



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Etude des procédés de traitement des eaux de surface par le chlore

Présenté par :

- ◆ Mlle ELHAITI kaoutar

Encadré par :

- ◆ Mr DIOURI Salem(ONEP)
- ◆ Pr Mme TOUZANI Hanane (FST FES)

Soutenu Le 15 Juin 2011 devant le jury composé de:

- Pr H.TOUZANI (FST FES)
- Pr A.KANDRI (FST FES)
- Pr E.H.ALILOU (FST FES)

Stage effectué à L'ONEP

Année Universitaire 2010 / 2011

Sommaire

Introduction..... 2

I. Présentation de l’ONEP 3

1- Office National de l'Eau Potable de Fès : 3

2- Complexe de production d’Oued Sebou : 3

3- Laboratoire régional de Fès : 3

4-L'échantillonnage : 4

chapitre I: les procédés de traitement

1-Prétraitement de l’eau d’oued Sebou 7

1.1 - *Dégrillage*..... 7

1.2 *Relevage* 8

1.3 – *Dessablage*..... 8

1.4 – *débouillage*..... 9

2. Traitement de l’eau d’oued Sebou..... 9

2.1*Pré chloration* : 9

2.2 *Coagulation –Floculation* : 10

2.3 *Décantation*..... 10

2.4 – *Filtration* 11

2.5. *Désinfection* 11

chapitre II: Analyses physico-chimiques et bactériologiques

1. Analyses physiques..... 14

2. Analyses chimiques..... 15

3-Analyse bactériologique : 19

chapitre III: Etude expérimentale de la pré chloration et de la désinfection

I. Généralité sur le Pré chloration 22

I. 1-degré chlorométrique 25

I. 2-Les paramètres influençant sur l’efficacité de la chloration de l’eau sont : 27

I. 3-Demande en chlore: 28

I. 4. essais de floculation et coagulation : 32

I. 5.Détermination de l’ammonium méthode au bleu d’indophénol..... 34

-la désinfection 35

1-effet bactéricide-effet rémanent 36

2-principaux types de désinfection 36

3-condition générale d’application : 37

4-contrôle de la désinfection : 37

5- Méthodes d’analyse bactériologique 37

Conclusion

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمِ



Introduction

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptible d'être présentes dans l'eau.

Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

La production d'eau potable correspond à l'action permettant de produire une eau propre à partir des eaux naturelles. Ces eaux nécessitent un traitement adéquat qui dépend fortement de la qualité des ressources.

Il existe trois ressources disponibles d'eaux naturelles :

- les eaux souterraines ([aquifère](#), [nappe phréatique](#), infiltration)
- les eaux de surfaces captives ou en écoulement ([Lacs](#), [étangs](#), [rivières](#), [fleuves](#))
- les eaux de mer et eaux saumâtres

Dans ce projet on s'intéresse aux eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement.

Mon stage a été effectué dans la station de traitement de l'eau d'Oued Sebou. Mon objectif est de connaître les différentes étapes de traitement de l'eau potable et de participer aux différentes analyses réalisées au sein du laboratoire régional de Fes afin de contrôler le traitement et la potabilité de l'eau.

Ce mémoire est organisé de la façon suivante :

La première partie décrit la station de prétraitement et de traitement de l'eau potable de l'Oued Sebou.

La deuxième partie traite les différentes méthodes d'analyses de l'eau effectuées au sein du laboratoire.

La troisième partie concerne la partie expérimentale décrivent le **procédé** de traitement des eaux de surface :

- ↳ Pré chloration
- ↳ Désinfection

I. Présentation de l'ONEP

L'ONEP est un établissement à caractère commercial et industriel, doté de la personnalité et de l'autonomie financière depuis 1995, placée sous la tutelle du ministère des travaux publics et soumis au contrôle du ministère des finances.

L'ONEP a été créée par dahir en 1929 sous le nom de REIP (Régie d'exploitation installation et planification), puis RFI (Régie d'exploitation et planification), et en fin le nom ONEP en 1972. (voir en annexe l'organigramme de L'ONEP).

1- Office National de l'Eau Potable de Fès :

L'alimentation en eau potable de la ville de Fès est assurée par l'ONEP et la RADEEF, alors que la distribution est assurée totalement par la RADEEF.

La production : L'ONEP de Fès recouvre 40% de la production actuelle de la ville de Fès

Les ressources : Les ressources utilisées par l'ONEP pour la production de l'eau potable sont :

- **Ressources souterraines :** principalement les forages situées dans la plaine du Saïs ; en nombre de 17.
- **Ressources superficielles :** les eaux d'Oued S

2- Complexe de production d'Oued Sebou :

Ce complexe comprend deux stations :

★ **La station de prétraitement :** située à Sebou : Sa mise en œuvre remonte à 1989, le rôle de la station est d'extraire l'eau brute et de diminuer le taux de matière en suspension jusqu'à une valeur inférieure à 2g/l et de la refouler jusqu'à la station de traitement.

★ **La station de traitement** Ain Noukbi est édifée le 19 mars 1987. La station assure :

Le traitement des eaux reçues de la station de prétraitement selon une série d'étapes.

- Le contrôle de la qualité des eaux traitées (dans le laboratoire régional).
- Refoulement des eaux vers le réservoir BAB HAM

2- Laboratoire régional de Fès :

Le Laboratoire régional de Fès procède dans le cadre du contrôle des eaux potables aux 3 types d'analyses définis par la norme marocaine, selon la nature du point d'eau à contrôler.

★ **Analyse de type I :** Comprend les paramètres bactériologiques et un nombre réduit de paramètres physico-chimiques.

★ **Analyse de type II :** En plus de l'analyse de type I, d'autres paramètres physico-chimiques et bactériologiques pouvant être liés à la contamination fécale des ressources en eau.

★ **Analyse de type III :** Comprend, en plus de l'analyse de type II, les paramètres organoleptiques, les éléments toxiques indésirables et les éléments majeurs autres que ceux déterminés pour l'analyse de type II.

En plus de ces analyses normalisées le laboratoire assure la surveillance du réseau d'approvisionnement en eau potable tout entier, de la prise d'eau brute jusqu'aux points de livraison aux consommateurs en passant par les ouvrages et les produits de traitement. Cette surveillance destinée à protéger la santé du consommateur est basée sur des Normes et règlements nationaux en vigueur régissant la qualité de l'eau potable avec recours, au besoin, aux Directives internationales.

Parallèlement à cette activité de contrôle et de surveillance de la qualité des eaux, le laboratoire régional de Fès développe d'autres activités aussi importantes que nécessaires notamment :

- La mise en place d'un système de contrôle de la qualité analytique .
 - Le contrôle des réactifs de traitement
 - Le contrôle des matériaux en contact avec l'eau.

★ Moyens matériels

Le laboratoire est doté d'un équipement moderne qui lui permet de procéder à la détermination de plusieurs paramètres. Ces déterminations sont réalisées sur des échantillons d'eaux (traitées, brutes), produits de traitement, etc....

Le laboratoire dispose de 4 salles:

- Une salle pour les analyses physico-chimiques(les méthodes volumétriques , potentiomètre ,Conductivité, turbidité).
- Une salle pour les analyses des paramètres par spectrométrie d'absorption moléculaire.
- Une salle pour les analyses des paramètres par spectrométrie d'absorption atomique.
- Une salle pour les analyses bactériologiques.

4-L'échantillonnage :

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être de qualité mais également représentatif de ce que l'on veut analyser.

Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon.

★ Matériau de l'échantillonnage :

La nature du matériau du récipient de prélèvement est importante, car celui-ci ne doit pas réagir avec l'eau à analyser : Passage en solution d'éléments chimiques entrant dans la composition du flacon ou fixation de certains ions de l'eau sur les parois du récipient...

★ Modifications possibles de l'échantillon

Le fait de prélever un échantillon d'eau et de le séparer de son milieu naturel entraîne des modifications plus ou moins importantes selon les paramètres. Certains peuvent être considérés comme stables à l'échelle de temps à laquelle on travaille, mais d'autres varient très rapidement : la température, la conductivité, le pH et les gaz dissous, enfin les nitrates et les sulfates.

Une variation de température entraîne une modification des constantes d'équilibres des éléments en suspension. Pour établir de nouveaux équilibres à la nouvelle température ambiante, diverses réactions chimiques se produisent qui peuvent entraîner la précipitation de sels, favoriser la mise en solution de gaz... Toutefois, une température basse (environ 4°C) bloque l'évolution des réactions.

La mise en contact avec l'air et la décompression est également responsable de changements au sein de la solution. Toute modification des équilibres chimiques, donc des proportions relatives des éléments dissous, entraîne un changement de conductivité. Le CO₂ en solution tend d'autant plus à s'échapper que la température de l'eau est plus élevée. Un départ de CO₂ peut provoquer la précipitation de carbonate, qui à son tour modifie le pH. Les nitrates et les sulfates peuvent être réduits par l'activité bactérienne.

★ Mesures in situ

La température, le pH, la conductivité, l'alcalinité et l'oxygène dissous doivent être mesurés in situ. En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions de milieu et susceptible de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site.



