

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



Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Aménagement

Hydro-Agricole

Mémoire de fin d'études :

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

Thème :

Suivi et Contrôle de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement des eaux Beni Zid, Collo Wilaya de Skikda.

Présenté par :

- BARBEDJ HIBA
- BERRAK IBTISSEM
- BOUGHDEH ASMA
- BOUGHRAROU AMINA NIHEL

Membres de Jury:

Dr : HEBAL Aziz	(MCB) Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mr : Haddad Saddek	(MAA) Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Pr : HEDDAM Salim	(MCA) Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2021-2022



Dédicaces

*Je s'excuse l'aboutissement de mes efforts durant toutes ces années
d'études :*

*À Mon Père qui est absent dans ma vie Mais Toujours Présent dans
Mon Cœur.*

*A Ma Mère, ma seule lumière, Qui m'a aidé et guidé mes pas et qui m'a
couvert par son amour, et par sa tendresse, à qui tout les mots du monde
n'arriveront jamais à la décrire.*

A ma sœur SOUMAYA à l'étranger et sa famille.

A ma sœur ISMAHÈNE et son marie et sa petite famille .

*A mon frère LOTFI et sa femme FAIZA et leurs enfants ARIDJ ET
DJOURI ET MY LOVE LOUJAYN.*

*A ma chérie AHLEM merci d'être là quand j'ai besoin, merci pour ton
encouragement et ton amour, je vous aime.*

A mes oncles et mes tantes (paternelles et maternelles) est leurs familles

A mes cousins et cousines.

A mes chères :

CHAIMA, SARA, IKBAL, HOUDA, NAIMA, ROUKAYA

A mes camarades NIHEL ,IBTISSEM ,ASMA.

A mes chères frères BILÉL (bol Bole).

A tous ceux qui m'ont aidé, A tous ceux qui m'ont aimé...



HIBA



Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire de master à:

*A ma très chère mère et mon très cher père et mes grands-parents
A ceux qui m'ont toujours encouragé pour que jr réussisse dans mes
études*

*A ceux qui ont veillé pour mon bien être
A ceux que j'aime et je respecte infiniment*

Le jour est venu pour leur dire Merci

Mes sœurs : Noura, Nesma Amina

A mes frères : Djamrl, Mohmed, A chref et Razak,

Petits enfants : Samia tesnim. Ouis ab Gafoure. Hidaya Rital. Soudjed.

Et ma défunte sœur : Samia.

A mes amis : Aicha. Inesse. Khawla. Rayan.


Mon binôme: Hiba. Amina Nihal. Assma.

Les maris de mes sœurs : Adel. Mustapha. Lamine.

*A tous mes proches de la famille Berrak, et plus
Particulièrement, mes oncles, ma tante, mes cousins*

Et a tous mes chers amis et mes collègues : Science Agronomie

Et à tous ce qui ont enseigné moi au long de ma vie scolaire



Berrak Ibtissem



Dédicaces

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

A la mémoire de mes parents

Ce travail est dédié à mes parents décédés trop tôt qui m'ont toujours fait preuve d'amour et d'affection. J'aurai souhaité votre présence en ce moment pour partager ma joie mais vous êtes toujours présentes dans mon esprit et sans mon cœur, et j'espère que, du monde qui est siens maintenant, ils apprécient cet humble geste comme une preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de leurs âmes. Puisse dieu, le tout puissant l'avoir en sa sainte miséricorde.

A mes chers frères :

Amin, Nidal, Soumia

A tous les moments d'enfance passés avec vous mes frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Vous m'avez soutenus, réconfortés et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.

A mes chères

Rima, Imahane ,Madjda, Manal, Kayssa, Malek, Kenza, Lina,

Merci énormément pour votre soutien plus que précieux, Merci pour votre grands cœurs toutes vos qualités qui seraient trop longues à énumérer. Ma vie ne serait pas aussi magique sans votre présence et votre amour. Je vous aime de tout mon cœur.



ASMA

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à mes parents et ceux qui me sont chère, quels soit les termes utilisés, je n'arriverais jamais à leurs exprimer mon amour sincère.

A AZZEDINE BOUGHRAROU mon super héros, à celui qui m'a donné une si belle vie, entourée d'amour et attention, je profite de toutes ces merveilleuse bénédiction et de tout le confort grâce à votre travail acharné, j'apprécie tous ce que vous faites, papa je vous aime.

A Ziari Saliha ma reine , celle qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigence. Ma mère je vous remercie pour tous, j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A ma moitié, celui qui me partage la vie mon mari Ramy, qui m'a soutenu toujours et encouragé, merci pour tous.

A mes chères frères Ameer, Abd-Elilah, mes chères sœurs Loubna, Meriem

qui m'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études que dieu les protège.

A mon adorable sœur Chiraz, mon âme sœur merci d'être là quand ça ne va pas et merci de me prêter ton épaule quand j'en ai besoin

A ma belle famille, particulièrement mon oncles Ahmed, ma tante Samia et ma cousine et belle sœur Kawtar merci pour leurs amour et encouragement.

A mes meilleurs amies, en souvenir de nous éclats de rire et des bons moments, en souvenir de tout ce qu'on vécu ensemble Souheila, Loubna, Rofia, Chaima. J'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

A.NIHEL

Remerciements

Nous remercions d'abord ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force, la patience

Et la volonté pour achever ce travail.

Nos sincères remerciements à notre promoteur Pr HADDAM de nous avoir guidé

Et encouragé durant ce travail.

*Nous exprimons aussi notre vive reconnaissance au personnel de BNI ZIDE
Nous*

Pensons particulièrement à Monsieur SASSI HADEF MOURAD, pour leurs aides,

Leurs disponibilités et leurs orientations tout au long de notre stage.

Nous remercions les membres de jury d'examen pour l'honneur qu'ils me font en participant

Au jugement de ce travail.

Nous tenons à remercier vivement toutes personnes qui nous ont aidé à élaborer et réaliser ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Nous remercions aussi tous les enseignants du département SCIENCE AGRONOMIE pour leurs Aides et orientations durant notre formation.

Enfin nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis et collègues pour

Le soutien tout moral et matériel

Table des Matières

Listes des Tableaux	I
Listes des Figuiers	II
Introduction Générale	01
<i>Chapitre I : Généralités sur les Traitements des Eaux</i>	
I.1. Introduction	03
I.2. Chaîne élémentaire de production d'eau potable	03
I.2.1. Prétraitement	04
I.2.2. Peroxydation	04
I.2.2.1. Pré oxydation par le chlore	05
I.2.2.2. Pré oxydation par les chloramines	05
I.2.2.3. Pré oxydation par le dioxyde de chlore	05
I.2.2.4. Pré oxydation par l'ozone	06
I.2.3. Clarification	06
I.2.3.1. La Coagulation	06
I.2.3.2. la floculation	08
I.2.3.3. la décantation-flottation	08
I.2.3.4. la filtration	09
I.2.4. Oxydation -Désinfection	10
I.2.5. Affinage	11
I.3. Conclusion	11
<i>Chapitre II: Présentation de la Station de Traitement des Eaux Béni Zid et Description de la Base de Données</i>	
II.1. Introduction	13
II.2. La commune de Béni Zid	13
II.3. Le barrage de Béni Zid	14
II.3.1. Caractéristique du barrage Béni Zid	14
II.4. La station de traitement des eaux Béni Zid	15
II.4.1. La chaîne de traitement au niveau de la station Béni Zid	17
II.4.2. Évaluation de la qualité des eaux au niveau de la station Béni Zid	19
II.4.2.1. Conductimètre	19

II.4.2.2. Les Essais Jar-Test	20
II.4.2.3. Comparateur	20
II.4.2.4. Agitateur Magnétique	20
II.4.2.5. Turbidimètre	20
II.4.2.6. Volumétrie	21
II.4.2.7. Rampe de filtration	21
II.4.2.8. Incubateur	21
II.4.3. Partie Expérimental	22
II.4.3.1. Traitement de l'eau	22
II.4.3.2. Teste de chlore	22
II.4.3.3. Le Jar-Test	22
II.4.3.4. Titrage Alcalimétrique simple (TA)	23
II.4.3.5. Titrage Alcalimétrique complet (TAC)	23
II.4.3.6. Calcium (Ca^{+2})	23
II.4.3.7. Les chlorures (Cl^-)	23
II.4.3.8. La dureté totale (THT)	23
II.4.3.9. Détecter les bactérie	23
II.5. Contrôle de la qualité des eaux à longue termes	24
II.5.1. Introduction	24
II.5.2. Base de donnés collecter	24
II.5.3. Statistiques Descriptives des données utilisées	25
II.6. Conclusion	27
<i>Chapitre III: Contrôle de la Qualité des Eaux Brute</i>	
III.1. Introduction	29
III.2. La présentation de la Régression Linéaire Multiple (RLM)	29
III.3. La Régression Linéaire avec Microsoft Excel	29
<i>Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée</i>	
III.4. Résultats de la modélisation de la turbidité	31
III.4.1. Critères de validation des modèles	31
III.4.2. Contrôle de la turbidité des eaux brutes par les modèles MLR.	32
III.5. Conclusion	34
IV.1. Introduction	36
IV.2. Contrôle de la turbidité des eaux traitée par les modèles MLR.	36

IV.3. Conclusion	36
Conclusion Générale	40
Résumé	
Référence bibliographique	

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre II : Présentation de la Station de Traitement des Eaux Béni Zid et Description de la Base de Données.

Tableau II.1: Caractéristiques du barrage Béni Zid.....	14
Tableau II.2 : Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau brute....	25
Tableau II.3 : Statistique description des variables caractéristiques de l'eau traitée.....	26
Tableau II.4 : Matrice de corrélation l'eau brute et l'eau traité	26

Chapitre III : Contrôle de la Qualité des Eaux Brute.

Tableau III.1 : Résultats de de la modélisation de la turbidité des eaux brutes.....	32
--	----

Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée.

Tableau IV.1 : Résultats de de la modélisation de la turbidité des eaux traitée.....	36
--	----

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Généralités sur les Traitements des Eaux.

Figure I.1: Chaîne élémentaire de production d'eau potable.....	04
Figure I.2. Clarification.....	06
Figure I.3. Essai « Jar-Test ».....	08
Figure I.4. Coagulation-Floculation.....	08
Figure I.5. Bassin de décantation.....	09
Figure I.6. Filtre à sable ouvert avec une régulation du niveau d'eau.....	10
Figure I.7. Filtre à charbon -affinage.....	11

Chapitre II : Présentation de la Station de Traitement des Eaux

Béni Zid et Description de la Base de Données.

Figure II.1. Situation géographique de la commune de Béni Zid.....	13
Figure II.2. Situation géographique du barrage de Beni Zid.....	14
Figure II.3. Vue aérienne de la station de traitement Béni Zid.....	15
Figure II.4. Schéma synoptique de la chaîne de traitement au niveau de la station de Traitement Béni Zid.....	16
Figure II.5. Schéma général de traitement de l'eau dans la station Béni Zid.....	19
Figure II.6. Conductimètre.....	19
Figure II.7. L'appareil des essais Jar test au niveau de la station Béni Zid.....	19
Figure II.8. Comparateur.....	20
Figure II.9. Agitateur magnétique.....	20
Figure II.10. Turbidimètre.....	20
Figure II.11. Volumétrie.....	21
Figure.II.12. La rampe de filtration.....	21
Figure.II.13. Incubateur.....	21
Figure.II.14. Des tubes mesurer et détecter la bactérie Escherichia coli.....	24
Figure II.15. Évolution journalière des différentes variables caractéristiques de l'eau Traité et l'eau brute au niveau de la station de traitement Beni Zid.....	27

Chapitre III : Contrôle de la Qualité des Eaux Brute.

Figure III.1. Statistique descriptive des données.....29

Figure III.2. Calcul de la matrice de corrélation.....30

Figure III.3. Détermination des paramètres de la régression linéaire multiple (RLM)....30

Figure III.4. Détermination des valeurs calculées et calcul des critères de validation....31

Figure III.5. Courbes de variations des valeurs de la turbidité (TU) observées et calculées
Par le modèle RLM.....33

Figure III.6. Scatterplots des valeurs mesurées et calculées de la turbidité par le modèle
MLR.....34

Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée.

