

TH : dureté totale

$$\text{TH (méq/l)} = V_{\text{tb}} \times 0.4$$

Avec :

N_a : Normalité d'EDTA.

V_a : Tombée de burette V_{tb}

N_b : Somme de la Normalité des ions Ca^{2+} et Mg^{2+}

V_b : Volume de l'échantillon ($V_b = 100 \text{ ml}$)

$$N_a \cdot V_a = N_b V_b$$

$$N_b = N_a V_a / V_b$$

$$N_b = (0,02 \times 2 \times V_{\text{tb}}) / 100 \times 10^{-3}$$

$$N_b = 0,4 \times V_{\text{tb}} \text{ (méq/L)}$$

TCa : dureté calcique

$$\text{TCa (mg/L)} = V_{tb} \times 8$$

Avec :

N_a : Normalité d'EDTA.

V_a : Tombée de burette V_{tb}

N_b : Normalité des ions Ca^{2+}

V_b : Volume de l'échantillon ($V_b = 100 \text{ ml}$)

$$N_a \cdot V_a = N_b \cdot V_b$$

$$N_b = N_a \cdot V_a / V_b$$

$$N_b = (0,02 \times 2 \times T_b) / 100 \times 10^{-3}$$

Donc : $N_b = 4 \cdot 10^{-1} \times T_b \text{ (méq/L)}$

On a : $C_b = N_b / 2$

$$C_b = 2 \cdot 10^{-1} \times T_b$$

On a : $C_m = C.M$

$$C_m = 2 \cdot 10^{-1} \times T_b \times 80$$

Donc : $C_m = 8 \times T_b$

Demande en chlore

$$[EJ] = V_{tb} \times 3,55 \text{ g/l}$$

Soient :

N_a : Normalité de Cl_2

V_a : Volume de l'échantillon ($V_a = 1 \text{ ml}$)

N_b : Normalité de $Na_2S_2O_3$

V_b : Tombée de burette V_{tb}

Au point d'équivalence :

$$N_a V_a = N_b V_b$$

$$N_a = N_b V_b / V_a$$

$$N_a = 10^{-1} \times V_{tb} \text{ (eq/l)}$$

$$\text{On a : } [Cl_2] = 10^{-1} \times V_{tb} / 2$$

$$\text{Donc : } [Cl_2] = 5 \cdot 10^{-2} \times T_b \text{ (mol/l)}$$

$$\text{On a : } [EJ] = [Cl_2] \times M(Cl_2) \text{ (avec } M(Cl) = 35,5 \text{ g/mol)}$$

$$[EJ] = 5 \cdot 10^{-2} \times V_{Tb} \times 71$$

$$\text{Donc : } [EJ] = 3,55 \times V_{tb} \text{ (g/l)}$$



ABREVIATION

EDTA	:	Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique
GDAL	:	Système de Gestion des Données Analytiques
ISO	:	International Organization for Standardization
LDM	:	Limite de Détection d'une Méthode
MR	:	Matériel de Référence
NTU	:	Unité de Turbidité Néphélométrique
ONEE-BO	:	l'Office National d'Eau Potable-Branche Eau
R	:	Ratio
S	:	l'écart type
TA	:	Titre Alcalimétrique
TAC	:	Titre Alcalimétrique Complet
TH	:	Titre Hydrométrique

Annexes

Table des matières

Listes des figures



Figure1 : dégrilleur	5
Figure2 : désableur	6
Figure3 : débourbeur	7
Figure4 : décanteur	9
Figure5 : filtres	10
Figure6 : Ph mètre	14
Figure7 : Conductivité	15
Figure8 : Turbidité	15



Listes des tableaux :

Tableau1 :	les	seuils
d'odeur.....	1	Erreur ! Signet non défini.
Tableau2 :	les seuils de couleur (Unité platine).....	13
Tableau 3 :	analyses effectué sur l'eau brute et traitée.....	16
Tableau4 :	les différentes concentrations des étalons en fonctions des potentiels.....	18
Tableau5 :	résultats du titre hydrotimétriques complet et calcique.....	20
Tableau6 :	résultats analytique de la limite de détection.....	24
Tableau7 :	résultats analytique de la répliquabilité.....	24
Tableau8 :	résultats analytique de la répétabilité effectuée dans des jours différent.....	25
Tableau9 :	résultats analytique de la justesse.....	25

<u>INTRODUCTION.....</u>	<u>2</u>
<u>I. PRESENTATION DE L’OFFICE NATIONAL D’EAU POTABLE (ONEE-BO).....</u>	<u>3</u>
<u>II. LES NORMES DE POTABILITES.....</u>	<u>4</u>
<u>III. PROCEDE DE TRAITEMENT DES EAUX DE L’OUED SEBOU.....</u>	<u>5</u>
1. PRETRAITEMENT	5
2. TRAITEMENT.....	8
<u>IV. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES</u>	<u>11</u>
<u>V. LES TESTS ORGANOLEPTIQUES.....</u>	<u>12</u>
1. L’ODEUR.....	12
2. LA SAVEUR (GOUT)	12
3. LA COULEUR	13
PRINCIPE :	13
<u>VI. ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES.....</u>	<u>14</u>
1. TEMPERATURE.....	14
2. MESURE DE PH.....	14
3. CONDUCTIVITE	14
4. TURBIDITE.....	15
5. DETERMINATION DE CHLORE	16
6. L’OXYDABILITE	17
7. DETERMINATION DES FLUORURES	17
8. DETERMINATION DE LA DURETE TOTALE (TH).....	19
9. DEMANDE EN CHLORE	20
10. JAR TEST.....	21
<u>VII. VALIDATION DU TITRE ALCALIMETRIQUE ET DU TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET.....</u>	<u>22</u>
1. TITRE D’ALCALINITE.....	22
2. OBJECTIF DE LA VALIDATION.....	23
3. RESULTATS OBTENUS	23
4. INTERPRETATION DES RESULTATS	26
<u>CONCLUSION</u>	<u>30</u>

Introduction

L'eau ne se trouve jamais à l'état pur (H_2O). Dans la nature elle contient toujours des éléments minéraux et organiques ou encore des micro-organismes; ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux).

Une eau potable est une eau destinée à la consommation humaine sans danger pour la santé humaine. Pour ceci l'eau naturelle doit subir un traitement de potabilité avant qu'elle soit consommée.

L'eau brute, est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe souterraine. Elle est ensuite acheminée vers une station de traitement de l'eau où elle subit divers traitements physico-chimiques et biologiques.

L'expérience permet d'améliorer les connaissances pratiques d'un individu, comme elle sert à tester ces informations théoriques.

Ce stage m'a permis de me familiariser avec tous les personnels de l'Office, surtout avec le Service Organisation de la Maintenance et d'acquérir des expériences et d'améliorer des connaissances pratiques.