Chapitre 1

les procédés de traitement

I. Les procédés de traitement

1-Prétraitement de l'eau d'oued Sebou

C'est une étape de traitement qui permet d'extraire de l'eau brute la grande quantité des matières en suspension, des gaz ou autre qui gênent l'efficacité du traitement proprement dit, le prétraitement comporte un certain nombre d'opérations uniquement physiques ou mécaniques

La station de prétraitement est située près de OUED SEBOU à 2,5 Km de la station de traitement et elle est mise en service selon le taux des matières en suspension { M.E.S } . s'il est Inférieure à 2 g/l, l'eau brute est pompée directement vers la station de traitement si il est compris entre 2 g/l et 50 g/l l'eau passe d'abord par un prétraitement avant d'être Pompée vers la station de traitement. enfin, si la qualité de matière en suspension est supérieure à 50 g/l on fait arrêter les 2 stations de traitement et on a recours à la nappe de saïs pour alimenter en eau potable la ville de Fès.

1.1 - Dégrillage

Le dégrillage a pour rôle de faire passer l'eau à travers des grilles qui Retiennent les corps flottants et gros déchets, Il s'agit d'un système de protection de la station d'objets susceptibles de provoquer Un déboucheur dans les différentes unités de l'installation.

Donc l'eau passe à Travers une grille qui retient les éléments les plus gros : chiffons, morceaux de bois, plastiques, etc....



Photo 1 : une grille

1.2 Relevage

Le relevage permet le pompage de l'eau vers le déssableur, cette opération est assurée par 3 vis d'Archimède : un moyen de relevage particulièrement efficace très fiables et robuste .elle permet une régularité dans le débit d'alimentation de la station.



Photo2 : Opération de relevage dans la station de prétraitement

1.3 – Dessablage

Le dessablage est un prétraitement physique qui consiste à retenir les sables entraînés avec l'écoulement de l'eau.

Le dessablage concerne les particules de granulométrie supérieure à 200 μm , si la granulométrie est inférieure à 200 μm , on parle de débouage.



Photo 3 : Déssableur

1.4 – débouage

Les débourbeurs, comme leurs noms l'indiquent, permettent d'éliminer les boues, en laissant dans les eaux traitées une charge en M.E.S de l'ordre de 100 à 1000mg/l selon les cas.

A noter que ce type de traitement est surtout utilisé lorsque les eaux brutes dépassent 2 g/l en M.E.S



Photo 4 : Débourbeur

2. Traitement de l'eau d'oued Sebou

A pour but d'éliminer la turbidité, la pollution chimique et microbiologique par toute une série de transformation afin d'obtenir une eau potable destinée à l'alimentation humaine. Les principales étapes du traitement sont :

2.1 Pré chloration :

La Pré chloration s'effectue normalement sur l'eau brute, répond à de nombreux objectifs et présente de nombreux avantages notamment :

- Une oxydation des minéraux tels que : le Fer et le Manganèse.
- Une décoloration de l'eau.
- Une amélioration de la décantation.
- Empêche la prolifération des algues et des micelles sur la partie des bassins et permet leur Élimination par coagulation floculation....

Cependant, cette technique présente aussi certains inconvénients, les principaux sont :

- Les quantités élevées utilisés augmentent les coûts du traitement.
- La réaction du chlore avec certains produits présente dans l'eau (MO) provoque la formation de composés complexes appelés Trihalométhanes (THM) .Ces produits ne sont pas enlevés par la filière conventionnelle coagulation - floculation - décantation - filtration - désinfection - ces composés sont cancérigènes et ne devraient pas se trouver dans une eau de consommation avec des concentrations supérieures a 100 µg/l.

2.2 Coagulation –Floculation :

Les colloïdes sont des particules de très faible diamètre notamment responsables de la couleur et de la turbidité de l'eau de surface. En raison de leur très faible vitesse de sédimentation la seule solution pour éliminer les colloïdes est de procéder à une Coagulation floculation.

↳ La coagulation consiste à les déstabiliser en éliminant la charge électrostatique (négative) de manière à ensuite favoriser leur rencontre par addition de sulfate d'alumine (coagulant).

↳ La floculation est l'agglomération de particules déstabilisées en micro floc et ensuite en flocons plus volumineux que l'on appelle floccs. On peut rajouter un autre réactif appelé floculant pour faciliter la formation de floccs : le polyélectrolyte.

2.3 Décantation

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente des MES (rassemblés sous forme de floc après l'étape de coagulation –floculation). Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la pesanteur.

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 m³/h.

La décantation permet aux floccs de s'accumuler pour former de la boue qui devra être régulièrement extraite. Plus de 95% des matières en suspension sont éliminées lors de cette étape.

L'eau sera ensuite acheminée vers les filtres qui enlèveront les plus petites particules qui n'auront pas sédimenté ou décanté.



Photo 5 : Décanteurs

2.4 – Filtration

La filtration consiste à faire passer l'eau à travers un matériau poreux afin d'éliminer les matières en suspension restantes. Le type de filtration le plus répandu est la filtration sur sable.

L'eau à filtrer passe donc à travers le lit de sable et se débarrasse de floccs non éliminés par la décantation.

Ce traitement doit réduire la turbidité de l'eau à des valeurs inférieures ou égales à 0.5 NTU. (Unité de turbidité néphélométrique)



Photo 6 : filtre à sable



Photo 7 : L'eau filtrée

2.5. Désinfection

La désinfection est l'étape terminale du traitement de l'eau ; elle est essentielle pour la prévention des épidémies d'origine hydrique .elle a pour objectif d'assurer la destruction des micro-organismes pathogènes de l'eau.

Il existe plusieurs désinfectants : chlore, ozone, dioxyde de chlore, rayonnement UV,...etc.

Le choix d'un agent de désinfection dépend en premier lieu de son efficacité sur les micro-organismes pathogènes ; il doit assurer un taux résidu de désinfectant après le traitement pour éviter toute contamination : les qualités organoleptiques de l'eau doivent être respectées ainsi que le cout.

L'agent de désinfection utiliser dans la station de traitement d'ONEP de Fès est le chlore.

chapitre 2

ANALYSES physico-chimiques et bactériologiques

II. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques

Ces analyses sont effectuées quotidiennement sur les prélèvements au niveau de l'eau brute, l'eau décantée, l'eau filtrée ainsi que l'eau traitée.

1. Analyses physiques

1.1. Turbidité

La turbidité désigne l'état d'un fluide trouble, opaque à la lumière et /ou la teneur des matières en suspension qui absorbent, diffusent et /ou réfléchissent la lumière.

Son principe est basé sur la comparaison de l'intensité de la lumière diffractée (effet de Tyndall) par l'échantillon à celle de référence dans les mêmes conditions (longueur d'onde, angle entre le rayon incident et le rayon diffracté).

1.1.1. Mode opératoire

Avant d'effectuer les mesures on doit s'assurer de l'absence de bulles d'air et la propreté de la cuve, ensuite on remplit cette dernière avec l'échantillon bien homogène et on effectue des mesures rapidement.

1.2. Température

La température joue un rôle important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, elle conditionne les équilibres de dissociations. Elle agit sur la conductivité électrique et le pH, elle influe sur la densité, la viscosité la pression de vapeur saturante à la surface, la solubilité de gaz, les réactions chimiques et biochimiques l'effet des enzymes et la teneur en oxygène dissout.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement une sonde de température intégrée.

1.3. pH

La mesure du pH d'une eau se fait par mesure potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre, en déterminent l'activité des ions hydrogènes par utilisation d'une électrode de verre et d'une électrode de référence au calomel plongeant dans un même échantillon. La différence de potentiel existant entre les deux électrodes, est une fonction linéaire du pH.

Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ par la relation de NERNST :

$$E = E_0 + 2.3026 (RT / F) \log (a_{H^+})$$

- E: force électromotrice (volt)
- E₀: constante dépendant de l'électrode de référence choisie
- T : température absolue (K)
- R: constante des gaz parfaits
- F: constante de Faraday (96500 coulombs)
- a_{H⁺}: activité des ions H⁺

On peut classer les eaux selon leurs pH suivant le tableau suivant :

Tableau de classification des eaux selon leur pH

pH < 5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée : majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines

pH = 8

Alcalinité forte, évaporation intense

1.4. Conductivité

- définition

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques. Elle est fonction de la concentration totale en ions, de leur mobilité, de leur valence, de leur concentration relative et de la température. L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m), mais dans le cas de l'eau on utilise généralement le micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

- principe

La mesure de la conductivité est basée sur le principe du pont de Wheatstone qui mesure la résistance R (en ohms) d'une colonne d'eau de section S (en centimètres carrés) et de longueur L (en centimètre) entre deux électrodes en platine (ou recouvertes de noir de platine) disposées parallèlement.

Connaissant la résistance R on déduit la résistivité électrique (en ohms /centimètres) par la formule :

$$\rho = R * (S / L)$$

La relation entre la résistivité et la conductivité à une température donnée est la suivante :

$$\text{Conductivité } (\mu\text{S}/\text{cm}) = 1\,000\,000 / \text{résistivité}$$

2. Analyses chimiques

2.1. Alcalinité

L'alcalinité des eaux est essentiellement due à la présence des ions hydroxydes (OH^-), des bicarbonates (CO_3^{2-}) et des hydrogénocarbonates (HCO_3^-).

