*A mon très cher père **SAID**, pour ses encouragements, son soutien
surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le
déroulement de mes études*

*A ma chère sœur **ROUMAÏSSA**, qu'a toujours été mon soutien
A mes frères **MOUHAMED KAMEL**, **GHOLAM ELLLAH**, mon
soutien toujours*

*A mon fiancé **BOUTABZA AYMEN** qui m'a toujours soutien*

*A père et mère de mon fiancé **SOURAYA**, **ABED SALAM**, A ma belle-
sœur **TAQWA** et mon cher **FIDAA***

*A ma défunte chère grand-mère **DJAMILA***

A tous mes professeurs

*A mes grand famille **BABOURI . BOUGUERRA***

*A tous mes amies surtout **MANEL**, **CHOUROUK**, **KARIMA***

IHSSANE

Dédicaces

En signe de respect et reconnaissance ,je remercie ALLAH qui m'a aidé à réaliser ce mémoire .Je dédie ce modeste travail à :

L'impulsion de mon cœur

A mon très chère mère Fatima, qui n'a jamais cessé de prier pour moi

A mon très cher père Messoud, pour ses encouragements son soutien,

Surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études .

A ma chère sœur Amína et son mari Tarek et leur enfants Louaí ,Mohamed Assíl et Mayar

A mon âme sœur chahra

A ma chère frère abd elmoumín et son enfant Adem et Ilíne

A ma chère frère abd el Karím

A mes amants Oussama et Zakí

A mes grande mère zaina et houría et ma grand père Youcef.

A tout ma grande famille Sebbagh et Bourghída

A mes meilleurs amis ibtísem, wíssam , ríma ,ghada ,amani besma ,khadíja, Imene,.....

A toutes la promotion du mater Aménagement Hydro

Agricole 2021/2022.

SARRA

Table des Matières

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction Générale 01

Chapitre I : Généralités sur les Traitements des Eaux

I.1.Introduction	04
I.2.Chaîne élémentaire de production d'eau potable	04
I.2.1. Prétraitement	05
I.2.1.1. Le dégrillage	05
I.2.1.2. Le tamisage	06
I.2.2. Préoxydation	06
I.2.2.1. Préoxydation par le chlore	06
I.2.2.2. Préoxydation par chlora mines	06
I.2.2. 3. Préoxydation par le dioxyde de chlore	07
I.2.2.4. Préoxydation par l'ozone	07
I.2.3. Clarification	07
I.2.3.1. La coagulation	08
I.2.3.2. La floculation	10
I.2.3.3. La décantation & Flottation	10
I.2.3.4. La Filtration	11
I.2.4. Oxydation & Désinfection	11
I.2.5. Affinage	12
I.3. Conclusion	12

Chapitre II: Présentation de la Station de Traitement des Eaux Kenitra, Oum Toub et Description de la Base de Données

II.1. Introduction	14
II.2. La commune d'Oum Toub	14
II.3. Le barrage d'Oum Toub	15
II.3.1. Caractéristiques du barrage d'Oum Toub	15
II.4. La station de traitement des eaux Oum Toub	16
II.5. Mesure des paramètres de qualité au niveau de la station d'Oum Toub	24
II.5.1. Le PH mètre	24
II.5.2. Un conductimètre	25
II.5.3. Le turbidimètre	25
II.5.4. Concentration mètre	26
II.5.5. Oxi mètre	27
II.5.6. Spectrophotomètre	27
II.5.7. Comparateur colorimétrique (Chlore-résiduelle)	27
II.5.8. Essai Jar-Test	28
II.5.9. Balance	28
II.5.10. La haute	29
II.5.11. Microscope	29
II.6. Mesure des paramètres Physico-Chimique au niveau de la station	30
II.6.1. Présentation du laboratoire	30
II.6.2. L'échantillonnage	31
II.6.2.1. La détermination de potentiel d'hydrogène (pH)	31
II.6.2.2. La détermination de la turbidité (TU)	31
II.6.2.3. La détermination du la conductivité (SC)	32
II.6.2.4. La détermination de l'oxygène dissous	32
II.6.2.5. La détermination de chlore résiduel	32
II.6.2.6. La détermination TA et TAC	33
II.6.2.7. Détermination de la dureté totale (THT)	35
II.6.2.8. Détermination des Ca^{+2}	35
II.6.2.9. La détermination des matières organique	35
II.6.2.10. La méthode spectrométrique pour la détermination des nitrites (NO^{2-})	36
II.6.2.11. La détermination des sulfates (SO^{4-})	36
II.6.2.12. La détermination des phosphates (PO_4^{3-})	37
II.6.2.13. La détermination de l'ammonium (NH_4^{+})	37

II.6.3. Analyse bactériologique	38
II.6.3.1. La recherche des coliformes totaux et les streptocoques fécaux	38
II.7. Contrôle de la qualité des eaux à long terme	40
II.7.1. Introduction	40
II.7.2. Statistiques Descriptives des données utilisées	41
II.8. Conclusion	45

Chapitre III : Contrôle de la Qualité des Eaux Brute

III.1. Introduction	47
III.2. Présentation de la Régression Linéaire Multiple (MLR)	47
III.3. Critères de validation des modèles	47
III.4. Étapes de développement des modèles MLR	48
III.5. Résultats obtenus par les modèles MLR	51
III.5.1. Contrôle de la turbidité des eaux brutes par les modèle MLR	51
III.5.2. Contrôle de l'oxygène dissous des eaux brutes par les modèle MLR	54
III.6. Conclusion	57

Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée

IV.1. Introduction	59
IV.2. Résultats obtenus par les modèle MLR	59
IV.2.1. Contrôle de la turbidité des eaux traitée par les modèle MLR	59
IV.2.2. Contrôle de l'oxygène dissous des eaux traitée par les modèle MLR	62
IV.3. Conclusion	65

<i>Conclusion Générale</i>	66
-----------------------------------	-----------

Références Bibliographiques

Liste Des Tableaux

Tableau II.1. Résultats des mesures du PH réaliser au niveau de la station Zeramna	31
Tableau II.2. Résultats des mesures de la turbidité réaliser au niveau de la station Zeramna	32
Tableau II.3. Résultats des mesures de la conductivité réaliser au niveau de la station Zeramna	32
Tableau II.4. Résultats des mesures du chlore résiduel au niveau de la station Zeramna	33
Tableau II.5. Résultats des mesures de la TA au niveau de la station Zeramna	34
Tableau II.6. Résultats des mesures de la TAC au niveau de la station Zeramna	34
Tableau II.7. Résultats des mesures de la THT au niveau de la station Zeramna	34
Tableau II.8. Résultats des mesures de la Ca^{+2} au niveau de la station Zeramna	35
Tableau II.9. Résultats des mesures de la NO^{2-} au niveau de la station Zeramna	36
Tableau II.10. Résultats des mesures de la SO^{4-} au niveau de la station Zeramna	36
Tableau II.11. Résultats des mesures de la PO_4^{3-} au niveau de la station Zeramna	37
Tableau II.12. Résultats des mesures au niveau de l'ammonium (NH_4^+) de la station Zeramna	38
Tableau II.13. Résultats de l'analyse bactériologique	40
Tableau II.14. Statistiques descriptives des données utilisées pour l'eau brutes	42
Tableau II.15. Statistiques descriptives des données utilisées pour l'eau traitées	43

Tableau III.1. Structure des modèles utilisés	48
Tableau III.2. Résultats obtenus par les modèles MLR&TU (Eau brute)	51
Tableau III.3. Résultats obtenus par les modèles MLR & DO (Eau brute)	54

Tableau IV.1. Résultats obtenus par les modèles MLR&TU (Eau traitée)	59
Tableau IV.2. Résultats obtenus par les modèles MLR & DO (Eau traitée)	62

Liste Des Figures

Figure I.1. Schéma générale d'une chaine de traitement des eaux potable	05
Figure I.2. Prétraitement	05
Figure I.3. Le dégrillage	06
Figure I.4. Générateur d'ozone	07
Figure I.5. Clarification	08
Figure I.6. Essai « Jar-Test »	09
Figure I.7. La floculation	10
Figure I.8. La décantation	11
Figure I.9. La flottation	11
Figure. I.10. La filtration	11
Figure I.11. Affinage	12

Figure II.1. Situation Géographique de La commune d'Oum Toub wilaya de Skikda	14
Figure II.2. Vue d'ensemble du Barrage Guenitra	15
Figure II.3. Vue satellitaire du barrage de Guenitra	16
Figure II.4. Schéma synoptique du système de distribution des eaux barrage et station de traitement des eaux Oum Toub	17
Figure II.5. La chaine de traitement des eaux station Oum Toub (400L)	18
Figure II.6. Vue satellitaire de la station de traitement des eaux Guenitra	18
Figure II.7. L'Aération	19
Figure II.8. Phase de coagulation	19
Figure II.9. Une préchloration avec l'hypochlorite de Sodium	20
Figure II.10. La floculation	20
Figure II.11. La clarification	21
Figure II.12. Affinage	21
Figure II.13. La Filtration	22
Figure II.14. Opération avant lavage des filtres	22

Figure II.15. Opération après le lavage des filtres	22
Figure II.16. Étape de Désinfection (ajoute de chlore)	23
Figure II.17. Réservoir d'eau traité	23
Figure II.18. Station de pompage avec trois pompes homogène	24
Figure II.19. Laboratoire de la station de traitement de barrage d'Oum Toub	24
Figure II.20. Le PH mètre	24
Figure II.21. Un conductimètre	25
Figure II.22. Le turbidimètre	25
Figure II.23. Concentration mètre	26
Figure II.24. Oxi mètre	26
Figure II.25. Spectrophotomètre	27
Figure II.26. Comparateur colorimétrique	27
Figure II.27. Dispositif Jar-Test	28
Figure II.28. La Balance	28
Figure II.29. La haute	29
Figure II.30. Le Microscope	29
Figure II.31. Laboratoire central de ZERAMNA	30
Figure II.32. Matériels pour les analyses bactériologiques. De gauche à droite: La rampe de filtrage, l'étuve et un frigidaire pour le stockage des réactifs.	39
FigureII.33. Les courbes de statistique descriptive de l'eau traitée et l'eau brute	44

Figure III.1. Lecture du fichier de données	48
Figure III.2. Lancement du macro régression linéaire multiple (MLR)	49
Figure III.3. Affichage des résultats de l'analyse	49
Figure III.4. Application du modèle MLR pour les données de la validation.	50
Figure III.5. Calcule des critères numériques et graphique pour les données d'apprentissage et de validation.	50
Figure III.6. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux brutes à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)	52
Figure III.7. Comparaison entre les valeurs calculer et mesurer de la turbidité des	53

eaux brutes (TU) à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)	
Figure III.8. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de l'oxygène dissous des eaux brutes à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)	55
Figure III.9. Comparaison entre les valeurs calculer et mesurer de l'oxygène dissous des eaux brutes (TU) à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)	56
Figure IV.1. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitée à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)	60
Figure IV.2. Comparaison entre les valeurs calculer et mesurer de la turbidité des eaux traitée (TU) à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)	61
Figure IV.3. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de l'oxygène dissous des eaux traitée à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)	63
Figure IV.4. Comparaison entre les valeurs calculer et mesurer de l'oxygène dissous des eaux traitée (DO) à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)	64

Introduction Générale

L'eau est le composé le plus abondant sur la surface du globe. Sans elle la vie comme nous le savon cesserait d'exister. Pour l'ingénieur de l'eau, la microbiologie est importante pour ses effets sur la santé publique, sur la qualité de l'eau (propriétés physique et chimique), et sur la bonne marche de l'unité de traitement. La production d'eau potable peut être définie comme la manipulation d'une source d'eau pour obtenir une qualité de l'eau qui satisfait à des buts spécifiés ou des normes érigées par la communauté au travers de ses agences régulatrices. La conséquence inévitable de l'augmentation de la population et du développement économique est le besoin de concevoir des installations de traitement de l'eau pour fournir une eau de qualité acceptable issue de sources en surface contaminées.

L'objectif de notre travail de mémoire de master II Aménagement Hydro-Agricole de fin d'étude est de déterminer dans quelle mesure les résultats obtenus à la station de Kénitra correspondent aux normes sanitaires internationales pour la qualité de l'eau potable.

Nous avons modélisé les différents paramètres mesurés au niveau du laboratoire de la station de barrage Kénitra Oum toub dans le Wilaya de Skikda, en utilisant les valeurs des paramètres mesurée à l'échelle journaliers, Nous avons utilisé un modèle à base de régression linière multiple (MLR) Pour la modélisation de deux variable caractérisant les eaux brutes et traitées : L'oxygène dessous (DO) et la Turbidité(TU),ont utilisant plusieurs autres variables comme entrées des modèles(MLR) à savoir : la température (TE), le potentiel hydrogène (PH), la conductivité électrique (SC), le calcium (Ca), la dureté totale (THT), la dose de chlore (Cl), titre alcalimétrique complet (TAC)

Pour accomplir les objectifs fixés, notre travail a été divisé en quatre chapitres

- ✓ Le premier chapitre réservé à des généralités sur les traitements des eaux.
- ✓ Le deuxième chapitre présentation de la station de traitement des eaux, la présentation du modèle MLR, la présentation de la base de données et la partie expérimentale et analyse des eaux.
- ✓ Dans le troisième chapitre nous avons modélisée des paramétrés des eaux brute de la station Oum toub.

- ✓ Dans Le quatrième chapitre nous avons modélisée des paramétrés des eaux traitées de la station Oum toub.

Les résultats ont été présentés sous forme numiriques et graphique

- ✓ Enfin, une conclusion générale.

Chapitre I
Généralités sur les Traitements des Eaux

I.1.Introduction

Le traitement des eaux potable est un sujet très vaste. Dans le présent manuel, nous présentons la théorie à laquelle recourent le plus souvent les ingénieurs chargé de produire de l'eau potable. L'eau constitué un élément vital, pour le développement et le maintien de la vie sur notre planète, pour cela il faut préserver et assurer la persistance continue de l'eau, non seulement pour fournir à l'homme une quantité suffisante pour ces besoins mais pour lui assurer une irréprochable qualité de cette eau ; pour cela l'eau fait l'objet de nombreux contrôles physico-chimique et bactériologique.

I.2.Chaîne élémentaire de production d'eau potable

L'industrie de l'eau a une pression croissante pour produire une eau traitée de plus grande qualité à un coût plus faible. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. Néanmoins, les terrains traversés en influent fortement la minéralisation. Les eaux de surface se répartissent en eaux courantes ou stockées. Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton (**Cardot, 1999**). Le principal objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur. L'efficacité du traitement adopté dépendra de la façon dont sera conduite l'exploitation de l'usine de traitement. Pour atteindre l'objectif souhaité l'exploitant devra d'une part respecter certains principes élémentaires pour assurer le contrôle du processus de traitement et le contrôle de l'eau traitée, et d'autre part disposer d'un certain nombre de moyens techniques et humains (**Valentin, 2000**). Nous allons présenter dans ce chapitre, les caractéristique générales d'une usine de production d'eau potable, elle comporte des traitements à large spectre d'action tels que (**Hernandez, 2006**) :

- A. Prétraitement
- B. Oxydation
- C. Clarification
- D. Désinfection
- E. Affinage

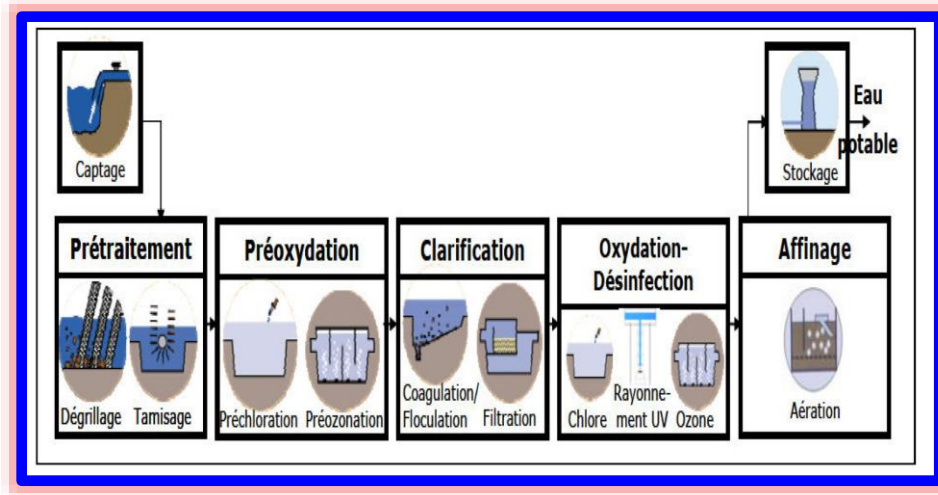


Figure I.1. Schéma générale d'une chaîne de traitement des eaux potables

I.2.1. Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface (C.I.D.F, 2000). Dans le cas d'une eau potable, les prétraitements sont principalement de deux types :

- A. Le dégrillage.
- B. Le Tamisage.



Figure I.2. Prétraitement

I.2.1.1. Le dégrillage

Premier poste de traitement, permet de protéger les ouvrages aval de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement. Ceci permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution. Le dégrillage est avant tout destiné à l'élimination de gros objets (C.I.D.F, 2000).



Figure I.3. Le dégrillage

I.2.1.2. Le tamisage

Quant à lui, il permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage, il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple ([Hernandez, 2006](#)).