Ce rapport traite les points suivants :

- ✚ Un aperçu sur l'office national de l'eau et électricité.
- ✚ La gestion des ressources en eau destinée à la Production d'eau potable dans la région d'Ain Noukbi.
- ✚ Les différentes étapes de traitement et de prétraitement effectuées sur une eau potable.
- ✚ d'étudier les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques des eaux destinées à l'alimentation en eau potable dans la région.
- ✚ Validation du titre alcalimétrique TA/TAC.

I. Présentation De L'office National D'eau Potable (ONEE-BO)

L'ONEE-BRANCHE EAU a été créé le 3 avril 1972 par le dahir N°172.103, en remplacement la régie des exploitations industrielle (REI) qui assurait entre autres le service de distribution de l'eau potable depuis 1929. L'Office National de l'Eau Potable est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), c'est l'un des véritables piliers de l'économie marocaine.

Il est doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière et placé précédemment sous la tutelle du ministère de l'équipement. Mais à partir de septembre 2002, avec le changement du gouvernement et avec la création du secrétariat d'état chargé de l'eau, le ministère de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement est devenu tutelle de l'ONEE-BO.

↳ Missions principales

- ✓ Planification de l'approvisionnement en eau potable du royaume ;
- ✓ Etude, réalisation et gestion des adductions d'eau potable ;
- ✓ Gestion de la distribution d'eau potable et de l'assainissement dans les communes qui la demandent ;
- ✓ Assistance technique en matière, de surveillance de la qualité de l'eau.
- ✓ Contrôle de la qualité des eaux et protection des ressources en eau susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.

↳ Description du complexe de traitement des eaux d'oued Sebou :

Ce complexe de production est constitué de quatre stations :

- ✓ Station de prétraitement.
- ✓ Station de pompage d'eau brut de l'oued Sebou.
- ✓ Station de traitement.
- ✓ Station de pompage d'eau traitée Ain Nokbi.

↳ Laboratoire régional de Fès :

Le laboratoire est doté d'équipements modernes qui lui permettent de procéder au contrôle de la qualité de l'eau destinée à l'alimentation humaine et ce via les paramètres physico chimiques et microbiologiques

Le laboratoire dispose de cinq salles :

- ✓ Une salle pour les analyses physico-chimiques.
- ✓ Une salle pour les analyses par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.
- ✓ Une salle pour les analyses par spectrométrie d'absorption atomique.
- ✓ Une salle d'analyses bactériologiques.
- ✓ Une salle de laverie.

II. Les Normes De Potabilités

La présente norme est applicable:

A toutes les eaux qui, soit à l'état « naturel », soit après traitement, sont destinées à la boisson, à la cuisson, à la préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques, qu'elles soient fournies par un réseau de distribution, à partir d'un camion-citerne ou d'un bateau-citerne, en bouteilles ou en conteneurs; y compris les eaux de source.

A toutes les eaux utilisées dans les entreprises alimentaires pour la fabrication, la transformation, la conservation ou la commercialisation des produits ou de substances, destinées à la consommation humaine, qui peuvent affecter la salubrité de la denrée alimentaire finale y compris la glace alimentaire d'origine hydrique.

↳ Les principaux paramètres définissant la qualité de l'eau potable :

- ✓ Tout d'abord, **les paramètres organoleptiques** sont liés à la couleur, la saveur et l'odeur de l'eau. En résumé, afin d'obtenir une qualité organoleptique, l'eau doit être agréable à boire, claire, fraîche et sans odeur. C'est d'ailleurs principalement pour ces aspects que le consommateur apprécie la qualité d'une eau. Néanmoins, il faut tout de même noter que ce sont des paramètres de confort. En effet, ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble, colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable.
- ✓ Les **paramètres physico-chimiques** correspondent aux caractéristiques de l'eau telles que le pH, la température et la conductivité. Ils concernent donc tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments, notamment des ions comme les chlorures, le potassium et les sulfates.
- ✓ De plus, **les paramètres microbiologiques** permettent de vérifier que l'eau ne contient pas de germes pathogènes (c'est-à-dire bactéries, virus, parasites...) qui provoqueraient des maladies chez les consommateurs. C'est le critère le plus important concernant la potabilité de l'eau.
- ✓ Les **paramètres concernant les substances indésirables** concernent des substances dont la réglementation tolère la présence en faible quantité. On peut citer par exemple la teneur maîtrisée en fluor, en nitrates, en nitrites, en sels minéraux...
- ✓ Enfin, il existe des **paramètres concernant des substances toxiques** telles que les pesticides, les métaux lourds comme le plomb ou le chrome... Les teneurs tolérées sont extrêmement faibles car ce sont des poisons mortels pour l'homme.

Pour chacun de ces substances, des seuils de tolérances sont imposés (voir annexe).

III. Procédé De Traitement Des Eaux De L'oued Sebou

1. Prétraitement

La station de prétraitement est située près de l'Oued Sebou à 2,5 Km de la station de traitement et elle est mise en service quand le taux des matières en suspension « M.E.S » est compris entre 2 g/l et 50 g/l. Elle est constituée de :

a. Le dégrilleur

C'est une grille métallique à commande automatique qui, par un mouvement de va et viens de bas vers le haut, permet, l'élimination des matières volumineuses (branches et tronc d'arbre, herbes mortes, algues...etc.).