Figure IV.1. Courbes de variations des valeurs de la turbidité (TU) observées et calculées
De l'eau traitée par le modèle RLM.....38

Figure IV.2. Scatterplots des valeurs mesurées et calculées par la RLM de la
Turbidité..... 39

Introduction Générale

L'eau est une ressource renouvelable, elle suit un cycle : l'évaporation par l'énergie solaire, les précipitations et l'écoulement en surface et souterrain constituant les étapes du cycle. La problématique de l'eau est un problème de quantité et de qualité, c'est-à-dire de ressources et de pollutions. L'eau destinée à la consommation humaine doit être potable d'un goût agréable, exempte de germes pathogènes. Pour cela, elle doit être traitée et désinfectée. Le traitement des eaux est sans aucun doute d'une grande importance et permet l'approvisionnement de la population en eaux potables en quantité et qualité.

Le présent travail est dans le cadre de la préparation de mémoire de fin d'étude en Master II Aménagement Hydro-Agricole. Nous avons choisi de travailler sur la qualité des eaux et en particulier sur les traitements des eaux. Nous avons choisi la station de traitement des eaux Beni Zid qui traite les eaux en provenance du barrage Beni Zid comme lieu de stage. Notre travail s'est déroulé en deux étapes: (i) une première étape réaliser comme étant un stage pratique au niveau de la station de traitement ayant comme objectifs le suivi de la qualité et la prise de connaissance des différents ouvrages de la station, (ii) la deuxième étape est une étape de contrôle et de simulation de quelques paramètres de qualité en exploitant une base de données archivée au niveau de la station de traitement.

La présente mémoire est organisée en quatre chapitres, comme suit :

1. Le premier chapitre est consacré à la présentation de quelques généralités sur les traitements des eaux.
2. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la station de traitement des eaux Beni Zid, la présentation des différents appareils de mesure, ainsi que la présentation de la base de données utilisée.
3. Le troisième chapitre est consacré à la présentation des résultats de simulation de quelques paramètres de la qualité des eaux brutes. Nous avons simulé par les modèles à base de régression linéaire multiple (MLR) la turbidité en fonction de plusieurs autres variables à savoir la température de l'eau (TE), le pH, la conductivité électrique (SC), la dose de chlore (CL), ainsi que les matières dissoutes totales (TDS).
4. Le quatrième est consacré au contrôle de la qualité des eaux traitées. Le même travail de modélisation réalisé dans le chapitre 3 sauf qu'appliqué sur les eaux traitées.
5. Et enfin une conclusion générale.

Chapitre I: Généralités sur les Traitements des Eaux

I.1. Introduction

L'eau est l'élément essentiel à la vie. Elle représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants. Il est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe. Son volume est estimé à 1370 millions de kilomètres cubes, on évalue de 500 000 à 1 million de kilomètres cubes le volume d'eau douce réparti entre les fleuves, les lacs et les eaux souterraines, les glaces des calottes polaires représentent un volume de 25 millions de kilomètres cubes, également d'eau douce. Enfin, il y a 50 000 kilomètres cubes d'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur et de nuages. L'évaporation annuelle est estimée à 500 000 kilomètres cubes et les précipitations sur les continents à 120 000 kilomètres cubes par an. L'eau est aussi le vecteur privilégié de la vie et de l'activité humaine. A l'heure actuelle, l'utilisation globale de l'eau, en additionnant les usages domestiques, industriels et agricoles, représente le chiffre impressionnant de 250 m³ par an et par habitant.

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

Le principal objectif d'une station de production d'eau potable est de fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur. L'efficacité du traitement adopté dépendra de la façon dont sera conduite l'exploitation de l'usine de traitement. Pour atteindre l'objectif souhaité, l'exploitant devra d'une part respecter certains principes élémentaires pour assurer le contrôle du processus de traitement et le contrôle de l'eau traitée, et d'autre part disposer d'un certain nombre de moyens technique et humains (Harrat.,2007). Le schéma classique d'une station de potabilisation d'une eau de surface est généralement constitué des phases suivantes :

1. Prétraitement.
2. Préoxydation.
3. Clarification.
4. Oxydation-Désinfection.
5. Affinage.

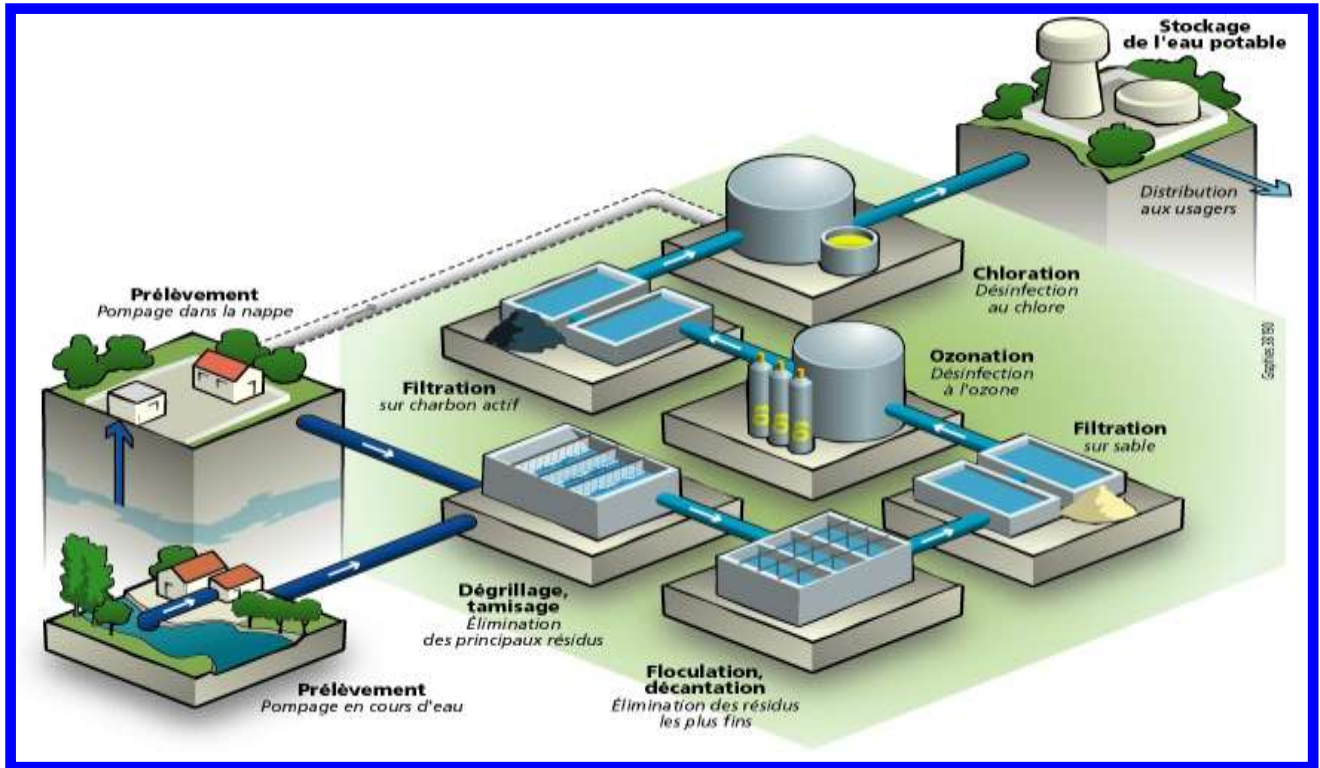


Figure I.1. Chaîne élémentaire de production d'eau potable

1.2.1. Prétraitement

La protection des conduites d'eau brute peut nécessiter un prétraitement par le chlore ou par l'un de ses composés (eau de javel, hypochlorite, dioxyde de chlore). Lorsqu'une eau riche en matière organique (MO) et en plancton doit être amenée à la station principale par une conduite de grande longueur, il est indispensable de prévoir au départ un traitement par un oxydant. Des bactéries ferrugineuses ou sulfato-réductrices peuvent attaquer le fer des conduites métalliques, on voit alors s'élever la teneur en fer de l'eau, surtout lors de périodes d'arrêt du traitement, une chloration permet de réduire ces inconvénients (Degrément.,2005).

1.2.2. Préoxydation

À l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension. Celles-ci n'ont en elles-mêmes rien de risqué. Il nous arrive souvent de consommer de l'eau en les contenant, On va les détruire dans la mesure du possible par une oxydation (Hernández, 2006).

I.2.2.1. Préoxydation par le chlore

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

- a) 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.
- b) Élimination de la plupart des algues et autres organismes (zooplancton, phytoplancton) susceptibles de se développer dans les décanteurs et les filtres.
- c) Diminution de la couleur (lorsqu'elle est due à des matières humiques).
- d) Élimination de l'ammonium et des Nitrites.
- e) Diminution éventuelle du taux de traitement en coagulant.
- f) Élimination partielle des mauvais goûts.
- g) Stabilisation de l'absorption de chlore en fonction du temps.
- h) Plus grande sûreté dans la désinfection de l'eau distribuée ([Heddam.,2012](#)).

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 ([Heddam.,2012](#)).

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 ([Heddam.,2012](#)).

I.2.2.4. Préoxydation par l’ozone

Utilisée avant filtration, cette technique peut être mise en œuvre pour l'élimination du fer ou du manganèse. Elle peut également être employée pour l'amélioration de la clarification (Heddam.,2012).

I.2.3. Clarification

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. On peut distinguer deux catégories de procédés (Mouchet,2008). Les traitements physiques et les traitements physico-chimiques (Heddam.,2012).

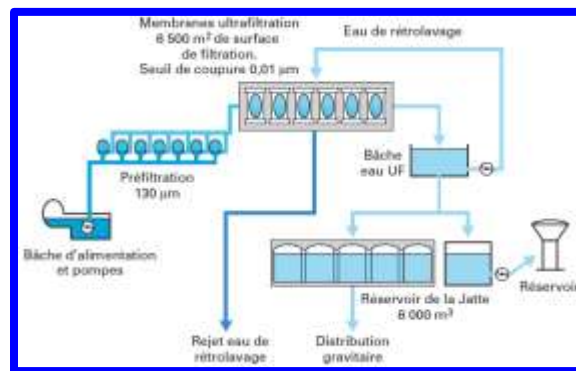


Figure I.2. Clarification

I.2.3.1. La Coagulation

Le mot coagulation vient du latin *Coagulare* qui signifie agglomérer (Masschele,1999). 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 et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes, la coagulation consiste à les déstabiliser, il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre, la floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantation et /ou filtration (Cardot,1999). La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant, afin de faciliter leur agglomération en flocons décantables ou

filtrables. Le coagulant peut être introduit dans un bassin de mélange rapide ou dans un mélangeur statique en ligne qui génèrent tous les deux une violente agitation au point d'injection (Cardot.,2010). Les colloïdes Sont les matières existantes dans l'eau, peuvent se présenter sous les trois états suivants :

- a) Etat de suspension qui regroupe les plus grosses particules
- b) Etat colloïdal
- c) Etat dissous des sels minéraux et des molécules organiques (Cardot.,1999).

L'origine des colloïdes est très diverse. On peut citer l'érosion des sols, la dissolution des substances minérales, la décomposition des matières organiques, le déversement des eaux résiduaires urbaines et industrielles ainsi que les déchets agricoles (Cardot.,1999). Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et produire des flocons sont : le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O$ et le chlorure ferrique ($FeCl_3, 6 H_2O$). La détermination du taux de coagulant est effectuée par analyse hors ligne au laboratoire tous les jours, à l'aide d'un essai expérimental appelé « Jar-test » (Figure I.3). Cet essai s'effectue à l'aide d'un appareillage comprenant cinq (ou plus) récipients d'un litre environ (Jars) soumis, simultanément, à une agitation de rotation identique. Cette agitation est d'abord rapide, de façon à disperser les réactifs testés au sein de l'eau étudiée, puis lente (40 à 20 tr/min), de façon à favoriser la coalescence des flocons formés. L'agitation terminée (15 à 20 min), on laisse les matières en suspension se déposer et l'on note le volume et l'aspect des flocons et des boues ainsi que la turbidité du liquide surnageant, en l'état et filtré sur papier. Il faut procéder à une température voisine de celle de l'eau qui sera traitée en station. Dans un premier essai, on recherche la dose optimale pour un coagulant donné (dosage échelonné croissant d'un récipient à l'autre), puis l'on compare l'efficacité de coagulants et adjuvants divers, tout en ajustant le pH optimal. La notion de pH optimal de coagulation floculation est particulièrement importante ; pour être dans la zone des précipités d'hydroxydes métalliques, des pH acides sont requis, entre 4.5 et 6.5 selon les coagulants. Le coagulant lui-même abaisse le pH proportionnellement à la dose introduite. Cela ne suffit pas toujours et il faut alors acidifier préalablement. Avec des eaux naturellement très acides, ce peut être le contraire, tout cela doit être compatible avec l'alcalinité suffisante pour permettre la décomposition du coagulant (Heddam.,2012).



