

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 :

*Suivi et Contrôle de la Qualité des Eaux au Niveau de la
Station de Traitement des Eaux Azzaba, Wilaya de Skikda*

Présenté par :

- Feligha Roquiya
- Ghelem Hadjer
- Harrag Youcef Yassine

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
Mr : Heddami Salim	(Pr.) Promoteur	Université du 20 Août 1955 - Skikda

Année Universitaire : 2021-2022

Remerciements

Au moment de terminer cette étude qui est le fruit d'une étude collaboratrice entre plusieurs personnes et directions, j'aimerais exprimer mes gratitude à tous ceux qui nous avons aidés.

Avant tout, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur pour nous avoir donnée la force pour accomplir ce modeste travail et ce cursus universitaire.

*Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer à la juste valeur notre reconnaissance de notre encadrant **Mr S. Heddam**, pour l'aide qu'il nous a offert durant la période de réalisation de ce travail et encore plus sa confiance et ses encouragements.*

Merci monsieur pour le temps que vous nous avez consacré, les conseils que vous avez prodigués, les vertus que vous nous avez inculqués.

*Nous tenons à remercier **les membres du jury** qui nous ferons l'honneur de juger notre travail.*

Nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé notre réflexions et ont accepté à notre rencontre et répondre à nos questions.

*Un grand merci pour toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin pour la réalisation de ce travail sans oublier toute la promotion **2021/2022***

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du DIEU, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect :

*Mon cher **PERE**.*

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse :

*Mon adorable **MERE**.*

*A mon adorable petite sœur **Ibtihal** qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*A mes chers **Frères**, que DIEU les protège et leur offre la chance et le bonheur.*

*A mes chères **Tantes** et ma proche amie **Imane**, qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études.*

*Sans oublier mon binôme **Hadjer** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*

*A toutes les familles **FELIGHA** et **GHELEM***

A tous ceux qui m'aiment.

F. Roquiya

Dédicaces

*Pour chaque début il y a une fin, et ce qui est beau
dans toute fin c'est la réussite et l'atteinte du but.*

Je dédie ce modeste ouvrage, fruit de très longues années de travail à :
Ceux qui méritent le plus ma reconnaissance, ma gratitude,
A celle qui a inséré le gout de la vie, à la plus chère personne au monde, le
soleil qui a éclairé ma vie et, qui m'entouré par ses beaux sentiments

Merci MÈRE

*A celui qui a été toujours la source de courage, le secret de ma fierté, le boguet
qui se brûle pour notre éclaircissement*

Merci PÈRE

A celle qui a donné le courage et le soutien moral

Merci chère sœur Chaima

A qui sont la source de ma force dans la vie

Merci mes chers Frères Imad, Hakim et Hamza

A mes proches Amies

A mon binôme Roquiya

A toutes les familles GHELEM et FELIGHA

A tous ceux qui m'aiment.

G.Hadjer

Table des Matières

Remerciements	
Dédicaces	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Listes des figures	
Introduction Générale	01

Chapitre I : Généralités sur les Traitements des Eaux

I.1. Introduction	03
I.2. Chaîne élémentaire de production d'eau potable	04
I.2.1. Prétraitement	05
I.2.1.1. Dégrillage et Tamisage	05
I.2.1.2. Le dessablage	06
I.2.1.3. Dégraissage & Déshuilage	06
I.2.2. Peroxydation	06
I.2.2.1. Préoxydation par le chlore	06
I.2.2.2. Préoxydation par les Chloramines	07
I.2.2.3. Préoxydation par le dioxyde de chlore	07
I.2.2.4. Préoxydation par l'ozone	07
I.2.3. Clarification	08
I.2.3.1. La Coagulation	08
I.2.3.2. La floculation	11
I.2.3.3. La Décantation & flottation	13
I.2.3.4. La filtration	13
I.2.4. Oxydation-Désinfection	14
I.2.5. Affinage	15
I.3. Conclusion	15

Chapitre II : Présentation de la station de traitement des eaux Azzaba

II.1. Introduction	17
II.2. La commune d'Azzaba	17

II.2.1. Historique	17
II.2.2. Géographie	17
II.3. Le barrage de Zit El-Emba	18
II.3.1. Caractéristiques du barrage de Zit El-Emba	18
II.4. La station de traitement des eaux Azzaba	19
II.4.1. Encadrements technique et administrative de la station	20
II.4.2. Infrastructures de la station	20
II.4.3. La chaîne de traitement au niveau de la station Azzaba	21
II.4.3.1. Prétraitement	22
II.4.3.2. Coagulation floculation	22
II.4.3.3. Décantation	23
II.4.3.4. La filtration	24
II.4.3.5. Post chloration	25
II.4.3.6. Stockage d'eau traitée	25
II.4.3.7. Traitement des boues par déshydratation sur lits de séchage	25
II.4.4. Salle des réactifs chimiques	26
II.4.5. Schéma générale de traitement de l'eau dans la station Azzaba	27
II.5. Contrôle de la qualité des eaux au niveau de la station d'Azzaba	28
II.5.1. La température	28
II.5.2. La turbidité	28
II.5.3. Le PH	29
II.5.4. La conductivité	29
II.5.5. La salinité	30
II.5.6. L'alcalinité	30
II.5.7. L'alcalinité totale	30
II.5.8. Mesure de chlorure	30
II.5.9. Le taux de coagulant « Jar test »	30
II.6. Conclusion	31

Chapitre III : Présentation de la Base de Données Utilisées

III.1. Introduction	33
III.2. Statistiques descriptives des données utilisées : eaux brutes	34

III.3. Statistiques descriptives des données utilisées : eaux clarifiées	34
III.4. Statistiques descriptives des données utilisées : eaux traitées	35
III.5. Matrice de corrélation	35
III.6. Critères de validation des modèles	37
III.7. Développement des Modèles à Base de Régression Linéaire Multiple	38
III.8. Conclusion	39

Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Brutes à l'Échelle Journalière

IV.1. Introduction	41
IV.2. Simulation de la turbidité des eaux brutes	41
IV.3. Simulation de la salinité des eaux brutes	44
IV.4. Conclusion	47

Chapitre V : Contrôle de la Qualité des Eaux Clarifiée à l'Échelle Journalière

V.1. Introduction	49
V.2. Simulation de la turbidité des eaux clarifiées	49
V.3. Simulation de la salinité des eaux clarifiées	52
V.4. Conclusion	55

Chapitre VI : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée à l'Échelle Journalière

VI.1. Introduction	57
VI.2. Simulation de la turbidité des eaux traitées	57
VI.3. Simulation de la salinité des eaux traitées	60
VI.4. Conclusion	63

Conclusion Générale	64
----------------------------	----

Références bibliographiques	66
-----------------------------	----

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre II : Présentation de la Station de Traitement des Eaux Azzaba

Tableau II.1 : les dimensions des ouvrages de la station de potabilisation	25
----------------------------------------------------------------------------	----

Chapitre III : Présentation de la Base de Données Utilisées

Tableau III.1: Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau brute	34
Tableau III.2: Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau clarifiée	35
Tableau III.3: Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau traitée	35
Tableau III.4 : Matrice de corrélation des eaux brutes, clarifiés et traitées	36
Tableau III.5 : Structure des modèles utilisés	

Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Brutes à l'Échelle

Journalière

Tableau IV.1 : Résultats obtenus par les modèles MLR & TU (Eau brute)	41
Tableau IV.2 : Résultats obtenus par les modèles MLR & SA (Eau brute)	44

Chapitre V : Contrôle de la Qualité des Eaux Clarifiée à l'Échelle

Journalière

Tableau V.1 : Résultats obtenus par les modèles MLR & TU (Eau clarifiée)	49
Tableau V.2 : Résultats obtenus par les modèles MLR & SA (Eau clarifiée)	52

Chapitre VI : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée à l'Échelle

Journalière

Tableau VI.1 : Résultats obtenus par les modèles MLR & TU (Eau traitée)	57
Tableau VI.2 : Résultats obtenus par les modèles MLR & SA (Eau traitée)	60

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Généralités sur les Traitements des Eaux

Figure I.1: Schéma des principaux traitements (Degrément, 2005)	04
Figure I.2 : Schéma sur coagulation-floculation	10
Figure I.3 : Équipement d'essai de JAR test	11

Chapitre II : Présentation de la Station de Traitement des Eaux Azzaba

Figure II.1: Situation géographique de la ville d'Azzaba.	18
Figure II.2: Situation géographique du barrage de Zit El-Emba	18
Figure II.3: Vue de haut de la station de traitement d'Azzaba wilaya de Skikda	19
Figure II.4 : Schéma de la répartition des débits	20
Figure II.5 : Schéma globale de la station	21
Figure II.6 : Brise de charge	22
Figure II.7 : Bassin de mélange mécanique	23
Figure II.8: le décanteur tubulaire	24
Figure II.9: bassin de sulfate d'alumine	26
Figure II.10 : salle de chloration	27
Figure II.11 : schéma de la chaîne de traitement.	28
Figure II.12 : Turbidimètre	29
Figure II.13 : pH mètre	29
Figure II.14 : Conductimètre	30
Figure II.15 : Jar-Test	31

Chapitre III : Présentation de la Base de Données Utilisées

Figure III.1: Courbes caractéristiques des différentes variables caractéristiques des eaux	37
Figure III.2 : Lancement du logiciel Excel	38
Figure III.3 : Lancement de l'application régression linéaire	38

Figure III.4 : Calcul des coefficients de régression	39
Figure III.5 : Affichage des résultats et enregistrement des valeurs calculées	39

Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Brutes à l'Échelle Journalières

Figure IV.1 : Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux brutes à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	42
Figure IV.2 : Les courbes de comparaison des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux brutes à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	43
Figure IV.3 : Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux brutes à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	45
Figure IV.4 : Les courbes de comparaison des valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux brutes à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	46

Chapitre V : Contrôle de la Qualité des Eaux Clarifiées à l'Échelle Journalière

Figure V.1: Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux clarifiées à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	50
Figure V.2: Les courbes de comparaison des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux clarifiées à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	51
Figure V.3: Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux clarifiées à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	53
Figure V.4 : Les courbes de comparaison des valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux clarifiées à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	54

***Chapitre VI : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée à l'Échelle
Journalière***

Figure VI.1 : Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitées à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	58
Figure VI.2: Les courbes de comparaison des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitées à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	59
Figure VI.3: Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitées à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	61
Figure VI.4: Les courbes de comparaison des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitées à l'échelle journalière station de traitement des eaux Azzaba (phase de validation)	62

Introduction Générale

L'optimisation de la gestion des ressources en eaux est l'une des priorités des gouvernements à travers le monde. Fournir de l'eau en qualité et en quantité est devenue un défi qui fait intervenir plusieurs facteurs. Pour assurer l'approvisionnement en eau de qualité des procédés de traitement sont appliquées, faisant intervenir des procédés physico chimiques complexes. Dans le cadre de la préparation de notre mémoire de fin d'étude en formation Master Aménagement Hydro-Agricole, nous nous sommes intéressés à la qualité des eaux au niveau de la station de traitement des eaux Azzaba wilaya de Skikda. Nos objectifs étaient d'évaluer et de suivre l'évolution de la qualité au niveau de la station à partir de la phase des eaux brutes, en passant par les eaux clarifiées et en arrivant aux eaux traitées.

Notre travail s'est déroulé en deux phases : (i) une phase de stage pratique au niveau de la station là où nous avons pris connaissance des différentes étapes de traitement des eaux ainsi que les méthodes de mesures des différents paramètres de la qualité des eaux, et (ii) une deuxième phase de contrôle et simulation basée sur les techniques de modélisation, là où nous avons exploités une base de données archiver pour voir l'évolution de la qualité des eaux dans le temps. Notre travail est structuré comme suit :

1. Dans le premier chapitre nous allons présenter des généralités sur les traitements des eaux.
2. Dans le deuxième chapitre nous allons présenter la station de traitement des eaux Azzaba wilaya de Skikda.
3. Le troisième chapitre est consacré à la présentation des données utilisées.
4. Dans le quatrième chapitre nous avons présentés les résultats de la simulation des deux variables caractérisant les eaux brutes à savoir la salinité et la turbidité.
5. Nous avons consacré le cinquième chapitre aux eaux clarifiées là où nous avons modélisés la salinité et la turbidité.
6. Finalement au niveau du chapitre 6, nous avons modélisées la salinité et la turbidité des eaux traitées.
7. Enfin une conclusion générale.

Chapitre I: Généralités sur les Traitements des Eaux

I.1. Introduction

L'eau est un élément essentiel pour la vie et la santé humaine mais quand l'eau est polluée, elle devient dangereuse pour la vie humaine. Avec l'accroissement démographique et le développement socio-économique, il est certain que les besoins en eau et les exigences de qualité nécessaire seront en croissance. Dans ces conditions l'eau fait l'objet d'une attention particulière de la part des hygiénistes et de la santé publique en générale (**Igor, 1983**). Récemment, le domaine du traitement de l'eau a connu un développement notable dans la plupart des pays les processus spécifiques auxquels on recourt pour traiter ces eaux dépendent des conditions climatiques, économiques et sociales de chaque pays. Le traitement de l'eau est le processus d'amélioration de la qualité de l'eau dans les stations de traitement afin qu'elle devienne de l'eau potable, pratiquement toutes les eaux des barrages sont soumises à un certain degré de traitement. Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et, si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige la station à s'arrêter momentanément. Une installation de traitement d'eau destinée à la consommation doit produire, en toutes circonstances, une eau répondant aux normes (fixées dans chaque pays) alors que l'eau brute peut avoir, avant traitement, des caractéristiques variables, tout particulièrement si cette eau est une eau de surface (**Degrément, 2005**). Ces traitements correcteurs qu'on leur applique sont assez stéréotypés et n'éliminent pas toujours tout ce qui (connu ou méconnu) demanderait à être éliminé (**Kettab, 1993**). La détermination du traitement demande une étude analytique préalable tendant à la connaissance, d'une part de la nature et de la quantité des corps indésirables à éliminer et, d'autre part, de l'environnement physico-chimique qui peut influencer sur les méthodes à utiliser pour cette élimination (**Godart, 2008**). Le traitement des eaux a pour objet

- A. Protégé la santé publique: L'eau distribuée ne doit faire courir aucun risque aux populations qui la consomment. Elle doit donc être exempte de toute substance toxique et de tout organisme pathogène.
- B. Rendre l'eau agréable au consommateur: L'eau ne doit pas présenter des caractéristiques qui la rendent suspecte par la mise en éveil des facultés organoleptiques des

consommateurs. Aussi le traitement devra-t-il s'efforcer d'éliminer: la turbidité et la couleur, les goûts et odeurs, les éléments gênants et nuisibles.

- C. Toute les eaux produite par les stations de traitement doit être de qualité eau potable, même si seulement environ 1% de l'eau produite est utilisée pour boire et cuisiner.

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

Dans la station de traitement, l'eau passe par des étapes au cours desquelles l'eau est complètement traitée jusqu'à ce qu'elle devienne potable. La station de traitement destinée à produire de l'eau de qualité potable doit toujours produire de l'eau selon des normes données qui peuvent différer d'un pays à l'autre et selon la qualité de l'eau aussi. Pourtant, la matière première, c'est-à-dire l'eau d'entrée, peut avoir des caractéristiques variables, en particulier dans le cas des eaux de surface. Pour faire face à ces variations, la conception de la station de traitement pourra faire appel à plusieurs procédés. La figure I.1 illustre les principales filières de traitement couramment rencontrées qui peuvent être complétées par des filières de traitement particulières supplémentaires rendues nécessaires par la présence de substances indésirables spécifiques dans l'eau brute.

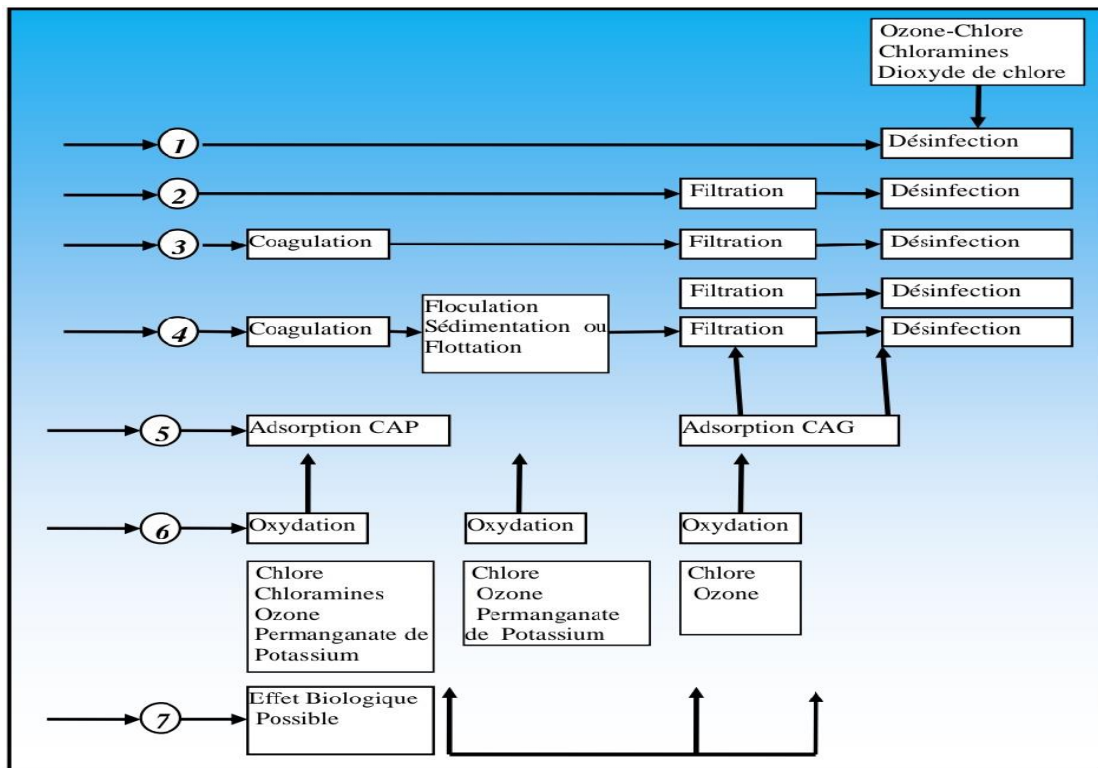


Figure I.1. Schéma des principaux traitements (Degrément, 2005)

Dans les chaînes de traitement modernes, on utilise le procédé physico-chimique qui consiste en trois phases:

I.2.1. Prétraitement

Il consiste à faire un dégrillage et un dessablage afin d'éliminer les particules de grosse taille, les branches, le sable... en suite l'eau passe dans un bassin de sédimentation ou bassin de débouage afin que les particules supérieures à 1 micron de diamètre se décantent naturellement **(Kettab, 1993)**.

Un prétraitement est nécessaire de manière à protéger le relèvement des eaux brutes, les conduites contre les obstructions et les autres appareils de traitement contre l'abrasion, et plus généralement pour éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs. Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments, dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs. Les opérations de prétraitement peuvent comporter un dégrillage, un dessablage, un tamisage ou un débouage. Selon la qualité de l'eau brute, une station de traitement peut comporter une ou plusieurs de ces opérations **(Degrément 1989, Beaudry et al., 1984)**.

I.2.1.1. Dégrillage et Tamisage

Le Dégrillage et le tamisage permettent de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, serviettes ...etc. En effet, ces déchets ne peuvent pas être éliminés par un traitement physico-chimique, il faut donc les éliminer mécaniquement. Pour ce faire, l'eau polluée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Celle-ci est en général équipée de systèmes automatiques de nettoyage pour éviter leur colmatage, et aussi pour éviter le dysfonctionnement de la pompe. 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 dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Le plus souvent il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement. Une grande diversité de grilles est disponible sur le marché (droite, courbe, nettoyage amont, aval, ...) **(Pronost et al., 2002)**.

I.2.1.2. Le dessablage

Le dessablage débarrasse les eaux brutes des sables pour éviter leur sédimentation ultérieure. Il concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0.2mm environ. Le dessablage permet, par décantation, de retirer les sables mélangée dans les eaux par ruissellement ou amenés par l'érosion des canalisations. Ce matériau, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin, gênant le fonctionnement de la station et provoquant une usure plus rapide des éléments mécaniques comme les pompes. Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mise en décharge, afin de limiter le pourcentage de matière organique, la dégradation de celle-ci provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau.

I.2.1.3. Dégraissage & Déshuilage

Le dégraissage-déshuilage vise à éliminer les graisses et les huiles dans les eaux brutes, qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. Le déshuilage peut aussi se faire par coalescence. Ce procédé permet un niveau de déshuilage hors norme.

I.2.2. Pré oxydation

L'oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux. A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension. La préchloration, effectuée avant le procédé de la clarification, s'est surtout développée dans les années 60. Moins en vogue dans les 80, elle tend à disparaître actuellement. Le chlore est le plus économique, mais il a comme inconvénient, la formation avec certains micropolluants des composés organochlorés du type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols du types chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables (Masson et al., 1999).