On distingue le titre alcalimétrique TA le titre alcalimétrique complet TAC.

2.1.1. Titre alcalimétrique TA

Le titre alcalimétrique TA correspond à la neutralisation des ions hydroxydes (OH^-) et la transformation de la moitié des ions bicarbonates (CO_3^{2-}) en hydrogénocarbonates (HCO_3^-) par un acide fort en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine)

Les réactions mises en jeu sont :



D'où : $\text{TA} = 1/2 [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$ (en még/l)

2.1.2. Titre alcalimétrique complet TAC :

Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la neutralisation des ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.

Les réactions misent en jeu :





$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] \text{ (en m\acute{e}q/l)}$$

↪ Réactifs:

- Une solution d'acide chlorhydrique HCL N/10
- Une solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- Les indicateurs colorés : la phénophtaléine et l'hélianthine

↪ Mode opératoire:

On introduit 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer, puis on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine.

• S'il y a apparition d'une coloration rose, c'est-à-dire que le $\text{pH} > 8,3$, on passe au dosage avec HCL jusqu'à la décoloration, on note le volume versé. Cette décoloration de la solution par l'acide chlorhydrique correspond à la neutralisation des ions OH^- et la transformation de la moitié des ions CO_3^{2-} en HCO_3^-

- Au cas où la coloration n'apparaît pas, le $\text{pH} < 8,3$, le TA est nul.

Dans le même échantillon ayant servi pour la détermination de TA on ajoute l'hélianthine la solution devient jaune, ensuite on fait le titrage par HCL N/10 jusqu'au virage du jaune au jaune orangé de la solution.

↪ Expression de résultats :

$$\text{TA (en m\acute{e}q/l)} = V \text{ (ml)}$$

$$\text{TAC (en m\acute{e}q/l)} = V' \text{ (ml)}$$

Avec :

V : le volume de HCL en ml versé pour la détermination de TA.

V' : le volume de HCL en ml versé pour la détermination de TAC.

2.2- Oxydabilité :

- définition

Oxydabilité au permanganate de potassium ou indice permanganate d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en mg/l cédée par l'ion permanganate (MnO_4^-) et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau.

- principe

Oxydation, par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition (13min), des matières oxydables contenues dans l'échantillon.

Réduction du permanganate de potassium par de l'oxalate de sodium et titrage en retour de l'excès d'oxalate de sodium par le permanganate de potassium.

↪- Méthode en milieu acide à chaud :

Les matières oxydables contenus dans l'eau à analyser sont oxydées par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à chaud pendant 13 min ensuite le KMnO_4 est réduit par l'acide oxalique en excès, et on effectue un dosage en retour de cet excès par le KMnO_4 .

On peut avoir les réactions suivantes :



La réaction de dosage est :



↳ - Mode opératoire :

On porte à ébullition 100 ml d'eau additionnée de 2 ml d'acide sulfurique de 95% à 97% et on ajoute 10 ml de permanganate de potassium N/100 et on maintient à ébullition pendant 13 min exacte. On refroidit rapidement et on fait la réduction des ions MnO_4^- en Mn^{2+} par une solution de l'acide oxalique N/10, et on titre ensuite l'excès de l'acide par le permanganate de potassium N/100.

↳ Expression de résultats :

La quantité d'oxygène nécessaire est donnée par l'expression :

$$\text{Oxydabilité (mg/l)} = \text{Tb} \times 0,8$$

Avec **TB** : Volume versé de KMnO_4 en ml

2.3-Dureté de l'eau :

- définition

La dureté totale est la concentration en ions Ca^{2+} , Mg^{2+} et autres ions bivalents et trivalents.

La dureté calcique est la concentration en ion Ca^{2+} d'une eau.

- principe

Le calcium et le magnésium présents dans l'eau sont complexés par l'éthylène diamine tétra acétique(EDTA).le noir ériochromeT qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté totale.

L'acide calcon carboxylique est utilisé comme indicateur pour le dosage du calcium. Le magnésium est précipité lors du dosage sous forme d'hydroxydes et n'interfère pas.

2.3.1. Dureté totale ou titre hydrométrique

↳ Mode opératoire :

À 100 ml d'eau à analyser, on ajoute 5 ml de solution tampon ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), une petite spatule d'indicateur de noir ériochromeT et on titre avec la solution complexométrique (EDTA) jusqu'au virage du rouge au bleu royal.

↳ Expression des résultats:

$$\text{TH} = \text{V} \times 2 \text{ en } (^\circ\text{F})$$

Avec V : est la tombée de burette de la solution complexométrique (EDTA).

$^\circ\text{F}$: degré français

2.3.2. Dureté calcique

↳ Mode opératoires:

À 100 ml d'eau on ajoute 5 ml de la solution tampon NaOH , une petite spatule d'indicateur coloré (calcon), puis on titre au moyen de la solution EDTA jusqu'au virage du rose au bleu.

↳ Expression des résultats:

$$[\text{Ca}^{2+}] = \text{V} \times 8 \text{ en (mg/l)}$$

Avec V : est la tombée de burette de la solution complexométrique (EDTA)

2.3.3. Ion Mg^{2+} :

$$[\text{Mg}_2^+](\text{mg/l}) = (\text{TH (meq/l)} - [\text{Ca}^{2+}] (\text{meq/l})) \times 12.15$$

2.4 - Chlore résiduel :

- définition

↳ chlore résiduel libre :

Le chlore résiduel, suivant la valeur du pH peut être sous forme d'acide hypochloreux ou d'hypochlorite ou les deux à la fois. Le chlore résiduel peut être aussi sous forme de dioxyde de chlore(ClO_2), quand ce dernier produit est utilisé pour la désinfection.

↳ chlore résiduel total :

C'est la somme du chlore libre et du chlore résiduel sous forme de chloramines.

↳ chlore résiduel combiné :

Différence entre chlore résiduel total et chlore résiduel libre, correspond au chlore sous forme de chloramines.

↳ chlore absorbé :

Il s'agit du chlore ayant réagi avec des composés minéraux ou organiques et ayant perdu tout pouvoir désinfectant.

- principe

Dosage du chlore libre :

Réaction directe avec DPD, formation d'un composé rouge à pH compris entre 6,2 et 6,5 et mesurage de l'intensité de la couleur Par comparaison visuelle de la couleur avec une échelle d'étalons permanents ou au moyen d'un spectromètre.

3-analyse bactériologique :

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence de bactéries, pathogènes, responsables d'infections humaines redoutables.

↳ Germes recherchés :

Dans l'analyse bactériologique de l'eau potable, on cherche actuellement un certain nombre de bactéries dont l'existence dans l'eau peut être considérée comme indice de contamination fécale :

- Coliformes fécaux (C.F)
- Coliformes totaux (C.T)
- Streptocoques fécaux (S.F)

3-1- Définitions :

Coliformes fécaux : Ce groupe est exclusivement d'origine fécale raison pour laquelle il est considéré comme le groupe le plus important parmi les indicateurs de pollution fécale.

Coliformes totaux : ayant les mêmes propriétés à 37°C que les bactéries coliformes fécaux.

Streptocoque fécaux : ce sont très résistants dans les eaux que les coliformes et donc plus durables ce qui permettrait de détecter des contaminations anciennes. Cette forte résistance des streptocoques fécaux pourrait être comparable à celle des virus, et par conséquent, ce groupe pourrait ainsi mieux représenter une contamination virale.

3-2- Prélèvement :

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un flacon stérilisé, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, ou variation de la qualité et de la quantité des bactéries présentes lors du prélèvement.

Cette analyse a pour but de mettre en évidence la présence de bactéries pathogènes responsables d'infections humaines redoutables.



Germes recherchés

Dans ces analyses on cherche un certain nombre de bactéries dont l'existence dans l'eau peut être considérée comme indice de contamination fécale :

- **Echérichiacolie (E. coli) :** est d'origine fécale la raison pour laquelle elle est considérée comme la bactérie la plus importante parmi les indicateurs de pollution fécale.
- **Bactéries coliformes :** ayant les mêmes propriétés à 37°C
- **Entérocoques intestinaux :** ils sont les plus résistants dans les eaux que les coliformes et donc plus durables ce qui permettrait de détecter des contaminations anciennes.

Cette forte résistance des entérocoques intestinaux pourrait être comparable à celle des virus, et par conséquent, ce groupe pourrait mieux représenter une contamination virale.



Méthodes d'analyses

Membrane filtrante pour les eaux traitées

- **Dénombrement par filtration**
 - 1) Filtration de 100ml
 - 2) Récupération de la membrane
 - 3) Dépôt sur un milieu approprié : TERGITOLE et SLANELTZ
 - 4) Incubation à la température requise :
 - E. coli et Enté roques intestinaux ► incubation à 37°C
 - Bactéries coliformes ► incubation à 44°C
 - 5) dénombrement des colonies typiques

Lecture des résultats

E coli et Entérocoques intestinaux ► colonies jaunes ou jaunes orangées
Bactéries coliformes ► colonies rouges violettes ou roses



Nombre le plus probable pour les eaux brutes

Dénombrement sur milieu de culture liquide

Le dénombrement des bactéries su milieux liquides est basé sur la technique du nombre le plus probable(NPP).il s'agit d'une technique de dénombrement indirecte par calcul statistique après répartition de l'inoculum dans un milieu de culture liquide.