I.2.2. Préoxydation

L'oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux. Elle est toujours incluse en fin de filière au niveau de la désinfection. A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension. Celles-ci n'ont en elles-mêmes rien de dangereux. On va les détruire dans la mesure du possible par une oxydation. Celle-ci peut être faite de trois façons différentes:

- Ajout de Chlore (préchloration)
- Ajout de dioxyde de chlore
- Ajout d'ozone (préozonation)

I.2.2.1. Préoxydation par le chlore

Le chlore est le plus réactif et le plus économique, mais il a comme inconvénient de former avec certains micropolluants des composés organochlorés du type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols du type chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables ([C.I.D.F. 2000](#)). Le pré chloration est effectué avant le procédé de clarification.

I.2.2.2. Préoxydation par chloramines

Si l'eau brute ne contient pas d'ammonium, on peut envisager d'injecter dans l'eau des chlora mines préalablement produites par action du chlore sur de l'ammoniaque ou du sulfate d'ammonium ([Hernandez, 2006](#)).

I.2.2. 3. Préoxydation par le dioxyde de chlore

On préfère utiliser le dioxyde de chlore qui coûte plus cher mais qui n'a pas les inconvénients de l'oxydation par le chlore cités ci-dessus. Ce type de traitement est cependant réservé à des cas spécifiques. En effet, l'utilisation du dioxyde de chlore présente, lui aussi, des inconvénients non négligeables comme sa décomposition à la lumière, ce qui entraîne une augmentation du taux de traitement à appliquer en période d'ensoleillement (Hernandez, 2006)

I.2.2.4. Préoxydation par l'ozone

Depuis quinze à vingt ans, on utilise comme oxydant l'ozone, qui non seulement a l'avantage de détruire les matières organiques en cassant les chaînes moléculaires existantes, mais également il possède une propriété virulicide très intéressante, propriété que n'a pas le chlore. Elle peut aussi être employée pour l'amélioration de la clarification. L'un des avantages d'une préozonation est l'oxydation des matières organiques, et une élimination plus importante de la couleur.



Figure I.4. Générateur d'ozone

Un autre avantage est la diminution du taux de traitement (taux de coagulant) dans le procédé de clarification. On évite ainsi les problèmes liés aux sous-produits de la chloration. Néanmoins, ce procédé ne résout pas tous les problèmes car certaines algues résistent à l'ozone. De plus, son coût reste beaucoup plus élevé que celui au chlore (Hernandez, 2006).|

I.2.3. Clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (*MES*) minérales et organiques d'une eau brute ainsi que des matières organiques dissoutes (Degrement, 2005).



Figure I.5. Clarification

Suivant les concentrations de l'un et de l'autre des différents polluants, on peut être amené à pratiquer des opérations de plus en plus complexes qui vont de la simple filtration avec ou sans réactif jusqu'à la coagulation, floculation, décantation ou flottation et filtration. La clarification comprend les opérations suivantes :

- A. Coagulation
- B. Floculation
- C. Filtration

I.2.3.1. La coagulation

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en flocons décantables ou filtrables. Le coagulant peut être introduite dans un bassin de coagulation est sulfate d'alumine. La coagulation est l'une des étapes les plus importantes dans le traitement des eaux de surface, 90% des usines de production d'eau potable sont concernées. La difficulté principale est de déterminer la quantité optimale de réactif à injecter en fonction des caractéristiques de l'eau brute (**Hernandez, 2006**). Le contrôle de cette opération est donc essentiel pour trois raisons:

- A. La maîtrise de la qualité de l'eau traitée en sortie (diminution de la turbidité)
- B. Le contrôle du coagulant résiduel en sortie (réglementation de plus en plus stricte de la présence de coagulant résiduel dans l'eau traitée)
- C. La diminution des contraintes et des coûts de fonctionnement (coûts des réactifs et des interventions humaines) (**Hernandez, 2006**).

Les Réactifs coagulants les plus généralement utilisés (Godart, 2008):

- A. Sulfate d'alumine (ou d'aluminium) : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
- B. Chlorure ferrique : FeCl_3

Dans les stations de traitement des eaux la dose de coagulant est déterminés par les essais **Jar-Test**. Cet essai consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute. Après quelques instants, on procède sur l'eau décantée à toutes les mesures utiles de qualité de l'eau. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées. L'inconvénient de cette méthode est de nécessiter l'intervention d'un opérateur (Hernandez, 2006).



Figure I.6. Essai « Jar-Test »

I.2.3.2. La floculation

La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de floccs par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un flocculant. Elle complète la phase de la coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du flocc et une meilleure vitesse de sédimentation. L'adjuvant ou le flocculant peut-être introduit dans un bassin de floculation est poly-électrolyte.

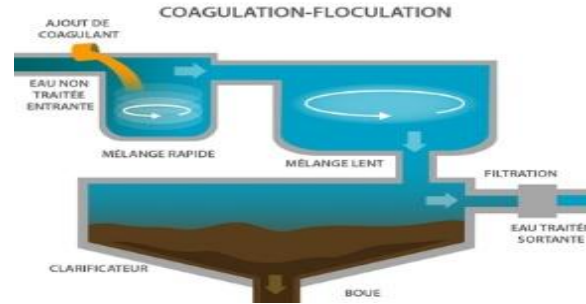


Fig.I.7. La floculation

Le bassin doit être équipé d'une unité mécanique de mélange lente. Le temps nécessaire pour la coagulation-floculation est de 20 à 30 minutes. Le flocculateur est un appareil couramment utilisé pour les essais de coagulation-floculation. Cet appareil est composé de six agitateurs mécaniques (Bensaci, 2006). Les flocculants ou adjuvants de floculation sont, dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse. Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé. Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les floccs engendrés par la coagulation. En effet, si l'intensité du mélange dépasse une certaine limite, les floccs risquent de se briser (Hernandez, 2006).

I.2.3.3. La décantation & Flottation

Ces procédés sont des méthodes de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en flocc, après l'étape de coagulation-floculation. Si la densité de ces floccs est supérieure à celle de l'eau, il y a décantation. L'eau clarifiée située près de la surface est dirigée vers des filtres à sable. Dans le cas de particules de densité inférieure à celle de l'eau, le procédé de flottation doit être appliqué. Dans la décantation, toute particule présente dans l'eau est soumise à deux forces. La force de pesanteur qui est l'élément moteur permet la chute de cette particule. Les forces de frottement dues à la traînée du fluide s'opposent à ce mouvement. La force résultante en est la différence. La flottation est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, des bulles d'air et des réactifs, plus léger que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 μm (Cardot, 1999).



Figure I.8. La décantation



Figure I.9. La flottation

I.2.3.4. La Filtration

La filtration est un procédé de séparation qui utilise le passage d'un mélange solide liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat) (Degrement, 2005).



Figure. I.10. La filtration

I.2.4. Oxydation & Désinfection

La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Elle permet d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau. Il

peut cependant subsister dans l'eau quelques germes banals, car la désinfection n'est pas une stérilisation. Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée. Cette définition fait apparaître trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration résiduelle en désinfectant (Degrement, 2005). Les quatre principaux désinfectants utilisés en production d'eau potable sont le suivant: le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone et le rayonnement UV.

I.2.5. Affinage

Le traitement final traite de la mise à l'équilibre calco-carbonique. L'eau suit un cycle naturel dans lequel les éléments chimiques qu'elle contient évoluent. L'eau de pluie contient naturellement du dioxyde de carbone (CO_2). Quand celle-ci traverse les couches d'humus, riches en acides, elle peut s'enrichir fortement en CO_2 . Lors de sa pénétration dans un sol calcaire, c'est-à-dire riche en carbonate de calcium ($CaCO_3$), elle se charge en calcium $+2 CaO$ et en ions bicarbonates $-3HCO$. En fait, le calcium est dissous par l'eau chargée en CO_2 . On dit qu'elle est en tartrante ou incrustante. En revanche, quand l'eau de pluie traverse une roche pauvre en calcium (région granitique), elle reste très chargée en CO_2 dissous (Degrement, 2005).



Figure I.11. Affinage

I.3. Conclusion

Dans ce premier chapitre nous avons présentés d'une façon sommaire la chaîne de traitement des eaux potables. D'une façon générale la chaîne de traitement standard varie d'une station à l'autre et on ne trouve pas la même configuration, cette dernière varie selon la qualité des eaux à traiter et aussi selon la capacité de traitement.

***Chapitre II : Présentation de la Station de Traitement des
Eaux Kenitra, Oum Toub et Description de la Base de Données***

II.1. Introduction

Les eaux de surface sont de plus en plus mobilisées par la construction de barrages aussi bien pour l'irrigation que pour l'alimentation en eau potable. Ce chapitre est consacré à la présentation de la station de traitement des eaux Kenitra, Oum Toub objet de notre étude.

II.2. La commune d'Oum Toub

La plaine d'Oum-Toub se situe dans le sous bassin versent d'Oued Fessa qui appartient au bassin versent de Guéable. Ce dernier est l'un des bassins côtiers constantinois qui se situent sur le flan Nord Est de l'Algérie. Il s'étend sur une superficie de 202 km. Il est limité au Nord et à l'Est par le sous bassin Tamouls, Et au Sud et à l'Ouest par les monts de Constantine. Administrativement, la commune d'Oum Toub est située à environ soixante km au Sud-ouest du chef-lieu de la wilaya de Skikda, Elle est limitée par les communes suivantes: à l'Est : par Sidi Mezghiche ; au Sud : par Béni Ouelbane; au Nord : par T'amalous, Bin EI-Ouidune; et à l'Ouest par Ain Kechera et les wilayas de Jijel et Mila. La Zone d'étude est située entre les latitudes 4°69' et 4°77' Est et les longitudes 40°73 40°77".



Figure II.1. Situation Géographique de La commune d'Oum Toub wilaya de Skikda

II.3. Le barrage d'Oum Toub

Le barrage de Oum Toub dite aussi Guenitra fut le premier qui a été construit au niveau du bassin versant de l'Oued Guebli, il occupe à la partie aval de sous bassin versant de Guenitra sur le lit d'Oued Fessa Dans un point de cote 110 m. Les travaux de construction du barrage de Guenitra ont porté sur une décennie à partir de l'année 1974 pour être achevés en 1984 avec une capacité totale de 120 hm³ et un volume régularisable de 30 hm³/an. Les différents Oueds qui alimentent le barrage de Guenitra sont: Oued Fessa (Kebir), Oued Charfa, Oued Magramen, Oued Malouh et Oued Essouk (Boukhrissa, 2015). Le volume total de l'apport moyen de l'ensemble des oueds au barrage est estimé à 55 hm³/an. Le barrage a un rôle d'assurer l'alimentation en eau potable de la ville de Skikda, des zones environnantes et de la zone industrielle, de même il est destiné à assurer l'irrigation des périmètres d'Emdjez-Edechich et la vallée du Saf-Saf d'une superficie de 5650 hectare.



Figure II.2. Vue d'ensemble du Barrage Guenitra

II.3.1. Caractéristiques du barrage d'Oum Toub

- A. Les travaux ont été entamés en juillet 1984
- B. Le barrage de Guenitra est construit à un point de cote 110m.
- C. La digue est en terre et son noyau central en argile .la hauteur du dessus du lit est le 58m .la largeur à la base 350m et la longueur de480m
- D. La capacité brute de retenue et de 125 hm³ d'eau
- E. La capacité utile de retenue est de 115.5 hm³ d'eau
- F. Le volume annuel régularisable et de 48 hm³ d'eau
- G. La cote de retenue normale 164
- H. La cote de retenue minimale133
- I. La cote de retenue maximun167.70
- J. Les cotes de prises d'eau : 134.15m /144.6m /154.5m
- K. Superficie du bassin versant 202km²
- L. Altitude du bassin 164m à 110m



Figure II.3. Vue satellitaire du barrage de Guenitra

II.4. La station de traitement des eaux Oum Toub

La station de traitement de Oum Toub « Guenitra » est dimensionnée pour un débit de 400 l/s d'eau brute, sur la base des caractéristiques d'eau et données fournies dans le Cahier des Prescriptions Spéciale suivantes :

- A. Debit : 400 l/s
- B. Debit journalier : 34.560 m³/j
- C. Turbiditi maximal: 13 NTU
- D. pH: 7-9

La chaîne de traitement est composée de deux lignes, excepté l'ouvrage de filtration. Cependant, le débit est divisé sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station. La station est conçue pour traiter un débit d'eau brute de 1.440 m³/h ou encore 400 l/s, en provenance barrage de Guenitra et comprennent:

- A. Regard de régulation
- B. Coagulation & Flocculation
- C. Recirculation de boue/Extraction des boues en excès
- D. Décantation
- E. Installation de filtration
- F. Réservoir d'eau traitée
- G. Salle des machines
- H. Station de dosage

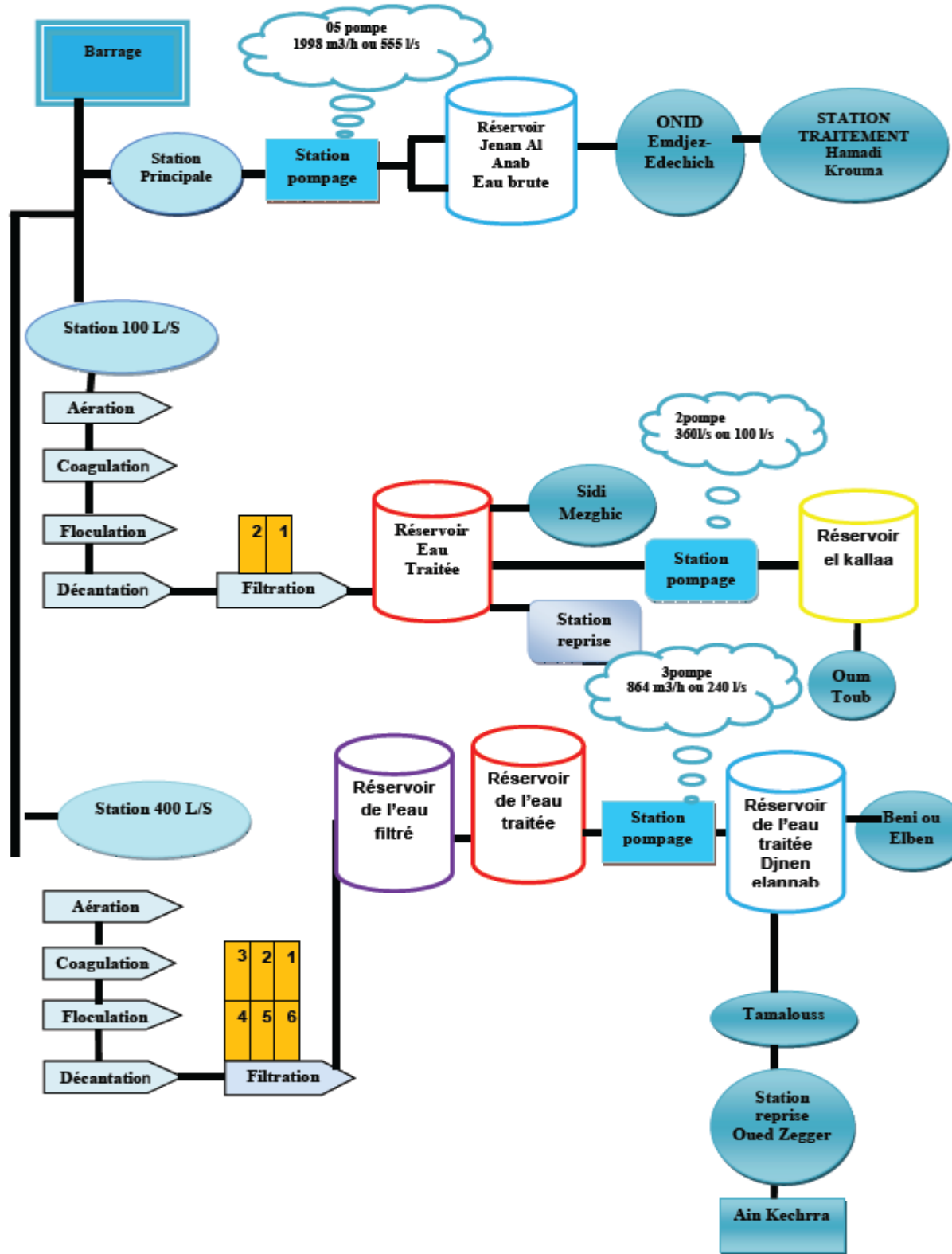


Figure II.4. Schéma synoptique du système de distribution des eaux barrage et station de traitement des eaux Oum Toub



Figure II.5. La chaine de traitement des eaux station Oum Toub (400L)



Figure II.6. Vue satellitaire de la station de traitement des eaux Guenitra

Les principales étapes de traitement sont:

- A. Arrivée de l'eau brute
- B. Contrôle du débit par vanne de régulation motorisée et mesure
- C. Aération de l'eau par apport externe d'énergie mécanique par aérateur de surface. La chambre d'aération sert principalement à l'aération de l'eau brute. En cas où le niveau de prise d'eau est fixé en niveau bas du barrage, cette aération peut être nécessaire pour assurer les 70 % de saturation requis en fin du traitement. L'aération, sera réalisée par apport mécanique externe, et a pour objet: (i) d'augmenter la teneur en oxygène de l'ordre de 70% de la saturation, (ii) de réduire ou même éliminer les teneurs en bioxyde de carbone, (iii) de réduire ou même

éliminer les teneurs en sulfure d'hydrogène, and (iv) d'oxyder le fer et le manganèse (ADE, 2011).