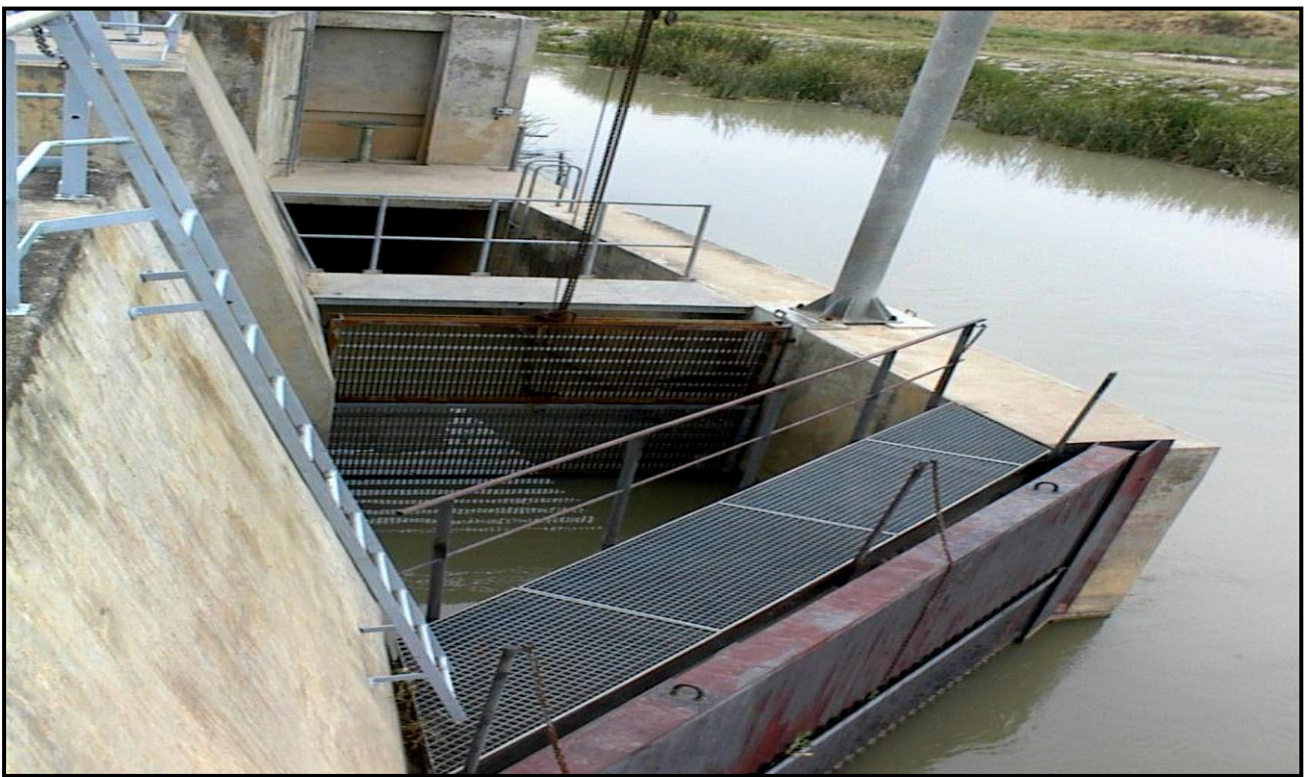
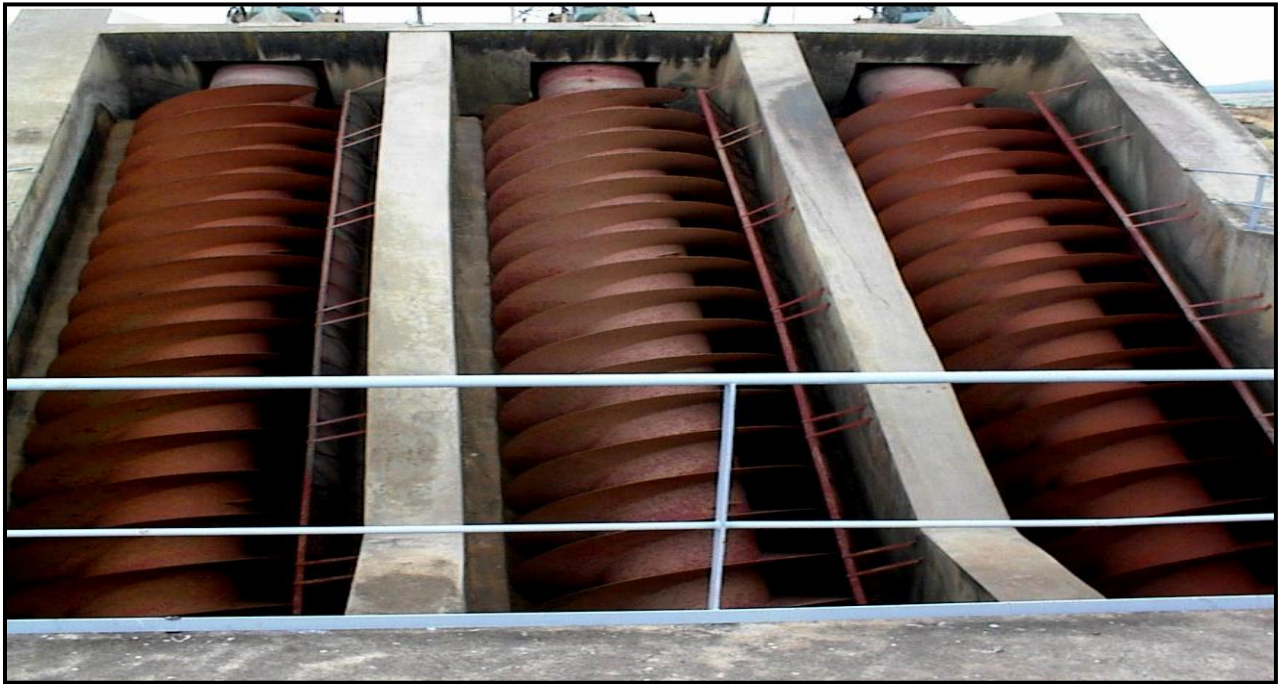


Figure1 :dégrilleur

b. Station de relevage d'eau brute

Elle comprend 3 vis d'Archimède qui relèvent l'eau de la cote minimale du plan d'eau de l'oued au niveau du déssableur. Leur débit est de 750 l/s chacune.



c. Déssableur

C'est un ouvrage qui permet l'élimination des particules denses (sable, gravier..). C'est un premier traitement physique de l'eau brute. Le lavage des dessaleurs se fait par ajout du débit d'une vis d'Archimède supplémentaire et ouverture des purges selon un niveau de sable défini.



Figure2 : déssableur

d .Répartiteur (Mélangeur)

C'est un ouvrage constitué de quatre bacs équipé d'un mélangeur et de quatre vannes départs. C'est le point où on injecte le polyélectrolite.

e.Débourbeur

La station de prétraitement est constituée de trois débourbeurs .Le débourbeur est un ouvrage qui permet de décanter les floques formés par action du polyélectrolite. Chaque débourbeur est équipé d'un mélangeur, un racleur de boue et de deux motopompes d'évacuation de boue



Figure3 : débourbeur

f.Station de pompage d'eau brute

Cette station est constituée de Cinq groupes qui refoulent l'eau vers la station de traitement via une conduite de refoulement.

L'aspiration se fait à partir d'une prise directe sur l'oued Sebou ou à partir de la bache 1600 m³ au cas où la station de prétraitement est en marche.



2. Traitement

a. Ouvrage d'arrivée

Cet ouvrage permet de transformer l'énergie cinétique de l'eau de la station de prétraitement en une énergie potentielle permettant la circulation de l'eau dans la station de traitement.

Cette eau est répartie entre Six décanteurs par l'intermédiaire d'un ouvrage appelé répartiteur.

A la sortie de l'ouvrage d'arrivée se fait l'injection du sulfate d'alumine et la préchloration.



Après les préparations de prétraitement qui permettent à l'eau d'être moins chargée en matière en suspension, vient la phase de traitement qui permet de rendre l'eau potable, cette phase se fait dans la station de traitement.