✓ Test présomptif

Recherche des Echerichiocolis et des bactéries coliformes en milieu lauryl sulfate, et recherche des entérocoques intestinaux en milieu Roth.

- 1) prendre l'échantillon analysé
- 2) faire des dilutions successives au 1/10avec l'eau physiologique stérile
- 3) incuber les tubes a 37°C pendant 48 h.

Lectures des résultats

Présence de gaz +trouble ► echerichiocolies et bactéries coliformes

Présence de trouble ► Entérocoques intestinaux

✓ Test confirmatif

Les résultats des tubes présomptifs sont incubés sur :

Coliformes ► E. coli sur E.C medium ► incubation à 44°C (24h)

Coliformes ► bactéries coliformes sur vert brillant ► incubation à 37°C(48h)

Entérocoques intestinaux ► sur litsky ► incubation à 37°C(48h)

Lecture des résultats

Présences de gaz +trouble ► Echerichiocolies et bactéries coliformes

Présence de dépôt bleu ► Entérocoques intestinaux

Chapitre 3

Etude expérimentale de la pré chloration et de la désinfection

Dans cette partie expérimentale, nous allons étudier et expliquer le rôle et l'évolution de chlore dans l'eau au cours des deux étapes le pré chloration et la désinfection.

Cette partie expérimentale comprend :

- ✓ Détermination de degré chloromérique
- ✓ Détermination de break point
- ✓ Etude des paramètres physico-chimiques influencent sur l'efficacité de chlore
- ✓ L'efficacité du chlore sur l'ammonium et les composés aminés
- ✓ La désinfection par le chlore

I.

Généralités sur la Pré chloration

La pré-chloration est lorsque le chlore est ajouté presque immédiatement après l'entrée d'eau dans l'usine de traitement. Lors de l'étape de pré-chloration, le chlore est habituellement ajouté directement et on l'introduit dans un mélangeur instantané (malaxeur assurent le mélange uniforme du chlore). Le chlore est ajouté pour éliminer les algues et d'autres formes de vie aquatique pour qu'ils ne causent pas de problèmes au stade avancé de traitement. La pré-chloration dans le mélangeur instantané enlève l'odeur et le goût et contrôle la croissance biologique partout dans le système de traitement. Le chlore oxydera aussi le fer, le manganèse et/ou le sulfure d'hydrogène qui est présent lors du processus de sédimentation.

1. Chloration

Le chlore ajouté directement à l'eau est sous formes gazeux .il est jaune verdâtre et très toxique. Il est plus lourd que l'air et descendra donc vers la terre s'il est libéré de son récipient.

Quand le gaz-chlore (Cl₂) est ajouté à l'eau (H₂O) cela produit de l'acide hypochlorite (HOCl) et l'acide hypochlorite qui se dissociera en ions (ClO⁻) et ions d'hydrogène (H⁺)



Puisque des ions d'hydrogène sont produits, l'eau deviendra plus acide (le pH diminuera). La quantité de dissociation dépend du pH de l'eau original. Si le pH de l'eau est au-dessous de 6,5, presque aucune dissociation ne s'effectuera et l'acide hypochloreux dominera. Un pH au-dessus de 8,5, provoquera une dissociation complète du chlore et les ions d'hypochlorite domineront. Il y aura présence d'ions d'acide hypochloreux et hypochlorite, si le pH se situe entre 6,5 et 8,5. Ensemble, l'acide hypochloreux et les ions d'hypochlorites, sont appelés chlore résiduel. L'acide hypochloreux est le désinfectant le plus efficace, donc un pH inférieur est préférable pour la désinfection.

2. Les avantages de chlore

- Le chlore est un produit désinfectant et oxydant pour l'eau. Il empêche la formation d'algues et élimine les bactéries. Son pouvoir désinfectant est le plus efficace des traitements proposés.
- Le chlore est simple d'utilisation: Vous le trouverez en galet, en pastilles, en poudre ou liquide
- son coût peu élevé
- sa facilité de mise en œuvre
- sa capacité d'éliminer certains composés organiques
- son effet rémanent
- ses propriétés organoleptiques

2. Les inconvénients de chlore

Comme tout produit chimique, le chlore est oxydant.il peut avoir des effets désagréables pour les baigneurs et les consommateurs: irritation des yeux, odeur forte de chlore.

- Son efficacité décroît avec l'augmentation du pH d'ou l'intérêt de régler correctement son pH.
à pH= 6 efficacité du chlore à 85%
à pH=7 efficacité du chlore à 75%
à pH=8 efficacité du chlore à 20%
- le chlore doit être en quantité suffisante mais sans excès si non on aura la formation des chloramine : réaction entre le chlore et l'ammoniac
- Formation des sous produits : haloformes, trihalométhanes (chloroformes, bromoformes, dibromochlorométhane, bromodichlorométhane). Certains de ces

produits sont considérés comme pouvant présenter des risques pour la santé de l'homme.

3. Les Sous-produits de désinfection Types

a. Les différents types de sous-produits de la désinfection

Tous les désinfectants chimiques entraînent la formation de sous-produits de désinfection. Cependant, tous les sous-produits de désinfection n'ont pas été identifiés. Lorsque l'on utilise du chlore, des centaines de sous-produits de désinfection peuvent être formés. La composition de l'eau détermine quels types de sous-produits de désinfection seront formés. La teneur en Carbone Organique Total (TOC) indique le niveau des prédecesseurs de désinfection et la concentration des sous-produits de désinfection qui seront éventuellement formés. Les sous-produits de désinfection peuvent être volatils et hydrophobes. Il y a aussi des sous-produits de désinfection non-volatils et hydrophiles, contenant des substances aromatiques et aliphatiques. La plupart des recherches ont été effectuées sur les sous-produits de désinfection chlorés à cause de l'utilisation intensive de chlore en tant que désinfectant de l'eau potable.

b. Que sont les trihalométhanes?

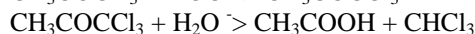
Les trihalométhanes (CHX_3) furent parmi les premiers sous-produits de désinfection à être découvert dans l'eau chlorée. Ces substances sont formées durant la désinfection au chlore et la désinfection par des produits chlorés. Les trihalométhanes peuvent être des trichlorométhanes (chloroforme, CHCl_3), des bromures de méthylène (BDCM, CHBrCl_2), des chlorures de méthylène (CHBr_2Cl) et des tribromométhanes (bromoformes, CHBr_3). Bien que ces substances soient composées de méthanes chlorés ou bromés, ils ne sont pas formés par la réaction entre le chlore et le méthane. Les substances se forment lors des réactions entre le chlore et la matière organique de l'eau.

La concentration en trihalométhane dans l'eau de surface en été est supérieure à celle en hiver. Ceci est dû à la hausse de la température et de la teneur en matière organique de l'eau. Les concentrations en trihalométhane dans l'eau de surface sont généralement supérieures à celles des eaux souterraines. Ceci est dû aux variations de types de matières organiques de l'eau.

Quand le brome est présent, les tribromométhanes sont plus faciles à former. Chaque pays ont des teneurs différentes en trihalométhane dans leurs eaux potables.

Les essais en laboratoire montrent que les trihalométhanes se forment lors de la réaction entre l'acétone (un sous-produit de l'ozone) et le chlore. L'acétone est immédiatement oxydée en trichloropropanone. Quand la valeur du pH est élevée, l'hydrolyse peut former du chloroforme avec l'acétone.

b.1. Mécanisme de réaction:



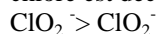
Lorsque le brome est présent, le propanone bromé est formé, entraînant la formation de trihalométhanes. Les trihalométhanes sont formés durant les réactions d'hydrolyses de différents sous-produits de désinfection trihalogéniques et de produits de transition, tels que les trihaloacetonitriles, trihaloacetaldehydes et acides acétiques trihalobromés.

b.2. Quels sont les effets sur la santé causés par les trihalométhanes?

Les trihalométhanes sont suspectés d'endommager le foie, les reins et le système nerveux central. Ils ne sont aussi pas considérés comme cancérogènes.

c. Qu'est ce que le chlorite?

Le chlorite (ClO_2^-) est un sous-produit de désinfection par le dioxyde de chlore. Quand le dioxyde de chlore est décomposé, le chlorite est formé:



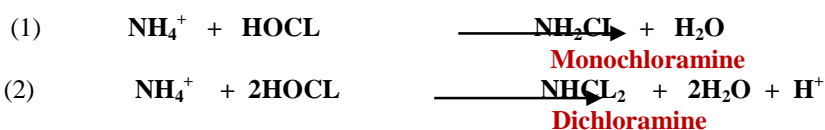
De nombreux réactions complexes masquent la formation de chlorite lors de la dissolution du dioxyde de chlore. Le chlorite est suspecté de causer l'anémie chez les jeunes enfants et peut affecter le système nerveux.

d. Les chloramines

Résultent de l'action du chlore sur l'ammoniac ou l'ion ammonium (NH_4^+). Les chloramines sont utilisées comme désinfectant secondaire dans certains pays. Elles ont un pouvoir germicide inférieur à celui de chlore. Elles constituent donc un très bon complément au chlore.