Figure I.3. Essai « Jar-Test »

I.2.3.2. La floculation

Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. La floculation a justement pour but d'augmenter la probabilité de rencontre entre les particules grâce à l'agitation du fluide. La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de floccs par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un floculant. La floculation doit obligatoirement être réalisée avant l'étape de clarification et peut être aussi utilisée avant une filtration directe. Les floculants utilisés sont : les sels d' Al^{3+} et de Fe^{3+} , mais aussi les chlorures ferriques $FeCl_3$ et $FeClSO_4$, qui flocculent à un pH compris entre 4 et 11, les argiles (Bensaid.,2009).

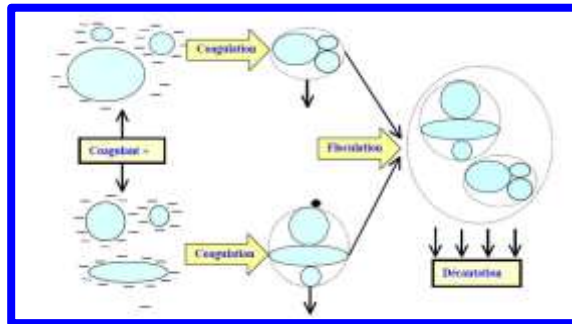


Figure I.4. Coagulation-Floculation

I.2.3.3. La Décantation-Flottation

La décantation est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des

particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement, l'eau clarifiée, située près de la surface est dirigée vers l'unité de filtration (Desjardins,1997). On distingue quatre types de décantation :

- Décantation de particules discrètes.
- Décantation de particules floculants.
- Décantation freinée.
- Décantation en compression de boue.



Figure I.5. Bassin de décantation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, des bulles d'air et des réactifs, plus léger que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 μm . La flottation est supérieure à la décantation dans le cas de clarification d'eaux de surface peu chargées en MES, riches en plancton ou en algues et produisant un floc léger décantant mal. Elle est préconisée dans le traitement des boues. Ce procédé est très souple d'emploi. Il permet un épaissement simultané des boues directement déshydrate les. L'efficacité de la flottation et de la décantation peut être évaluée par le pourcentage de boues retenues, la quantité de matières organiques éliminées et par la mesure de la turbidité (Hernández, 2006).

1.2.3.4. La Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent : il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente. La filtration habituellement précédée des traitements de

coagulation, de floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et indirectement de certains goûts et odeurs (Desjardins, 1997). Pour le traitement des eaux potables, on utilise principalement :

- a) Des filtres à sable rapides.
- b) Des filtres à sable Lents.
- c) Des filtres sous pression.
- d) Des filtres à terre diatomée (Heddam.,2012).



Figure I.6. Filtre à sable ouvert avec une régulation du niveau d'eau.

I.2.4. Oxydation-Désinfection

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies (Heddam.,2012). On procède physiquement par l'addition de réactifs tels que le chlore et ses dérivés, l'ozone, le brome et l'iode (Degrement.,1991). Le chlore est le plus fréquemment utilisé comme désinfectant (80 % dans le monde). La concentration en oxydant est pratiquement le seul paramètre sur lequel l'opérateur peut intervenir. Il faut retenir que l'efficacité de la désinfection dépend, en partie, du suivi de la concentration en oxydant. L'évolution de la concentration en oxydant est liée à la demande en oxydant de l'eau. Cette demande dépend de la qualité de l'eau, du pH, des températures (différentes entre été et hiver), des matières organiques, et de la concentration en ammoniacale de la désinfection (Hernández., 2006).

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 (cas des halométhanes) 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 est mis en œuvre soit en poudre au cours de la floculation et sera par la suite évacué avec la boue, soit sur lit sous forme de grains, habituellement utilisé après filtration sur sable (Degrement.,1991, Beaudry., 1984).



Figure I.7. Filtre à charbon -affinage

I.3. Conclusion

À travers ce premier chapitre nous avons présentés les principales étapes du traitement de l'eau brute les plus utilisés dans les stations de traitement. L'objectif de ce traitement en général est la suppression totale ou partielle de certains des corps présents dans l'eau brute, ce traitement peut être des procédés physiques, physico-chimique ou biologiques.

***Chapitre II : Présentation de la Station de Traitement
des Eaux Béni Zid et Description de la Base de Données***

II.1. Introduction

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, et constitue le patrimoine d'une nation. L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable, ce qui constitue une véritable menace pour la vie en général et pour l'homme en particulier. De ce fait, l'eau brute est transférée dans une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, où sont appliqués différents traitements, qui suivent tous le même principe, éliminant par étapes successives les éléments de la substance présente dans l'eau, jusqu'aux micro-organismes tels que virus et microbes, tout cela pour atteindre l'objectif de faire l'eau consommable sans risque. Dans ce chapitre nous décrivons la station de traitement de l'eau potable de Béni Zid et les différentes étapes par les quelles se produise.

II.2. La commune de Béni Zid

Béni Zid est une ville algérienne, située dans la daïra de Collo et la wilaya de Skikda. La ville compte 20697 habitants depuis le dernier recensement de la population. Entourée par Ain Kechra, Tamalous et Bin El Ouiden, Béni Zid est située à 5 km au sud-ouest de Bin El Ouiden. Située à 214 mètres d'altitude, la ville de Béni Zid a pour coordonner géographiques l'attitude: 36° 48' 29" nord, Longitude: 6° 30' 20", cette région est caractérisée par le climat méditerrané (hiver pluvieux et humide, été chaud et sec).



Figure II.1. Situation géographique de la commune de Béni Zid

II.3. Le barrage de Béni Zid

Le site du barrage Beni-Zid, sur l'Oued Beni-Zid, est situé à environ 20 km au Sud de la ville de Collo (Wilaya de Skikda). Le barrage réalisé dans la commune de Béni Zid d'une capacité initiale est de 40 Mm³, actuellement, il ne peut contenir qu'un volume de 39 Mm³. Il est destiné à alimentation en eau potable de COLLO, irrigation de la vallée des Oueds Beni-Zid, et Guebli.



Figure II.2. Situation géographique du barrage de Beni Zid.

II.3.1. Caractéristique du barrage Béni Zid

Les caractéristiques du barrage sont résumées dans le Tableau II.1.

Tableau II.1. Caractéristiques du barrage Béni Zid

Caractéristiques	Barrage Béni Zid
Superficie	58.5 km ²
Altitude maximale	1287 m NGA
Altitude minimale	28.5 m NGA
Altitude moyenne	354 m NGA
Pluviométrie moyen/annuelle	1350 mm
Apport moyen annuel	28.5mm ³
Crue g 10	200m ³ /s
Crue g 100	470m ³ /s
Crue g 1000	890m ³ /s
Altitude de retenue normale	66.00 m
Altitude des plus hautes eaux	71.60 m
Aire de la retenue au niveau normal	286.3 ha
Aire de la retenue au niveau exceptionnel	360.3 ha
Capacité totale de la retenue	40.0 millions m ³
Réserve d'envasement	4.0 millions m ³
Volume régularisé	19.9 millions m ³

II.4. La station de traitement des eaux Béni Zid

La station de traitement des eaux Béni Zid se situe à l'Est de la commune de Béni Zid au sud de la ville de Collo à une distance de 12 km, s'étend sur une superficie de deux hectares. La station traite les eaux brutes de surface en provenance du barrage Béni Zid et le transfert de l'eau traitée se fait par l'intermédiaire des conduites en acier. Cette station a été réalisée par deux sociétés algériennes: hydro ménagement et hydro traitement. Les travaux de la station ont débutés le 17 octobre 2003. Sa capacité de traitement est de 300 litres par seconde. Le captage de l'eau brute est gravitairement sans pompage. Le débit entrant dans la station est 815 m³/h, et le débit de l'eau traité sortant est 600 m³/h. L'eau traitée est stocké dans le réservoir de stockage (1500m³) et distribuée par le château d'eau, le contrôle de la qualité de l'eau se fait 24/24h.



Figure II.3. Vue aérienne de la station de traitement Béni Zid.

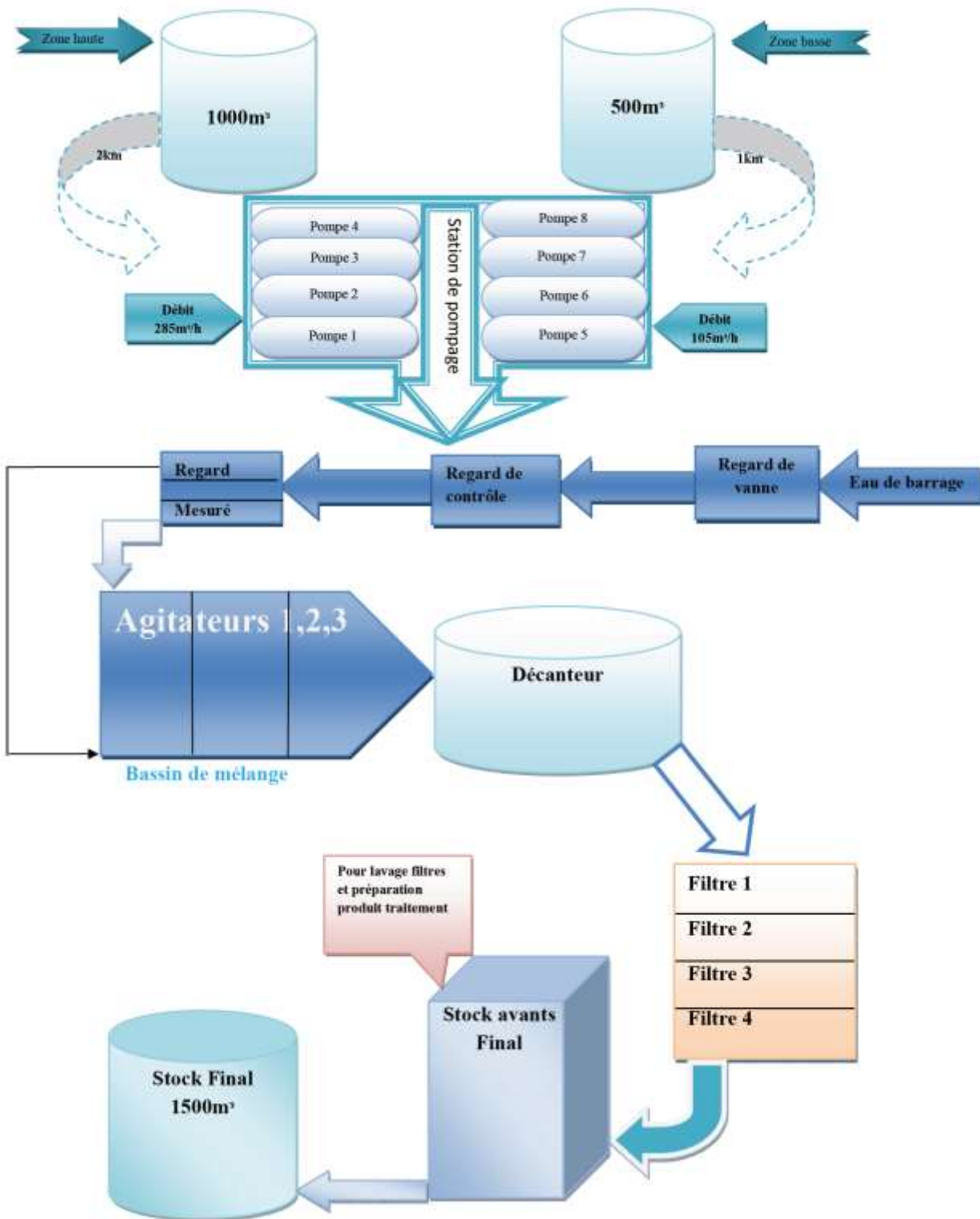
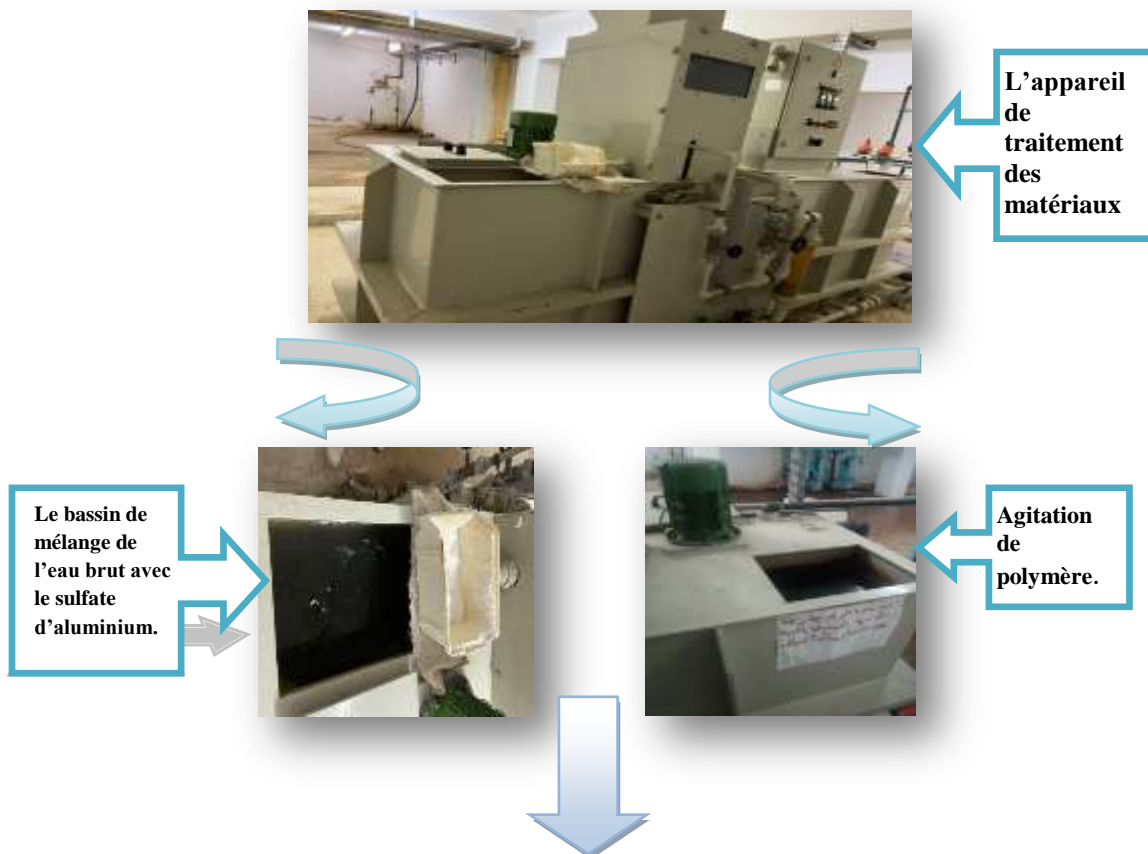


