

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DE L'HYDRAULIQUE ET GENIE CIVIL

DEPARTEMENT SCIENCES APLIQUE

Mémoire de fin d'étude

**En vue de l'obtention du diplôme master
Option : Hydraulique**

THEME :

L'élimination du fer en solution par la chaux

Présenté par :

Benhellal Imad

Haned Salem

Soutenu Publiquement le :28/05/2017

Devant le Jury composée de :

Président :	KATEB SAMIR	M.A	Université Ouargla
Examineur :	REZAGHI DJIHAD	M.A	Université Ouargla
Promoteur :	BAOUIA Kais	M.A	Université Ouargla

Anne Universitaire 2016/2017

Remerciement

*En préambule à ce mémoire, je remercie Dieu qui nous aide toujours, et qui nous a dirigé
d'être aujourd'hui là.*

*Je souhaite adresser ici mes chaleureux sentiments de gratitude et de remerciement à mon
encadreur **M. BAOUIA Kaïs***

*Tous les membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous font en
acceptant d'examiner ce mémoire et pour leur bienveillante attention.*

*Je tiens aussi à exprimer mes profonds sentiments de gratitude à tous les enseignants qui
ont contribué à notre formation.*

*Enfin, un énorme remerciement et un grand sentiment de reconnaissance s'adressent à tous
les participants à notre expérience pour leurs aides et leurs sacrifices*

surtout Dr. M. BAOUIA Kaïs .M.Makhloufi

Chef Laboratoire (A.D.E)Ouargla et son équipe,

qu'ils ont prodigués et à tous qu'ils ont m'aidée de prêt ou

de loin pour la réussite de cette mémoire.

SOMMAIRE

Dédicace	
Remerciement	
Introduction générale	1

Partie théorique

Chapitre I : généralités des eaux

1 Sources de l'eau	1
2-1-propriétés chimiques de l'eau	1
2-2 Propriétés biologiques de l'eau.....	3
2-1-a - Type de pollutions	4
3-L'eau potable	4
4-Les Normes de potabilité	5
4-1 -Les paramètres organoleptiques de l'eau	6
4-2- Les paramètres indésirables	7
4-3--Les paramètres toxiques	8

Chapitre 02 : généralités de fer

introduction.....	11
1-Histoire du fer	11
2-Origine du Fer	12
3-La fabrication de fer	12
4 rôles du fer	12
5-1-Teneur en fer des produits d'origine animale	13
5-2-Teneur en fer des produits d'origine végétale	
5-3- Besoins quotidiens	14
	14
6-Les effets de fer	15
7-Caractéristiques du fer	16
8- complexes du fer	17

Chapitre III : procédés de défrisassions des eaux

1-Procédés de défrisassions.....	18
----------------------------------	----

1-1- Procédés d'oxydation.....	18
1-1-a-Oxydation par l'oxygène.....	18
1-1-b-Oxydation par le chlore	19
1-1-c-Oxydation par le permanganate de potassium.....	19
1-1-d-Oxydation par le dioxyde de chlore.....	20
1-1-e-Oxydation par l'ozone	21
1-2-En conclusion, on peut dire que	21
1-3-Précipitation sous forme de carbonates	21
1-4-Échangeurs d'ions	22

Partie pratique

Chapitre IV : méthodes de dosage de fer et matérielle utilisé

introduction	23
1- préparation les échantillons	23
2-Méthode dosage de fer	24
3- pH-mètre	25
4-Balance laboratoire	26
5-la conductivité	26
6-La turbidimétrie	27
7-Mode opération	28

Chapitre V : résultats et interprétation

introduction	33
1- Déferrisation par la chaux	33
Conclusion générale	37
Références.....	
bibliographiques.....	
Annexe	

Liste des Figures

Figure N°	titre	page
Figure 01	Carences en fer	15
Figure 02	Filtration les échantillons.....	23
Figure 03	Spectrophotomètre DR 2800.....	24
Figure 04	Étalonnage.....	25
Figure 05	Ph mètre.....	25
Figure 06	Balance de laboratoire.....	26
Figure 07	Conductimètre.....	27
Figure 08	Turbidité mètre.....	28

Liste des Tableaux

Tableau N°	Titre de tableau	Page
Tableau 01	Classification des paramètres qui contrôle la qualité de l'eau	4
Tableau 02	: Normes de potabilité de l'eau en Algérie.....	5
Tableau 03	Teneur en fer des produits d'origine animale.....	13
Tableau 04	Teneur en fer des produits d'origine végétale.....	14
Tableau 05	Besoins quotidiens en milligrammes (mg).....	15
Tableau 06	Caractéristiques du fer.....	16
Tableau 07	Élément requis ou produits lors de l'oxydation par l'oxygène de 1mg /l de fer.....	18
Tableau 08	Éléments requis ou produits lors de l'oxydation par le chlore de 1mg/L de fer	19
Tableau 09	Éléments requis ou produits lors de l'oxydation par le permanganate de potassium 1mg/L de fer	20
Tableau 10	Éléments requis ou produits lors de l'oxydation par le dioxyde de chlore de 1mg/L de fer	20
Tableau 11	Addition de fer et de la chaux.....	24
Tableau 12	Évolutions de fer par la chaux.....	33
Tableau 13	Évolution de PH et la conductivité.....	34- 35- 36

Résumé

Le modeste travail entre vos mains rentre dans le cadre de préparation de mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état spécialité traitement des eaux. Il est divisé en deux parties: la première théorique parlé à l'importance et les aboutissants de l'eau, le fer et les risques, et la deuxième pratique, nous avons analysé quatre échantillons d'eau potable où la proportion de fer dépasse largement les normes de l'OMS (0,3mg / l). On a aussi proposé les méthodes de déferrisation: avec l'application la précipitation par la chaux

En fin on a conclut que la chaux plus efficace pour réduire le fer et le retirer.

Summary

Modest work between your hands returns within the framework of preparation of memory of end of study of engineer of state hydraulic specialty water treatment. It is divided into two parts, the first theoretical one contains the Iron and water importance and these risks, and the second practice or one made the analyses of Four samples that the Iron content largely exceeds the standards of WHO (0,3mg/l). One also proposed the methods of Déferrisation, application of methods precipitation by lime. In end one A concludes that lime more effective

الملخص:

العمل المتواضع الذي بين أيديكم عبارة عن مذكرة تخرج لنيل شهادة الماستر، ينقسم إلى قسمين : الأول نظري تطرقنا فيه إلى أهمية و عموميات الماء و الحديد و أخطاره ، أما الثاني تطبيقي قمنا فيه بتحليل أربع عينات من المياه الصالحة للشرب التي تتجاوز فيها نسبة الحديد المعايير المحددة من طرف منظمة الصحة العالمية و هي 0,3مغ/ل ، كما قمنا كذلك باقتراح طريقة تخفيض نسبة الحديد وهي : الترسيب بالجير ، وفي الأخير خلصنا أن الجير أكثر فعالية في تخفيض الحديد و إزالته .

Introduction Générale

Introduction générale

L'eau est indispensable à la vie .Elle constitue 70% du poids du corps humain. Elle est utilisée pour de nombreux usages essentiels : la boisson, la préparation des repas, l'hygiène, l'entretien de l'habitation, les loisirs, l'industrie, l'agriculture. L'eau que nous utilisons provient du réseau public de distribution des eaux .Celui –ci peut être alimenté par un cours d'eau, une nappe phréatique, une source ; un barrage. Les eaux de surface (cours d'eau , lacs, étangs), sont alimentées par le ruissellement des eaux de pluie.

Selon le type l'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu' à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau (barrage) , qui la rend « potable » c'est-à-dire consommable sans risque. D'eau, différents types de traitement peuvent être préconisés (la décantation, la filtration....).

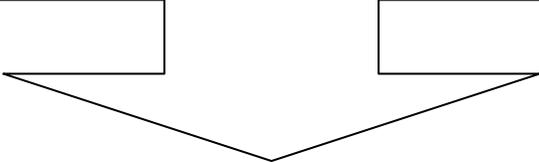
Le fer étant présent dans la plupart des sols sous forme de minéraux ,la solubilisation de ces derniers est responsable des concentrations élevées de fer dans les eaux .Le fer est l'un des éléments les plus abondants dans les sols ;on le retrouve donc plus fréquemment et en concentration plus élevée .Les concentrations de fer sont rarement supérieures à 10 mg /l. Le fer ne sont pas des éléments nuisibles pour la santé au contraire même, le fer est un élément nutritif essentiel. On doit cependant en contrôler la concentration, et ce pour des raisons d'esthétique .En effet, la présence d'une certaine quantité de ces métaux dans l'eau peut entraîner certains inconvénients.