- D. Une préchloration au moyen d'hypochlorite de Sodium ou Calcium dans le bassin d'aération
- E. Une coagulation au sulfate d'alumine
- F. Éventuellement ajustement du pH par injection de l'acide sulfurique ou la chaux
- G. Injection du Permanganate de potassium pour l'oxydation du fer et du manganèse
- H. Injection du Charbon actif pour l'adsorption des éléments organoleptique
- I. Une décantation sur deux lignes comprenant chacune:



Figure II.7. L'Aération

Une chambre de coagulation avec mélange rapide par apport externe d'énergie mécanique
La coagulation des eaux brutes est effectuée par adjonction d'une solution de sulfate d'aluminium au sein de chaque ouvrage de coagulation. De la qualité du mélange intime entre l'eau brute et le réactif de coagulation dépend en grande partie le rendement de la coagulation et de la floculation. Le mélange du sulfate d'aluminium est assuré au moyen d'une agitation rapide et suffisant.



Figure II.8. Phase de coagulation

Ensuite on passe à l'opération de préchloration en ajoutant le chlore

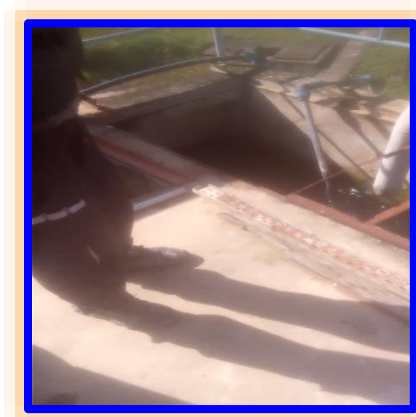


Figure II.9. Une préchloration avec l'hypochlorite de Sodium

Une floculation avec mélange par apport externe d'énergie mécanique et dosage d'un polymère dans un bassin de mélange rapide La floculation est l'agglomération des particules colloïdales déstabilisées (ou coagulées) Cette opération de traitement ne peut donc se situer qu'après une coagulation.



Figure II.10. La floculation

Une clarification dans un décanteur lamellaire vient après l'étape de coagulation/floculation, dont l'objectif est de former des macros floes, l'eau est traitée par décantation, c'est-à-dire la séparation physique des matières solides et de l'eau claire. L'installation de lamelles dans la partie supérieure du décanteur améliore le rendement de cette séparation pour deux raisons:

- A.** Flux contre-courant, c'est-à-dire le flux de boues s'écoule en direction inverse par rapport au débit de l'eau.

- B.** Par le système lamellaire la surface de clarification est très grande, par rapport aux dimensions du Bass



Figure II.11. La clarification

Un épaissement des boues combiné à un dispositif de soutirage des boues en excès et de recirculation des boues. Les boues sont extraites régulièrement à partir du point le plus bas du décanteur. Cette régularité est nécessaire afin d'éviter la prise en masse des boues et les bouchages des conduites du réseau d'extraction.



Figure II.12. Affinage

Une Filtration sur six filtres gravitaires à sable. L'eau, ayant subi préalablement les étapes de coagulation/floculation/décantation, présente alors une turbidité stable de l'ordre de 10 NTU. La filtration de cette eau sur un lit de sable d'une granulométrie adaptée constitue un traitement de finition permettant d'obtenir une eau claire répondant aux normes de potabilité en matière de turbidité avant désinfection.



Figure II.13. La Filtration



Figure II.14. Opération avant lavage des filtres



Figure II.15. Opération après le lavage des filtres

La désinfection finale à l'hypochlorite de Sodium ou Calcium en amont du réservoir d'eau traitée.



Figure II.16. Étape de Désinfection (ajoute de chlore)

Après toutes ces étapes de traitement l'eau est stocké dans le grand réservoir



Figure II.17. Réservoir d'eau traité

Après l'eau est pompé vers le réseau de distribution.



Figure II.18. Station de pompage avec trois pompes homogène

II.5. Mesure des paramètres de qualité au niveau de la station d'Oum Toub

Le laboratoire d'analyse et de contrôle de la qualité des eaux est situé en face de la chaîne de traitement 400L à gauche de la station d'exploitation et elle est constituée d'un salle multi analyse (Bactériologique, analyse physicochimique...)



Figure II.19. Laboratoire de la station de traitement de barrage d'Oum Toub

II.5.1. Le PH mètre

Le pH mètre est un appareil permettant de mesurer le pH d'une solution. Il est constitué de deux éléments : (i) un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et (ii) une électrode qui mesure cette valeur. Le fonctionnement du pH-mètre est basé sur le rapport entre la concentration en ion H_3O^+ et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans l'électrode de verre.



Figure II.20. Le PH mètre

II.5.2. Un conductimètre

Un conductimètre est un appareil permettant de mesurer la conductivité d'une solution. Il est constitué de deux parties: Un Poitier électronique qui affiche la valeur de la conductivité et d'une cellule qui mesure cette valeur. La mesure de la conductivité se fait en courant alternatif pour éviter la polarisation des électrodes.



Figure II.21. Un conductimètre

II.5.3. Le turbidimètre

Est un appareil pour mesurer la turbidité. (Il s'agit généralement d'un récepteur photoélectrique mesurant la lumière diffusée par le liquide).



Figure II.22. Le turbidimètre

II.5.4. Concentration mètre

Appareil permet connu la concentration molaire ou molarité, ou parfois taux molaire, d'une espèce chimique est sa quantité rapportée au volume totale du mélange qui contient cette espèce.



Figure II.23. Concentration mètre

II.5.5. Oxi mètre

Un oxi mètre est un appareil permettant la mesure de la concentration en oxygène moléculaire dans un mélange gazeux ou dans un liquide. Ce type de mesure est utilisé par exemple en laboratoire et dans l'industrie, pour la protection de personnes, le contrôle de processus, le conditionnement sous atmosphère protectrice.



Figure II.24. Oxi mètre

II.5.6. Spectrophotomètre

Appareil permettant de mesurer des grandeurs énergétiques associées aux spectres



Figure II.25. Spectrophotomètre

II.5.7. Comparateur colorimétrique (Chlore-résiduelle)

Le comparateur colorimétrique est un système de test colorimétrique de l'eau précis et universel. Il s'agit d'un instrument de grande qualité pour une comparaison visuelle de l'intensité de la couleur de l'échantillon avec celle des filtres de verre.



Figure II.26. Comparateur colorimétrique

II.5.8. Essai Jar-Test

Jar test (Test de décantation)

Le test permet de déterminer la concentration en coagulant et la vitesse d'agitation opti-males pour obtenir le surnageant le moins turbide et les floccs les plus denses et les mieux décantés.



Figure II.27. Dispositif Jar-Test

II.5.9. Balance

Appareil qui sert à comparer des grandeurs, particulièrement des masses et comparaison entre deux situations faisant ressortir un état d'équilibre : La balance des forces au pouvoir.

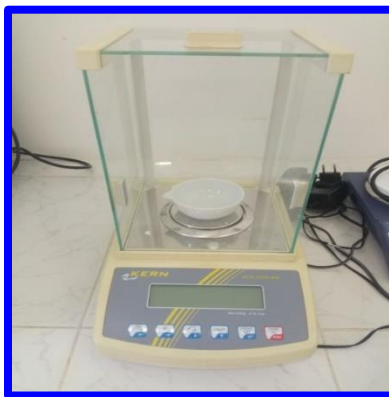


Figure II.28. La Balance

II.5.10. La haute

(Antéposé ou parfois postposé) qui a une grande hauteur, qui est d'une taille supérieure à la moyenne.



Figure II.29. La haute

II.5.11. Microscope

Le microscope est un instrument d'optique qui permet d'examiner des objets ou des éléments invisibles ou difficilement visibles à l'œil nu, grâce à une lentille.



Figure II.30. Le Microscope

II.6. Mesure des paramètres Physico-Chimique au niveau de la station

Nous avons réalisé notre stage au niveau du laboratoire central de Zeramna suite au manque de personnel qualifié de spécialité au niveau de la station d'Oum Tour, i.e., un chimiste.

II.6.1. Présentation du laboratoire

Le laboratoire central se situe à 6 Km du chef-lieu de la wilaya de Skikda, il occupe l'ex siège Condoite, entrepris réalisatrice du projet adduction et ouvrages de stockage de l'eau dessalée qui se trouve à ZERAMNA. Le laboratoire central est divisé en:

- A. Une salle destinée aux Analyse Bactériologique.
- B. Une salle destinée aux Analyse physicochimique.
- C. Une salle relative aux préparations des solutions chimique laverie.
- D. Un Magasin relatif ou stockage des solutions chimique de laboratoire.
- E. Une salle de réception des échantillons.
- F. L'activité du laboratoire central se repose sur la réalisation de 02 Type d'Analyse :
Les analyses physicochimiques et les analyses Bactériologiques.



Figure II.31. Laboratoire central de ZERAMNA

Les étapes qui font l'objet de l'analyse physico-chimique de l'eau potable au niveau du laboratoire central (Zeramna) consistent à faire d'abord des prélèvements de l'eau venant de la station de dessalement de la wilaya de Skikda, ces prélèvements sont effectués deux (2) fois par semaine pendant (1) mois de (Mars à mai) 2022, et ceci au début et à la fin du mois. Chaque paramètre est analysé par une méthode spécifique en utilisant un matériel tel que PH-mètre, conductimètre, etc.

II.6.2. L'échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à la laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, l'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté de préférence bouchés à l'émeri ou le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène ou en téflon maintenus pendant 1 heure dans de l'eau distillée puis péchés.

II.6.2.1. La détermination de potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du potentiel d'hydrogène (pH) qui est créé sur la membrane d'une électrode de verre qui en fonction de l'activité des ions hydrogène de chaque côté de la membrane. On utilise : un pH-mètre et un bécher de 250 ml. Le mode opératoire est le suivant :

- A. Allumer le pH-mètre
- B. Rincer la sonde avec l'eau distillé
- C. Verser une quantité suffisante de l'échantillon à analyser dans un bécher
- D. Homogénéiser l'échantillon par agitation légère
- E. Mettre l'électrode du pH-mètre dans le bécher
- F. Mettre en marche le pH-mètre
- G. Noter la valeur de pH et de la Température.

La lecture du pH se fait quelques minutes jusqu'à ce qu'il se stabilisé.

Tableau II.1. Résultats des mesures du PH réaliser au niveau de la station Zeramna

Date	Code	pH	Code	pH
15/03/2022	Eau Traité	7.10	Eau Brute	7.65
18/04/2022	Eau Traité	8.00	Eau Brute	8.30

II.6.2.2. La détermination de la turbidité (TU)

Les mesures de la turbidité sont basés sur la méthode néphélométrie (lumière dispersée 90°). Elle donne une idée sur la teneur en matières en suspension. Les eaux troublées de substances finement divisées (grains de silice, matières organique,) forment parfois d'importants

dépôt dans les tuyauteries et les réservoirs pour la sécurité, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Unité Néphélogométrique de Turbidité).

Tableau II.2. Résultats des mesures de la turbidité réaliser au niveau de la station Zeramna

Date	Code	TU	Code	TU
15/03/2022	Eau Traité	1.360 NTU	Eau Brute	8.060 NTU
18/04/2022	Eau Traité	0.647 NTU	Eau Brute	2.900 NTU

II.6.2.3. La détermination du la conductivité (SC)

La détermination de conductivité par un Conductimètre.

Tableau II.3. Résultats des mesures de la conductivité réaliser au niveau de la station Zeramna

Date	Code	SC	Code	SC
15/03/2022	Eau Traité	634	Eau Brute	636
18/04/2022	Eau Traité	640	Eau Brute	638

II.6.2.4. La détermination de l'oxygène dissous

Le but de l'analyse est la détermination de la quantité d'oxygène présent dans l'eau. L'oxygène dissous est mesure à l'aide d'une oxymétrie avec électrode, le résultat en mg/L. le matériel utilisé est : une oxymétrie et un bécher de 250 ml. Le mode opératoire est le suivant :

- A. Prendre une prise d'essai.
- B. Rincer l'électrode avec l'eau à analyser.
- C. Immerger l'électrode dans l'eau à analyser.
- D. Faire la lecture.
- E. Enregistrer la valeur.

II.6.2.5. La détermination de chlore résiduel

L'analyse a pour but la détermination du chlore et résiduel en laboratoire. Il s'agit de la mesure de la quantité du chlore résiduel dans l'eau par l'utilisation d'un comparateur du chlore, le réactif utilisé est le diméthyle phényle diamine comparateur (DPDI). Cette méthode est basée sur la coloration de l'eau vers le rose si le résultat est positif. Le mode opératoire est le suivant :

- A. Remplir la cuvette de comparateur avec l'eau à analyser.

- B.** Ajouter le diméthyle phényle diamine (DPDI) et agiter. Après l'apparition de coloration rose, rechercher l'écran étalonne de comparateur de chlore qui correspond à la coloration obtenue.

Une autre méthode à base de titrage volumétrique. Le procédé présent se base sur la détermination de chlorures moyennant évaluation avec acide sulfurique. C'est un dosage volumétrique direct. Les chlorures sont dosés en milieu par solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de teinte caractéristique du chromate d'argent. Les réactifs utilisés sont : une solution de chromate de potassium à 10 % et une solution de nitrate d'argent 0.01 N. Le matériel utilisé est le suivant :

- A.** Pipettes gradué.
- B.** Burette gradué.
- C.** Béchers 25ml.

Le mode opératoire est le suivant :

- A.** Prélever (50 ml d'eau d'échantillon dans une fiole conique)
- B.** Ajouter quelques gouttes de chromate de potassium (indicateur)
- C.** Titrer avec solution de nitrates d'argent (AgNO_3 .)
- D.** Arrêter le titrage lorsque la couleur vise rouge brique.

Tableau II.4. Résultats des mesures du chlore résiduel au niveau de la station Zeramna

Date	Code	Cl-(mg/L)	Code	Cl-(mg/L)
15/03/2022	Eau Traité	63.90	Eau Brute	71
18/04/2022	Eau Traité	106.50	Eau Brute	71

II.6.2.6. La détermination TA and TAC

Le but est l'évaluation des titres alcalimétrique TA simple et la détermination des titres alcalimétrique complets TAC. Le principe est l'utilisation d'un titrage par acide fort, en présence de phénol phtaléine s'appelle TA ou alcalinité simple puis en présence de méthylorange s'appelle TAC ou alcalinité complet (dans la même prise d'essai). Le matériel utilisé est : une pipette graduée, une burette graduée et un bécher 250 ml. Le mode opératoire pour la TA est :

- A.** Prendre 100 ml d'eau à analyser (échantillon).
- B.** Ajouter 02 gouttes d'indicateur phénol phtaléine (coloration Ros pâle).
- C.** Titrer avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) N/50 (coloration transparente).

Tableau II.5. Résultats des mesures de la TA au niveau de la station Zeramna

Date	Code	TA	Code	TA
15/03/2022	Eau Traité	00	Eau Brute	00
18/04/2022	Eau Traité	00	Eau Brute	00

Pour la détermination de la TAC :

- A. Prise d'essai 100 ml
- B. Ajouter 02 gouttes d'indicateur méthyle orange + coloration jaune orange.
- C. Titrer avec l'acide sulfurique (N/50) ce qui donne une coloration orange.

Tableau II.6. Résultats des mesures de la TAC au niveau de la station Zeramna

Date	Code	TAC	Code	TAC
15/03/2022	Eau Traité	105	Eau Brute	97
18/04/2022	Eau Traité	145	Eau Brute	135

II.6.2.7. Détermination de la dureté totale (THT)

Le but de l'analyse est la détermination de la dureté totale et la dureté calcium par titrage volumétrique de l'EDTA. Son principe est basé sur le titrage des C_a et M_g avec l'EDTA en présence des solutions tampon pH=12 et indicateur colore noir eriochrome (NET). On utilise :

- A. Pipette gradué.
- B. Burette gradué.
- C. Bécher 250 ml.

Le mode opératoire est le suivant:

- A. Prendre 50 ml d'eau à analyser (échantillon).
- B. 4 ml solution tampon K10.
- C. 3 gouttes de l'indicateur NET (coloration rose ou move foncé).
- D. Titrer avec l'EDTA (10 m mol/L) coloration bleu.

Tableau II.7. Résultats des mesures de la THT au niveau de la station Zeramna

Date	Code	TAC	Code	TAC
15/03/2022	Eau Traité	210	Eau Brute	280
18/04/2022	Eau Traité	250	Eau Brute	280

II.6.2.8. Détermination des Ca^{+2}

Pour la détermination des Ca^{+2}

- A. Prendre 50 ml d'eau à analyser (échantillon).
- B. Ajouter 02 ml de solution Hydroxyde de sodium (2 mol/L).
- C. Ajouter 0.20 g d'indicateur Hs Nou Murexide (coloration rouge grise).
- D. Titrer avec l'EDTA (10 mmol/L) (coloration move foncé).

Tableau II.8. Résultats des mesures de la Ca^{+2} au niveau de la station Zeramna

Date	Code	TAC	Code	TAC
15/03/2022	Eau Traité	95	Eau Brute	65
18/04/2022	Eau Traité	65	Eau Brute	55

II.6.2.9. La détermination des matières organique

La méthode décrit la détermination de l'indice de **KMnO₄** ou oxydabilité, permettant d'évaluer la contamination en matière organiques et matière inorganiques oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées. L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en mase d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate dans les conditions définies. L'échantillon d'eau est en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et l'acide sulfurique pendant une période donné (10 minutes). Une partie du permanganate est déterminé par addition d'un excès d'oxalate, suivie un titrage de l'oxalate en excès par du permanganate (principe du titrage en retour). Le mode opératoire est le suivant :

- A. 25 ml prise à essai échantillon + blanc.
- B. 05 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 .
- C. Ébullition dans un bain marie pendant 10 min à 80°C.
- D. 05 ml de permanganate de potassium KMNO_4 .
- E. Ébullition dans un bain marie pendant 10 min à 80°C.
- F. 05 ml d'oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_2$.
- G. Titration avec permanganate de potassium KMNO_4 .
- H. 05 ml d'oxalate de sodium $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_2$ sur la solution précédente du blanc (Le titre).
- I. Ébullition dans un bain marie pendant 10 min à 80°C.
- J. Titration avec permanganate de potassium KMNO_4 jusqu'à virage du couleur rose pale.