Figure II.4. Schéma synoptique de la chaîne de traitement au niveau de la station de traitement Beni Zid.

II.4.1. La chaîne de traitement au niveau de la station Béni Zid

1. **Préchloration** : nous ajoutons des doses dans l'eau brute de : hypochlorite de sodium, eau de javel, comme des agents désinfectants pour l'élimination des matières organiques.
2. **Coagulation et floculation** : elle a pour but de ressembler en un précipité volumineux et lourd des matières colloïdales très fines. Le sulfate poly électrolyte et le polymère sont les coagulants les plus utilisées.
3. **Décantation** : permettre le dépôt des particules en suspension dans l'eau, soit que les particules existent dans l'eau brute, soit qu'elles résultent de l'action d'un réactif chimique ajouté artificiellement, la coagulation et la décantation se font dans un décanteur.
4. **Filtration** : pour retenir les particules existant dans l'eau brute, soit qu'elles aient été formés par une coagulation préalable, c'est en fixant par absorption les matières solides en suspension dans l'eau que les filtres exercent leur action essentielle.
5. **Stérilisation** : pour l'élimination des microbes dangereux pour l'organisme humain, le chlore et l'eau de javel sont les réactifs les plus utilisés pour assurer la stérilisation de l'eau.





Coagulation
et
floculation.



Décantation.



Bassins de
filtration



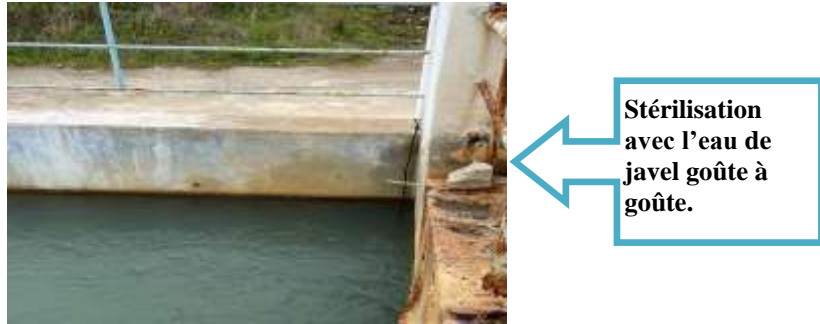


Figure II.5. Schéma général de traitement de l'eau dans la station Béni Zid.

II.4.2. Évaluation de la qualité des eaux au niveau de la station Béni Zid

II.4.2.1. Conductimètre

Appareil multi fonction pour mesurer le pH, la conductivité électrique, la température, et les TDS.



Figure II.6. Conductimètre

II.4.2.2. Les Essais Jar-Test

Pour la détermination de la dose de coagulant utiliser en phase de coagulation floculation.

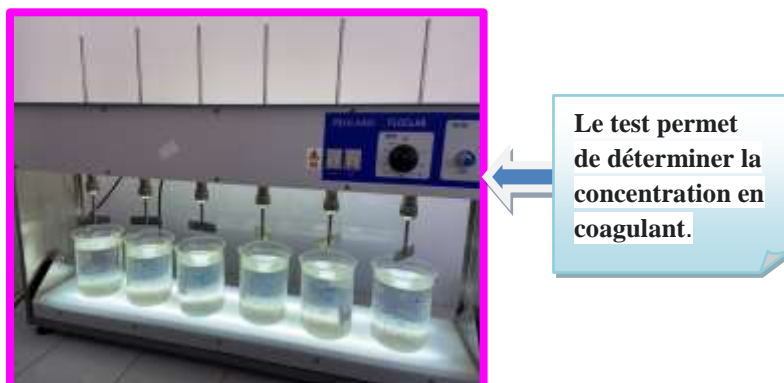


Figure II.7. L'appareil des essais Jar test au niveau de la station Béni Zid.

II.4.2.3. Comparateur

Pour mesurer le taux de chlore.



Test de chlore avec une capsule de DPD.

Figure II.8. Comparateur

II.4.2.4. Agitateur Magnétique



Permet d'assurer automatiquement l'agitation de la dissolution de polymère.

Figure II.9. Agitateur magnétique.

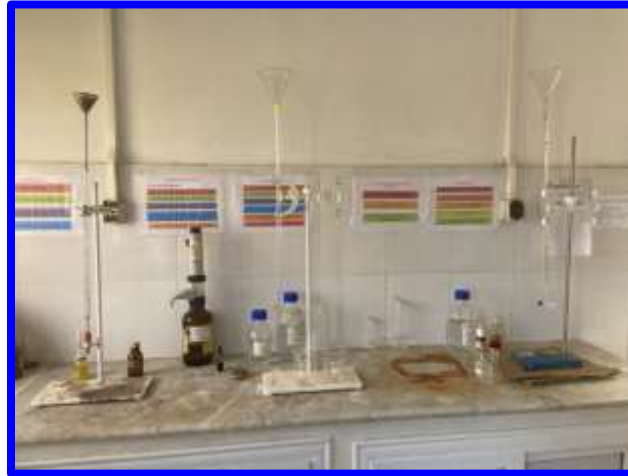
II.4.2.5. Turbidimètre

Pour mesurer la turbidité:



Figure II.10. Turbidimètre.

II.4.2.6. Volumétrie



Mesurer :
TA, TAC,
THT, et
Ca⁺²

Figure II.11. Volumétrie.

II.4.2.7. Rampe de filtration



Figure.II.12. La rampe de filtration.

II.4.2.8. Incubateur



Figure.II.13. Incubateur.

II.4.3. Partie Expérimental

La première tranche réaliser au niveau de la station du barrage Béni Zid.

II.4.3.1. Traitement de l'eau

L'eau entre dans le barrage pour être traité par polymère et sulfate d'ammonium. L'eau traitée s'écoule dans deux canaux souterrains différents. Elle a été réalisée vers le bassin dans lequel se déroule l'opération la coagulation et floculation avec une distillation de l'eau javel dans le bassin goutte à goutte. La saleté est déposée au bas du bassin et l'eau pure au-dessus du bassin. En fin; le procéder de floculation à travers le sable de taille moyenne, sachant qu'il y a quatre raffineries. Ensuite, l'eau traité va au réservoir principal pour que l'endroit soit à nouveau traité avec l'eau javel.

II.4.3.2. Test de chlore

Nous prenons un échantillon de l'eau traitée, on le met dans des tubes, ainsi on ajoute un grain de DPD et on l'ajoute dans un comparateur. Nous mesurons le pourcentage de chlore à condition que son pourcentage dans l'eau est 0.5, puis vers le consommateur autour de (0.2 ; 0.3).

II.4.3.3. Le Jar-Test

On pèse 10g de sulfate d'aluminium, en l'injecte dans un 1L d'eau distillée puis on met dans le mélangeur pour faire fondre. On pèse 1g de polymère et on le met dans un 1L d'agitateur. Remplir 6 bécher par une litre d'eau brute, on mélange à force de 190 tour pendant 3 min après on mélange 40 tour pendant 17 min. Puis on laisse le une demi-heure pour être déposer et on mesure la turbidité et le PH.

La deuxième tranche des analyses physico-chimique réaliser au niveau du laboratoire de Zeramna. Nous avons réalisé les expériences suivantes:

Déterminée la quantité de: THT, TA, TAC, Ca^{+2} , par l'utilisation des produits suivante:

Phénol phtaléine.

Na OH.

EDATA.

Acide sulfurique.

Solution tampon.

Chromate de potassium.

II.4.3.4. Titrage Alcalimétrique simple (TA)

On met dans un bécher 50 ml de l'eau brute et on ajoute 03 gouttes de phénolphtaléine (C₂₀H₁₄O₄). La couleur reste transparente

II.4.3.5. Titrage Alcalimétrique complet (TAC)

On met dans un bécher 50ml de l'eau brute, ajoute sur la solution précédente 02 gouttes de méthylorange (C₁₄H₁₄N₃NaO₃S), puis titré avec d'acide sulfurique H₂SO₄ jusqu'à virage du couleur orange brique.

II.4.3.6. Calcium (Ca⁺²)

On met dans un bécher 50 ml l'eau brute prise à essai, en ajoute 2 ml de solution hydroxyde de sodium(NaOH), et une petite quantité de Murexide (HSN) indicateur, titré avec l'EDTA Na₂ (C₁₀H₁₄N₂O₈Na₂)

II.4.3.7. Les chlorures (Cl⁻)

On met dans un bécher 50ml de l'eau brute pris à essai, en ajoute deux gouttes de chromate de potassium (K₂CrO₄), titré avec nitrate d'argent (AgNo₃).

II.4.3.8. La dureté totale (THT)

On met dans un bécher 50ml l'eau brute prise essai, en ajoute 4ml de solution tampon K10 (PH de K10=10), puis en ajoute 03 goutte de mordant noir 11(indicateur net), titré avec l'EDTA Na₂(C₁₀H₁₄N₂O₈Na₂).

II.4.3.9. Détecter les bactéries

Après le refroidissement de la stérilisation, mettre papier filtre dans la rompe de filtration. On met 100ml l'eau brute dans une rampe. Après avoir appliqué gélose tergitol dans une boite de pétrée, nous mettons le papier de filtre. Attendez 24 heures dans un incubateur à la température 37°.

Nous prenons une burette et la stérilisation et prendre l'échantillon dans la boîte de pétrée. On le met dans 03 tubes qui contiennent du tryptophane. Attendez 24 heures dans un incubateur à la température 44°. Nous avons trouvé des taches rouges dans les tubes, indication de la présence de la bactérie Escherichia coli.

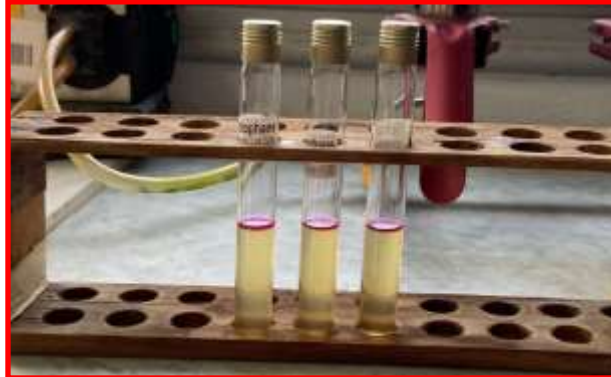


Figure.II.14. Des tubes mesurer et détecter la bactérie Escherichia coli.