Le but de travail est l'élimination de fer par la chaux, le présent travail est subdivisé en Cinque chapitre. Le première chapitre définit les généralités sur les principales propriétés de l'eau et le présent les techniques de défrisassions des eaux ,le chapitre trois présentes méthodes de dosage de fer les et matérielles utilisé, le dernière chapitre présente résultats et interprétation .

Partie

Théorique

CHAPITRE 1



Généralité DES EAUX

Introduction

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constituées d'eaux souterraines (nappe souterraine,.....) des eaux terrestres (barrages, lacs, rivières ,),et en eaux de mer.

1-Sources de l'eau :

Eaux de surface: Les principales sources d'eau potable sont les eaux du surface . Ces eaux de s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par no activités urbaines , industrielles et agricoles . En effet , la qualité des eaux du surface varie selon les régions et les de l'année . La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable , si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation . L'emplacement des prises d'eau par rapport aux sources de pollution est aussi déterminant pour la qualité de pollution de protéger cette prise d'eau en interdisent l'émission de contaminants aux alentours dans une zone d'une étendue respectable .

La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines . Selon le cas elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matières organiques naturelles , acides , peu minéralisées ,..... Elles sont également vulnérables aux pollutions. De ce fait , les eaux de surface nécessitent des installation de traitement conséquentes comprenant généralement des opération de chloration , coagulation n, floculation , décantation / flottaison , filtration ,minéralisation , neutralisation de l'acidité . L'eau de surface peut aussi être filtrée sur du charbon actif .L'ozonisation est aussi une technique utilisée pour éliminer les micropolluants , les germes , les mauvais goûts , les couleurs et les odeurs .

Le coût du traitement , les variations saisonnières des caractéristique de l'eau et les difficultés engendrées par les produits secondaires issus de la chloration d'eau trop riches en matière organiques constitue les inconvénients majeurs des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines .Les eaux de surface sont constituées des eaux circulantes ou stockés à la surface des continents .

Une eau de surface peut être chargée de gaz dissous, issus de l'atmosphère : le dioxyde de carbone CO_2 , l'azote N_2 , l'oxygène O_2 . Elle peut dissoudre des constituants minéraux contenus dans le sol. L'eau de surface est chargée de particules, matériaux divers en suspension :

- Matières en suspension (MES) : Elles représentent tout élément en suspension dans l'eau dont la taille permet sa rétention sur un filtre de l'eau).
- Les colloïdes : sont des micelles chargées négativement (diamètre de $0,5 \mu\text{m}$ à $0,5 \text{mm}$)
- Matières organique (MO) : Elles sont issues de la décomposition des animaux et végétaux morts.
- Plancton (phytoplancton, zooplancton) : Il est constitué par des bactéries, des protozoaires, algues, animaux, et végétaux de petites tailles surface ou proche de la surface.

Les eaux souterraines : Une partie des eaux de précipitation ruisselle à la surface des terrains avant de se déverser dans les ruisseaux et les lacs. Toutefois, une partie importante de ces eaux de précipitation s'infiltré dans les pores du sol et dans les fissures des rochers pour devenir ce qui est appelé les eaux souterraines.

Contamination des eaux souterraines

Il est important de s'assurer que les eaux souterraines ramenées à la surface au moyen des puits demeurent de très haute qualité et ne soient pas contaminées par des polluants. Il faut en outre respecter les normes prescrites quant à la distance entre les puits et les installations septiques. Dans un sol poreux, les eaux percolent sous la surface terrestre en emportant avec elles les substances polluantes. L'enfouissement ou le déversement de substances polluantes dans un sol perméable résultera, donc inévitablement en une contamination plus ou moins importante des eaux souterraines. Il est vrai que le sol agit parfois comme un filtre. Toutefois, si la concentration de substances polluantes est importante, le sol ne pourra pas suffire aux besoins de filtration et les eaux souterraines demeureront malheureusement contaminées.

Les eaux souterraines sont une ressource importante qu'il faut précieusement protéger. Ce trésor naturel est peut-être « caché » mais il ne faut pas oublier d'en prendre soin.

2-Propriétés de l'eau :

2-1-propriétés chimiques de l'eau :

L'eau de par ses propriétés électriques et de par sa constitution moléculaire, est particulièrement apte à mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires et surtout solides . La solvatation(ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une combinaison complète ou partielle de divers liens électrostatique entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre . En effet , les nouveau liens avec les molécules d'eau forgent de nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique .

Une solvatation complète est une dissolution. La solvatation est le phénomène physico-chimique observé lors de la dissolution d'un composé chimique dans un solvant.

Lors de l'introduction d'une espèce chimique initialement à l'état solide (sous forme de cristal ou bien amorphe) dans un solvant ,les atomes ,ions ou molécules du solide sont liés entre eux . Le produit ne va se dissoudre que si les molécules du solvant réussissent à rompre les liaisons dans le solide :

- Soit par réaction chimique
- Soit en affaiblissant suffisamment les liaisons

La solvatation est cette action des molécules du solvant sur le solide .

Pour qu'il y ait dissolution, les molécules du solvant doivent donc avoir une affinité avec les constituants du solide .Donc , les espèces dissoutes sont entourées par des molécules de solvant.

Cette action des molécules de solvant sur le solide constitue la solvatation . La solvatation d'une espèce dépend de la nature du solvant et du soluté . En règle générale , un composé polaire sera très bien solvate dans un solvant polaire .

2-2 Propriétés biologiques de l'eau :

L'eau , l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique , cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges . L'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants . Pour l'être humain, on cite les pourcentages suivants :

- ✓ Nouveau entre 66 à 74 %
- ✓ Adulte entre 58 à 67 %

2-1-a - Type de pollutions :

- Pollutions microbiologiques
- Pollutions urbaine (eaux de lavages, de lessives, de vaisselles, urée, ...etc.)
- Pollution agricole (engrais, pesticides, herbicides.....)
- Pollution industrielles : radioactivité (Hôpitaux, Centre nucléaire)
- Pollution chimique :
 - Polluant organique (hydrocarbures, phénol, cellulose.....)
 - Polluants inorganiques (Molybdène, fer, manganèse.)

3-L'eau potable :

On note que 5 millions de personnes meurent chaque année dans le monde du fait de la mauvaise qualité de l'eau ! L'assurance de la qualité et de l'hygiène de l'eau est l'une des exigences prioritaires de la santé publique .

Dans le but d'avoir une eau de qualité, les contrôles sont de plus en plus rigoureux .Ainsi en France , 5 paramètres étaient contrôlés en 1954 ; alors qu'ils sont de l'ordre de 61 en 1989 .L'eau est l'aliment le plus surveillé ;Cela est fonction du développement des technique d'analyses mais aussi de l'introduction dans le milieu de nouvelles substances dangereuses

Tableau 1 : Classification des paramètres qui contrôle la qualité de l'eau

<i>Paramètres</i>	<i>Exemples</i>
Organoleptiques	Couleur , turbidité, odeur, saveur.
physico-chimiques liés à la structure naturelle des eaux	Température, ph, chlorures, sulfates , magnésium , sodium, potassium,.....etc.
substances indésirables	Nitrates, nitrites, hydrocarbure, détergent, phénols, fer, manganèse
Substances toxiques	Arsenic, cadmium, mercure, chrome, béryllium, plomb, nickel,.....etc.
Pesticides	Aldine, dieldrine, hexa chlorobenzène,
Microbiologiques	Colo formes, streptocoques, salmonelles, entérovirus, staphylocoques, bactériophages fécaux

4-Les Normes de potabilité :

Qu'est –ce qu'une eau potable selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS.,1972) , l'eau destinée à la consommation urbaine ne doit contenir ni substances chimiques , ni germes nocifs pour la santé. En outre, elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. Cette définition doit être traduite en termes permettant de déterminer si une eau est potable ou non . C'est là l'objet des normes de potabilité , approche quantitative de la notion qualitative de potabilité . Ces normes s'appliqueront à un certain nombre de grandeurs jugées Pertinentes en la matière.

Tableau 2 : Normes de potabilité de l'eau en Algérie.