I.2.2.1. Pré oxydation par le chlore

Pré oxydation chimique au chlore. La préchloration correspond à l'application d'une dose de chlore avant n'importe quel traitement. Le chlore est l'oxydant le plus communément utilisé dans le traitement de l'eau. Comme nous l'avons vu, en présence de matières organiques la préchloration s'accompagne de la formation de composés indésirables; il est donc en général préférable de reporter le point de chloration le plus loin possible dans la chaîne de traitement, après l'élimination la plus complète possible des précurseurs organiques présents dans l'eau. La

préchloration avant clarification s'est surtout développée dans les années 60, ses avantages sont bien connus:

- ❖ Amélioration de la floculation, par action sur les matières organiques (MO) adsorbées et sur les MES. Il en résulte une augmentation du coefficient de cohésion de la boue, permettant des vitesses de décantation plus élevées.
- ❖ Élimination de la plupart des algues et autres organismes (zooplancton, phytoplancton) susceptibles de se développer dans les décanteurs et les filtres, ce qui facilite l'exploitation (propreté des décanteurs, durée de vie des filtres). On évite ainsi la possibilité de fermentations anaérobies éventuelles.
- ❖ Diminution de la couleur (lorsqu'elle est due à des matières humiques),
- ❖ Élimination de l'ammonium (si le taux appliqué est supérieur au point critique) et des nitrites.
- ❖ Diminution éventuelle du taux de traitement en coagulant
- ❖ Élimination partielle des mauvais goûts
- ❖ Stabilisation de l'absorption de chlore en fonction du temps
- ❖ Plus grande sûreté dans la désinfection de l'eau distribuée.

I.2.2.2. Préoxydation par les Chloramines

Si l'eau brute ne contient pas d'ammonium, on peut envisager d'injecter dans l'eau des Chloramines préalablement produites par action du chlore sur de l'ammoniaque ou du sulfate d'ammonium.

I.2.2.3. Préoxydation par le dioxyde de chlore

Cette technique s'est développée momentanément pour tenter de remplacer le chlore en pré oxydation. En effet, le dioxyde de chlore, s'il ne permet pas d'oxyder l'ammonium, ne conduit pas non plus à la formation d'halo-formes. Mais la réaction d'oxydoréduction du dioxyde avec les MO libère des ions ClO_2 qu'il est nécessaire d'éliminer par la suite. L'usage de dioxyde de chlore en pré oxydation a donc tendance à décroître.

I.2.2.4. Préoxydation par l'ozone

Le préoxydant est le plus utilisé dans les filières de clarification, car il présente de nombreux effets bénéfiques. Il est utilisé avant la filtration, cette technique peut être mise en œuvre pour l'élimination du fer ou du manganèse. Il peut également être employé pour l'amélioration de la clarification.

I.2.3. Clarification

La production d'eau potable, ainsi que de nombreuses eaux de processus à partir d'eau naturelle, implique toujours l'élimination des matières en suspension, quelle que soit leur origine ou leur nature. Celle-ci s'apprécie notamment en termes de turbidité (clarification...) et en termes de désinfection. Avec des membranes de microfiltration ou d'ultrafiltration à hauts seuils d'élimination, l'ensemble des opérations classiques de clarification et de filtration peut être assuré en une seule étape. Ces membranes constituent également une barrière contre la pollution bactérienne et même virale. La clarification est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques. La clarification comprend les opérations de coagulation –floculation, décantation et filtration (**Kettab, 1993**). La clarification est l'élimination des matières en suspension, des matières colloïdales et des macromolécules susceptibles de communiquer à l'eau une turbidité ou une couleur indésirables. Il s'agit de matières organiques aussi bien que minérales, et les organismes vivants du phytoplancton (*Algues*) et du zooplancton entrent également dans cette définition. (**Mouchet, 2008**). Par définition, La clarification des eaux est l'élimination de ces particules fines indésirables qui confèrent à l'eau des apparences troubles ainsi que des odeurs et saveurs désagréables. Pour ce faire, on a en recours aux procédés physico chimiques pour modifier l'état initial des corps présents dans l'eau et créer des conditions favorables à leur décantation, d'où la technique de la coagulation floculation (**Kettab, 1993**).

I.2.3.1. Coagulation

Le mot coagulation vient du latin coagulare qui signifie agglomérer. La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre (les colloïdes), leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. La coagulation est par définition le phénomène de déstabilisation des particules colloïdales, il peut notamment être obtenu par neutralisation de leurs charges électriques. L'agrégation des particules déchargées par transport et mise en contact les unes avec les autres (**Mouchet, 1991**). Les eaux souterraines et les eaux de surface contiennent à la fois des particules dissoutes et en suspension.

Les Coagulation et floculation sont utilisées pour séparer la partie des solides en suspension de l'eau. Les particules en suspension varient en source, charge, la taille, la forme et la

densité des particules. L'application correcte de la coagulation et de la floculation dépend de ces facteurs. La coagulation est l'étape la plus importante dans les opérations de traitement d'eau potable pour Maintenir une qualité acceptable de l'eau traitée et un fonctionnement économique de l'usine, ce qui signifie De nombreux phénomènes physiques et chimiques complexes. De plus, le taux de dose d'anticoagulant est non linéaire En rapport avec les propriétés de l'eau brute telles que Turbidité, conductivité, pH, température, etc. Comme Il est difficile, voire impossible, de contrôler de manière satisfaisante cette réaction de coagulation par des moyens classiques, et des JAR tests sont utilisés pour déterminer la dose optimale de coagulant (**Heddam, 2011**).

Les solides en suspension dans l'eau ont une charge négative et comme ils ont le même type de charge de surface, ils se repoussent lorsqu'ils se rapprochent. Par conséquent, les solides en suspension resteront en suspension et ne pas s'agglutiner et se déposer hors de l'eau, à moins qu'une coagulation et une floculation appropriées ne soient utilisées.

Le procédé de coagulation floculation consiste à ajouter à l'eau un coagulant et un électrolyte permettant de transformer la suspension colloïdale en des particules plus importantes et aptes à sédimenter (**Degrément, 1989, Packham et al., 1992**).

La coagulation de l'eau doit permettre l'abattement maximal de la charge organique et également de la turbidité. Elle consiste donc à l'ajout des réactifs en quantité optimale à la charge polluante de l'eau brute afin de neutraliser les matières colloïdales présentes dans l'eau. Les coagulants les plus utilisés sont les sels d'aluminium ou de fer. Le choix du réactif dépend des caractéristiques de l'eau brute (pH, minéralisation, teneur en matière organique et turbidité). Par exemple l'utilisation des sels de fer est préférée dans le cas d'eau brute fortement chargée en MO d'origine dissoute.

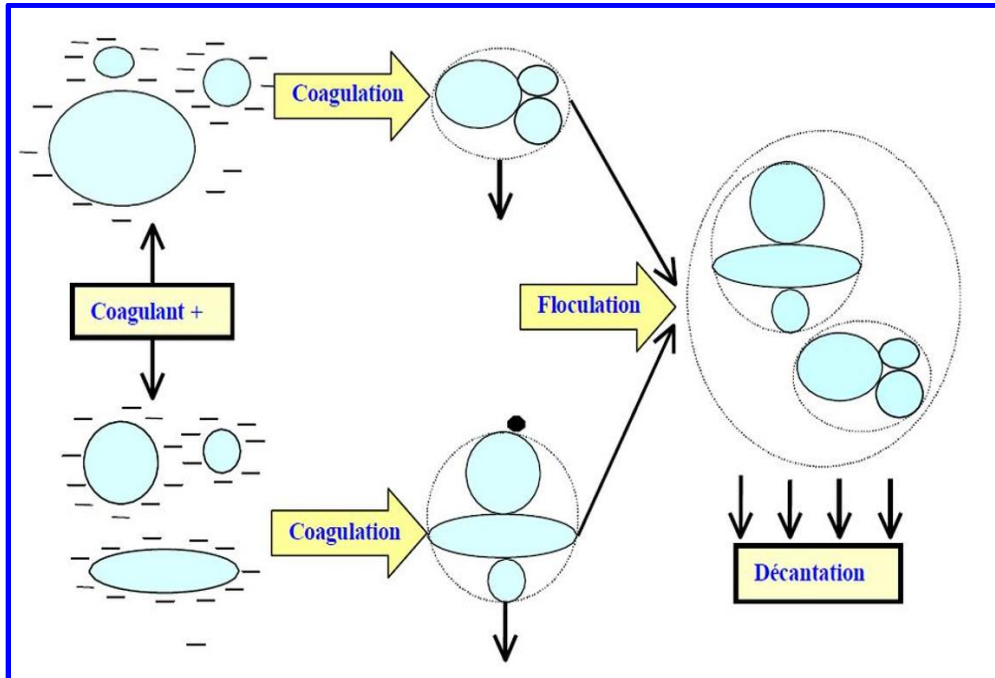


Figure I.2. Schéma de la Coagulation-Floculation

La mise en solution d'un coagulant se déroule en deux étapes, le cas du sulfate d'alumine est très significatif, les réactions peuvent être représentées de la façon suivante :

- A. L'étape 1 est une phase d'hydrolyse, des intermédiaires poly chargés positifs se forment. Ces composés assez fugaces présentent un atome d'aluminium dont le nombre d'oxydation est très grand. Les formes Al IV, V et VII sont rencontrées. Conformément à la règle de Schulze-Hardy, ces intermédiaires poly chargés positifs sont très efficaces pour neutraliser la charge primaire négative des colloïdes, il s'agit de la véritable forme coagulant qui déstabilise les particules chargées négativement (**Cardot, 1999**). L'étape 1 dépend de la température et nécessite un pH compatible avec l'existence de ces intermédiaires poly chargés, le temps de formation de ces composés est de l'ordre de 0,1 seconde.
- B. L'étape 2 permet la formation du précipité $\text{Al}(\text{OH})_3$, cette réaction dépend de l'agitation du milieu, ce précipité est l'élément qui assure le pontage et la coalescence entre les colloïdes déstabilisés: c'est la forme floculant. Tout coagulant présente successivement les deux formes actives, coagulante et floculant, le maintien de cette dernière dépend du pH du milieu, cette notion de pH permet de définir les zones optimales de coagulation floculation.

La floculation est effectuée dans des enceintes, munies de systèmes d'agitation, appelées flocculateurs. Suivant les applications ou les fluides à traiter, le système d'agitation, le volume du réacteur et l'énergie dissipée sont différents (**Degrément, 2005**). Le flocculateur est un appareil couramment utilisé pour les essais de coagulation floculation. Cet appareil est composé de six béchers d'un litre, de six agitateurs mécaniques comprenant des pales de 1,5 x 8,5cm et tournant avec une vitesse de 20 à 260 tr/mm. Il comporte un moteur électrique avec réducteur de vitesse, une minuterie est aussi incorporée dans l'appareil. Le test permet de déterminer la concentration en coagulant / flocculant et la vitesse d'agitation optimales pour obtenir le surnageant le moins turbide et les floccs les plus denses et les mieux décantés. L'appareil de Jar-Test est composé de six béchers d'un litre avec six agitateurs mécaniques comprenant des pales de 1.5x8.5cm et tournant avec une vitesse de 20 à 260 tr/mm. Il comporte un moteur électrique avec réducteur de vitesse, une minuterie est aussi incorporée dans l'appareil (Figure I.4).



Figure I.3. Équipement d'essai de Jar-Test

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

I.2.3.2. La floculation

La floculation est le processus physique de production de contacts interparticulaires qui conduisent à la formation de grosses particule (**Le Chevallier, 2004**) se caractérisée par la formation de floccs fins plus ou moins dispersée dans le milieu réactionnel (résultant des précipitations de certains composés ou de l'adsorption des colloïdes sur les hydroxydes formés). L'ajout d'un flocculant organique (polymère de synthèse) permet l'agglomération des floccs,

augmentant ainsi leur taille et leur vitesse de séparation (décantation ou flottation). Toutes les techniques de floculation appliquent l'un et/ou l'autre de ces principes, on distingue la floculation péri-cinétique due à l'agitation désordonnée des particules et la floculation ortho-cinétique provoquée par les mouvements de l'eau, cette floculation est fonction du gradient de vitesse conféré au milieu par agitation, elle est responsable en grande partie du phénomène de floculation **(Cardot ,1999)**.

La floculation, une étape de mélange douce, augmente la taille des particules de microfloc submicroscopique à particules en suspension visibles. Les particules de microfloc entrent en collision, les obligeant à se lier pour produire des particules plus grosses, floccs visibles appelés pinflocs. La taille des floccs continue d'augmenter avec des collisions supplémentaires et Interaction avec des polymères inorganiques ajoutés (coagulant) ou des polymères organiques. Les macrofloccs sont des polymères formés de poids moléculaire élevé, appelés aides coagulants, peuvent être ajoutés pour aider à combler, lier et renforcer le flocc, ajouter du poids et augmenter le taux de sédimentation. Une fois que le flocc l'a atteint taille et résistance optimales, l'eau est prête pour la sédimentation. Les temps de contact de conception pour la floculation vont de 15 ou 20 minutes à une heure ou plus, et la floculation nécessitent une attention particulière à la vitesse et à la quantité d'énergie du mélange. Pour empêcher le flocc de se déchirer ou de se cisailier, la vitesse et l'énergie de mélange sont généralement réduites à mesure que la taille du flocc augmente. Une fois les floccs arrachés, il est difficile de les faire se reformer pour leur taille et leur résistance optimales. La quantité de contrôle de l'opérateur disponible dans la floculation est dépendent fortement du type et de la conception de l'équipement.

L'efficacité de la décantation est souvent mesurée par la turbidité de l'eau décantée. Sa valeur de la turbidité doit atteindre 5 NTU à la sortie du décanteur. Il est important de signaler que la mesure de la turbidité n'est pas suffisante, il faut s'intéresser à l'abatement de la MO également pour juger la clarification de l'eau. On utilise parfois un réactif complémentaire appelé adjuvant de floculation, qui permet au flocc formé par les sels métalliques d'atteindre une taille plus grande par agglomération. Ces adjuvants ne sont utilisés qu'avec le sulfate d'Aluminium mais rarement avec les sels de fer, qui sont plus lourds. L'avantage du WAC et PCBA est qu'ils évitent l'emploi d'adjuvants **(Godart, 2008)**.

I.2.3.3. La Décantation & Flottation

Par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient. - Si cette différence de masse volumique est naturellement suffisante pour une séparation, cette flottation est dite naturelle.

La décantation est un traitement essentiel pour l'obtention d'une eau de bonne qualité. Elle est une opération qui permet de soustraire les particules en suspension de l'eau à traiter. C'est un procédé physique qui consiste à séparer les particules de densité plus lourdes que l'eau, du liquide dans lequel elles se trouvent. Ces particules sont récupérées en fond de bassin. Dans une station de traitement, nous parlons de boues primaires dans le cas d'une décantation primaire en amont du traitement biologique. Nous parlons de boues tertiaires pour toutes les boues qui sont récupérées dans un ouvrage de traitement tertiaire, comme un clarificateur par exemple.

Une méthode de séparation des mélanges de particules solides, fondée sur la différence de leur densité dans un milieu liquide. La flottation provoquée lorsque la masse volumique de la particule, à l'origine supérieure à celle du liquide, est artificiellement réduite. Elle tire parti de l'aptitude qu'ont certaines particules solides (ou liquides) à s'unir à des bulles de gaz (l'air en général) pour former des attelages "particule-gaz" moins denses que le liquide dont elles constituent la phase dispersée. Le phénomène mis en œuvre est donc un phénomène triphasique (gaz-liquide-solide en général) qui va dépendre des caractéristiques physico-chimiques des trois phases et en particulier de leurs interfaces. Dans la mise en œuvre industrielle, il y a toujours un certain recouvrement entre les différents procédés.

I.2.3.4. La filtration

La filtration est un procédé de séparation dans lequel on fait percoler un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux (filtre) qui idéalement retient les particules solides et laisse passer le liquide (filtrat). On distingue principalement la filtration en profondeur (filtration sur lit granulaire) et la filtration avec formation de gâteau (filtration sur support). La description des principaux filtres est faite à la section, les filtres permettent de rendre l'eau plus pure en supprimant les résidus éventuels de zinc, plomb, mercure, nitrates, pesticides ainsi que le chlore. Une fois votre eau filtrée, vous retrouvez une eau plus pure, que ce soit pour la boire ou la cuisiner.

La filtration consiste à retenir les matières en suspension à la surface et dans les pores du lit filtrant durant le passage de l'eau à travers. L'objectif de la filtration ne se limite pas à la rétention de MES, mais participe également à plusieurs tâches au sein de la chaîne de traitement en fonction des caractéristiques du matériau filtrant utilisé et les conditions de mise en œuvre. L'efficacité de la filtration se contrôle classiquement par des mesures de turbidité sur l'eau filtrée, on peut aujourd'hui intégrer le comptage de particules.

Pour le traitement des eaux potables, on utilise principalement

- Des filtres à sable rapides
- Des filtres à sable lents
- Des filtres sous pression
- Des filtres à terre diatomée (**Heddiam, 2011**).

En pratique, les filtres à sable rapides sont les plus utilisés. Les filtres à sable lent, de construction et de fonctionnement simples, nécessitent de grandes superficies. Les filtres sous pression et les filtres à terre diatomée servent surtout à traiter les eaux de piscine ou sont utilisés dans de petites unités de traitement préfabriquées (**Desjardins, 1997**).

I.2.4. Oxydation & Désinfection

La désinfection est une étape essentielle de la filière de traitement. Elle assure la désactivation des germes pathogènes et des virus dans l'eau. La bonne qualité bactériologique des eaux distribuées est le critère principal de la notion de potabilité d'une eau. La stérilisation consiste à ajouter une dose de chlore ou de l'eau de javel à l'eau filtrée, avant l'alimentation des réservoirs de stockage. Ceci permet la destruction des germes pathogènes et de fournir un taux de stérilisant libre pour garantir une désinfection totale de l'eau et une protection durant son stockage et son acheminement dans le réseau de distribution. La désinfection peut être réalisée par des désinfectants physique ou chimique. Un désinfectant devrait empêcher les microorganismes pathogènes de se développer dans les tuyauteries après la désinfection, évitant ainsi à l'eau d'être recontaminée. Le but de la désinfection est d'éliminer tous micro-organismes pathogène présents dans l'eau et maintenir le chlore résiduel dans les conduites afin d'empêcher le développement de maladies hydriques. Divers agents désinfection peuvent être utilisés tel que le chlore et ses dérivées, l'ozone, les rayons ultra-violets. Mais le chlore est l'agent le plus utilisé comme désinfectant final, avant refoulement de l'eau dans le réseau ; il permet d'achever la

désinfection de l'eau et le protéger dans le réseau contre les développements bactériens vu son effet rémanent (**Desjardins, 1997 et Degrément, 1989**).

I.2.5. Affinage

Pour un perfectionnement de la qualité de l'eau traitée, on procède à l'affinage visant à éliminer les micropolluants qui existent déjà dans l'eau ou qui se sont formés au cours du traitement et qui n'ont pas été totalement abattus par la coagulation-floculation. Cet affinage est réalisé par le phénomène d'adsorption, généralement sur du charbon actif. Celui-ci mis en œuvre soit en poudre au cours de la floculation et sera par la suite évacué dans la boue, soit sous forme de grains habituellement utilisé après filtration sur sable (**Potelon, 1998 et Rahni, 1994**).

I.3. Conclusion

À travers ce chapitre nous avons présenté les étapes du traitement des eaux par lesquelles passe l'eau pour devenir potable, du prétraitement, clarification et désinfection...etc. Le but de cette étude est le traitement complet de l'eau brute pour préserver la vie humaine. Le chapitre suivant fera la présentation de la station de traitement d'Azzaba et la façon dont le traitement s'y déroule.

*Chapitre II : Présentation de la Station de Traitement
des Eaux Azzaba*

II.1. Introduction

En raison de la rareté de l'eau et de l'augmentation de la population dans la plupart des régions du monde, les quantités d'eau potable diminuent considérablement, il a donc fallu rechercher des moyens visant à traiter l'eau brute pour l'exploitation humaine. Une station de traitement de l'eau vise à convertir l'eau brute en eau qui peut être réutilisée à des fins telles que son utilisation pour répondre aux besoins des résidents dans leurs maisons, leurs entreprises et leurs industries. Ce processus contribue à la conservation de l'eau dans le cadre du développement durable de l'eau qui réduit la rareté et la sécheresse et soulage les pressions sur les eaux souterraines et autres masses d'eau naturelles. Les avantages de la mise en place d'une station de traitement sont la conservation de l'eau potable et expansion de l'agriculture, réduire le besoin d'engrais artificiels en raison de la présence d'éléments nécessaires dans cette eau traitée et augmenter la disponibilité de l'eau pour la boisson, le nettoyage, l'irrigation et les usages domestiques...etc. Dans ce chapitre, nous présenterons une description de la station de traitement des eaux potables Azzaba wilaya de Skikda et les différents ouvrages de la dite station de traitement.

