



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Département de chimie industrielle

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie de l'environnement

Présenté et soutenu par :

Gherbia Siham

Le : mardi 25 juin 2024

Augmentation de l'efficacité des traitements des eaux et la performance de la station d'osmose inverse pour les eaux industrielles

Jury :

<i>Dr</i> : Adjal Fatima	<i>Pr</i>	Université de Biskra	Rapporteur
<i>Dr</i> : Adaika kalthoum	<i>MCA</i>	Université de Biskra	Co encadreur
<i>Dr</i> : Aidi Amel	<i>Pr</i>	Université de Biskra	Président
<i>Dr</i> : Rehali Hanane	<i>MCA</i>	Université de Biskra	Examineur
<i>Ing</i> : Kharchi Abd Elali	<i>ING</i>	de Biskria Ciment	Co encadreur

Année universitaire : 2023 - 2024

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قال الله تعالى "وجعلنا من
الماء كل شيء
حي"

الإهداء

مهما كتبت من عباراتٍ تخرج، فلن أجد أصدق من قوله تعالى: "وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنِ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ"

فالحمد لله

اللَّهُمَّ كَمَا أَنْعَمْتَ فَرِّدْ و كَمَا زِدْتَ فَبَارِكْ و كَمَا بَارَكْتَ فَتَمِّمْ
و كَمَا أَتَمَمْتَ فَتَبِّتْ

نهدي حلمنا الذي لطالما انتظرناه طويلا الى الذي زين
أسمنا بأجمل الالقاب من دعمنا بلا حدود ،أعطانا بلا مقابل
إلى من علمنا أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم و المعرفة ، الى
من غرس في روحنا مكارم الاخلاق داعمنا الاول في
مسيرتنا و قوتنا وملأنا بعد الله إلى فخرنا واعتزازنا

"أبي الغالي رحمه الله"

إلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها واحتضنتنا بقلبيها قبل
يديها وسهلت لنا الشدائد بدعائها إلى القلب الحنون الشمعة
التي كانت لنا في الليالي المظلمات، سر قوتنا ونجاحنا
. مصباح دربنا إلى بهج حياتنا امي العزيزة

إلى "اخوتي" ملهم نجاحنا إلى من شددت عضدنا
. بهم فكانوا لنا ينابيع ارتواء الى خيرة ايامنا و صفوتها
الى رفقاء الخطوة الاولى ومن جمعتنا بهم اساور
الجامعة و اللحظات الجميلة في حرمه.

Remerciements

Avant de commencer ce travail, je voudrais d'abord remercier Dieu Tout-Puissant, qui m'a donné la force et la patience pour accomplir cet humble travail.

*Je tiens tout d'abord à remercier le Dr **Adjal Fatima** d'avoir accepté d'être mon superviseur durant ce travail. Je tiens également à adresser mes sincères remerciements à l'ingénieur **Kharchi Abdelali**, qui m'a guidé et conseillé lors de mon stage chez Biskariya Cement Company.*

*J'adresse également mes remerciements aux membres du jury : Dr **Adaika Kalthoum**, Dr **Rahali Hanane** et Dr **Aidi Amal**. Nous n'oublions pas également de remercier Mme **Sabrina** pour avoir effectué les analyses au laboratoire algérien des eaux.*

Je tiens également à remercier tous les membres du corps professoral du Département de chimie industrielle.



Résumé

Dans notre travail, nous avons mis en lumière l'une des études les plus importantes, à savoir le traitement magnétique de l'eau. Nous avons trouvé la solution, qui est le filtre à eau delta, l'appareil idéal pour éliminer la salinité de l'eau, mais avec l'absence de cette solution. Appareil, nous avons décidé de réaliser une maquette de filtre pour magnétiser l'eau avec deux types de matériaux Plastique et acier pour connaître l'effet du champ magnétique sur l'eau et quel est le meilleur matériau pour fabriquer un filtre ?

Enfin, après analyse des résultats obtenus, la magnétisation de l'eau a démontré un changement significatif dans la structure moléculaire de l'eau, qui affecte son comportement chimique et physique. Cet effet se traduit par la réduction des sels et l'amélioration de l'eau de forage. Les résultats obtenus confirment l'efficacité de la stratégie adoptée pour augmenter les performances de l'installation d'osmose inverse. Le candidat approprié a été identifié après avoir analysé tous les paramètres considérés, le filtre en plastique est la meilleure option.

Abstract

In our work, we have shed light on one of the most important studies, which is the magnetic treatment of water. We found the solution, which is the delta water filter, the ideal device for eliminating water salinity, but with the lack of the device, we decided to make a model of a filter to magnetize water with two types of material. Plastic and steel to know the effect of the magnetic field on water and what is the best material to make a filter?

Finally, after analyzing the results obtained, the magnetization of water demonstrated a significant change in the molecular structure of the water, which affects its chemical and physical behavior. This effect is represented by the reduction of salts and the improvement of drilling water. Thus, the results obtained confirm the effectiveness of the adopted strategy in increasing the performance of the reverse osmosis plant. The appropriate candidate was identified after Analyzing all the parameters studied; the plastic filter is the best option.

ملخص

في عملنا هذا لقد قمنا بتسليط الضوء على أحد أهم الدراسات وهي العلاج المغناطيسي للماء، فقد وجدنا الحل الذي يتمثل في المرشح دلتا ووتر (filtre delta water) الجهاز الأمثل للقضاء على ملوحة المياه لكن مع عدم توفر الجهاز قررنا صنع نموذج مرشح لمغنطة المياه بنوعين من المادة البلاستيك والفولاذ لمعرفة تأثير المجال المغناطيسي على الماء وماهي المادة الأحسن لصنع المرشح؟ وفي الأخير وبعد تحليل النتائج المتحصل عليها أثبتت مغنطة المياه تغير كبير في التركيب الجزيئي للمياه مما يؤثر على سلوكها الكيميائي والفيزيائي يتمثل هذا التأثير في تخفيض الأملاح وتحسين مياه الحفر وبالتالي تؤكد النتائج المتحصل عليها فعالية الاستراتيجية المعتمدة في زيادة أداء محطة التناضح العكسي وتم تحديد المرشح المناسب بعد تحليل جميع المعلمات المدروسة أن المرشح البلاستيكي هو الخيار الأفضل.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre I.....FABRICATION DE CIMENT (cas BISKRIA CIMENT)

Introduction.....	1
I.1 Définition de BISKRIA CIMENT-SPA	1
I .1.1. Organigramme de SPA Biskria Ciment	2
I.1.2. les services de BISKRIA Ciment.....	2
I.1.3. Les produits Fabriqué.....	3
I.2. Ingrédients de Ciment.....	4
I.2.1. Matières Premières.....	4
I.2.1.1. Calcaires	5
I.2.1.2. L'argile.....	5
I.2.1.3. Minerai de fer (Fe_2O_3).....	6
I.2.1.4. Sable (SiO_2)	6
I.2.2. Les matières d'ajout.....	6
I.2.2.1. Gypse (CaSO_4).....	7
I.2.3. Produit semi- fini (CLINKER)	8
I.2.3.1. Définition.....	8
I.2.3.2. Composition chimique.....	8
I.2.3.3. Composition minéralogique.....	8
I.3. Étapes de fabrication du ciment	9
I.3.1. La carrier	10
I.3.2. Le Concassage.....	10
I.3.3. Le Stockage de matière première.....	11
I.3.4. Pré-homogénéisation.....	12
I.3.5. Le broyage et le séchage	12
I.3.6. Homogénéisation	14
I.3.7. Zone de cuisson	15
I.3.7.1 Tour de préchauffage.....	15

I.3.7.2. Alimentation du four	15
I.3.7.3. Explication de système de By-pass	16
I.3.7.4 La cuisson.....	16
I.3.8. Refroidissement	17
I.3.9 Stockage du clinker.....	18
I.3.10. Broyage ciment.....	18
I.3.11. Silo ciment.....	19
I.3.12. La salle de contrôle	20
I.3.13. Stockage et expédition du ciment	20
I.4. Type de ciment	21
I.4.1. La norme	21
I.4.2. La nomenclature du ciment [5].....	21
I.5. Classe de résistance du ciment	22
Conclusion	23

Chapitre II OSMOSE INVERSE

Introduction.....	27
II.1. Source d'eau SBC	27
II.2. Station osmose inverse SBC	28
II.2.1. Équipement d'installation d'osmose inverse	29
II.2.1.1. Filtre sable.....	29
II.2.1.2. Filtre charbon active	31
II.3. Généralités sur les membranes.....	33
II.3.1. Procédés membranaires	33
III.3.1.1. Définition	33
II.3.1.2. Les procédés de filtration membranaire	33
II.3.2. Technologie des Membranes.....	35
II.3.3. Classification des membranes	35
II.3.3.1. Selon la structure des Matériaux.....	35
II.3.3.2. Selon la composition chimique.....	36
II.3.4. Durée de Vie des Membranes.....	37
II.4. Module d'Osmose Inverse.....	37

II.4.1. Modules Tubulaires	37
II.4.2. Modules Fibres Creuses.....	38
II.4.3. Modules Plans	38
II.4.4. Modules Spirales	38
II.5. Système d'osmose inverse industrielle.....	38
II.5.1. Équipement d'Osmose Inverse Industriel Compact	39
II.5.2. Processus Industriel de Traitement de l'eau par Osmose Inverse RO	39
II.6. Troisièmement étape de prétraitement (filtre Micron).....	40
II.7. Systèmes de Nettoyage de la Membrane - CIP (Clean-In-Place)	41
II.7.1. Causes de l'encrassement.....	41
II.7.2. Trois façons d'encrasser peuvent se produire	42
II.7.3. Comment juger si la membrane d'osmose inverse doit être nettoyée et remplacée ?	42
II.7.3.1. Déterminez la situation de nettoyage	42
II.7.3.2. Polluants.....	43
II.7.3.3. Nettoyage par osmose inverse Système en place (SBC).....	43
Conclusion	45

Chapitre III..... MATERIEL ET METHODES

Introduction.....	47
III.1. L'eau magnétisée.....	47
III.1.1. Définition.....	47
III.1.2. Effet du magnétisme sur l'eau.....	48
III.1.3. Technologie de traitement magnétique.....	48
III.1.4. Traitement de l'eau par magnétisation.....	48
III.1.5. Préparation d'une eau magnétisée	49
III.1.6. Propriétés de l'eau magnétisée.....	49
III.1.7. Les avantages d'utilisation de l'eau magnétisée.....	50
III.1.7.1. Sur l'organisme humain.....	50
III.1.7.2. Sur les animaux	50
III.1.7.3. En agriculture.....	50
III.1.7.4. En industrie	52
III 2. Protocole expérimental de la dynamisation de l'eau : La technologie « Delta Water » :	52
III.2.1 Introduction	52
III.2.2. Principe de fonctionnement.....	52
III.2.3 Modèle de filtre Delta.....	52
III.3.2.1. L'aimant utilisé	54

III.2.3.2. Disposition des aimants	54
III.2.3.3. Types de filtres	55
III.2.3.3.1. Filtre inox	55
III.2.4. Caractérisation physicochimique de l'eau	55
III.2.4.1. Mesure de température.....	56
III.2.4.2. Mesure du pH.....	56
III.2.4.3. La dureté totale.....	57
III.2.4.4. Détermination de la concentration des anions et des cations.....	59
III.2.4.4.2. Le magnésium (Mg ²⁺).....	61
III.2.4.4.3. Chlore et sodium.....	61
.....	62
Figure : Appareil SL1000 hach.....	62
III.2.4.5. Mesure de la conductivité électrique	62
III.2.4.5. Mesure de TDS	63
III.2.4.6.1. Définition	63
III.2.4.6.2. La méthode de mesure	64
III.2.4.7. Mesure de salinité.....	64
III.2.4.7.1. Définition	64
Conclusion	64

Chapitre IV RESULTATS ET DISCUTIONS

Introduction.....	64
IV.1. Mesure de température.....	64
VI.2. Mesure de PH.....	65
IV : 3. Mesure de TH.....	66
IV : 4. Détermination de la concentration des anions et des cations.....	67
IV : 5. Détermination de la conductivité électrique	68
IV : 6. Mesure de TDS.....	69
IV : 7. Mesure de salinité	70
IV : 8. Les paramètres organoleptiques après la filtration.....	71
Conclusion	71
Conclusion générale	73
Référence	74

Chapitre I FABRICATION DE CIMENT (CAS BISKRIA CIMENT)

Figure I. 1 : Logo Biskria Ciment	1
Figure I.2 : Organigramme de SPA Biskria Ciment.....	2
Figure I. 3 : Ingrédients du ciment	4
Figure I .4: Roche de calcaire	5
Figure I.5 : Argile	6
Figure I. 6 : Minerai de fer (broyer)	6
Figure I. 7 : Poudre de Gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).....	7
Figure I. 8 : Micrographie de clinker montrant ses quatre phases cristallines principales [6].....	8
Figure I. 9 : Étapes de fabrication du ciment	9
Figure I. 10 : Extraction et transport du calcaire [10].....	10
Figure I. 11 : Le concasseur.....	11
Figure I. 12 : La polaire à l'intérieur	11
Figure I. 13 : Les polaires à l'extérieur.....	11
Figure I. 14 : Structure polaire	12
Figure I. 15 : Le hall de pré-homogénéisation A l'intérieur	12
Figure I. 16 : Le hall de pré homogénéisation à l'extérieur	12
Figure I. 17 : Broyeur cru vertical.....	14
Figure I. 18 : Schéma d'un broyeur cru vertical	14
Figure I. 19 : Silo homogénéisation	15
Figure I. 20 : La tour de préchauffage	15
Figure I. 21 : Schéma de tour échangeuse [10].....	15
Figure I. 22 : Four rotatif.....	17
Figure I. 23 : Le refroidisseur	18
Figure I. 24 : Un Silo de stockage de clinker.....	18
Figure I. 25 : Le VCM.....	19
Figure I. 26 : Silo de stockage de ciment	19
Figure I. 27 : Salle de contrôle.....	20
Figure I. 28 : L'expédition.....	20
Figure I. 29 : L'expédition en sac	20
Figure I. 30 : L'expédition en VRA.....	21

Chapitre II**OSMOSE INVERSE**

Figure II. 1 : Station osmose inverse SBC (à l'intérieur).....	29
Figure II. 2 : Principe de l'Osmose Directe et de l'Osmose Inverse	29
Figure II. 3 : Filtre sable SBC.....	31
Figure II. 4 : Filtre charbon active.....	32
Figure II. 5 : Représentation schématique d'une membrane permselective	33
Figure II. 6 : Modules à Fibres Creuses.....	38
Figure II. 7 : Les membranes dans la station d'osmose SBC	39
Figure II.8 : Schéma de principe du système d'osmose inverse industriel	40
Figure II. 9 : Filtre Micron SBC	41
Figure II.10 : Membrane d'osmose inverse	42
Figure II. 11 : Membrane osmose inverse ployé.....	43
Figure II.12 : Système de nettoyage en place par osmose inverse (SBC).....	43
Figure II.13 : Remplacer l'élément membranaire d'osmose inverse	45

Chapitre III**MATERIEL ET METHODES**

Figure : III.1 : Schéma du champ magnétique et de la direction de l'écoulement de l'eau au cours du traitement [32]	47
Figure III. 2 : La structure de l'eau dynamisée en micromolécules	48
Figure III .3 : Appareil Magnétiseur Delta-Water	52
Figure III. 4 : Élimination du calcaire	53
Figure III .5 : Aimant	54
Figure III .6 : disposition des aimants	54
Figure III .7 : filtre inox.....	55
Figure III .8 : Filtre plastique.....	55
FigureIII.9 : Le thermomètre	56
FigureIII.10: Ferrochrome blackT.....	57
Figure III. 11: PH10	58
FigureIII .12: Avant l'étalonnage.....	59
Figure III. 14 : traitement d'étalonnage	59
FigureIII. 20 : produits et solutions usagés.....	60
Figure III. 21 : Avant Étalonnage	61

FigureIII.22 : Appareil SL1000 hach.....	62
FigureIII .23 : Conductivité matèr	63

Chapitre IV

RESULTATS ET DISCUTIONS

Figure IV. 1 : Mesure de température de l'eau de forage et notre travaille sur les deux filtres.....	64
Figure IV. 2 : Mesure de PH de l'eau de forage et notre travaille sur les deux filtres	65
Figure IV. 3 : Mesure de TH de l'eau de forage ET notre travaille sur les deux filtres	66
Figure IV. 4 : Analyse de la concentration des anions ET des actions	67
Figure IV. 5 : La mesure de la conductivité électrique	68
Figure IV. 6 : Suivi TDS	69
Figure IV. 7 : La mesure de la salinité dans les trois échantillons.....	70
Figure IV. 8 : Comparaison des paramètres organoleptiques après la filtration.....	71

Chapitre I FABRICATION DE CIMENT (CAS BISKRIA CIMENT)

Tableau I. 1 : Récapitulatif des avantages des ajouts cimentaires.....	7
Tableau I.2 : Composition chimique du clinker.....	8
Tableau I. 3 : Compositions minéralogiques moyenne du clinker	9
Tableau I. 4 : Liste des différents types de ciments courants normalisés Par NF P 15- 301.....	22

Chapitre II *OSMOSE INVERSE*

Tableau II .1 : Les analyse d'eau de fourrage SBC ciment (document biskria... ..	28
--	----

Chapitre IV RESULTATS ET DISCUTIONS

Tableau IV.1 : Les résultats de la température de l'eau de forage avant et après filtration	64
Tableau IV.2 : Les résultats du pH de l'eau de forage avant et après filtration	65
Tableau IV.3. : Les résultats du TH de l'eau de forage avant et après filtration	66
Tableau IV.4. : Les résultats de la concentration des anions et des cations	67
Tableau IV.5. : Les résultats de la conductivité électrique.....	68
Tableau IV.6. : Les résultats de TDS.....	69
Tableau IV.7 : Les résultats de salinité.....	70



Introduction générale

Introduction générale


L'Algérie est considérée comme un marché d'importance stratégique pour Biskra Ciment une entreprise dans le bassin méditerranéen. Le secteur de la construction en Algérie a connu une croissance remarquable depuis 2000, entraînant un besoin de matériaux de construction et de solutions constructives [1]. Le ciment est le matériau de construction le plus important de notre époque. Il s'agit d'un produit naturel « de haute technologie » qui a bénéficié d'un développement séculaire. Le ciment est un liant plus précis. Le matériau de construction proprement dit est le béton, dont la composition et la qualité dépendent du ciment, ce dernier étant le composant le plus cher du béton [1]. Marché national des produits locaux tout en permettant un accès stable aux matériaux de construction en termes de qualité, de sélection, de services et de prix raisonnables. Deuxièmement, l'ouverture des marchés mondiaux [1].

Dans le premier chapitre : Nous fournissons un résumé bibliographique de la description générale de Biskra Ciment une entreprise SPA.

Quant au deuxième chapitre : Nous consacrons cette étude à l'eau que l'entreprise utilise dans tous les processus industriels et de consommation (depuis la source de l'eau usée jusqu'à la manière dont elle est filtrée et tout ce qui concerne ce domaine).

Nous consacrons cette étude à l'étude de la solution de filtre delta proposée pour augmenter l'efficacité de la station d'osmose inverse.

Nous terminons par une conclusion générale sur l'ensemble de cette étude et proposons une perspective de travail dans le but d'augmenter l'efficacité de la station d'osmose inverse. Pour améliorer la qualité de l'eau.



Chapitre I :

Fabrication de ciment

(cas biskria ciment)

Introduction :

L'industrie des matériaux de construction, dont le ciment constitue la matière de base, détient une place importante dans le secteur des industries de transformation, avec un pourcentage de 8.6% du total des entreprises du secteur industriel marocain. L'industrie du ciment est ce qu'on appelle une industrie de base parce qu'elle se situe à la source du développement économique. De son principale dérivé, le béton, dépend tout l'équipement du pays logements, écoles, ponts, barrages, routes. En vue d'assurer la régularité d'approvisionnement du marché national en ce produit de base, le ministère du commerce et de l'industrie a procédé, en 1990, à la libération du ciment. L'eau joue un rôle primordial dans toutes les installations qui entrent dans la fabrication de ciment (four, broyeur, trémie). Un déréglage au niveau du circuit d'eau peut causer des arrêts de machines de production [1].

I.1 Définition de BISKRIA CIMENT-SPA :

L'Algérie est un marché d'importance stratégique pour la société BISKRIA Ciment dans le Bassin méditerranéen. Le secteur de la construction en Algérie a connu une croissance importante depuis l'an 2000, ce qui a déclenché la nécessité en matériaux de construction et solutions constructives.

La société cimentière « BISKRIA CIMENT » est une société par actions (S.P.A), de droit privé de droit algérien, créée en janvier 2009 au capital social de 4 284 000 000 DA. L'activité principale de l'entreprise est la production et la vente de ciment. Elle est constituée d'une entité unique située au siège social. Ses actionnaires sont tous des opérateurs économiques privés en Algérie. La cimenterie couvre une superficie de 100 hectares et est située à 18 kilomètres au nord-est de la capitale provinciale de BISKRA et à 5 kilomètres au sud de la ville de BRANIS. Ses principales matières premières proviennent du gisement de calcaire du JEBEL M'HOR à environ 2km et du gisement d'argile D'ETAREF à 15 km [2].



Figure I. 1 : Logo Biskria Ciment

I.1.1. Organigramme de SPA Biskria Ciment :

Voici une vue générale de l'organigramme de l'entreprise SPA Biskria Ciment et ces différents services.