	Boone	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Physico- chimiques				
PH	6,5-8,5	6,5-8,5	>6<9	>5<9
T°C	25	25-30	30-35	>35
Minéralisation mg /l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
Ca ²⁺ mg/l	40-100	100-200	200-300	>300
Mg ²⁺ mg/l	30	30-100	100-150	>150
Na ⁺ mg/l	10-100	100-200	200-500	>500
Chlorures mg/l	10-150	150-300	300-500	>500
Sulfates mg/l	50-200	200-300	300-400	>400
Organiques :				
O ₂ dissous%	>100	100-50	50-30	>30
DBO ₅ mg/l	5	5-10	10-15	>15
DCO mg/l	20	20-40	40-50	>50
Matières organiques	5	5-10	10-15	>15
Composés azotes:				
Ammonium mg/l	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
Nitrites mg/l	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
Nitrates mg/l	0-10	10-20	20-40	>40
Composés phosphorés :				
Phosphates mg/l	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
Eléments toxiques et indésirables :				
Fe mg/l	0-0,05	0,5-1	1-2	>2
Mn mg/l	0-0,1	0,1-0,3	0,3-1	>1
Cr mg/l	0	0-0,05	0,05-0,5	>0,5
Cu mg/l	0-0,02	0,02-0,05	0,05-1	>1
Zn mg/l	0	0-0,5	0,5-1	>1
Cd mg/l	0	0	0-0,01	>0,01
Pb mg/l	0	0	0-0,05	>0,05
F ⁻ mg/l	0	0-0,8	0,8-1,5	>1,5
CN ⁻ mg/l	0	0	0-0,02	>0,2
Phenols mg/l	0,001-0,002	0,002-0,02	0,02-1	>1

4-1 -Les paramètres organoleptiques de l'eau :

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, ils peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement de l'installation de traitement ou de distribution, Ils permettent au consommateur de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau. Les paramètres en relation avec la structure de l'eau Ils sont essentiellement représentés par les sels minéraux (calcium, sodium, potassium, magnésium, sulfates.....). Ce sont eux qui font l'identité de base de l'eau.

***Conductivité**

La conductivité électrique permet d'avoir une idée concise de la salinité de l'eau . une conductivité élevée traduit soit des PH peu ordinaires , soit avec une salinité élevée . Il y a lieu de noter que l'eau d'alimentation a une conductivité électrique de 2800 μ S /cm

***Titre alcalimétrique.**

Le titre alcalimétrique permet d'apprécier la concentration de tout les carbonates et bicarbonates dans l'eau .La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisation contre certain risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale . Le titre alcalimétrique complet , donnant l'alcalinité total de l'eau (pas seulement l'alcalinité due eu bicarbonate et au carbonate) , ne doit pas être inférieur à 50 °F .

***Chlore**

Pour le chlore, la concentration "à risques " est 200mg /l .Les eaux chlorurées alcalines sont laxatives et peuvent poser des problèmes aux personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales . La présence de chlorures dans les eaux est due , le plus souvent , à la nature des terrains traversée .Elles peut être aussi un signe de pollution (rejet industriel , ou rejet d'eaux usées).

*** Sulfate**

Les concentrations maximales admissibles sont limitées à 250 mg/l. des concentrations supérieures à 250 mg/l ne sont pas dangereuses mais comportent un risque de troubles diarrhéiques, notamment chez les enfants. La présence de sulfates est liée à la nature des terrains traversés. Elle peut également témoigner de rejets industriels.

4-2 -Les paramètres indésirables :

Sont dites indésirables certaines substances qui peuvent créer soit Un désagrément pour le consommateur : goût (matières organique, phénols, fer), odeur (matière organiques, phénols), couleur (fer, manganèse), soit causer des effets gênants pour la santé (nitrates, fluor)

***Matières organiques**

La contamination des eaux par des matières organiques est mesurée par L'oxydabilité au Permanganate de potassium. Cette dernière est admissible pour une concentration maximale de 5 mg/l d'oxygène.

***Ammonium**

Par mesure de précaution, une concentration supérieure à 0,05 mg/l en ammonium laisse suspecter une pollution récente d'origine industrielle ou humaine. En effet, la concentration maximale admissible est de 0,5 mg/l.

***Nitrites**

Etant un signe très fort de la pollution pour des limites de 0,1 mg/l, la présence de nitrites dans les eaux justifie une analyse chimique et bactériologique détaillée.

*** Nitrates**

Une eau contenant plus de 50 mg/l de nitrates est officiellement non potable car elle concentration maximale. Cependant, on estime que la consommation d'une eau ayant une teneur en nitrates comprise entre 50 et 100 mg/l peut être tolérée, sauf pour les femmes enceintes et les nourrissons. Au-delà de 100mg/l, l'eau ne doit pas être consommé. Les populations concernée doivent être informée dans les meilleur délais et par tous les moyens adaptés. Pour les effets néfastes des nitrates sur la santé, il y a lieu de noter que l'ingestion de nitrates à fortes doses est susceptible, sous certaines condition, de perturber l'oxygénation du sang chez les nourrissons ("maladie bleue", ou méthémoglobinémie). En outre, ils sont suspectés d'être à l'origine de L'apparition de cancers digestifs. Sur le plan floral, les effets des nitrates sur L'écosystème sont considérables. Associés au phosphore, les nitrates modifient le comportement de certaines espèces végétales. Dans les eaux douces, ils participent aux

phénomènes de prolifération d'algues microscopiques (eutrophisation), préjudiciables aux traitements de potabilisation et à la sécurité des baignades (diminution de la transparence de l'eau). Dans les eaux de mer, cette eutrophisation se manifeste par accumulations importantes d'algues vertes sur les plages.

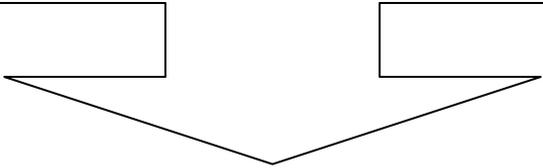
***fer**

Les besoins journaliers de l'organisme en fer s'élèvent à l'ordre de 1 à 2 mg. Les limites de potabilité sont basées sur des effets esthétique, le seuil gustatif, les effets ménagers et les inconvénients qu'entraîne le fer, à trop fortes concentrations de l'ordre de 300 mg/l, le fer tache le linge et les installations sanitaires en lui conférant de mauvais goût l'eau. Sa concentration maximale admissible est de 200 mg/l.

4-3 -Les paramètres toxiques :

Une pollution industrielle de l'eau du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau lesquels sont dangereux pour la santé en cas de consommation régulière. Ils sont essentiellement représentés par les métaux lourds (plomb, nickel, mercure, chrome, cyanure, cadmium, arsenic etc.). Le cadmium, par exemple, est classé parmi les substances toxiques. Il a la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants au niveau du foie et des reins. Sa toxicité est liée à sa dissolution dans le sang. L'exigence de qualité sur la teneur en cadmium dans les eaux distribuées est de 5 µg/l. Si les canalisations sont en plomb (installations anciennes) et si l'eau est acide, elle peut le dissoudre. Le plomb expose les consommateurs au risque de saturnisme, intoxication chronique pouvant modifier l'humeur (irritabilité), le sommeil avec une diminution des capacités intellectuelles. La teneur en plomb est limitée actuellement à 50 mg/l. La France devra rénover environ 40000 Km de canalisation pour se conformer aux normes.

CHAPITRE 2



Généralités sur le fer

Introduction

Le fer est un des métaux les plus abondants de l'écorce terrestre. On le rencontre donc naturellement dans les eaux sous forme soluble comme le fer ferreux (fer bivalent existant sous forme dissoute $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ou sous forme complexé comme le fer ferrique (fer trivalent : Fe rencontré à l'état précipité $\text{Fe}(\text{OH})_3$. L'origine du fer dans les eaux peut aussi s'expliquer de manière industrielle ; l'exploitation minière, la Sidérurgie, la corrosion des métaux, etc. Le fer ne présente pas de danger pour la santé humaine, ni pour l'environnement mais il Apporte cependant des désagréments d'ordre esthétique et organoleptique. En effet, le fer donne une coloration de rouille à l'eau qui peut tâcher le linge, les sanitaires ou bien Encore Les produits issus de l'industrie agro-alimentaire. Le fer donne aussi un goût métallique à l'eau rendant désagréable sa consommation. Il peut aussi être à l'origine de corrosion des Canalisations dû au développement de micro-organismes, les Ferro bactéries.

Dans les eaux bien aérées, le potentiel redox du milieu est tel qu'il permet une oxydation du fer ferreux en fer ferrique qui précipite ensuite sous forme d'hydroxyde de fer, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, ce Qui permet une élimination naturelle du fer dissous.

1-Histoire du fer :

Or, cuivre, bronze, fer, fonte, acier : la chronologie de travail des métaux est liée à la maîtrise progressive par l'homme des lois physico-chimiques et des besoins énergétiques très différents qui conditionnent l'élaboration de chacun d'eux. Ainsi l'écart des températures de fusion entre le cuivre (1083 °C) et le fer (1536 °C) justifie leur ordre d'entrée en scène.