II.2. La commune d'Azzaba

II.2.1. Historique

La ville d'Azzaba fut édifée sur un site jonché de nombreuses ruines romaines. Anciennement Jemmapes (durant la colonisation française), elle est renommée Azzaba à l'indépendance de l'Algérie qui veut dire Taazebt en tamazight (une ferme agricole).

II.2.2. Géographie

Azzaba est la plus grande daïra de la wilaya de Skikda et la commune la plus peuplée après la commune de Skikda située entre le littoral méditerranéen et la chaîne de montagnes, elle occupe une position stratégique dans la vallée du Fendek, passage obligé de la voie Annaba-Constantine. Elle est située près de l'oued de Fendek à 40 kilomètres de Skikda, à 73 kilomètres d'Annaba, à 59 kilomètres de Guelma et à 89 kilomètres de Constantine. Azzaba est à peine à environ 30 minutes de la mer (plage de Guerbés). La ville regroupe plusieurs cités d'habitations: Azzaba centre, Pierre-Farina, Gribissa, Diar Ezzetoun, Elmechta, Elmdjaldi, Frères-Souissi ainsi Bayard. La ville est arrosée par l'oued el Fendek, le plus important de la région; il coule au pied du bourg.



Figure II.1 Situation géographique de la ville d’Azzaba

II.3. Le barrage de Zit El-Emba

Le barrage de Zit El Emba est situé sur le territoire de la commune de Bekkouche Lakhdar dans la daïra de Ben Azzouz, il se trouve sur l’oued El Hammam dans la wilaya de Skikda au Nord-Est de l’Algérie où se trouve la partie aval de la cuvette de la retenue, les parties centrale et amont sont dans la wilaya de Guelma (**Harrat et Achour, 2011**).

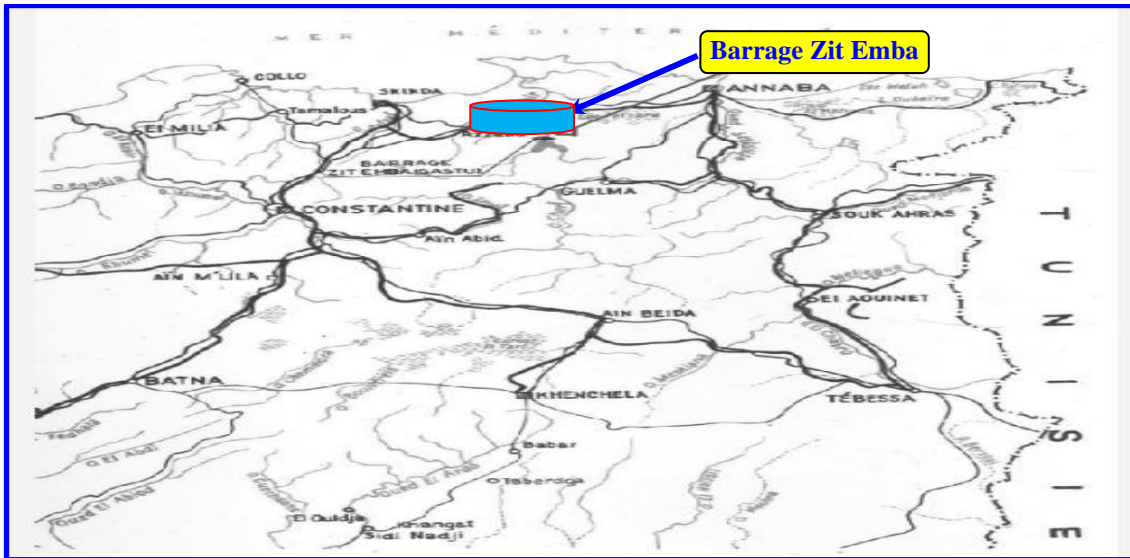


Figure II.2. Situation géographique du barrage de Zit El-Emba

II.3.1. Caractéristiques du barrage de Zit El-Emba

Le barrage Zit El-Emba prend son nom de l’agglomération de Zit El-Emba qui se trouve sur le versant droit de la vallée en amont du barrage. Initialement le barrage a été destiné à

l'irrigation des périmètres situés en aval du barrage dans la vallée de l'oued Kebir-Ouest, mais depuis plusieurs années, il alimente la station de traitement d'Azzaba (Wilaya de Skikda) qui dessert plusieurs agglomérations en eau potable (**Harrat et Achour, 2016**). Le barrage s'étend sur un bassin versant évalué à 485 km² l'altitude maximale est 1200 m. Minimale 5m et moyenne 376m. Il reçoit une pluviométrie annuelle moyenne de 700 mm, un apport moyen annuel de (500×10⁶ m³) d'eau. Il a été conçu pour une crue Q10 pour 635 m³×s⁻¹ (débit de fréquence 10 ans), crue Q100 pour 1275 m³×s⁻¹ crue Q1000 pour 1920 m³×s⁻¹, crue Q10000 pour 3060 m³×s⁻¹ (**Service Agricole de Skikda, 2006**). Sa capacité totale est de 120.10⁶ m³, il est destiné à l'AEP de la commune d'Azzaba et à l'irrigation d'un périmètre de 6500 ha sur la plaine de Ben Azouz, il assure une quantité de 8.10⁶ m³ pour l'alimentation de la ville de Skikda.

II.4. La station de traitement des eaux Azzaba

La station de traitement des eaux de la ville d'Azzaba est une usine de la production de l'eau potable à partir du barrage Zit El-Emba, elle se situe entre la ville d'Azzaba et la ville de Djendel.



Figure II.3. Vue de haut de la station de traitement d'Azzaba wilaya de Skikda.

La station de traitement a été conçue pour 300 l/s (**ADE Skikda, 2010**). En 2008, au début de sa mise en fonction elle alimentait uniquement la ville d'Azzaba avec un débit de 87l/s,

puis il y a eu l'extension aux autres communes telles qu'Essabt, Ain Cherchar et Djendel (Dekhakhna et Redjaimia, 2013). Pour atteindre la répartition suivante :

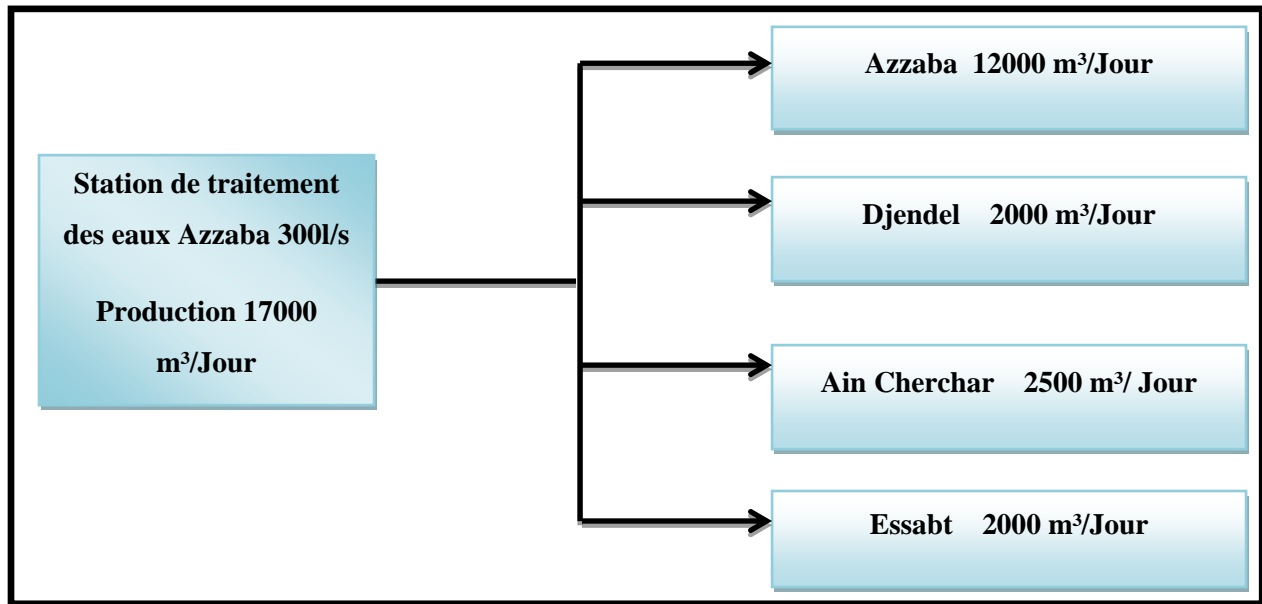


Figure II.4. Schéma de la répartition des débits de la station de traitement des eaux Azzaba

II.4.1. Encadrements technique et administrative de la station

Voici les différents corps de métier au niveau de la station:

- 1- Le directeur.
- 2- Chef de station.
- 3- Agent de traitement.
- 4- Agent de pompage.
- 5- Agent de multi-service.
- 6- Agent de sécurité.

II.4.2. Infrastructures de la station

La station se compose de treize (13) composantes entrant dans le processus de traitement :

- 1- Poste de garde.
- 2- Administration.
- 3- Les filtres et réservoirs de l'eau filtrée.
- 4- Coagulation floculation décanteur.
- 5- Salle des réactifs chimiques.

- 6- Brise charge.
- 7- Épaisseur.
- 8- Les lits de séchage.
- 9- Salle de chloration.
- 10- Salle de pompage.
- 11- Réservoirs de l'eau traitée.
- 12- Magasin.
- 13- Château d'eau.

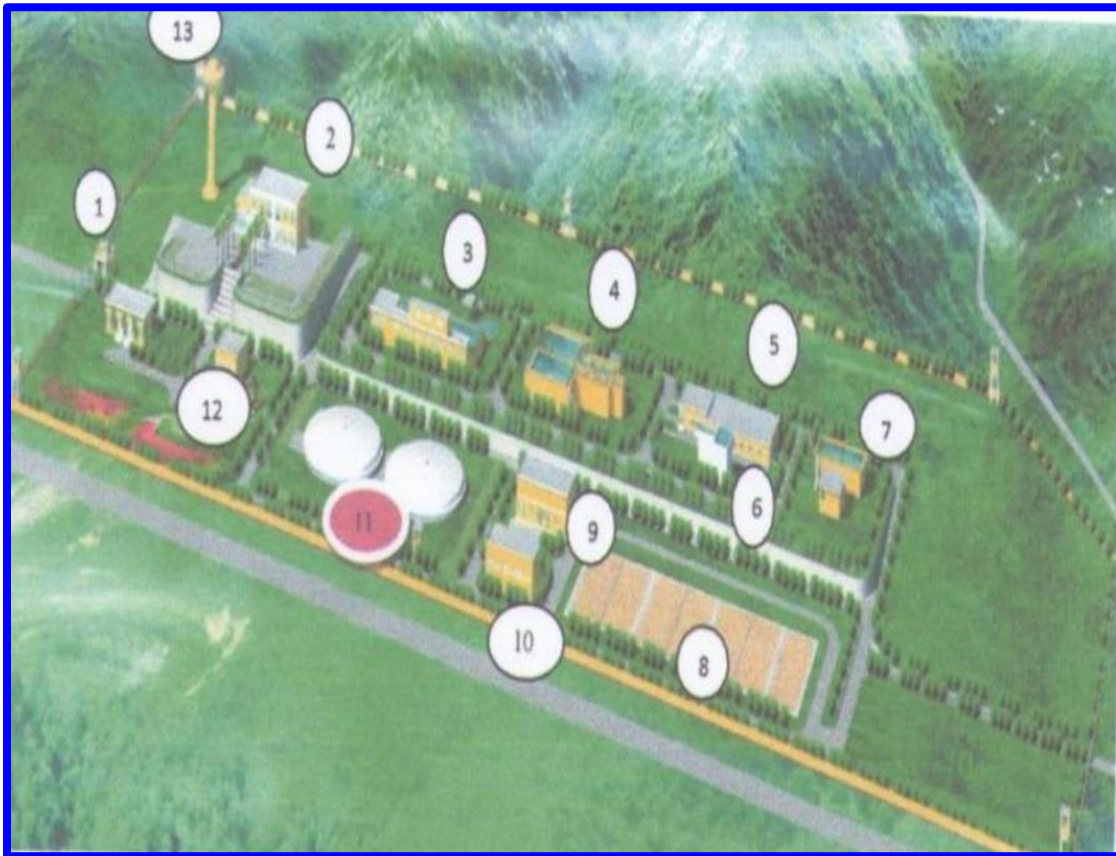


Figure II.5. Schéma globale de la station.

II.4.3. La chaine de traitement au niveau de la station Azzaba

La chaine de traitement des eaux arrivant du barrage Zit El Emba est constituée des étapes suivantes:

- 1- Prétraitement (dégrillage et préchloration).
- 2- Coagulation floculation.
- 3- Décantation.

- 4- Filtration.
- 5- Poste chloration.
- 6- Stockage dans 2 grands réservoirs puis distribution.
- 7- traitement des boues par déshydratation sur lits de séchage.

II.4.3.1. Prétraitement

L'eau brute provient du barrage Zi El-Emba à la station d'Azzaba, après il arrive par le bas dans un bassin de forme rectangulaire (brise charge) et subir un prétraitement mécanique qui comporte une grille métallique de section rectangulaire dont l'écart des mailles est de 5mm. L'eau passe à travers la grille qui bloque les gros déchets ; c'est le dégrillage. Son rôle est la protection des pompes et permet aussi de limiter la quantité des déchets dans les ouvrages à l'aval. La préchloration effectuée avant le procédé de clarification, et la quantité de chlore à injecter à l'amont de la station d'Azzaba est fonction de la qualité de l'eau d'entrée et de son débit (Harrat et Achour, 2011).



Figure II.6. Brise de charge.

II.4.3.2. Coagulation & Flocculation

Une opération de déstabilisation des particules colloïdales en suspension puis formation des flocons par absorption et agrégation, les flocons ainsi formés seront décantés et filtrés par la suite. Elle se passe dans deux bassins successifs:

A. Bassin de mélange mécanique: Après le passage à travers la grille, l'eau arrive à un bassin de mélange composé de deux éléments de section carrée de 1.80*1.80m chacun, à l'aide d'une pompe l'eau reçoit une dose de réactifs : sulfate d'alumine, la quantité de ce dernier dépend de la qualité d'eau d'entrée et de son débit. L'homogénéisation du mélange eau brute plus sulfate d'alumine est assurée par un agitateur rapide posé sur des traverses métalliques. L'eau y reste 30s et sort par une ouverture donnant accès dans la goulotte d'alimentation des bassins de coagulation.



Figure II.7. Bassin de mélange mécanique.

B. Bassin de coagulation mécanique: Le mélange doit ensuite être agité plus lentement pour favoriser la formation de floccs importants, donc plus aisément décantables. Cette opération est réalisée dans deux ensembles chacun composé de 3 bassins d'homogénéisation en parallèles. Le temps de rétention est de 21 mn. L'eau sort des bassins par débordement sur une lame et passe alors dans la goulotte d'alimentation des décanteurs tubulaires. La floculation est obtenue, dans chaque bassin, par la rotation d'un agitateur à pôles. Chaque agitateur a 2 bras. L'opérateur règle localement les vitesses de rotation des agitateurs de façon à former les floccs les plus lourds (vitesses comprises entre 1.8 et 3.67tr/mn).

II.4.3.3. Décantation

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente de MES et des colloïdes. Le décanteur est construit dans un ensemble avec le bassin de coagulation mécanique. Il est

Constitué de 2 parties séparées par une cloison. Chaque partie est constituée par des tubes Parallèles et inclinés de 60 par rapport à l'horizontal de diamètre 32 mm en PVC. L'eau floclée, équirépartie par le réseau de distribution pénètre ensuite, dans le réseau de tubes parallèles et inclinés. L'eau et le floc, circulent en sens inverse d'où le terme de décantation à " contre-courant". Les boues captées par les tubes glissent vers le bas et sont recueillies à la base de l'ouvrage et acheminées vers la conduite de vidange. Par contre l'eau décantée se trouvant à la partie supérieure est ramenée vers un collecteur par une digue avec une vitesse de 1.7mm/s



Figure II.8. Le décanteur tubulaire.

II.4.3.4. La filtration

La filtration est un procédé de séparation solide/liquide qui utilise le passage à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les particules en suspension dans l'eau brute ou l'eau prétraitée (floclée et décantée) (**Harrat et Achour, 2011**). La filtration dans la station est assurée par 7 filtres installés en parallèles, Ils sont alimentés par 2 goulottes. L'eau venant du décanteur remonte dans une cheminée dont deux côtés opposés sont constitués par deux plaques déversantes placées au même niveau. Chacun des filtres est constitué d'un bassin de forme rectangulaire ouvert à sa partie supérieure et de surface égale à 30.45m², l'eau traverse le lit filtrant constitué de sable quartzeuse lavé (0.7à 1.4 mm) sur une hauteur de couche de 0.80m à une vitesse nominale de 5.57 m/h et une vitesse renforcée au moment du lavage pouvant Atteindre 6.5m/h. L'eau filtrée est drainée par un réseau qui se compose de blocs spéciaux formant un collecteur longitudinal et recevant, latéralement de part et d'autre une série de tubes perforés sur leurs génératrices supérieures et inférieures. L'eau filtrée est finalement recueillie par

un collecteur tubulaire placé sous le collecteur longitudinal et noyé dans le radier du bassin (Dekhakhna et Redjaimia, 2013).

Les fines particules retenues par le lit filtrant le colmatent progressivement ; chaque filtre possède son propre indicateur de colmatage placé au pupitre central. Donc il faut un lavage. Il comprend 3 étapes successives pendant une durée totale de 12 mn :

- Étape de lavage par l'air : Durée $t=2\text{mn}$ et Intensité de l'air : $q_{\text{air}}=15\text{ l/s}$.
- Étape de lavage à la fois par l'air et l'eau: Durée = 4mn, Intensité de l'air: $q_{\text{air}}=15\text{ l/s}$ et Intensité de l'eau: $q_{\text{eau}}=4\text{ l/s}$.
- Étape de lavage par l'eau seul: Durée : $t=6\text{ mn}$, Intensité : $q_{\text{eau}} = 8\text{ l/s}$

Pour le lavage à l'eau 3 pompes sont prévues, chacune de débit égal à 440 m³/h, 2 en Service et une en réserve. Il est prévu aussi 2 souffleries d'air chacun de capacité égale à 27.4 m³/mn, une en service et l'autre en réserve alternativement. Une salle de contrôle se trouve au-dessus des filtres, depuis laquelle l'opération de lavage automatique ou manuelle sera dirigée et réalisée à l'aide d'un tableau de commande. Le tableau suivant montre les dimensions des ouvrages de la station de potabilisation :

Tableau II.1. Les dimensions des ouvrages de la station de traitement.

Nature	Nombre(m)	Largeur(m)	Longueur(m)	Profondeur(m)
Bassin de mélange	2	1.80	1.80	2
Bassin d'homogénéisation	6	4	4	3
Décanteur Tubulaire	1	7	12	3
Filtration	7	6	5	1.20

II.4.3.5. Post chloration

Après cela, l'eau subit une chloration avec l'hypochlorite de calcium dans deux réservoirs avec une capacité de (2000×2) m³.

II.4.3.6. Stockage d'eau traitée

Deux réservoirs d'accumulation d'eau filtrée de 2000 m³ chacun, avec une profondeur de service atteint 5m. Il existe aussi un château d'eau dont le volume de service atteint 100 m³.

II.4.3.7. Traitement des boues par déshydratation sur lits de séchage

Concernant les boues le moyen le plus simple est la déshydratation sur lits de séchage de boue. Les lits utilisés sont des lits de fondation artificielle avec un système de drainage pour évacuer les eaux de drainage.

II.4.4. Salle des réactifs chimiques

Les différents réactifs chimiques utilisés dans le processus de traitement sont le sulfate D'alumine, la chaux, le poly électrolyte, le chlore et le charbon actif.

- A. Pour le sulfate d'alumine, 2 bassins de dissolution de dimension 2m*2m et de profondeur 1.20m soit mise en service alternativement, muni chacun d'un mélangeur, ainsi que d'une pompe doseuse de capacité 800 l/h, afin d'injecter la quantité nécessaire du coagulant dans le bassin de mélange.



Figure II.9 bassin de sulfate d'alumine

- B. Pour équilibrer le PH de l'eau filtrée on prévoit 2 réservoirs de 50 pour la Préparation du lait de chaux après son extinction, avec une concentration réduite à 3%, D'où il sera injecté par les pompes doseuses dans la conduite d'amenée d'eau vers le Réservoir d'eau traitée.
- C. Un appareil de fabrication du polyélectrolyte est prévu avec 2 pompes doseuses permettant l'injection de la solution en fonction du débit d'eau dans le bassin de Coagulation, en moyenne, on prévoit une dose de 0.5mg/l.
- D. Pour la préparation du charbon actif de 3%, 2 réservoirs de mélange sont prévus de capacité de 2 chacun, la dose nécessaire est injectée par des pompes doseuses en Fonction de la qualité et du débit d'eau brute.

E. Le chlore est livré dans des containers sous forme liquide puis il est mis sous forme Gazéifiée à l'aide d'évaporateurs à serpentin. La circulation du chlore se fait grâce à la Succion des éjecteurs lorsqu'ils sont alimentés en eau. Il est prévu une chloration Primaire d'eau brute avec une dose de 2 mg/l et une chloration secondaire d'eau (désinfection) avec une dose de 1mg/l.