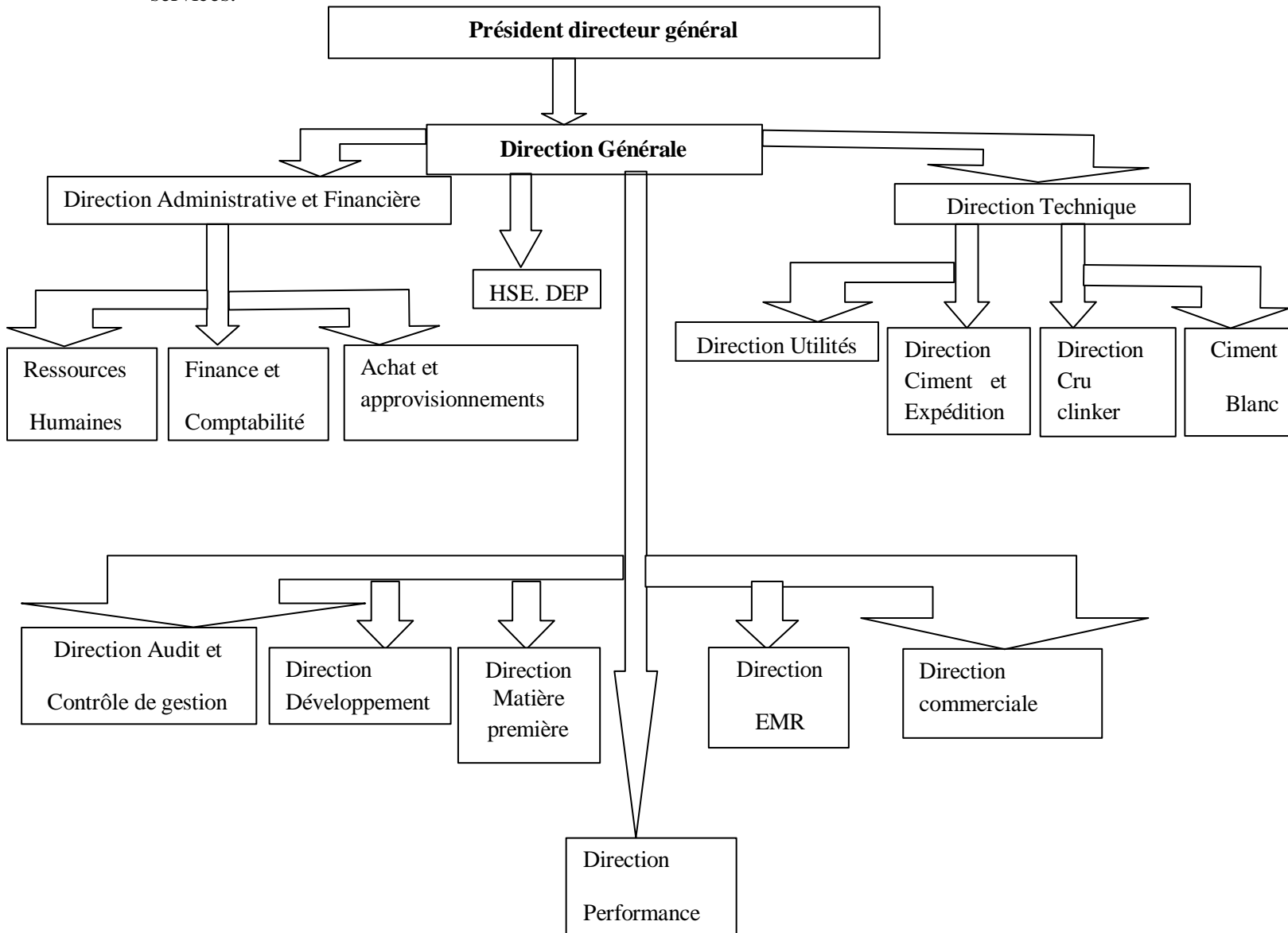


Figure I.2 : Organigramme de SPA Biskria Ciment

I.1.2. les services de BISKRIA Ciment :

La cimenterie possède de 3 lignes de productions (2 lignes ciment gris, 1 ligne ciment blanc) avec une capacité totale de 4 millions T/an. La S.P.A BISKRIA CIMENT contient de services administratifs pour gérer la société

1- Secteur administratif.

2- Secteur technique : contient les trois lignes de production d'une capacité de 4 millions T/an.

3- Secteur commerciale : contient le service de vente et d'expédition [3]

I.1.3. Les produits Fabriqués :

Tous les produits sont conformes à la norme algérienne (NA442A6-2013) [2]

CEM I 42,5 R :

Ciment portland, pour les bétons hautes performance et a une résistance

Rapide à court terme, destiné aux domaines où les délais de décoffrage sont courts,

Il est recommandé particulièrement pour le bétonnage par temps froid

En hiver composition : 95 % à 100% de clinker (k) complément à 100%

De sulfate de calcium sous forme de gypse en tant que régulateur de prise.



CEM II/A-L 42,5 R : Ciment portland au calcaire :

Ciment gris pour béton à performances élevées, il procure une utilisation

Confortable du au temps de prise idéale, destiné à la construction dans le bâtiment,

Le génie civil, ainsi dans la préfabrication.

Composition 80 % à 94 % de clinker (KK)

Complément à 100% du calcaire (L)



CEM II/B-L 32.5 R Ciment portland au calcaire :

CEM II/B-L 32.5 R Ciment gris destiné aux travaux de

Bâtiment, génie civil industriel et routier

Composition 65 % à 79% de clinker (KK)

Complément à 100% du calcaire (L)



CEM I 42, 5 R SR3 (CRS):

Ciment portland résistant au sulfate

Un Ciment gris résistant aux sulfates, pour la réalisation de

Béton mortiers, béton-armé ou non-armé en hivers comme en



Été, lorsqu'une résistance aux Sols agressives est préconisée

Composition : au moins 95 % de clinker (KK)

Ajouts : la proportion de constitutions secondaires

Est limitée à 5%

I.2. Ingrédients de Ciment :

- On pose la question : De quoi est composé le ciment ?

Minéralogiquement parlant, le ciment est essentiellement composé de quatre constituants :

- La chaux CaO (désignation simplifiée « C ») plutôt basique.
- Silice SiO_2 (désignation simplifiée « S »).
- Alumine Al_2O_3 (désignation simplifiée « A »).
- Oxyde de fer Fe_2O_3 (désignation simplifiée "F") plutôt acide. [4].



Figure I. 3 : Ingrédients du ciment

I.2.1. Matières Premières :

On classe habituellement les matières premières naturelles en :

- Calcaire : plus de 8% de CaCO_3 .
- Argile : moins de 40% de CaCO_3 .

I.2.1.1. Calcaires :

Les calcaires peuvent être de pureté et de duretés variables, ils proviennent du dépôt de CaCO_3 contenu dans les eaux de mer ou des lacs, dépôts provoqués par précipitation chimique ou réalisés par l'intermédiaire d'organismes vivants (mollusques, algues). Certains de ces dépôts soumis à une pression et à une température suffisante, ont donné des calcaires cristallins. Les principales impuretés rencontrées dans les calcaires sont : la silice, la magnésie, le fer, les alcalis. La réaction chimique de base de la fabrication du ciment commence avec la décomposition du carbonate de calcium (CaCO_3) en chaux (oxyde de calcium, CaO) accompagnée d'un dégagement du gaz carbonique (CO_2). [5]



Figure I .4: Roche de calcaire

I.2.1.2. L'argile :

L'argile est une roche sédimentaire, composée par une large part de minéraux spécifiques, silicates en générale, d'aluminium plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée. Cette matière constitue essentiellement de silice ,d'alumine et de fer elle peut être sous forme d'argile résiduelle provenant de la décomposition sur place de roches existantes, du fait d'agents physico-chimiques ou d'argile transportée et déposée sous l'effet des mers , des cours d'eaux des glaciers et du vent .[5]

Les argiles peuvent être classées de plusieurs manières du point de vue minéralogique on peut

Classer les argiles en différents groupes :

- ✓ Groupe de l'halloysite : $\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2.4\text{H}_2\text{O}$.
- ✓ Groupe de kaolin : $\text{Al}_2\text{O}_3.2\text{SiO}_2.2\text{H}_2\text{O}$.
- ✓ Groupe de la montmorillonite : $\text{Al}_2\text{O}_3.4\text{SiO}_2.n\text{H}_2\text{O}$
- ✓ Groupe des minéraux argileux micacés (séricite)
- ✓ Groupe des minéraux argileux magnésiens (sépiolite)



Figure I.5 : Argile

I.2.1.3. Minerai de fer (Fe_2O_3) :

Le minerai de fer est une roche contenant du fer, généralement sous la forme d'oxydes, comme l'hématite. Les minerais de fer ont une teneur en fer variable selon le minéral ferrifère, sachant également que l'isomorphisme, presque toujours présent dans les minéraux naturels. Les principaux minerais de fer sont des sulfures, des carbonates et des oxydes.



Figure I. 6 : Minerai de fer (broyer)

I.2.1.4. Sable (SiO_2) :

Le sable est avant tout un matériau naturel, issu du quartz ou du silex, largement utilisé dans le domaine de la construction. Le sable est constitué de grains plus ou moins fins, dont la dimension varie de 0,15 mm à 4,76 mm. En fonction de la taille des grains, on parle de sable fin, de gros sable ou de sable graveleux. Il existe ainsi différents types de sables, qui auront différentes utilisations en construction [6]

I.2.2. Les matières d'ajout :

Sont principalement :

- ✓ **Le Gypse** : Son rôle est de régulariser le temps de prise du ciment.
- ✓ **Le Calcaire** : Ajout qui diminue la résistance du ciment et qui peut être remplacé par la pouzzolane qui a les mêmes caractéristiques. [7].

Ces compositions diffèrent d'un ciment à l'autre selon la composition minéralogique voulue qui détermine les autres propriétés du produit fini (temps de prise, résistance mécanique, résistance aux

sulfates, résistance à l'attaque de l'eau de mer...). Toutes ces propriétés sont définies pendant et après l'hydratation et le durcissement du ciment portland. [6].

I.2.2.1. Gypse (CaSO_4) :

Le gypse d'origine sédimentaire est une roche saline de la famille des évaporites. Il se forme également en milieu hydrothermal, ou comme produits d'oxydation de sulfures. Le gypse est une espèce minérale composée de sulfate di hydraté de calcium de formule $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Notamment de ceux qui contiennent des proportions importantes d'aluminate tricalcique. Grâce à ce gypse, la prise du ciment, c'est-à-dire le début de son durcissement, s'effectue au plus tôt une demi- heure après le début de l'hydratation. Sans gypse, la prise serait irrégulière et pourrait intervenir trop rapidement



Figure I. 7 : Poudre de Gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Avantages techniques	Avantages économiques	Avantages écologiques
<ul style="list-style-type: none">-Améliorer la maniabilité-Réduit la demande en eau-Amélioration des propriétés mécaniques et de la durabilité du béton.-Diminution de la chaleur d'hydratation dégagée du béton.-Diminue la fissuration d'origine thermique.	<ul style="list-style-type: none">-Leur coût est souvent égal au coût du transport et de la manipulation.-Réduit le prix du béton pour le coût du combustible.	<ul style="list-style-type: none">-Diminution de l'émission du CO_2 par l'industrie cimentière-Elimination des sous-produits de la nature.

Tableau I. 1 : Récapitulatif des avantages des ajouts cimentaires. [5]

I.2.3. Produit semi- fini (CLINKER)

I.2.3.1. Définition :

Le clinker est le principal constituant des ciments courants. C'est un produit obtenu par cuisson jusqu'à fusion partielle (clinker assation) vers 1450 °C d'un mélange convenablement dosé et homogénéisé de calcaire (80 % environ) et d'argile (20 % environ).

I.2.3.2. Composition chimique :

Le clinker est principalement composé d'oxydes métalliques, les quatre principaux : l'oxyde de calcium (CaO), de silicium (SiO₂), d'aluminium (Al₂O₃) et de fer (Fe₂O₃), représentant environ 95 % en masse.

La composition chimique moyenne du clinker est présentée dans le tableau I.2. [8]

Com posant du clinker	Ca O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Notation cimentière	C	A	F	S	M	S	K	N
Teneurs limites (%)	62-67	2-9	1-5	19-25	0-3	1-3	0,6	0,6

Tableau I.2 : Composition chimique du clinker

I.2.3.3. Composition minéralogique :

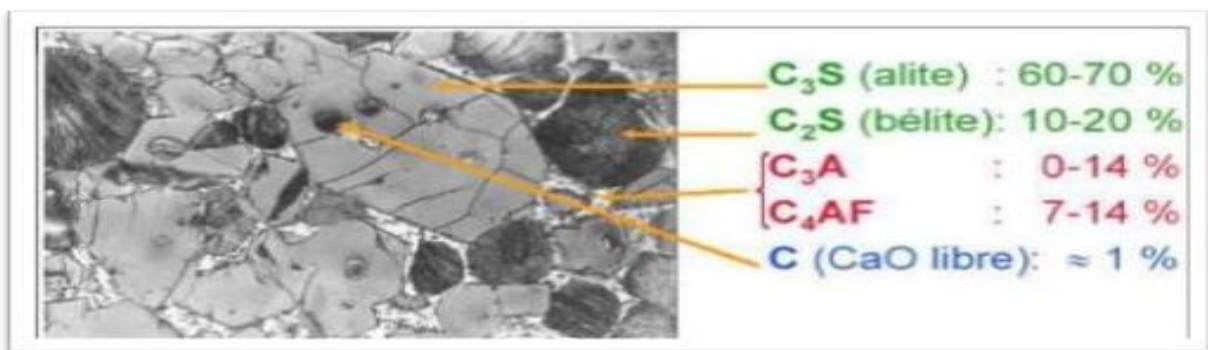


Figure I. 8 : Micrographie de clinker montrant ses quatre phases cristallines principales [6]

Le ciment portland contient 4 principaux constituants sont :

- ✓ le silicate bi calcique (Bélite) : 2CaO, SiO₂ ou par abréviation C₂S,
- ✓ le silicate tricalcique (Alite) : 3CaO SiO₂ ou par abréviation C₃S,

- ✓ L'aluminate tricalcique (Célite) : $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ ou par abréviation C_3A ,
- ✓ L'alumino-férritetétra calcique (Célite) : $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ ou par abréviation C_4AF .

La composition minéralogique moyenne du clinker est comprise dans les limites suivantes (Tableau I-3) [8].

Composants minéralogiques	Alite C_3S	Bélite C_2S	Célite C_3A	Célite C_4AF
Teneur en (%)	40 à 70%	10 à 30%	2 à 15%	0 à 15%

Tableau I. 3 : Compositions minéralogiques moyenne du clinker

I.3. Étapes de fabrication du ciment :

Sans vouloir entrer dans le détail de la fabrication des ciments, il est cependant nécessaire d'en connaître les principes généraux et les différentes phases. Les matières premières entrant dans la fabrication du clinker sont le calcaire et l'argile dans des proportions respectivement proches de 80 et 20 %. Le calcaire apporte le calcium ; l'argile apporte la silice SiO_2 , l'alumine Al_2O_3 , et l'oxyde ferrique Fe_2O_3 nécessaires au processus de formation du clinker. Ces matières premières contiennent par ailleurs d'autres éléments que ces oxydes fondamentaux, tels de la magnésie MgO , des sulfates, des sulfures, des alcalis K_2O et Na_2O_3 , dont les pourcentages doivent être contenus en deçà de limites précises.

La fabrication du ciment comporte les étapes suivantes :

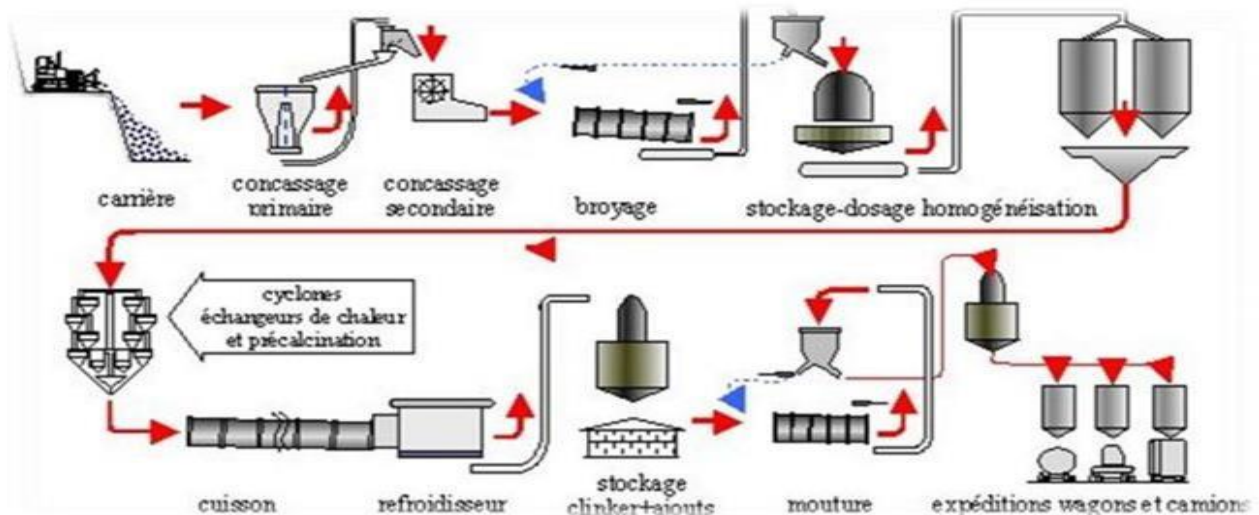


Figure I. 9 : Étapes de fabrication du ciment

I.3.1. La carrière :

Toute usine existante ou toute implantation de nouvelle usine nécessite une connaissance approfondie des gisements de matières premières [9]. Le carrier en cimenterie constitue la source en matières premières qui subissent des transformations pour fabriquer le produit fini donc le ciment est fabriqué à partir de quatre composantes chimiques principales : carbonates de calcium, alumine, silice et oxyde de fer. Ces éléments se trouvent généralement dans la nature sous forme de calcaire, d'argiles, de minerai de fer et de sable. Constituant la matière première principale, le calcaire est extrait d'une carrière située à proximité de l'usine, sous forme de blocs de dimensions très variées (~ 1 m³), pour réduire les coûts de transport. Les argiles, constituent la matière première secondaire, le minerai de fer et le sable, sont des matières de correction utilisées dans des faibles proportions. Ces matières sont livrées par des fournisseurs. [3]



Figure I. 10 : Extraction et transport du calcaire [10]

I.3.2. Le Concassage :

Les matériaux sont réduits par le concasseur à une taille maximum de 80mm. La roche est ensuite échantillonnée en continu pour déterminer la quantité des différents ajouts nécessaires (oxyde de fer, alumine, silice) et arriver ainsi à la composition chimique idéale. Le mélange est ensuite stocké dans un hall de pré homogénéisation où la matière est disposée en couches horizontales superposées puis reprise verticalement. Concassage et pré-homogénéisation. [3]

Les paramètres qui déterminent le choix d'un concasseur sont :

- ✓ La nature des matériaux de carrière : humidité, cohésion, composition chimique (silice) déterminant l'abrasivité du matériau
- ✓ La dimension du matériau entrant et la granulométrie souhaitée en sortie
- ✓ L'efficacité du concassage compte tenu de la nature des matériaux
- ✓ Les débits demandés
- ✓ L'investissement

Le concassage s'effectue en général en 2 étapes :

- ✓ Le concassage primaire qui réduit la taille des matériaux en blocs de 150 à 200 mm
- ✓ Le concassage secondaire qui réduit la taille en fragment de 20 à 35 mm, taille admissible par les broyeurs crus. [9]



Figure I. 11 : Le concasseur

I.3.3. Le Stockage de matière première :

Après l'opération de concassage de ces trois constituants de base on obtient une granulométrie de 0 à 25 mm, les constituant sont acheminés vers le stock primaire (hall de stockage) par des tapis roulant couverts, pour la pré-homogénéisation : un hall avec un stockage circulaire pour le calcaire et un hall a stockage linéaire pour l'argile et le sable minéral de fer [10].



Figure I. 12 : La polaire à l'intérieur



Figure I. 13 : Les polaires à l'extérieur

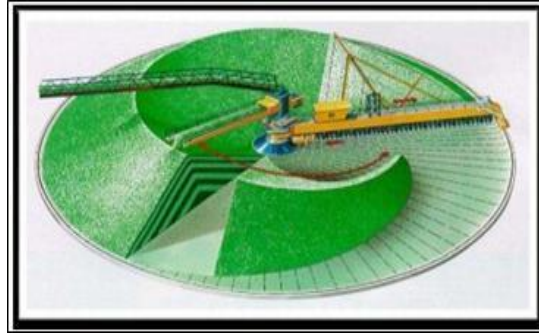


Figure 1. 14 : Structure polaire

I.3.4. Pré-homogénéisation :

Le cru est un mélange homogène de calcaire et d'argile ; la minerais de fer et de sable. Les proportions sont déterminées selon leurs compositions chimiques et sont toujours proche de 75 % de calcaire et 15% d'argile 5 % de fer 3% de sable. Le mélange est broyé en une poudre de granulométrie inférieure à 90 microns. La poudre obtenue est homogénéisée par un mélangeur pneumatique (un supprimeur pour la fluidisation et un compresseur pour l'homogénéisation. Le produit obtenu est appelé la farine cru « le CRU ». [11]



Figure I. 15 : Le hall de pré-homogénéisation

À l'intérieur



Figure I. 16 : Le hall de pré homogénéisation

à l'extérieur

I.3.5. Le broyage et le séchage :

La matière crue est constituée d'un mélange des différentes matières premières et de correction dans des proportions qui sont définies suivant les valeurs des modules chimiques du cru. En général, la matière crue est constituée de 75% de calcaire, 15% d'argile, et 5 % de matières de matières de corrections (minerai de fer 5% ; sable 3%).