II.5. Contrôle de la qualité des eaux à longue termes

II.5.1. Introduction

Au niveau du laboratoire de la station Béni Zid, il y a un seul opérateur qui effectué toutes les analyses de traitement de l'eau qui vient du barrage de Béni Zid. L'opérateur corrige les paramètres suivants : le PH, la conductivité électrique (CE), la temperature (TE), la turbidité (TU), et les TDS (total dissolved solide), par l'utilisation de sulfate d'aluminium et le chlore, et n'effectué pas les analyses microbiologiques qui permettent de mettre en évidence et de quantifier les germes et les virus. Cela montre que la station distribue des eaux contaminées, car elles contiennent des bactéries et des virus qui provoquent des maladies et qui menacent la vie des consommateurs.

II.5.2. Base de donnés collecter

Nous avons procédé à la collecte et l'exploitation d'une base de données qui s'étale sur une période de 8 ans de 2015 à 2022; après élimination des valeurs manquante nous avons finalement retenu uniquement 1452 jours (eaux traiter) et 1510 jours (eaux brute). La base de données est scindée en deux parties: 70% pour la partie calage (apprentissage) représentant au total 1016 jours pour les eaux traiter et 1057 jours pour les eaux brute, cette dernière doit être

suffisamment représentative. En plus, 30 % pour la partie validation afin de juger la qualité prédictive du modèle, elle représente au total 436 jours (eaux traiter), 453 jours (eaux brute). Il est à signaler que la répartition de la base de données se fait d'une façon aléatoire. La base de donnée au niveau de la station de traitement Béni Zid se compose des variables suivantes: la température (TE); le potentiel d'hydrogène (pH); la turbidité (TU); les matières dissoutes totales (TDS); la concentration en chlore (Cl) et la conductivité électrique (SC).

II.5.3. Statistiques Descriptives des données utilisées

Dans le présent travail, nous avons calculé les paramètres statistiques pour les différentes variables climatiques à pas de temps journalier de l'eau brute (Tableau II.2) et l'eau traité (Tableau II.3).

- ✓ 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 les variables
- ✓ Le coefficient de variation (C_v) est le rapport de l'écart-type à la moyenne. Plus la valeur de coefficient de variation est élevée plus la dispersion autour de la moyenne est grande.

Tableau II.2. Statistiques descriptives des variables caractéristiques de l'eau Brute.

Variabes	Subset	Unit	X_{mean}	X_{max}	X_{min}	S_x	C_v	R_1
Eaux Brute								
TE	Training	C°	19.709	31.000	9.000	5.754	0.291	-0.579
	Validation	C°	18.884	31.000	9.700	5.909	0.312	-0.601
	All data	C°	19.454	31.000	9.00	5.813	0.298	-0.583
pH	Training	/	8.036	9.700	3.300	0.310	0.038	-0.354
	Validation	/	8.127	78.000	7.000	3.303	0.406	0.013
	All data	/	8.063	78.000	3.300	1.826	0.226	-0.036
SC	Training	µs/cm	251.180	300.000	134.000	23.617	0.094	-0.948
	Validation	µS/cm	240.002	300.000	130.000	40.276	0.167	-0.199
	All data	µS/cm	247.842	300.000	130.000	30.031	0.121	-0.130
TU	Training	NTU	9.199	50.000	0.300	8.127	0.883	1.000
	Validation	NTU	9.331	41.000	1.200	7.499	0.803	1.000
	All data	NTU	9.251	50.000	0.300	7.941	0.858	1.000

Tableau II.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
Eaux Traitée								
TE	Training	C°	19.687	31.000	5.000	5.888	0.299	-0.352
	Validation	C°	19.819	78.000	9.000	6.459	0.325	-0.341
	All data	C°	19.712	31.000	9.000	5.842	0.296	-0.348
pH	Training	/	7.952	8.900	4.600	0.261	0.032	-0.260
	Validation	/	7.957	8.800	7.300	0.230	0.028	-0.268
	All data	/	7.953	8.900	4.600	0.252	0.031	-0.263
TDS	Training	Mg/L	132.477	280.000	12.000	32.607	0.246	0.136
	Validation	Mg/L	132.000	281.000	90.000	32.976	0.249	0.092
	All data	Mg/L	132.602	281.000	12.000	32.688	0.246	0.116
CL	Training	Mg/L	0.590	1.200	0.300	0.104	0.176	-0.011
	Validation	Mg/L	0.581	0.900	0.400	0.101	0.173	0.006
	All data	Mg/L	0.587	1.200	0.300	0.103	0.175	-0.008
TU	Training	NTU	2.675	7.700	0.400	1.266	0.473	1.000
	Validation	NTU	2.533	9.500	0.600	1.215	0.479	1.000
	All data	NTU	2.643	13.300	0.400	1.283	0.485	1.000

TE= la température(C°).

PH= potentiel d'hydrogène.

TU= la turbidité(NTU).

SC= conductivité électrique (µs/cm).

CL= dose de chlore (mg/).

TDS= les matières solides totale (mg/l).

Tableau.II.4. Matrice de corrélation de l'eau brute et l'eau traité.

	TE	PH	SC	TU	TE	PH	TDS	CL	TU
TE	1.000								
PH	0.041	1.000							
SC	0.197	0.045	1.000						
TU	-0.583	-0.036	-0.130	1.000					
TE					1.000				
PH					0.445	1.000			
TDS					-0.277	-0.155	1.000		
CL					-0.084	0.005	-0.036	1.000	
TU					-0.348	-0.263	0.116	-0.008	1.000

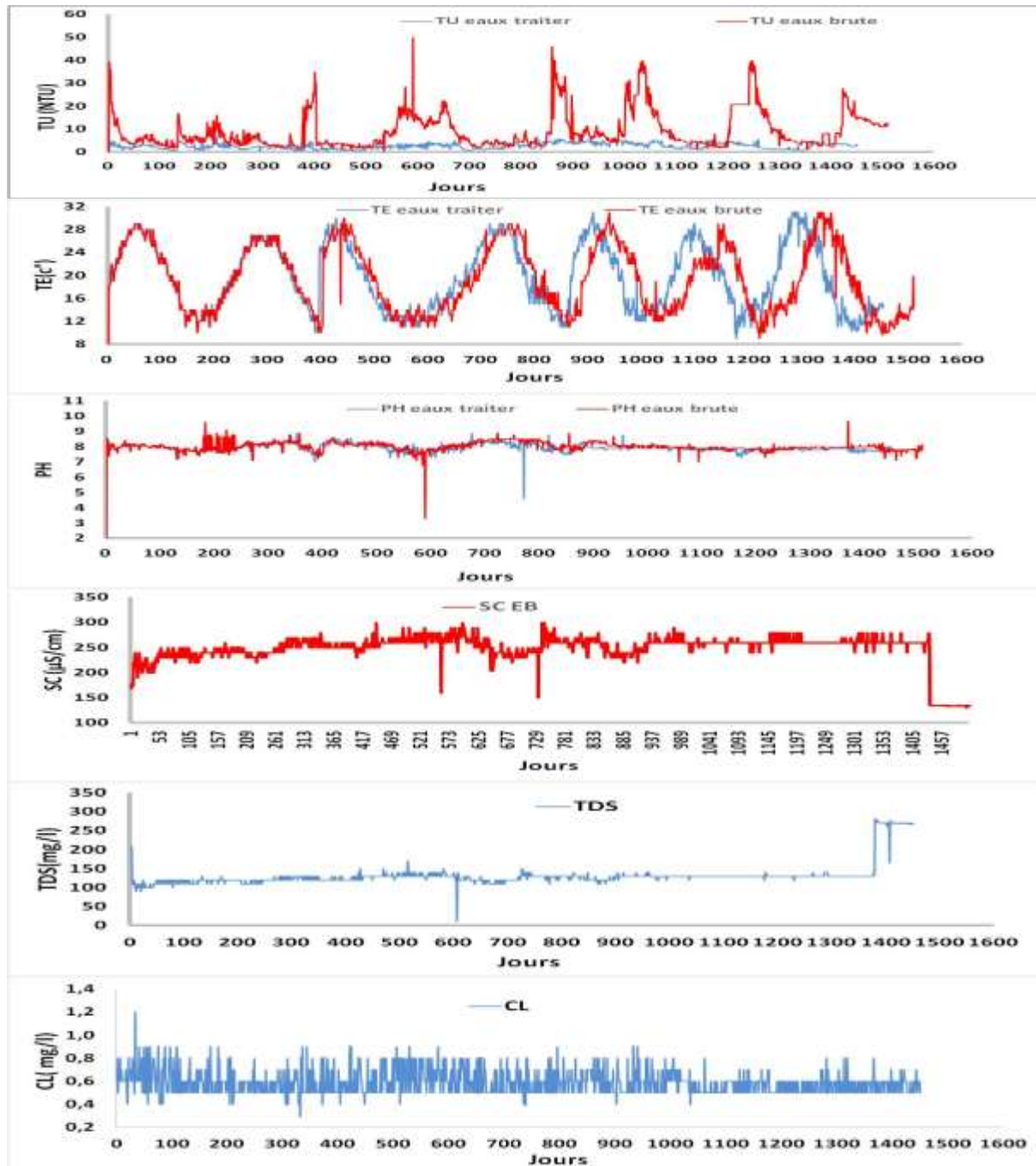


Figure II.15. Évolution journalière des différentes variables caractéristiques de l'eau traitée et l'eau brute au niveau de la station de traitement Béni Zid.

II.6. Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons essayé de décrire les principaux ouvrages de la station de traitement de Béni Zid citons les divers procédés dans lesquels ils se produisent. Les prélèvements des échantillons se font à l'intérieur du laboratoire d'analyse, les paramètres de qualité recherchés au niveau de laboratoire se limitent à la : TU, PH, TE, SC, TDS, CL.

Chapitre III : Contrôle de la Qualité des Eaux Brute

III.1. Introduction

Dans le présent chapitre nous présentons les résultats de la modélisation à base de régression linéaire multiple (MLR) appliqué sur les eaux brute et traitée de la station de traitement des eaux Béni Zid. Nous avons sélectionné une seule variable à modéliser, qui est la turbidité (TUR) qui représente la variable à expliquer, qui sera modélisée en fonction des autres variables mesurer.

III.2. La présentation de la Régression Linéaire Multiple (RLM)

La régression linéaire (ou les modèles linéaires) est un outil statistique très utilisé pour étudier la présence d'une relation entre une variable dépendante Y (quantitative et continue) et une ou plusieurs variables indépendantes X_1, X_2, \dots, X_p (qualitatives et/ou quantitatives). Elle passe par les étapes suivantes:

1. Choisir quelles variables indépendantes inclure dans le modèle, basé sur le sens commun et les connaissances spécifiques de contexte.
2. Calage du modèle: détermination des paramètres du modèle (Apprentissage).
3. Validation du modèle: application du modèle sur de nouvelles données.

III.3. La Régression Linéaire avec Microsoft Excel

Pour le développement des modèles à base de régression linéaire multiple (MLR) nous avons utilisé le tableur Excel. Le modèle MLR est développé en plusieurs étapes comme présenté ci-dessous:



Figure III.1. Statistique descriptive des données.