Figure II.10. Salle de chloration.

II.4.5. Schéma générale de traitement des eaux dans la station Azzaba

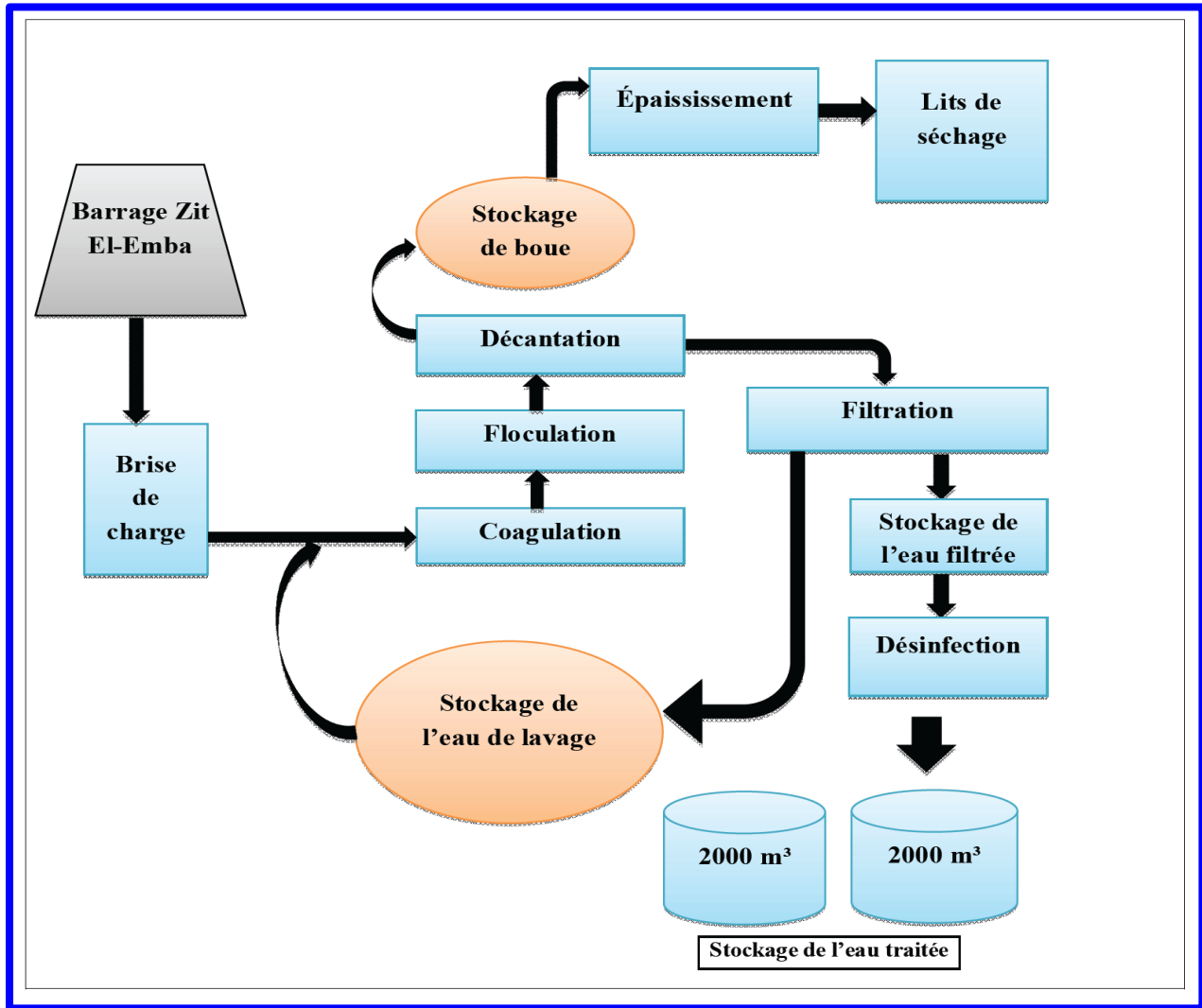


Figure II.11. Schéma de la chaîne de traitement

II.5. Contrôle de la qualité des eaux au niveau de la station d'Azzaba

II.5.1. La température

La température mesure le degré de chaleur ou de froideur de l'eau. Il a également une influence importante sur la quantité d'oxygène dissous dans l'eau, car l'eau froide peut contenir plus d'oxygène que l'eau chaude.

II.5.2. La turbidité

La turbidité est mesurée au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre à cellule photo-électrique, par la méthode néphélométrie. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphélométrique (NTU).



Figure II.12. Turbidimètre.

II.5.3. Le PH

Le PH est la mesure de la concentration en ions hydrogène (H⁺) de la solution, la mesure est effectuée couramment par le PH-mètre.



Figure II.13. Le pH mètre

II.5.4. La conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1 cm. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m). La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau. Elle est mesurée avec le conductimètre.



Figure II.14. Conductimètre

II.5.5. La salinité

La salinité est la mesure de la quantité de sels dissouts dans un volume donné d'eau.

II.5.6. L'alcalinité

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCL) dilué en présence de la phénolphtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde et en carbonate CO_3^{2-} .

II.5.7. L'alcalinité totale

La neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCL), dilué en présence de méthyle orange.

Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

II.5.8. Mesure de chlorures

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique de chromate d'argent.

II.5.9. Le taux de coagulant « Jar-Test »

Le flocculateur est un appareil utilisé pour les essais de coagulation floculation.

Cet appareil est composé de six béciers d'un litre, de six agitateurs mécaniques comprenant des pales de $1,5 \times 8,5$ cm et tournant avec une vitesse de 20 à 260 tr/min, il comporte un moteur électrique avec réducteur de vitesse, une minuterie est aussi incorporée dans l'appareil.

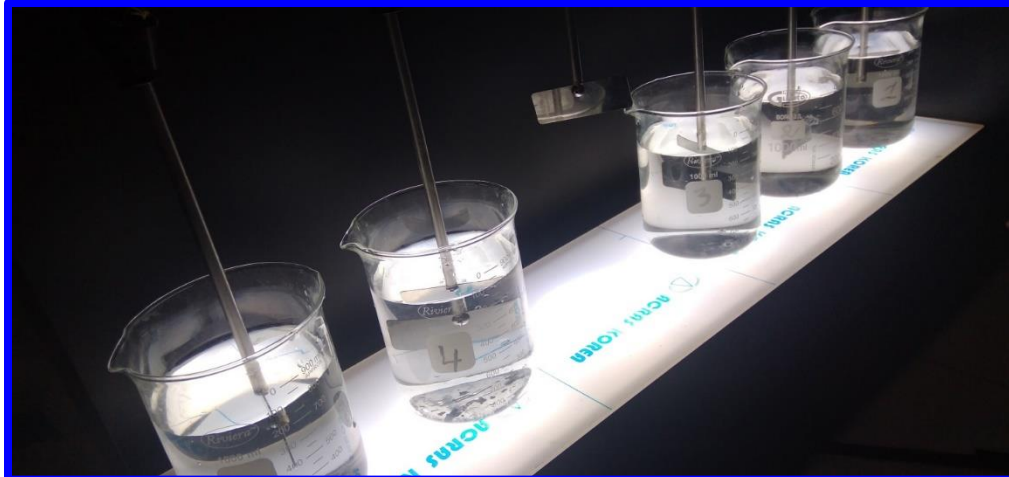


Figure II.15. Jar-Test

Le test passe par trois phases distinctes:

- Il y a d'abord la phase de coagulation, qui nécessite une vitesse relativement rapide 180 tr/min durant 3 minutes. Elle requiert l'ajout d'un coagulant (sulfate d'aluminium sous forme aqueuse) d'une certaine concentration
- Ensuite vient la phase de floculation, qui nécessite une vitesse plus lente 60tr/min durant 17 minutes, pour permettre une contacte suffisent, mais sans casser les floccs en formation. Elle requiert l'ajout d'un floculant (le polymère) d'une certaine concentration, souvent basse. Les particules en suspension, préalablement déstabilisées, sont alors adsorbées sur le polymère, et forment des floccs d'une densité assez élevée pour décanter.
- Pendant la phase de décantation, la vitesse d'agitation est nulle, pour permettre la sédimentation des matières en suspension flocculées.

II.6. Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons décrit les principaux ouvrages de la station de traitement de Azzaba. On a constaté que les paramètres de qualité mesurés au niveau du laboratoire se limitent à la turbidité, le PH, la conductivité, le TAC, le TA et le THT.

*Chapitre III: Présentation de la Base de Données
Utilisées*

III.1. Introduction

Ayant réalisé un stage pratique au niveau de la station de Azzaba, nous avons collecté une base de données. L'objectif est de réaliser un contrôle à base de modélisation de certains variables clé, et d'analyser d'éventuelles corrélations entre les différentes variables mesuré au niveau de la station d'Azzaba. Les variables descriptives de la qualité de l'eau retenus, pour la modélisation sont :

- A. La température (TE) ;
- B. Le PH ;
- C. La conductivité (SC);
- D. La turbidité (TU) ;
- E. La salinité (SA)

Ces cinq variables sont mesurées deux fois par jour à 10 heures et à 14 heures.

Pendant notre stage à la station de traitement des eaux d'Azzaba qui a duré 15 jours depuis le 27 février au 13 mars 2022, nous avons exploités l'archive de la station qui nous a permis de constituer une base de données d'environ six ans depuis le 03 janvier 2016 au 27 mars 2022 après élimination des valeurs manquantes nous avons finalement retenu uniquement 4259 enregistrements, qui sera par la suite utilisée comme base de modélisation, avec un taux de 70% pour l'apprentissage et les 30% restant pour la validation des modèles. Chaque enregistrement se compose de cinq variables descripteurs. En plus, nous avons modélisé deux variables clés qui sont: la turbidité et la salinité. Ces deux variables sont modélisées en fonction des autres variables. Nous avons réalisé notre travail en trois étapes :

- A. Contrôle de la qualité des eaux brutes
- B. Contrôle de la qualité des eaux clarifiées
- C. Contrôle de la qualité des eaux traitées.

Dans le présent travail, nous avons calculé les paramètres statistiques pour les différentes variables climatiques à pas de temps journalier.

- ❖ 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 de la qualité des eaux et la turbidité ou la salinité.
- ❖ 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.

III.2. Statistiques Descriptives des données utilisées: Eaux Brutes.

Les paramètres statistiques calculés pour les eaux brutes sont reportés dans le Tableau III.1.

Tableau III.1 Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau brute

Variables	Subset	Unit	X_{mean}	X_{max}	X_{min}	S_x	C_v	R_1	R_2
Eaux brutes									
TE	Training	°C	19.050	26.800	11.300	3.311	0.174	0.102	0.120
	Validation	°C	19.219	27.600	11.300	3.611	0.188	0.099	0.104
	All data	°C	19.115	27.600	11.300	3.394	0.178	0.105	0.116
pH	Training	/	8.174	12.000	5.810	0.245	0.030	0.185	0.177
	Validation	/	8.195	10.500	6.990	0.205	0.025	0.066	0.152
	All data	/	8.179	12.000	5.810	0.234	0.029	0.154	0.171
SC	Training	mS/cm	740.703	884.000	399.000	236.046	0.319	0.087	0.120
	Validation	mS/cm	737.377	841.000	600.000	59.607	0.081	0.209	0.432
	All data	mS/cm	739.826	884.000	399.000	200.078	0.270	0.091	0.138
TU	Training	NTU	6.384	37.400	0.210	3.704	0.580	1.000	0.028
	Validation	NTU	6.022	25.200	0.530	3.528	0.586	1.000	0.060
	All data	NTU	6.278	37.400	0.210	3.653	0.582	1.000	0.037
SA	Training	Mg /L	0.292	0.300	0.200	0.028	0.095	0.028	1.000
	Validation	Mg /L	0.293	0.300	0.200	0.026	0.089	0.060	1.000
	All data	Mg /L	0.292	0.300	0.200	0.027	0.093	0.045	1.000

[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 TU, R_2 : coefficient de corrélation avec SA].

III.3. Statistiques Descriptives des données utilisées : eaux clarifiées

Les paramètres calculés pour les eaux clarifiées sont reportés dans le Tableau III.2.

Tableau III.2. Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau clarifiée

Variables	Subset	Unit	X_{mean}	X_{max}	X_{min}	S_x	C_v	R_1	R_2
<i>Eaux clarifiées</i>									
<i>TE</i>	Training	°C	18.535	26.700	11.000	3.414	0.184	-0.397	0.063
	Validation	°C	19.290	26.300	2.600	3.235	0.168	-0.245	0.220
	All data	°C	18.744	26.700	2.600	3.365	0.180	-0.364	0.103
<i>pH</i>	Training	/	7.947	8.880	7.060	0.145	0.018	0.201	0.027
	Validation	/	7.899	8.400	1.980	0.425	0.054	-0.084	-0.049
	All data	/	7.933	8.880	1.980	0.263	0.033	0.108	-0.010
<i>SC</i>	Training	mS/cm	738.186	875.000	587.000	55.162	0.075	-0.410	0.383
	Validation	mS/cm	731.660	852.000	77.000	65.437	0.089	-0.324	0.499
	All data	mS/cm	736.227	875.000	77.000	58.493	0.079	-0.370	0.433
<i>TU</i>	Training	NTU	2.259	19.000	0.280	1.618	0.716	1.000	-0.034
	Validation	NTU	2.010	9.670	0.250	1.035	0.515	1.000	-0.370
	All data	NTU	2.186	19.000	0.250	1.472	0.091	1.000	-0.110
<i>SA</i>	Training	mg/l	0.295	0.300	0.200	0.022	0.076	-0.034	1.000
	Validation	mg/l	0.287	0.300	0.200	0.034	0.117	-0.370	1.000
	All data	mg/l	0.292	0.300	0.200	0.026	0.673	-0.110	1.000

III.4. Statistiques Descriptives des données utilisées : eaux traitées.

Tableau III.3 Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau traitée

Variables	Subset	Unit	X_{mean}	X_{max}	X_{min}	S_x	C_v	R_1	R_2
<i>Eaux traitées</i>									
<i>TE</i>	Training	°C	18.335	26.500	2.000	3.436	0.187	-0.218	0.198
	Validation	°C	18.352	25.800	10.800	2.998	0.163	-0.260	0.289
	All data	°C	18.340	26.500	2.000	3.309	0.180	-0.229	0.224
<i>pH</i>	Training	/	7.998	9.000	0.610	0.406	0.050	0.007	-0.055
	Validation	/	8.020	8.330	7.080	0.095	0.012	0.092	-0.150
	All data	/	8.004	9.000	0.610	0.344	0.042	0.013	-0.058
<i>SC</i>	Training	mS/cm	739.385	841.000	8.250	62.899	0.085	-0.237	0.486
	Validation	mS/cm	740.853	838.000	592.000	57.872	0.078	-0.180	0.426
	All data	mS/cm	740.847	841.000	580.000	55.567	0.075	-0.267	0.550
<i>TU</i>	Training	NTU	0.885	9.450	0.080	0.545	0.615	1.000	-0.272
	Validation	NTU	0.880	5.410	0.040	0.464	0.527	1.000	-0.290
	All data	NTU	0.884	9.450	0.040	0.521	0.590	1.000	-0.278
<i>SA</i>	Training	mg/l	0.289	0.300	0.200	0.030	0.110	-0.272	1.000
	Validation	mg/l	0.290	0.300	0.200	0.029	0.101	-0.290	1.000
	All data	mg/l	0.290	0.300	0.200	0.030	0.104	-0.278	1.000

III.5. Matrice de corrélation

La matrice de corrélation est calculée pour les eaux traitées, clarifiées et brutes. Cela nous permet de détecter d'éventuel corrélation entre les variables afin de sélectionner les entrées pertinentes pour les modèles. Cela la matrice reportée dans le Tableau III.4, aucune variable ne présente une forte corrélation avec la turbidité et la salinité. Sur la base des coefficients de corrélation obtenus, nous avons optés pour la comparaison entre 11 modèles (Tableau III.5).

Tableau III.4. Matrice de corrélation des eaux brutes, clarifiées et traitées.

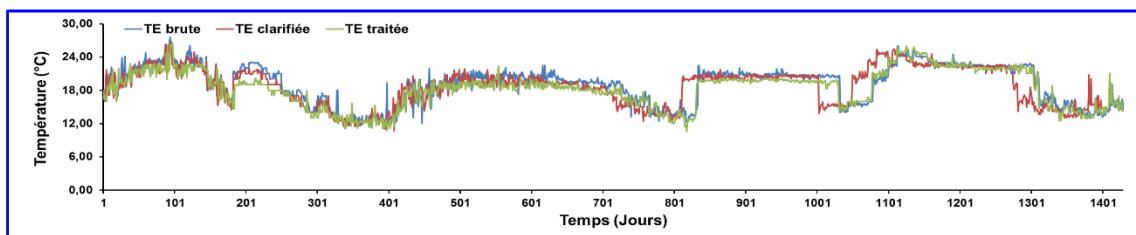
	Eaux brutes					Eaux Clarifiées					Eaux Traitées				
	TE	PH	SC	TU	SA	TE	PH	SC	TU	SA	TE	PH	SC	TU	SA
TE	1.000					1.000					1.000				
PH	-0.19	1.000				-0.09	1.000				-0.05	1.000			
SC	0.08	-0.10	1.000			0.20	0.07	1.000			0.23	-0.03	1.000		
TU	-0.11	0.15	-0.09	1.000		-0.36	0.11	-0.37	1.000		-0.23	0.01	-0.03	1.000	
SA	0.12	-0.17	0.14	-0.04	1.000	0.10	-0.01	0.43	-0.11	1.000	0.22	-0.06	0.01	-0.28	1.000

Pour chaque modèle nous avons différents inputs variables, cependant les deux variables à modéliser qui sont les TU et SA, elles sont utilisées à la fois comme input et comme output. Par exemple, pour modéliser la TU en utilise la SA et pour modéliser là SA en utilise la TU (sur le Tableau III.5 en dit SA ou TU).

Tableau III.5. Structure des modèles utilisés

N°	Modèles	Variables d'entrées (les inputs)	Output	Output
01	MLR1	TE, pH, SC, SA ou TU	TU (NTU)	SA (Mg/L)
02	MLR2	TE, pH, SC	TU (NTU)	SA (Mg/L)
03	MLR3	TE, pH, SA ou TU	TU (NTU)	SA (Mg/L)
04	MLR4	TE, SC, SA ou TU	TU (NTU)	SA (Mg/L)
05	MLR5	pH, SC, SA ou TU	TU (NTU)	SA (Mg/L)
06	MLR6	TE, pH	TU (NTU)	SA (Mg/L)
07	MLR7	TE, SC	TU (NTU)	SA (Mg/L)
08	MLR8	TE, SA ou TU	TU (NTU)	SA (Mg/L)
09	MLR9	pH, SC	TU (NTU)	SA (Mg/L)
10	MLR10	pH, SA ou TU	TU (NTU)	SA (Mg/L)
11	MLR11	SC, SA ou TU	TU (NTU)	SA (Mg/L)

Nous avons aussi présenté les différentes variables sous forme de courbes caractéristique (Figure III.1).



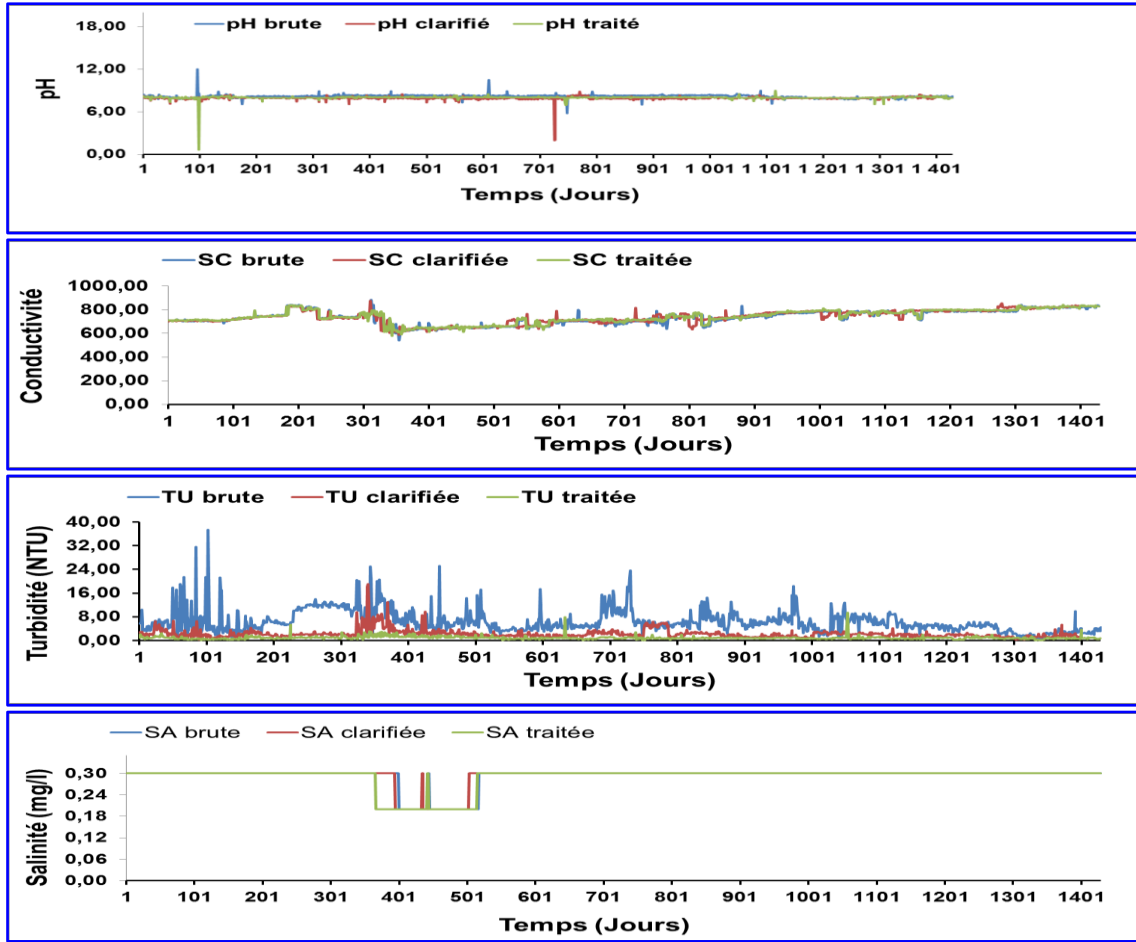


Figure III.1. Courbes caractéristiques des différentes variables caractéristiques des eaux

III.6. Critères de validation des modèles

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 proches de 1.