Le dosage des différentes composantes est systématisé de manière automatique à l'entrée du broyeur. Ce mélange est broyé et séché dans un broyeur horizontal à boulets ou vertical à galets. Cette opération de broyage permet de réduire la granulométrie du mélange. Le séchage de la matière crue à l'intérieur du broyeur est assuré par les gaz chauds du four. Ces gaz sont ensuite dépoussiérés dans un

filtre à manches puis évacués dans l'atmosphère. Le séchage permet de réduire l'humidité de la farine à moins de 1%.

A la sortie du broyeur cru, le mélange des matières broyées, appelé farine crue est stocké dans un ou plusieurs silos de stockage et d'homogénéisation.

Dans ces silos, la farine crue est homogénéisée par soufflage d'air sur-pressé. Cette opération permet d'améliorer la régularité des caractéristiques de la farine crue afin d'obtenir ensuite un clinker de qualité Régulière. [3]

ÉLEMENTS CONTENUS DANS LE CRU [9]

$\left\{ \begin{array}{l} \text{SiO}_2 \text{ (S)} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (A)} \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ (F)} \end{array} \right.$	$\left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{SiO}_2 \text{ (S)} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (A)} \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ (F)} \end{array}} \right\}$	Eléments principaux Eléments principaux
$\left\{ \begin{array}{l} \text{CaO (C)} \\ \text{MgO (M)} \\ \text{K}_2\text{O (K)} \\ \text{Na}_2\text{O (N)} \end{array} \right.$	$\left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{CaO (C)} \\ \text{MgO (M)} \\ \text{K}_2\text{O (K)} \\ \text{Na}_2\text{O (N)} \end{array}} \right\}$	Eléments mineurs Eléments mineurs
SO_3		



Figure I. 17 : Broyeur cru vertical

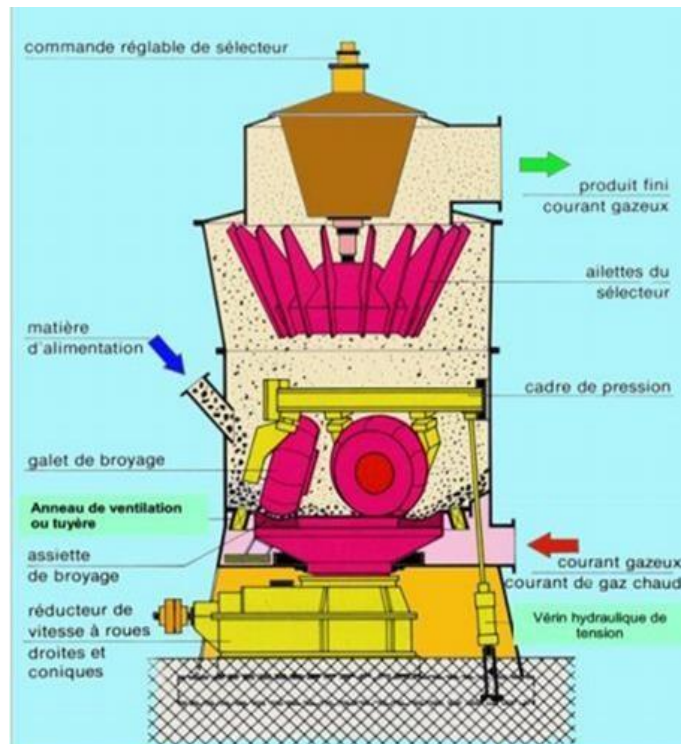


Figure I. 18 : Schéma d'un broyeur cru vertical

I.3.6. Homogénéisation :

La farine crue est homogénéisée dans des silos d'une capacité unitaire de 20000 T pour chaque ligne de production. Pour augmenter l'efficacité de l'homogénéisation les deux silos sont alimentés et soutirés simultanément. La méthode généralement utilisée pour l'homogénéisation est envoi de l'air en bas de silos permettant de fluidifier la farine. [12]



Figure I. 19 : Silo homogénéisation

I.3.7. Zone de cuisson :

I.3.7.1 Tour de préchauffage :

Les gaz réchauffent la poudre crue qui circule dans les cyclones en sens inverse, par gravité. La poudre s'échauffe ainsi jusqu'à 800 °C environ et perd donc son gaz carbonique (CO₂) et son eau. C'est un échangeur à contre-courant destiné à préchauffer la farine avant son entrée dans le four, en récupérant la chaleur des gaz sortant du four environ égale à 100°C, par le fait que l'argile et le calcaire ont la même densité (2,70 g/cm³), un exhausteur monté sur les cyclones aspire les gaz de combustions et le mélange carrière, faisant une tornade qui garantit que tous les grains du crue subit la chaleur des gazes. [9]. Chaque ligne de préchauffeur présente des cyclones jumelés au 1er étage, afin d'assurer une séparation efficace de la farine des gaz de sortie. La farine crue introduite contient encore 1% d'humidité et le courant gazeux dont la température est d'environ 350°C sert au séchage de la farine. Séparée des gaz à chaque traversé de cyclone, la matière est à chaque fois réinsérée à l'étage suivant (au-dessous) et reprise par des gaz de plus en plus chaud donc elle se réchauffe. [10]



Figure I. 20 : La tour de préchauffage

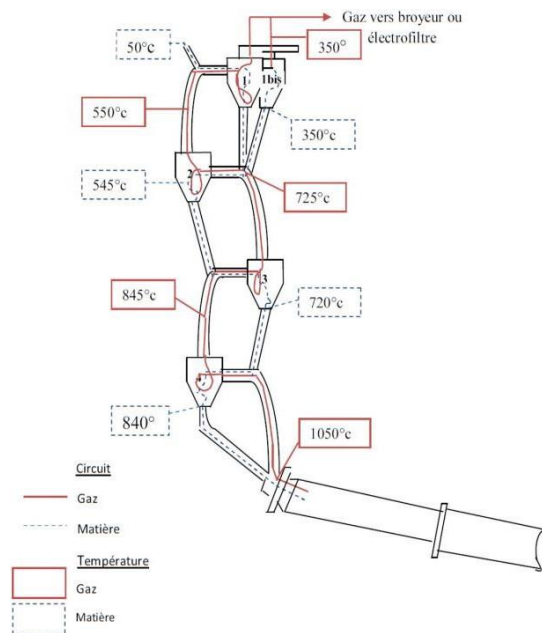


Figure I. 21 : Schéma de tour échangeuse [10]

I.3.7.2. Alimentation du four :

Une conduite située entre l'entrée du four côté matière et la tour de préchauffage. Une partie des gaz d'exhaure du four sont extraits par ce By-pass et refroidis rapidement par de l'air ou de l'eau afin d'éviter une accumulation excessive d'alcalis, de chlorure et de soufre sur le cru. On l'appelle aussi By-pass des gaz d'exhaure du four ». Cette matière est extraite pour deux raisons principales : »

- Premièrement : pour soulager la pression du boîte à fumée.
- Deuxièmement : haute teneur en chlore et oxydes de soufre. [10]

I.3.7.3. Explication de système de By-pass :

Lorsque la descente de la farine fraîche pour alimenter le système de four à travers l'embout, et précisément au troisième étage et dans le degré de la température de convergence de 500 °C degrés Celsius déclencher des réactions qui résume par: des composés ou volatils, tels que les composants de gaz de chlore et de dioxyde de soufre de chaque groupe , ceci est le résultat des interactions de démolition et d'autres gaz déplacer ce gaz avec la matière se déplacent verticalement selon la tour avant de le chauffer à fumer une boîte à l'entrée du four à une température d'environ 950°C produit notre poussière contient ces matériaux accumulés sont la pression en poudre et élevée peut empêcher l'écoulement de matériau à partir du cinquième étage et peut provoquer un blocage dans les tubes article en présence en haut de la boîte à fumée, la soupape s'ouvre et se ferme lorsque la pression augmente, la soupape s'ouvre pour extraire la substance poussiéreuse.

Cette pression est un obstacle à la matière et les empêche de pénétrer dans le four et le confinement de ce soufre de poussière matériel et le dioxyde de chlore poly chlorés à des taux élevés nocifs au four et le monde surnaturel des lois de ciment, nous conduit à tirer hors de la boîte.

Ce matériau poussiéreux est filtré de l'air dans des filtres quantitatifs et placé dans des silos, puis extrait dans des réservoirs de ciment à haute pression pour être éliminé à l'extérieur de l'usine. Nous essayons actuellement de mettre ce matériau dans le ciment pour s'en débarrasser, mais malheureusement les usines de chlore nous empêchent parce que la norme légale dans le ciment a dépassé la limite qui permet d'augmenter le matériel ainsi nous avons recours pour jeter ces déchets. [10]

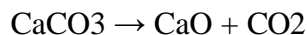
I.3.7.4 La cuisson :

La farine crue est préchauffée puis passe au four : une flamme atteignant 2000 °C porte la matière à 1500 °C, avant qu'elle ne soit brutalement refroidie par soufflage d'air. Après cuisson de la farine, on obtient le clinker, matière de base nécessaire à la fabrication de tout ciment. [14]

Les principales formations et réactions de la matière au cours de cuisson sont présentées par ces étapes suivantes :

❖ Étape 1 : Décarbonatation :

Le calcaire (CaCO_3) est décomposé en oxyde de calcium (CaO) + gaz carbonique (CO_2). Ce dernier est évacué par la cheminée.

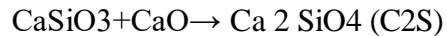
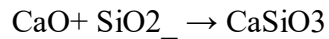


Pour 1 tonne (1000 kg) de CaCO_3 , on évacue par la cheminée 440 kg de CO_2 .

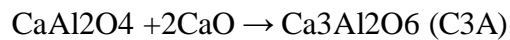
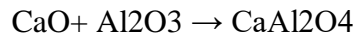
❖ Étape 2 : Phase de transition :

Il y a la combinaison de CaO avec :

Le silicium (Si) pour former du C2S (silicate bi calcique), cette réaction est légèrement exothermique.



L'alumine (Al) pour former une solution solide d'aluminates de calcium.



❖ Étape 3 : Phase de cuisson :

La température de la matière monte jusqu'à 1450 °C. Une partie de la matière fond pour donner naissance à la phase liquide (constituée de phase aluminates et ferrite), cette étape demande beaucoup d'énergie.

En parallèle, il y a formation de C3S (silicate tricalcique) : à partir de 1300 °C, le C2S se transforme en C3S en réagissant avec une partie du CaO non combiné. La réaction est exothermique. [10]



Figure I. 22 : Four rotatif

I.3.8. Refroidissement :

Le refroidisseur a pour rôle d'abaisser la température du clinker tombant du four à une température d'environ 1135°C jusqu'à 80-100°C. Il est équipé d'une batterie de ventilateurs fournissant l'air de refroidissement. [13]



Figure I. 23 : Le refroidisseur

I.3.9 Stockage du clinker :

Une fois refroidi, le clinker est alors stocké dans des silos qui d'une part, confèrent à l'atelier de broyage ciment. [10]



Figure I. 24 : Un Silo de stockage de clinker

I.3.10. Broyage ciment :

Le clinker se dirige vers les trémies ciment et ensuite broyé en additionnant le gypse et le calcaire avec des quantités différentes selon les qualités du ciment désirées. Ce type de Broyeur qui permet le broyage du clinker en ajoutant des ajouts s'appelle : « Broyeur ciment » ou bien dans le VCM. [10]

Le broyage a pour objectif, d'une part de réduire les granulats de clinker en poudre, d'autre part, de procéder à l'ajout du gypse (dont le rôle est de réguler le phénomène de prise), ainsi qu'à celui des éventuels autres constituants (pouzzolane, calcaire de correction) ce qui permet d'obtenir les différents types de ciments normalisés. [15]



Figure I. 25 : Le VCM

I.3.11. Silo ciment :

Après le broyage clinker, le clinker se déplacer par un convoyeur vers le silo spéciale pour stocker le ciment. [3]



Figure I. 26 : Silo de stockage de ciment

I.3.12. La salle de contrôle :

Les pilotes de la salle de contrôle conduisent l'usine depuis leurs écrans où s'affichent tous les informations. [3]

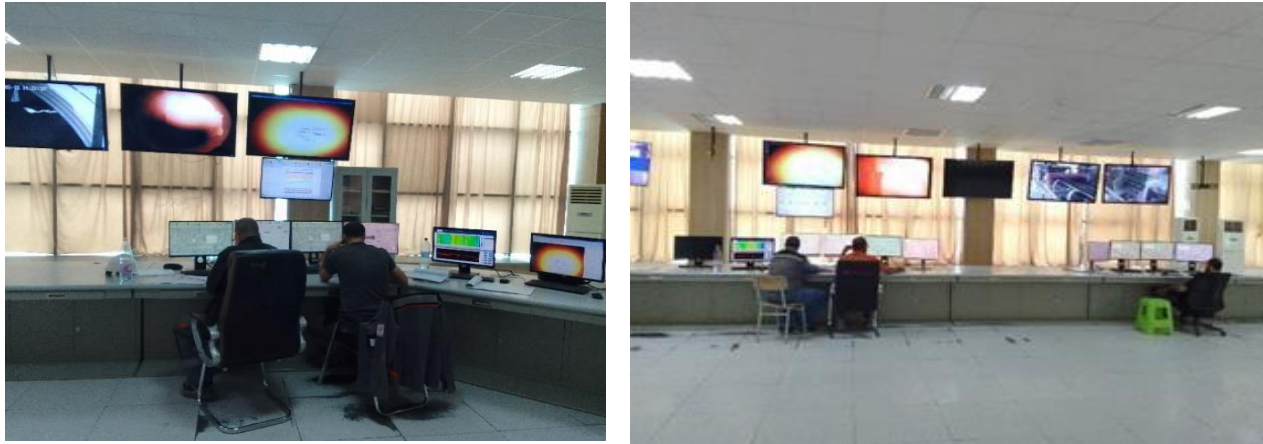


Figure I. 27 : Salle de contrôle

I.3.13. Stockage et expédition du ciment :

A la sortie du broyeur, le ciment est transporté vers des silos de grandes capacités qui alimentent par la suite les ateliers d'ensachage pour les l'expédition en sacs, ou les dispositifs de chargement et livraisons en VRAC. Donc les expéditions comprennent le stockage du ciment, son conditionnement (ensachage) en cas de livraison par sacs ou via un vrac et son chargement sur l'outil de transport (camion). C'est l'interface de l'usine avec le client. [3]



Figure I. 28 : L'expédition

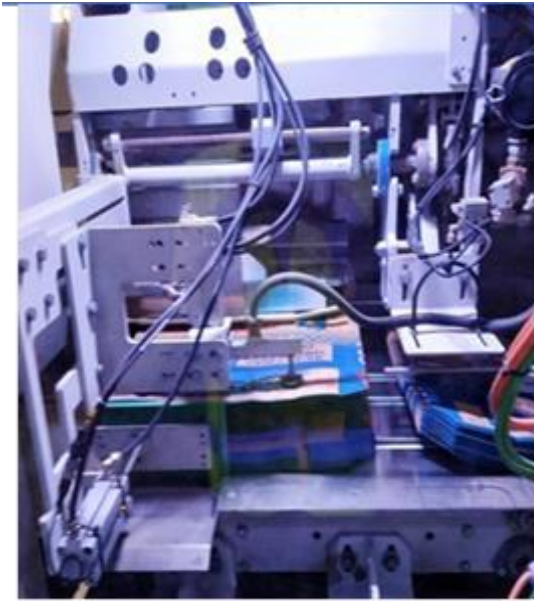


Figure I. 29 : L'expédition en sac



Figure I. 30 : L'expédition en VRA

I.4. Type de ciment :

I.4.1. La norme :

Toutes les normes algériennes sont élaborées par : L'institut Algérien de Normalisation (IANOR). Les ciments peuvent être classés en fonction de leur composition et de leurs résistances normales, selon l'arrêté interministériel du 3 RABIE ETHANI 1424 correspondant au 4 juin 2003 portant sur les spécifications techniques et les règles applicables aux ciments. [5]

I.4.2. La nomenclature du ciment [5] :

Une nomenclature régit le nom des produits industriels (ciments), afin de donner des indications sur sa composition, simplement à partir de son nom.

Exemple du ciment de BISKRIA : CEM I / 42, 5 R

Le premier chiffre romain I indique le type de ciment (composition). Les chiffres 42, 5 indiquent la classe de résistance.

Enfin, la dernière lettre indique la résistance (soit R Rapide ou soit N normale).

L'industrie cimentière commercialise de nombreux types de ciments afin de répondre aux différents problèmes rencontrés lors de la construction des ouvrages :

- ❖ Résistances mécaniques
- ❖ Résistance à une attaque physique ou chimique
- ❖ Mise en œuvre particulière.

Désignation	Types de ciment	Clinker %	Ajout E Teneurs en %	Matière Secondaire
CEM I	Ciment portland	95 à 100 %	----- ---	
CEM II /A CEM II /B	Ciment portland Composé	80 à 94 % 65 à 79 %	L'un des Ajouts - 6 à 20% - 21 à 35 %	0 à 5%
CEM III/A	Ciment de haut Fourneau	35 à 64 % 20 à 34 % 5 à 19 %	- 35 à 65 % Laitier - 66 à 80% - 81 à 95 %	
CEM IV/A CEM IV/B	Ciment Pouzzolanique	65 à 90 % 45 à 64 %	Pouzzolane, cendre, ou fumée de silice - 10 à 35% - 36 à 55%	
CEM V/ A CEM V/ B	Ciment au laitier et aux cendres	40 à 64 % 20 à 39 %	Laitier - 18 à 30% Etendre- 31 à 50%	

Tableau I. 4 : Liste des différents types de ciments courants normalisés

Par NF P 15- 301

I.5. Classe de résistance du ciment :

La norme NA442 classe les ciments courant d'après leur résistance à la compression déterminée conformément à la norme NA234, mesurée à 28 jours, en six classes de résistance (tableau I.4). [5]

Les ciments sont répartis en trois classes de résistances ; 32.5 - 42.5 - 52.5, définis par la valeur minimale de la résistance caractéristique du ciment à 7 et à 28 jours.

La résistance du ciment est déterminée sur des éprouvette de mortier de ciment (Mortier normalisé ; sable/ ciment/ Eau). A chaque classe de résistance courante, correspondent trois (3) classes de résistance à court terme :

- une classe de résistance à court terme ordinaire «notée N.
- une classe de résistance à court terme Elevée «notée R.
- une classe de faible résistance à court terme «notée L [6]

Classe de résistance	Résistance à la compression (M Pa)	
	2 jours Limite inf	28 jours Limite inf
32.5N (Normale)	-	≥ 32.5
32.5R (Rapide)	≥ 13.5	≥ 32.5
42.5	≥ 12.5	≥ 42.5
42.5R	≥ 20	≥ 42.5
52.5	≥ 20	≥ 52.5
52.5R	≥ 30	≥ 52.5

Tableau I. 5 : Classes de résistance du ciment

Conclusion :

Les grandes cimenteries stockent de plus en plus le produit dans des silos auparavant énormes. Distribuez-les en sacs ou au détail. Nous avons dû nous adapter à ce besoin comme le ciment existant. Dans tout notre environnement, les industriels construisent de plus en plus. Si en 1870, date La création des premières cimenteries a nécessité 40 heures.

Aujourd'hui, nous produisons la même quantité en moins de trois minutes. Malgré cette rapidité, cela nécessite beaucoup d'énergie, d'eau et la main d'œuvre.

Dans le deuxième chapitre, nous étudierons l'un des plus importants de ces besoins, à savoir l'eau utilisée dans la cimenterie.



Chapitre II : osmose inverse

Introduction :

L'eau joue un rôle crucial dans les cimenteries, tant dans le processus de fabrication que dans la préservation de l'environnement. Tout d'abord, elle est utilisée pour refroidir les équipements et contrôler la température lors de la production du ciment. L'eau est également mélangée avec d'autres matières premières pour former une pâte, qui est ensuite chauffée à des températures élevées pour produire du clinker, un composant essentiel du ciment.

De plus, l'eau est utilisée pour humidifier les matières premières afin de réduire la poussière et améliorer les conditions de travail. Les besoins en eau d'une usine de ciment sont évalués à environ 0.6 m³ d'eau par tonne de ciment pour le refroidissement est le plus grande parité de cette eau recyclée dans les installations, l'eau sert également aussi au refroidissement des équipements, ce que représente environ 0.4-0.6 m³ d'eau par tonne de ciment, ces données de consommation spécifique fournies par la fédération des entreprises cimentières permettent d'évaluer les performances des usines [16].

Pour protéger votre équipement contre la corrosion, il existe plusieurs méthodes, et l'osmose peut en effet être l'une d'entre elles. L'osmose inversée est une technique couramment utilisée pour purifier l'eau en éliminant les impuretés et les sels dissous.

II.1. Source d'eau SPA :

L'eau de forage est utilisée comme principale source d'eau dans cette entreprise. Ce type d'eau est généralement utilisé dans les processus industriels et peut être utilisé dans les équipements de réfrigération, le lavage et d'autres utilisations et dans les processus de production en général. Il est important que la qualité de cette eau soit adaptée à un usage industriel, car elle est traitée et purifiée pour s'assurer qu'elle n'affecte pas les processus de production et l'environnement ; au biskria ciment il y a trois fourrages avec des caractéristique différent le tableau suivant clarifie les analyses de ces eaux [17].