En présence d'ammonium ou de composés organiques aminés (ex: R-NH₂), le chlore forme, par substitution, des chloramines. Suivant la quantité de chlore et le pH, on aura des mono, di ou trichloramines.

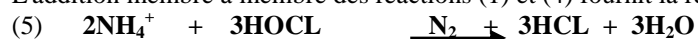
Avec l'ammonium, on a les réactions suivantes:



A pH supérieur à 7 (cas de la plus part des eaux naturelles), il se forme presque uniquement de la monochloramine. Lorsque la réaction (1) est terminée, un excès de chlore la détruit :



L'addition membre à membre des réactions (1) et (4) fournit la réaction globale :



Lorsque la réaction (5) est terminée, le chlore ajouté en excès se trouve sous forme de chlore libre (HOCl + OCl⁻)

Au niveau de laboratoire on détermine la dose de chlore à injecter par l'eau de javel utilisé à cause de son efficacité et de sa facilité de mise en œuvre et aussi par ce qu'il contient du chlore.

Avant effectuer la demande en chlore il faut d'abord titrer l'eau de javel, cette méthode est appelée degré chlorométrique.

I. 1-degré chlorométrique

a- Principe :

En milieu acide, l'hypochlorite est décomposé avec dégagement de chlore qui déplace l'iode d'une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré est dosé par une solution titrée de thiosulfate de sodium (méthode de bunsen).

b- Réactifs:

- ↺ Solution d'iodure de potassium à 10% exempte d'iode libre.
- ↺ Solution d'acide acétique à 9N.
- ↺ Solution de thiosulfate de sodium N/10.
- ↺ Empois d'amidon

c- Mode opératoire:

↺ On introduit successivement dans un erlenmeyer 1ml d'eau de javel à titrer (ou un volume supérieur pour des solutions diluées), 10 ml de solution d'iodure de potassium, et 10 ml de solution acétique.

↺ On titre l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium N/10 jusqu'à coloration jaune paille, on ajoute alors 10 gouttes d'empois d'amidon. On continue le dosage, goutte à goutte, jusqu'à décoloration.

d-Les réactions mises en jeu

L'eau de javel formée essentiellement de chlore réagit avec l'acide acétique selon la réaction suivante :



Les équations d'oxydoréduction sont les suivantes: (l'apparition la couleur brune dû à la présence de I₂)



D'après ces deux équations on obtient l'équation globale:



C'est une méthode indirecte qui nous permet de connaître Cl₂ à partir de I₂ puisque $n(\text{Cl}_2) = n(\text{I}_2)$ d'après l'équation précédente.

On titre par thiosulfate de sodium jusqu'à la décoloration (l'incolore dû à la présence des ions I⁻)

Les équations apparentes sont les suivantes :



L'équation globale est la suivante :



e- Expression des résultats :

Si la tombée de burette (**Tb**) représente le volume exprimé en millilitres de thiosulfate de sodium N/10 utilisés alors :

Tb * 3,55 donne le poids en grammes de chlore par litre.

On a d'après la réaction globale :

$$n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = n(\text{I}_2)$$

$$N_1 \text{ (normalité de CL}_2\text{)}$$

$$n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = n(\text{CL}_2)$$

$$V_1 \text{ (1ml)}$$

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$V_2 \text{ (tombé de burette)}$$

$$N_1 = 0.1 V_2 \text{ (eq/l)}$$

$$C = N / P$$

$$[\text{CL}_2] = (0.1 * \text{Tb}) / 2$$

$$[\text{CL}_2] = 5 \cdot 10^{-2} \text{ Tb (mol/l)}$$

Et on a $M(\text{CL}) = 35.5 \text{ g/mol}$

Donc la concentration massique est

$$C = [\text{CL}_2] M \text{ (CL)}$$

$$= 5 \cdot 10^{-2} * \text{Tb} * 71$$

$$C = 3.55 * \text{Tb (g/l)}$$

Tb * 1,12 donne le degré chlorométriques français de l'hypochlorite considéré.

Remarque:

- La présence de chlorates qui accompagnent le plus souvent les hypochlorites, provoque la libération d'une quantité d'iode supplémentaire d'où une erreur par excès.

On a effectué la mesure de ce paramètre pendant 8 jours :

e-1- Les résultats

Tableau N°1 : degré chlorométriques

Date	CL ₂ (g/l)
03.05.2011	21.50
10.05.2011	21.22
12.05.2011	20.94
13.05.2011	20.59
16.05.2011	19.52
17.05.2011	18.46
20.05.2011	17.75

e-2-Interprétation des résultats :

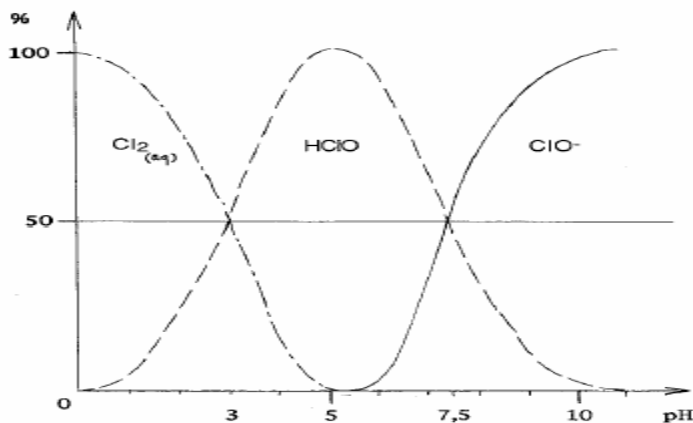
La teneur en Cl_2 diminue pendant la durée de stockage car l'eau de javel a été conservée dans un flacon en plastique transparent et exposé à la lumière. Pour cela la conservation de ce produit chimique doit être effectuée dans des flacons en plastique opaque à l'abri de la lumière et de la chaleur.

Cette diminution est traduite par le dégagement de Cl_2

I. 2-Les paramètres influençant sur l'efficacité de la chloration de l'eau sont :

L'efficacité de la chloration dépend de la composition microbienne de l'eau, de la quantité de chlore mise en œuvre, du temps de contact et de la forme chimique de chlore qui dépend elle-même du pH, de la température de l'eau d'une part, de la nature et de la quantité des composants minéraux et organique (turbidité) d'autres part :

2-1-Le potentiel hydrogène :



à $\text{pH} < 2$ le chlore est sous forme moléculaire Cl_2 dissoute

à $2 < \text{pH} < 5$ le chlore se dissocie

Un équilibre se crée entre la forme Cl_2 et HOCl

à $5 < \text{pH} < 9$ l'acide hypochloreux HOCl se dissocie.

Un équilibre se crée entre la forme HOCl et ClO^- (ion hypochlorite)

à $\text{pH} > 9$ le chlore se trouve sous la forme unique ClO^-

Pour un effet rapide du chlore et une économie en produits, il convient de traiter l'eau à des valeurs de pH proches de la neutralité.

2-2-La température

Est très important à prendre en considération pour favoriser l'activité biocide de chlore. L'hydrolyse de chlore s'effectue avec une grande rapidité.

2-3-La turbidité

Favorise l'adhésion des bactéries aux particules en suspension, ce qui tend à limiter l'action de chlore aux doses usuelles. Donc il devient indispensable de réduire la turbidité par un traitement approprié avant de mettre en œuvre une désinfection par le chlore : La turbidité devra être en permanence inférieure à 1 NTU (unité de turbidité au néphélométrie).

Le maintien d'une concentration de **0.5 mg/l** de chlore libre permet d'éliminer les bactéries pathogènes.

L'eau traitée doit ensuite partir dans le réseau avec une teneur résiduelle d'au moins 0.5mg/l de chlore libre, afin de protéger le réseau de distribution contre les reviviscences bactériennes et les micros invertébrés (protozoaires, nématodes)

I. 3-Demande en chlore:

3-1 Détermination de break point:

Ajouté à l'eau brute ou impure, le chlore réagit avec les matières organiques et l'ammoniaque ou des amines qu'il oxyde mais qui réduisent et même annihilent son pouvoir stérilisant. Pour qu'il soit bactéricide, il faut donc en ajouter en excès. C'est-à-dire assez pour qu'il en reste, après réaction avec les différentes substances présentes.

Le break point ou point de demande en chlore correspond à la dose nécessaire à la formation, puis à la destruction des composés chlorés. Au-delà de ce point, il y a présence de chlore résiduel libre.

Le pré-chloration au-delà de break point peut présenter des inconvénients car il se forme des chlorures trihalométhane ou haloformes si ils sont avec des concentrations élevées peuvent avoir des effets nocifs pour la santé.