Le traitement comporte cinq étapes :

a.1. Pré-chloration

C'est une opération qui permet :

- ✚ D'oxyder le fer et le manganèse contenus dans l'eau brute. (En général responsable de la couleur).
- ✚ De détruire les matières organiques afin d'améliorer le goût et l'odeur de l'eau.
- ✚ De détruire les micro-organismes et d'inhiber la croissance algale. Le produit généralement utilisé est le chlore Cl_2 .

a.2. Coagulation-floculation

C'est un procédé qui permet de rassembler les très fines particules contenues dans l'eau afin de créer des "flocs", plus grosses particules qui décanteront ou flotteront plus facilement.

- **Coagulation :**

La coagulation est un traitement visant à neutraliser les charges électrostatiques en surface des particules colloïdales. En effet, ces matières en suspension portent des charges généralement négatives

induisant des forces de répulsion entre les particules. La coagulation est un traitement produisant des floccs, décantant beaucoup plus rapidement que les particules individuelles. Mais ces floccs sont fragiles, petits et se séparent encore lentement de l'eau. Les coagulants les plus utilisés sont :

- ✚ Les sulfates d'alumine $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$.
- ✚ Le chlorure ferrique FeCl_3 .
- ✚ Le sulfate ferreux FeSO_4 oxydé par le chlore.

- **Floculation**

Une fois les floccs sont formés, on injecte un flocculant ou adjuvant de floculation qui aura pour effet d'agglomérer tous ces floccs formés. Les flocculant les plus utilisés sont :

- ✚ Les polymères.
- ✚ L'alginate.

b. La décantation

La décantation est une phase très importante de traitement de l'eau pour récupérer tous ou une grande partie des floccs. Il existe de nombreux types de décanteurs, ceux utilisés à la station sont au nombre de six, chacun possède un débit à traiter de $900 \text{ m}^3 / \text{h}$. La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension.



Figure4 : décanteur

c. Filtration sur sable

C'est le type de filtration le plus répandu. L'eau à filtrer passe donc à travers le lit de sable et se débarrasse des particules en suspension non éliminés par la décantation.

Leur lavage se fait automatiquement ou manuellement après chaque colmatage en trois phases :

- 1- phase air pendant 3 mn
- 2- phase air+ eau dite de barbotage pendant 10 mn
- 3- phase eau dite de rinçage pendant 15 mn



Figure5: filtres



Galerie des filtres

d. Désinfection

La désinfection permet d'éliminer ou de désactiver des microorganismes pathogènes. On utilise pour cela soit des désinfectants chimiques tels que le chlore, l'ozone ou le permanganate de potassium, soit des désinfectants physiques tels que les rayonnements ultraviolets ou la chaleur.

STATION DE POMPAGE AIN NOKBI

La station de pompage AIN NOKBI est équipée de 6 groupes électro-pompes.

Cette station refoule l'eau potable vers le réservoir de la Régie BAB HAMRA via une conduite de refoulement en béton.

IV. Analyses Bactériologiques

La bactériologie est la science qui a pour but l'étude des micro-organismes qui sont des organismes vivants microscopiques (Diamètre < 0,1mm).

En effet les bactéries constituent le groupe le plus important des micro-organismes en raison du nombre et de variété des espèces rencontrées.

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Un certain nombre d'analyses doit donc être effectuées afin de s'assurer de la potabilité d'une eau traitée. Ces analyses consistent à réaliser un dénombrement bactérien sur l'eau brute et l'eau traitée pour contrôler la qualité bactériologique de l'eau. Parmi les micro-organismes on recherche:



Bactéries coliformes :

Ces bactéries peuvent former des colonies en aérobiose $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sur un milieu sélectif gélosé lactosé (Tergitol) avec production dénombrement dans les 21 ± 3 heures



Escherichia Coli :

Le milieu le plus utilisé est le Tergitol, l'incubation à $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 24 h conduit au dénombrement.



Entérocoques intestinaux :

Le milieu de culture utilisé pour ces bactéries est la Slanetz à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures.



Clostridia :

Le milieu de culture utilisé est la Gélose Tryptone – Sulfate-cyclosérine (TSC) à $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures.

V. Les Tests Organoleptiques

1. L'odeur

Principe :

L'odeur peut être définie comme : L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

L'eau à examiner est diluée jusqu'à ce qu'elle ne présente plus d'odeur perceptible.

Précaution générale :

La détermination doit se faire dans un local climatisé dépourvu de toute odeur et de toute cause de distraction : bruit

Bien nettoyer la verrerie est la rincer à l'eau distillé ; elle doit être réservée uniquement à la détermination de l'odeur.

2. La saveur (goût)

Principe :

L'eau à examiner est diluée par une eau sans gout dite « eau d'errance » jusqu'à ce que ne présente plus de goût perceptible. La dégustation se fait en commençant par les dilutions les plus grandes jusqu'à l'apparition du goût.

Mode opératoire (saveur+odeur):

✚ Bien nettoyer la verrerie et la rincer à l'eau désodorisée.

✚ Numéroté les échantillons pour éviter toute influence psychologique.

✚ Dilué d'échantillon suffisamment : on prend le volume d'échantillon et on complète jusqu'à 240ml avec l'eau de référence (eau qu'on le passe dans un cône de charbon et le sable)

Exemple de dilution : 6ml dilués dans 240ml la valeur du seuil de perception est : $240/6=40$.

La dilution se fait on se basant sur le tableau suivant

Volume ramené à 240ml	240	160	120	80	60	48	40	30	24	16	12	10	8	6
Seuil d'odeur	1	5	2	3	4	5	6	8	10	15	20	24	30	40

Volume ramené à 240ml	4	3	2
Seuil d'odeur	60	80	120

Tableau1 : les seuils d'odeur

Expression des résultats :

Opérateur n°	Valeur du seuil de perception de l'odeur
1	4
2	3
3	1.1
4	7
5	2

$$\sqrt[5]{4 \times 3 \times 1.1 \times 7 \times 2} = 2.8$$

3. La couleur

Principe :

Il s'agit d'une comparaison visuelle d'un échantillon à celle de la solution d'érence (échelle platine Cobalt ou échelle Hazen). Cette méthode est applicable aux eaux dont la couleur est proche de celle de l'échelle en platine Cobalt.

Mode opératoire :

Préparation du témoin : Dissoudre 1g de chlorure de Cobalt ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) et 1.246g de chloroplatinate de potassium (K_2PtCl_6) dans une petite quantité d'eau à laquelle on ajoute 100ml d'acide chlorhydrique concentré HCl.

Le flacon est conservé à l'obscurité, elle est stable pendant un an.