Le fer est l'un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre. On le trouve un peu partout, combiné à de nombreux autres éléments, sous forme de minerai. En Europe, la fabrication du fer remonte à 1 700 avant J.C. Depuis les Hittites jusqu'à la fin du Moyen Age, l'élaboration du fer resta la même : on chauffait ensemble des couches alternées de minerai et de bois (ou de charbon de bois) jusqu'à obtenir une masse de métal pâteuse qu'il fallait ensuite marteler à chaud pour la débarrasser de ses impuretés - et obtenir ainsi du fer brut, prêt à être forgé. La forge était installée à quelques pas du foyer où s'élaborait le métal. D'abord simple trou conique dans le sol, le foyer se transforma en un four, le "bas-fourneau", perfectionné petit à petit : de



l'ordre de quelques kilos à l'origine, la quantité obtenues pouvaient atteindre 50 à 60 kilos au Moyen Age. On fabriqua aussi dès le début, de petites quantités d'acier, à savoir du fer enrichi en carbone. Un matériau qui se révéla à la fois plus dur et plus résistant.

2-Origine du Fer

Composant majoritaire de la croûte terrestre, le fer est présent sur toute la surface de la Terre .Très oxydable, il est peu présent des eaux de surface aérées. En revanche, dans les eaux souterraines, on en retrouve parfois des concentrations importantes. En effet, le fer se trouve en solution dans les eaux privées d'oxygène. Suivant les cas, il pourra exister à l'état colloïdal, sous formes de complexes organiques ou minéraux. Au contact de l'air, on assiste à une précipitation due à l'oxydation de ce métal. Le fer est fréquemment associé au manganèse avec lequel il a la propriété déco-précipiter.

3-La fabrication du fer :

Dans les tout premiers temps de la sidérurgie, le fer est produit dans un bas foyer : il s'agit d'un simple trou, creusé dans la terre et tapissé d'argile, qui atteint à peine un mètre de profondeur. À l'intérieur, le minerai de fer est entassé, par lits alternés, avec du combustible (charbon de bois). La chaleur produite (entre 1100 et 1200° C) élimine l'oxygène contenu dans le minerai et donne un fer peu chargé en carbone. À moins de 0,02 % de carbone dans le fer, on parle de fer pur. Entre 0,02 et 1,5 % de carbone dans le fer, on a de l'acier. Au-delà, le mélange fer /carbone est de la fonte. Mais on ne sait pas encore utiliser cette matière. Progressivement, le bas foyer recevra un parement de pierres réfractaires, puis un tronc en cône sera ajouté, émergeant à peine, avant de déborder nettement au-dessus du sol, dans un second temps. Au cours du siècle, le soufflage hydraulique de l'air dans les fours de réduction du minerai Permet d'agrandir les dimensions du bas foyer. La masse de fer (qu'on appelle « loupe ») est encore grossière, molle et spongieuse quand elle est extraite du bas foyer. Pour en extraire les impuretés (« les scories »), le forgeron doit retravailler et marteler manuellement cette masse de fer brut.

4- rôles du fer :

Le fer est un oligoélément présent à raison de 2 à 5 grammes dans le corps humain. 60 à 70 % du fer entre dans la composition des globules rouges, le reste étant stocké dans le foie, la rate et les muscles. Le fer joue un rôle majeur dans le transport de l'oxygène dans le corps ainsi que dans le fonctionnement des défenses immunitaires, et contribue à réduire la fatigue. Aliments riches en fer Le fer est présent dans divers aliments aussi bien d'origine

animale que végétale. On en trouve notamment dans la viande, les légumineuses, les aliments à base de céréales complètes et certains légumes et champignons. On appelle «fer hémique» le fer présent dans les aliments d'origine animale. Avec un taux d'absorption de 20 à 30 %, il est mieux assimilé par l'organisme que le fer d'origine végétale. A noter qu'il est possible d'améliorer l'absorption du fer non hémique en combinant les aliments en contenant avec des aliments riches en acide ascorbique (vitamine C) tels que le jus d'orange. Bon à savoir: l'assimilation du fer est freinée par les métabolites secondaires contenus dans le thé noir et le café ainsi que par les phosphates présents en grandes quantités dans le cola, notamment.

5-1-Teneur en fer des produits d'origine animale

Fer trouvé dans les produits animaux avec des concentrations différentes sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau3 : Teneur en fer des produits d'origine animale

Produit (portion)	Teneur en fer en mg par portion
animale Bifteck (120 g)	2,8 mg
Filet mignon de porc (120 g)	1,4mg
Blanc de poulet (120 g)	0,4 mg
Perche (120 g)	1,0 mg
Viande des grisons (30 g)	2,8 mg

5-2-Teneur en fer des produits d'origine végétale

Fer trouvé dans les produits végétaux avec différentes concentrations sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau4 : Teneur en fer des produits d'origine végétale

Produit (portion)	Teneur en fer en mg par portion
Lentilles (60 g)	6,4 mg
Pâtes complètes (50 g)	3,1 mg
Flocons d'avoine (30 g)	1,1 mg
Chanterelle commune (120 g)	7,8 mg
Noix (30 g)	2,1 mg
Salsifis noirs (120 g)	4,0 mg
Epinards (120 g)	3,2 mg
Doucette (30 g)	0,6 mg
Petits pois (120 g)	2,3 mg
Brocoli (120 g)	1,7 mg
Cassis (120 g)	1,6 mg
Framboises (120 g)	0,8 mg

5-3- Besoins quotidiens:

Le fer un élément très important pour le corps humain car il a besoin tout les jours varier selon les espèces et les catégories, comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau5 : Besoins quotidiens en milligrammes (mg)

Âge	Homme	Femme
Nourrisson de 0 à 4 mois	0,5 mg	0,5 mg
Nourrissons et enfants de 4 mois à 7ans	8 mg	8 mg
Enfants de 7 à 10 ans	10 mg	10 mg
Enfants et jeunes de 10 à 19 ans	12 mg	15 mg
Adultes de 19 à 51 ans	10 mg	15 mg
Adultes à partir de 51 ans	10 mg	10 mg
Femmes enceintes		30 mg
Femmes allaitant		20 mg

(Source: Valeurs de référence pour les apports nutritionnels, 2013)

6-Les effets de fer

Les carences les plus fréquentes sont les carences en fer et en iode. Les personnes qui font beaucoup de sport ont des besoins en fer plus importants. Les besoins en fer augmentent par ailleurs quand on est malade et lors de la prise de certains médicaments. Le fer appartient à la première série des éléments de transition. Carence en fer : Le manque de fer peut, à long terme, entraîner une anémie, dont les signes typiques sont vertiges, fatigue voire épuisement, pâleur et ongles cassants. Les femmes ont un risque plus élevé de développer une anémie à cause des saignements menstruels. L'anémie est très fréquente aussi pendant la grossesse et l'allaitement et juste avant la ménopause.



Figure 01: carences en fer

Les conséquences de la carence de fer :

- La carence en fer est la carence nutritionnelle n°1 dans le monde : touche 2/3 de la population du monde
- Et aussi la cause n°1 d'anémie dans le monde qui touche 1/3 de la population du monde
- Touche particulièrement la femme et l'enfant (Prévalences jusqu'à 60% dans certains pays)
- Elle réduit de 20% la productivité mondiale (OMS)
- Elle est curable
- Elle peut être prévenue

Et le fer peut être donné de l'eau un gout métallique désagréable et tacher les tissus lors de la lessive (le fer produit des taches qui vont du jaune au brun, tacher les équipements sanitaires (cuvettes de porcelaine, baignoires...etc.), former un précipité dans les conduites, ce que favorise la croissance de bactéries ferrugineuses.

7-Caractéristiques du fer

L'isotope le plus abondant a une masse atomique de 56, son numéro atomique est 26 et les électrons sont distribués selon : 1s², 2s², 2p⁶, 3s², 3p⁶, 3d⁶, 4s².