II.6.2.10. La méthode spectrométrique pour la détermination des nitrites (NO_2^-)

Cette méthode décrit le dosage des nitrites dans les eaux par spectrométrie d'absorption moléculaire. Les ions nitrites réagissent en milieu acide avec la sulfarnilamide sel diazonium (diazotation) qui forme avec les naphthyle, éthylène diamine et les dichlorhydrate un colorant azoïque rouge. Le matériel utilisés est le suivant :

- A. Spectrophotometer.
- B. L'eau distiller et l'eau d'analyse (échantillon).
- C. Pipettes gradué et un bécher 250 ml.

Le mode opératoire est le suivant :

- A. Prendre 40 ml d'eau a analysé.
- B. Ajouter 1 ml de réactif colorés.
- C. Compléter jusqu'à 50 ml avec H_2O distillée.
- D. Un temps de repos de 20 min.
- E. Lecture avec longueur d'onde $\lambda = 540 \text{ nm}$.

Tableau II.9. Résultats des mesures de la NO_2^- au niveau de la station Zeramna

Date	Code	NO_2^-	Code	NO_2^-
15/03/2022	Eau Traité	0.002	Eau Brute	0.003
18/04/2022	Eau Traité	0	Eau Brute	0

II.6.2.11. La détermination des sulfates (SO_4^{2-})

La détermination des sulfates par spectroscopie. Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum. Le matériel utilisés est le suivant:

- A. L'eau distillée spectrophotomètre.
- B. L'eau (échantillon).
- C. Pipettes gradué.
- D. Bécher 250 ml.
- E. Les réactifs.

Le Mode opératoire est le suivant:

- A. Prendre 50 ml d'eau à analyser (échantillon).
- B. Ajouter 05 ml de la solution stabilisante.
- C. Ajouter 2 ml de chlorures de baryum.

D. Temps de repos: 01 min.

E. Passer au spectrophotomètre.

Tableau II.10. Résultats des mesures de la SO_4^{4-} au niveau de la station Zeramna

Date	Code	SO_4^{4-}	Code	SO_4^{4-}
15/03/2022	Eau Traité	37.38	Eau Brute	135.22
18/04/2022	Eau Traité	24.50	Eau Brute	30.600

II.6.2.12. La détermination des phosphates (PO_4^{3-})

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Le matériel utilisé :

A. Spectrophotomètre.

B. L'eau distillée.

C. L'eau d'analyse (échantillon).

D. Pipettes gradué.

E. Bécher 250 ml.

Le mode opératoire est le suivant :

A. Prendre 40 ml d'eau à analyser (échantillon)

B. Ajouter 1 ml d'acide Ascorbique.

C. Ajouter 2 ml de réactif de mélange.

D. Le temps de repos: 10 min.

Tableau II.11. Résultats des mesures de la PO_4^{3-} au niveau de la station Zeramna

Date	Code	SO_4^{4-}	Code	SO_4^{4-}
15/03/2022	Eau Traité	0.001	Eau Brute	0.089
18/04/2022	Eau Traité	0.189	Eau Brute	0.163

II.6.2.13. La détermination de l'ammonium (NH_4^+)

Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage d'ammonium dans l'eau potable. Le principe est une mesure spectrométrique du composé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitropenta cyanoferrate (III) de sodium (nitroprussiate de sodium). Le matériel utilisé :

A. L'eau distillée.

B. L'eau d'analyse (échantillon).

- C. Pipettes graduée.
- D. Bécher 250 ml
- E. Spectrophotomètre.

Le mode opératoire est le suivant :

- A. Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- B. Ajouter réactif coloré 04 ml.
- C. Ajouter réactif 04 ml.
- D. Compléter avec l'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- E. Temps de repos 60 min.
- F. Longueur d'onde: $\lambda = 655 \text{ nm}$.

Tableau II.12. Résultats des mesures au niveau de l'ammonium (NH^{4+}) de la station Zeramna

Date	Code	SO ⁴⁻	Code	SO ⁴⁻
15/03/2022	Eau Traité	0.1	Eau Brute	00
18/04/2022	Eau Traité	00	Eau Brute	00

II.6.3. Analyse bactériologique

II.6.3.1. La recherche des coliformes totaux et les streptocoques fécaux

La méthode de la filtration sur membrane en milieu de culture solide. L'échantillon d'eau à analyser est filtré à travers une membrane qui retient les microorganismes, la membrane est ensuite placée sur un milieu gélosé (tergitol pour les coliformes, et solonetz pour les streptocoques). Durant l'incubation des colonies se forment à la surface de la membrane.

Le Matériels utilisés pour l'analyse bactériologique

- A. Flacons en verre stériles.
- B. Boîtes de pétris.
- C. Rompe de filiation.
- D. Membranes stériles de 45mm de diamètre.
- E. Pince stérilisé.
- F. Pompe d'aspiration.
- G. Bec benzène et étuve



Figure II.32. Matériels pour les analyses bactériologiques. De gauche à droite: La rampe de filtrage, l'étuve et un frigidaire pour le stockage des réactifs.

On utilise la méthode du solide qui possède les avantages suivants : facteur temps rapide, économique et exactitude des résultats. Le mode opératoire est le suivant :

- A.** Allumer le bec benzène.
- B.** Stériliser la membrane poreuse.
- C.** Stériliser l'entonnoir.
- D.** Refroidir l'entonnoir.
- E.** Déposer un filtre de 0.45 μm sur la membrane poreuse.
- F.** Remplir l'entonnoir (100 ml). Pour la recherche des coliformes totaux est les streptocoques fécaux et remettre le couvercle.
- G.** Aspirer l'eau à l'aide d'une pompe à vide pour accélérer la filtration.
- H.** Transférer les membranes aseptiquement sures
- I.** Une boîte de pétri qui contient le milieu de solonetz pour la recherche de streptocoques fécaux (test présomptif), puis procéder à l'incubation 37c° pendant 24 heures.
- J.** Dans une autre qui contienne le milieu tergitol pour la recherche des coliformes fécaux (test présomptif). Puis la boîte sera incubée à 37c° pendant 24h.
- K.** Identification des colonies ayant une couleur jaune orangé considérés comme caractéristique.
- L.** Compter à l'aide du compteur de colonies le nombre d'unités formeurs (UFC).
- M.** Identification des colonies ayant une surface rouge brique compter à l'aide du compteur de colonies le nombre d'UFC

Nous avons obtenu les résultats reportés dans le tableau suivant :

Tableau II.13. Résultats de l'analyse bactériologique

Paramètre	Les normes	Valeur obtenus station 400 L	Comparaison
Escherichia coli	Non détectables dans un échantillon de 100 ml	Non détectables dans un échantillon de 100 ml	Même résultats
Coliformes totaux	Non détectables dans un échantillon de 100 ml	Non détectables dans un échantillon de 100 ml	Même résultats
Nitrates	< 50 mg/l	-	-
Nitrite	3 mg/l	0.002	La valeur est basse que la valeur naturel
Chlorures	< 250 mg/l	63.9	La valeur est basse que la valeur naturel
Couleur	15 UCV	-	-
Goût et odeur	sans	sans	Même résultats
Turbidité	< 1 NTU	1.36	La valeur dans les normes
Aluminium	< 0.2 mg/l	-	-
Ammonium	1.5 mg/l	0.1	La valeur est basse que la valeur naturel
Fer	0.3 mg/l	0	Même résultats
Manganèse	0.1 mg/l		
Oxygène dissous	> 75 % saturation	-	-
PH	6.5 – 8.5	7.1	La valeur dans les normes
Minéralisation (exprimée en CaCO ₂)	500 mg/l	-	-
Dureté totale (exprimée en CaCO ₂)	300mg /l	-	-
Sulfates	250mg/l	37.38	Très bas

II.7. Contrôle de la qualité des eaux à longue termes

II.7.1. Introduction

Au niveau du barrage Guenitra, plus précisément de la station de traitement, nous avons exploité une base de données, dans laquelle l'eau a été divisée en deux parties, l'eau traitée, et l'autre est brute. Les données ont été mesurées au cours de la période de Janvier 2018 à Décembre 2021. Nous avons obtenu 930 données à la fois dans l'eau brutes et traités. Les variables suivantes ont été mesurées :

- A. Le pH: potentielle d'hydrogène sans unité.
- B. TE: temperature (°C)
- C. DO: Oxygen dissous (mg/L)
- D. TU: Turbidité (NTU)

- E. CL: Colure (mg/L)
- F. TAC: titrage alcalimétrique complète (mg/L)
- G. Ca: calcium (mg/L)
- H. THT

II.7.2. Statistiques Descriptives des données utilisées.

Dans le présent travail, nous avons calculé les paramètres statistiques pour les différentes variables à pas de temps journalière pour les eaux brutes et traités (Tableau II.13-14),

- ✓ 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 ($R1$ et $R2$), le coefficient de corrélation avec la turbidité et avec l'oxygène dissous.
- ✓ Le coefficient de variation (C_v) est le rapport de l'écart-type à la moyenne

Tableau II.14. Statistiques descriptives des données utilisées pour l'eau brutes

Variables	Subset	Unit	X_{mean}	X_{max}	X_{min}	S_x	C_v	R_1	R_2
<i>Eaux brutes</i>									
<i>TE</i>	Training	C°	15.992	27.5	1.25	4.936	0.308	-0.595	0.038
	Validation	C°	7.425	9.91	0	1.936	0.260	-0.416	-0.554
	All data	C°	15.656	28.8	0.75	4.936	0.315	-0.503	-0.298
<i>pH</i>	Training	/	8.109	9.2	6.12	0.431	0.053	-0.041	0.103
	Validation	/	7.425	9.91	0	1.936	0.260	0.091	0.025
	All data	/	7.903	9.91	0	1.162	0.147	0.080	-0.019
<i>SC</i>	Training	$S.m^{-1}$	1113.626	1266	1002	61.91	0.055	-0.079	0.118
	Validation	$S.m^{-1}$	765.035	1197	5.86	269.626	0.352	0.352	-0.149
	All data	$S.m^{-1}$	1008.936	1266	5.86	223.652	0.221	0.229	-0.215
<i>Ca</i>	Training	mg/l	76.447	99	48	8.822	0.115	-0.109	-0.004
	Validation	mg/l	72.598	92	55	7.531	0.103	0.395	-0.205
	All data	mg/l	75.292	99	48	8.635	0.114	0.025	-0.131
<i>THT</i>	Training	mg/l	257.004	359	158	14.942	0.058	-0.088	0.001
	Validation	mg/l	253.555	293	166	12.977	0.051	0.391	-0.072
	All data	mg/l	255.968	359	158	14.460	0.056	0.019	-0.053
<i>TAC</i>	Training	mg/l	144.926	183	120	7.079	0.048	-0.068	-0.109
	Validation	mg/l	152.734	180	58	13.349	0.087	0.282	-0.039
	All data	mg/l	147.271	183	58	10.062	0.068	-0.054	0.022
<i>CL</i>	Training	mg/l	76.198	100	48	7.762	0.101	-0.113	-0.059
	Validation	mg/l	72.387	92	59	8.256	0.114	0.306	-0.151
	All data	mg/l	75.053	100	48	8.100	0.107	0.024	-0.129
<i>TU</i>	Training	NTU	8.870	41.5	1.05	6.095	0.687	1	0.006
	Validation	NTU	5.972	18.8	0.5	3.342	0.559	1	-0.045
	All data	NTU	8.000	41.5	0.5	5.576	0.697	1	-0.055
<i>DO</i>	Training	mg/l	1.261	41.6	0.02	1.699	1.347	1	0
	Validation	mg/l	3.871	71	0.18	11.836	3.057	0	1
	All data	mg/l	2.045	71	0.02	6.739	3.294	0	1

Tableau II.15. Statistiques descriptives des données utilisées pour l'eau traitées

<i>Variables</i>	<i>Subset</i>	<i>Unit</i>	X_{mean}	X_{max}	X_{min}	S_x	C_v	R_1	R_2
<i>Eaux traitée</i>									
<i>TE</i>	Training	C°	15.907	29.4	1.38	5.0390	0.316	-0.429	-0.284
	Validation	C°	15.514	33.9	0.58	5.453	0.351	-0.223	-0.488
	All data	C°	15.789	33.9	0.58	5.167	0.327	-0.053	-0.028
<i>pH</i>	Training	/	7.982	9.11	6.32	0.369	0.046	-0.095	0.086
	Validation	/	7.503	9.97	0.6	1.109	0.147	-0.115	0.013
	All data	/	7.838	9.97	0.6	1.068	0.136	-0.034	0.007
<i>SC</i>	Training	$S.m^{-1}$	1095.389	1291	1016	60.850	0.055	-0.195	0.207
	Validation	$S.m^{-1}$	769.200	1198	63	15.497	0.020	0.217	-0.154
	All data	$S.m^{-1}$	997.427	1291	63	212.239	0.212	0.149	-0.349
<i>Ca</i>	Training	mg/l	76.343	100	40	8.070	0.105	-0.133	-0.231
	Validation	mg/l	75.724	99	7	0.461	0.006	-0.236	-0.145
	All data	mg/l	76.157	100	7	7.963	0.104	-0.156	-0.038
<i>THT</i>	Training	mg/l	256.358	333	148	15.064	0.058	-0.068	0.028
	Validation	mg/l	257.304	290	66	0.924	0.003	0.081	-0.020
	All data	mg/l	256.642	333	66	15.175	0.059	-0.026	0.066
<i>TAC</i>	Training	mg/l	146.696	248	128	9.326	0.063	-0.058	-0.001
	Validation	mg/l	159.164	179	130	8.409	0.052	-0.033	-0.015
	All data	mg/l	150.441	248	128	10.710	0.071	-0.124	0.12
<i>CL</i>	Training	mg/l	77.572	110	51	6.602	0.085	-0.162	-0.190
	Validation	mg/l	76.115	120	61	6.668	0.087	0.108	-0.156
	All data	mg/l	77.134	120	51	6.652	0.086	-0.062	-0.059
<i>TU</i>	Training	NTU	2.595	15.5	0.5	1.739	0.670	1	0.111
	Validation	NTU	2.003	19.5	0.51	1.777	0.887	1	-0.008
	All data	NTU	2.417	19.5	0.5	1.770	0.732	1	-0.022
<i>DO</i>	Training	mg/l	1.208	11.59	0.06	0.769	0.637	0	1
	Validation	mg/l	3.943	77	0.06	12.821	3.251	0	1
	All data	mg/l	2.029	77	0.06	7.157	3.526	0	1

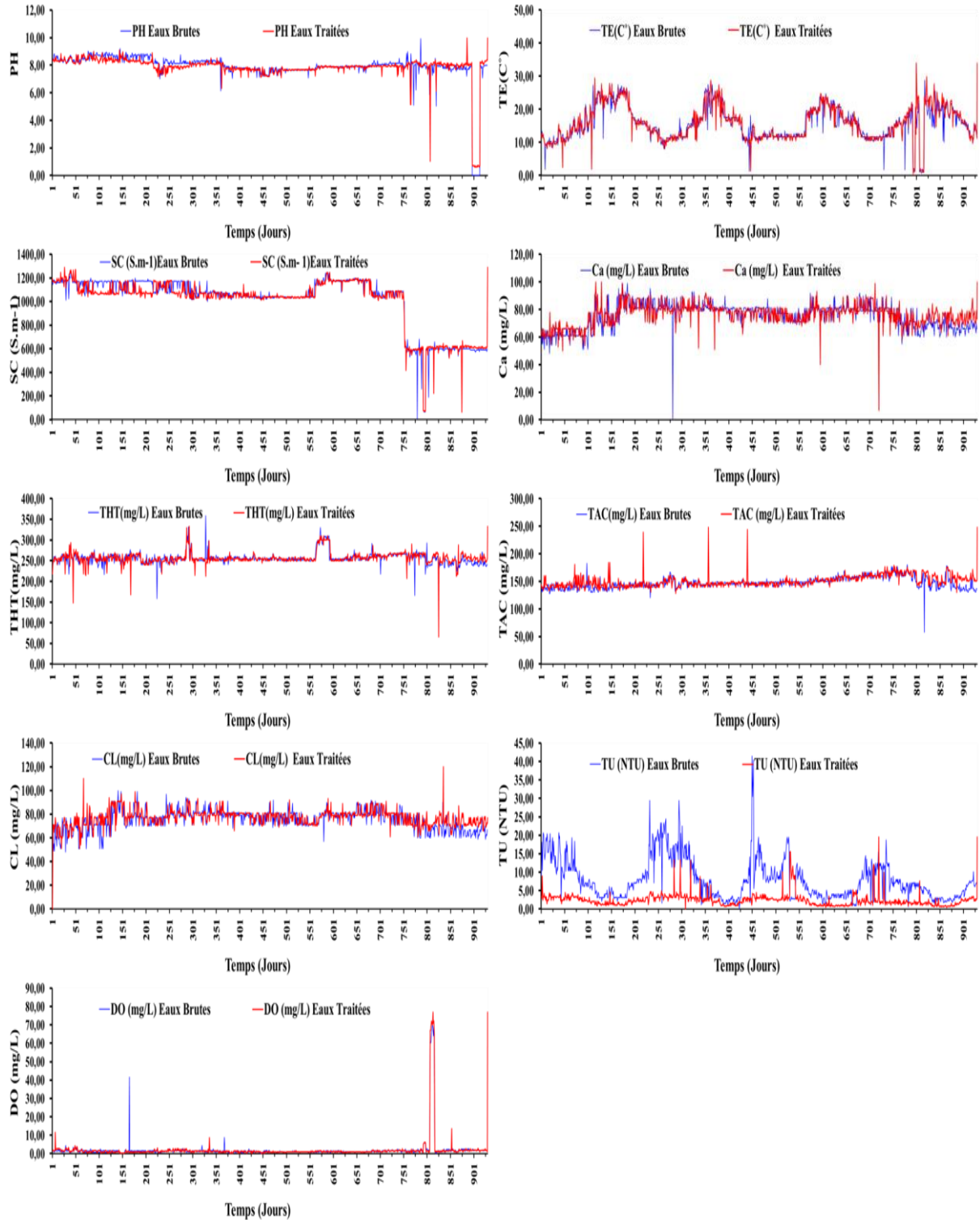


Figure II.33. Les courbes de statistique descriptive de l'eau traitée et l'eau brute

II.8. Conclusion

Le présent chapitre a fait l'objet de la présentation de la station de traitement des eaux Kénitra, Oum Toub ainsi que le suivi de la qualité des eaux pendant la période de stage de deux mois. En plus, nous avons exploités la base de donnée disponible au niveau de la station et qui s'étale sur une longue période. Dans les deux prochains chapitres, nous allons analyser et étudier l'éventuelle relations qui existent entre les différentes variables caractérisant les brutes et traités.