On prépare les tubes de Nessler on se basant sur le tableau suivant :

Couleur en unités Platine	Nombre de millilitres solution à 500 unités Platine	Eau Distillée (ml)
0	0	50
5	0.5	49.5
10	1	49
15	1.5	48.5
20	2	48
25	2.5	47.5
30	3	47
35	3.5	46.5
40	4	46
45	4.5	45.5

Tableau2 : les seuils de couleur (Unité platine)

On introduit dans un autre tube l'échantillon est on le compare avec les autres tubes de Nessler.

VI. Analyses Physico Chimiques

1. Température

La mesure de la température doit se faire sur place au moment du prélèvement à l'aide d'un thermomètre ou d'une sonde (en °C).

2. Mesure de pH

Principe :

La mesure pH mètre est importante dans le calcul d'agressivité d'une eau ou de son pouvoir incrustant. La nature de mesure effectuée au laboratoire est potentiométrique car il exige une électrode de verre fragile et des solutions tampon pour l'étalonnage du pH-mètre.

Mode opératoire :

On étalonne un pH-mètre par des étalons selon les mesures qu'on va effectuer. On étalonne par une solution de pH=4 pour faire les mesures en milieu acide puis par une solution de pH=7 et enfin par une solution de pH=9 pour faire des mesures en milieu basique.

On introduit l'électrode dans un flacon d'eau (échantillon) ensuite on lit le résultat.



Figure6 :Ph mètre

3. Conductivité

Principe :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau.

Mode opératoire :

Avant de faire les mesures, il faut d'abord étalonner l'appareil avec une solution de conductivité connue, puis on met l'électrode dans un flacon contenant de l'eau (échantillon) ensuite le résultat sera marqué dans l'écran de l'appareil.



Figure7 : Conductivité

4. Turbidité

Principe :

La turbidité détermine la présence des éléments en suspension telles que l'argile, les limons, des particules organiques et d'autres organismes microscopiques.

Le contrôle de la turbidité de l'eau est important tant pour des raisons de santé que pour des motifs d'ordre esthétique, une turbidité élevée donne une mauvaise apparence à l'eau.



Figure8 : Turbidité

4. Détermination de chlore

Le chlore résiduel libre est sous forme de Cl_2O , ce dernier est utilisé pour la désinfection. Le chlore libre est découvert grâce à la DPD (N,N-Diéthyl-Paraphénylène-Diamine) qui donne à l'eau une coloration rose, pour cette mesure on utilise une comparatrice chlorométrique.



Interprétation des résultats

	E.T.	E.B.
Turbidité NTU	0.27	115
Chlore résiduel mg /L	0.80	
Ph	7.47	8.20
Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	1039	1025

Tableau 3 : analyses effectués sur l'eau brute et traitée

E.T : Eau traitée

E.B : Eau brute

La turbidité de l'eau distribuée ne doit jamais dépasser 5,0 UNT pour tous les systèmes de distribution. Il existe, aussi deux seuils de vérification de l'efficacité du traitement global de l'eau, qui ne sont pas des normes mais que l'exploitant doit respecter : 0,5 UNT pour une eau de surface et 1,0 UNT pour une eau souterraine.

C'est au cours des étapes de clarification, au début de la filière de traitement, que la turbidité est éliminée. La coagulation, la décantation et la filtration permettent d'obtenir une turbidité inférieure à 0,5 NFU (E.T=0.27).

La conductivité ne doit pas dépasser une valeur de 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à une température de 20°C.

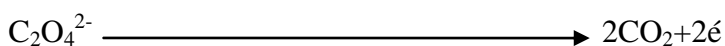
✚ Le chlore injecté a tendance à décroître au cours du transport de l'eau jusqu'aux points de distribution. Ce dispositif permet de trouver un compromis entre une bonne protection bactériologique et un « goût de chlore » limité. le résiduel de chlore est généralement resté compris entre 0,5 et 1mg/l sur l'ensemble du réseau de distribution.

✚ Pour une approche neutralité la valeur de pH doit être comprise entre $7 \leq \text{pH} \leq 8$,
Pour les eaux qui ont un pH=8 l'alcalinité est forte (ex : Eau brute a pH=8.2).

5. L'oxydabilité

Principe :

Oxydabilité ou indice de permanganate d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en milligrammes par litre consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau, cette méthode consiste à oxyder les matières oxydables contenues dans un échantillon par un excès de permanganate de potassium en milieu acide (KMnO_4) et à ébullition (100°C). On titre avec une solution d'acide oxalique $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ afin de déterminer la quantité de KMnO_4 qui n'a pas été réduite



Mode opératoire :

Dans un ballon rodé de 250 ml, on introduit 100 ml d'eau traitée additionnée de 2ml d'acide sulfurique H_2SO_4 concentré et 10ml de KMnO_4 (N/100). On chauffe au bain Marie à 100°C pendant 10min. On ajoute ensuite 1ml l'acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ (1N) jusqu'à la décoloration totale et on effectue un dosage en retour par le permanganate de potassium.

L'indice de permanganate est exprimé comme suit :

$$X = 0.8 \times T_b \text{ (mg/l)}$$

6. Détermination des fluorures

Principe :

Cette méthode s'applique à la détermination des fluorures dans l'eau potable, dans les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux faiblement polluées.

Les fluorures sont déterminés par potentiomètre en utilisant une électrode sélective aux fluorures et une électrode de référence simple ou double jonction reliée à un potentiomètre.

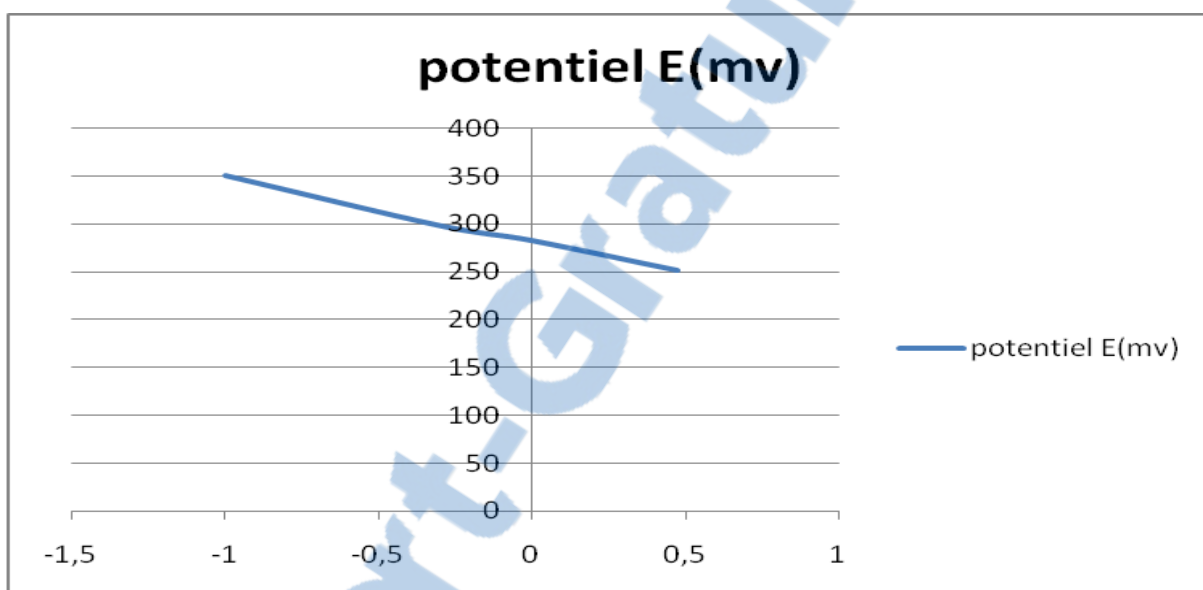
La différence de potentiel mesurée est directement proportionnelle au logarithme de l'activité des ions fluorures présents dans l'échantillon. La concentration des fluorures est généralement élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux de surfaces.