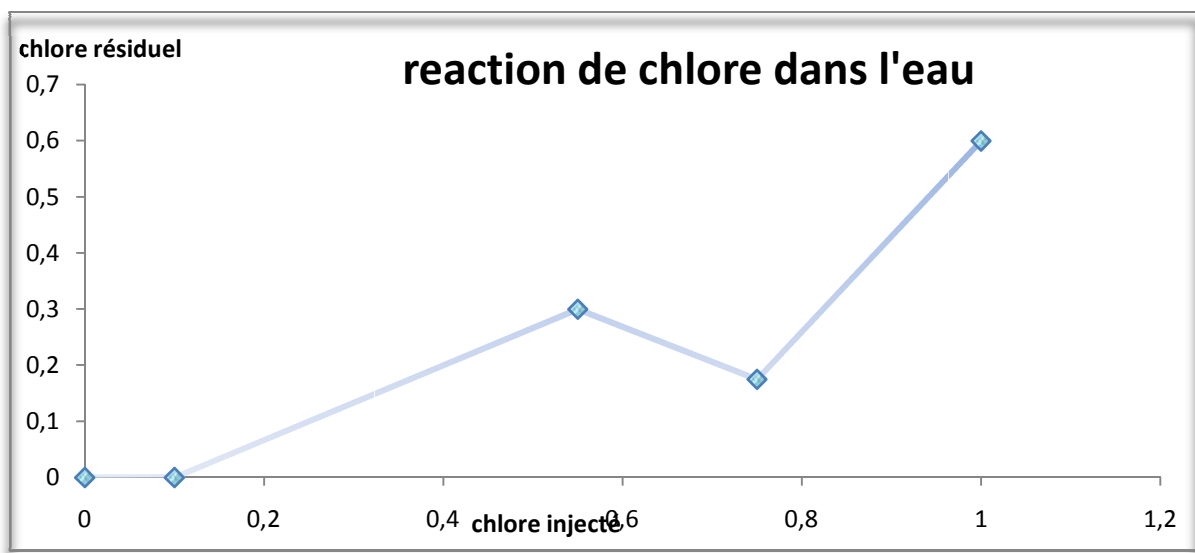


Figure N°3 : réaction du chlore dans l'eau

3-2 Interprétation de la mesure du break-point

Suivant la qualité de l'eau brute et pour une gamme très étendue de doses de chlore, on peut mettre en évidence une suite de réactions décrites ci-dessous.

La zone entre 0 et 0.1 : c'est la zone où la totalité du chlore se combine aux matières organiques. Il n'y a pas de chlore résiduel.

La zone entre 0.1 et 0.55 : le chlore forme des chloramines avec l'ammoniaque de l'eau et des composés organiques avec les matières organiques. La teneur en chlore résiduel combiné croît avec les doses de chlore ajoutées.

La zone entre 0.55 et 0.78 : correspond à la destruction des chloramines et des composés organiques. À des doses de chlore croissantes correspondent des doses de chlore résiduel décroissantes. Apparition du break point.

La zone entre 0.78 et 1.15 : les réactions de la 3eme zone sont terminées. Le chlore résiduel libre croît avec le chlore ajouté. Du chlore résiduel combiné peut persister sous forme de composés non oxydables par le chlore résiduel libre. Toute l'ammoniaque est transformée en azote gazeux.

En résumé, lorsque introduit dans une eau des doses croissantes de chlore et que l'on recherche, après un laps de temps de contact de 1 à 2 h, la dose de chlore résiduel n'augmente pas régulièrement mais passe par un maximum, décroît, passe par un minimum puis croît ensuite régulièrement. C'est le point minimum de la courbe qui correspond au break point ou point de rupture. Il est noté que plus l'eau contient de matières organiques, plus le break point élève et peut atteindre 50 à 100 mg/l (cas exceptionnels). Par contre, une eau pauvre en matières organiques n'a pas de break-point.

a- Principe:

On introduit dans un échantillon d'eau des doses croissantes de chlore. On recherche au bout d'une demi-heure, la dose de chlore résiduel libre. On détermine le break point à partir de la courbe.

b- Mode opératoire:

On diluera la solution d'hypochlorite, ou l'eau de javel, avec de l'eau distillée de façon à avoir une solution à 0,1 g/l.

On prépare 10 (ou d'avantage) de flacon en verre de volume, que l'on numérote. On introduit dans chacun de flacons de 100 ml d'eau à analyser à la burette, des quantités connues de solutions chlorées, croissantes de flacon en flacon, de façon à avoir des concentrations choisies en chlore actif (voir tableau ci après).

On laisse les flacons à l'obscurité pendant 30 min après l'avoir bouchés et agités.

Au bout d'exactly 30 min on dose le chlore résiduel avec un comparateur par introduction des réactifs colorimétriques habituels (l'orthotolidine ou DPD)

On construit une courbe en portant en abscisse la concentration choisie en chlore actif introduit, et en ordonné la concentration en chlore résiduel au bout de 30 min.

c- Résultat:

c-1 Titre d'eau javel :

On trouve la tombée de burette $V = 5.2$ ml

$$\text{Titre d'E J} = 5.2 * 3.55 = 18.45 \text{ g/l}$$

$$\text{Degré d'E J} = 5.2 * 1.12 = 5.82 \text{ °F}$$

On veut préparer au début une solution fille de concentration de 1 g/l

$$\text{Avec } C_1 = 18.45 \text{ g/l}$$

$$18.45 * V_1 = 1 * 100$$

$$V_1 = 5.42 \text{ ml}$$

Donc on prend 5.2 ml d'eau de javel et on complète à 100 ml et on obtient une solution de 1 g/l

On va préparer à partir de concentration de 1 g/l une solution de concentration de 0,1 g/l

Pour cela on prend 10 ml de la solution précédemment préparé :

$$1 * V' = 0.1 * 100$$

$$V' = 10 \text{ ml}$$

Donc on a préparé la solution d'hypochlorite pour déterminer le break point

On dose le chlore résiduel avec **DPD**, on trouve:

DPD : la diéthylparaphénylènediamine, c'est un réactif sous forme de pastille donnant une couleur rose-rouge en présence du chlore.