Chapitre III : Contrôle de la Qualité des Eaux Brute

III.1. Introduction

Dans cette chapitre nous allons présenter les résultats obtenus par la régression linéaire multiple (MLR) appliquée pour le contrôle de la qualité des eaux brutes ou niveau de la station de traitement des eaux Kénitra barrage Oum Toub. Comme variables à modéliser, nous avons sélectionné la turbidité (TU) et l'oxygène dissous (DO), alors que les autres variables ont été utilisés comme variables explicatives. Pour l'outil statistique nous avons utilisés le tableur Excel.

III.2. Présentation de la Régression Linéaire Multiple (MLR)

La régression linéaire multiple est la plus simple de modélisation, elle consiste à recherche une équation linéaire par rapporte à un certain nombre de paramètres, reliant la variable à modéliser Y au vecteur d'entrées X. L'équation linéaire recherchée est de la forme:

$$Y = f(x_i) = \beta_0 + \beta_1 \times x_1 + \beta_2 \times x_2 + \beta_3 \times x_3 + \dots + \beta_i \times x_i \quad (\text{III.1})$$

Les $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_i$ sont les paramètres du modèle, les X sont les variables explicatives, alors que Y est la variable à expliquer ou à modéliser (TU ou bien DO)

III.3. Critères de validation des modèles

Avant d'appliquer la technique de modélisation à base des MLR, nous avons divisé la base de donnée en deux parties: 70% pour l'apprentissage et 30% pour la validation. Pour la validation des modèles nous avons sélectionné quatre critères de mesure de l'erreur numérique : la racine carrée de l'Erreur Quadratique Moyenne (RMSE), la moyenne des erreurs (MAE), le coefficient de Corrélation (R), et le critère d'efficacité 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 proche de 1.

$$R = \left[\frac{\frac{1}{N} \sum (O_i - O_m)(P_i - P_m)}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (O_i - O_m)^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (P_i - P_m)^2}} \right] \quad (\text{III.2})$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [O_i - P_i]^2}{\sum_{i=1}^N [O_i - O_m]^2} \quad (\text{III.3})$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2} \tag{II.4}$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |O_i - P_i| \tag{II.5}$$

O_i: valeur observée et correspond à la valeur de la turbidité ou de l’oxygène dissous mesurées ; P_i: valeur de de la turbidité ou de l’oxygène dissous mesurées calculée par le modèle ; O_m: moyenne des valeurs mesurées. Afin d’analyser la relation qui existe entre les variables caractérisant l’eau brute et traité, nous avons tester plusieurs scenarios. A total 12 scénarios avec différents combinaison comme présentés dans le tableau ci-dessous. Toujours on fait varier les inputs et on procède à la modélisation de la turbidité et de l’oxygène dissous.

Tableau III.1. Structure des modèles utilisés

N°	Modèles	Variables d’entrées (les inputs)	Output	Output
01	M1	pH, TE, SC, Ca, THT, TAC, CL	TU (NTU)	DO (Mg/L)
02	M2	pH, TE, SC, Ca, THT, TAC	TU (NTU)	DO (Mg/L)
03	M3	pH, TE, SC, Ca, THT	TU (NTU)	DO (Mg/L)
04	M4	pH, TE, SC, Ca	TU (NTU)	DO (Mg/L)
05	M5	pH, TE, SC, CL	TU (NTU)	DO (Mg/L)
06	M6	pH, TE, SC, THT	TU (NTU)	DO (Mg/L)
07	M7	pH, TE, SC, TAC	TU (NTU)	DO (Mg/L)
08	M8	Ca, THT, TAC, CL	TU (NTU)	DO (Mg/L)
09	M9	pH, TE, SC	TU (NTU)	DO (Mg/L)
10	M10	TE, SC, THT	TU (NTU)	DO (Mg/L)
11	M11	pH, TE, Ca	TU (NTU)	DO (Mg/L)
12	M12	pH, TE, TAC	TU (NTU)	DO (Mg/L)

III.4. Étapes de développement des modèles MLR.

Pour le développement des modèles MLR, on passe par les étapes suivantes:

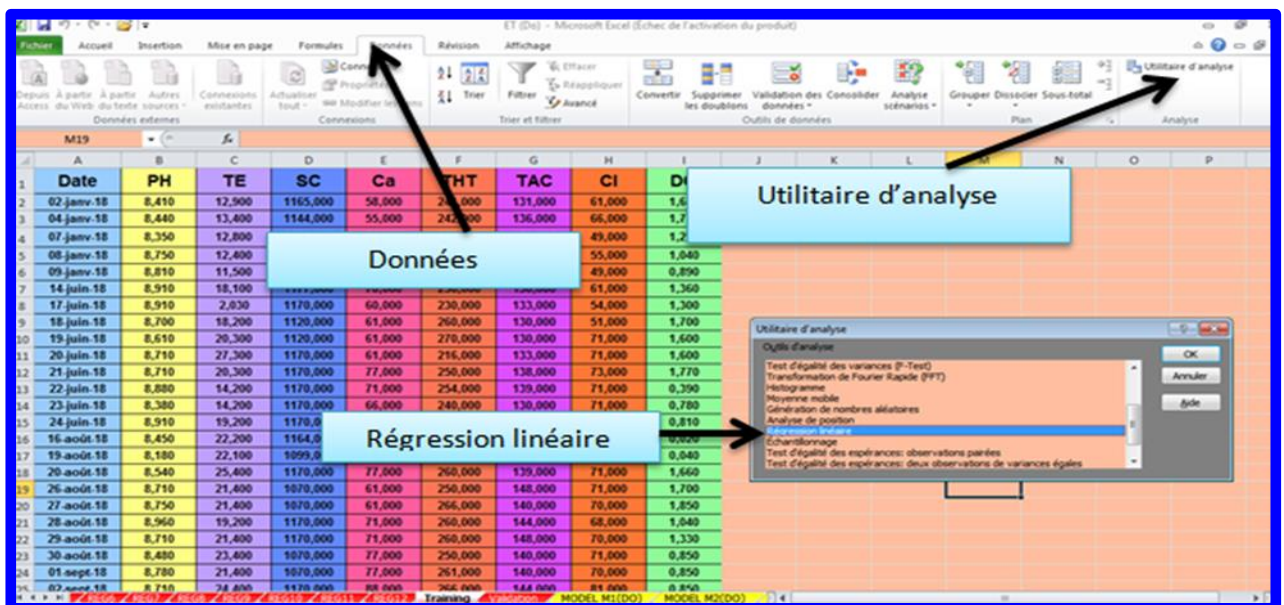


Figure III.1. Lecture du fichier de données

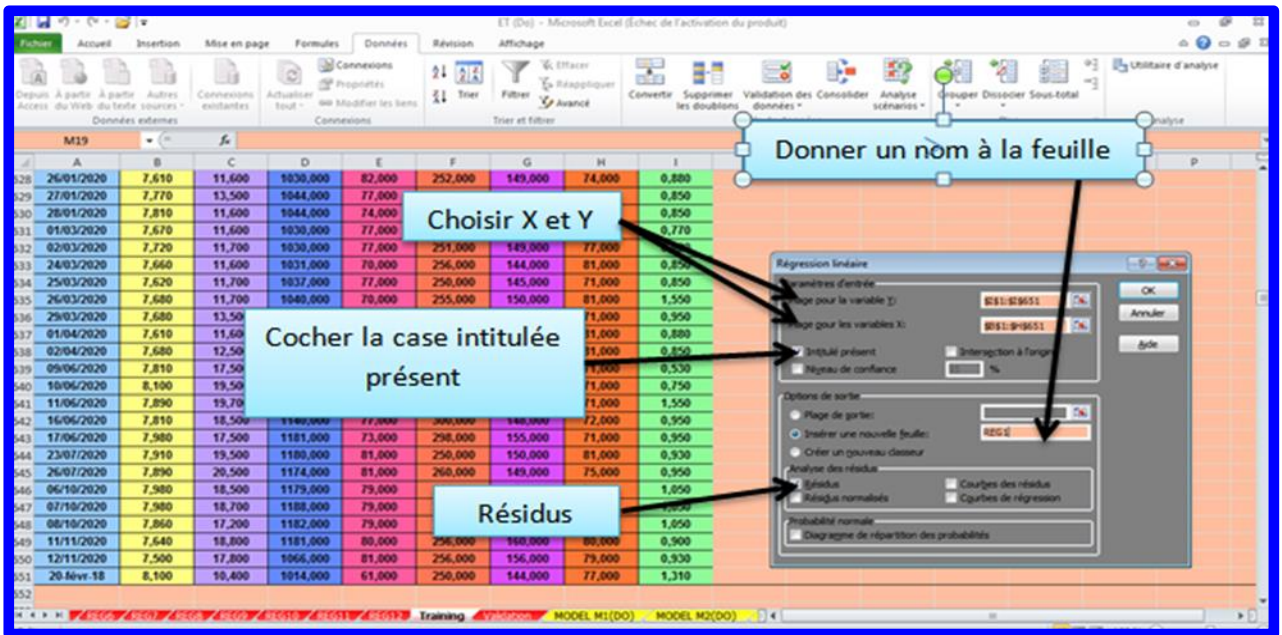


Figure III.2. Lancement du macro régression linéaire multiple (MLR)

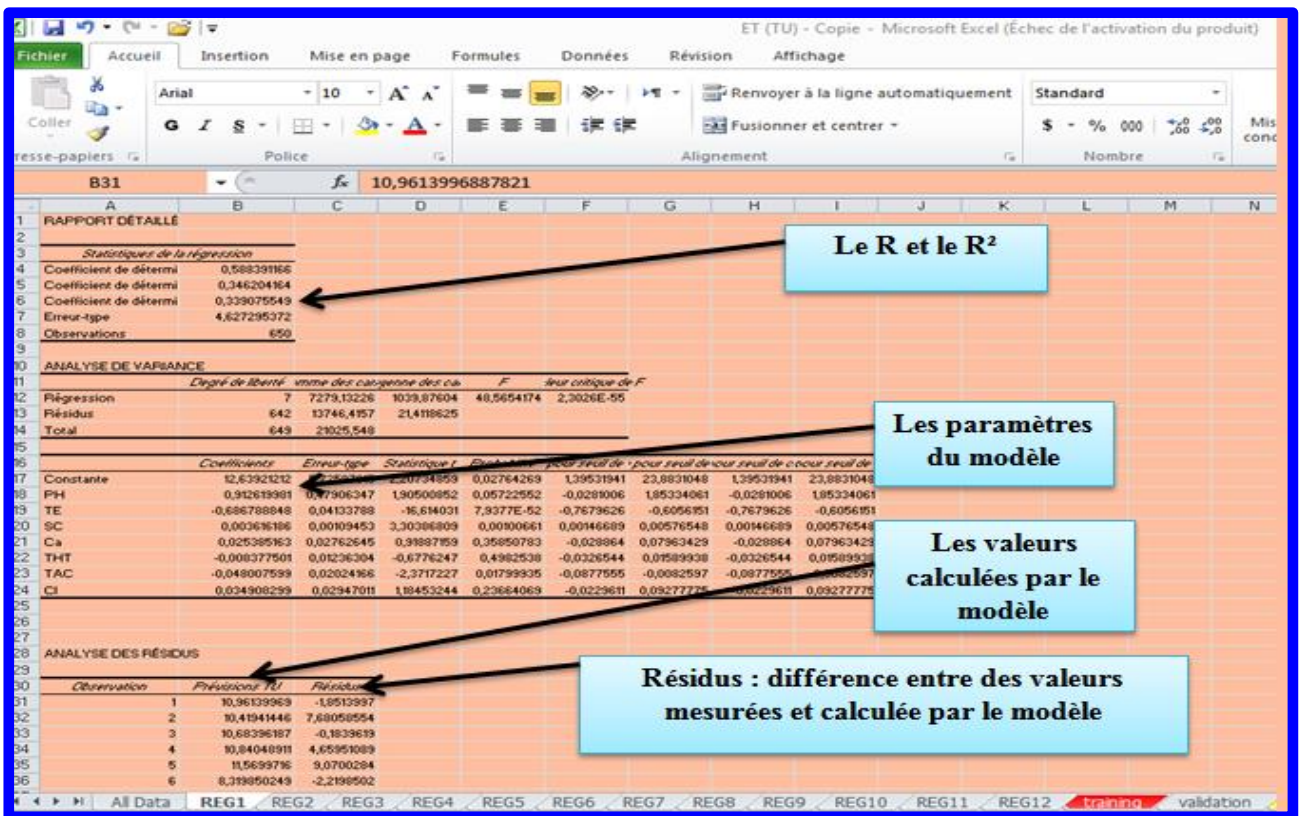


Figure III.3. Affichage des résultats de l'analyse

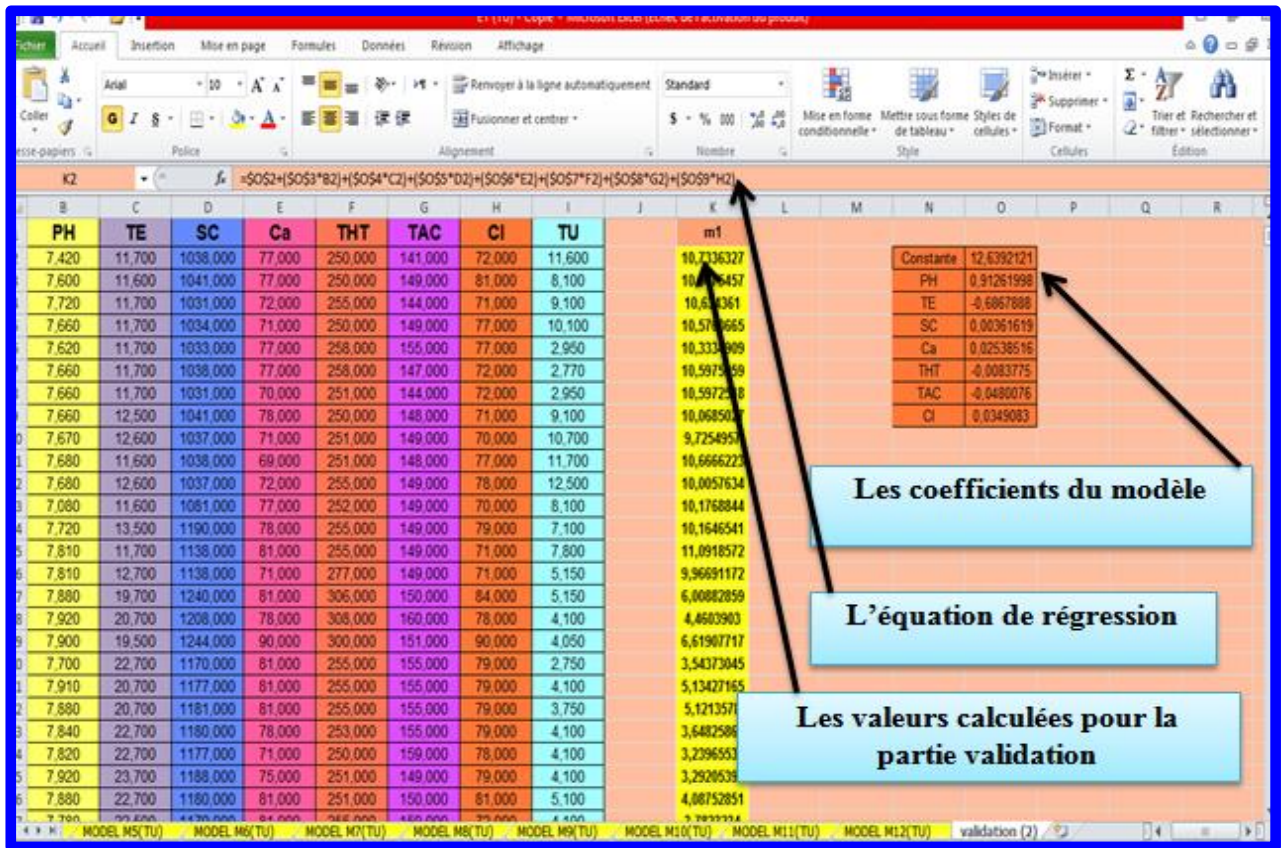


Figure III.4. Application du modèle MLR pour les données de la validation.