Mode opératoire :

Etalonnant le potentiomètre avec une solution étalon de NaF (100mg/l) de concentration 0,1 0,5 1 et 3 successivement :

Points de courbe	Ci (mg /l)	Log(Ci)	Potentiel E (mV)
1	0.1	-1	350
2	0.5	-0.301	298.4
3	1	0	282.9
4	3	0.477	251.9

Tableau4 : les différentes concentrations des étalons en fonctions des potentiels



Exemple

Ci (mg/l)	E (mV)
-0,633	319,4

VMA=1,5mg /l

7. Détermination de la dureté totale (TH)

Principe :

La dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) d'une eau est la concentration totale en calcium et magnésium et autres cations bivalents et trivalents dans une eau. Le titrage complexométrique des ions calcium et magnésium se fait par **Éthylène Diamine Tétracétique** (EDTA) à pH=10.

La dureté calcique d'une eau est la concentration en ion calcium dans cette eau.

Mode opératoire :

↳ Dureté totale :

Dans un erlenmeyer de 250 ml on introduit 100 ml de l'échantillon puis on y ajoute une solution tampon ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), une spatule de noir eriochrome (indicateur coloré). La solution préparée sera titrée avec l'EDTA (0,02M) jusqu'au virage du rouge au bleu royal.

↳ Dureté calcique :

A 100 ml d'eau à analyser ajouter 5 mL de la solution de soude, une petite spatule d'indicateur calcone $\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{O}$ (acide calcone carboxylique) et titrer au moyen de la solution complexométrique jusqu'au virage du rose au bleu royal.



*100 ml de l'échantillon à analyser.
*5 ml de la solution tampon.



*une petite pincée d'indicateur de calcon.



*Dosage par la solution d'EDTA à 0,02 mol/l.

Expression des résultats

$$\text{TH (méq/l)} = V_{tb} \times 0.4$$

$$\text{TCa (mg/l)} = V_{tb} \times 8$$

	Eau brute	Eau traitée
dureté totale TH	$16.7 \times 0.4 = 6.68$	$0.4 \times 3 = 1.2$
dureté calcique Tca	$10 \times 8 = 80$	$4.65 \times 8 = 37.2$

Tableau5 : résultats du titre hydrotimétriques complet et calcique

8. Demande en chlore

Principe :

Cette méthode nous permet de déterminer la quantité de chlore qu'il faut injecter à l'eau brute lors de pré chloration.

Mode opératoire :

Pour déterminer la demande en chlore on effectue un dosage par l'eau de javel.

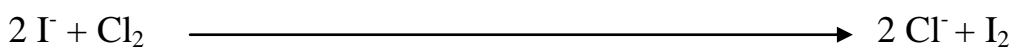
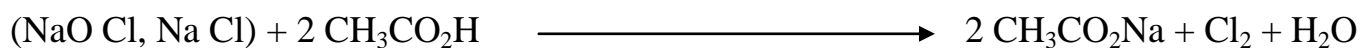
1 ml d'eau de javel (NaO Cl, Na Cl).

10 ml de solution d'iodure de potassium KI à 10 %.

10 ml d'acide acétique CH₃COOH à 9N.

On titre l'iode libéré par le thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃ (1/10 N).

Les réactions :



On effectue se dosage pour déterminer la concentration d'eau de javel qu'on doit préparer.

$$[\text{EJ}] = V_{\text{tb}} \times 3,55 \text{ g/l}$$



La solution de 0.1 g/l est préparée à partir de concentration 1g/L de ce dosage.

On prépare 10 flacons, on introduit dans chacun des flacons les volumes suivants d'eau de javel : 0.1/ 1/ 1.5 /2 /2.5/ 3 /3.5/ 4 /4.5/ 5ml ; et on complète jusqu'au 100 ml avec l'eau brute et on procède pendant 30 min on effectue la lecture à l'aide d'une comparatrice chlorométrique.

N.B : L'eau du robinet contient une légère dose en chlore pour transiter sans risque dans les canalisations. Le consommateur est plus ou moins sensible à l'odeur et au goût du chlore. Le seuil de sensibilité est de 0,2 mg/l.

9. Jar test

Principe :

Coagulation : Destabiliser des particules colloïdales par l'introduction appropriée de réactifs chimiques (coagulants).

Floculation : Collision de particules, formation et grossissement des précipités.

L'essai a pour but de destabiliser et rassembler en un précipité volumineux et relativement lourd les particules colloïdales très fines contenues dans l'eau.

Cet essai a pour objectif de déterminer la nature et les doses probables du ou des réactifs permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement. Il faut réaliser l'essai le plus tôt possible après le prélèvement à une température voisine de celle que possèderas effectivement l'eau au cours de son traitement industriel.

Il est nécessaire de prélever un échantillon abondant de l'eau brute à traiter. Chaque fois que cela est possible.

Mode opératoire:

✚ On remplit 6 béciers par 1 litre d'eau brute.

✚ On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min.

On ajoute dans les six béciers une dose de chlore correspondante à la demande en chlore précédemment déterminée.

✚ On ajoute, aussi rapidement que possible, aux six échantillons en traitement des quantités dosées croissantes du réactif (le sulfate d'aluminium) à une agitation choisie 120 tr/2min (floculant)

✚ on injecte le coagulant (polymère) dans les six béciers (40 tr/20min).

✚ On laisse décantier pendant 30 min.

✚ Au cours de ce temps de décantation on estime la vitesse de la sédimentation des floes formés (rapide, moyenne ou lente).

✚ On détermine le pH, la turbidité, les matières en suspension, l'oxydabilité et le chlore résiduel du surnageant de l'eau décantée.