2023	janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Consommation eau (en m ³) fourrage N°01 342	2503	1990	1598	1970	3172	2122	2855	922	1125	2935	2201	5954
Consommation eau (en m ³) fourrage N°01 416	3566	6549	11293	9235	9068	9871	6085	9324	8323	14007	18263	25868
Consommation eau (en m ³) fourrage N°01435	5210	22979	42963	31670	53148	52432	25959	41008	41477	53264	55899	115293
La somme de consommation	11279	31518	55854	42875	65388	64425	34899	51254	50925	70206	76363	147115

Tableau II.1 : Les analyse d'eau de fourrage SPA ciment (document biskria)

II.2. Station osmose inverse SPA :

La technologie d'osmose inverse est souvent utilisée pour le traitement de l'eau dans différentes industries, y compris les cimenteries. L'eau de puits peut contenir divers contaminants, comme des sédiments et des métaux indésirables, ou même des produits chimiques provenant du forage lui-même ; ou les selles. L'osmose inverse est efficace pour éliminer bon nombre de ces contaminants en forçant l'eau à travers une membrane semi-perméable qui retient le carnage indésirable, laissant l'eau plus propre et pure.

Dans le contexte des cimenteries, où l'eau est souvent utilisée dans divers procédés industriels et où la qualité de l'eau est essentielle à la production et à la protection de l'environnement, L'osmose inverse peut-être une solution efficace pour traiter l'eau des puits et les rendre conformes aux normes de qualité requises. Cependant, il convient de noter que le coût et l'entretien des systèmes d'osmose inverse peuvent être élevés, et une évaluation complète de la faisabilité économique et technique devrait être effectuée avant leur mise en œuvre dans une usine de ciment spécifique.

Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est à dire de la solution concentrée vers la solution

diluée, La pression appliquée doit donc être supérieure à la pression osmotique. Pour le dessalement d'eau de mer, la pression doit être d'environ de 50-70 bars [17].



Figure II. 1 : Station osmose inverse SPA (à l'intérieur).

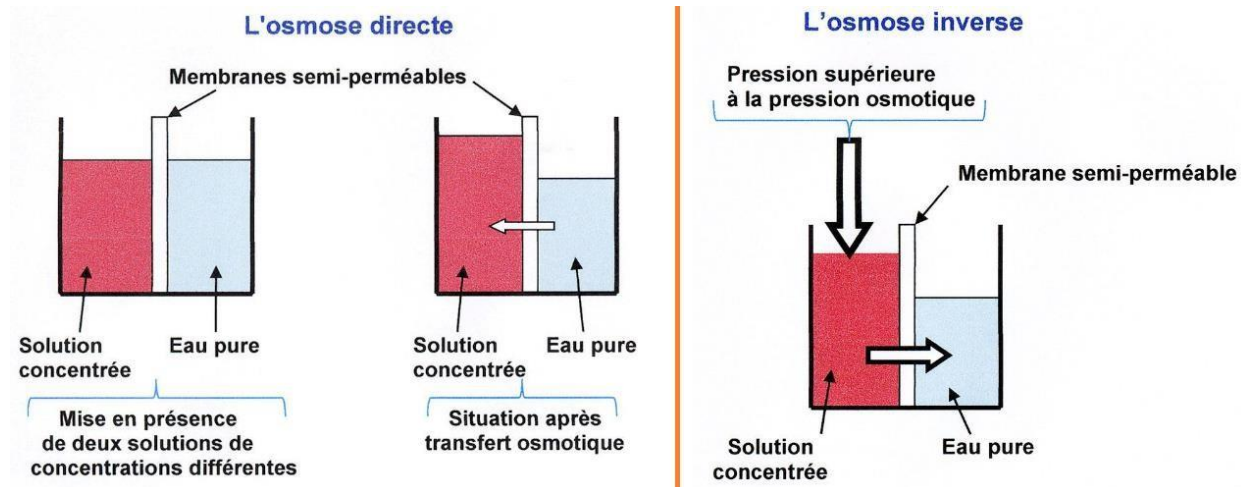


Figure II. 2 : Principe de l'Osmose Directe et de l'Osmose Inverse

II.2.1. Équipement d'installation d'osmose inverse :

II.2.1.1. Filtre sable :

Comment fonctionne un système de filtre à sable ?

Un filtre à sable est un type de système de filtration d'eau couramment utilisé dans les piscines, les aquariums et les applications industrielles comme les stations SPA. Il fonctionne en piégeant et en éliminant les impuretés de l'eau grâce à un processus appelé filtration.

Le composant principal d'un filtre à sable est le réservoir, qui est généralement en fibre de verre ou en métal et contient un lit de sable spécialement classé. Le sable agit comme un média filtrant, attrapant et retenant les particules lorsque l'eau le traverse.

Lorsque l'eau pénètre dans le filtre à sable, elle s'écoule vers le bas à travers le lit de sable. Ce faisant, les particules plus grosses telles que les débris, la saleté et la matière organique sont piégées dans les espaces entre les grains de sable. Cette barrière physique empêche ces impuretés de passer jusqu'à la sortie.

Pour maintenir des performances optimales, un entretien régulier est nécessaire pour les filtres à sable. Cela comprend un lavage à contre-courant périodique pour éliminer les débris accumulés du média filtrant. La fréquence du lavage à contre-courant dépend de facteurs tels que la taille du filtre, le débit et la quantité de débris dans l'eau.

II.2.1.1.1. Les composants d'un filtre à sable :

L'un des principaux composants d'un filtre à sable est le réservoir. Ce réservoir est généralement en fibre de verre ou en métal et est conçu pour contenir le média filtrant, qui est généralement un lit de sable fin. Le réservoir contient également divers ports et vannes qui contrôlent le débit d'eau à travers le filtre.

Un autre élément important est la vanne multiport ou vanne de lavage à contre-courant. Cette vanne permet différentes fonctions telles que la filtration, le rétro lavage, le rinçage, etc. Il contrôle la direction du débit d'eau dans le système de filtration.

Le cœur d'un filtre à sable est le média filtrant lui-même, qui est généralement constitué de sable spécialement classé. La taille et le type de sable utilisé peuvent varier en fonction de l'application spécifique. Le but du média filtrant est de piéger et d'éliminer les impuretés de l'eau lors de son passage.

II.2.1.1.2. Avantages de l'utilisation d'un filtre à sable :

L'un des principaux avantages de l'utilisation d'un filtre à sable est sa capacité à capturer les grosses et petites particules. La nature graduée du lit de sable garantit que les particules les plus grosses sont piégées près de la surface, tandis que les particules plus petites pénètrent plus profondément dans le lit avant d'être capturées. Cela permet d'éliminer efficacement un large éventail de contaminants.

Un autre avantage est que les filtres à sable nécessitent un entretien minimal par rapport aux autres types de systèmes de filtration. Le lit de sable peut être facilement nettoyé par lavage à contre-courant, qui consiste à inverser le flux d'eau à travers le filtre. Pendant le lavage à contre-courant, les débris accumulés sont évacués par les tuyaux d'évacuation, garantissant ainsi des performances optimales du filtre.

Les filtres à sable offrent également une excellente longévité et durabilité. Avec des soins et un entretien approprié, ils peuvent durer de nombreuses années sans avoir besoin d'être remplacés.

De plus, ils sont rentables en termes de coûts d'installation initiaux et de dépenses opérationnelles continues.



Figure II. 3 : Filtre sable SPA

II.2.1.2. Filtre charbon actif :

Industriel de filtres à eau charbon actif ou de filtration de l'eau est un procédé utilisé pour enlever le chlore, dysgénésie, mauvais goût ; odeur et couleur à l'aide d'un lit de charbon actif médias de certains grades de charbon bitumineux ou de noix de coco charbon et produit en forme granulée haute densité. Charbon actif média est disponible en différentes tailles (maille), exemples : 12 x 40 ou 8 x 30. Quand nous décidons qu'il est nécessaire pour un industriel charbon actif filtres à eau, il est essentiel de connaître la source d'eau. Dans le cas où c'est la ville ou bien de l'eau d'une source fiable, nous pouvons nous attendre qu'il y a une quantité minimale de turbidité et nous pouvons utiliser un média d'AC 12 x 40 mailles. Dans le cas où la source d'eau a forte turbidité, ou d'une rivière ou un lac, dans ces cas nous voyons l'utilisation de 8 x 30 mesh est un meilleur choix [18].

II.2.1.2.1. Défis :

Système l'industriel charbon actif l'eau filtres (ACF) à l'instar de tous les filtres media est composé de minéraux réservoir (FRP ou acier), contrôleurs de Valve (dessus ou le côté monté) ou visage-tuyauterie avec contrôleurs, médias (gravier et activé Carbone). ACF sont disponibles dans différents taux capacité et médias débit. Il peut être configuré pour s'exécuter comme une seule unité autonome ou de réflexion multiple qui est en cours d'exécution au total soit dans l'ordre selon l'application. Unités de plus petite taille peuvent avoir des contrôleurs de valve

tandis que des unités de taille moyenne peuvent avoir air ou vannes à membrane à commande électrique qui sont contrôlées par un metteur en scène numérique.

Les médias dans le réservoir n'aient un maximum de 50 % niveau de profondeur pour permettre le support de charbon actif étendre par (30-40 %) pendant le mode de lavage à contre-courant. Le lit de charbon doit être remplacé lorsque l'efficacité pour enlever les contaminants est complètement épuisée.

II.2.1.2.2. Solutions :

Systèmes industriels de filtres à eau charbon actif est utilisé comme prétraitement aux systèmes RO comme Membranes RO ne peut pas avoir de trace de chlore dans l'eau d'alimentation. Chimiquement, chlore attaque les membranes Thion Film Composite (TFC) et les résultats plus de temps à la dégradation et développer des trous où le sel passe et se mélange avec le Permèt résultant de la mauvaise qualité de l'eau produit. Il existe 2 types de charbon actif sur le marché (axée sur le charbon bitumineux et axée sur la noix de coco) et deux d'entre eux ont leurs avantages par rapport à l'autre. Le charbon est plus adapté pour le traitement des eaux de surface qui a élevé organiques totaux composés (COT), eau à teneur en haut en couleurs, traitement des eaux usées et enlèvement des encombrants composés organiques de l'eau. Axée sur la coquille de la noix de coco sera mieux adapté pour l'élimination de matières organiques de trace au niveau en raison de la taille de superficie supérieure. C'est aussi a tendance à être plus dur, résistant à l'abrasion et a abaisser la teneur en cendres par rapport au carbone basée sur le charbon. [18].



Figure II. 4 : Filtre charbon active

II.3. Généralités sur les membranes :

II.3.1. Procédés membranaires :

III.3.1.1. Définition :

Une membrane [19] est une barrière, de très faible épaisseur à travers laquelle on fait passer, de manière sélective, des fluides ou des solutions, sous l'effet d'une force d'entraînement. Elle diffère selon le procédé de séparation : cela peut être la gravité, la pression, un gradient de concentration ou un champ électrique.

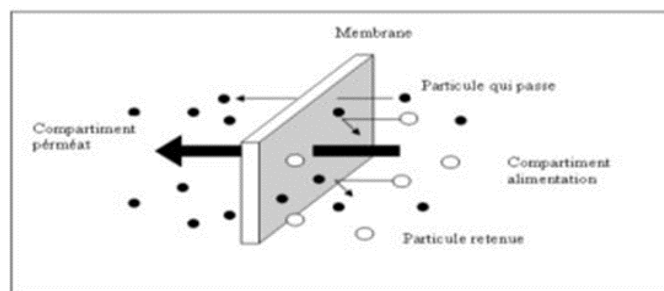


Figure II. 5 : Représentation schématique d'une membrane perméable.

Polymères organiques ou inorganiques, métaux, matières céramiques, couches de produits chimiques (liquides ou gaz) peuvent constituer des membranes. Elles peuvent être homogènes ou comportées plusieurs phases : elles sont dites hétérogènes.

La séparation par membrane est fondée sur le concept du déplacement sélectif de certains composants à travers une membrane, composant sur lequel, nous l'avons vu, il faut appliquer une force. Dans un système de séparation par membrane, un flux d'alimentation pénètre dans le système membranaire alors même que l'on met en œuvre une force qui favorise un déplacement à travers la surface de membrane. Les composants du flux d'alimentation qui passent à travers la membrane sont connus sous le nom de "perméat". Le fluide retenu, appelé "retentat" constitue le flux contenant les composants qui ne peuvent pas traverser la membrane ; pour chaque application, le flux ou les composants présentant un intérêt sont déterminés. Les procédés de séparation à membranes peuvent être utilisés pour clarifier ou purifier en éliminant les particules indésirables d'un fluide (suspension, couleur, bactéries...) concentrer, fractionner ou séparer plusieurs constituants. [20]

II.3.1.2. Les procédés de filtration membranaire :

II.3.1.2.1. Microfiltration (MF) :

La MF consiste à éliminer d'un fluide les espèces dont les dimensions sont comprises entre 0,05 et 10 nm. Les espèces sont sous la forme de solutés ou de particules qui sont retenus à la surface de la membrane par effet d'exclusion. Les membranes les plus utilisées sont poreuses en

polyamide ou polypropylène, ou encore inorganiques (en oxyde métallique ou céramique). En flux frontal direct, la totalité du fluide est pompé à travers la membrane pendant que le retentât s'accumule à la surface formant un gâteau dont l'épaisseur dépend du temps de filtration. Quand le débit du filtrat n'atteint plus le débit nominal aux valeurs maximales de pression transmembranaire. Cela impose un travail en mode discontinu. Par contre, en flux tangentiel, la solution circulant parallèlement à la paroi à une vitesse de 0,5 à 5m/s imprimée par un système de pompes, cela limite la formation d'une couche obstruant les pores du simple fait du régime de l'écoulement ; cela permet de travailler en continu, de plus, permet et retentât peuvent être récupérés.

La pression transmembranaire varie environ de 0,05 à 3 bar. La MF se prête non seulement à la séparation solide-liquide mais aussi liquide-liquide des émulsions huile dans l'eau. L'utilisation de la MF pour le traitement des effluents industriels a pour but de récupérer d'un côté les particules ou des macros solutés et de restituer de l'autre un fluide propre. La démarche consiste soit à purifier un fluide, soit à recycler les solutés collectés. Dans les cas les plus favorables, les deux opérations peuvent être envisagées simultanément [20].

II.3.1.2.2. Ultrafiltration :

L'ultrafiltration repose, comme la microfiltration, sur un mécanisme de transfert de fluide à travers une membrane sous l'effet de la pression. L'UF est employée pour séparer les matières dissoutes. La différence avec la MF est due au plus faible diamètre de pores des membranes employées. La séparation est basée sur l'exclusion dimensionnelle, avec, en plus, l'intervention de la forme et de l'encombrement stérique du composé, dans la gamme de 0,5 à 4 nm.

Les membranes sont le plus fréquemment asymétriques poreuses pour permettre une adaptation facile des caractéristiques membranaires aux conditions physiques et chimiques souhaitées.

L'UF fonctionne en mode tangentiel et des pressions modérées sont nécessaires pour assurer la permutuation des fluides traités (de 1 à 5 bars environ).

II.3.1.2.3. Nano filtration :

La nano filtration (NF) est aussi un procédé de séparation faisant intervenir la pression comme force motrice. Sa capacité de séparation se situe entre l'UF (1 à 10 nm) et l'osmose inverse (OI) (0,1 à 1 nm). Les membranes utilisées ont un seuil de coupure, variant de 1 à 5 nm, laissant premier les ions monovalents et molécules de diamètre équivalent. Ceux-ci contribuant à la valeur élevée de la pression osmotique de la solution, leur non-rétention implique la diminution de pression à appliquer, environ 5 à 10 bars. Par-là même, l'énergie consommée sera moindre.

La NF peut trouver des applications dans la séparation entre ions monovalents et divalents .ou plus généralement au dessalement d'effluents. Et plus récemment à la désacidification. La séparation ionique est alors en concurrence avec les procédés électro dialytiques mais dès que le

milieu devient complexe sa composition joue sur la sélectivité et l'efficacité des membranes. Pour connaître les avantages de l'une ou l'autre des méthodes il faudrait posséder des résultats comparables pour juger, en particulier, de la sensibilité de la NF et de l'électrodialyse par exemple [21].

II.3.2. Technologie des Membranes :

La membrane est constituée d'une surface plane dont la perméabilité est sélective, son objectif principal est d'éliminer le sel. Elle assure également la rétention des composants indésirables dans l'eau (micro algues, bactéries, certains virus, microorganismes, micropolluants), supprime la turbidité (eaux troubles), limite les sous-produits de désinfection et permet la production d'une eau épurée.

L'essor des matériaux de synthèse a permis de réaliser des parois semi-perméables éminemment plus pratiques et on peut les classer suivant le critère adopté en plusieurs catégories.

Dans le cas de l'osmose inverse, l'élimination des éléments physico-chimiques et biologiques indésirables est quasiment totale.

Il existe différents types de membranes telles qu'en polyamide, en poly sulfone acétate de cellulose, membranes composites et membranes dynamiques.

Ces membranes doivent être résistantes au PH, à la température et aux agents chimiques.

Les membranes sont rassemblées en modules afin d'augmenter les débits de traitements [22].

II.3.3. Classification des membranes :

II.3.3.1. Selon la structure des Matériaux :

II.3.3.1.1. Membranes organiques :

Actuellement fabriquées à partir de polymères organiques (acétate de cellulose, poly sulfones, polyamides) dont les qualités leurs confèrent une grande adaptabilité aux différentes applications. La majeure partie des membranes d'ultrafiltration et de microfiltration est constituée à 90% de membranes organiques.

II.3.3.1.2. Membranes minérales ou inorganiques :

De commercialisation plus tardive que les membranes organiques, ces membranes sont composées de corps entièrement minéraux, principalement les matières céramiques, le métal fritté et le verre. Leur arrivée a permis de travailler dans des conditions extrêmes de température et d'agression chimique, ce qui a ouvert de nouvelles voies dans la séparation par membrane.

➤ **a. Membranes composites :**

Apparues il y a une dizaine d'années, elles sont caractérisées par une structure asymétrique dont la peau est beaucoup plus fine que celle des membranes classiques non composites et par une superposition de plusieurs couches différenciées soit par leur nature chimique, soit par leur état physique. Elles peuvent être organiques (superposition de polymères organiques différents), organo-minérales ou minérales (association de carbone ou d'alumine comme support et de métaux tels que la zircone, l'alumine et le titane).

➤ **b. membranes échangeuses d'ions :**

Cette technologie ; Leur principal domaine d'application actuel est le dessalement de l'eau de mer et le traitement des effluents des installations de protection et de décoration des métaux.

Il y a quatre différents types de modules d'osmose inverse, principalement des procédés de désalinisation. Il y a les modules tubulaires, plans, spiralés, et fibres creuses. Plusieurs critères sont à prendre en compte pour le choix d'un type de module :

1. Le régime d'écoulement permettant de minimiser les phénomènes de polarisation.
2. La compacité qui est exprimée par le rapport de la surface filtrante ou volume de l'appareil.
3. La facilité de démontage et de remplacement des membranes défectueuses, volume mort de l'appareil.
4. L'Adaptation au produit à traiter (nécessité ou non de pré filtration) [23].

II.3.3.2. Selon la composition chimique

II.3.3.2.1. Membranes en acétate de cellulose :

Le matériau de base est la cellulose dont on remplace un ou plusieurs groupements hydroxyle par des groupements acétate.

II.3.3.2.2. Membranes en polyamide :

Compte tenu des inconvénients de l'acétate de cellulose, des membranes de types polyamide / polyamide ont été développées. Il existe plusieurs types de polymères caractérisés par une liaison amide (- CONH -).

II.3.3.2.3. Membranes en poly-sulfone :

Les premières membranes à base de poly-sulfone sont apparues au milieu des années 1970. Elles sont caractérisées par un groupement SO₂ relativement stable relié à deux noyaux benzéniques.

II.3.3.2.4. Membranes Composites :

Les membranes composites sont apparues entre 1970 et 1980 et constituent un net progrès par rapport aux membranes asymétriques classiques. Ce sont en effet des membranes asymétriques dont l'épaisseur de la peau est nettement plus fine que celle des membranes classiques de LOEB-SOURIRAJAN.

II.3.3.2.5. Membranes Dynamiques :

Elles sont fabriquées in situ par l'utilisateur à partir de tubes poreux en acier inoxydable ayant un diamètre des pores compris entre 0.5 et 5 μm .

On fait circuler à l'intérieur de ces tubes une dispersion colloïdale d'un hydroxyde tel que celui de Zirconium associé à un polymère tel qu'un polyacrylate.

La dispersion colloïdale en se déposant sur le corps poreux constitue une membrane dynamiquement formée dont les rayons de pores peuvent être aussi bas qu'un nanomètre [24].

II.3.4. Durée de Vie des Membranes :

La durée de vie des membranes d'osmose inverse dépend de la nature de la membrane et des conditions d'utilisation [25] :

- Pression de fonctionnement.
- Température de l'eau.
- PH.
- Qualité du prétraitement.

II.4. Module d'Osmose Inverse :

Pour être mises en œuvre, les membranes doivent être montées dans des supports appelés modules.

Plusieurs critères sont à prendre en compte pour le choix d'un type de module :

Le régime d'écoulement permettant de minimiser les phénomènes de polarisation (écoulement laminaire ou turbulent).