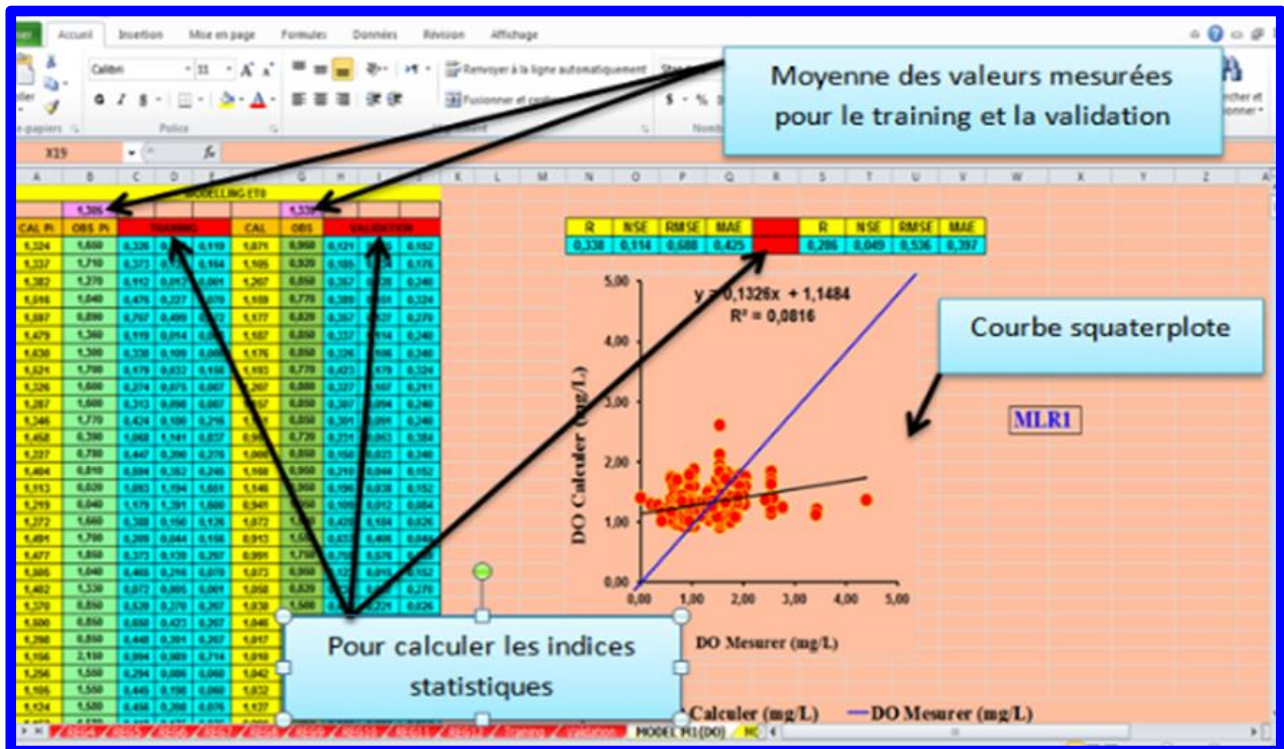


Figure III.5. Calcul des critères numériques et graphique pour les données d'apprentissage et de validation.

III.5. Résultats obtenus par les modèle MLR

III.5.1. Contrôle de la turbidité des eaux brutes par les modèle MLR

D'après les résultats reportés dans le **Tableau III.2**, on peut facilement conclure que de très faible résultats sont obtenus avec les modèles MLR et que aucun scénario n'a abouti à des résultats acceptables. Les performances numériques montrent qu'aucune variable caractérisant l'eau brute ne permis de mieux exprimer la turbidité des eaux brute. En phase d'apprentissage, les valeurs des coefficients de corrélation varient de 0.145 à 0.612, alors que les valeurs du critère NSE étaient très faible avec une valeur maximale ne dépassant pas 0.380. En phase de validation, les performances étaient encore plus faibles pour lesquelles le coefficient de corrélation était au voisinage de 0.482 comme valeur maximale et 0.378 comme valeur minimale. Les valeurs du critère NSE étaient très médiocres avec des valeurs négatives, ce qui reflète l'incapacité des modèles MLR à exprimer la turbidité des eaux brutes en fonction des autres variables. Les critères numériques en relation avec l'erreur de prédiction étaient aussi très médiocres avec des valeurs élevées exprimant une faible corrélation entre les valeurs mesurer et calculer de la turbidité. Des valeurs très élevés de RMSE et de MAE ont été obtenus : RMSE qui varient de 4.251 à 6.120 et les MAE qui varient de 3.005 à 5.053.

Les résultats ont été aussi exprimer en forme de courbes Scatterplots et les courbes de variations (**Figures III.6 et III.7**) avec lesquelles on constate que les douze modèles étaient très faibles et incapables d'exprimer la turbidité des eaux brutes.

Tableau III. 2. Résultats obtenus par les modèles MLR&TU (Eau brute)

Models	Training				Validation			
	R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	0.616	0.380	1.4794	3.396	0.426	-1.225	4.977	3.624
MLR2	0.612	0.375	4.812	3.399	0.405	-2.365	6.120	5.053
MLR3	0.610	0.372	4.824	3.401	0.396	-1.796	5.579	4.037
MLR4	0.609	0.371	4.826	3.407	0.390	-1.932	5.713	4.158
MLR5	0.609	0.371	4.828	3.416	0.402	-1.729	5.511	4.004
MLR6	0.603	0.364	4.856	3.424	0.382	-1.541	5.319	4.044
MLR7	0.604	0.364	4.853	3.418	0.383	-1.281	5.039	3.776
MLR8	0.145	0.021	6.022	4.710	0.436	-1.296	5.056	4.470
MLR9	0.603	0.363	4.857	3.427	0.378	-1.645	5.426	4.151
MLR10	0.598	0.357	4.879	3.489	0.482	-0.624	4.251	3.005
MLR11	0.609	0.371	4.826	3.406	0.385	-1.985	5.765	4.219
MLR12	0.604	0.364	4.853	3.418	0.379	-1.327	5.090	3.827

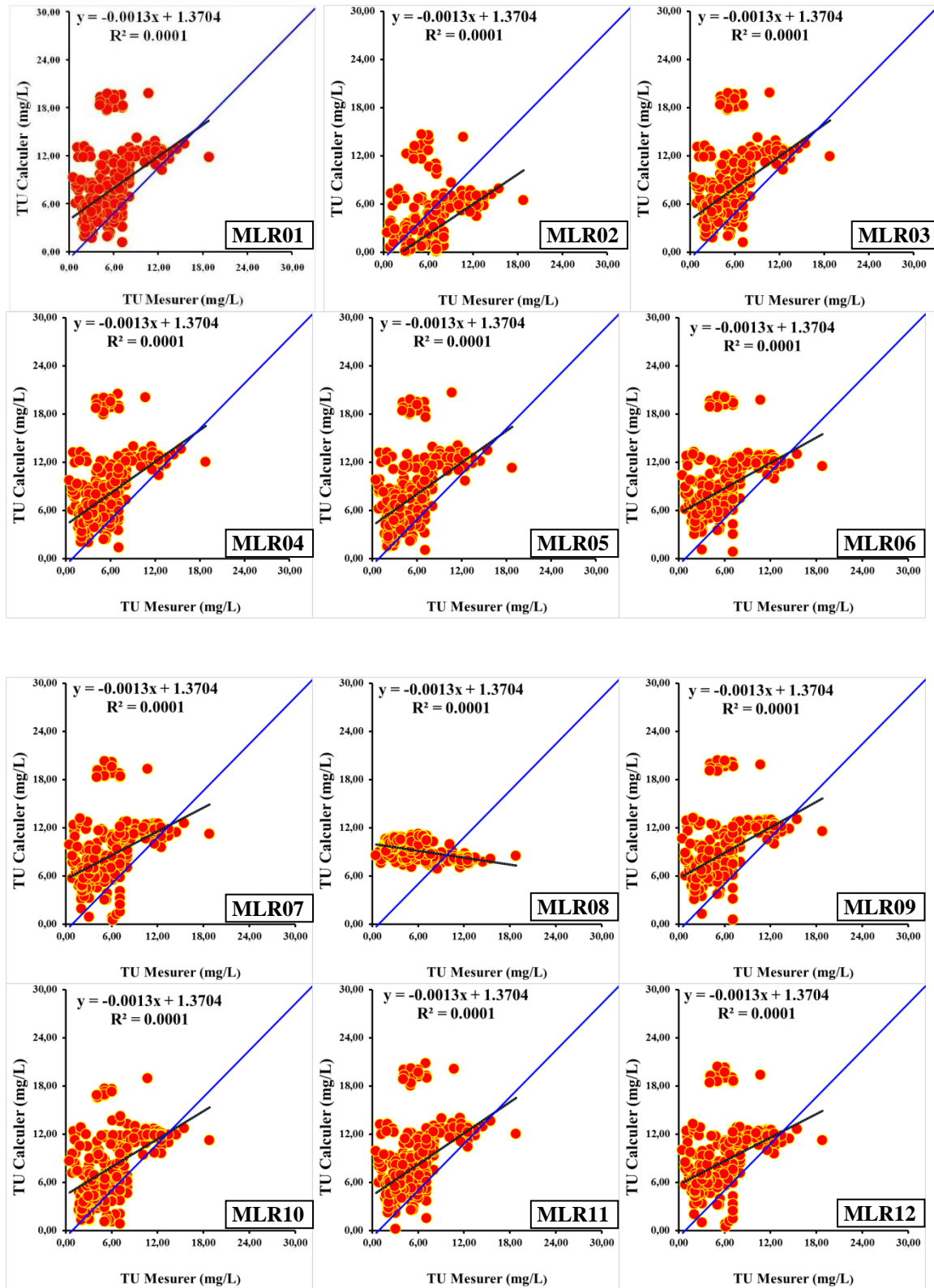


Figure III.6. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux brutes à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)

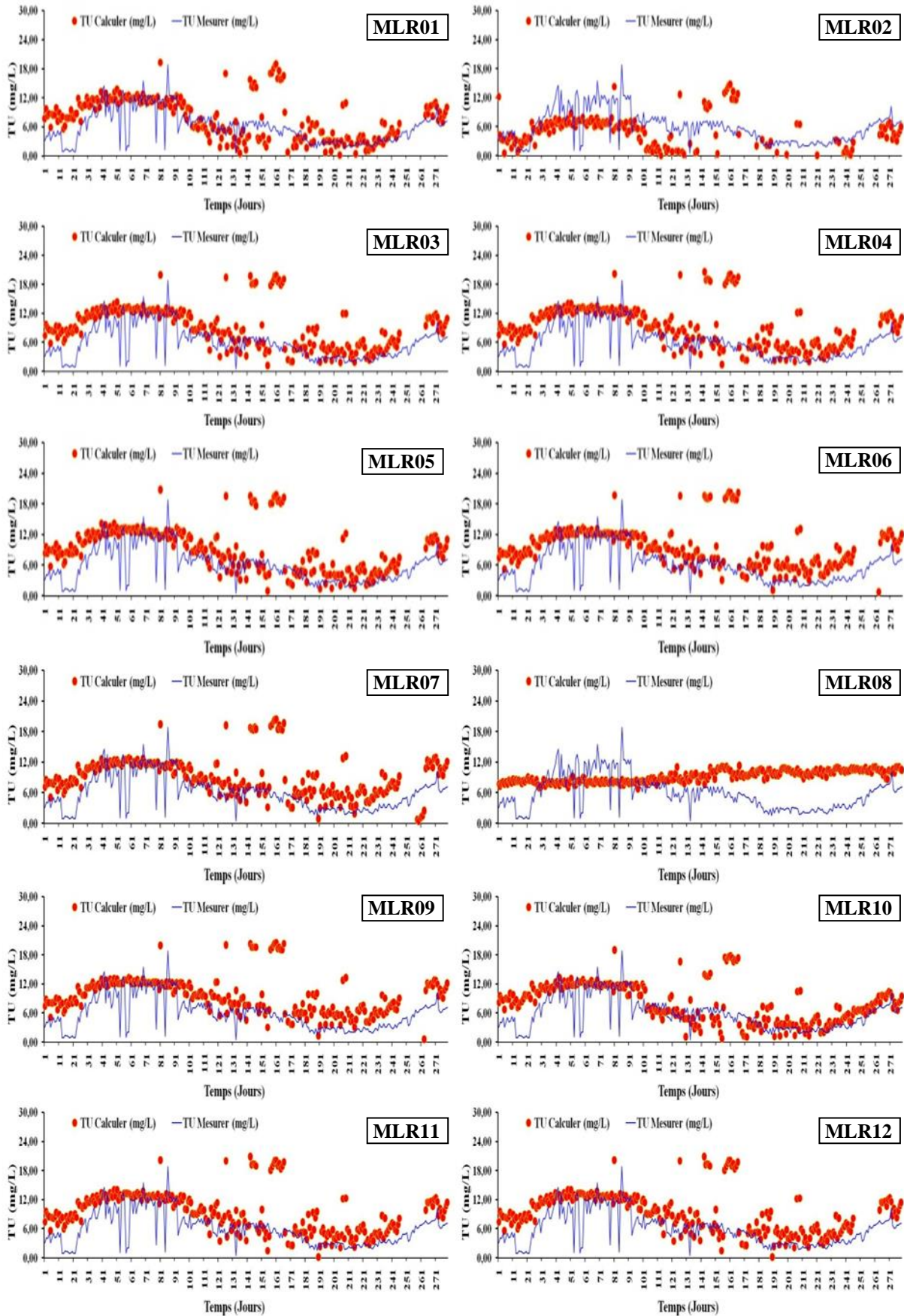


Figure III.7. Comparaison entre les valeurs calculer et mesurer de la turbidité des eaux brutes (TU) à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)

III.5.2. Contrôle de l'oxygène dissous des eaux brutes par les modèle MLR

D'après les résultats reportés dans le **Tableau III.3**, on peut facilement conclure que de très faible résultats sont obtenus avec les modèles MLR et que aucun scénario n'a abouti à des résultats acceptables. Les performances numériques montrent qu'aucune variable caractérisant l'eau brute ne permis de mieux exprimer l'oxygène dissous des eaux brute. En phase d'apprentissage, les valeurs des coefficients de corrélation varient de 0.121 à 0.338, alors que les valeurs du critère NSE étaient très faible avec une valeur maximale ne dépassant pas 0.114. En phase de validation, les performances étaient encore plus faibles pour lesquelles le coefficient de corrélation était au voisinage de 0.305 comme valeur maximale et 0.052 comme valeur minimale. Les valeurs du critère NSE étaient très médiocres avec des valeurs négatives, ce qui reflète l'incapacité des modèles MLR à exprimer l'oxygène dissous des eaux brutes en fonction des autres variables. Les critères numériques en relation avec l'erreur de prédiction étaient aussi très médiocres avec des valeurs élevées exprimant une faible corrélation entre les valeurs mesurer et calculer de la turbidité. Des valeurs très élevés des RMSE et de MAE ont été obtenus : RMSE qui varient de 0.531 à 0.554 et les MAE qui varient de 0.391 à 0.432.

Les résultats ont été aussi exprimer en forme de courbes Scatterplots et les courbes de variations (**Figures III.8 et III.9**) avec lesquelles on constate que les douze modèles étaient très faibles et incapables d'exprimer l'oxygène dissous des eaux brutes.