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

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2} \quad (III.3)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |O_i - P_i| \quad (III.4)$$

O_i : valeur observée; P_i : valeur calculée par le modèle ; O_m : moyenne des valeurs mesurées. La base de données est scindée en deux parties : 70 % pour la partie calage (apprentissage), cette dernière doit être suffisamment représentative, et 30 % pour la partie validation afin de juger la qualité prédictive du modèle.

III.7. Développement des Modèles à Base de Régression Linéaire Multiple

On utilise les fonctions Excel de régression linéaire pour trouver une équation linéaire qui décrit le mieux un ensemble de données. Excel utilise la méthode des moindres carrés pour trouver la ligne droite de meilleur ajustement. Le développement des modèles à base de régression linéaire multiple est réalisé par le tableau Excel et passe par plusieurs étapes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	DATE	TE°C	PH	SC	TU	SA												
2	05/04/2016	17,700	8,450	706,000	5,690	0,300												
3	06/04/2016	17,900	8,060	707,000	5,870	0,300												
4	07/04/2016	16,400	8,280	710,000	6,020	0,300												
5	10/04/2016	19,000	8,030	707,000	10,400	0,300												
6	11/04/2016	20,500	8,040	704,000	5,670	0,300												
7	12/04/2016	20,900	8,150	704,000	3,240	0,300												
8	13/04/2016	20,700	8,050	706,000	4,030	0,300												
9	14/04/2016	18,900	8,260	709,000	3,340	0,300												
10	17/04/2016	19,100	8,190	707,000	3,690	0,300												
11	18/04/2016	20,700	8,190	705,000	4,040	0,300												
12	19/04/2016	19,800	8,370	709,000	3,050	0,300												
13	20/04/2016	22,200	8,040	713,000	4,840	0,300												
14	21/04/2016	18,800	8,360	705,000	3,360	0,300												
15	24/04/2016	21,800	8,310	717,000	5,010	0,300												
16	25/04/2016	17,300	8,090	710,000	3,510	0,300												
17	26/04/2016	18,200	8,230	704,000	3,820	0,300												
18	27/04/2016	21,000	8,340	705,000	3,220	0,300												
19	28/04/2016	19,200	8,200	708,000	3,520	0,300												
20	02/05/2016	16,500	7,940	708,000	4,820	0,300												
21	03/05/2016	17,200	7,810	709,000	6,200	0,300												
22	07/05/2016	17,000	7,920	706,000	5,210	0,300												
23	08/05/2016	18,700	7,940	701,000	6,020	0,300												
24	09/05/2016	18,800	8,110	702,000	6,230	0,300												
25	10/05/2016	19,500	8,090	711,000	6,720	0,300												

Figure III.2. Lancement du logiciel Excel

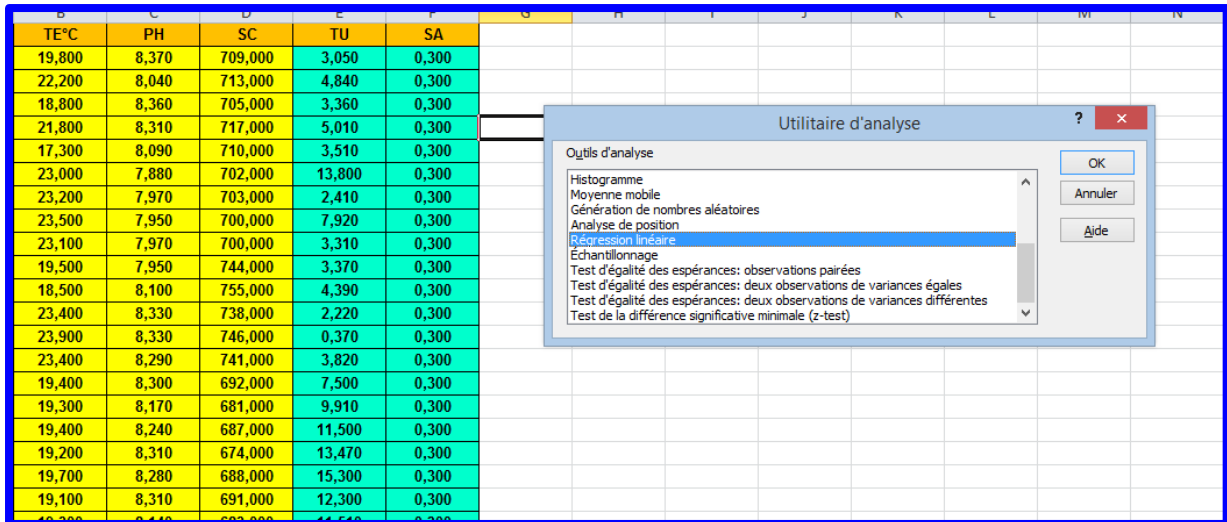


Figure III.3. Lancement de l'application régression linéaire

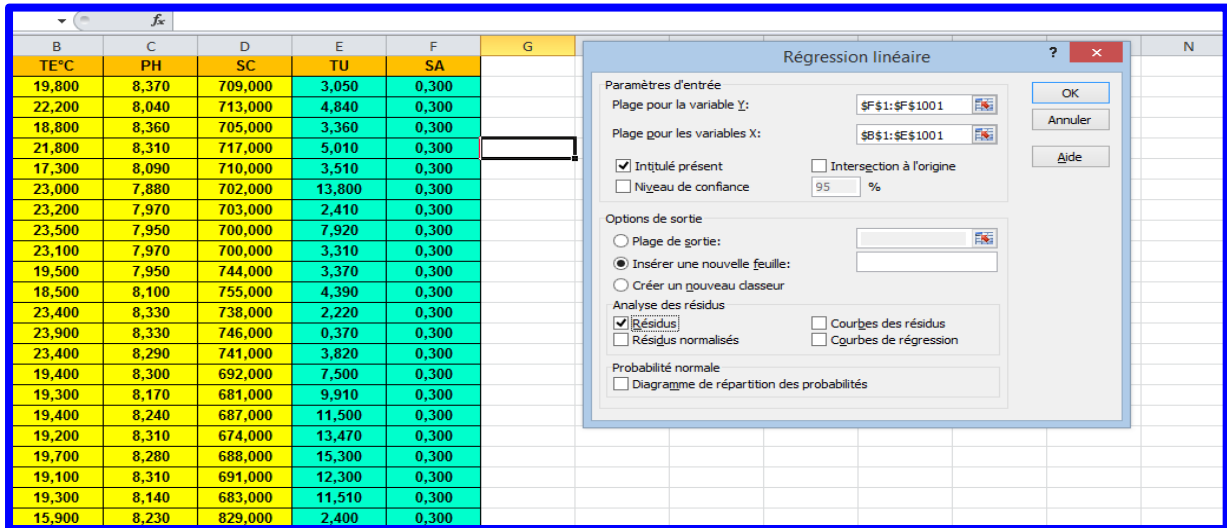


Figure III.4. Calcul des coefficients de régression

RAPPORT DÉTAILLÉ							
statistiques de la régression							
Coefficient d	0,2230018						
Coefficient d	0,0497298						
Coefficient d	0,0470605						
Erreur-type	0,0265643						
Observations	1429						
ANALYSE DE VARIANCE							
	Degré de liberté	mm	des car	venne	des car	F	eur critique de F
Régression	4	0,0525869	0,0131467	18,630294	6,142E-15		
Résidus	1424	1,0048658	0,0007057				
Total	1428	1,0574528					
	Coefficients	Erreur-type	Statistique t	Probabilité	pour seuil de	pour seuil de	pour seuil de
Constante	0,4050867	0,0265744	15,243504	1,023E-48	0,3529576	0,4572159	0,3529576
TE°C	0,0006381	0,000212	3,0098351	0,0026599	0,0002222	0,001054	0,0002222
PH	-0,0167801	0,0031013	-5,410594	7,36E-08	-0,0228638	-0,0106964	-0,0228638
SC	1,585E-05	3,549E-06	4,4656415	8,613E-06	8,886E-06	2,281E-05	8,886E-06
TU	3,068E-05	0,0001959	0,1566091	0,8755751	-0,0003536	0,0004149	-0,0003536
ANALYSE DES RÉSIDUS							

Figure III.5. Affichage des résultats et enregistrement des valeurs calculées

La construction d'un modèle par la régression linéaire multiple (*MLR*) passe par deux étapes: estimation des coefficients du modèle appelés coefficients de régression partielle, et la validation des résultats de la régression.

III.8. Conclusion

Le présent chapitre a fait l'objet d'une présentation de la base de données collectée au niveau de la station de traitement des eaux Azzaba. Nous avons présenté les statistiques descriptives, la matrice de corrélation et la structure des différents modèles ainsi que les critères de validations. Les résultats de la modélisation obtenus pour les trois types d'eaux à savoir les eaux brutes, clarifiées et traitées seront présentés dans les chapitres suivants.

*Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Brutes à
l'Échelle Journalière*

IV.1. Introduction

Dans le présent chapitre nous présentons les résultats de la modélisation des eaux brutes au niveau de la station de traitement d'Azzaba. Les modèles développés sont à base de régression linéaire multiple (MLR). Nous avons sélectionné deux variables à modéliser : la turbidité (TU), et la salinité (SA). L'objectif de notre travail de modélisation est de savoir comment varient ces deux variables en fonction d'autres variables mesuré simultanément. Les modèles sont développés en phase d'apprentissage et valider en phase de validation.

IV.2. Simulation de la Turbidité des eaux brutes

Les résultats de la modélisation pour la turbidité sont reportés dans le Tableau IV.1 et aussi sur les deux Figures (IV.1) et (IV.2). Nous avons comparé entre 11 différents modèles ayant différent variables d'entrées à savoir 4, 3 et 2 variables. En utilisant quatre variables comme entrées à savoir les TE, pH, SC, SA, de très faibles performances sont obtenus que ce soit pour l'apprentissage ou pour la validation. On remarque que les performances numériques sont très faibles: les R et NSE étaient de l'ordre de 0.210 et 0.044 en apprentissage, et 0.110, 0.114 en validation, ce qui reflète l'incapacité du modèle MLR1 à simuler la turbidité des eaux brutes. En utilisant trois variables, i.e., modèles MLR2, MLR3, MLR4, et MLR5, la même remarque est à signalé avec l'enregistrement de très faibles performances numériques que ce soit en apprentissage ou en validation. Il est très clair que les modèles à base de régression n'arrivent pas à expliquer et simuler la turbidité des eaux brutes quelle que soit le nombre de variables à utiliser et en faisant références aux travaux publier, les résultats obtenus dans la présente étude sont difficiles à interpréter et certainement la qualité de donnes à jouer un rôle important sur les performances des modèles. Quelle que soit le nombre de variables utilisé, aucune corrélation n'existe entre les valeurs mesurer sur le laboratoire et les valeurs calculer par les modèles MLR.

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

Modèles	Variables	Apprentissage				Validation			
		R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	TE, pH ,SC, SA	0.210	0.044	3.619	2.546	0.110	-0.114	4.311	3.693
MLR2	TE, pH, SC	0.209	0.044	3.620	2.545	0.111	-0.008	3.536	2.613
MLR3	TE, pH, SA	0.199	0.039	3.628	2.546	0.093	-0.015	3.548	2.616
MLR4	TE, SC, SA	0.129	0.017	3.671	2.617	0.133	0.007	3.509	2.588
MLR5	pH, SC, SA	0.196	0.034	3.638	2.600	0.084	-0.014	3.548	2.639
MLR6	TE, pH	0.198	0.039	3.628	2.546	0.096	-0.013	3.546	2.616
MLR7	TE, SC	0.129	0.017	3.628	2.546	0.096	-0.013	3.546	2.616
MLR8	TE, SA	0.104	0.011	3.682	2.619	0.105	0.001	3.521	2.592
MLR9	pH, SC	0.198	0.039	3.629	2.565	0.087	-0.013	3.546	2.639
MLR10	pH, SA	0.185	0.034	3.639	2.568	0.065	-0.020	3.558	2.646
MLR11	SC, SA	0.089	0.008	3.687	2.649	0.170	-0.001	3.524	2.621

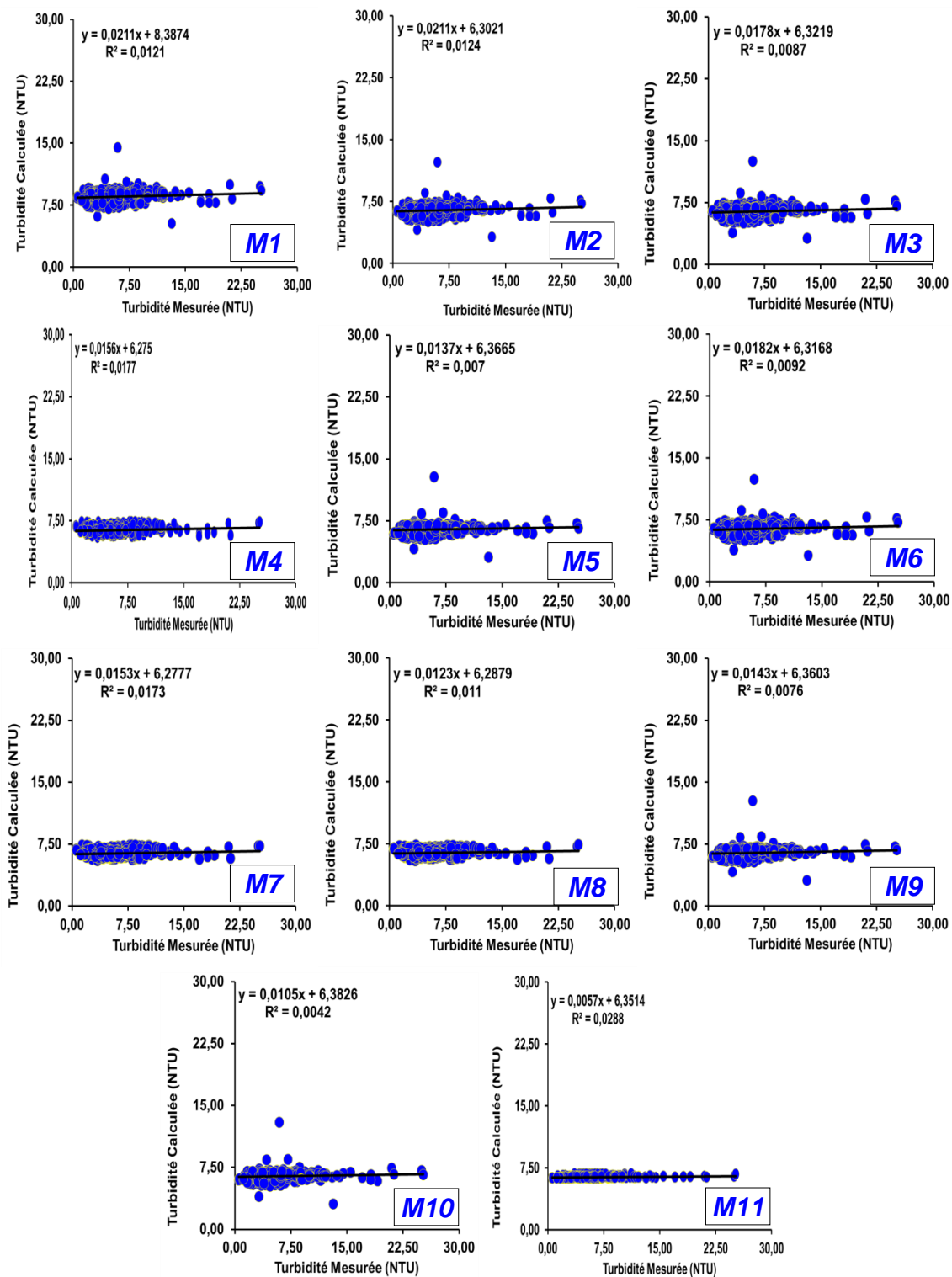


Figure IV.1. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux brutes à l'échelle journalière (phase de validation)

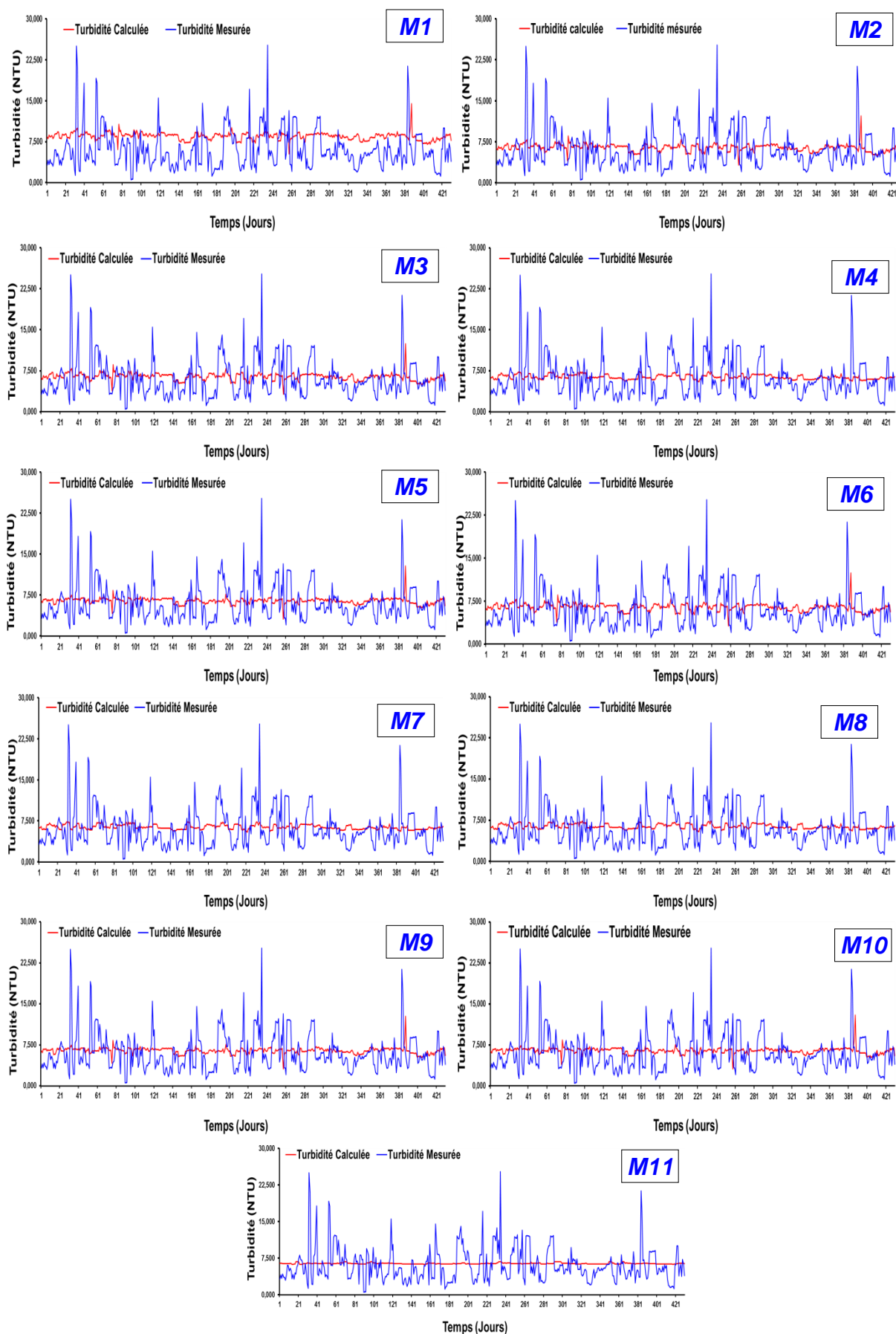


Figure IV.2. Courbes de comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux brutes à l'échelle journalière (phase de validation)

IV.3. Simulation de la Salinité des eaux brutes

Pour la simulation de la salinité, les mêmes remarques sont à signalés, aucune corrélation entre les valeurs mesurées et calculées par les modèles MLR. En phase d'apprentissage, le coefficient de corrélation le plus important obtenu avec le modèle MLR1 est égale à 0.223 avec un critère NSE inférieure à 5%. En phase de validation les performances se sont encore dégradées pour atteindre des valeurs de l'ordre de 0.210 pour le coefficient de corrélation et un critère NSE inférieure à zéro. Quel que soit le nombre de variables utiliser par les modèles MLR, aucune amélioration n'a été obtenus ce qui reflète l'incapacité des modèles à simuler correctement la salinité, malgré que des travaux scientifique publier ont montrés la relation étroite entre la salinité et les paramètres caractérisant les des eaux brutes. Certainement la qualité des données joue un rôle major sur la nature du phénomène et la qualité des résultats obtenus et avec des mesures conduites rigoureusement on peut de meilleurs résultats. En tenant compte des critères numériques utiliser, i.e., les R et NSE pour la capacité d'ajustement, et les RMSE et MAE pour le calcul de l'erreur, on cherche toujours à obtenir d'excellent performances et cela ne peut être achevés que par un très bon ajustement des valeurs mesurer avec celles calculer par les modèles. Parmi aussi les moyennes à utiliser pour améliorer la qualité de simulation on peut aussi noter la possibilité d'utiliser d'autres variables et l'augmentation de la base de données.