✚ Puis on filtre le surnageant sur papier filtre et on détermine la turbidité, l'alcalinité de chaque bécier.

Expressions des résultats

Les doses optimales des réactifs sont celles utilisées pour l'échantillon présentant les meilleures floculations:

- Turbidité de l'eau décantée < 5 NTU.
- Turbidité de l'eau filtrée < 0,5 NTU.
- Avec une oxydabilité < 2 mg/l d'oxygène consommé.
- pH < 7,40.

VII. Validation du Titre Alcalimétrique Et du Titre Alcalimétrique Complet

1. Titre d'alcalinité

↳ Introduction

L'alcalinité est due principalement à la présence des ions carbonates bicarbonates et hydroxydes, cette méthode de dosage est destinée à analyser des eaux naturelles, traitées et résiduelles et peut être utilisée pour les eaux ayant une concentration d'alcalinités allant jusqu'à 20 meq/l.

↳ Définition

TA Correspond à la neutralisation des ions hydroxydes OH^- et à la transformation de la moitié des ions carbonates en hydrogencarbonates (HCO_3^-) par un acide fort :



TAC Consiste à neutraliser des ions hydroxydes, bicarbonates et carbonates par un acide fort en présence d'un indicateur coloré, c'est-à-dire neutralisation de toutes les espèces basiques présentes :



↳ Préparation du matériel de référence

Sécher environ 20g de Na_2CO_3 pendant 4h à 105°C laisser refroidir dans un dessiccateur peser précisément 10,6g de Na_2CO_3 et les dissoudre dans environ 200ml d'eau. Transférer dans une fiole Jaugée de 1000ml. Compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée. Cette solution se conserve pendant un maximum de 6 mois.

Pipeter 1ml de la solution mère 200 meq/l dans une fiole de 100ml complétée au trait de jauge avec de l'eau. Cette solution se prépare chaque jour.

↳ Mode opératoire

L'échantillon est titré à l'aide d'une solution acide étalonnée à des valeurs fixes en présence d'indicateur coloré de pH spécifique (Phénolphtaléine, Méthylorange) de points de 8.3 et 4.5. Les points de virage, qui sont déterminés visuellement, sont les points d'équivalence sélectionnés pour la détermination des trois composants principaux : hydrogencarbonate (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}), et hydroxyde (OH^-).

Détermination de l'alcalinité composite :

Prélever 100ml d'échantillon et la mettre dans un erlenmeyer de 250 ml, ajouter 1 à 2 gouttes de phénolphtaléine. Agiter. Si aucune coloration rose ne se développe l'alcalinité composite est nulle (c'est en général le cas pour les eaux naturelles dont $\text{pH} \leq 8.3$). Si une coloration rose est obtenue, titrer avec de l'acide chlorhydrique 0.1N jusqu'à la disparition de la couleur rose.

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2[\text{CO}_3^{2-}]$$

Détermination de l'alcalinité totale :







Ajouter 2 gouttes de solution hélianthine à la solution sur laquelle a été déterminée l'alcalinité composite titré à Ph 8,3. Continuer à titrer avec la solution d'acide jusqu'au changement de couleur de jaune à jaune orangé.

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

2. Objectif de la validation

Cette méthode s'applique à la validation des méthodes physico- chimiques déjà existantes elle est utilisée comme base minimum requise lors d'une validation. Cette procédure s'applique aussi au développement de nouvelles méthodes et aux essais pour l'implantation de méthodes normalisées.

Toutes les méthodes réalisées par les laboratoires sont validées pour le domaine d'application prévu en fonction des éléments suivants :

-  Limite de détection
-  Limite de quantification
-  Fidélité
-  Justesse
-  Sensibilité (ne s'applique pas)
-  Pourcentage de récupération (ne s'applique pas)

Tout changement technique dans une méthode doit posséder des preuves documentées des études sur les limites de détections, domaine d'application, fidélité justesse, effet de matrice, effet de mémoire, interférences ...

3. Résultats obtenus

Les formules de conversion et calculs des données doivent être vérifiées au niveau du GDAL et toutes les feuilles de calculs Excel. Cette vérification doit être validée par comparaison entre les résultats obtenus par les calculs automatiques et ceux obtenues par calculs manuels.

🔗 Limite de détection d'une méthode (LDM)

La limite de détection méthodologique est évaluée avec des données obtenues lors de l'analyse de 10 échantillons identiques à faible concentration.

Essai	Date de l'analyse	Résultat analytique	Sommaire
1	27/04/2017	0,550	Moyenne
2	27/04/2017	0,500	0,53
3	27/04/2017	0,500	
4	27/04/2017	0,550	L'écart type
5	27/04/2017	0,550	0,026
6	27/04/2017	0,500	
7	27/04/2017	0,550	LDM
8	27/04/2017	0,500	0,079
9	27/04/2017	0,500	ratio
10	27/04/2017	0,550	7
			LQM
			0,26

Tableau6 : résultats analytique de la limite de détection

🔗 Fidélité (Réplicabilité, Répétabilité)

C'est l'étroitesse de l'accord entre les résultats obtenus en appliquant le procédé expérimentale à plusieurs reprises dans des conditions déterminées :

Réplicabilité : c'est l'étroitesse de l'accord entre les résultats individuels obtenus sur le même échantillon soumis à l'essai dans le même laboratoire, exécuté par le même analyste avec le même appareil pendant le même jour.

Essai	Date de l'analyse (même jour)	Résultat analytique	Sommaire
1	27/04/2017	0,550	Moyenne
2	27/04/2017	0,500	0,53
3	27/04/2017	0,500	
4	27/04/2017	0,550	L'écart type
5	27/04/2017	0,550	0,026
6	27/04/2017	0,500	
7	27/04/2017	0,550	Réplicabilité
8	27/04/2017	0,500	Int. conf 95%
9	27/04/2017	0,500	0,019 +- 3,6%
10	27/04/2017	0,550	

Tableau7 : résultats analytique de la réplicabilité

Répétabilité : c'est l'étroitesse de l'accord entre les résultats obtenus sur le même échantillon soumis à l'essai dans le même laboratoire et dont au moins l'un des éléments suivant est différent : analyste, appareil, le jour

Essai	Date d'analyse	Résultat analytique	Sommaire
1	04/05/2017	0,55	Moyenne
2	08/05/2017	0,50	0,53
3	10/05/2017	0,55	
4	12/05/2017	0,55	L'écart type
5	16/05/2017	0,55	0,026
6	18/05/2017	0,55	
7	22/05/2017	0,50	Répétabilité int. conf. 95%
8	24/05/2017	0,55	
9	26/05/2017	0,50	0,018
10	28/05/2017	0,50	+ - 3,5%

Tableau8 : résultats analytique de la répétabilité effectuée dans des jours différent

Justesse

C'est l'étroitesse de l'accord entre la valeur certifiée par un organisme reconnu et le résultat moyen qui serait obtenu en appliquant le procédé expérimentale un grand nombre de fois.