Tableau III.3. Résultats obtenus par les modèles MLR & DO (Eau brute)

Models	Training				Validation			
	R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	0.338	0.114	0.688	0.425	0.286	0.049	0.536	0.397
MLR2	0.332	0.111	0.690	0.426	0.274	0.043	0.538	0.395
MLR3	0.329	0.109	0.690	0.424	0.294	0.061	0.533	0.391
MLR4	0.329	0.109	0.690	0.424	0.294	0.061	0.533	0.391
MLR5	0.333	0.111	0.689	0.423	0.305	0.069	0.531	0.392
MLR6	0.329	0.108	0.690	0.424	0.294	0.061	0.533	0.391
MLR7	0.332	0.110	0.690	0.425	0.278	0.046	0.537	0.393
MLR8	0.213	0.045	0.714	0.472	0.168	0.013	0.547	0.432
MLR9	0.329	0.108	0.690	0.424	0.294	0.061	0.533	0.391
MLR10	0.257	0.066	0.707	0.459	0.208	0.015	0.546	0.420
MLR11	0.180	0.033	0.719	0.467	0.171	0.023	0.544	0.419
MLR12	0.121	0.015	0.726	0.469	0.052	0.013	0.554	0.419

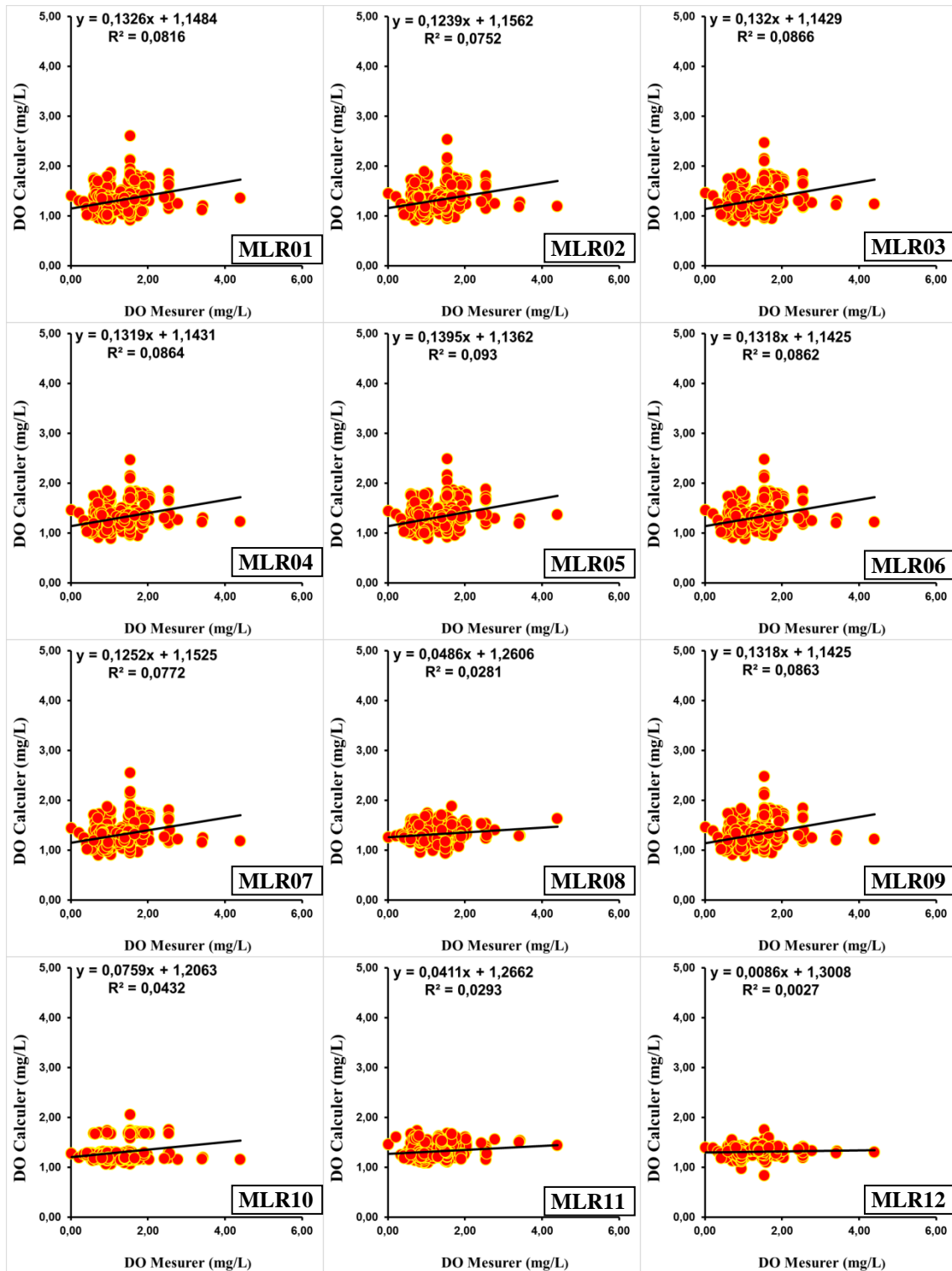


Figure III.8. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de l'oxygène dissous des eaux brutes à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)

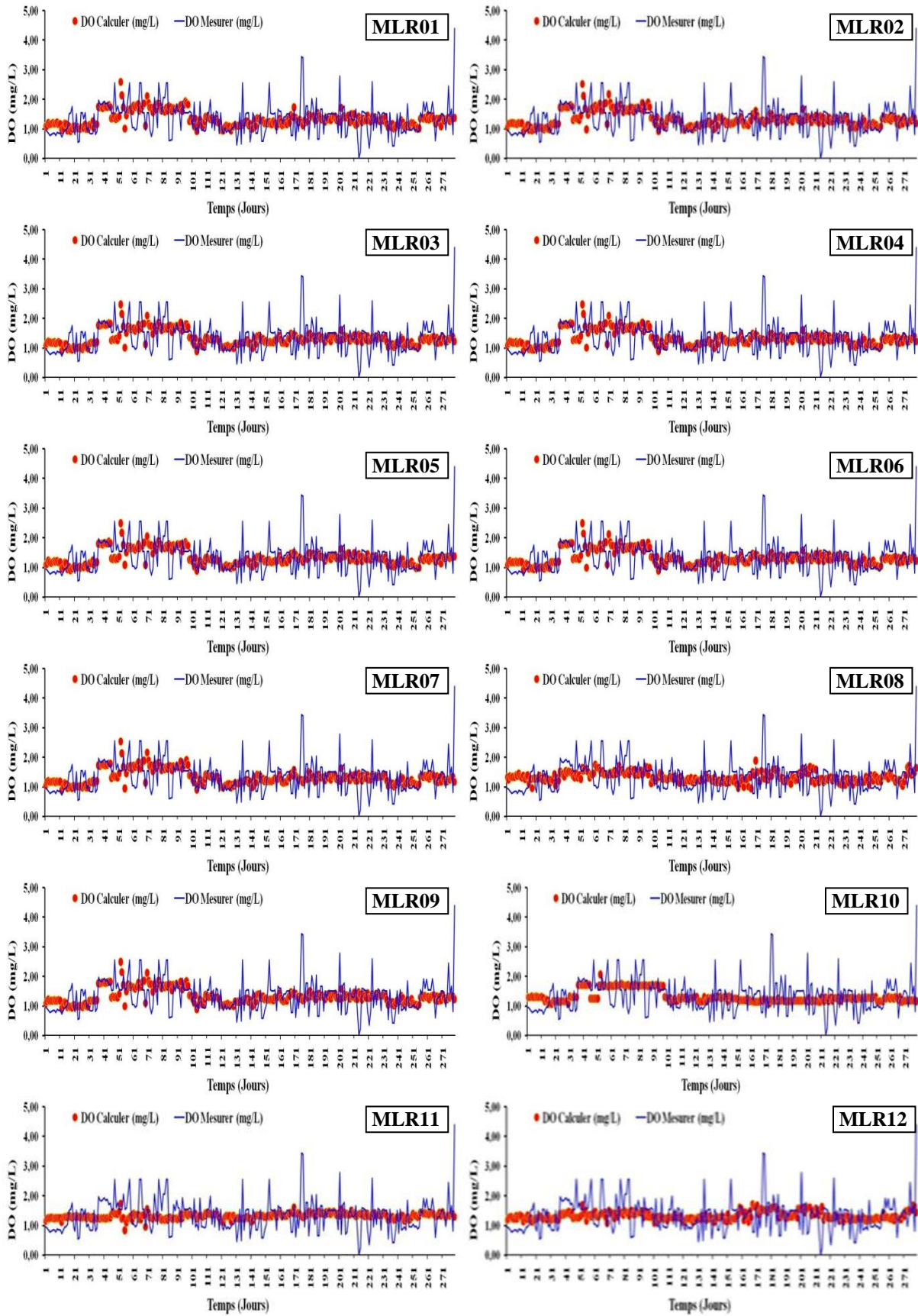


Figure III.9. Comparaison entre les valeurs calculer et mesurer de l’oxygène dissous des eaux brutes (TU) à l’échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)

III.6. Conclusion

Le présent chapitre a fait l'objet d'une analyse à base de modélisation des eaux brutes au niveau de la station de traitement des eaux Kénitra, barrage Oum Toub. Nous avons essayé de modéliser la turbidité et l'oxygène dissous en fonction de plusieurs variables caractérisant l'eau brute, cependant nous avons obtenus de très faibles performances que ce soit pour la turbidité ou bien pour l'oxygène dissous. Malgré que plusieurs travaux déjà publiés ont montrés qu'il est possible de modéliser l'oxygène dissous avec des performances très élevées, dans notre cas d'étude n'a pas confirmé ces conclusions, et cela peut être interpréter par la qualité des données utiliser qui restent en grand partie à vérifier.

Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons présenter les résultats obtenus par la régression linéaire multiple (MLR) appliquée pour le contrôle de la qualité des eaux traitée ou niveau de la station de traitement des eaux Kénitra barrage Oum Toub. Comme variables à modéliser, nous avons sélectionné la turbidité (TU) et l'oxygène dissous (DO), alors que les autres variables ont été utilisé comme variables explicatives. Pour l'outil statistique nous avons utilisés la tableur Excel.

IV.2. Résultats obtenus par les modèle MLR

IV.2.1. Contrôle de la turbidité des eaux traitée par les modèle MLR

D'après les résultats reportés dans le [Tableau IV.1](#), on peut facilement conclure que de très faible résultats sont obtenus avec les modèles MLR et que aucun scénario n'a abouti à des résultats acceptables. Les performances numériques montrent qu'aucune variable caractérisant l'eau traitée ne permis de mieux exprimer la turbidité des eaux traitée. En phase d'apprentissage, les valeurs des coefficients de corrélation et le critère NSE étaient très faible avec une valeur maximale ne dépassant pas 0.588 et 0.388. En phase de validation, les performances étaient encore plus faibles pour lesquelles le coefficient de corrélation était au voisinage de 0.621 comme valeur maximale. Les critères numériques en relation avec l'erreur de prédiction étaient aussi très médiocres avec des valeurs élevées exprimant une faible corrélation entre les valeurs mesurer et calculer de la turbidité. Les résultats ont été aussi exprimer en forme de courbes Scatterplots et les courbes de variations ([Figures IV.6 et IV.7](#)).

Tableau IV. 1. Résultats obtenus par les modèles MLR&TU (Eau traitée)

Models	Training				Validation			
	R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	0.588	0.346	4.599	3.184	0.621	0.383	4.161	3.010
MLR2	0.587	0.345	4.604	3.184	0.626	0.389	4.141	2.996
MLR3	0.583	0.340	4.621	3.179	0.618	0.380	4.172	2.943
MLR4	0.582	0.339	4.624	3.174	0.619	0.381	4.168	2.938
MLR5	0.582	0.339	4.623	3.179	0.614	0.376	4.185	2.950
MLR6	0.582	0.339	4.625	3.191	0.618	0.380	4.173	2.945
MLR7	0.585	0.342	4.614	3.193	0.625	0.388	4.144	2.982
MLR8	0.065	0.004	5.675	4.309	0.062	0.004	5.289	4.226
MLR9	0.581	0.338	4.627	3.185	0.619	0.381	4.170	2.941
MLR10	0.579	0.335	4.637	3.239	0.604	0.363	4.228	2.966
MLR11	0.607	0.364	4.536	3.077	0.571	0.308	4.407	3.110
MLR12	0.563	0.317	4.699	3.238	0.001	0.363	6.185	4.776

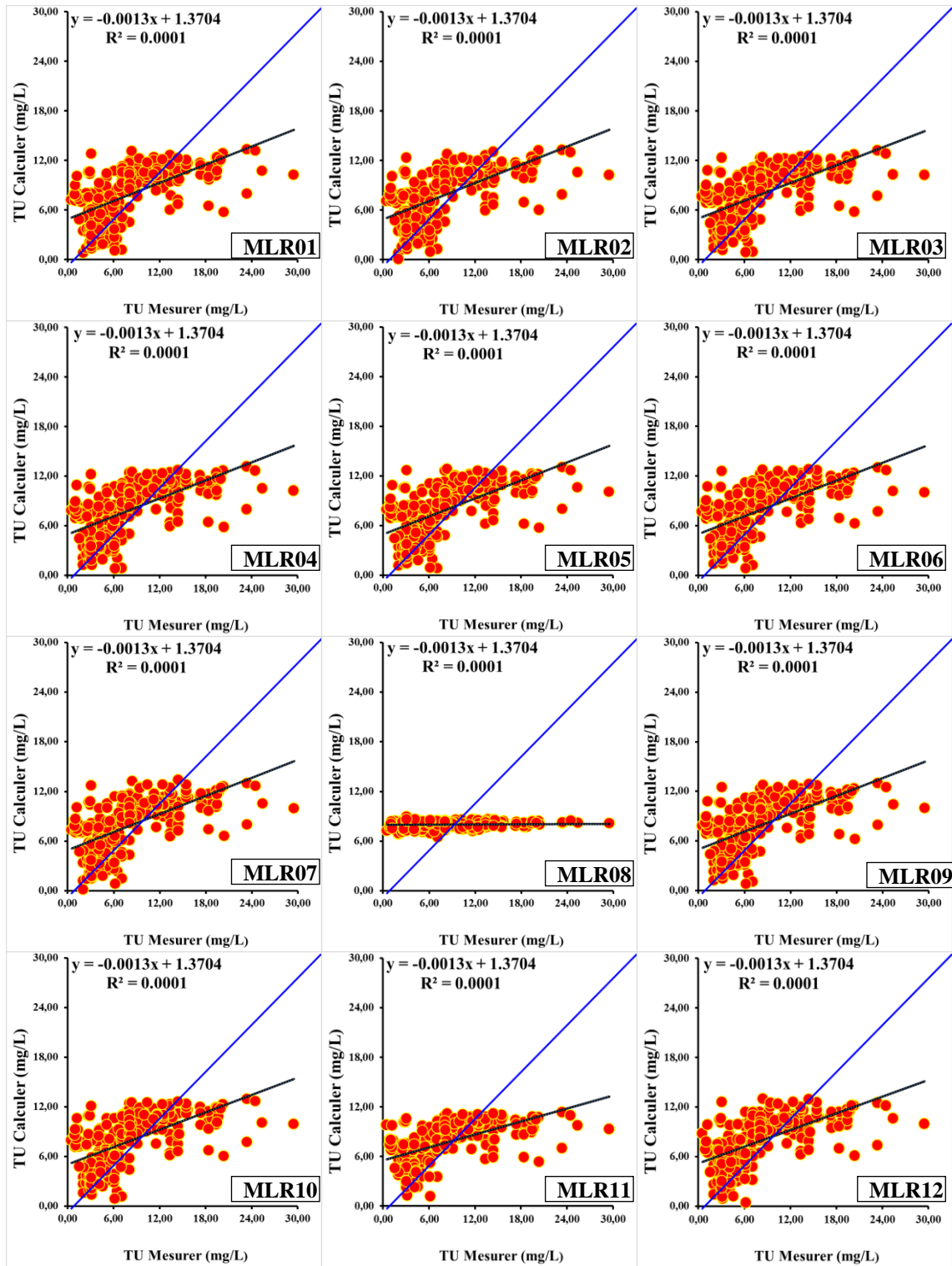


Figure IV.1. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitée à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)

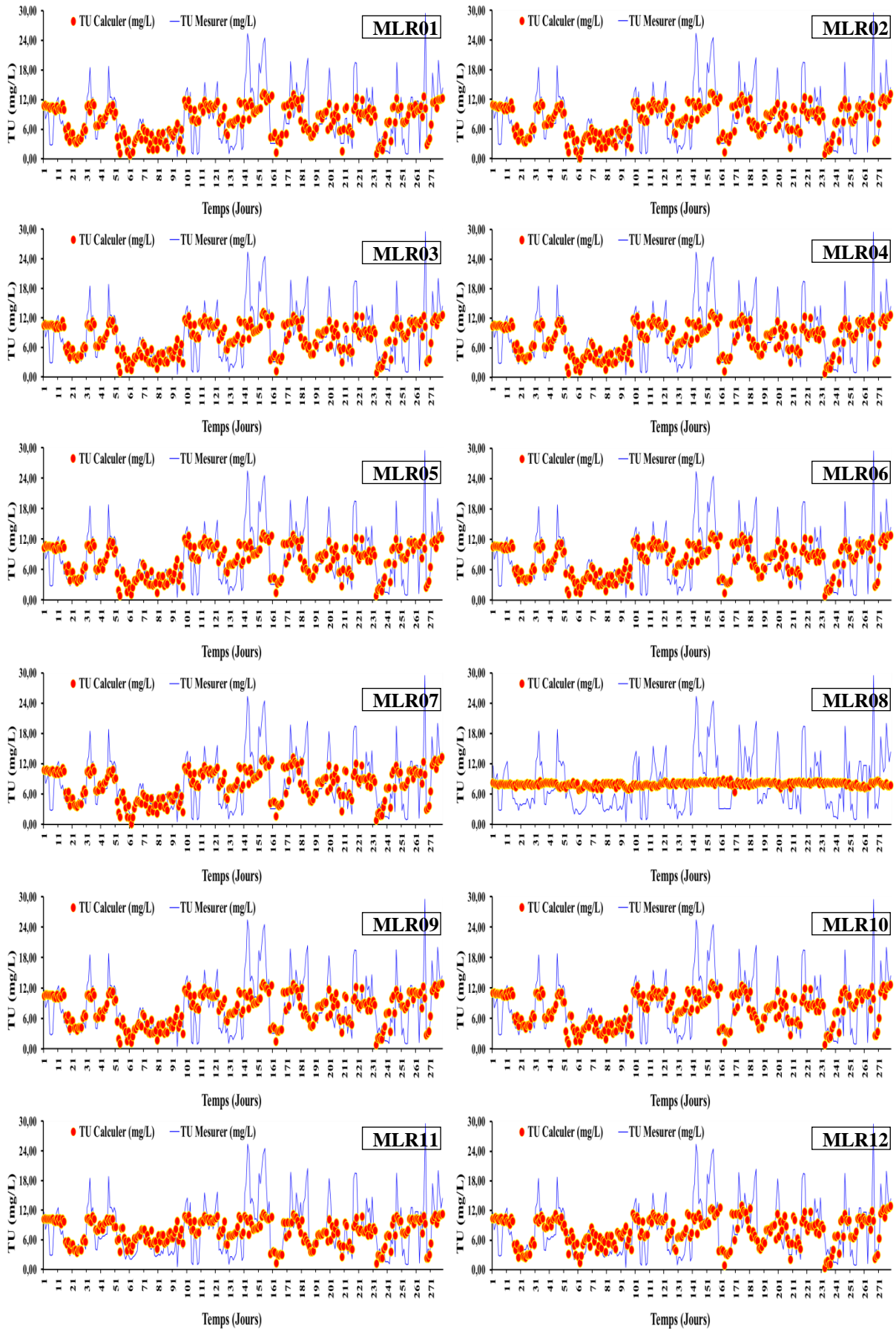


Figure IV.2. Comparaison entre les valeurs calculer et mesurer de la turbidité des eaux traitée (TU) à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)

IV.2.2. Contrôle de l'oxygène dissous des eaux traitée par les modèle MLR

Pour le contrôle de l'oxygène dissous des eaux traitées (**Tableau IV.2**) le même constat est signalé. Il n'y a aucune corrélation entre la variable à modéliser, i.e., l'oxygène dissous et les autres variables caractérisant l'eau traitée. Parmi les douze modèles proposés aucun d'entre eux n'a été capable d'atteindre des performances acceptables et les performances numériques étaient très faibles que ce soit en apprentissage ou en validation.