Tableau6 : Caractéristiques du fer

Symbole	Fe
Numéro atomique	26 avec les isotopes : 54 - 56 - 57 - 58
Masse molaire	55,845
Masse volumique	7874kg.m ⁻³
Point de fusion	1.536 °C
Point d'ébullition	2.861 °C
Résistivité	9,7.10 ⁻⁸ Ω.m
Dureté	4

8- complexes du fer :

Le fer ne sont pas uniquement présent dans l'eau sous les formes décrites ci-dessus .En effet ,ces métaux ont tendance à se combiner à d'autres substances et composés chimique pour former des complexes minéraux et organiques .La définition la plus générale d'un complexe chimique étant (toute combinaison de deux atomes ou plus qui peuvent exister en solution) on peut dire que des substances OH^- et SO_4^{2-} sont des complexes minéraux .En pratique toutefois ,on appelle complexes minéraux du fer sont les suivants : FeOH^+ , $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Dans les eaux naturelles, le fer ont une forte tendance à former des complexes chimiques avec les substances humiques. Ces substances constituent un groupe de composés organiques extrêmement complexes, dont la structure chimique et les caractéristiques chimiques et physiques sont encore mal connues.il sont formées d'un mélange de produits de décomposition et de sous -produits de la matière organique générée par les plantes et les animaux. Ce sont des substances amorphes, brunes ou noires, hydrophiles et acides, et dont la masse moléculaire peut varier de quelques centaines à dix milles. Ils constituent la plus grande partie de la matière organique qu'on retrouve dans les eaux de surface et dans les sols. En solution diluée, ces substances brunes ou noires deviennent jaunâtres (cette couleur et caractéristique de plusieurs eaux de surface).

On peut classer les substances humiques en trois catégories : l'acide fulvique, l'acide humique et l'humine.

Acide fulvique : substance soluble dans les acides dilués et dans les bases diluées.

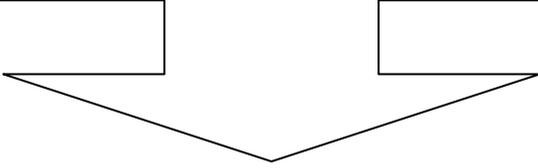
Acide humique : substance soluble dans les bases diluées, mais qui précipite dans les acides dilués.

Humine : substance insoluble dans les acides dilués et dans les bases diluées. La substance humiques n'étant pas clairement définies, il est difficile de déterminer humique n'étant pas clairement définies, il est difficile de déterminer avec précision quelles sont leurs relations avec les métaux ; on ne peut en effet pas prévoir quels seront les produits des réactions lorsqu'un ne connait pas tous les réactifs. Par ailleurs, la structure chimique d'une substance humique peut changer d'une eau à l'autre .On sait cependant que les substances humiques peuvent se combiner à différents minéraux et par conséquent fixer ces derniers. Ainsi la tourbe (sol constitué de matière organique de nature humique) peut

retenir de nombreux minéraux ; on a par exemple relevé des concentrations de minéraux 10000 fois plus élevée dans la tourbe que dans l'eau qui la baignait.

Dans plusieurs eaux naturelles, on a remarqué que le fer trivalent Fe^{3+} , était associé à des substances humiques. Schnitzer (1971) a ainsi estimé qu'une solution à 100 mg/L d'acide fulvique pouvait maintenir en solution 8,4mg/L de Fe^{3+} . Cette concentration est plus de deux fois supérieure à celle qu'on retrouve dans un solution en équilibre avec l'hydroxydes ferrique (ph=7). On peut donc dire que, en présence des substances humiques les concentrations de fer plus élevée.

CHAPITRE 3



Les techniques de défrisasson des eaux

1-Procédés de défrisassions

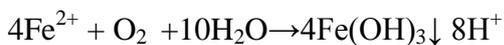
On peut réduire les concentrations de fer dissous dans l'eau à l'aide des procédés d'oxydation de la précipitation sous forme de carbonates et des échangeurs d'ions .puisque l'oxydation permet de traiter de façon économique que des volumes d'eau importants .c'est le procédé qu'on utilisé le plus dans les usines de traitement municipales. La précipitation sous forme de carbonates est intéressante à réaliser dans les usines ou' on effectue déjà un adoucissement par précipitation à la chaux : Les carbonates ferreux précipitent alors en même temps que le carbonate de calcium. On utilise les autres procédés de défrisassions principalement lorsque le débit à traiter et les concentrations de fer sont faibles (par exemple, dans les installations domestiques).

1-1- Procédés d'oxydation

Le fer peuvent être oxydés par différents produits chimiques .Le fer bivalent .Fe²⁺ est alors transformé en fer trivalent. F^{e3+}.Ces métaux ont alors fortement tendance à se combiner à d'autres substances et à précipiter .Les principaux produits qui permettent d'oxyder ces métaux sont l'oxygène, le chlore, le permanganate de potassium, le dioxyde de chlore et l'ozone.

1-1-a-Oxydation par l'oxygène

Les principales réactions qui ont lieu lors de l'oxydation du fer par l'oxygène sont les suivantes :



Une analyse stœchiométrique de ces équations permet d'obtenir le tableau 7 ,dans lequel on remarque que la quantité d'oxygène requise est deux est fois plus élevée pour l'oxydation du manganèse que pour celle du fer .Par ailleurs ,lors de ces réaction .il y a production d'ions hydrogène ,ce que a tendance , lorsque l'alcalinité est faible, à abaisser le ph et par le fait même , à réduire la vitesse de réaction .

Tableau 7 : élément requise ou produits lors de l'oxydation par l'oxygène de 1mg /l de fer

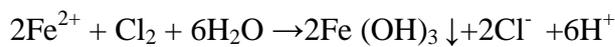
élément	Fer
O ₂ requis (mg/L)	0,14
H ⁺ produit (mg/L)	0,036
Alcalinité consommée (mg/L de CaCO ₃)	1,8

Stumm et Lee (1961)ont en effet montré que la cinétique de l'oxydation du fer par l'oxygène était fonction du ph au dessus de 7.A 'titre d'exemple .signalons que

l'oxydation du fer par l'oxygène a lieu environ 4 fois plus rapidement à un ph de 7,25 qu' à un ph de 6,50 .La cinétique d'oxydation du manganèse par l'oxygène est également fonction du ph : ainsi ,lorsque le ph est inférieur à 9,1 la vitesse de réaction est pratiquement nulle :il faut un ph supérieur à 9,5 pour obtenir une vitesse de réaction adéquate .Soulignons enfin que l'oxydation du manganèse est plus lente que celle du fer , et ce quel que soit l'oxydant utilisé

1-1-b-Oxydation par le chlore :

Les principales réactions qui ont lieu lors de l'oxydation du fer par le chlore sont les suivantes :



Une analyse stœchiométrique de ces équations permet d'obtenir le tableau 8. Dans lequel on remarque que les réactions d'oxydation par le chlore libèrent des ions hydrogène, ce qui a tendance à abaisser le ph .De plus, ces réactions exercent une importante influence sur l'alcalinité, surtout dans le cas de l'oxydation du manganèse. Il existe peu de travaux relatifs aux cinétiques d'oxydation du fer par le chlore .Selon White (1972) . L'oxydation du fer (complexes inorganiques) est pratiquement instantanée lorsque le ph oscille entre 4 et 10 .Par contre, lorsque le fer forme des complexes chimiques avec des substances humiques .L'oxydation est beaucoup plus lente.

Tableau8 : Éléments requis ou produits lors de l'oxydation par le chlore de 1mg/L de fer

Elément	fer
Cl ₂ requise (mg/L)	0,64
H ⁺ produit (mg/L)	0,054
Alcalinité consommée (mg/L de CaCO ₃)	2,70

1-1-c-Oxydation par le permanganate de potassium :

Les principales réactions qui ont lieu lors de l'oxydation du fer par le permanganate de potassium sont les suivantes :



Une analyse stœchiométrique de ces équations permet d'obtenir le tableau 9

En pratique, les quantités deKMnO₄ requis pour oxyder le fer sont en général plus faibles que celles calculées Stoechiométriquement. On explique ce phénomène par la formation

de MnO₂, lequel agit probablement comme catalyseur. Lorsque le ph oscille entre 6 et 9, la vitesse de réaction est plus rapide que pour L'oxydation par le chlore

Tableau9 : Éléments requis ou produits lors de l'oxydation par le permanganate de potassium 1mg/L de fer

Elément	fer
KMnO ₄ requise (mg/L)	0,94
H ⁺ produit (mg/L)	0,030
Alcalinité consommée (mg/L de CaCO ₃)	1,50

1-1-d-Oxydation par le dioxyde de chlore :

Les principales réactions qui ont lieu lors de l'oxydation du fer par le dioxyde de chlore sont les suivantes :



Une analyse stœchiométrique de ces équations permet d'obtenir le tableau7-4

Tableau10 : Éléments requis ou produits lors de l'oxydation par le dioxyde de chlore de 1mg/L de fer

Elément	fer
ClO ₂ requise (mg/L)	1,21
H ⁺ produit (mg/L)	0,054
Alcalinité consommée (mg/L de CaCO ₃)	2,69

Les réactions d'oxydation du fer par le dioxyde de chlore son très rapides, la zone de ph optimale étant située au –dessus de 7 (de préférence, au –dessus de 8). Pour faire précipité 1mg/L, il faut 2,45mg/L le dioxyde de chlore, qu'on obtient à partir de 4,12mg/L de NaClO₂+ (80% de pureté) ajoutés à 1,29 mg/L de chlore. Puisque le chlorite de sodium. NaClO₂+ est environ 5 fois plus couteux que chlore gazeux. L'oxydation par le chlore est une méthode beaucoup plus économique, qu'il est donc préférable d'utiliser lorsque cela est possible.