c-2 Les résultats des essais de demande en chlore

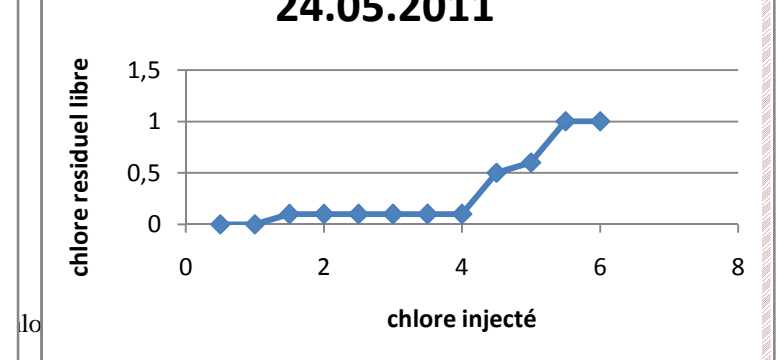
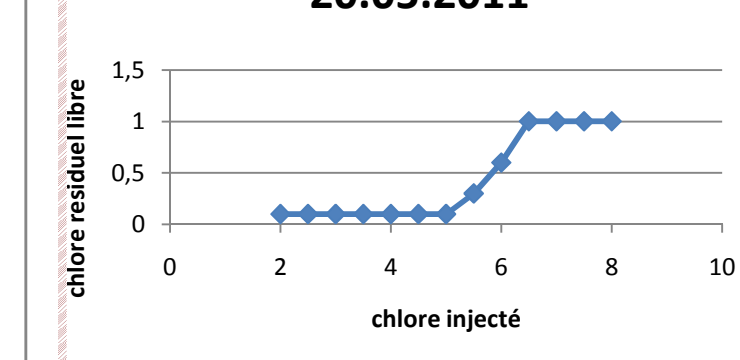
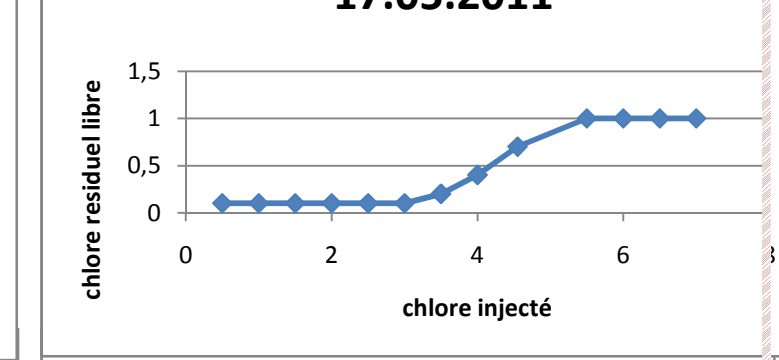
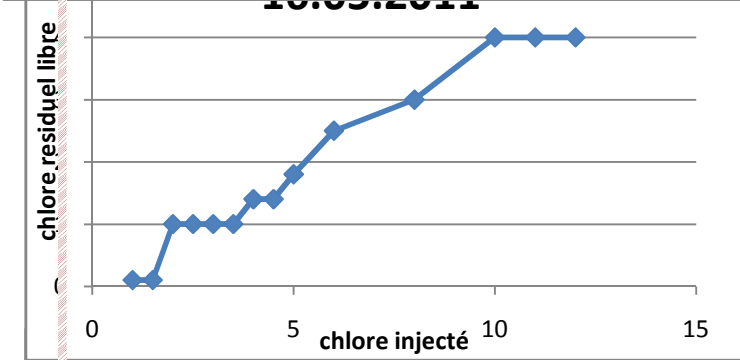
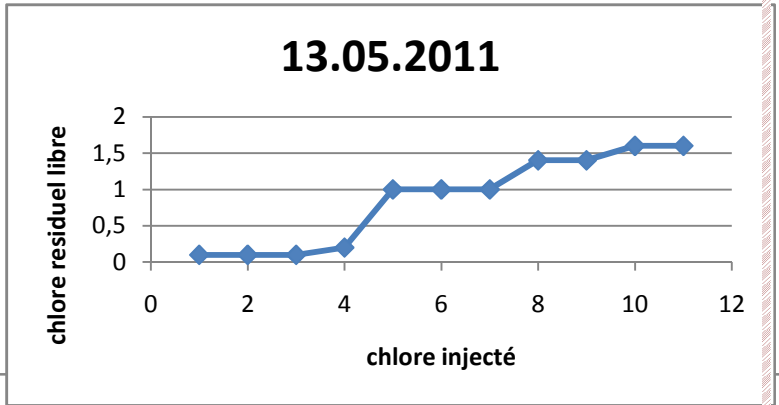
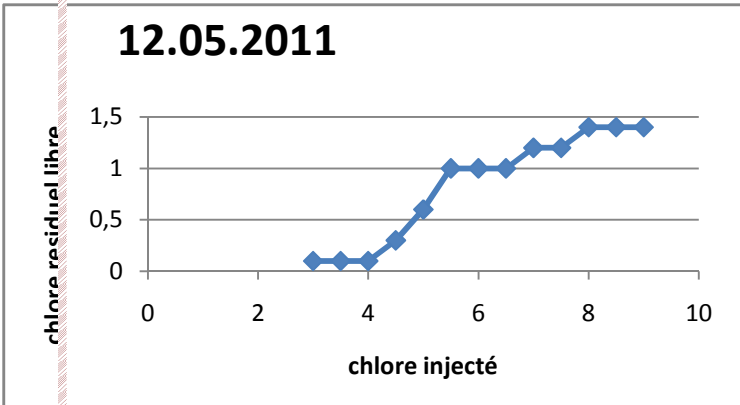
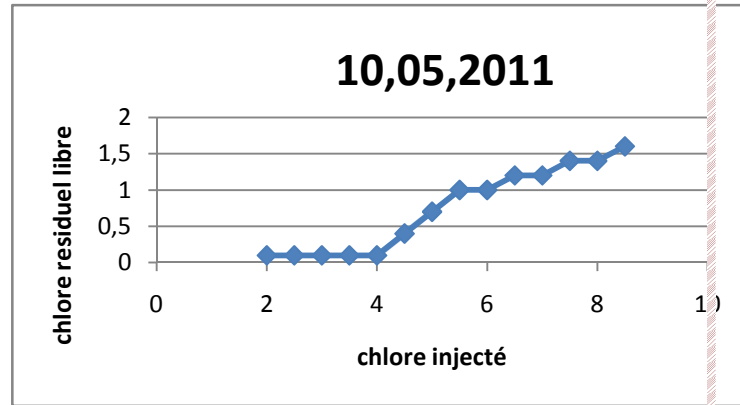
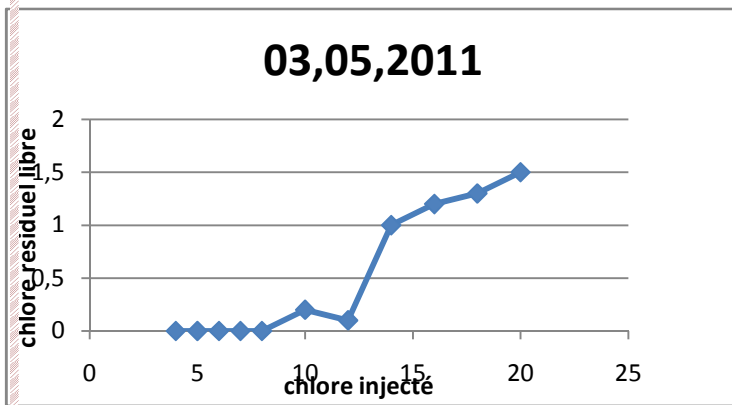


Tableau N°2 : break point pendant 8 jours de mois mai

Date	Break point
03.05.2011	14
10.05.2011	6.5
12.05.2011	6.5

13.05.2011	7.5
16.05.2011	4.5
17.05.2011	3.5
20.05.2011	5
24.05.2011	5.5

c-3 Interprétation des résultats :

On voit d'après ces résultats que le break point dans les jours du 10,12 et 13 sont élevés et dans les jours 16 et 17 le break point diminue de 7.5 jusqu'à 3.5

Dans les jours 20 et 24 le break point augmente légèrement et se stabilise à 4.5mg/l ce changement de break point dû à plusieurs paramètres qui influent sur ce point de rupture.

Le 03.05.2011 c'est le jour de la cru c'est pour ça que la dose de chlore à ajouter a augmenté jusqu'à 14mg /l.

Suite à ces résultats nous avons proposé d'étudier les paramètres influençant la valeur du break point durant la même période.

Analyses d'eau brute

Tableau N°3 : Analyse physico-chimique

	Turbidité (NTU)	pH	T°	Oxydabilité (mg/l)	TAC (meq/l)	TA (meq/l)
03.05.2011	382	8.04	19.2	54.6	5.7	
10.05.2011	115	8.13	22.9	3.76	5.7	0.6
12.05.2011	148	8.06	24.3	9.44	5.64	0.15
13.05.2011	192	8.02	24.4	2.62	5.7	0.22
16.05.2011	118	8.13	25.3	2.16	5.7	0.3
17.05.2011	113	8.05	24.2	2.6	6	0.1
20.05.2011	202	8.06	24.1	3.98	4.4	0.2
24.05.2011	198	8.32	24.7	4.4	5.2	0.6

La prochaine étape concerne l'étude de la coagulation et floculation lors d'une addition de la dose de chlore qu'on a trouvé dans le 03.05.2011 c.à.d.14mg /L pour mieux évaluer l'efficacité du chlore sur l'eau.

I. .4. essais de floculation et coagulation :

1- Objectif :

L'essai a pour but 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 plutôt possible après le prélèvement à une température voisine de celle que possédera effectivement l'eau au cours de son traitement industrielle.

Nous avons suivi le procédé adopté par laboratoire qui consiste à suivre les étapes suivantes :

- Pré chloration par le chlore au break –point /la demande en chlore
- Essai au sulfate d'alumine.
- Amélioration de l'essai par l'utilisation d'adjuvant de floculant : le poly électrolyte.

2- Mode opératoire :

Avant d'entreprendre le Jar-test, un certain nombre de détermination doivent être effectuées sur l'eau brute (voir analyse d'eau brute).

- La demande en chlore de l'eau brute a relevé une dose de chlore correspondant au Break- Point (14 mg/l).



Photo N°7 : essais de coagulation floculation

- ↪ Dans chacun des béchers on verse 1 Litre d'eau brute et on les place sur banc de floculation.
- ↪ on agite de l'eau rapidement pendant 5 min
- ↪ on ajoute dans les six béchers, une dose de chlore correspondant à la demande en chlore précédemment déterminée.
- ↪ On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tours/minutes.
- ↪ On ajoute aussi rapidement que possible aux six béchers en traitement des quantités croissantes du coagulant.
- ↪ 2 minutes après on ajoute le poly électrolyte on diminue l'agitation au degré choisi (à 40 tours/minute), on maintient cette agitation pendant 20 minutes.
- ↪ On note le délai d'apparition du floc (en minute et seconde) à partir du début de l'agitation lente.

Critères de choix de la dose de traitement (meilleur bécher) :

- taille des floccs > 6
- Turbidité de l'eau décantée < 5NTU
- Turbidité filtrée sur papier bande blanche < 0.5 NTU
- pH de floculation entre 7.00 et 7.40
- Oxydabilité à chaux pendant 13 min < 2 mg/l

Donc après la détermination de ce procédé on passe directement aux essais dont les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau N°4 : essais de coagulation – floculation

Les béchers	I	II	III	IV	V	VI
-------------	---	----	-----	----	---	----

Préchloration mg/l	14	14	14	14	14	14
Coagulant mg/l	50	60	80	100	120	140
Floculant g/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Aspect du floc	08	08	08	08	08	08
pH	7,49	7,38	7.30	7.29	7.31	7.24
Oxydabilité mg/l	3.04	2.6	2.56	1.58	2,4	2.2
Turbidité décantée NTU	1.04	0.67	0.87	0.75	0.99	0.95
Turbidité filtrée NTU	0.98	0.54	0.53	0.43	0.6	0.65
Chlore résiduel en mg/l	0.5	2	0.4	1.6	1.4	1

3-Interprétation des résultats

D'après les résultats obtenus et les critères de choix le meilleur bécher choisi sera le bécher N°4 car il respecte toutes les normes souhaitées.