Tableau IV.2. Résultats obtenus par les modèles MLR & DO (Eau traitée)

Models	Training				Validation			
	R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	0.338	0.114	0.688	0.425	0.286	0.049	0.536	0.397
MLR2	0.332	0.111	0.690	0.426	0.274	0.043	0.538	0.395
MLR3	0.329	0.109	0.690	0.424	0.294	0.061	0.533	0.391
MLR4	0.329	0.109	0.690	0.424	0.294	0.061	0.533	0.391
MLR5	0.333	0.111	0.689	0.423	0.305	0.069	0.531	0.392
MLR6	0.329	0.108	0.690	0.424	0.305	0.069	0.531	0.392
MLR7	0.332	0.110	0.690	0.425	0.278	0.046	0.537	0.393
MLR8	0.213	0.045	0.714	0.472	0.168	0.013	0.547	0.432
MLR9	0.329	0.108	0.690	0.424	0.168	0.013	0.547	0.432
MLR10	0.257	0.066	0.707	0.459	0.208	0.015	0.546	0.420
MLR11	0.180	0.033	0.719	0.467	0.171	0.023	0.544	0.419
MLR12	0.121	0.015	0.726	0.469	0.052	0.013	0.554	0.419

En phase d'apprentissage, les coefficients de corrélation et le critère NSE n'ont pas dépassés les valeurs de 0.338 et 0.114, alors qu'en phase de validation ils étaient encore plus faibles : les R et NSE maximum obtenus étaient de l'ordre de 0.305 et 0.069. La comparaison entre les modèles a été aussi présentée sous forme de graphes Scatterplots et courbe de comparaison entre les valeurs calculées et mesurées (**Figure IV.3 et IV.4**).

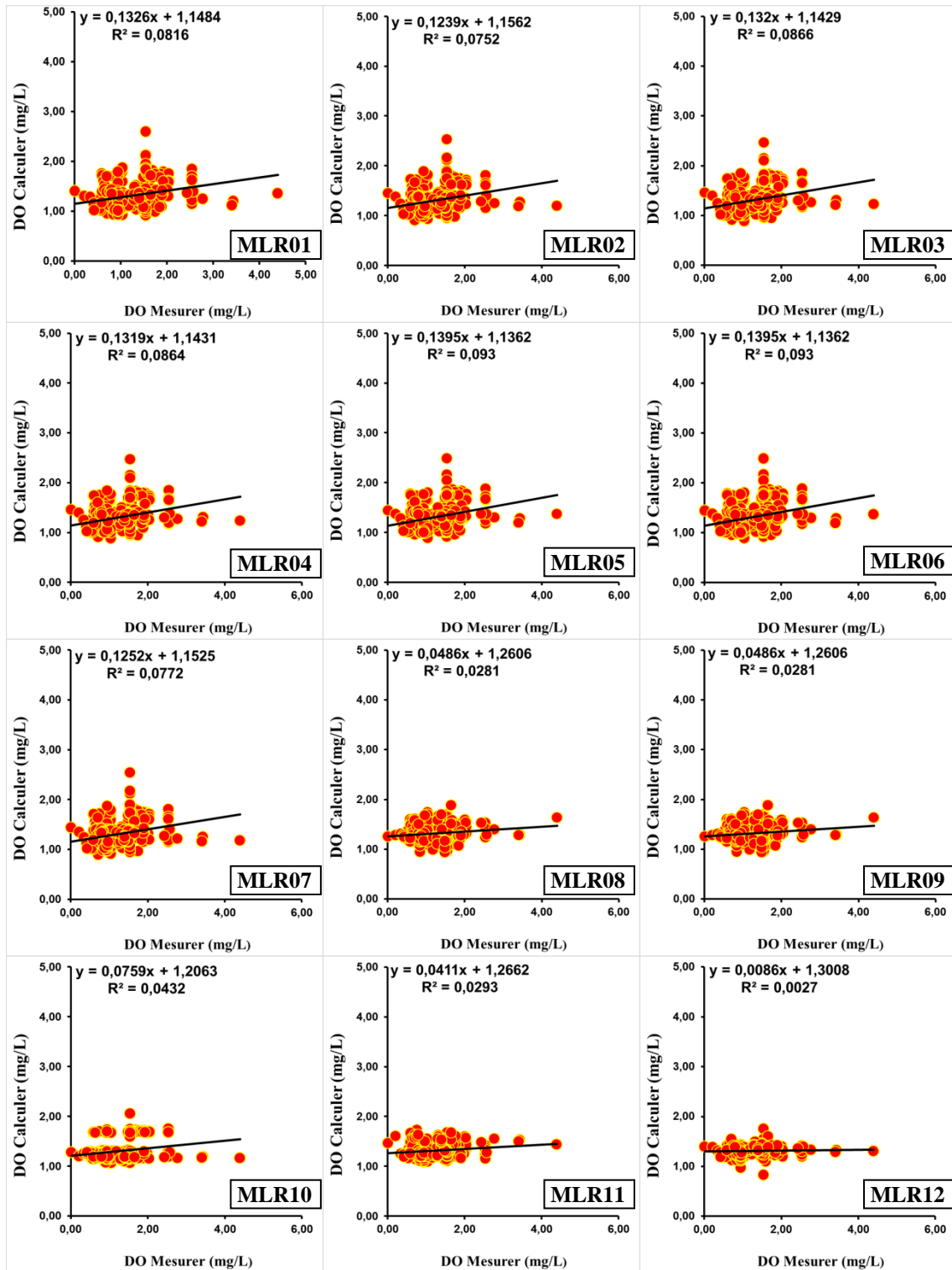


Figure IV.3. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de l'oxygène dissous des eaux traitée à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)

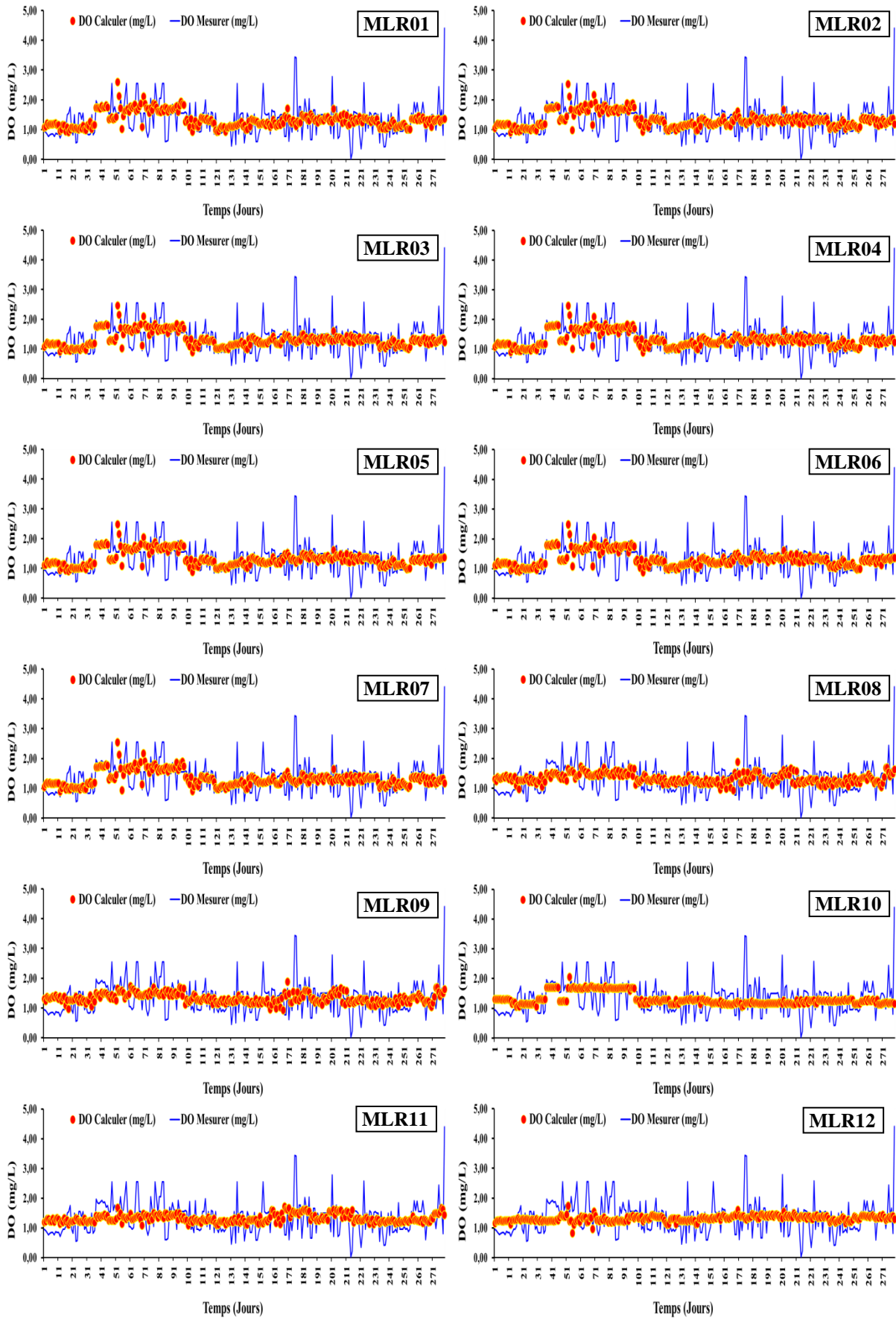


Figure IV.4. Comparaison entre les valeurs calculer et mesurer de l'oxygène dissous des eaux traitée (DO) à l'échelle journalière station Kénitra, Oum Toub (phase de validation)

IV.3. Conclusion

Le présent chapitre a fait l'objet d'une analyse à base de modélisation des eaux traitées au niveau de la station de traitement des eaux Kénitra, barrage Oum Toub. Nous avons essayé de modéliser la turbidité et l'oxygène dissous en fonction de plusieurs variables caractérisant l'eau brute, cependant nous avons obtenus de très faibles performances que ce soit pour la turbidité ou bien pour l'oxygène dissous. Malgré que plusieurs travaux déjà publiés ont montrés qu'il est possible de modéliser l'oxygène dissous avec des performances très élevées, dans notre cas d'étude n'a pas confirmé ces conclusions, et cela peut être interpréter par la qualité des données utiliser qui restent en grand partie à vérifier.

Conclusion Générale

Sur la base des résultats physico chimique et bactériologique des eaux au niveau de la station de traitement Kénitra en peut conclure ce qui suit :

- Une température de l'eau qui est saisonnière.
- Un PH proches de la neutralité.
- Une conductivité électrique généralement dans les normes
- La turbidité est conforme aux normes de qualité des eaux avec une eau traitée claire.

D'autre part, nous avons procédé à la en utilisant plusieurs variable mesuré à pas de Temps journalier pour la modélisation des différents variables des eaux (brute et traité) mesuré au niveau du laboratoire de la station de barrage Kénitra Oum toub dans le Wilaya de Skikda.

Nous avons utilisé un modèle base de régression linière multiple (MLR). A la lumière des résultats obtenus, on peut conclure ce qui suit :

- ❖ Les résultats obtenu par les modèles MLR pour le contrôle de la turbidité des eaux brutes et traitées sont très faible et aucun scénario n'a abouti à des résultats acceptable.
- ❖ Les critères numérique en relation avec l'erreur de prédiction étaient aussi très médiocres avec des valeurs élevées exprimant une faible corrélation entre les valeurs mesurer et calculer de la turbidité.
- ❖ Pour le contrôle de l'oxygène dessous des eaux traitées et brutes le même constat est a signalé. il n'est y a aucune corrélation entre la variable à modéliser. Parmi les douze modèles proposés aucun d'entre eux n'a été capable d'atteindre des performances acceptables et les performance numériques étaient très faible que ce soit en apprentissage ou en validation.

Références Bibliographiques

ADE (2011). Algérienne d'eaux, étude et réalisation de la station de traitement d'eau potable de Guenitra.

Bensaci (2006). Détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface : cas de barrage timgade wilaya de batna mémoire de magister, centre université labri ben M'hidi, Oum El bouaghi 98p.

Boukhrissa M.L. (2015). Collecte des rejets et système d'épuration des eaux usées de la commune d'Oum Toub willaya de Skikda. *Mémoire de master, Univ. Bejaia, 91p.*

Cardot (1999). Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et Biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A., 1999.

C.I.D.F. (2000). Centre International De Formation, Principes généraux de traitement des eaux, Lyonnaise des Eaux, 95p.

Degremont (2005). Mémento technique de l'eau : Tome 2. Lavoisier SAS-Lexique technique de l'eau, Paris, dixième Edition, 250p.

Godart H., (2008). Traitements des eaux de distribution. *Traité Construction, volume C 5-200. Techniques de l'Ingénieur.* <https://doi.org/10.51257/a-v1-c5201>

Hernandez De León H.R. (2006). Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Thèse de doctorat, UTC/Lyonnaise des Eaux/CNRS, 163p.

Valentin N., (2000). Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable. Thèse de doctorat, UTC/ Lyonnaise des Eaux/CNRS, 153P.

Nom et prénom : Babouri Ihssane

Nom et prénom : Sassane Imane

Nom et prénom : Satouh Imane

Nom et prénom : Sebbagh Sarra

Titre : Suivre et Contrôler de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement Kénitra, Oum Toub, Wilaya de Skikda.

Résumé : Face à ce que connaît le monde de la rareté de l'eau potable, tous les pays développés et en développement sont dans une course pour développer des solutions par lesquelles ils cherchent à répondre aux besoins croissants en eau douce. L'Algérie fait partie des pays qui ont adopté une politique de construction des barrages dans tout le pays. Parmi eux, le barrage de Kenitra, situé au sud-ouest de Wilaya de Skikda. Au niveau de la station de traitement de Kénitra, la qualité de l'eau est surveillée et sa qualité physique et chimique est améliorée afin d'alimenter les agglomérations environnantes. A travers ce travail, nous avons étudié la qualité des eaux brutes et traitées au niveau de cette station, où nous avons prélevé des échantillons pour chacune d'elles durant les mois de mars et avril 2022. Les analyses chimiques, physiques et biologiques réalisées par la Société Algérienne des Eaux ont montré que l'eau traitée était de bonne qualité. D'autre part, nous avons collecté les données à partir l'archives de la période 2018-2021 et nous avons utilisé les systèmes de régression linéaire multiple (MLR) pour modéliser quelques variables des eaux brutes et traitées. Les résultats obtenus se sont avérés très faibles et insatisfaisants.

Mots- clés : Les analyses des eaux, le barrage de Kenitra, traitement des eaux, système régression linéaire multiple (MLR)

ملخص:

في ظل ما يشهده العالم من ندرة المياه الصالحة للشرب، كل البلدان المتقدمة والنامية في سباق لوضع حلول تسعى من خلالها لتلبية الحاجيات المتزايدة للمياه العذبة.

الجزائر من بين الدول التي انتهجت سياسة بناء السدود في كل أرجاء الوطن، من بينها سد قنيطرة الواقع في الجنوب الغربي لولاية سكيكدة، على مستوى محطة المعالجة قنيطرة تتم مراقبة نوعية المياه وتحسين جودتها الفيزيائية والكيميائية بهدف تزويد التجمعات السكانية المحيطة بها .

من خلال هذا العمل قمنا بدراسة نوعية المياه الخام والمياه المعالجة على مستوى هذه المحطة حيث اخذنا عينات لكل منهما خلال شهر مارس وأفريل 2022 . اوضحت التحاليل الكيميائية ، الفيزيائية والبيولوجية المنجزة من طرف شركة الجزائرية للمياه والتي اظهرت ان نوعية المياه المعالجة ذات جودة حسنة .

وبالمقابل حجزنا بيانات موجودة بالأرشيف في الفترة الممتدة بين 2018 -2021 وقمنا بدراستها عن طريق نظام الانحدار الخطي المتعدد MLR , حيث ان النتائج المحصل عليها ظهرت ضعيفة جدا وغير مرضية.

الكلمات المفتاحية: التحاليل , سد قنيطرة , معالجة المياه, نوعية المياه, نظام الانحدار الخطي المتعدد MLR