Tableau IV.2. Résultats obtenus par les modèles MLR & SA (Eau brute)

Modèles	Variables	Apprentissage				Validation			
		R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	TE, pH, SC, TU	0,223	0,050	0,027	0,015	0,210	0,040	0,025	0,014
MLR2	TE, pH, SC	0,222	0,049	0,027	0,015	0,214	0,042	0,025	0,014
MLR3	TE, pH, TU	0,199	0,040	0,027	0,015	0,162	0,021	0,026	0,014
MLR4	TE, SC, TU	0,163	0,027	0,027	0,015	0,191	0,032	0,025	0,014
MLR5	pH, SC, TU	0,206	0,042	0,027	0,015	0,213	0,039	0,025	0,014
MLR6	TE, pH	0,199	0,040	0,027	0,015	0,165	0,026	0,026	0,014
MLR7	TE, SC	0,163	0,027	0,027	0,015	0,189	0,032	0,025	0,014
MLR8	TE, TU	0,121	0,015	0,028	0,015	0,109	0,012	0,026	0,014
MLR9	pH, SC	0,206	0,042	0,027	0,015	0,217	0,040	0,025	0,014
MLR10	pH, TU	0,177	0,031	0,027	0,015	0,150	0,018	0,026	0,015
MLR11	SC, TU	0,121	0,015	0,028	0,015	0,374	0,026	0,026	0,014

La comparaison entre les valeurs mesurées et calculées et aussi présentés sous forme de courbe (Figure IV.3 et IV.), et on peut facilement remarquer le mauvais ajustement des données quel que soit le type de modèle utiliser.

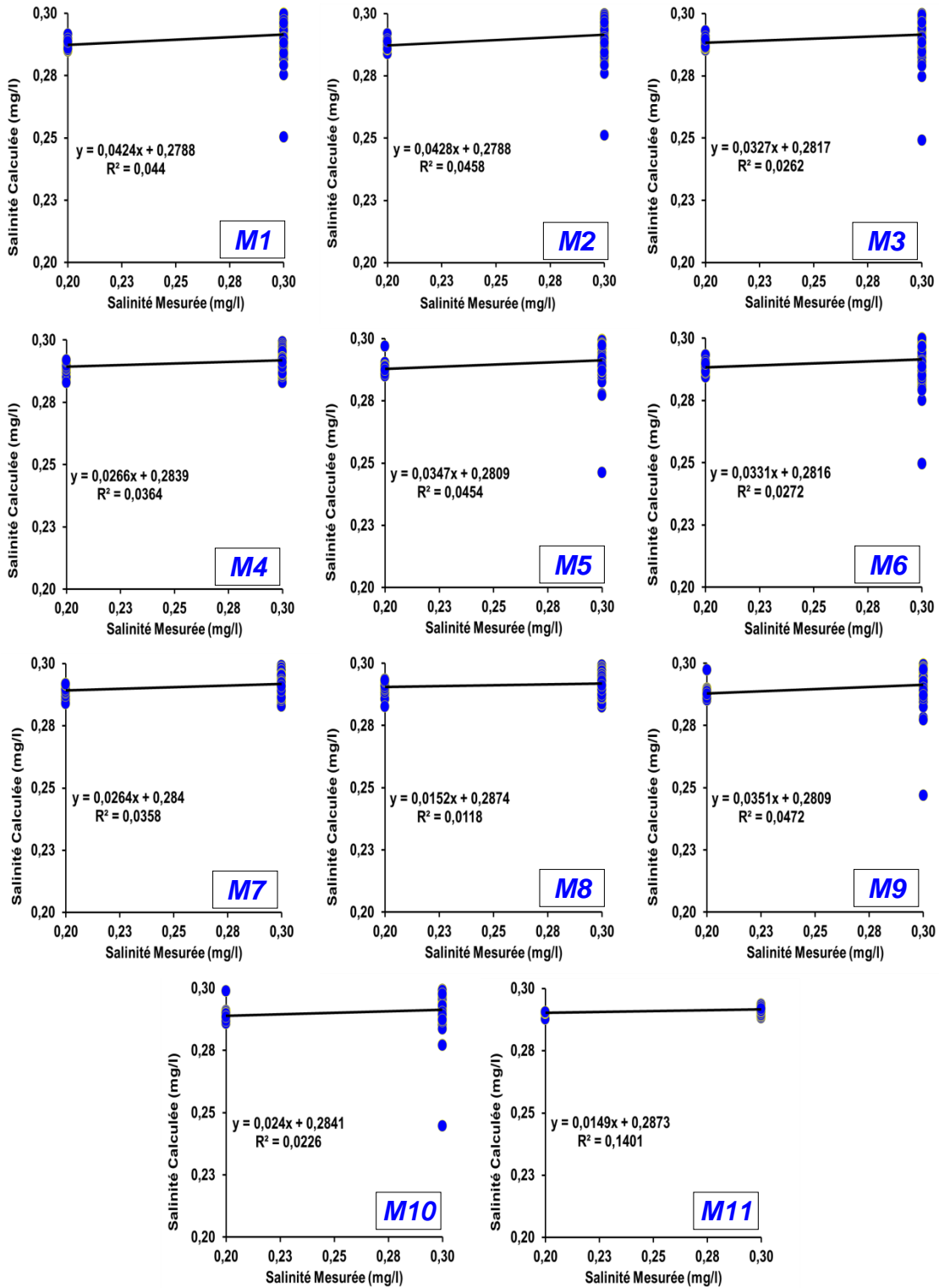


Figure IV.3. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux brutes à l'échelle journalière (phase de validation)

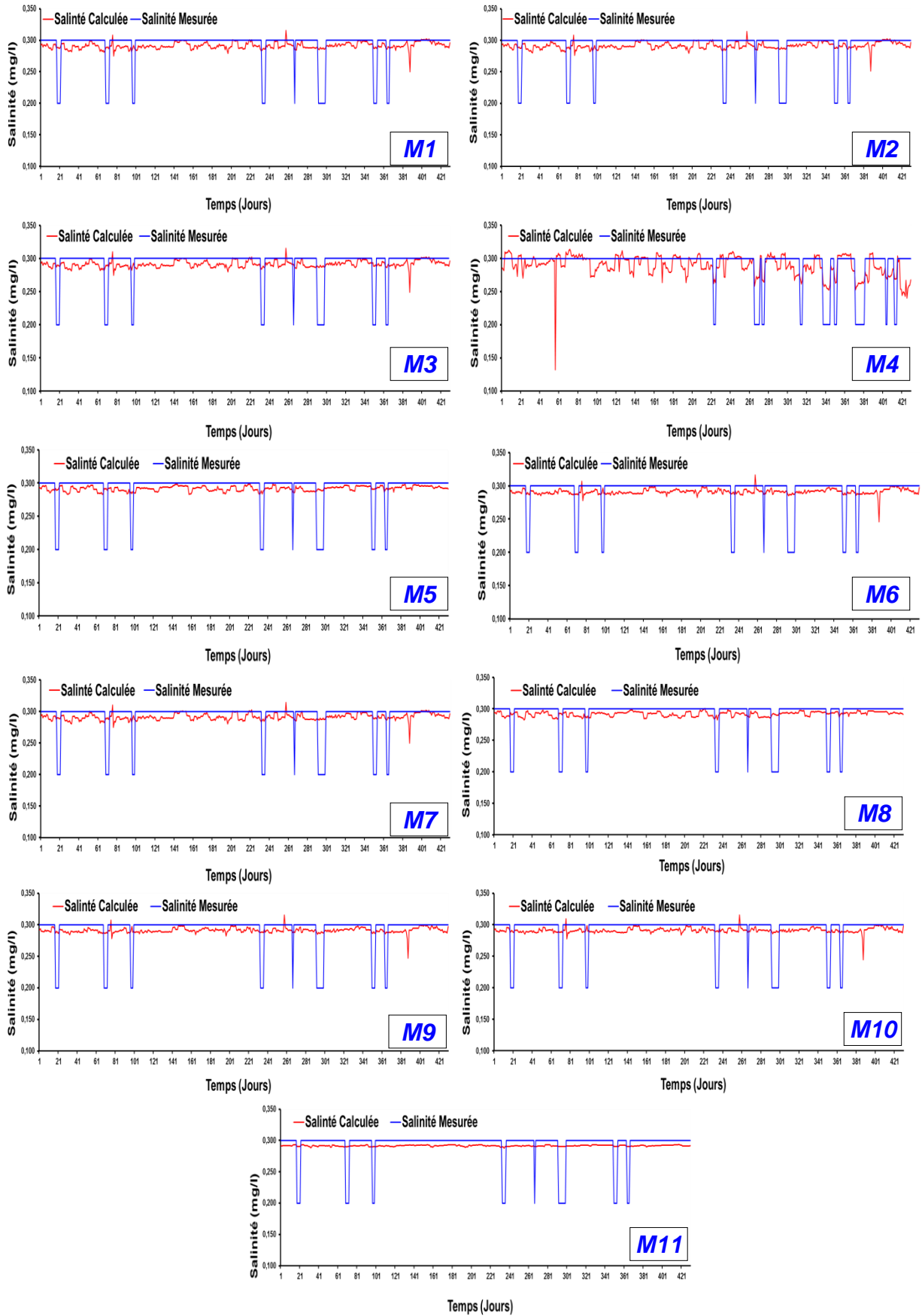


Figure IV.4. Courbes de comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux brutes à l'échelle journalière (phase de validation)

IV.4. Conclusion

Dans le présent chapitre nous avons présenté les résultats obtenus par les modèles MLR appliquer pour la simulation de la salinité et la turbidité des eaux brutes. Et sur la base des performances numériques nous avons conclu qu'aucune corrélation n'existe entre les valeurs mesurer et calculer par les modèles que ce soit pour la turbidité ou pour la salinité. Il sera difficile de donner des conclusions solides et fondés, mais certainement la qualité de donnée à sérieusement influencer sur les résultats.

*Chapitre V: Contrôle de la Qualité des Eaux Clarifiées à
l'Échelle Journalière*

V.1. Introduction

La phase de clarification est une phase importante dans le traitement des eaux, elle consiste à éliminer les matières en suspension, les matières colloïdales et des macromolécules qui contribuent en grande partie à la formation de la turbidité des eaux. Généralement on utilise des procédés physico-chimiques pour la phase de clarification. Vu son importance dans la chaîne de traitement, nous avons consacré le présent chapitre au contrôle des deux variables clés qui sont la turbidité et la salinité. Nous avons adopté la même méthode par modélisation à base des modèles MLR. Nous présentons ci-dessous les résultats obtenus.

V.2. Simulation de la Turbidité des eaux clarifiées

Pour la simulation de la turbidité, malgré une petite amélioration des performances des modèles en phase d'apprentissage, grosso-modo la modélisation de la turbidité reste toujours faible quel que soit le nombre de variables utilisé. Nous remarquons que les coefficients R et NSE sont améliorés pour atteindre des valeurs de l'ordre 0.556 et 0.310 en phase d'apprentissage avec le modèle MLR1, alors qu'en phase de validation les performances étaient médiocres avec un R de l'ordre de 0.231 et un NSE négative. Pour les autres modèles, aucun d'entre eux n'a permis d'améliorer la qualité de simulation et les performances numériques sont toujours faibles à très faibles que ce soit en apprentissage ou en validation. Il est important de signaler qu'en phase de clarification en principe on doit avoir une eau de qualité stable puisqu'il subit les premiers traitements, et malgré ça ne nous constatons aucune corrélation et cela peut être relativement interprété par la mauvaise qualité de données, et on peut dire que les enregistrements sont douteux.

Tableau V.1. Résultats obtenus par les modèles MLR & TU (Eau clarifiée)

Modèles	Variables	Apprentissage				Validation			
		R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	TE, pH, SC, SA	0.556	0.310	1.344	0.001	0.231	-0.822	1.395	0.830
MLR2	TE, pH, SC	0.541	0.293	1.360	0.854	0.303	-0.698	1.347	0.837
MLR3	TE, pH, SA	0.413	0.170	1.473	0.869	0.225	-0.238	1.150	0.742
MLR4	TE, SC, SA	0.524	0.274	1.378	0.871	0.295	-0.155	1.111	0.779
MLR5	pH, SC, SA	0.506	0.256	1.395	0.859	0.160	-1.616	1.672	0.878
MLR6	TE, pH	0.412	0.170	1.473	0.871	0.212	-0.249	1.155	0.744
MLR7	TE, SC	0.509	0.259	1.392	0.868	0.387	-0.061	1.065	0.783
MLR8	TE, SA	0.397	0.158	1.484	0.882	0.256	-0.060	1.064	0.721
MLR9	pH, SC	0.486	0.236	1.414	0.855	0.226	-1.467	1.624	0.884
MLR10	pH, SA	0.205	0.042	1.583	0.900	0.084	-0.747	1.366	0.772
MLR11	SC, SA	0.431	0.186	1.460	0.878	0.205	-0.321	1.188	0.813

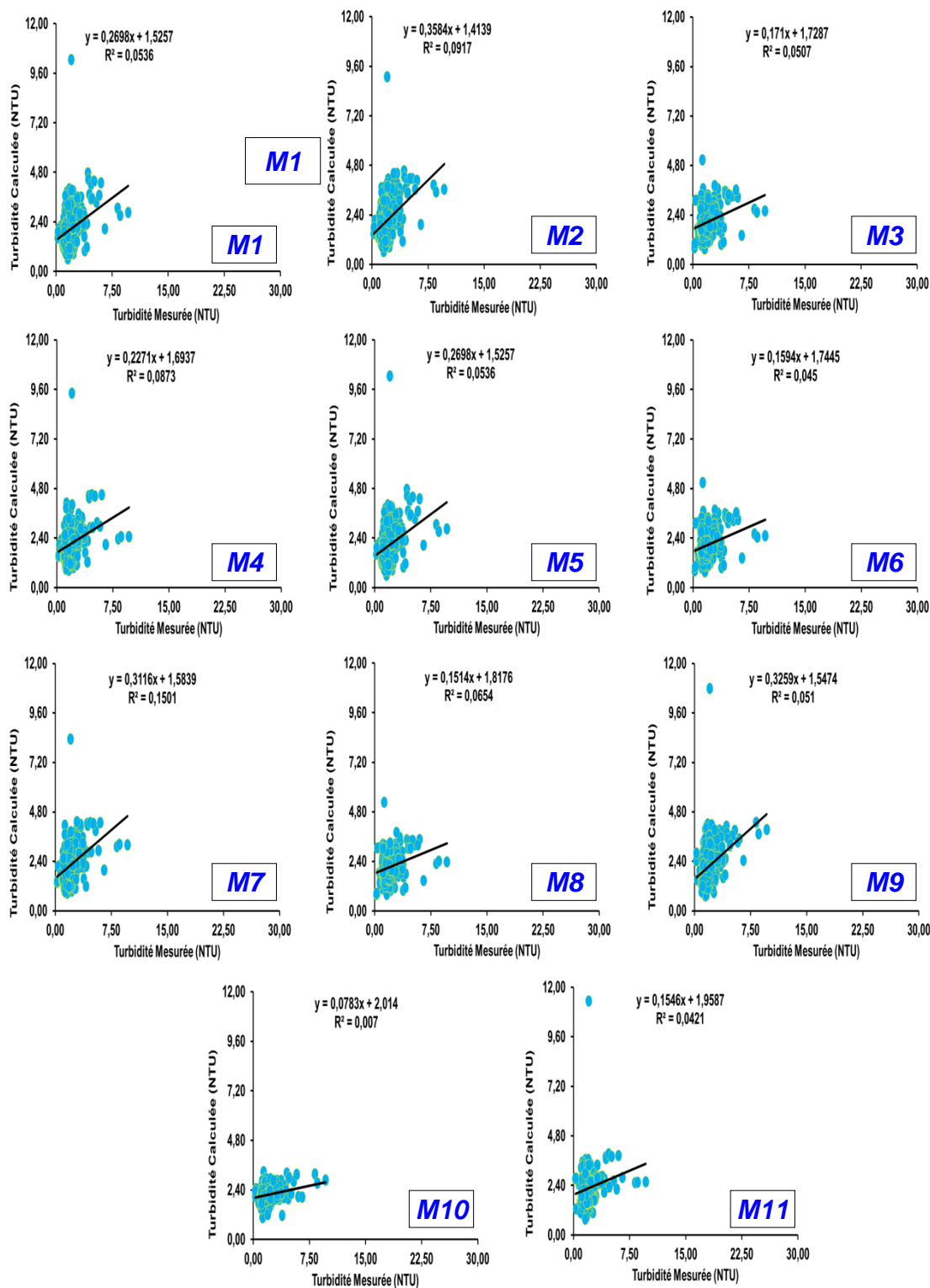


Figure V.1. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux clarifiées à l'échelle journalière (phase de validation).

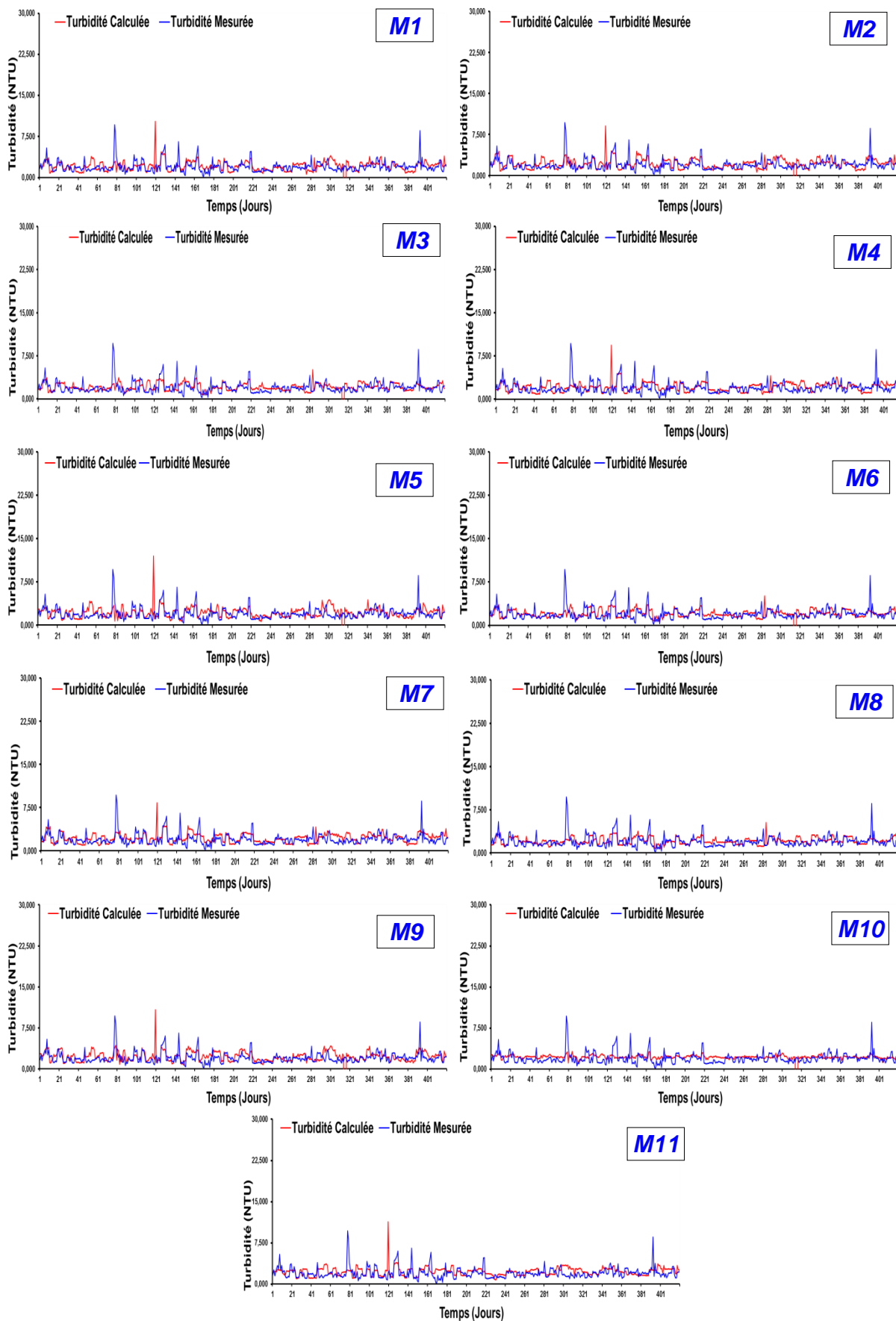


Figure V.2. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux clarifiées à l'échelle journalière (phase de validation)

V.3. Simulation de la Salinité des eaux clarifiées

Pour la simulation de la salinité, aucune remarque importante à signaler puisqu'enregistre aucune amélioration des performances des modèles. Parmi les onze modèles tester, aucun d'entre eux à franchis la barre de 0.50 pour le coefficient de corrélation, et 0.20 pour le critère NSE, ce qui nous conduit à conclure que la simulation de la salinité des eaux clarifiées à base de modélisation n'est pas faisable.