La justesse est évaluée avec des données obtenues lors de l'analyse d'un matériau de référence ou d'un matériau de référence certifié.

Essai	Date de l'analyse ou code de performance	Résultat analytique	Sommaire
1	04/05/2017	2	valeur vraie
2	08/05/2017	1,9	2,0
3	10/05/2017	2	Moyenne
4	12/05/2017	2,2	2,08
5	16/05/2017	2	L'écart type
6	18/05/2017	2,1	0,12
7	22/05/2017	2,3	erreur relative
8	24/05/2017	2,2	
9	26/05/2017	2,1	+ - 0,04
10	28/05/2017	2	+ - 4,0%

Tableau9 : résultats analytique de la justesse

4. Interprétation des résultats

↳ Estimation de la LDM

Cette étape comporte l'analyse d'échantillon suivant tout le processus analytique (préparation et dosage) de la méthode à valider. L'utilisation d'échantillon à faible concentration est préférable :

On a fait une dilution de (N/10) pour diminuer la concentration. Pour se faire, on rajoute une quantité de solvant (souvent de l'eau distillée) à un volume précis de la solution initiale (eau traité).

↳ Etablissement de la LDM

Moyenne : elle se calcule en faisant la somme des valeurs trouvées par les mesures et en divisant cette somme par le nombre de mesures :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

La moyenne=0,53

L'écart type : la mesure de la dispersion des mesures autour de la moyenne pour un nombre limité d'échantillon (≤ 20) est donnée par l'écart type

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x}_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

L'écart type=0,026

La limite de détection est équivalente à 3fois l'écart type calculé à partir d'au moins 10 mesures effectuées sur la solution ayant une concentration près que possible de la limite de détection

$$LDM = 3 \times S$$

LDM=0,079

↳ Evaluation du ratio

Le calcul du ratio de conformité nous permet de déterminer la validité d'une démarche pour l'établissement d'une limite de détection. En général, si le résultat du calcul pour un ratio R qui sert à l'établissement d'une limite de détection n'est pas supérieur à 4, il faut recommencer la procédure d'établissement de la limite de détection avec un échantillon qui a une concentration plus haute.

Interprétation de la valeur du ratio de conformité (R)

Si $4 < R < 10$: la concentration utilisée est adéquate.

Si $R < 4$: ce ratio indique que la limite réelle de détection de la méthode est plus élevée que la limite de détection estimée lors des essais. Reprendre les essais en révisant la limite de détection estimée et la concentration de l'échantillon utilisé.

Si $R > 10$: Ce ratio indique que la limite réelle de détection de la méthode est plus basse que la limite de détection estimée lors des essais.

$$R = \frac{\overline{x}}{\text{LDM}_{\text{Calculé}}}$$

Le ratio =7

D'après notre calcul $R=7$, donc la concentration choisie est adéquate car : $4 \leq R \leq 10$

👉 Limite de Quantification d'une Méthode (LQM)

La limite de quantification d'une méthode est la concentration minimale qui peut être quantifiée à l'aide d'une méthode d'analyse avec une fiabilité définie.

C'est la concentration équivalente à 10 fois l'écart type obtenu lors de l'établissement de la LDM.

$$\text{LQM} = 10 \times S$$

Où LQM : limite de quantification d'une méthode;

S : écart type.

Note : Lors de l'analyse d'échantillons, les résultats d'analyse inférieurs à la limite de quantification doivent être interprétés en considérant que l'incertitude associée à la mesure est plus grande.

LQM=0,26

D'après notre résultat les valeurs obtenus sont supérieures à la limite de quantification donc l'incertitude associée à la méthode est acceptable

👉 La fidélité de la méthode

Les deux méthodes de fiabilité (répétabilité et réplicabilité) sont déterminées par l'analyse de plusieurs réplicas de faible concentration pour, la réplicabilité en travail dans les mêmes conditions citée précédemment contrairement à la répétabilité en garde les mêmes conditions est on change le jour

Pour être confiant que la moyenne déterminée est la vraie, les intervalles de confiance doivent être calculés.

$$\text{Rép} = \pm \frac{t(0.957; n-1)}{\sqrt{n}} \times S$$

Il faut se référer à une table statistique de la distribution de Student pour connaître la valeur de $t(0.975; n-1)$ (voir Annexe).

Pour être confiant que la moyenne déterminée est la vraie, l'intervalle de confiance doit être calculé et cet en relation avec le degré de confiance que l'analyste souhaite avoir pour son analyse.

$$\text{I.C} = \pm \frac{\text{Rép}}{\text{Moyenne}} \times 100$$

D'après les résultats :

Intervalle de confiance $= \pm 3.6\% \leq 5\%$ pour la réplicabilité

Intervalle de confiance $= \pm 3.5\% \leq 5\%$ Pour la répétabilité.

Donc la méthode est fidèle.

👉 La justesse :

Dans la zone quantifiable de la méthode, on applique 10 fois le procédé expérimental ($n = 10$ replica) sur un échantillon dont la valeur suggérée est fournie par un organisme reconnu (matériau de référence).

L'erreur relative est définie par l'équation suivante :

$$\text{Erreur relative}(\%) = 100 \times \frac{|V_c - V_0|}{V_c}$$

V_c : valeur certifiée ($V_c = 2$)

V_0 : moyenne des valeurs obtenues

L'erreur relative=4%

D'après notre résultats l'erreur relative est inférieur à 5 donc la méthode est juste.

Il existe plusieurs définitions et façon de calculer les différents paramètres liés a la validation du titre alcalimétrique complet ; durant cette interprétation on a pu constater que la concentration utilisé pour cette analyse est adéquate ainsi qu'il est juste et fidèle donc la méthode du titre alcalimétrique complet est validée.

CONCLUSION

La qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental primordial. Les sources d'eaux peuvent être de mauvaise qualité en raison de problèmes d'origine naturelle et/ou anthropique.

Le traitement de l'eau consiste à appliquer des procédés de traitement physiques, chimiques et biologiques, ces trois types de procédés étant nécessaires pour produire une eau de haute qualité et sans danger à partir de certaines sources (eau de surface ou souterrain).

Nos activités principales durant notre séjour au sein de la station du traitement de Fès ont touché tout ce qui concerne le traitement de l'eau depuis l'apport de l'eau brute du Oued Sbou jusqu'au refoulement de l'eau traitée vers leurs destination; Dont les tâches principales sont :

- La découverte du système de fonctionnement de la station.
- Le contrôle de la qualité de l'eau brute et traitée.