, lorsque le fer sont liés à des substances humique ou lorsque la concentration de manganèse est élevée. Les vitesses de réaction de l'oxydation par le chlore sont trop lentes : dans ces cas, le dioxyde de chlore est un choix valable.

1-1-e-Oxydation par l’ozone :

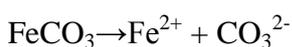
L’ozone est un oxydant puissant qu’on peut utiliser pour oxyder le fer, en tenant cependant compte des effets secondaires indésirables qui en découlent. L’oxydation du fer entraine en effet la formation d’un précipité qui peut adhérer aux bulles d’air ozoné, ce qui produit de l’écume à la surface de l’eau.

1-2-En conclusion, on peut dire que :

- Le manganèse est plus difficile à oxyder que le fer ; les vitesses de réaction sont toujours plus lentes, et ce quel que soit l’oxydant utilisé.
- La vitesse d’oxydation du manganèse par le chlore n’est suffisamment rapide qu’en présence d’un important excès de chlore, qu’il faut par la suite neutraliser.
- Le dioxyde de chlore, le permanganate de potassium et l’ozone oxydent rapidement le manganèse.
- En pratique, les concentrations d’oxydant nécessaires sont nettement supérieures à celles calculées Stoechiométriquement (à l’exception de certains cas d’oxydation par le permanganate de potassium). Ces concentration dépendent du ph et du temps de contact, ainsi que de la présence de matières organiques dans l’eau. Les concentrations réelles sont : $KMnO_4$ 1 à 6 fois ; ClO_2 1,5 à 10 fois ; O_3 1,5 à 5 fois
- Il faut déterminer expérimentalement les concentrations réelles et le temps de contact requis.
- Dans la plupart des cas, il est préférable de procéder d’abord à une oxydation par l’oxygène, afin d’éliminer toutes les substances faciles à oxyder. Après quoi, si cela s’avère nécessaire, on utilise un oxydant plus puissant.

1-3-Précipitation sous forme de carbonates :

Dans plusieurs eaux naturelles, l’alcalinité est élevée et le ph oscille entre 6,5 et 9,5 .Dans ces condition, la solubilité du fer et du manganèse dépend de la solubilité de leurs carbonates. On a alors la réaction suivante :



Les constantes de solubilité à 25°C du fer et du manganèse sont : $K_{Fe} = 10^{-10,7}$; $K_{Mn} = 10^{-10,4}$. L’analyse des différentes réaction d’équilibre révèle que la solubilité du

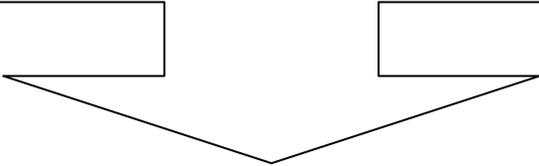
carbonate de fer est minimale lorsque le ph est d'environ 8 , tandis que celle du carbonate de manganèse est minimale pour un ph d'environ 10. Par ailleurs, on peut montrer que, pour un ph donné, la solubilité des carbonates est inversement proportionnelle à l'alcalinité de l'eau ; on doit donc s'attendre à retrouver de faibles concentrations de fer dissous dans les

1-4-Échangeurs d'ions :

On utilisé les échangeurs d'ions pour traiter les eaux contenant de faibles concentrations de Fe^{2+} et de Mn^{2+} , par exemple dans le cas d'approvisionnements individuels (procédés domestique). Lorsqu'on traite une eau souterraine, il faut éviter de la mettre en contact avec l'oxygène de l'air avant de l'acheminer vers l'échangeur d'ions ; l'oxygène de l'air peut en effet oxyder le fer ,ce qui favorise la formation d'un précipité pouvant colmater la colonne de résine. En outre, les résines échangeuses d'ions éliminent d'autres cations comme les Ca^{2+} ; on les utilise donc seulement lorsque les débits et les concentrations de fer et de manganèse sont faibles.

Partie Pratique

CHAPITRE 4



**Méthodes de
dosage de Fer et materielle utilisé**

INTRODUCTION :

Le fer est l'un des éléments que nous recevons de la nourriture, ce qui est un élément essentiel dans le processus de construction de nombreux matériaux qui lient l'oxygène dans le sang et les muscles. Il est également l'un des éléments importants pris en compte dans la synthèse de nombreuses enzymes dans le corps. L'absorption du fer dans l'intestin, et de là, se déplace vers le sang. Fer dans la protéine du sang appelée transferrine est associée (transferrine), qui transporte le fer aux cellules, principalement à la moelle osseuse, où la production de globules rouges. L'excès de fer est lié à une autre protéine appelée (ferritine).

1- préparation les échantillons :

Dans notre travail, nous préparons 4 échantillons et le processus de préparation sera, ajouter chaque Becher (500 ml d'eau distillée) 5 mg/l de solution de fer, et nous plaçant sur la agitateur pendant une période de temps entre 3 à 5 minutes après cela on ajoute de la chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dans tous les échantillons avec des concentrations différentes et nous suivons la confusion pour une période de limitée entre 15 à 20 minutes à la mesure de tous les la conductivité à travers toutes les 5 minutes et après l'expiration de la période désignée nous retirer les échantillons de l'agitateur et laisser des précipités et repliez,

**Figure 02: filtration les échantillons**

Afin d'augmenter le traitement du fer, nous avons traité cette problème avec ajouté des valeurs croissantes de la chaux comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Addition de fer et de la chaux

La date	16 /04/2017			
Les échantillons	01	02	03	04
Fe so4 en (ml)	0,5 ml (5mg/l de fer)			
Ca (OH)2 en (mg)	25	50	75	100

2-Méthode dosage de fer :

Le dosage en fer dissous est déterminé comme suite :

- ✓ Sélectionner le programme correspondant (Figure 3) à la mesure du fer gamme haute à l'aide des touches.



Figure 03 : Spectrophotomètre DR 2800

- ✓ Dans une cuvette, verser 10 ml de l'échantillon à tester.
- ✓ Après l'avoir soigneusement essuyée, placer cette cuvette dans le logement prévu à cet effet en respectant l'ergot d'alignement.
- ✓ Appuyer sur la touche ZERO, un message «SIP» apparaît.
- ✓ Après quelques secondes, l'instrument indiquera 0,0 indiquant qu'il est prêt pour la mesure.
- ✓ Ajouter un sachet de réactif puis agiter jusqu'à dilution.
- ✓ Placer la cuvette soigneusement essuyée dans le logement prévu à cet effet en respectant l'ergot d'alignement.
- ✓ Appuyer sur la touche READ TIMED : l'instrument décomptera automatiquement 3 mn. Un message «SIP» apparaît, suivi de l'affichage de la concentration en mg/l de fer.

3- pH-mètre :

Le pH-mètre est un appareil permettant de mesurer le pH d'une solution. Il est constitué de deux éléments : un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et une électrode qui mesure cette valeur. Avant cela, nous choisissons l'appareil pour mesurer les valeurs de base et pH, Comme le montre la Figure 4



Figure 04 : Etalonnage



Figure 05 : pH-mètre

4-Balance laboratoire :

La balance électronique est aujourd'hui le standard sur le marché de la balance. La balance électronique bénéficie, contrairement à la balance mécanique, d'une précision particulièrement élevée. De plus la balance électronique permet l'addition et l'ajout de fonctions supplémentaires à l'action de peser simplement. La balance électronique utilise le principe de mesure de la déformation d'un capteur soumis à un effort. Il utilise des jauges de contrainte montées en Pont de Wheatstone pour la conversion de la force en signal électrique.



Figure 06 : balance de laboratoire

Les avantages de la balance électronique sont sans conteste une précision sans pareille comparée à celle des balances mécaniques et la possibilité d'associer des fonctions de calcul à celle du pesage. De plus la balance électronique permet l'ajout de fonctionnalités qui lui permettent aujourd'hui comme la plupart des outils électroniques de communiquer avec d'autres appareils.

5-la conductivité :

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité électrique. L'unité de mesure utilisée est le Siemens par mètre (S/m). La conductivité d'une solution dépend de la nature des ions présents et de leurs concentrations. Plus la concentration en ions dans la solution sera importante, plus la conductivité sera élevée.