Tableau V.2. Résultats obtenus par les modèles MLR & SA (Eau clarifiée)

Modèles	Variables	Apprentissage				Validation			
		R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	TE, pH, SC, TU	0.412	0.170	0.020	0.011	0.437	0.152	0.031	0.018
MLR2	TE, pH, SC	0.387	0.150	0.021	0.011	0.481	0.169	0.031	0.017
MLR3	TE, pH, TU	0.078	0.006	0.022	0.010	0.074	-0.047	0.034	0.017
MLR4	TE, SC, TU	0.407	0.165	0.020	0.011	0.454	0.161	0.031	0.017
MLR5	pH, SC, TU	0.412	0.170	0.020	0.011	0.439	0.153	0.031	0.018
MLR6	TE, pH	0.077	0.006	0.022	0.010	0.060	-0.049	0.034	0.017
MLR7	TE, SC	0.385	0.148	0.021	0.011	0.485	0.169	0.031	0.017
MLR8	TE, TU	0.064	0.004	0.022	0.010	0.254	-0.037	0.034	0.016
MLR9	pH, SC	0.384	0.148	0.021	0.011	0.503	0.175	0.030	0.017
MLR10	pH, TU	0.049	0.002	0.022	0.010	0.043	-0.048	0.034	0.017
MLR11	SC, TU	0.406	0.165	0.020	0.011	0.452	0.161	0.031	0.017

En phase d'apprentissage, le meilleur coefficient de corrélation était de l'ordre de 0.412 obtenus avec les deux modèles MLR1 et MLR5, alors que le critère NSE n'a pas dépassé la valeur de 0.170. En phase de validation, le meilleur modèle était le modèle MLR9 avec des critères de l'ordre : R=0.503 et NSE= 0.175. Avec de telles valeurs, il sera très difficile de se prononcer sur la qualité de la modélisation et il est très difficile de proposer des solutions pour l'amélioration des performances étant donné l'absence totale d'ajustement entre les valeurs calculer et mesurer.

Sur les figures (V.3) et (V.4) nous présentons l'ajustement des valeurs mesurées et calculées en termes de courbes de comparaisons entre les valeurs calculées et mesurées et aussi en termes de nuage de point. Il est très clair le faible ajustement des données pour les onze model proposé.

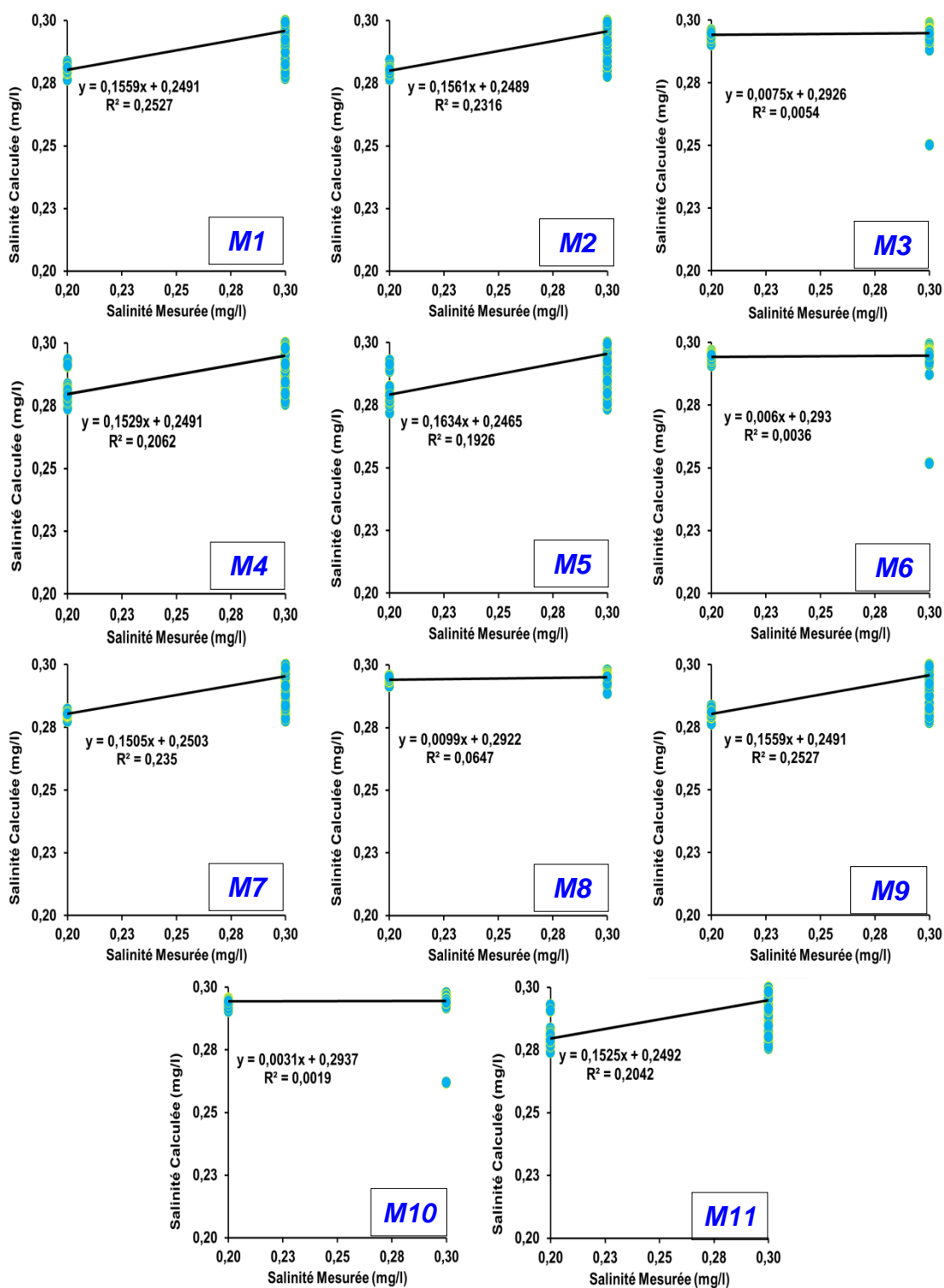


Figure V.3. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux clarifiées à l'échelle journalière (phase de validation)

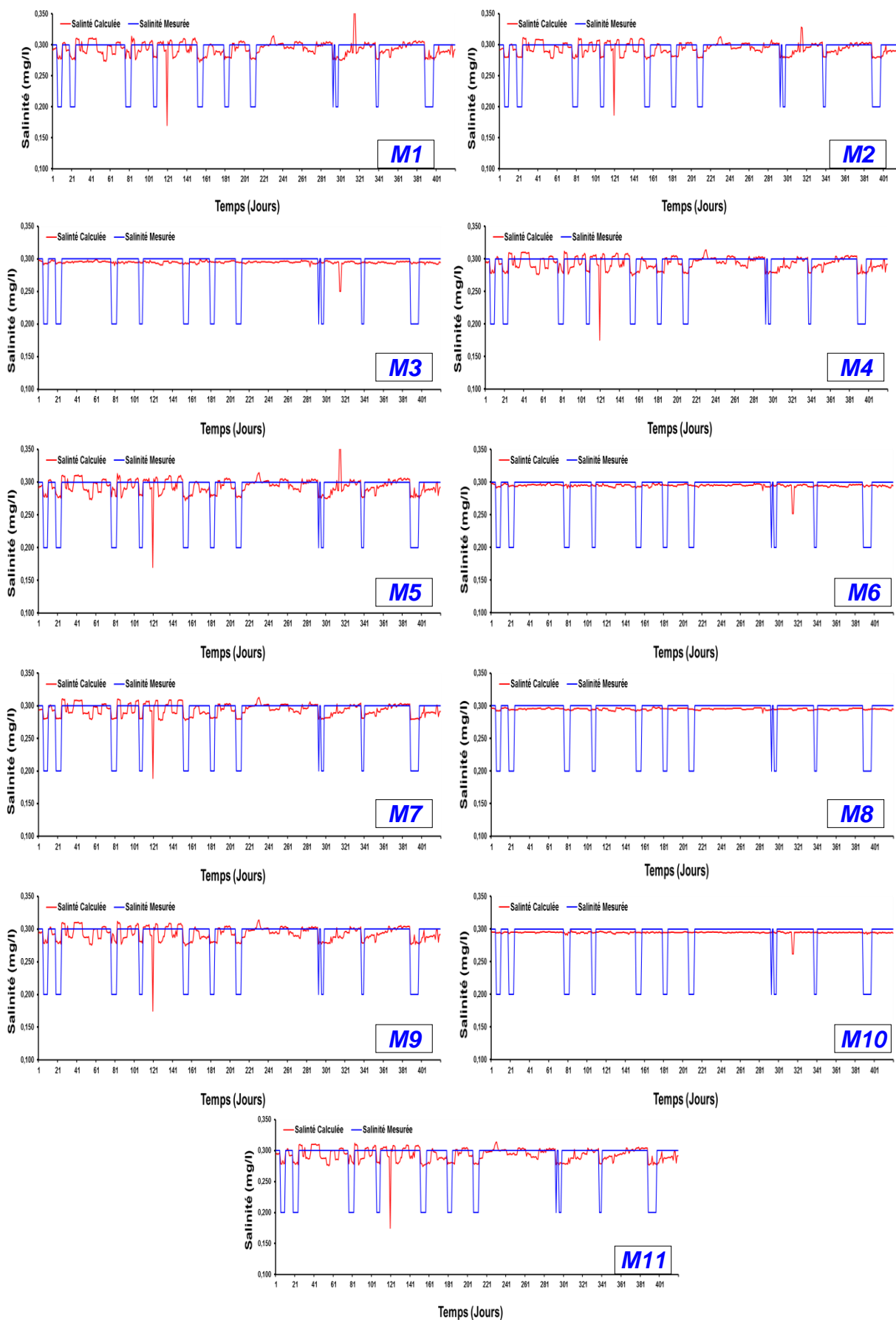


Figure V.4. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux clarifiées à l'échelle journalière (phase de validation)

V.4. Conclusion

À l'image des résultats obtenus pour la turbidité, la simulation de la salinité était aussi très faible quel que soit le nombre des variables utilisé comme inputs. Comme nous l'avons déjà signalé, il est très difficile d'obtenir des conclusions solides et certainement la qualité des données et la seule cause conduisant à ce type de résultats. Aussi, dans des futures études, il faut envisager d'analyser l'effet saisonnier, c'est-à-dire proposer des modèles pour chaque saison.

*Chapitre VI: Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée à
l'Échelle Journalière*

VI.1. Introduction

La dernière phase de traitement des eaux aboutit automatiquement à des eaux traitées et apte à être délivrées aux consommateurs. Le présent chapitre est consacré au contrôle de la qualité des eaux traitées, qui en principe réponds aux normes de potabilités. Toujours le même principe de modélisation avec la comparaison entre onze modèles à base de régression linéaire multiple.

VI.2. Simulation de la Turbidité des eaux traitées

Malgré que les eaux traitées répondent à tous les normes de potabilisation et que les eaux à la sortie de la station doivent avoir une qualité stable, nous avons remarqués que les performances des modèles sont très faibles, et il n'existe aucune corrélation entre les valeurs mesurées et calculées. Les modèles MLR arrivent très mal à ajuster les deux types de variables, i.e., mesurer et simuler. Parmi les onze modèles aucun d'entre eux n'a dépassé la barre de 0.350 et 0.150 pour les critères R et NSE en phase d'apprentissage, alors qu'en validation les performances se sont encore dégradés (Tableau VI.1). Les deux variables TE et SA combinées ensemble (modèle MLR8) ont données les meilleurs résultats à égalité parfaite avec le modèle MLR3 (R=0.350, NSE=0.122, RMSE=0.434, MAE=0.268), qui sont des résultats très faible et loin des performances acceptables. La qualité d'ajustement est aussi représentée par les figures VI.1 et VI.2. Il est très clair que les modèles arrivent mal à ajuster les valeurs mesurer et calculer

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

Modèles	Variables	Apprentissage				Validation			
		R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	TE, pH, SC, SA	0.336	0.113	0.513	0.268	0.336	0.109	0.437	0.271
MLR2	TE, pH, SC	0.297	0.088	0.520	0.274	0.264	0.059	0.450	0.281
MLR3	TE, pH, SA	0.319	0.102	0.516	0.270	0.349	0.122	0.434	0.268
MLR4	TE, SC, SA	0.336	0.113	0.513	0.268	0.336	0.109	0.437	0.271
MLR5	pH, SC, SA	0.297	0.088	0.520	0.269	0.293	0.083	0.444	0.268
MLR6	TE, pH	0.218	0.047	0.532	0.284	0.264	0.068	0.448	0.284
MLR7	TE, SC	0.297	0.088	0.520	0.274	0.264	0.059	0.450	0.281
MLR8	TE, SA	0.319	0.102	0.516	0.271	0.350	0.122	0.434	0.268
MLR9	pH, SC	0.237	0.056	0.529	0.275	0.182	0.019	0.459	0.284
MLR10	pH, SA	0.272	0.074	0.524	0.271	0.298	0.089	0.442	0.265
MLR11	SC, SA	0.297	0.088	0.520	0.269	0.293	0.083	0.444	0.268

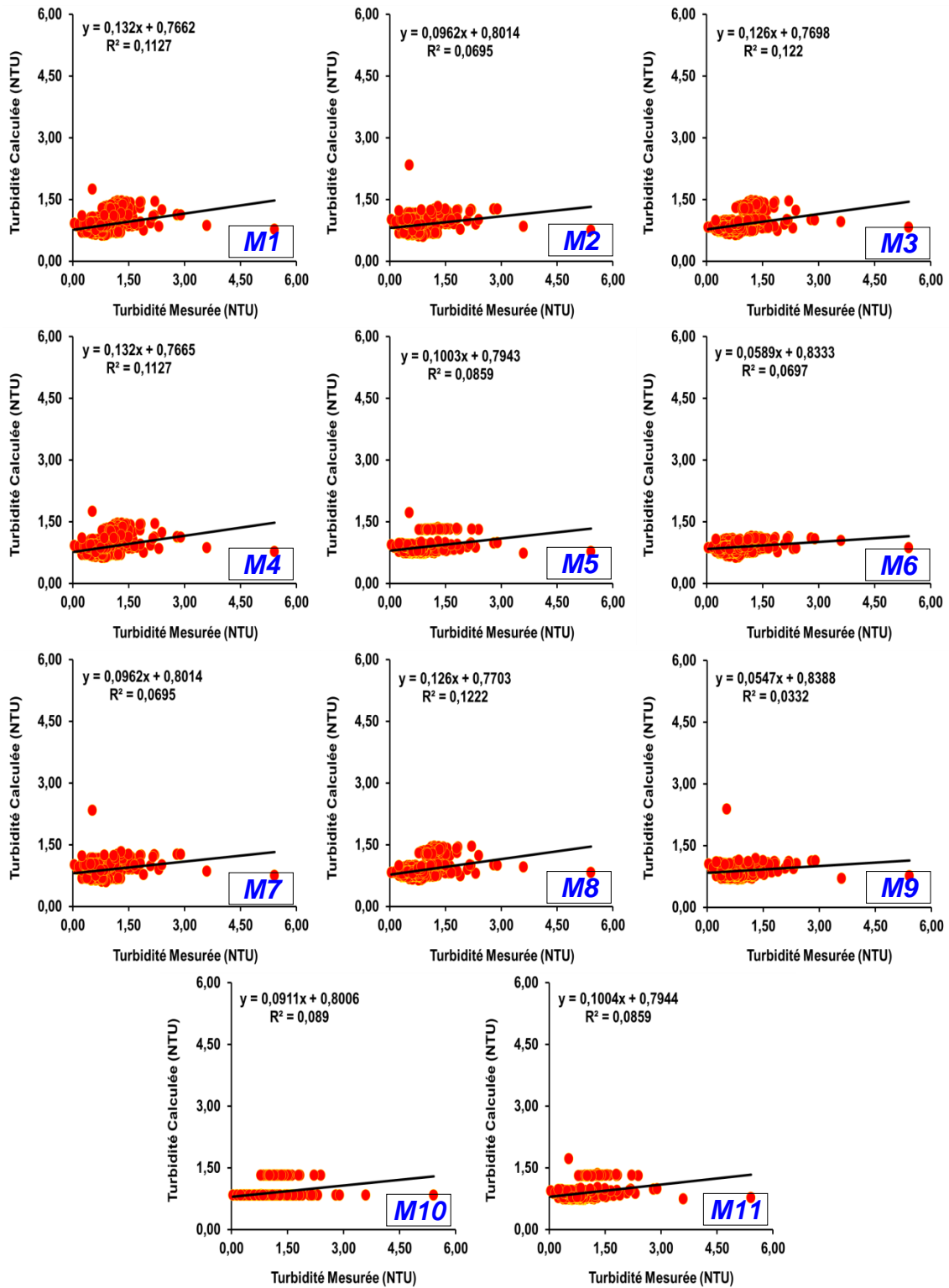


Figure VI.1. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitées à l'échelle journalière (phase de validation)

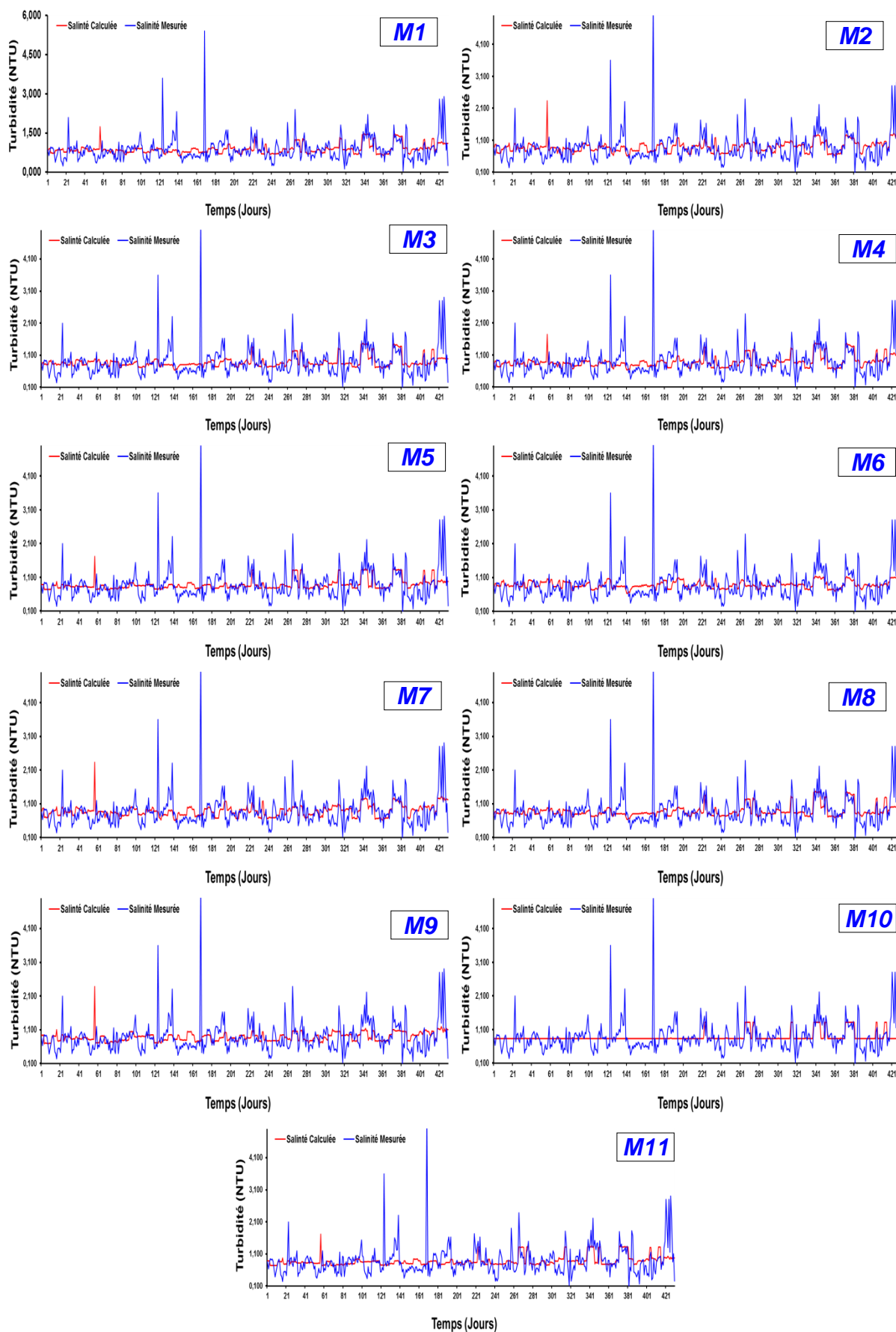


Figure VI.2. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitées à l'échelle journalière (phase de validation)

V.3. Simulation de la Salinité des eaux traitées

Pour la simulation de la salinité (Tableau VI.2), les performances des modèles ont été très faibles que ce soit en apprentissage ou en validation. En apprentissage, les valeurs du coefficient R varient de 0.203 à 0.522 avec une moyenne de 0.423, les valeurs du coefficient NSE varient de 0.041 à 0.272 avec une moyenne de 0.192, qui sont des valeurs très faibles et reflètent d'incapacité des modèles MLR à correctement simuler la salinité des eaux traitées. Toujours en phase d'apprentissage, le meilleur modèle était le modèle MLR1 alors que le plus faible était le MLR6. En phase de validation, les valeurs du coefficient R varient de 0.305 à 0.482 avec une moyenne de 0.416, les valeurs du coefficient NSE varient de 0.076 à 0.223 avec une moyenne de 0.166, qui sont des valeurs très faibles et reflètent d'incapacité des modèles MLR à généraliser et à prédire correctement la salinité des eaux traitées.