On peut conclure sur que le chlore est un oxydant puissant et sans l'utilisation de ce produit chimique le traitement sera inefficace.

I. 5.Détermination de l'ammonium méthode au bleu d'indophénol.

a.Objet et domaine d'application

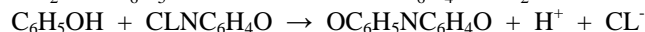
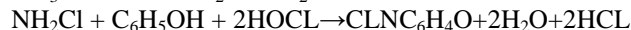
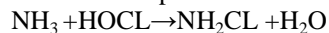
La présente norme a pour objet la description de la méthode de dosage de l'ammonium, dans les eaux d'alimentation humaine, par mesure spectrale photométrique au bleu d'indophénol. Elle est applicable pour des concentrations en ammonium NH_4^+ supérieures à $2\mu\text{g/l}$. les échantillons contenant plus de 1200 en NH_4^+ doivent être dilués avant l'analyse

b. principe :

En milieu alcalin ($10.8 < \text{pH} < 11.4$) l'ammoniaque réagit quantitativement avec d'hypochlorite et donne une monochloramine .la monochloramine forme avec du phénol, en présence de nitroprumiate et un excès d'hypochlorite du bleu d'indophénol, susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur de 630 nm.

c.Mode opératoire

Les réactions probables sont les suivantes :



- Préparation de la gamme d'étalonnage :

On prépare une solution mère 100mg/l de NH_4^+ à partir d'une masse de NH_4CL et une solution fille à 2mg/l à partir de laquelle on prépare la gamme suivant, on prépare 100ml de chaque étalon

en $[\text{NH}_4^+]$ mg /L	0.00	0.02	0.04	0.1	0.5	0.8
-------------------------------	------	------	------	-----	-----	-----

A 25ml de chaque étalon on ajoute 1ml de citrate de sodium ,1ml de phénol et 1ml de dichloro cyanure (acide) puis on laisse développer la couleur au moins 4heures à l'obscurité et on passe au spectre à $\lambda=630\text{nm}$.on trace la courbe d'étalonnage

Les échantillons sont traité de la même façon que les étalons leurs concentration sont extrapolés à partir la courbe

d. expression des résultats

Pour les échantillons on détermine directement la concentration des en ammonium d'après l'expression suivante :

$$C=F*D /e$$

Ou

C : $[\text{NH}_4^+]$ de l'échantillon (mg/l)

D : $[\text{NH}_4^+]$ de l'échantillon dilues (mg/l) déterminer à partir de la courbe d'étalonnage

E : volume de l'échantillon non dilue en ml

F : volume de l'échantillon dilue ml

Les résultats sont exprimés en mg d'ammonium par litre avec une précision de $\pm 0.005\text{mg/l}$

Et on a trouvé pour deux échantillons des jours de 3.5.2011 et le jour de 19.5.2011

	$[\text{NH}_4^+]$ en mg/ pour l'eau brute	$[\text{NH}_4^+]$ en mg/l pour l'eau traité
03.05.2011	1.2	0.38
19.05.2011	0.05	0.00

II. la désinfection

La désinfection est l'étape de traitement qui élimine de l'eau à distribuer les germes pathogènes et certains éléments indésirables. Elle est destinée à éliminer :

- des bactéries
- virus bio indicateurs (coliformes fécaux, etc....)
- de certains animaux parasites (kystes d'amibes...)

1-effet bactéricide-effet rémanent

La désinfection des eaux comporte deux étapes importantes correspondant à deux effets différents d'un désinfectant donné :

- effet bactéricides, virulicide ou biocide en général : capacité de détruire les germes et autres organismes indésirables en une étape donnée de traitement ;
- effet rémanent : c'est l'effet du désinfectant qui se maintien dans le réseau de distribution et qui permet de garantir la qualité biologique de l'eau.

C'est à la fois :

- un effet bactériostatique contre les reviviscences bactériennes
- un effet bactéricide contre des pollutions faibles et ponctuelles survenant dans le réseau
- une prévention contre la colonisation du réseau par les micros invertébrés, etc....

2-principaux types de désinfection

La désinfection peut être réalisée par voie physique ou chimique :

- ↳ **les traitements physiques** concernant surtout l'emploi des **rayons ultraviolets** dont l'action s'exercerait au niveau des molécules organiques des composés essentiel à la vie de la cellule, notamment les nucléoprotéines. On utilise en général la longueur d'onde 253,7 nm, émise par la lampe à vapeur de mercure. Dans de bonnes conditions

d'emploi, on détruit ainsi la plupart des bactéries et des virus, mais l'usage de ces appareils est pour l'instant réservé à de petits débits ; en outre, l'absence de rémanence de l'effet bactéricide ne garantit pas l'eau contre une contamination secondaire après traitement.

↪ les traitements chimiques :

* **L'ozone** est très fréquemment utilisé par les usines de production de l'eau potable à partir d'eaux de surface, pour son grand pouvoir désinfectant, notamment vis-à-vis des virus et des spores bactériennes, et ses autres propriétés en traitement d'affinage. Mais l'ozone est coûteux et sa mise en œuvre est relativement complexe. Ce traitement produit en outre des ions bromates à partir des ions bromures naturellement présents dans les eaux. Enfin, un complément par l'utilisation d'un désinfectant rémanent est nécessaire pour protéger l'eau lors de son transport jusque chez l'utilisateur.

* **La chloration** est actuellement le procédé de désinfection le plus fréquemment rencontré, à la fois pour le prix de revient du chlore (ou l'eau de javel) et pour sa simplicité de mise en œuvre. Le chlore gazeux est injecté à des doses précises ; un temps de contact suffisant doit être respecté afin d'assurer une efficacité maximale de l'oxydation.

Récapitulation :

Le tableau suivant rappelle les qualités de chacun des désinfectants utilisés :

	O ₃	Cl ₂	UV
Effet bactéricide	+++	+++	++
Effet rémanent	00	+	0

3-condition générale d'application :

Une bonne désinfection doit être basée sur le respect de ce qu'on appelle le « facteur **C.T** »

C.T = concentration (mg/l) * temps de contact (min). Le « **CT** » s'exprime donc en mg.min/l il doit être interprété comme le produit de la concentration en désinfectant résiduel par le temps de contact pendant lequel ce résiduel aura été maintenu.

4-contrôle de la désinfection :

Comme il n'est pas possible de recenser, en contrôle de routine, tous les germes pathogènes, on se base sur certains organismes-tests qui constituent simultanément des

preuves de pollution des eaux brutes et des témoins de bonne désinfection des eaux traitées.

Pour cela l'ONEP procède à un contrôle bactériologique qui s'effectue quotidiennement sur l'eau de la sortie de la station et hebdomadaire sur l'eau brute.

5- Méthodes d'analyse bactériologique

→ Membrane filtrante pour les eaux traitées.

→ Nombre le Plus Probable pour les eaux brutes.

Les résultats trouver Par le test présomptif et le test confirmatifs pour l'entre de station de ces deux jours sont :

	Coliformes totaux	Coliforme fécaux	Streptocoques fécaux
09.05.2011	210	150	75
19.05.2011	1100	210	210

Pour la sorti de station

Les tests sont négatifs pour les deux jours :

Les coliformes : 0

Escherichia coli : 0

Entérocoques intestinaux : 0

Microorganisme revivals à 37°C : 0

Microorganisme revivals à 22°C : 0

Spores microorganisme anaérobie : 0

↳ Interprétation :

On remarque que l'eau brute est chargée en C.T, C.F et S.F alors que l'eau traitée est exempte de ces germes, cela signifie que le traitement a été efficace et surtout l'étape de pré chloration et de désinfection utilisant de chlore qui ont pour but principal l'élimination des germes pathogènes et certains éléments indésirables de l'eau destinée à l'alimentation humaine.

Ces chiffres sont conformes aux normes marocaines qui est 0 pour une eau destinée à l'alimentation humaine ce qui est le cas pour l'eau Produit au niveau de la station du traitement.

Conclusion

Mon rapport traite le suivi du chlore dans deux étapes importantes de traitement, la pré chloration et la désinfection .Nous avons effectué plusieurs essais afin de connaitre les doses à injecter du chlore dans l'eau et on a travaillé sur plusieurs paramètres physico-chimiques et bactériologiques influençant sur l'efficacité du chlore et le changement de break point dans le même mois.

Nous concluons que le chlore est essentiel pour la potabilité de l'eau et sans ce produit chimique aucun traitement ne sera efficace.

Mon stage à l'onep m'a permis d'une part d'exploiter les notions scientifiques que j'ai acquis durant ma formation universitaire, et d'autre part de me familiariser avec le monde professionnel afin de développer le sens de la responsabilité et de la recherche.