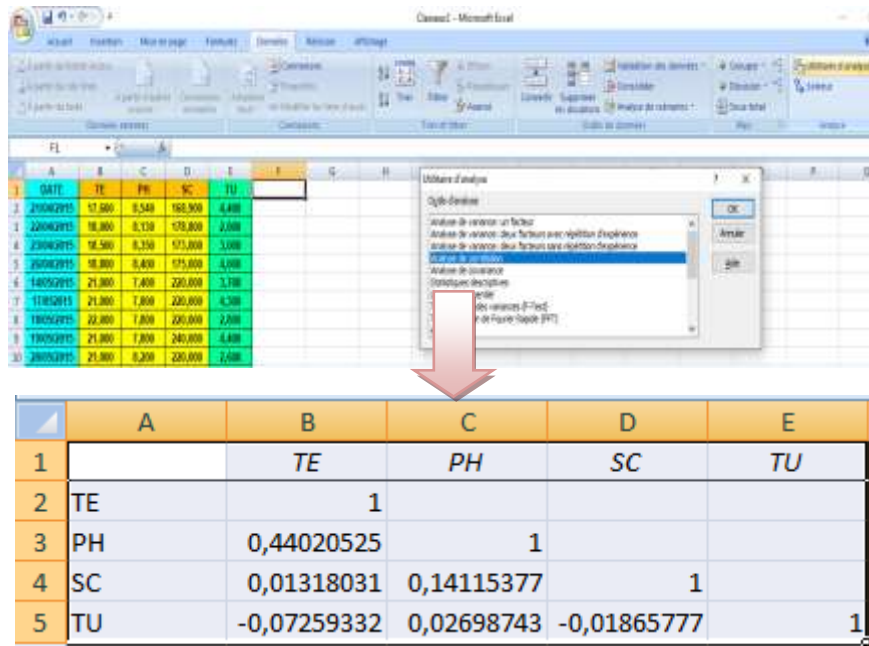
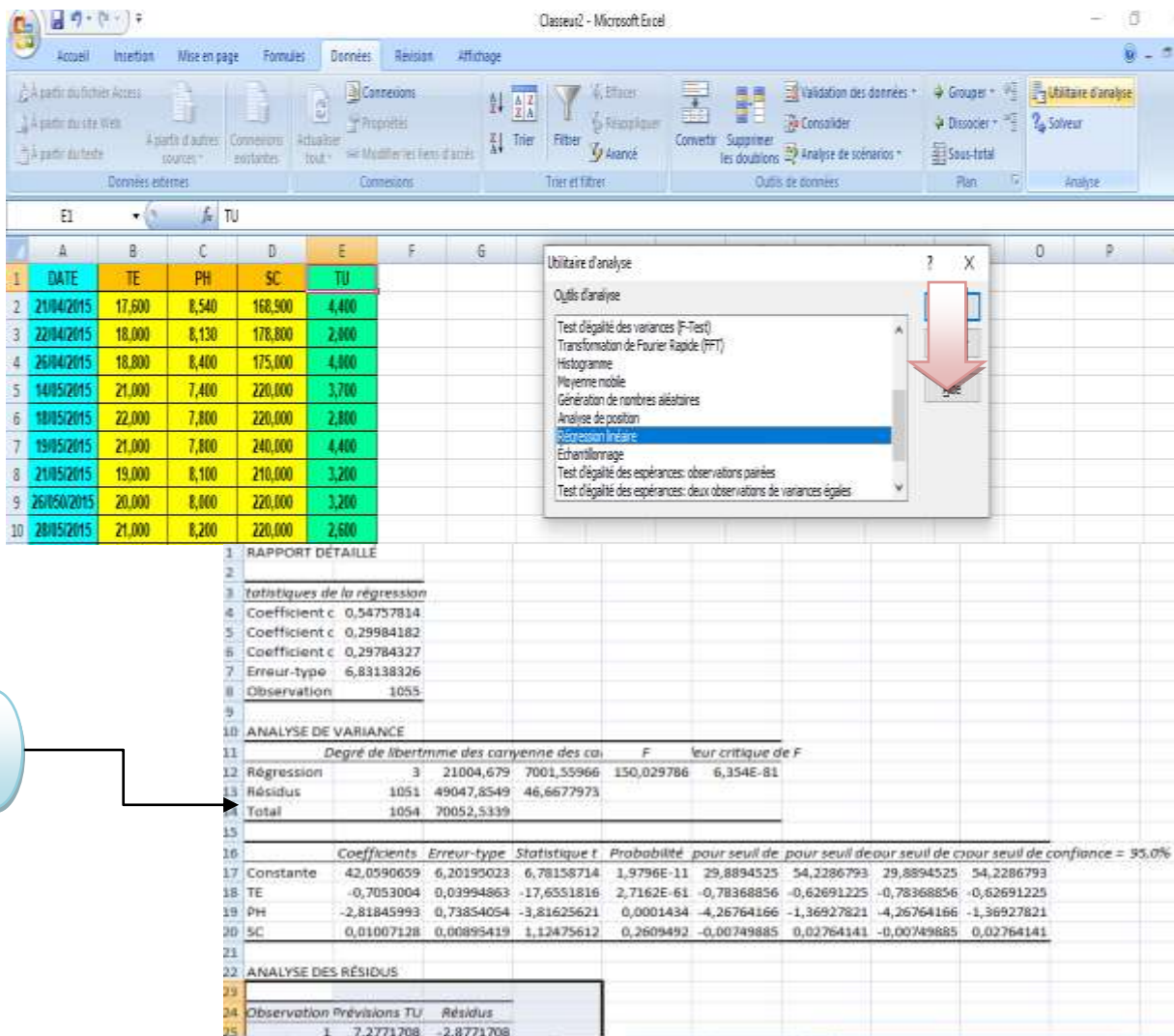


Figure III.2. Calcul de la matrice de corrélation.



Les paramètres de la régression linéaire .

Figure III.3. Détermination des paramètres de la régression linéaire multiple (RLM)

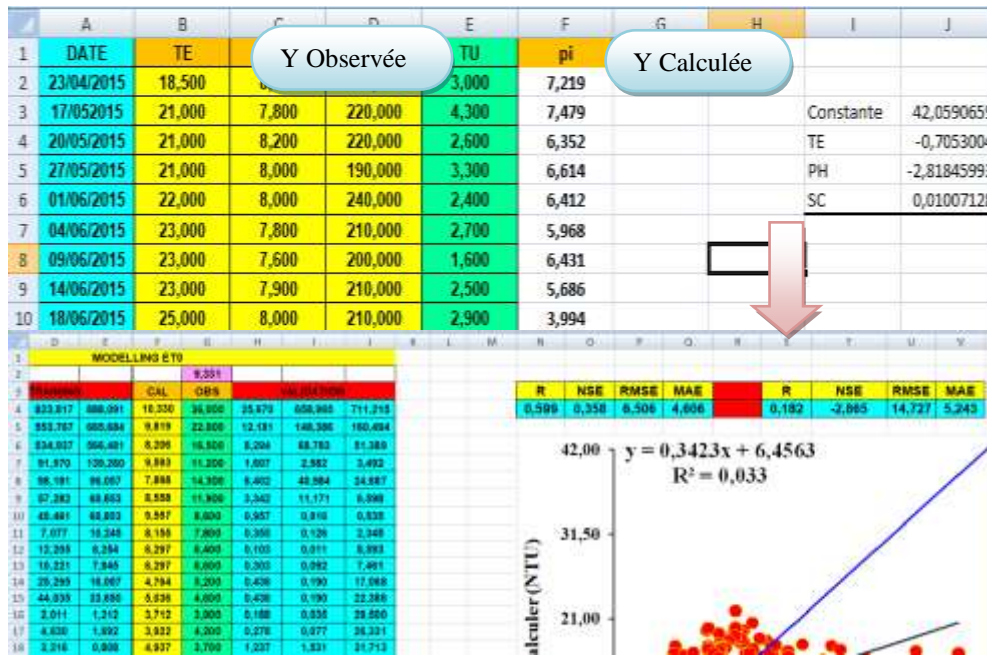


Figure III.4. Détermination des valeurs calculées et calcul des critères de validation.

III.4. Résultats de la modélisation de la turbidité

III.4.1. Critères de 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 mesurée de la turbidité et P_i : valeur calculée par le modèle. O_m : moyenne des valeurs mesurées.

III.4.2. Contrôle de la turbidité des eaux brutes par les modèles MLR.

A total nous avons tester sept différents models ayant différent variables d'entrée comme présenter dans le **Tableau III.1**. Étant donné qu'il s'agit uniquement de trois variables caractérisant les eaux brutes à savoir la température (TE), le pH, et la conductivité électrique (SC), nous disposons de trois type de modèles: modèle à trois entrées, à deux entrées et à une seule entrée. D'après les résultats reportés dans le **Tableau III.1**, il n'existe aucune corrélation entre les variables calculées et mesurées et de très faibles performances sont obtenus avec les sept modèles. En utilisant trois variables, i.e., modèle MLR1 (TE, pH, SC), nous obtenons des coefficients R et NSE de l'ordre de 0.599 et 0.358 en phase d'apprentissage, et des valeurs des coefficients RMSE et MAE de l'ordre de 6.506 et 4.606. En utilisant uniquement deux variables d'entrées, nous avons trois cas: modèles MLR2, MLR3 et MLR4, pour lesquelles de très faibles performances sont obtenus et les valeurs de R et NSE se sont dégradés pour attendre de très faibles valeurs de l'ordre de 0.369 et 0.136, alors que les valeurs des RMSE et MAE ont grimpés pour atteindre les valeurs de 7.549 et 5.422, respectivement. En utilisant uniquement une seule variable, on remarque que la température est relativement meilleure par rapport au pH, et la conductivité électrique (modèle ML5) avec des R et NSE de l'ordre de 0.580 et 0.336, respectivement.

Tableau III.1. Résultats de de la modélisation de la turbidité des eaux brutes.

Modèles	Variables	Apprentissage				Validation			
		R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	TE, PH, SC	0.599	0.358	6.506	4.606	0.182	0.286	14.727	5.243
MLR2	TE,PH	0.596	0.355	6.522	4.601	0.179	0.282	14.373	5.046
MLR3	TE,SC	0.582	0.339	6.607	4.716	0.180	0.276	14.363	5.040
MLR4	PH,SC	0.369	0.136	7.549	5.422	0.004	0.147	31.910	6.708
MLR5	TE	0.580	0.336	6.618	4.707	0.601	0.354	6.019	4.388
MLR6	PH	0.355	0.126	7.595	5.481	0.013	0.077	31.672	6.647
MLR7	SC	0.095	0.009	8.087	6.043	0.199	0.038	7.346	5.435

En phase de validation, les mêmes remarques sont à signalés là où de très faibles performances sont obtenus. Les valeurs des RMSE et MAE ont grimpés pour atteindre des valeurs de l'ordre de 31.910 et 6.708 avec le modèle MLR4. Cependant on peut signaler que le modèle MLR5 était meilleure avec des R et NSE de l'ordre de 0.601 et 0.354, respectivement. Les courbes Scatterplots et les courbes de comparaisons entre les valeurs mesurer et calculés sont reportés dans les deux figures III.5 et III.6, respectivement.

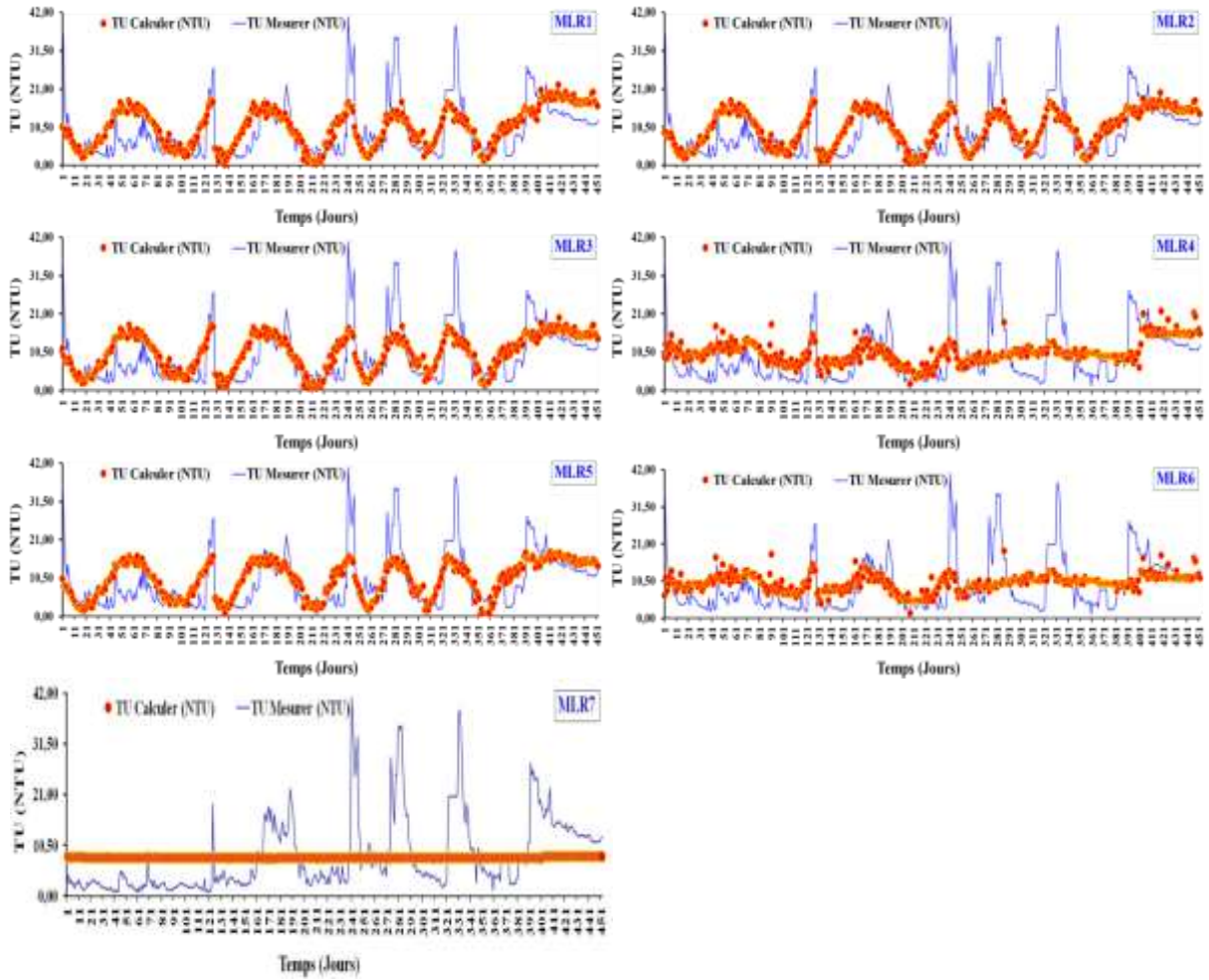


Figure III.5. Courbes de variations des valeurs de la turbidité (TU) observées et calculées par le modèle RLM