Tableau VI.2. Résultats obtenus par les modèles MLR& SA (Eau traitée)

Modèles	Variables	Apprentissage				Validation			
		R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	TE, pH, SC, TU	0.522	0.272	0.026	0.017	0.481	0.223	0.026	0.017
MLR2	TE, pH, SC	0.502	0.252	0.027	0.017	0.448	0.185	0.027	0.017
MLR3	TE, pH, TU	0.310	0.096	0.029	0.018	0.373	0.130	0.027	0.016
MLR4	TE, SC, TU	0.519	0.270	0.026	0.017	0.482	0.223	0.026	0.017
MLR5	pH, SC, TU	0.515	0.265	0.026	0.017	0.470	0.212	0.026	0.017
MLR6	TE, pH	0.203	0.041	0.030	0.018	0.305	0.076	0.028	0.017
MLR7	TE, SC	0.499	0.249	0.027	0.017	0.448	0.186	0.027	0.017
MLR8	TE, TU	0.307	0.094	0.029	0.017	0.370	0.128	0.027	0.016
MLR9	pH, SC	0.489	0.239	0.027	0.017	0.426	0.164	0.027	0.017
MLR10	pH, TU	0.277	0.077	0.029	0.018	0.305	0.088	0.028	0.017
MLR11	SC, TU	0.512	0.262	0.026	0.017	0.470	0.213	0.026	0.017

Les résultats de la modélisation sont aussi représentés par les courbes de variation et les courbes Scatterplots (figures VI.3 et VI.4). L'ajustement des valeurs calculées aux valeurs mesurées est très faible et on peut dire médiocre ce qui reflète les faibles performances des modèles à correctement simuler la salinité.

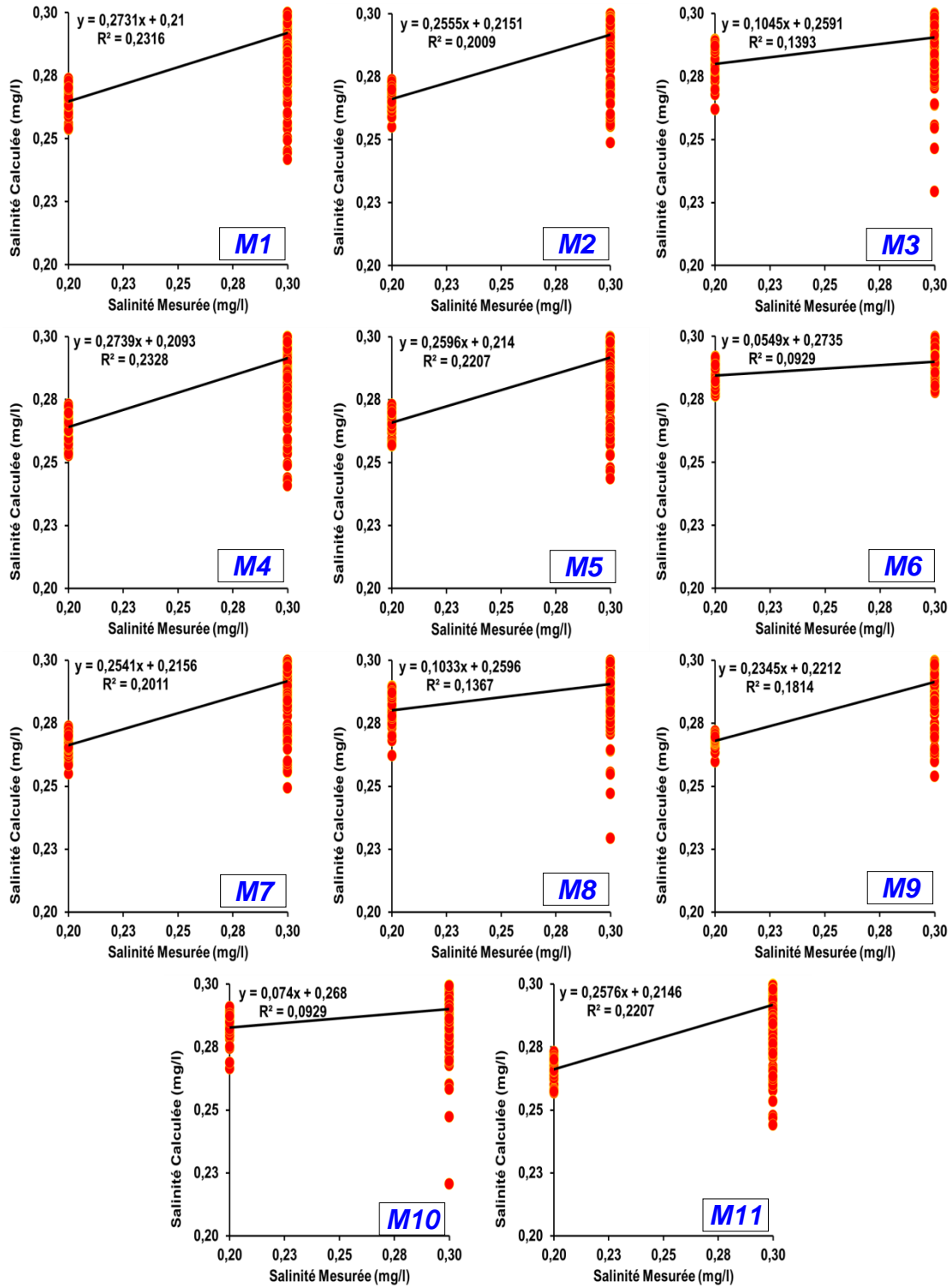


Figure VI.3. Scatterplots des valeurs calculées et mesurées de la salinité des eaux traitées à l'échelle journalière (phase de validation).

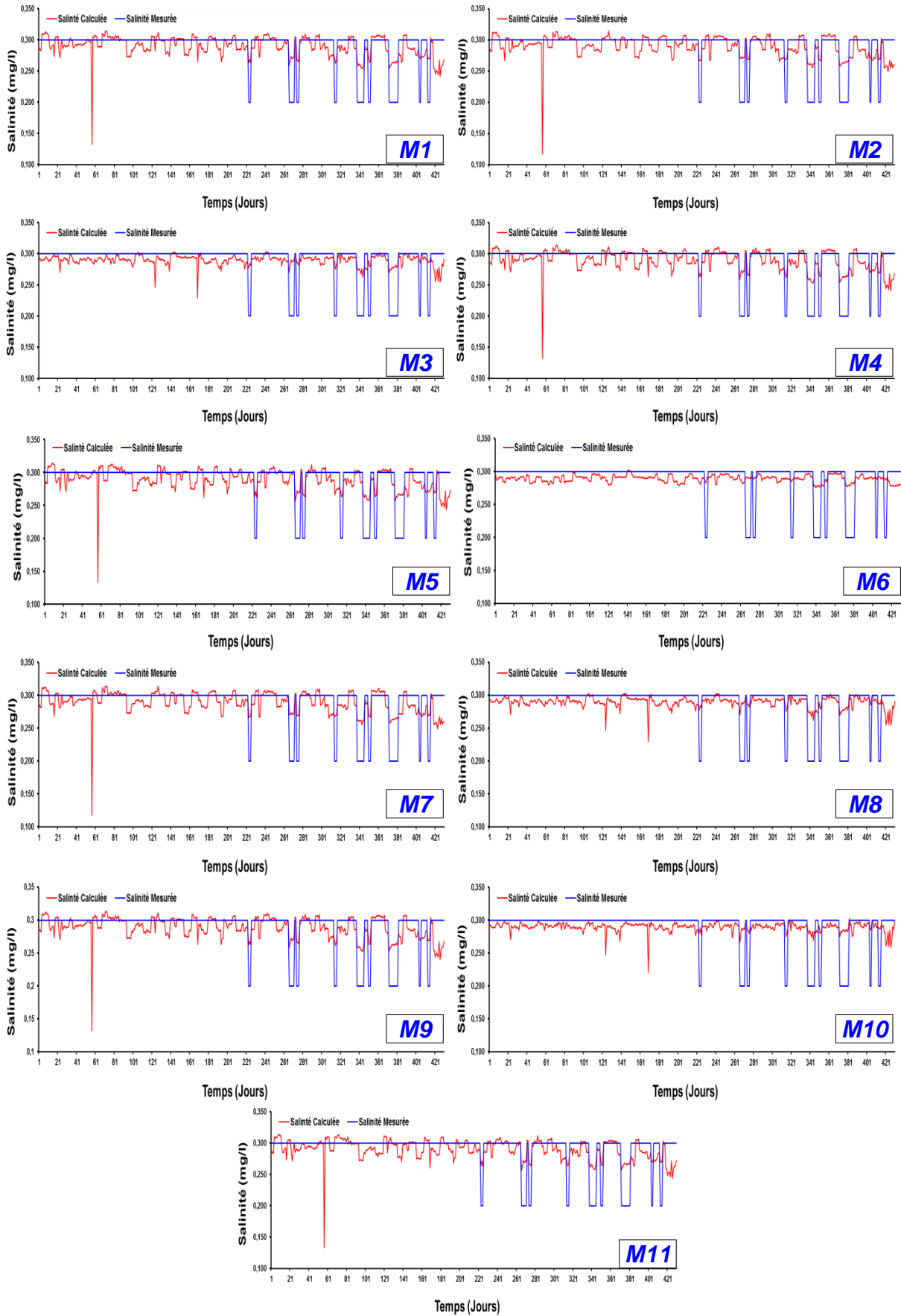


Figure VI.4. Comparaison entre les valeurs calculées et mesurées de la turbidité des eaux traitées à l'échelle journalière (phase de validation)

VI.4. Conclusion

À la lumière des résultats obtenus pour les eaux brutes et clarifiées, de très faibles performances sont obtenus pour les eaux traitées. Aucun modèle, quel que soit les entrées qu'il utilise n'a permis d'obtenir des performances acceptables ce qui surprenant de point de vue statistique. On peut se prononcer la même conclusion : la qualité des données à influencer sur les performances des modèles.

Conclusion Générale

A la lumière des résultats obtenus dans la présente étude on peut conclure ce qui suit :

1. L'eau traitée provienne du Barrage Zit Emba vers la station pour assurer l'alimentation en eau potable de la ville de Azzaba et les centres urbains avoisinante.
2. La station de traitement des eaux de Azzaba est une station opérationnelle à temps plein et la chaine de traitement adopté est une chaine classique avec procédés physico chimique classique.
3. Les variables caractéristiques principales de l'eau sont mesurées au niveau de la station.
4. La qualité des eaux est contrôlée à trois niveau : à l'entrée de la station (eau brute), au niveau de la phase de clarification, et enfin au niveau de la phase de distribution à la sortie de la station.
5. Bien que la période de stage s'est déroulée dans de bonnes conditions, nous n'avons pas mesurés tous les variables et aussi nous avons constaté qu'il était impossible de bénéficier d'une série de mesure journalière.
6. La deuxième partie du travail était un échec total, étant donné que la modélisation des deux variables, i.e., salinité et turbidité n'a abouti à aucun résultat dans les trois phases de traitement.
7. Nous nous pouvons donner des conclusions solides sur les résultats obtenus, mais certainement la qualité des données à jouer un rôle important.
8. Nous recommandons l'amélioration des conditions de travail, l'augmentation de mesures réalisées et l'acquisition d'autres matériels pour mesurer d'autres variables.

Références Bibliographiques

- ADE (Algérienne Des Eaux) Skikda. (2010). Rapport de wilaya de Skikda.
- Cardot C. (1999). Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A., 247 p.
- Degrément. (2005). Mémento technique de l'eau, Lavoisier SAS –Lexique technique de l'eau, Paris, dixième édition.
- Degrément. (1989)., Beaudry. (1984)., Valiron. (1984). Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989, P : 5, 24,25.
- Degrément. (1989). Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P : 5, 24,25.
- Dekhakhna H., Redjaimia W. (2013). Processus de traitement de la station d'Azzaba et optimisation de la dose du coagulant. Mémoire de Master en Génie Civile. pp52 université du 08 mai 1945 Guelma.
- Desjardins R. (1997). Le traitement des eaux, 2ème édition, Ed. De l'école polytechnique de Montréal.
- Godart H. (2008). Traitements des eaux de distribution. Traité Construction, volume C 5 200. Techniques de l'Ingénieur.
- Harrat N., Achour S. (2011). Qualité et réactivité des eaux de barrage de Zit El-Emba alimentant la station de traitement d'Azzaba. Courrier du savoir scientifique et technique_ N°11, pp. 113_117.
- Harrat N. et Achour S. (2016) Comportement de substances humiques de l'eau du barrage Zit el Emba au cours de la coagulation-floculation en présence de sulfate d'aluminium et de charbon actif/ Larhyss Journal_N°26, pp.149_165.
- Heddam S., Bermad A., Dechemi N. (2011). ANFIS-based Modelling for coagulant Dosage in Drinking Water Treatment Plant: A Case Study. Environmental Monitoring and Assessment.184:1953-1971.
- Heddam S (2011). Contribution à la modélisation de la qualité des eaux approche par les réseaux de neurones, les systèmes neuroflous et les méthodes de classification application à la station de traitement des eaux de Boudouaou Algérie. Thèse de doctorat. École nationale supérieure agronomique. pp256
- Igor R (1983). La décennie pas seulement une question de pompes ou de tuyaux ; Santé du Monde, O.M.S.
- Kettab A. (1993). Livre de traitement des eaux potable. pp149
- Le Chevallier, M.W., & Au, K.K. (2004). Water treatment and pathogen control. Iwa Publishing. p136.

Masson M.H., Canu S., Grandvalet Y., Lyngaard-Jensen, A., Software. (1999). Sensor design based on empirical data, *Ecological Modelling*, 120, 131-139.

Mouchet P. (1991). Les modalités de traitement des eaux brutes. *STP. Pratiques*, p : 136,148.

Mouchet P. (2008). Techniques de l'ingénieur Traitement des eaux avant utilisation filières et applications.

Potelon J.L., Zyman K. (1998). Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial.

Pronost J., Pronost R., Deplat L., Malrieu J., Berland J. (2002). Station d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, et des affaires rurales (FNDAE n°22 bis), document technique, France.

Rahni M. (1994). Coagulation-floculation de quelques composés organiques par le fer ferreux en milieux aqueux : Etude de mécanisme et comparaison avec adsorption, Thèse de Doctorat, Université de Poitiers.

Service Agricole de Skikda. (2006).

Feligha Roquiya

Ghelem Hadjer

Harrag Youcef Yassine

Titre : Suivie et Contrôle de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement des Eaux Azzaba, Wilaya de Skikda

Résumé : Le présent travail entre dans le cadre de la préparation de mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master II en Aménagement Hydro-Agricole. Le travail porte sur le suivi et le contrôle de la qualité des eaux au niveau de la station de traitement des eaux Azzaba wilaya de Skikda. Le travail a été réalisé en deux étapes. La première étape est un stage pratique réalisé au niveau de la station de traitement et a été consacré à la prise de connaissance de la chaîne de traitement, des différents ouvrages, ainsi que le contrôle et la réalisation de quelques mesures de quelques variables caractéristiques de l'eau. La deuxième étape est un travail de modélisation à base de régression linéaire multiple (MLR). Nous avons essayé d'exploiter une base de donnée disponible au niveau de la station pour étudier l'évolution de la qualité des eaux dans le temps, et l'étude de la possibilité de modéliser deux variables clés qui sont la turbidité et la salinité de eaux en fonction de plusieurs autres variables : la température de l'eau (TE), le pH, et la conductivité électrique (SC). Comme tous travail de modélisation on commence par une phase d'apprentissage et par la suite en valide les résultats en utilisant des critères numériques (R, NSE, RMSE, MAE) et des critères graphiques (courbes Scatterplots et courbes de comparaison). Malgré que durant la première étape du travail nous avons constaté la potabilité et la bonne qualité des eaux traitées et distribuées pour la consommation, la deuxième phase de travail n'a abouti à aucun résultat et la modélisation à échouer. Pour les trois phases de traitement : arriver eaux brutes, eaux clarifiées et eaux traitées, les modèles MLR étaient incapable de trouver une forte corrélation entre la turbidité et la salinité d'une part, et les pH, TE et SC d'autres part. Les valeurs mesurer et calculer par le modèle étaient complètement décoller.

Mots clés : *Qualité des eaux, Station de traitement, Azzaba, Eau brute, Turbidité, salinité, pH, conductivité, modélisation, régression linéaire, RMSE, MAE, R, NSE.*

ملخص: هذا العمل هو جزء من اعداد مذكرة نهاية الدراسة للحصول على درجة ماستر 2 في التهيئة المائية الفلاحية. يتعلق العمل بمراقبة وضبط جودة المياه على مستوى محطة معالجة المياه عزابة ولاية سكيكدة. تم تنفيذ العمل على مرحلتين: المرحلة الاولى عبارة عن تدريب عملي يتم اجراؤه على مستوى محطة المعالجة ويخصص التعرف على سلسلة المعالجة، والاعمال المختلفة، بالإضافة الى التحكم و تحقيق بعض القياسات لبعض الخصائص المتغيرة للماء. الخطوة الثانية هي عملية نمذجة تعتمد على الانحدار الخطي المتعدد (MLR) حاولنا استغلال قاعدة البيانات المتوفرة على مستوى المحطة لدراسة تطور جودة المياه بمرور الوقت ودراسة امكانية نمذجة متغيرين رئيسيين هما تعكر و ملوحة المياه بدلالة عدة متغيرات اخرى : درجة حرارة الماء، درجة الحموضة، والناقلية الكهربائية مثل جميع اعمال النمذجة، نبدأ بمرحلة التعليم ثم التحقق من صحة النتائج باستخدام المعايير الرقمية R , NSE , $RMSE$, MAE و معايير الرسوم (منحنيات Scatterplots ومنحنيات المقارنة) على الرغم من اننا لاحظنا خلال المرحلة الاولى من العمل قابلية الشرب و الجودة الجيدة للمياه المعالجة و الموزعة للاستهلاك الا ان المرحلة الثانية من العمل لم تؤدي الى اي نتائج وفشلت النمذجة بالنسبة لمراحل المعالجة الثلاث : المياه الخام الواردة، المياه المصفاة والمياه المعالجة، لم تتمكن نماذج MLR من العثور على علاقة قوية بين العكارة و الملوحة من ناحية، ودرجة الحموضة ودرجة الحرارة من ناحية اخرى. القيم التي تم قياسها وحسابها بواسطة النموذج كانت متوقفة تماما.

الكلمات المفتاحية : نوعية المياه، محطة معالجة، عزابة، الماء الخام، العكارة، الملوحة، درجة الحموضة، الناقلية، النمذجة، الانحدار الخطي، $RMSE$, MAE , R , NSE .

Année Universitaire : 2021/2022