La compacité qui est exprimée par le rapport de la surface filtrante ou volume de l'appareil.

La facilité de démontage et de remplacement des membranes défectueuses.

Le volume mort de l'appareil (exprimé en l/m²).

Actuellement quatre types de modules sont commercialisés :

II.4.1. Modules Tubulaires :

Ce type de module est constitué de tubes métalliques ou plastiques sur lequel est fixée la membrane semi-perméable. L'eau de mer sous pression circule à l'intérieur du tube et l'eau douce produite est récupérée à l'extérieur du tube. Le tube est soit poreux, soit perforé de trous pour permettre l'évacuation du perméat.

II.4.2. Modules Fibres Creuses :

Ce sont comme des modules tubulaires composés de tubes de petits diamètres mais à la différence les fibres creuses jouent à la fois le rôle de membrane et de support, le liquide à traiter circule à l'extérieur de la fibre.

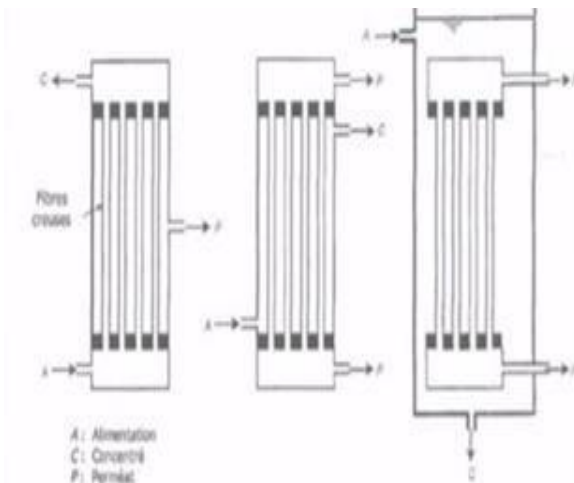


Figure II. 6 : Modules à Fibres Creuses

II.4.3. Modules Plans :

Ce type de module qui est le plus simple, est aussi le plus ancien, il peut se présenter soit sous forme de plaques unitaires, soit sous formes des cartouches.

II.4.4. Modules Spirales :

Dans ce type de module, les membranes planes sont enroulées autour d'un tube perforé et creux destiné à collecter le perméat, entre les membranes est placé un grillage plastique de 0.8 à 1.2 mm d'épaisseur, qui a pour but de créer une turbulence dans la circulation du fluide.

L'eau traitée renfermant les sels dissous entre à l'une des extrémités du rouleau et passe axialement à travers la membrane.

Afin de pouvoir exercer la pression requise sur le liquide à traiter, les rouleaux de membranes (appelés souvent cartouche) sont insérés dans des corps de pression tubulaires avec un système de joints aux extrémités [26].

II.5. Système d'osmose inverse industrielle :

Les systèmes industriels d'osmose inverse éliminent jusqu'à 99,9% des sels et des contaminants de différentes sources d'eau d'alimentation impure, y compris les eaux municipales, saumâtres et de surface. Le système bloque les bactéries, les particules, les sucres, les protéines, les colorants et les impuretés qui englobent un poids moléculaire de plus de 150 à 250 Dalton

Conçues pour répondre à tous les besoins et applications de traitement de l'eau industrielle, ces unités industrielles d'OI éco énergétique une eau de haute qualité à un coût abordable.

Nos systèmes RO industriels sont fabriqués pour fournir une eau de haute qualité dans les conditions les plus strictes de fonctionnement continu et de conditions corrosives. Ces unités RO sont des systèmes de premier ordre conçus pour fournir les solutions les plus avancées que l'industrie du traitement de l'eau puisse offrir. Ils sont également conçus avec des fonctions sélectionnables, des fonctions de contrôle et des appareils supplémentaires fournissant à l'utilisateur la capacité de personnaliser la machine à osmose inverse. Quelle que soit l'application de traitement d'eau, le système d'osmose inverse industriel sera la solution optimale.



Figure II. 7 : Les membranes dans la station d'osmose SPA

II.5.1. Équipement d'Osmose Inverse Industriel Compact :

Cet équipement de robinet et d'eau saumâtre de la série RO-400 est équipé de filtres à média et de systèmes de dosage de produits chimiques (pré chloration, antitartre, décoloration, post chloration et post PH). Cet équipement est principalement personnalisé pour convenir aux clients individuels et aux différentes applications de l'eau. La série RO-400 est reconnue comme l'un des systèmes d'osmose inverse industriels les plus compacts du marché, construit avec des membranes à économie d'énergie de pointe [27].

II.5.2. Processus Industriel de Traitement de l'eau par Osmose Inverse RO :

L'usine d'osmose inverse industrielle comprend un préfiltre multimédia, un adoucisseur d'eau ou un système de dosage antitartre, un système de dosage de décoloration, une unité d'osmose inverse avec membranes semi-perméables et un stérilisateur UV ou post-chloration comme post-traitement. Ces machines RO appliquent la technologie de l'osmose inverse en transportant l'eau d'alimentation à travers un préfiltre multimédia pour éliminer les particules de plus de 10 microns. Ensuite, l'eau est injectée par un produit chimique antitartre pour contrôler l'encrassement de dureté qui peut endommager les membranes de la machine RO. Ces options de prétraitement ont la capacité d'éliminer la dureté, le chlore, les odeurs, la couleur, le fer et le soufre. L'eau continue ensuite dans l'unité d'osmose inverse où une pompe haute pression applique une pression extrême à la solution hautement concentrée, séparant les sels, minéraux et impuretés restantes que le préfiltre ne peut pas capturer. De l'eau potable fraîche sort de l'extrémité basse pression de la membrane tandis que les sels, minéraux et autres impuretés sont évacués dans un drain à l'autre extrémité. Enfin, l'eau passe à travers un stérilisateur UV (ou post chloration) pour tuer les bactéries et microbes qui existent encore dans l'eau [18].

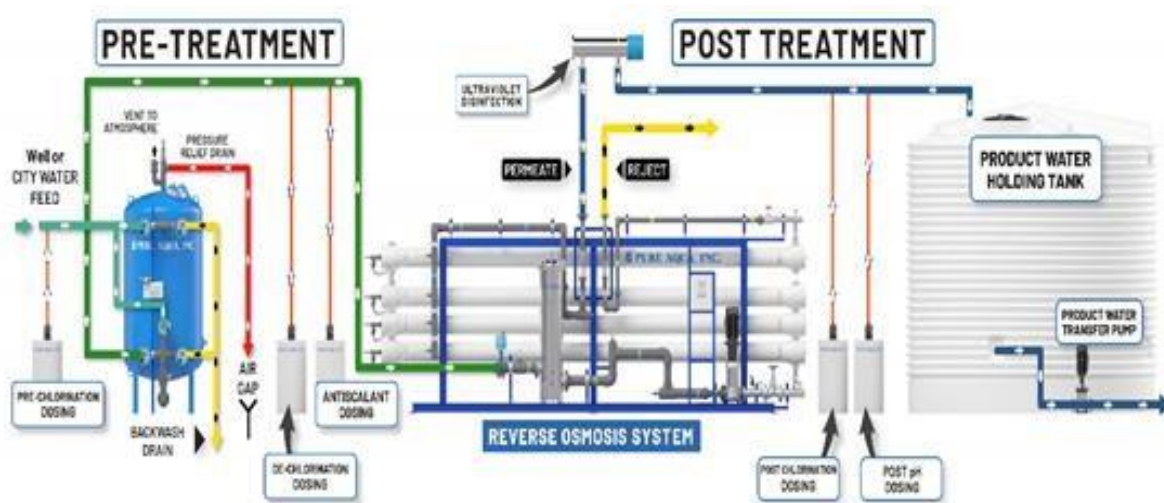


Figure II.8 : Schéma de principe du système d'osmose inverse industriel

II.6. Troisièmement étape de prétraitement (filtre Micron) :

La taille des particules dans l'eau pour éliminer les particules fines, les filtres à sable peuvent éliminer de très petites particules colloïdales dans l'eau, de sorte que la turbidité atteigne 1 degré, mais toujours par millilitre d'eau pour des centaines de milliers de particules colloïdales de 1 à 5 microns, la pression sur ce filtre pour éliminer l'eau après la taille des particules de 100 microns ou moins en petites particules, pour réduire davantage la turbidité, pour répondre au processus suivant des besoins en eau de la protection des prochains processus de longue durée [26].



Figure II. 9 : Filtre Micron SBC

II.7. Systèmes de Nettoyage de la Membrane - CIP (Clean-In-Place) :

Au fil du temps, les membranes deviennent sales et bouchées avec tous les types de matières colloïdales, organiques, inorganiques et biologiques, et doivent être nettoyées. Notre système de nettoyage des membranes nettoie les membranes et prolonge leur durée de vie par deux ou même trois fois la durée de vie normale.

L'encrassement est le principal coupable qui empêche les membranes de fonctionner correctement. Pour cette raison, les caractéristiques suivantes mettent en évidence les façons utiles dont les systèmes de nettoyage de membranes améliorent les performances, la fiabilité et la durabilité de la technologie des membranes. Considérez les informations suivantes comme des questions importantes que vous devrez poser à un producteur avant de choisir le bon système CIP [22].

II.7.1. Causes de l'encrassement :

Le calcium s'accumule, les champignons, les polymères, la silice, le sable, tout. Toutes sortes de contaminants passent par les systèmes d'osmose inverse et de dessalement de l'eau de mer, ce qui cause l'encrassement des membranes. Avec une large gamme de systèmes pour votre unité, vous êtes assuré d'un système de nettoyage de membrane de qualité. Pour éviter les nettoyages fréquents, nous vous recommandons un véritable produit chimique RO de haute qualité.

Salissures, précipitations et absorption/adsorption. La souillure se produit lorsque des particules colloïdales comme la silice, l'argile et le limon collent à la surface de la membrane. La précipitation a lieu lorsque le niveau de saturation d'une solution a atteint son maximum. Les matières polluantes se détachent de la solution et se lient à la surface de la membrane, car elles

n'ont nulle part où aller. Ces foulants doivent alors être dissous par des agents chaptals, qui changent la solubilité apparente des foulants, provoquant leur dissolution.

II.7.2. Trois façons d'encrasser peuvent se produire :

Enfin, l'absorption/adsorption se produit lorsque des agents biologiques sont présents dans la solution. Cela comprend les graisses, les huiles, les protéines, les graisses et les organismes biologiques qui s'attachent à la membrane et créent des bio polymères. Selon le type de foulant, un produit chimique ou un agent spécial est nécessaire pour les retirer des membranes. Selon la taille de l'unité et le nombre de membranes, il injecte les bons produits chimiques dans le système, qui nettoie ensuite les membranes et les récipients sous pression

II.7.3. Comment juger si la membrane d'osmose inverse doit être nettoyée et remplacée ?

Dans des circonstances normales, Membrane d'osmose inverse les éléments peuvent être utilisés pendant environ 2 à 3 ans. Si vous souhaitez prolonger la durée de vie, vous pouvez nettoyer les éléments de la membrane d'osmose inverse, qui sont généralement divisés en deux méthodes : le rinçage physique et le rinçage chimique. Lorsque le rinçage physique ne peut plus restaurer les performances de la membrane d'osmose inverse, un nettoyage chimique doit être effectué.



Figure II.10 : Membrane d'osmose inverse

II.7.3.1. Déterminez la situation de nettoyage :

- ✓ La production d'eau douce normalisée a chuté de plus de 10 %.
- ✓ Le taux normalisé de pénétration du sel a augmenté de plus de 10 %.
- ✓ Afin de maintenir le débit normal d'eau douce, la différence de pression entre l'eau d'alimentation et l'eau concentrée après étalonnage de la température a augmenté de plus de 10 %.
- ✓ Il y a des polluants et des tartres graves dans l'appareil interne.
- ✓ Avant que le système RO ne fonctionne pas pendant une longue période.
- ✓ Maintenance de routine du système RO.

II.7.3.2. Polluants :

Les éléments de membrane d'osmose inverse comprennent principalement CaCO_3 , CaSO_4 , BaSO_4 , SrSO_4

Les polluants courants dans les éléments membranaires d'osmose inverse comprennent principalement le CaCO_3 , le CaSO_4 , le BaSO_4 , le SrSO_4 , les oxydes métalliques, les dépôts de silicium, la matière organique et la boue biologique. Lorsque le système de dosage de l'inhibiteur de tartre ou le système d'ajout d'acide tombe en panne, du CaCO_3 peut se déposer dans les éléments membranaires et des méthodes de nettoyage chimique doivent être adoptées pour le nettoyage cyclique ou le trempage pendant la nuit [22].



Figure II. 11 : Membrane osmose inverse ployé



Figure II.12 : Système de nettoyage en place par osmose inverse (SPA)

II.7.3.3. Nettoyage par osmose inverse Système en place (SPA) :

Il est composé d'une pompe de nettoyage, d'un réservoir de dosage chimique, d'un filtre de sécurité 5-20 μm , d'un réchauffeur, de vannes de canalisation connexes et d'instruments de contrôle.

II.7.3.2.1. Opération :

Les méthodes de nettoyage comprennent le trempage statique et le nettoyage cyclique. Le trempage statique utilise un liquide de nettoyage pour tremper la membrane. Le temps dépend du degré de pollution, qui est d'environ 1-15h.

II.7.3.2.2. Les étapes générales du nettoyage cyclique sont :

- Utilisez une pompe pour envoyer de l'eau fraîche du réservoir de dosage de produits chimiques vers le récipient sous pression et évacuez-la pendant quelques minutes.
- Préparez la solution de nettoyage avec de l'eau fraîche dans le réservoir de produits chimiques
- Faites circuler le nettoyage du récipient sous pression avec du liquide de nettoyage pendant 1 heure ou atteignez un temps prédéterminé. Le débit de nettoyage peut être déterminé selon le tableau suivant. Lorsque la pollution est importante, le débit de nettoyage peut être augmenté à 150 % de la résine de la table. À ce stade, la chute de pression de nettoyage est relativement importante et elle est généralement contrôlée pour ne pas dépasser (0,10-0,14 MPA)/élément de membrane racine ou 0,4 MPA/assemblage de membrane racine. Au début du nettoyage du médicament, utilisez 50 % de la valeur de débit indiquée dans le tableau pour injecter le liquide de nettoyage chauffé dans le récipient sous pression afin de contrôler la pression afin qu'il puisse surmonter la chute de pression entre l'eau d'entrée et de sortie et qu'il n'y ait pas sortie d'eau douce. Afin d'éviter que le liquide de nettoyage ne soit dilué, la vanne de décharge d'eau concentrée peut être ouverte pour vidanger l'eau du système avant le nettoyage. Le système d'osmose inverse peut être nettoyé par sections. Le

Sens de nettoyage est le même que le sens de marche. Le nettoyage inverse n'est pas autorisé, sinon cela pourrait faire saillir le rouleau de membrane et endommager l'élément de membrane.

- Une fois le cycle de nettoyage terminé, nettoyez le réservoir de produits chimiques avec de l'eau douce.
- Rincez le récipient sous pression mentionné ci-dessus avec de l'eau douce.
- Après le rinçage, faites fonctionner le système d'osmose inverse avec la vanne de sortie d'eau douce ouverte jusqu'à ce que l'eau douce soit propre, sans mousse ni liquide de nettoyage, ce qui prend généralement 15 à 30 minutes [29].
- **II.7.3.2.3. Remplacement de la membrane d'osmose inverse :**

Une fois que l'équipement d'osmose inverse a fonctionné normalement pendant un certain temps, les éléments de la membrane d'osmose inverse seront contaminés par des solides en suspension ou des sels insolubles pouvant exister dans l'eau d'alimentation, et les symptômes suivants apparaîtront :

- Le poids de l'élément membranaire de l'équipement d'osmose inverse augmente ;
- Le taux d'élimination de la membrane RO est significativement augmenté ou diminué ;

- Sous pression standard, le débit d'eau des équipements d'osmose inverse a considérablement diminué ;
- Afin d'atteindre la production d'eau standard, la pression de fonctionnement doit être améliorée ;
- La chute de pression entre l'eau d'entrée et l'eau concentrée de l'équipement d'osmose inverse augmente ;
- Retirez l'élément à membrane du récipient sous pression et versez l'eau du côté entrée de l'élément à membrane monté. Si l'eau ne peut pas s'écouler à travers l'élément membranaire, elle ne débordera que de la surface d'extrémité, indiquant que le canal d'écoulement d'entrée est bloqué.

Qu'il soit nécessaire ou non de remplacer l'élément de membrane d'osmose inverse dépend de la situation réelle [30].



Figure II.13 : Remplacer l'élément membranaire d'osmose inverse

Conclusion :

Bien que l'osmose inverse offre de nombreux avantages, il présente également quelques inconvénients à prendre en compte le rejet d'eau (concentrat).

L'osmose inverse produit de l'eau pure mais rejette également de l'eau chargée en contaminants. Ce rejet peut être considérable, ce qui peut être un inconvénient dans la région de Biskra.

Dans le troisième chapitre nous avons travaillons sur ces inconvénients pour améliorer l'eau de fourrage ce qui se reflète sur les avantages.



Chapitre III : matériel et méthodes

Introduction :

Les parties de sels tels que le calcium et le magnésium dans l'eau ont tendance à former des liaisons aléatoires entre eux pendant leur mouvement irrégulier dans l'eau et lorsque ces liaisons deviennent importantes ou que leur concentration est supérieure au produit de fusion de ces dépôts, Le champ magnétique régule le fonctionnement de ces particules pour empêcher la formation de ces liaisons et ainsi empêcher la formation de dépôts de sel. Les facteurs les plus importants qui dépendent du succès de la magnétothérapie sont : l'intensité du champ magnétique, son temps d'exposition, son orientation horizontale sur le pot d'eau. Il est indiqué que le nombre de propriétés chimiques et physiques de l'eau change lorsqu'elle est exposée au champ magnétique pendant une période suffisante, y compris la conductivité électrique et le nombre d'hydrogène en raison de l'influence du champ magnétique.

Nous avons conçu un filtre pour magnétiser l'eau, en utilisant des aimants permanents disposés en série. L'eau passe à travers ce système, où les champs magnétiques influencent la structure des molécules d'eau. Ce processus vise à améliorer certaines propriétés physiques et chimiques de l'eau.

III.1. L'eau magnétisée :**III.1.1. Définition :**

Magnétiser une eau, c'est lui céder les propriétés vitales qui animent les eaux stagnantes tels que l'eau de pluie, de rivière, de torrent, c'est réanimer cette eau [31].

La magnétisation de l'eau est l'opération par laquelle on restitue à l'eau ses qualités énergétiques et vitales. Une eau restructurée est une eau qui a retrouvé sa vitalité, donc la puissance de son champ électro magnétique lui permettant de recréer des liens ou structures caractérisant l'eau vivante (Figure 2).

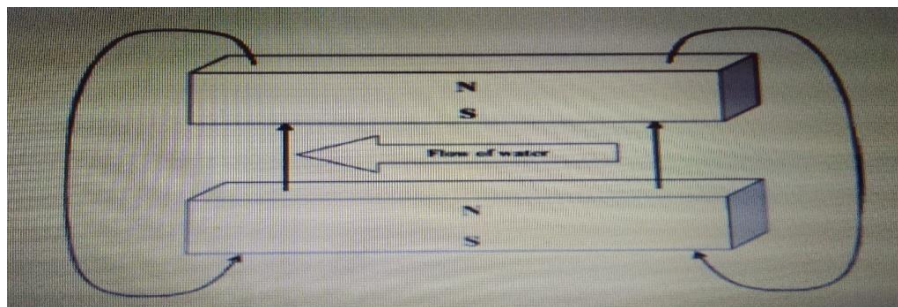


Figure : III.1 : Schéma du champ magnétique et de la direction de l'écoulement de l'eau au cours du traitement [32].

III.1.2. Effet du magnétisme sur l'eau :

Une eau magnétisée, redynamisée sur le plan moléculaire, retrouve son pouvoir inné d'absorption de l'oxygène ; elle est aussi moins tendue en surface. La magnétisation permet d'obtenir une eau hautement énergisée, contrairement à l'eau fournie par le réseau public (ou par les eaux en bouteille) qui perd toute "vitalité" (transport et stockage).

La magnétisation vise à rectifier la nature subtile de l'eau qui peut produire des effets positifs sur la santé.

La magnétisation de l'eau permet d'éclater les groupements de molécules en de plus petits amas (Figure 2) [1]

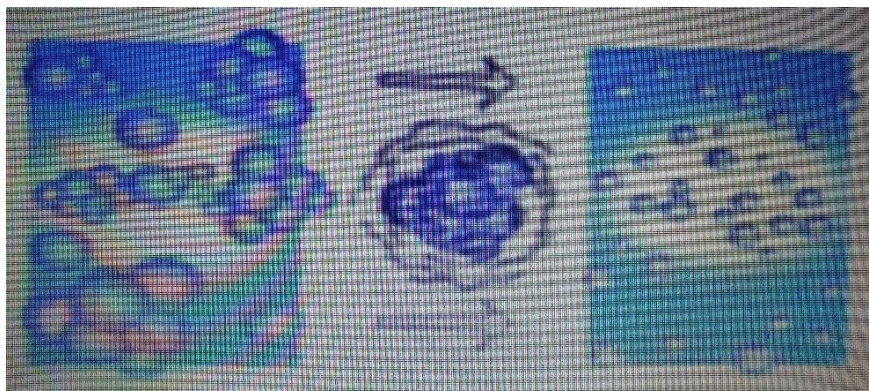


Figure III. 2 : La structure de l'eau dynamisée en micromolécules

III.1.3. Technologie de traitement magnétique :

La technologie magnétique est avérée être un processus de traitement prometteur qui peut améliorer l'élimination des matières solides en suspension dans les eaux usées. Champ magnétique améliore l'élimination des matières solides en suspension en accélérant le règlement des boues ainsi que l'augmentation de la densité des boues. D'où cette technologie est sans aucun doute bénéfique pour réduire le volume du réservoir de sédimentation ainsi qu'accroître l'efficacité de l'usine de traitement.