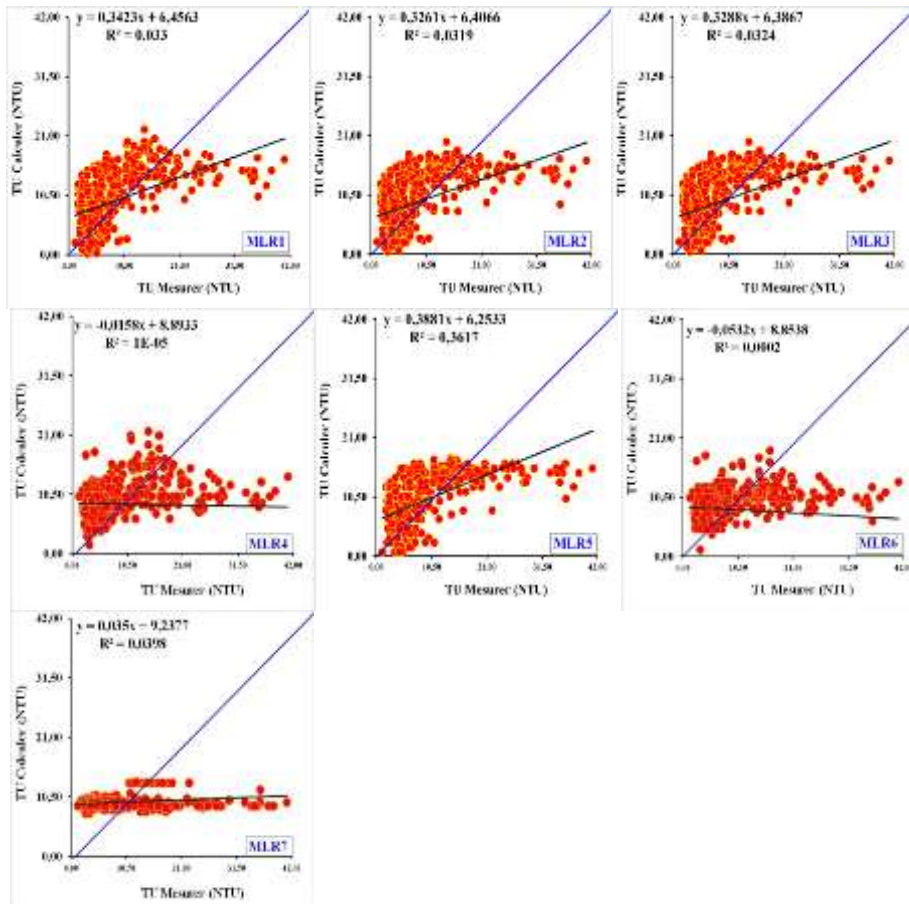


Figure III.6. Scatterplots des valeurs mesurées et calculées de la turbidité par le modèle MLR.

III.5. Conclusion

Le présent chapitre a fait l'objet d'une analyse statistique à base de régression linéaire multiple appliquée pour modéliser la turbidité des eaux brutes en fonction de trois autres variables : le pH, la TE et la SC. Nous avons de très faibles performances et on constate qu'il est très difficile de contrôler la turbidité des eaux brutes en l'absence de mesures directes sur site. Malgré que nous ayons testé 7 modèles aucun d'entre eux n'a abouti à une amélioration. Certainement la qualité des données influence sérieusement les performances des modèles, avec l'ajout d'autres variables et sur une longue période de mesure on peut atteindre de meilleure performance.

Chapitre IV : Contrôle de la Qualité des Eaux Traitée

IV.1. Introduction

Dans le présent chapitre nous présentons les résultats de la modélisation à base de régression linéaire multiple (MLR) appliquée sur les eaux traitées de la station de traitement des eaux Béni Zid. Comme pour les eaux brutes nous avons sélectionné une seule variable à modéliser, qui est la turbidité (TU) qui représente la variable à expliquer, qui sera modélisée en fonction de la température (TE), le pH, les TDS et la dose de chlore. On peut facilement remarquer que les variables mesurées pour les eaux traitées ne sont pas les mêmes que pour les eaux brutes.

IV.2. Contrôle de la turbidité des eaux traitées par les modèles MLR.

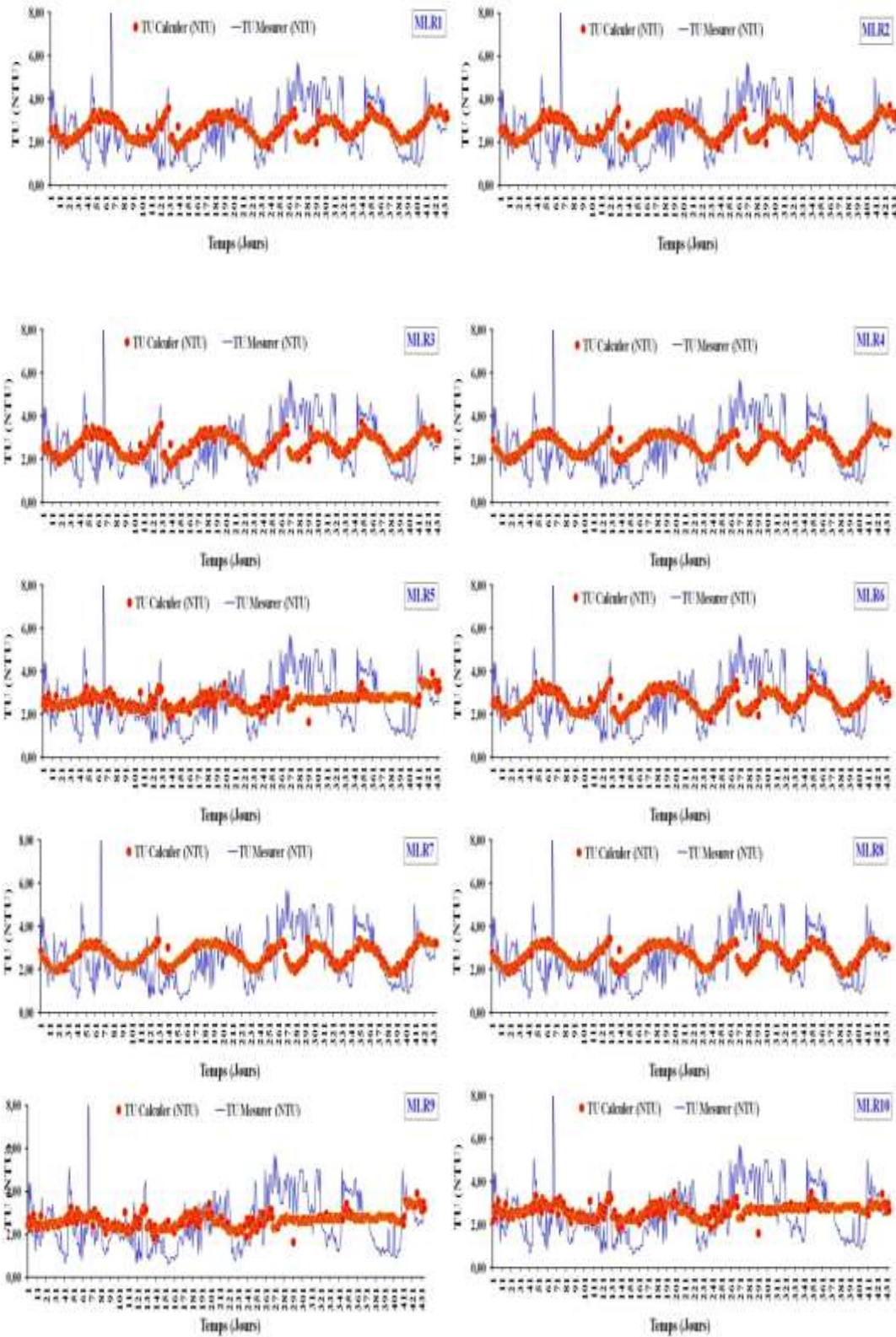
A total nous avons testé onze différents modèles ayant différentes variables d'entrée comme présenté dans le [Tableau IV.1](#).

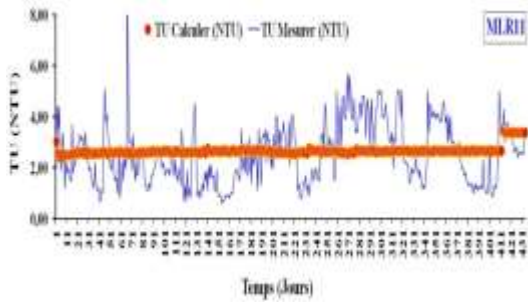
Tableau IV.1. Résultats de la modélisation de la turbidité des eaux traitées.

Modèles	Variables	Apprentissage				Validation			
		R	NSE	RMSE	MAE	R	NSE	RMSE	MAE
MLR1	TE, pH, TDS, CL	0.375	0.141	1.173	0.945	0.365	0.120	1.139	0.904
MLR2	TE, pH, TDS	0.374	0.140	1.174	0.946	0.364	0.119	1.139	0.904
MLR3	TE, pH, CL	0.374	0.140	1.174	0.947	0.367	0.121	1.138	0.902
MLR4	TE, TDS, CL	0.355	0.126	1.183	0.956	0.343	0.102	1.150	0.909
MLR5	pH, TDS, CL	0.279	0.078	1.216	1.006	0.264	0.057	1.179	0.968
MLR6	TE, pH	0.373	0.139	1.174	0.947	0.365	0.120	1.139	0.902
MLR7	TE, TDS	0.354	0.126	1.184	0.956	0.341	0.101	1.151	0.909
MLR8	TE, CL	0.354	0.125	1.184	0.957	0.344	0.103	1.150	0.908
MLR9	pH, TDS	0.279	0.078	1.216	1.006	0.265	0.057	1.179	0.968
MLR10	pH, CL	0.261	0.068	1.222	1.021	0.268	0.058	1.178	0.968
MLR11	CL, TDS	0.136	0.019	1.254	1.058	0.092	0.008	1.219	1.018