Figure 07 : conductimètre

Un conductimètre est un appareil permettant de mesurer la conductivité d'une solution. Il est constitué de deux parties : un boîtier électronique qui affiche la valeur de la conductivité et d'une cellule qui mesure cette valeur. La mesure de la conductivité se fait en courant alternatif pour éviter la polarisation des électrodes. L'appareil mesure la tension aux bornes d'une cellule plongeant dans la solution à étudier et l'intensité du courant qui y circule. Les cellules sont en général formées de deux plaques conductrices parallèles de section S , séparées par une distance l

6-La turbidimétrie :

La turbidimétrie fait partie de la photométrie industrielle, elle représente l'un des principaux paramètres de détermination de la qualité de l'eau potable. En effet, la clarté et la transparence de l'eau sont l'image d'une haute qualité de l'eau pour la plupart des personnes.



Figure 08 : turbidité mètre

7-Mode opération :

Dans 4 bûchers de 500ml, on place 500 ml d'eau distillé et 5 mg/l de solution de fer, et on ajout respectivement les masse suivantes de la chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ aux bûchers (25 mg, 50 mg, 75 mg, 100 mg), On les mettre à l'agitation pendant environ 15 à 20 minutes. L'agitation ce fait sur l'agitateur magnétique a l'aide d'une barre magnétique. On prendre les mesures de conductivité et de PH en fonction du temps que le mélange se repose (pendant une heure et demie). Après la stabilisation de PH et de conductivité a on va faire filtrer les solutions.

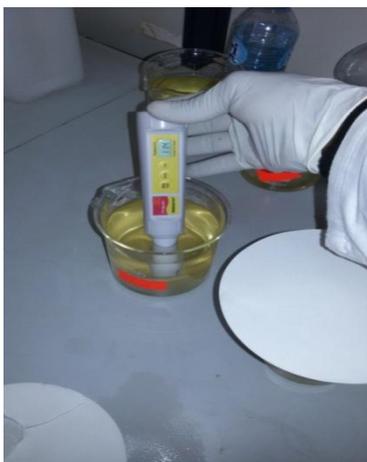
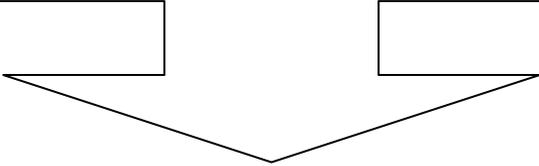


Figure 09 : mesure de ph et la conductivité

CHAPITRE 5



**résultats
et
interprétation**

Introduction

Dans une partie de guidage du travail après l'examen de fer, nous serons en mesure de connaître la relation entre le fer et la chaux ainsi qu'un bon terrain pour ajouter de la chaux dans l'eau pour éliminer le fer ou la limiter conformément aux critères donnés les résultats de chaque examen et Conductivité et Bach et Turbidité avec des courbes .

1- Déferrisation par la chaux :

La méthode consiste à ajouter des masses croissantes de la chaux pour savoir la relation entre la masse de la chaux et les teneurs de Fer réduire. Les doses obtenus de fer et résultat des dosages de fer on au tableau (Tableau 12) suivant :

Tableau : 12 évolutions de fer par la chaux

Les échantillons	1	2	3	4	5
Ca(OH) ₂ en mg	0	25	50	75	100
fer ⁺² en mg/l	5	0,08	0,01	0,01	0

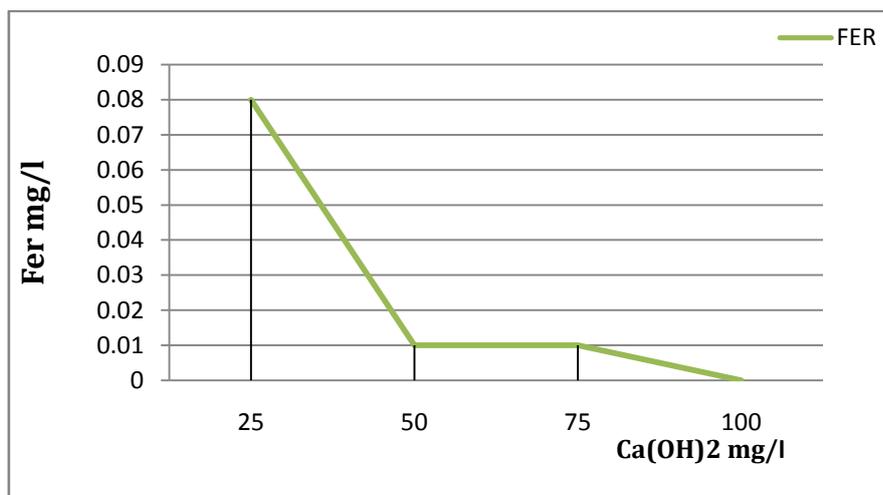


Diagramme : 01 Evolution du fer

On remarque bien que le fer diminue de 5 mg/l à l'état initial à 0,08 mg/l dans le bûcher 1, cette diminution est bien liée avec la concentration de la chaux ajoutée, et on remarque aussi que teneur en fer diminue de 0,08 mg/l à 0 en bûcher "4" quand addition 100 mg/l à partir de la chaux. on peut dire là que chaux élimine le fer plus que la dureté, ces résultats s'expliquent par transformation le fer ferreux en fer ferrique et précipité sous forme (Fe(OH)₃).

Les résultats de la conductivité et le pH dans l'échantillon deux (25 mg de chaux) sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 13 : évolution de PH et la conductivité

T(m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
PH	10,6	11	10,9	11,1	11,1	11	10,9	11,2	11,2	11	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
CE(μS)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

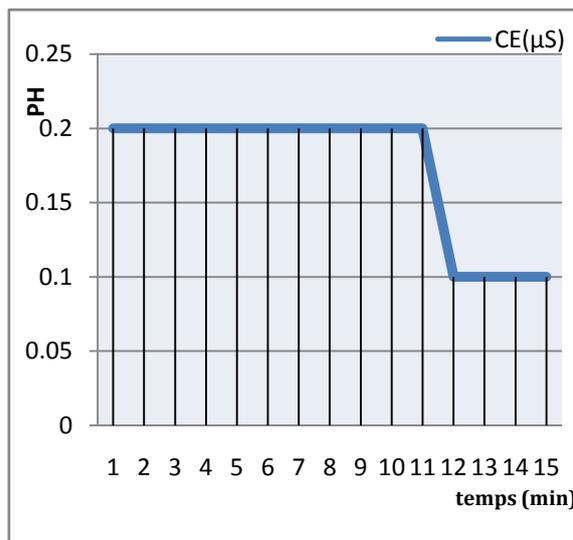
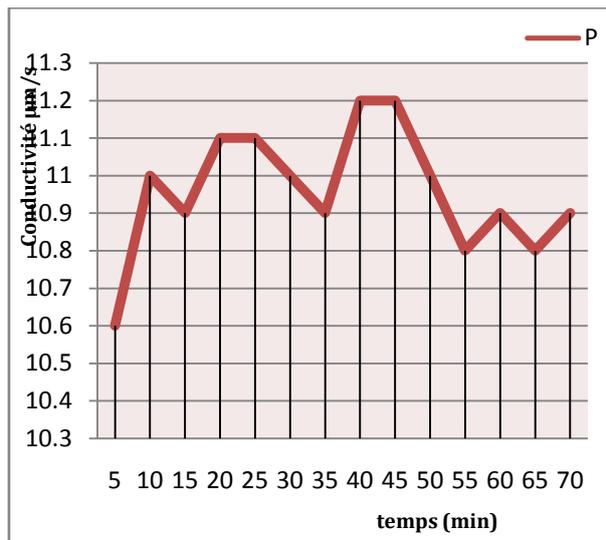


Diagramme : 02 Evolution Du PH

Diagramme : 03 Evolution du CE

Les résultats de la conductivité et le pH dans l'échantillon trois (50 mg de chaux) sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 14 : évolution de ph et la conductivité

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
PH	11,2	11,3	11,3	11,3	11,4	11,2	11,4	11,3	11,3	11,3	11	11	11,3	11,3	11,3
CE	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3