III.1.4. Traitement de l'eau par magnétisation :

Système de magnétisation a conduit à la naissance de la nouvelle science appelée "La magnéto biologie". Magnétisé l'eau empêche la formation de métaux nocifs tels que le plomb et le nickel et elle augmente également le pourcentage de nutriments des éléments comme le phosphore, le potassium et le zinc. Cette technique est considérée comme une simple simulation de ce qui se passe dans la nature, comme lorsque l'eau est soumise à un champ magnétique et devient plus actif biologiquement.

III.1.5. Préparation d'une eau magnétisée :

Lorsque l'eau traverse un flux magnétique, on parle d'eau magnétisé . La structure de l'eau est alignée dans une direction après l'aimantation, et les tailles des molécules changent après le changement d'angle de liaison, donc la viscosité et la surface augmentent par l'aimantation, donc le taux d'hydratation augmente.

Le traitement magnétique de l'eau fonctionne sur le principe que l'eau passe à travers un adoucisseur d'eau magnétique, et de faire la force de Lorentz sur chaque ion qui est dans la direction opposée à l'autre. Le passage des molécules vers l'avant augmente la fréquence des collisions entre les ions côtés opposés, se combinent pour former un précipité insoluble de métal ou de composite [34].

Et les facteurs qui dépendent du degré d'aimantation sont :

- La quantité de liquide préparée pour la magnétisation.
- La force de l'aimant utilisé.
- Durée du contact entre l'eau et l'aimant.

III.1.6. Propriétés de l'eau magnétisée :

Les propriétés de l'eau magnétisée sont les suivantes :

- Elle augmente considérablement sa fréquence vibratoire qui passe de 1011 à 1015 hertz,
- La fréquence de la lumière visible.
- Elle favorise l'ionisation des molécules d'eau.
- Plus des ions hydroxyle (OH^-) sont créés pour former des molécules alcalines, et réduire
- L'acidité.
- Elle détruit les masses d'eau inertes pour créer une majorité d'isomères trimères.
- Elle transforme une eau oxydée en eau réduite et produit des électrons libres.
- La vitesse des réactions chimiques est modifiée.
- - La surface de tension d'une eau magnétisée est abaissée ce qui lui confère des propriétés plus mouillantes
- Réduire la taille des agrégats d'eau en les convertissant en molécules uniques
- L'eau magnétisée est moins visqueuse que l'eau normale
- Développement des populations d'eau en les transformant en particules uniques

- Réduit à partir de solides dissous dans l'eau
- Réduit le taux de dépôt de carbonate de calcium
- La conductivité électrique est fortement réduite.
- La tension superficielle diminue lors de la magnétisation.
- Le champ magnétique décompose la structure aléatoire de l'eau et la rend plus uniforme.
- Dissout des sels [36]

III.1.7. Les avantages d'utilisation de l'eau magnétisée :

Une eau magnétisée ou dynamisée est un facteur de vitalité et de santé pour les êtres vivants qui la boivent, qu'il s'agisse d'humains, d'animaux ou de plantes. Elle est un facteur d'harmonie pour les processus biologiques. Par exemple, si l'on soumet une eau à rotations majoritairement à gauche (spin inversé) à un procédé ou technique de dynamisation, elle se rééquilibre sur le plan subatomique. Les substances pathogènes régressent ou disparaissent chez le consommateur, et son système immunitaire s'en trouve fortifié [37].

III.1.7.1. Sur l'organisme humain :

L'eau magnétisée aide à bien éliminer les toxines accumulées dans notre organisme mais aussi les substances toxiques comme les métaux lourds. Elle permet le drainage interne des fonctions organiques et une meilleure circulation sanguine. Par son effet diurétique, boire de l'eau merveilleuse évite la rétention d'eau. Parfois elle permet de lutter contre les petits calculs rénaux en rétablissant un équilibre acido-basique. Utile de même pour la constipation, elle favorise le transit intestinal, vous donne bonne mine et surtout aide à perdre du poids.

III.1.7.2. Sur les animaux :

L'eau magnétisée est bénéfique aussi à la santé et au bien-être des animaux. Comme eau de boisson, nous retrouvons les mêmes avantages qu'elle apporte à l'organisme humain. Le traitement magnétique des eaux réduit la consommation quotidienne d'eau par les oiseaux d'environ 5,46%.

III.1.7.3. En agriculture :

- L'eau est la source de vie pour les plantes : plus de 70% de la plante est faite d'eau. L'eau
- Est fondamentale pour les fonctions d'hydratation, de circulation de la sève.
- L'eau magnétisée favorise :
- L'augmentation du pouvoir mouillant de l'eau dans les tissus végétales.

- Un élargissement et un développement plus important des vaisseaux du xylème et de la stèle des plantules irriguées par l'eau dynamisée par rapport aux plantules irriguées par l'eau non dynamisée
- La diminution d'utilisation des produits chimiques (pesticides) ainsi que les produits de fertilisation.
- D'éviter une bonne partie de ce problème de médiocre fonctionnement des installations d'irrigation dues aux formations calcaires (empêche ainsi toute probabilité d'incrustation.
- En changeant la structure des cristaux de CaCOR 3R, minimise la formation de dépôts blanchâtres sur la végétation imputable au calcaire et facilite de cette manière la photosynthèse chlorophyllienne.
- L'augmentation du développement foliaire et racinaire.
- L'augmentation de la biomasse totale.
- Les techniques de traitement magnétique de l'eau ont montré des potentiels prometteurs dans différents domaines spécialement agricoles. Sécurité, compatibilité et simplicité, respect de l'environnement, faible le coût d'exploitation et les effets nocifs non prouvés sont les principaux avantages du champ électromagnétique par rapport aux méthodes conventionnelles de traitement de l'eau. L'eau magnétisée ou magnétique possède caractéristiques physiques et chimiques uniques qui en font un composé polyvalent avec un potentiel avantages dans le traitement médical, les applications industrielles et environnementales. Le physique unique et les caractéristiques électrochimiques de MW ont suscité des intérêts de recherche pour développer différents dispositifs et techniques dans les applications agricoles et environnementales. Améliorations de l'irrigation la qualité et la quantité de l'eau, les rendements et la qualité des cultures, l'amélioration des sols et les économies d'eau sont quelques-uns des avantages rapportés du MWT dans l'agriculture. De plus, les traitements par champ magnétique ont montré effets bénéfiques sur la germination des graines, la croissance et le développement des plantes, la maturation et rendement des grandes cultures. Le principal défi dans les applications de MW en agriculture est l'intégration efficace de composants d'irrigation, en concevant des pompes adaptées compatibles avec les exigences techniques et de terrain des systèmes MWT magnétiques. La présente étude passe en revue les applications de MW dans les agricultures. Les défis pratiques liés à l'utilisation de MW ainsi que les perspectives d'avenir sont discutés.

III.1.7.4. En industrie :

Les applications du traitement magnétique de l'eau sont abondantes dans l'industrie où il est utilisé pour prévenir l'entartrage des parois internes des tuyaux transportant des fluides, en particulier l'eau. L'industrie pétrolière a récemment réussi à empêcher l'entartrage du carbonate de Calcium dans le champ d'Auk, ce qui indique l'avantage potentiel du traitement magnétique des fluides dans les plates-formes offshore.

III.2. Protocole expérimental de la dynamisation de l'eau : La technologie « Delta Water » :**III.2.1 Introduction :**

L'équipement magnétique fort de traitement de l'eau traite l'eau avec le champ magnétique, ajuste la structure physique de l'eau sur le site sans changer la composition chimique de l'eau, pour réaliser les buts d'anti-volume, de déséquilibre, de stérilisation, Élimination des algues, anticorrosion et résistance à la rouille de l'eau. Il y a un champ magnétique fort dans la partie centrale de ces produits, mais il génère peu d'interférence magnétique de l'extérieur, l'effet de traitement de l'eau est clair, et c'est une nouvelle génération de structure et de produit de traitement de l'eau optimal parmi ces équipements, nous avons choisi le dispositif Delta Water

Delta Water est une technique japonaise. Il est fourni par KESSEMTINI et est installé dans le laboratoire ENIS Water, Energie et Environnement. Ce dispositif permet d'effectuer plusieurs chaînes expérimentales pour évaluer et vérifier la contribution de ce procédé à la dynamique de l'eau (Figure 3) [38]



Figure III .3 : Appareil Magnétiseur Delta-Water

III.2.2. Principe de fonctionnement :

Le principe de l'eau delta dépend de l'application d'un champ magnétique à l'eau. Cette application donne du mouvement et de l'énergie à l'eau stagnante dans les tuyaux ou dans les réservoirs de rechange. L'eau stagnante est un environnement favorable à l'oxydation, de sorte que la propagation des bactéries dans Bio Film intensifie également le dépôt de minéraux dans les tubes. Lorsque l'eau passe au-dessus de l'eau delta, les liaisons hydrogène des molécules

d'eau se décomposent et les formulations ioniques des sels sont activées. L'eau est extraite de l'appareil sous forme de petites particules et chargée d'énergie et d'oxygène. Le principe de l'eau delta dépend de l'application d'un champ magnétique à l'eau. Cette application permet de donner du mouvement et de l'énergie à l'eau qui est coincée dans les tuyaux et / ou dans les réservoirs de recharge. L'eau qui stagne est un environnement propice à l'oxydation et donc à la prolifération des bactéries dans Bio Film,

Puisque l'eau est traitée par le champ magnétique, elle produira un petit flux d'électrons qui convertit $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ en Fe_3O_4 stable et génère de l'oxyde de fer magnétique noir qui se dépose sur la surface de la paroi du tuyau pour former une couche barrière de film, l'oxygène dans l'eau séparée de la paroi du tube, auquel cas le but de l'éradication et de la prévention de la rouille est atteint.

Quant aux dépôts de calcium, l'appareil est très efficace pour les éliminer et définitivement car il y a un composé de bicarbonate de calcium $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dans l'eau. S'il reste assemblé sur cette forme, il provoque un problème majeur, qui est le calcium, qui provoque le blocage des tuyaux.



Le carbonate de calcium CaCO_3 produit un composé faible qui se dissout dans l'eau et ne devient pas n'importe quel effet maigre à l'eau de $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$, qui constitue un composé d'acide de carbone H_2CO_2 et est responsable de l'élimination finale du calcaire des tubes et des réservoirs dans une période de 20-30 jours. Quant aux sels de NaCl dans l'eau, le dispositif casse ses liaisons en ions faciles à absorber de la pointe du dispositif d'analogie inverse.



Figure III. 4 : Élimination du calcaire

III.2.3 Modèle de filtre Delta :

Nous avons découvert des informations sur le fonctionnement du filtre delta, bien que le fabricant ne nous ait pas révélé les secrets de sa fabrication. Ce filtre est également très coûteux sur le marché. En réponse, nous avons conçu un modèle de filtre delta par simulation en utilisant deux matériaux différents : l'un en plastique et l'autre en inox. La clé de notre conception

Réside cd dans la magnétisation de l'eau. Pour cela, nous avons extrait des aimants d'une pompe à essence d'automobile. Les aimants ont été disposés de manière à s'attirer pour former un champ magnétique longitudinal sur toute la longueur du tuyau. Cette simulation nous permet de garantir des résultats très proches de ceux produits par le filtre delta, tout en étant plus économique.

III.3.2.1. L'aimant utilisé :

Les aimants utilisés dans ce modèle ont été assemblés et extraits des pompes à carburant CV sur une longue période de 3 mois afin que chaque pompe contienne deux aimants positifs et négatifs

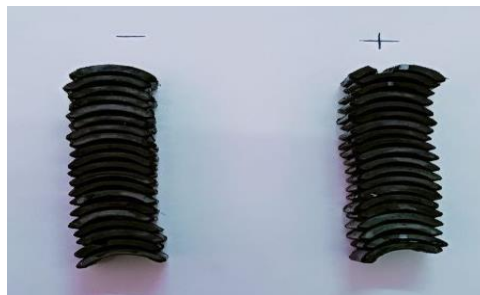


Figure III .5 : Aimant

III.2.3.2. Disposition des aimants :

Les aimants sont disposés de sorte qu'ils soient attirés les uns vers les autres pour former un champ magnétique, que ce soit le long du filtre, de sorte qu'ils organisent circulairement des aimants, aimants, aimants, aimants, aimants, chaque aimant, chaque aimant, chaque aimant, chaque aimant, chaque aimant, nous avons 2 aimants positifs et 2 aimants moins, cela correspond au diamètre du tuyau



Figure III .6 : disposition des aimants

III.2.3.3. Types de filtres :**III.2.3.3.1. Filtre inox :**

Figure III .7 : filtre inox

III.2.3.4.2. Filtre plastique :

Figure III .8 : Filtre plastique

III.2.4. Caractérisation physicochimique de l'eau :

La caractérisation physicochimique est nécessaire pour mettre en évidence la qualité d'une eau magnétisée par Delta water en le comparant avec une eau non traitée. Cette caractérisation est constituée par plusieurs paramètres physicochimiques :

- Mesure de température.
- Mesure du PH.
- Mesure TH.
- Détermination de la concentration des anions et des cations.
- Mesure de CE.
- Mesure de TDS.

- Mesure de salinité.

III.2.4.1. Mesure de température :**III.2.4.1.1. Définition :**

La température à laquelle l'eau existe sous forme liquide est l'une des propriétés uniques et distinctives de l'eau. À pression atmosphérique normale, l'eau est un liquide compris entre le point de congélation (0°C) et le point d'ébullition (100°C)

III.2.4.1.2. La méthode de mesure :

Température de l'eau mesurée avec le thermomètre



FigureIII.9 : Le thermomètre

III.2.4.2. Mesure du PH :

Le PH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le PH de Neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le PH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un PH-mètre ou par colorimétrie



Figure III .9: PH-mètre

III.2.4.2.1. La méthode de mesure :

Dans cette expérience, 9 solutions ont été mesurées de la même manière.

Nous lançons l'appareil assez tôt avant de commencer à mesurer

Nous nettoyons l'électrode en la sortant de la solution et en la rinçant avec de l'eau distillée dans un bol en verre, puis en la séchant avec des lingettes

Nous préparons les solutions pour lesquelles le PH doit être mesuré.

Mettez la première solution à mesurer dans un bol puis trempez bien l'électrode dans la solution pour assurer une bonne lecture

Nous attendons une bonne période de temps lorsque le PH est stabilisé, puis nous prenons la valeur.

Après avoir terminé le premier échantillon, nous nettoyons l'électrode de la même manière pour deux bonnes conditions de lecture pour l'échantillon pro

III.2.4.3. La dureté totale :

III.2.3.3.1.Définition

Le titre hydrotimétrique (T.H., ou G.H. en allemand pour Gesamthärte), ou dureté de l'eau est un indicateur de la minéralisation de l'eau en cations divalents alcalino-terreux susceptibles de précipiter sous forme d'incrustations calcaires. Elle est due uniquement aux ions calcium et magnésium

III.2.4.3.2. Outils, produits et solutions usagés :

Outils : Support, Burette graduée, erlenmeyer, agitateur magnétique, barreau amanté, Mesurent cylindré bicher

Les solutions : Solutions EDTA, Eau distillée, solutions PH10

Les produites : Détecteur de couleurs Eriochrome black T



Figure III.10: Ferrochrome black T

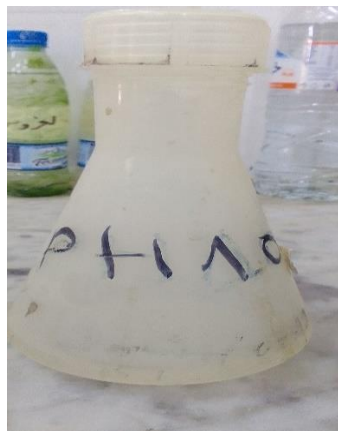


Figure III. 11: PH10

III.2.4.3.3. Méthode de travail :

- Remplissage avec une solution d'EDTA (0,02 N)
- Prélever 10 ml de l'échantillon et le placer dans Becher. Compléter le volume avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml (nettoyer 40 ml d'eau distillée).
- Nettoyer 3 ml de solution PH10
- Nettoyer le détecteur de couleur (Eriochrome black T)

Le rose devient bleu clair après l'étalonnage

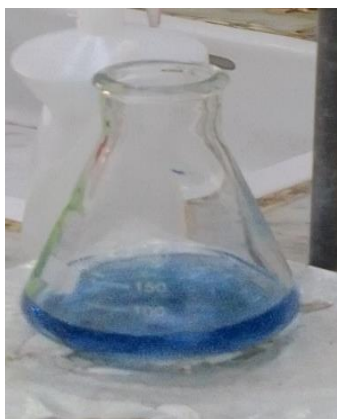


Figure III.12: Avant l'étalonnage

Figure III.13: Après l'étalonnage

III.2.4.4. Détermination de la concentration des anions et des cations

III.2.4.4.1. Le calcium (Ca^{2+}) :

III.2.4.4.1.1. Définition

Un métal alcalino-terreux extrême réponde dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. On le trouve principalement dans le plâtre. Trouvé dans le sol naturellement caractérisé par être l'élément dominant dans l'eau potable en général. Il présente de graves défauts pour l'usage domestique et pour l'alimentation des chaudières

Le calcium est mesuré par étalonnage chromatique

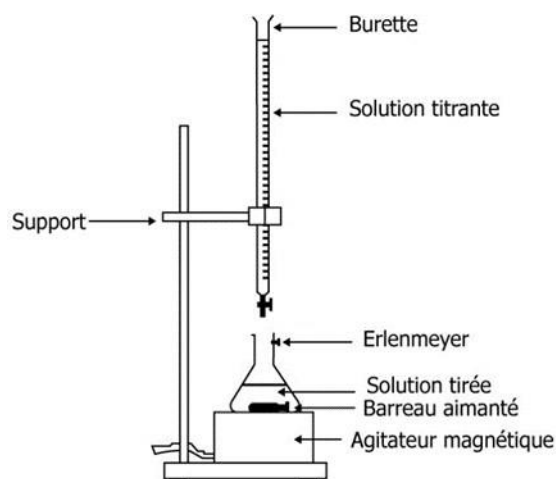


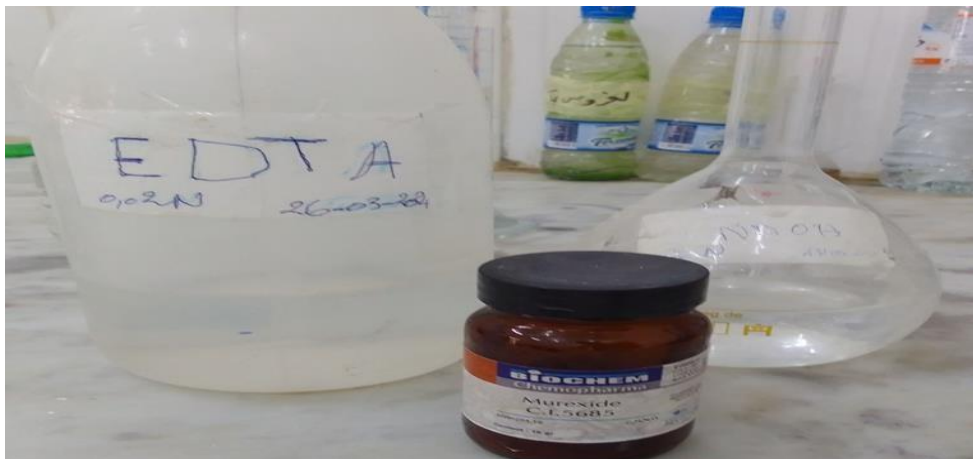
Figure III. 14 : traitement d'étalonnage

III.2.4.4.1.2. Outils, produits et solutions usagés :

Outils : Support, Burette graduée, erlenmeyer, agitateur magnétique, barreau amanté, measuring cylindre bicher

Les produits : Détecteur de couleurs Murexide C.I.568

Les solutions : Solutions EDTA, Eau distillée, solutions NaOH



FigureIII. 20 : produits et solutions usagés

III.2.4.4.2.3.Méthode de travail :

-Remplir l'urgence avec la solution EDTA (0,02 N)

- Prélever 10 ml de l'échantillon et le placer à Beicher. Compléter la taille avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre 50 ml (nettoyer 40 ml d'eau distillée).

- Nettoyer 2 ml de solution NaOH (2N)

- Nettoyer le détecteur de couleur (Murexide C.I.5685) de couleur rose

Et après l'étalonnage, il devient violet.