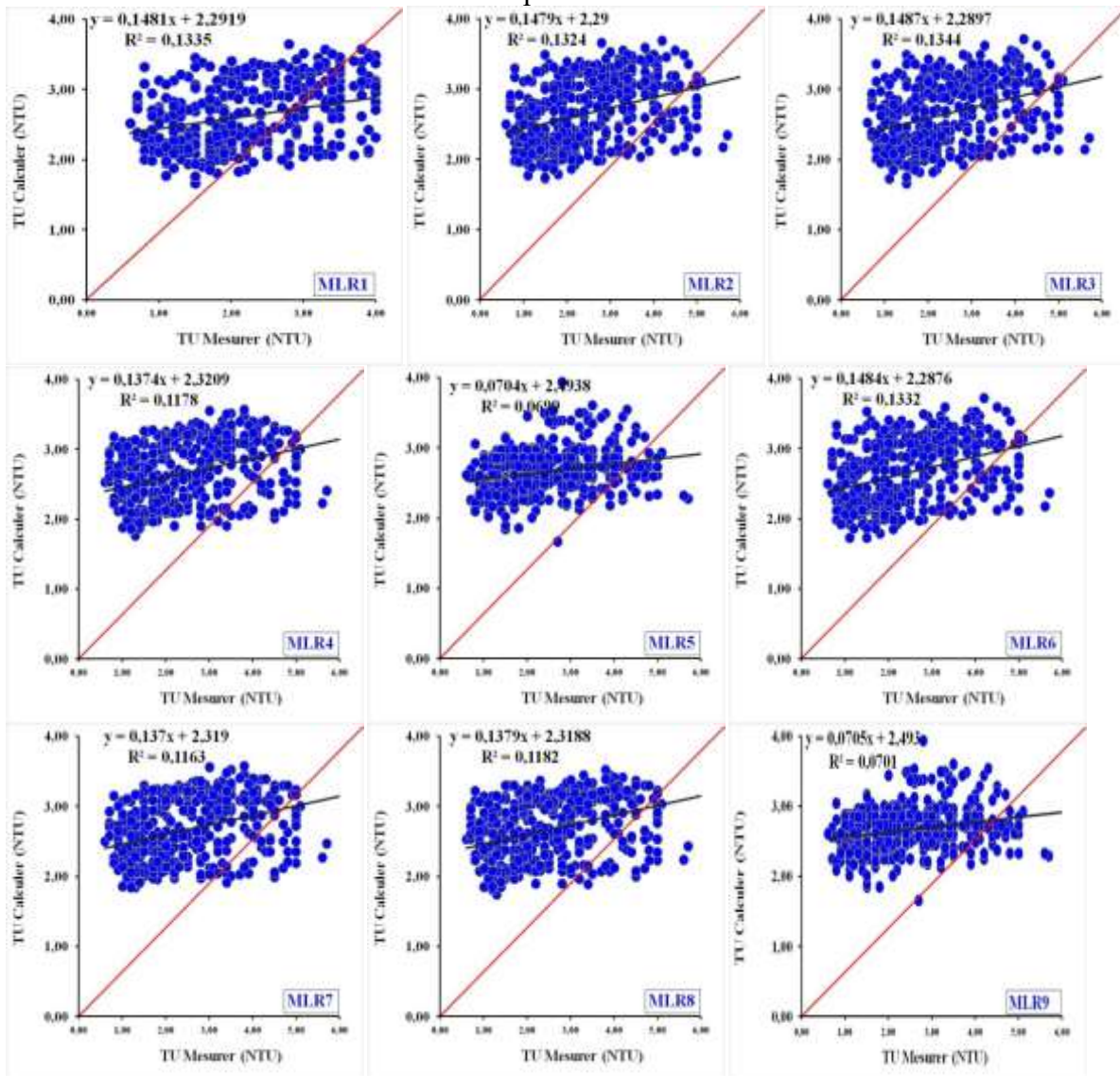
Étant donné qu'il s'agit uniquement de quatre variables caractérisant les eaux traitées à savoir la température (TE), le pH, les TDS et la dose de chlore (CL), nous disposons de trois types de modèles: modèle à quatre entrées, à trois entrées et à deux entrées. D'après les résultats reportés dans le [Tableau IV.1](#), il n'existe aucune corrélation entre les variables calculées et mesurées et de très faibles performances sont obtenues avec les onze modèles. En utilisant quatre variables, i.e., modèle MLR1 (TE, pH, TDS, CL), nous obtenons des coefficients R et NSE de l'ordre de 0.375 et 0.141 en phase d'apprentissage, et des valeurs des coefficients RMSE et MAE de l'ordre de 1.173 et 0.945. En utilisant uniquement trois variables d'entrées, nous avons quatre cas : modèles MLR2, MLR3, MLR4 et MLR5, pour lesquelles de très faibles performances sont obtenues et les valeurs de R et NSE se sont dégradées pour atteindre de très faibles valeurs de l'ordre de 0.297 et 0.078, alors que les valeurs des RMSE et MAE ont grimpé pour atteindre les valeurs de 1.216 et 1.006, respectivement. En utilisant uniquement deux variables, on remarque que les six modèles

(modèles ML6) ont données de très faibles performances avec des R et NSE de qui ne dépassent pas les 0.373et 0.139, respectivement.





FigureIV.1. Courbes de variations des valeurs de la turbidité (TU) observées et calculées de l'eau traitée par le modèle RLM



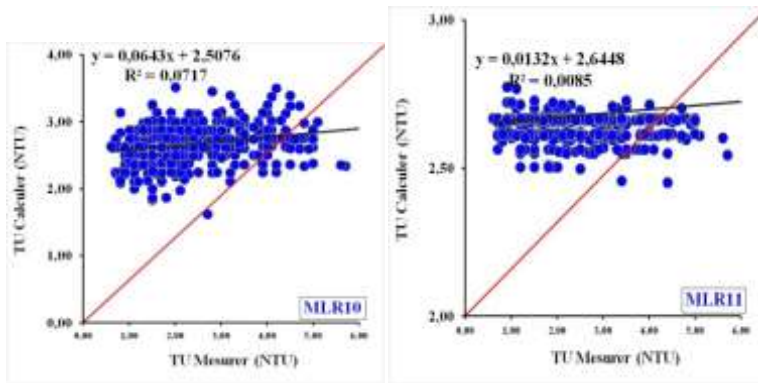


Figure IV.2. Scatterplots des valeurs mesurées et calculées par la RLM de la turbidité.

Une comparaison entre les valeurs mesurer et calculer est présentée sur les figures IV.1 et IV.2. On remarque que sur les courbes Scatterplots que les nuages de point sont très dispersés ce qui reflète une faible corrélation entre les valeurs calculées et mesurées.

IV.3. Conclusion

Le présent chapitre à fait l'objet d'une analyse statistique à base de régression linéaire multiple appliquer pour modéliser la turbidité des eaux traitées en fonction de quatre variables : le pH, la TE, les TDS et la CL. Nous avons de très faibles performances et on constate qu'il est très difficile de contrôler la turbidité des eaux traitée en absence de mesures direct sur site. Malgré que nous avons tester 11 modèles aucun d'entre eux n'a aboutis à une amélioration. Certainement la qualité des données influe sérieusement sur les performances des modèles, avec l'ajout d'autres variables et sur une longue période de mesure on peut atteindre de meilleure performance.

Conclusion Générale

À la fin de la présente de le mémoire que nous avons réalisé dans le cadre de notre stage de fin d'étude on peut présenter les conclusions suivantes :

1. La daïra de collo est alimentée en eaux potable à partir du barrage Beni Zid, et les eaux brutes subissent des traitements au niveau de la station de traitement des eaux qui se trouve à proximité du barrage.
2. Le traitement pratiqué au niveau de la station Beni Zid est un traitement classique avec procédé physico chimique par coagulation floculation.
3. Quelques variables de qualité sont mesurées au niveau de la station, cependant la majorité des autres variables sont mesurés au niveau du laboratoire principal de l'ADE au niveau du laboratoire Zeramna.
4. Les procédés physico chimiques de coagulation floculation ne sont pas contrôler d'une façon régulière, mais d'une façon aléatoire et les essais Jar-Test ne sont pas réalisés quotidiennement, mais de temps en temps.
5. Pour qui est de la qualité des eaux, l'analyse et la simulation de la turbidité sur une longue période nous a permis de conclure qu'il n'existe aucune corrélation entre les variables mesurées et calculer par les modèles MLR, ce qui est surprenant surtout pour les eaux traitées là où en principe la corrélation entre la turbidité et les autres variables caractérisant les eaux traitées et brutes existe.
6. À la lumière de tous les résultats que nous avons obtenus dans le cadre de notre stage de fin d'étude, on recommande au gestionnaire l'équipement de la station par le matériel nécessaire pour améliorer la qualité des mesures de la qualité des eaux.

Références Bibliographiques

BEAUDRY J.P., (1984). Traitement des eaux. Ed Le Griffon d'argile, Québec.

BENSAID J., (2009). contribution à la dépollution des eaux usées par électrocoagulations et par adsorption sur des hydroxydes d'aluminium. Thèse de doctorat : chimie. Rabat : université Mohammed V –Maroc.P255

CARDOT C., (1999). Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses Edition Marketing S.A.P210

CARDOT C., (2010). Les traitements de l'eau pour l'ingénieur. Procédés physico-chimique et biologique ellipses Edition Marketing SA.P180

DEGRÉMENT, (2005). Mémento technique de l'eau : Tome I, Lavoisier-Technique et documentation, paris.

DESJARDINS, (1997). Le traitement des eaux 2^{ème} édition.P230

HARRAT N., (2007). Élimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eau de surface. Thèse de doctorat : en science. université Mohamed khider. Biskra.P134.

HEDDAM S., (2012). Contribution à la modélisation de la qualité des eaux : approche par les réseaux de neurones, les systèmes neuroflous et les méthodes de classifications. Thèse de doctorat :sciences agronomique. école nationale supérieure agronomique. Alger. P256.

HERNANDEZ DE LÉON H., (2006). Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Thèse de doctorat : science appliquées. institut nationale des sciences appliquées. Toulouse.

MASSCHELEIN W.J., (1999). Processus unitaires du traitement de l'eau potable. Editeur : Cebedoc.

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

Nom et prénom : BARBEDJ HIBA

Nom et prénom : BERRAK IBTISSEM

Nom et prénom : BOUGHDEH ASMA

Nom et prénom : BOUGHRAROU AMINA NIHEL

Titre : *Suivie et Contrôle de la Qualité des Eaux au Niveau de la Station de Traitement des eaux Beni Zid, Collo Wilaya de Skikda.*

Résumé : Le suivie et l'évaluation de la qualité des eaux au niveau des stations de traitement des eaux sont d'une grande importance et jouent un rôle primordial dans la gestion rationnelle des ressources en eau. Les objectifs de la présente étude préparé dans le cadre de la formation en master 2 Aménagement Hydro-Agricole sont le suivie et le contrôle de la qualité des eaux brute et traitée au niveau de la station de traitement des eaux béni zid wilaya de Skikda. En plus des suivies sur site au niveau des laboratoires de traitement des eaux de la station béni zid et le principale de l'algérien des eaux localiser a zeramena ; nous avons élaboré un modèle mathématique à base de régression linéaire multiple pour la simulation de la turbidité des eaux brute et traitée. Pour la réalisation de notre étude de la simulation nous avons exploité une base de donnée enregistré durant la période allant de 2015 à 2022. Nous avons utilisés le logiciel Excel et les résultats obtenue ont montré la très faible corrélation entre les valeurs mesurées sur site et calculée par le modèle.

ملخص:

تعتبر متابعة وتقييم نوعية المياه في محطات المعالجة ذات أهمية كبرى وتلعب دورا مؤثرا في التسيير العقلاني لموارد المياه. تهدف هذه الدراسة التي قمنا بها في اطار اعداد مذكرة نهاية التخرج الى مراقبة و متابعة نوعية المياه الخام والمعالجة على مستوى محطة معالجة المياه بني زيد ولاية سكيكدة. بالإضافة الى المراقبة الميدانية على مستوى مخبر معالجة المياه التابع للمحطة والتابع للجزائرية للمياه في حي الزرامنة. قمنا بإعداد نموذج رياضي مبني على الانحدار الخطي المتعدد لمراقبة و تقييم درجة التعكر (la turbidité) وقد اعتمدت الدراسة من اجل ذلك على القيم اليومية المسجلة خلال الفترة الممتدة من 2015 الى 2022. بني النموذج الرياضي باستعمال برنامج Excel وقد أظهرت النتائج الجد ضعيفة التي تحصلنا عليها الغياب التام لاي ارتباط ما بين درجة التعكر المقاسة في المخبر والتي تم حسابها بواسطة النموذج الرياضي.

Mots clés : Barrage Béni Zid, Station de traitement Béni Zid, Qualité de l'eau brute, Qualité de l'eau traitée, Modélisation mathématique, Régression linéaire multiple, coefficient de corrélation, RMSE, RMAE, la turbidité, Température de l'eau, PH, la conductivité électrique, TDS

الكلمات المفتاحية: سد بني زيد-محطة معالجة المياه-نوعية المياه الخام-نوعية المياه المعالجة-النمذجة الرياضية-انحدار متعدد النهايات-معامل الارتباط -RMSE-RMAE- درجة التعكر-درجة حرارة الماء-معامل الحموضة-الناقلية الكهربائية-كمية المواد الصلبة المنحلة في الماء.

Année Universitaire : 2021/2022