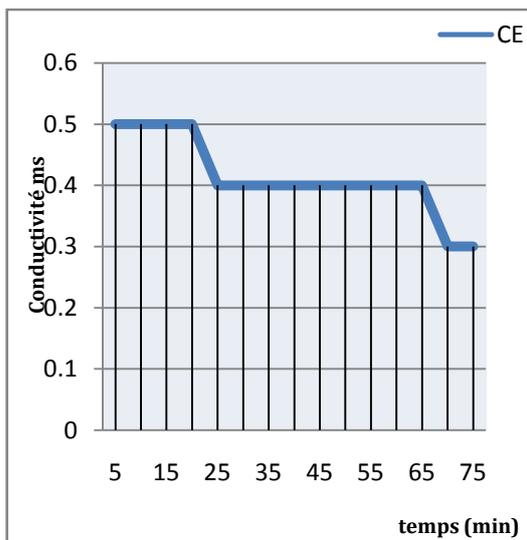


Diagramme : 04 Evolution du CE

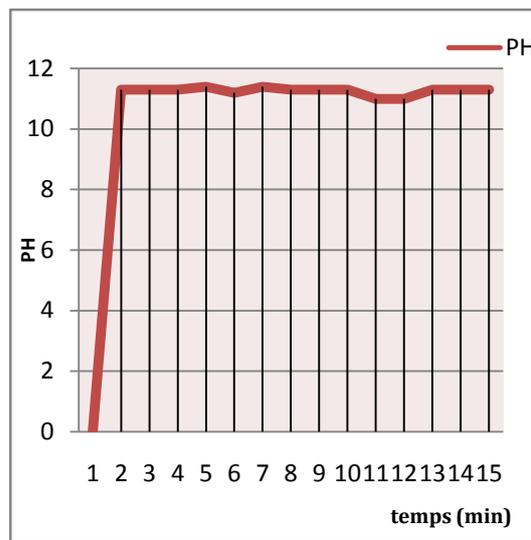


Diagramme : 05 Evolution du PH

Les résultats de la conductivité et le pH dans l'échantillon quatre (75 mg de chaux) sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 15 : évolution de ph et la conductivité

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
PH	11,3	11,3	11,3	11,4	11,3	11,3	11,3	11,4	11,5	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
CE	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

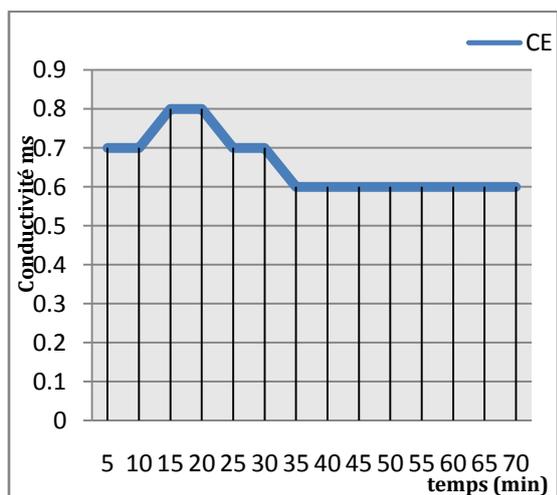


Diagramme : 06 Evolution de CE

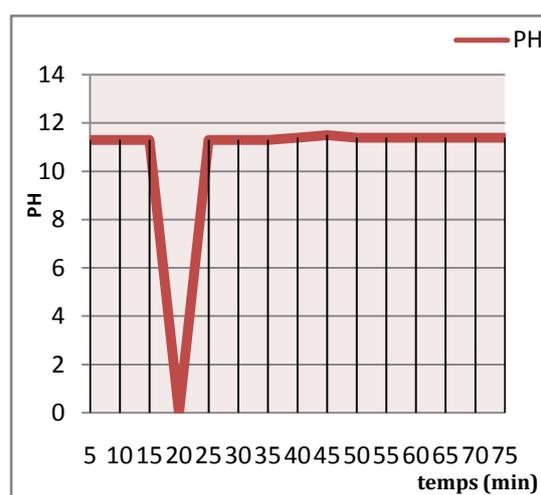


Diagramme : 07 Evolution Du PH

Les résultats de la conductivité et le pH dans l'échantillon Cinque (100 mg de chaux) sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 16 : évolution de ph et la conductivité

T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
PH	11,5	11,5	11,3	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,5	11,5	11,4	11,4	11,4	11,4
CE	1	1	1	1	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6

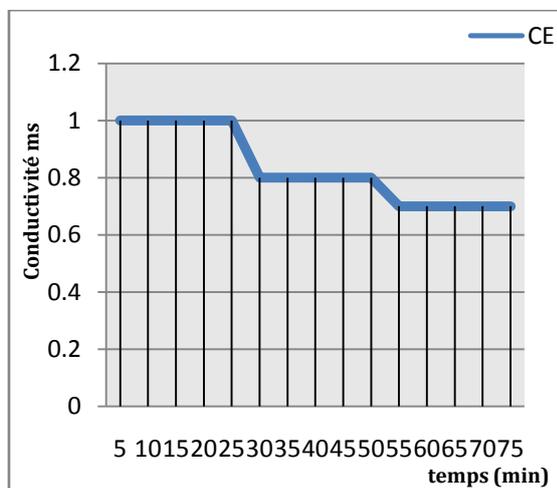


Diagramme : 08 Evolution du CE

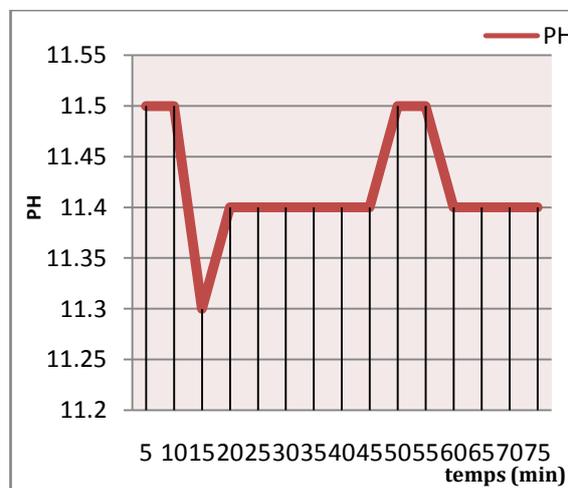


Diagramme : 09 Evolution du PH

Après presque deux heures de l'addition de la chaux le PH reste stable, donc on peut dire que le PH finale augmente avec l'augmentation des masses de la chaux ajouté, on peut dire que la basicité de milieu augmente avec l'augmentation des masses de la chaux.

Après l'addition du la chaux on contrôle la conductivité des échantillons avec un conductimètre jusqu'à la stabilisation des milieux, les résultats ont exprimés dans les graphes avant de lui.

Les résultats de la mesure de la turbidité des huit échantillons avant et après filtration sont décrits dans le tableau ci-après :

Les résultats de la turbidité dans tout l'échantillon sont décrits dans le tableau suivant :

Tableau 17 : évolutions turbidité

	chan 1	chan 2	chan 3	Chan 4
Turbidité filtré	1,05	1,27	2	0,99
son filtré	21,3	37,9	35,1	53

On remarque bien que le turbidité augment avec augmentation de la chaux toute relation positive. En deux qualité asque filtré ou non filtré.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Vrai corps humain a besoin d'un certain pourcentage de fer qui existent dans les aliments tels que les magasins de céréales et épicerieetc. Ainsi que dans l'eau, mais si le champ dépasse les normes auront un impact négatif Cela nécessite un traitement obligatoire car il est dans notre projet qui contient ou modifier la proportion de fer dans l'eau potable Qui a montré les résultats obtenus dans ce traitement potentiel clair pour éliminer le fer en ajoutant de la chaux et de processus de sédimentation

Nous savons aussi que les symptômes de pénurie ou augmentation de la proportion de fer dans le spectacle, tels que l'anémie, la fatigue fréquente et l'épuisement

En fin de compte, nous vous proposons des recommandations. Le manque d'eau potable, ce qui tend à la couleur rouge Effectuer une analyse pour les personnes qui se sentent fatigués et la fatigue souvent

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

1. Règlement sur l'eau potable,(1984) 116 G.O. II,2123 CENTRE SAINT-LAURENT.1996.Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent.
2. Mémento technique de l'eau. Sté Degré mont. Ed. Technique et Documentation, paris (1989)
3. Les énergies : l'eau source et facteur de vie paris, agence de coopération culturelle et technique, 1980.
4. La fabuleuse histoire de l'eau paris, Casterman 1985.
5. Marquise, A « L'eau potable : une ressource à économiser ».Horizon environnement. Vol1, no.2 (mai 1944).P.1
6. Ma santé, mon environnement. Sainte-Foy, Québec : publication du Québec, 1995.P21-25
7. Directives de qualité pour l'eau de boisson Genève.OMS, 1985-86
8. Livre histoire de fer P3-4-5.
9. Le traitement des eaux, Raymond Desjardins. Éditions de L'école Polytechnique de montréal.P199-210.