Figure III. 21 : Avant Étalonnage



Figure III. 22 : Après Étalonnage

III.2.4.4.2. Le magnésium (Mg^{2+}) :

A été découvert en 1807 par le chercheur "SIR HUMPREY DAVY" [HENRIB, 1999]. C'est un métal largement répandu à la surface de la Terre et dans les océans, en particulier dans le corps humain. C'est le quatrième élément du corps après le potassium, le sodium et le calcium. Les composés à base de manganèse fondent moins que les composés contenant du calcium. Ils ont trois isotopes dans la nature

III.2.4.4.2.1. Méthode de calcul

Le magnésium est mesuré par calcul :

La dureté totale de l'eau est une mesure du calcium et du magnésium

Alors : La dureté totale TH :

$$TH = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}]$$

$$[Mg^{+2}] = TH - [Ca^{+2}]$$

Grâce à cette loi, le magnésium est calculé

III.2.4.4.3. Chlore et sodium

III.2.4.4.3.1. Le sodium (Na^{++}) :

III.2.4.4.3.1.1 Définition :

C'est un métal alcalin que l'on trouve dans les sels sous forme d'ions sodium, le sixième élément le plus abondant sur Terre, soluble dans l'eau. L'eau devient salée et de mauvais goût et ne peut pas être consommée, mais elle n'est pas très toxique.

Il joue un rôle important dans l'agriculture parce qu'il maintient la perméabilité de la Terre et est l'une des bases alcalines du sol

III.2.4.4.3.2. Le chlorure :

III.2.4.4.3.2.1. Définition :

Ils sont des éléments répandus dans la nature, car ils se trouvent dans les roches en forme de chlorure de sodium, l'eau est leur contenu primaire, selon les normes de validité l'eau contient moins de 500 mg/l de chlorure.

Il n'a aucun dommage à la santé humaine, même si elle est consommée excessivement, le corps sera en mesure de décomposer la concentration de chlorure avec des concentrations excessives dans l'urine

III.2.4.4.3.3. Méthode de mesure

Le chlore et le calcium ont été mesurés par le SL1000 hach sa précision pour donner des résultats précis en peu de temps



Figure : Appareil SL1000 hach

III.2.4.5. Mesure de la conductivité électrique :

III.2.4.5.1. Définition :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à créer un courant entre deux électrodes. La majeure partie de la substance dissoute dans l'eau est sous forme d'ions chargés électriquement. Ainsi, la mesure de la conductivité permet d'évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau.

III.2.4.5.2. La méthode de mesure :

La conductivité est mesurée à l'aide d'un dispositif et l'unité de mesure couramment utilisée est Siemens (S/cm) souvent exprimée en micro Siemens/cm (uS/cm) ou milli Siemens (mS/cm).

Mesuré par le dispositif de conductivité mètre

Nous lançons l'appareil suffisamment tôt avant de commencer à mesurer

Nous nettoyons l'électrode en la retirant de la solution et la rinçons à l'eau distillée dans un bol en verre, puis la séchons avec des lingettes

Nous préparons des solutions pour lesquelles la conductivité électrique doit être mesurée.

Mettre la première solution de mesure dans un bol puis plonger le pôle dans la solution pour assurer une bonne lecture

Nous nous attendons à une bonne période de temps où la conductivité électrique se stabilise, puis nous prenons de la valeur.

Après que le premier échantillon soit fini, nous nettoyons le poteau de la même manière que deux bonnes conditions de lecture pour le pro échantillon



FigureIII .23 : Conductivité matèr

III.2.4.5. Mesure de TDS

III.2.4.6.1. Définition :

La TDS (Total Dissolved Solids) est la quantité totale d'ions chargés mobiles, y compris les minéraux, les sels et les métaux dissous dans un volume donné d'eau, exprimé en mg/l ou en particules par million (ppm). La TDS est directement liée à la pureté de l'eau et à la qualité des systèmes de purification d'eau. Elle affecte tout ce qui consomme, utilise ou vit dans l'eau, qu'ils soient organiques ou inorganiques, pour le meilleur ou pour le pire.

III.2.4.6.2. La méthode de mesure :

Le groupe de sels dissous par le dispositif mesure conductivité mètre e que son unité (mg/l)

III.2.4.7.Mesure de salinité**III.2.4.7.1.Définition :**

La salinité désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux

III.2.4.7.2.La méthode de mesure

Calculer la salinité par la loi suivante :

Salinité = la conductivité électrique* 0.64

Conclusion :

La magnétisation de l'eau en laboratoire s'est avérée être une expérience enrichissante et instructive. En utilisant des outils de laboratoire sophistiqués, nous avons pu analyser les effets du champ magnétique sur les propriétés de l'eau. Les résultats ont montré des modifications significatives dans la structure moléculaire de l'eau, influençant potentiellement son comportement chimique et physique. Cette expérience a non seulement renforcé nos compétences en manipulation et en analyse de l'eau, mais a également ouvert des perspectives intéressantes pour des applications industrielles. En conclusion, l'expérimentation a été un succès, démontrant l'impact potentiel de la magnétisation de l'eau dans divers contextes scientifiques et industriels.



Chapitre IV : résultats et discussions

Introduction :

L'analyse des résultats obtenus permet de mettre en évidence les principales tendances et d'explorer leurs implications. Cette section présente une discussion approfondie des résultats, en les comparant avec les travaux antérieurs et en soulignant leurs contributions à la compréhension comment réduire les sels dans l'eau.

Les étapes d'opérationnalisation et de validation qui ont faites l'objet de troisième chapitre précédents nous ont permis de s'assurer de la fiabilité et de la validité de nos instruments de mesure pour tester nos hypothèses de recherche. Ce chapitre sera consacré à la présentation et à la discussion des résultats obtenus à l'issue de l'étude de qualité de ces deux filtres et les tendances observées et d'évaluer leur impact sur l'augmentation de l'efficacité de la station.

IV.1. Mesure de température :

Voici les résultats du suivi de la température de l'eau, montrant des faibles variations en fonction des conditions ambiantes du laboratoire. Ces fluctuations soulignent en remarque que maintenir une température ambiante :

Tableau IV.1 : Les résultats de la température de l'eau de forage avant et après filtration

Echantillon	1 min	2min	5 min	10 min
E0 eau de forage	25°			
Filtre en INOX	25°	25°	24.5°	24°
Filtre en PLASTIQUE	25°	25°	25°	24.8°

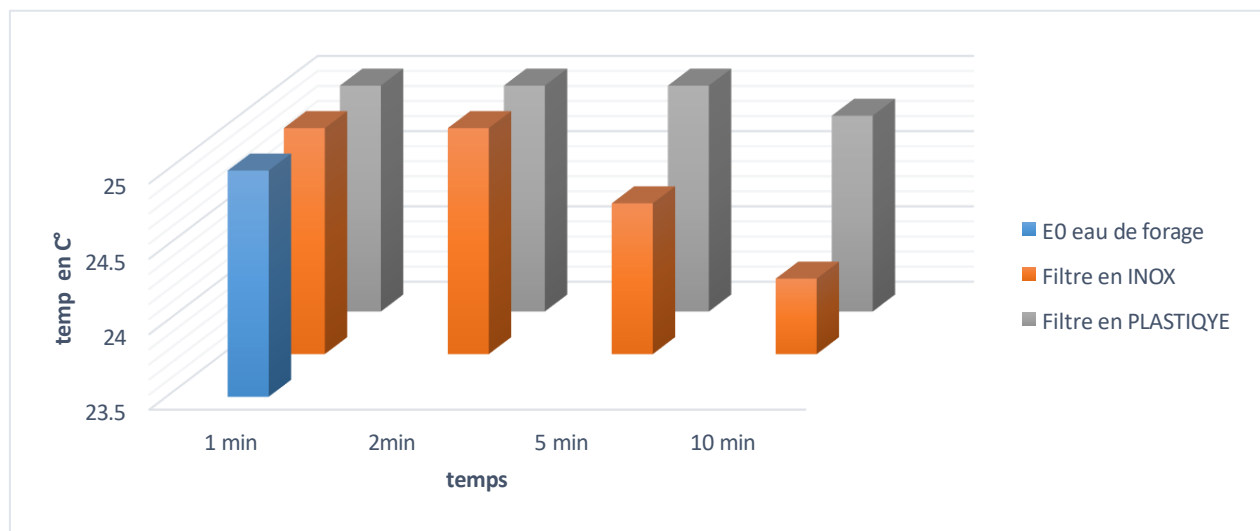


Figure IV. 1 : Mesure de température de l'eau de forage et notre travaille sur les deux filtres

La température du laboratoire peut altérer les propriétés physiques de l'eau dans une bouteille, notamment en modifiant sa densité et sa viscosité. Une augmentation de la température peut également affecter la solubilité des gaz dissous, comme l'oxygène, pouvant ainsi influencer les résultats des tests de mesure de la température effectués sur l'eau.

VI.2. Mesure de PH :

Mesurer le pH de l'eau dans les forages est crucial pour évaluer sa qualité et sa potabilité et l'utilisation dans l'industrie, mais à condition. Le pH influence la solubilité des métaux lourds et des minéraux, impactant ainsi la composition chimique de l'eau, voilà les résultats d'une comparaison des deux filtres et de forage :

Tableau VI.2 : Les résultats du pH de l'eau de forage avant et après filtration

Echantillon	1 min	2min	5 min	10 min
E0 eau de forage	8,21			
Filtre en INOX	8,22	8,24	8,25	8,25
Filtre en PLASTIQUE	8,21	8,20	8,12	8,05

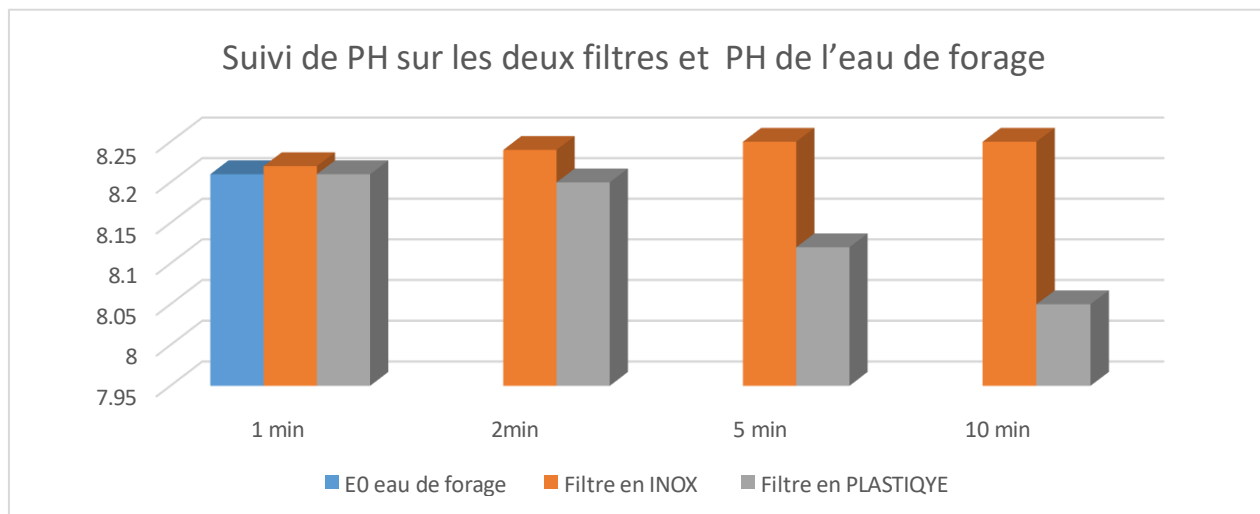


Figure IV. 2 : Mesure de PH de l'eau de forage et notre travail sur les deux filtres

Des valeurs de pH extrêmes peuvent indiquer une contamination ou une pollution, nécessitant des actions correctives. De plus, un pH adéquat est essentiel pour la dissolution des sels dans notre étude,

Les résultats indiquent que bon dans la dixième minute, Ce qui veut dire que le flux doit être léger afin de bien contrôler les résultats.

IV : 3. Mesure de TH :

La mesure de la dureté totale (TH) de l'eau évalue la concentration en ions calcium et magnésium. Cette mesure est essentielle pour déterminer l'aptitude de l'eau à utilisations industrielles. Une eau trop dure peut causer des dépôts de tartre, affectant les équipements et réduisant leur efficacité, le tableau suivant clarifie les résultats de suivi le TH dans des défèrent débit :

Tableau VI.3. : Les résultats du TH de l'eau de forage avant et après filtration

Echantillon	1 min	2min	5 min	10 min
E0 eau de forage	800 mg / l			
Filtre en INOX	750	690	740	830
Filtre en PLASTIQUE	814	780	730	720
L'unité en mg / l				

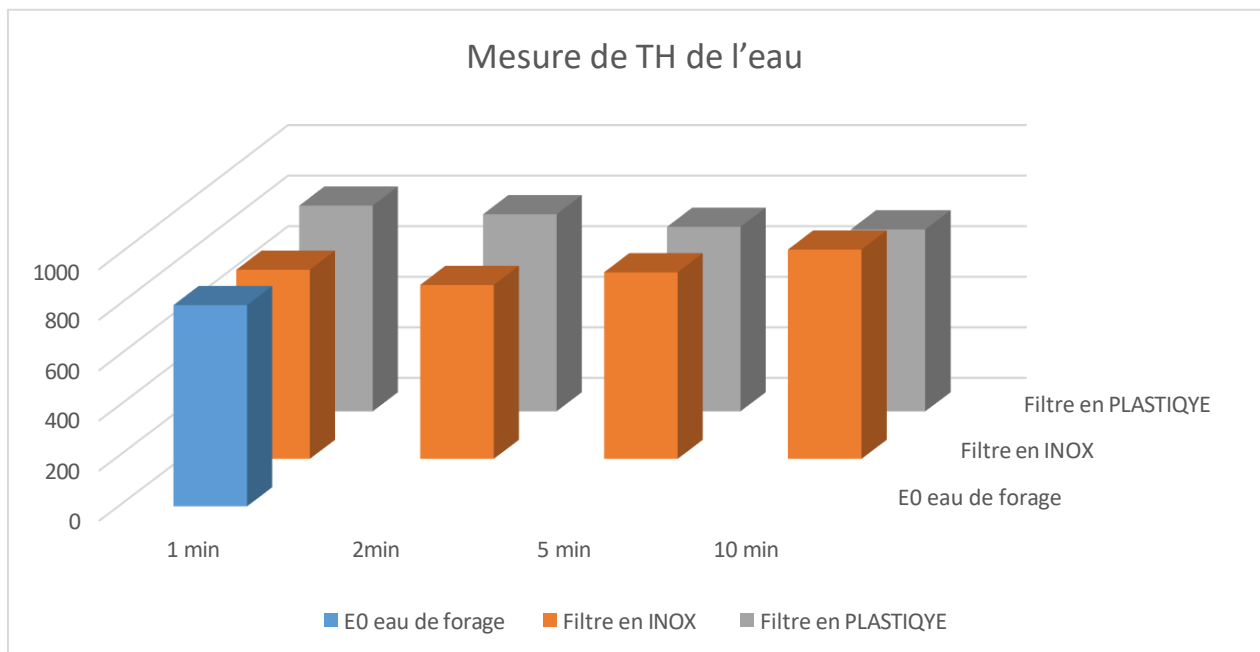


Figure IV. 3 : Mesure de TH de l'eau de forage ET notre travaille sur les deux filtres

Nous remarquons une différence dans l'analyse, avec une diminution de la dureté totale (TH) de l'eau après passage dans le filtre en plastique. En revanche, les résultats indiquent qu'il n'y a pas de changement clair dans la TH de l'eau filtrée par le filtre en inox. Ces observations suggèrent que le matériau du filtre peut influencer l'efficacité de la réduction de la dureté de l'eau.

Parce que le champ magnétique diminue à l'intérieur du tube en inox, l'efficacité de la réduction de la dureté totale (TH) de l'eau est affectée. En revanche, le filtre en plastique ne subit pas cette diminution, ce qui explique sa meilleure performance dans la réduction de la TH.

IV : 4. Détermination de la concentration des anions et des cations :

La détermination de la concentration des anions et des cations dans l'eau est essentielle pour évaluer la modification qui s'est produite après avoir ajouté le filtre. Cette analyse permet de détecter la présence potentielle et d'identifier la dissolution par titrage. Ces données sont cruciales pour garantir la modification survenue après le filtre et voilà les résultats :

Tableau VI.4. : Les résultats de la concentration des anions et des cations

E0 eau de forage				1 min	2min	5 min	10 min
CL ⁻	270	Filtre en INOX	CL ⁻	237	227	125	113
Na ⁺	248		Na ⁺	236	233	230	228
Mg ⁺	92		Mg ⁺	84	80	70	63
Ca ⁺	240		Ca ⁺	184	176	172	154
L'unité en mg / l		Filtre en PLASTIQUE	CL ⁻	241	206	198	189
			Na ⁺	241	240	230	236
			Mg ⁺	86	76	75	70
			Ca ⁺	180	164	160	144

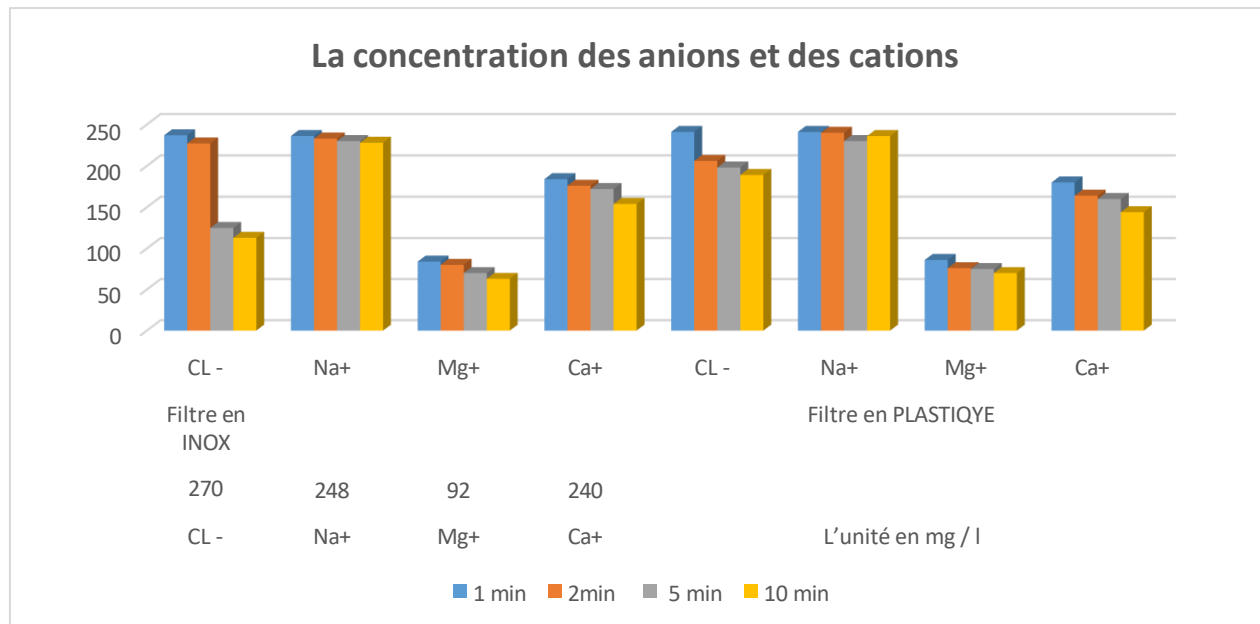


Figure IV. 4 : Analyse de la concentration des anions ET des actions

La concentration des anions et des cations dans l'eau indique un effet similaire sur les deux filtres utilisés. Les analyses montrent que les variations des concentrations ioniques sont comparables, quel que soit le matériau du filtre (plastique ou inox). Cela suggère que, malgré leurs différences, les deux types de filtres influencent de manière similaire la composition ionique de l'eau.

IV : 5. Détermination de la conductivité électrique :

La conductivité électrique après la filtration de l'eau est cruciale pour évaluer l'efficacité du processus de filtration. La conductivité électrique mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, directement liée à la concentration d'ions dissous. Une diminution de la conductivité après filtration indiquerait une réduction des ions dissous, signifiant une eau plus pure. Cette mesure est essentielle pour garantir que l'eau filtrée répond aux normes de qualité requises pour diverses utilisations, voilà les résultats d'analyse :

Tableau VI.5. : Les résultats de la conductivité électrique

Echantillon	1 min	2min	5 min	10 min
E0 eau de forage	3900			
Filtre en INOX	3870	3650	3640	3620
Filtre en PLASTIQUE	3750	3720	3660	3600
L'unité en $\mu\text{S}/\text{cm}$				

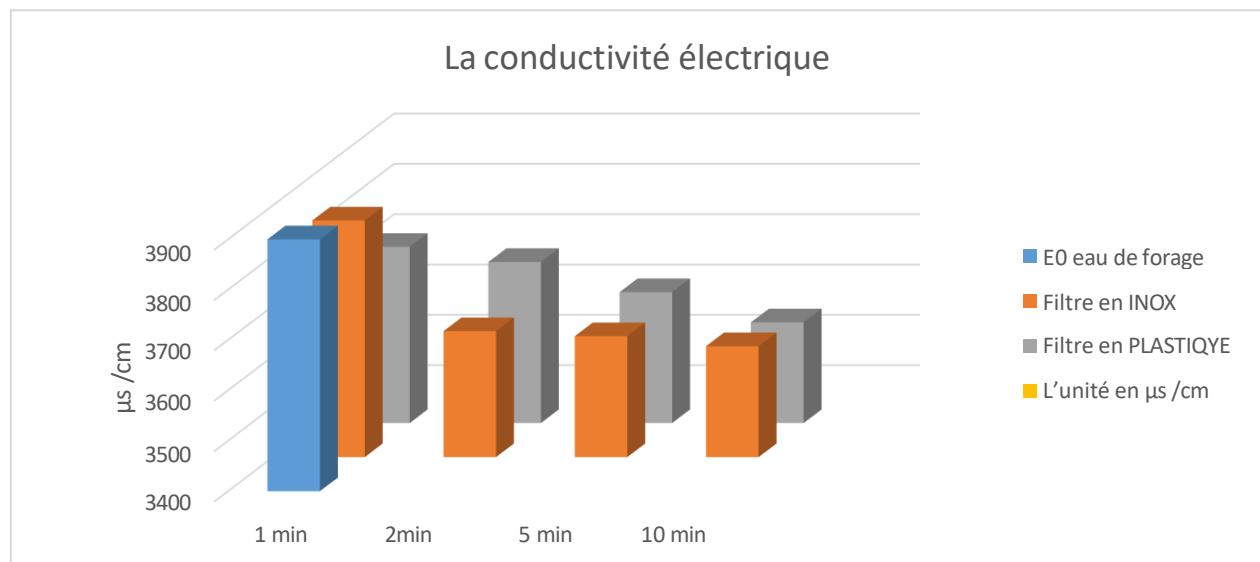


Figure IV. 5 : La mesure de la conductivité électrique

On remarque la convergence des résultats dans les deux cas, où la conductivité électrique diminue après filtration. Cette diminution est un bon indicateur de l'efficacité des filtres, démontrant leur capacité à réduire la concentration d'ions dissous. Les résultats confirment que la mesure de la conductivité électrique est une méthode fiable pour évaluer la performance des deux filtres.

IV : 6. Mesure de TDS :

Le suivi des Total Dissolved Solides (TDS) dans cette expérience est crucial pour évaluer la qualité de l'eau après filtration. Les TDS représentent la concentration totale des substances dissoutes, incluant minéraux, sels et métaux. En surveillant les TDS, on peut déterminer l'efficacité des filtres à réduire les impuretés et garantir que l'eau répond à notre objectif :

Tableau VI.6. : Les résultats de TDS

Echantillon	1 min	2min	5 min	10 min
E0 eau de forage	1950 mg / l			
Filtre en INOX	1935	1825	1820	1800
Filtre en PLASTIQUE	1840	1875	1860	1830
L'unité en mg / l				

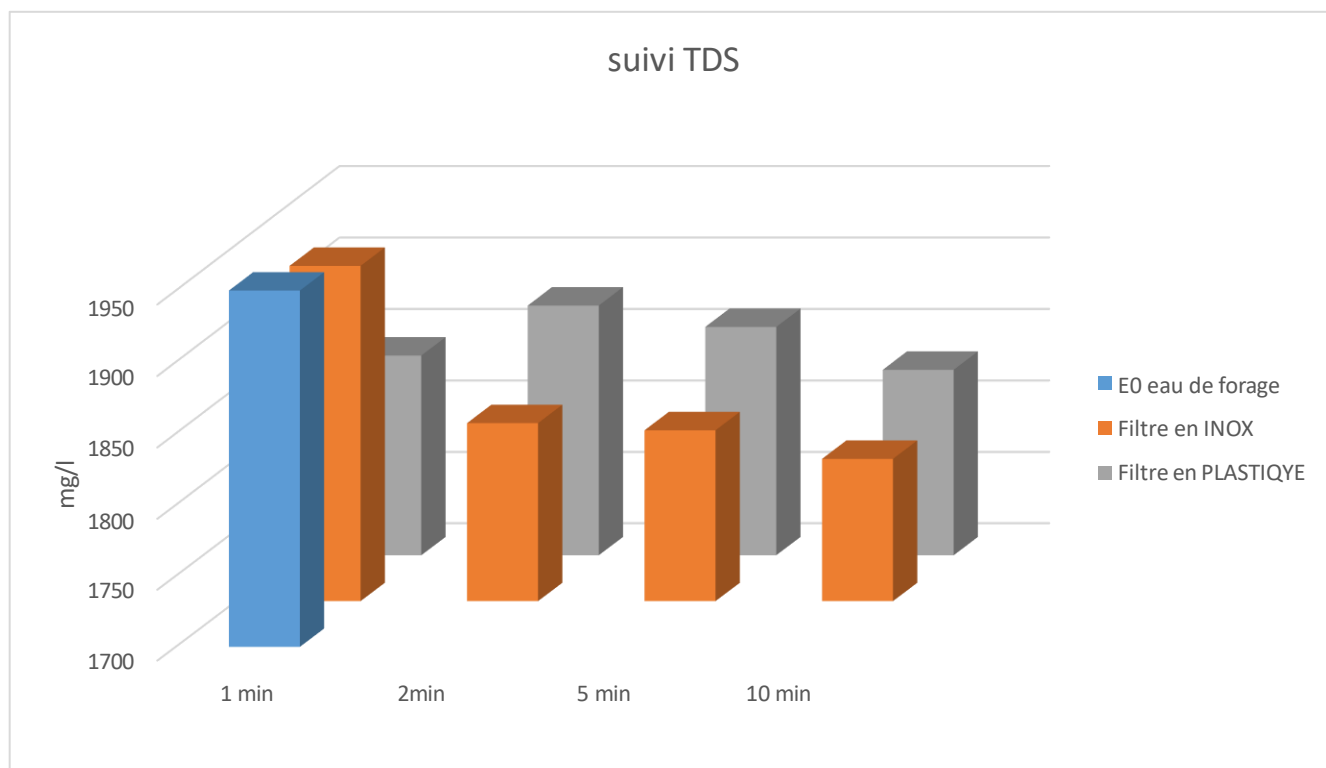


Figure IV. 6 : Suivi TDS

Les résultats de filtration sont similaires pour les deux types de filtres, mais le filtre en inox montre une vitesse de filtration supérieure. Bien que les performances en termes de réduction des impuretés soient comparables, l'efficacité temporelle du filtre en inox peut offrir des avantages pratiques. Cela le rend plus adapté pour des applications nécessitant un débit rapide sans compromettre la qualité de l'eau filtrée.

IV : 7. Mesure de salinité :

La mesure de la salinité est essentielle pour évaluer la qualité de l'eau et son adéquation à différentes utilisations. Elle permet de détecter la présence de sels dissous, qui peuvent affecter les processus industriels, notre résultat d'analyse est présenté dans le tableau suivant :

Tableau VI.7 : Les résultats de salinité

Echantillon	1 min	2min	5 min	10 min
E0 eau de forage	1.9			
Filtre en INOX	1.9	1.8	1.8	1.8
Filtre en PLASTIQUE	1.8	1.9	1.8	1.8
L'unité en %				

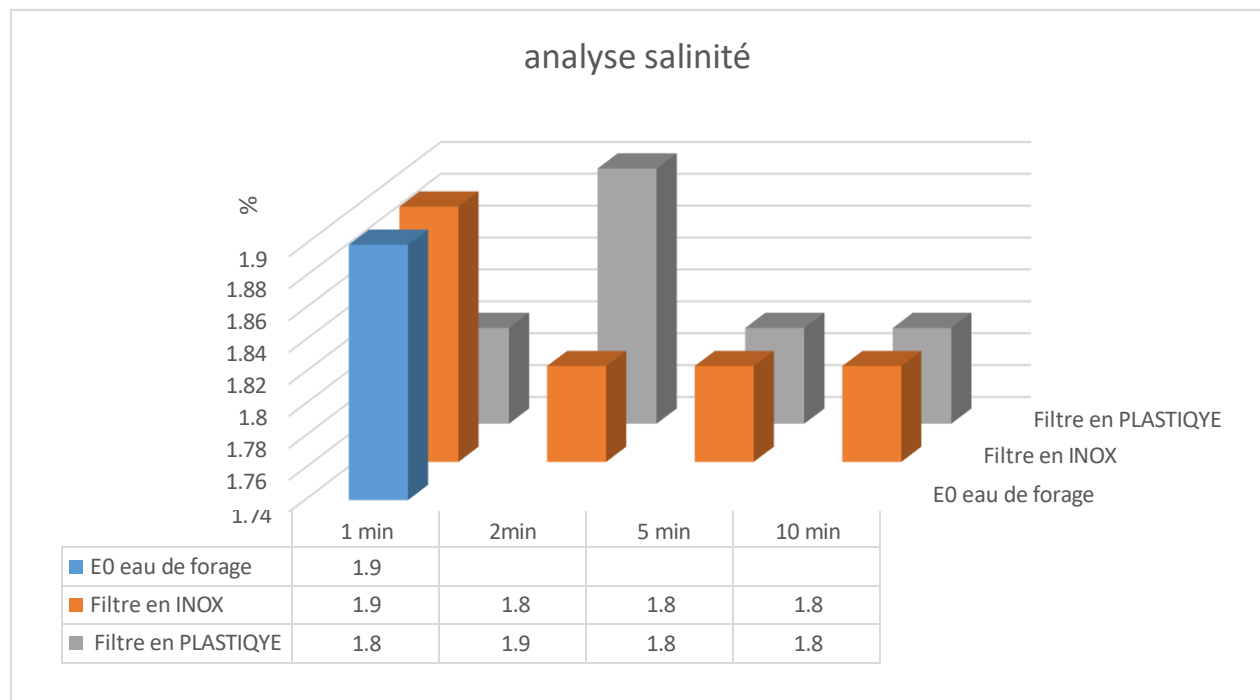


Figure IV. 7 : La mesure de la salinité dans les trois échantillons

Les résultats montrent qu'il n'y a aucun changement notable dans la salinité de l'eau après filtration, indiquant que les filtres n'affectent pas ce paramètre. Cela suggère que, bien que les filtres soient efficaces pour réduire d'autres impuretés, ils ne sont pas conçus pour réduire la concentration de sels dissous.

IV : 8. Les paramètres organoleptiques après la filtration :

Les modifications observées après l'utilisation des deux filtres incluent des changements dans les paramètres organoleptiques tels que la couleur de l'eau. Les filtres ont efficacement réduit les impuretés. Ces modifications indiquent non seulement une meilleure qualité esthétique mais aussi potentiellement un changement sur les paramètres physicochimique, au contraire l'impact d'inox très remarquables (voir figure N° IV.8). Mais le plastique n'a aucun effet sur ce paramètre.

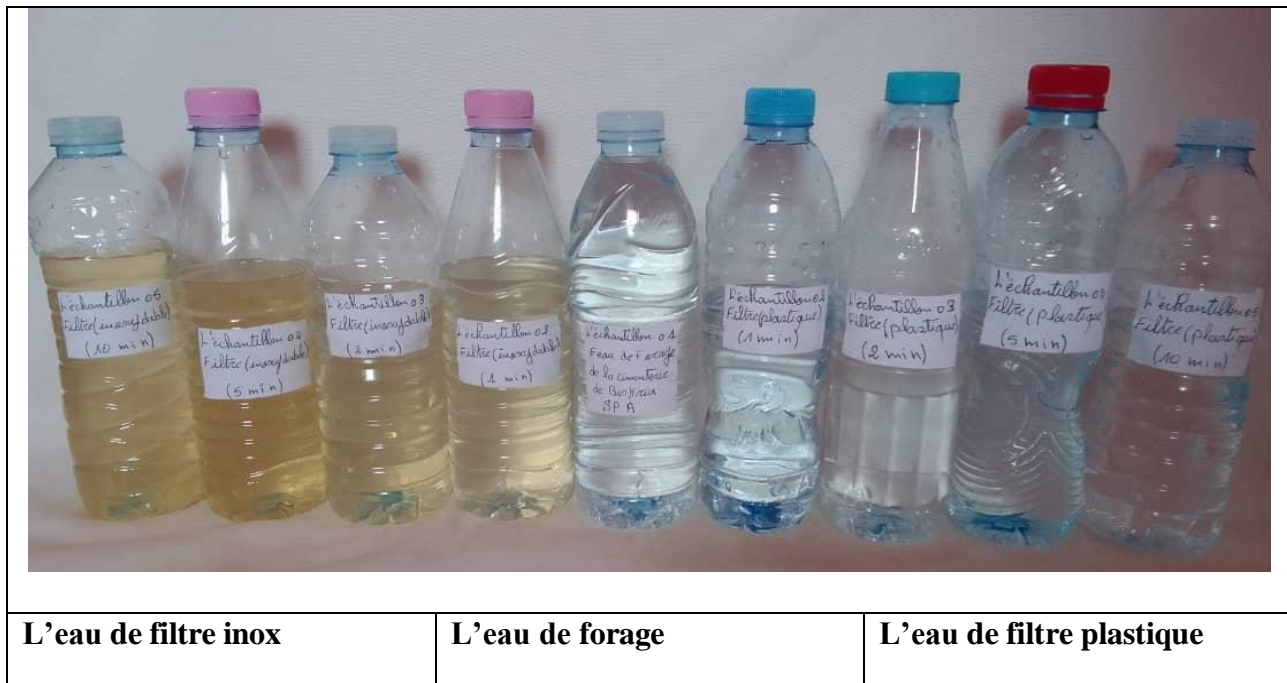


Figure IV. 8 : Comparaison des paramètres organoleptiques après la filtration

Conclusion

Les résultats montrent une amélioration significative des performances environnementales grâce aux mesures mises en place. Cette évolution positive est corroborée par des indicateurs clés tels que la réduction des sels et l'optimisation de l'eau de forage. Les résultats obtenus confirment l'efficacité des stratégies adoptées et leur alignement avec les objectifs de l'augmentation de la performance de la station de l'osmose.

Le bon filtre peut être déterminé dans ce processus après l'analyse de tous les paramètres étudiés et la comparaison finale. Les deux filtres ont montré une efficacité similaire dans la réduction des impuretés et des ions dissous, mais le filtre en inox s'est distingué par sa vitesse de filtration plus rapide. En considérant également les paramètres organoleptiques comme la couleur, le filtre en plastique offre une performance supérieure globale. Ainsi, le filtre en plastique apparaît comme le meilleur choix pour cette application.



Conclusion générale

Conclusion général

Delta Filtre est une partie essentielle des usines d'osmose inverse et travaille pour augmenter l'efficacité de ces usines de plusieurs manières. Cela contribue à améliorer la qualité de l'eau produite, à réduire les coûts et à accroître la durabilité. Il améliore le processus de filtration dans l'usine d'osmose inverse, éliminant les impuretés et les dépôts précis avec une grande efficacité. Cela améliore considérablement la qualité de l'eau. Les coûts d'entretien de l'usine peuvent être réduits, car ils empêchent l'accumulation de sédiments dans les tuyaux et l'équipement, prolongent sa durée de vie et améliorent son efficacité. Tout en améliorant l'utilisation de l'énergie dans la centrale, que ce soit en réduisant la pression sur les équipements ou en améliorant la distribution des flux dans le système, en réduisant la consommation d'électricité. En améliorant l'efficacité du processus d'osmose inverse et en réduisant les déchets et la consommation, il contribue également à rendre le processus de dessalement généralement plus durable. Il contribue également à l'amélioration globale des performances de la station, tant en termes d'efficacité d'élimination des sels que de limitation de la composition des couches à l'intérieur de l'équipement. De cette façon, le filtre delta est une solution efficace pour augmenter l'efficacité des installations d'osmose inverse, améliorer leurs performances et améliorer considérablement la qualité de l'eau produite.

- [1] Marrakech koussaila, Automatisation du traitement de l'eau utilisé par la cimenterie SPA Biskria. Utilisation de l'automate S7 300. Mémoire master ; Université Mohamed Khider Biskra, 2018.
- [2] GUESBAYA MOHAMED OUSSAMA; « Etude De Mise En Œuvre D'un Système De Stockage De La Matière Première De Ciment Par Automate S7-300 » ; Mémoire Magister ; Université Mohammed Khider –Biskra ; 2018
- [3] AKACHA IMANE ;«Impact Des Alcalis Sur Les Performances De Ciment » ;Mémoire De Magister ;Université Mohammed Khider-Biskra ;2020
- [4] MADOUY YASMINE ; «Le Recyclage D'un Déchet Industriel (Poussière De By-Pass» ; Mémoire De Magister ; Université Mohammed Khider –Biskra ; 2019
- [5] <https://civiltoday.com/civil-engineering-materials/cement/81-cement-definition-andfull-details>. Date de consultation : 20.02.2022
- [6] ZIAT NAHLA ; « Etude Des Caractéristiques Physiques Et Mécaniques Du Ciment Portland » ; Mémoire De Magister ; Département De Technologie Chimique Industrielle Université De Bouira ; 2020
- [7] Document Lafarge Ciments Centre de Viviers Service formation. Algérie juin 2014
- [8] NJOYA MAMA ; « Amélioration Du Processus De Broyage Des Matières Premières En Ciment A La Cimbenin S.A».Ecole Polytechnique D'abomey-Calavi ; 2018
- [9] MAHDI BEN HAMZA ; «Etude D'un Systeme Automatique Par Un Filtre A Manche De Cimenterie Par S7-300» ; Mémoire Magister, Université Mohamed Khider Biskra
- [3] AKACHA IMANE ; «Impact Des Alcalis Sur Les Performances De Ciment » ;Mémoire De Magister ;Université Mohammed Khider-Biskra ;2020
- [10] YAHIA Mohamed, contribution à la valorisation d'un déchet de cimenterie (ciment hydraté) pour l'élaboration d'un nouveau ciment, mémoire de master en Génie Civil, 2015/2016
- [11] Hady sadouk, ciment portland, 2011
- [12] MEBARKI Henen, Etude comparative des clinkers de l'ouest Algérien : Analyse Physico-chimique et Applications, mémoire de master en Chimie Physique et Analytique, 11 Septembre 2013

- [13] B. Bounabe Ayache, Automatisation du stackeur et le moteur four; Rapport de stage à ERCE et SCHB, 2006-2007
- [14] Le processus de la fabrication de ciment, lafarge ciment division
- [15] Ben gueddour afef, Synthés et caractérisation de silicates de calcium hydratés (C.S.H hybride, mémoire de master en génie de procédé, 2013
- [16] : GUESBAYA MOHAMED OUSSAMA ; « Etude De Mise En Œuvre D'un Système De Stockage De La Matière Première De Ciment Par Automate S7-> » ; Mémoire Magister ; Université Mohammed Khider –Biskra ; 2018.
- [17] : AKACHA IMANE ; <<Impact Des Alcalis Sur Les Performances De Ciment >>, M httpmémoire De Magister ; Université Mohammed Khider-Biskra ; 2020
- [18] : "Biskria Ciment,spa, Djar Belahrache, Branis B..., REGISTRATION NO. 09B" <https://dz.kompass.com/c/biskria-ciment-spa/dz265446/>
- [19]://materiaux-cimentaires.com/pdf/Charron.pdf.
- [20] : Documentations source – SPW-DGO3-DOF-Rigister de la taxe sur les Eaux Usées (donnée 2012) inventaire 2015
- [21] Tech Tendances, Technologies et applications des membranes de filtration, Paris : Innovation 128, 1993, 441p
- [22] Squires R.C. Removal of heavy metals from industrial effluent by crossflow microfiltration, wat. Sci. Tech., 1992, 25(10), 55-67
- [23] Gesan G., Daufin G., Microfiltration tangentielle de lactosérums doux prétraités : mécanisme de colmatage et conduite opératoire, Cahier scientifique IAA, 1995, 112, 633-640
- [24] Cartwright P.S., Industrial waste water treatment with membranes : a united states perspectives, Wat. Sci. Tech., 1992, 10, 373-390
- [25] Menjeaud C., Treatment and regeneration of wastewater produced by industrial laundry with inorganic membranes, Key Eng. Materials, 1991, 61
- [26] Jacquemet J.C., Séparations industrielles à l'aide de membranes, Sciences et techniques, 1978, 52, 13-18

[27] Degrémont, Mémento Technique de l'Eau, 9^{ième} édition, Paris : Lavoisier, 1989, 2, 1459p, (collection Technique et Documentation)

[28] ADEME, 1995. Les micropolluants métalliques dans les boues résiduelles des stations [29] D'épuration urbaine. Paris, ADEME, 209 p

[30] ALPHAS, 2005. QUALITE ORGANOLEPTIQUE DE L'EAU DE

[31] CONSOMMATION PRODUITE ET DISTRIBUEE PAR L'EDM.SA DANS LA VILLE DE BAMAKO : EVALUATION SAISONNIERE ; thèse pour obtenir le grade de docteur en DESIARDINS R, (1990). Le traitement des eaux de l'École polytechnique de Montréal.

[32] DJIHADH ; MALIKA H, 2017. Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des Eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W. Ain Defla. p5.7.8.

[33] DIHANGD ; AIMARP ; KAYEMJ; NDI KOUNGOUS, 2008. Coagulation and flocculation of Laterite suspensions with low levels of aluminum chloride and polyacrylamids. Chemical François A, 2002. L'eau et ses enjeux, ED presses de l'université Laval. Page : 137.

[34] GHAZALI D ; ZAID A, 2013. Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (REGION DE MEKNES/MAROC. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 25-36),

[35] GHETTAS B, 2011. Contribution à l'étude qualitative et quantitative des phénomènes de corrosion et l'entartrage causés par les eaux géothermales dans les conduites d'AEP. Mémoire de licence : université kasdi Merbah : Ouargla, 43p Engineering and Processing : Process Intensification 47, Issues 9-10, 1509-1519. [36] HVARICR, 2009. Caractérisation, traitement et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épuration, Thèse de doctorat en sciences de l'environnement industriel et urbain, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon,

[37] JOEL G, 2003. La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, Novembre. Journal officiel de la république algérienne N 18, 2011. 18 Rabie Ethani 1432 ; p6.

[38] JOHNP ; DONALD A, 2010. Microbiologie, 3^{ème} Édition, p1216

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

بمسكرة: 06/18 2019

جامعة محمد خيضر - بسكرة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الكيمياء الصناعية

إذن بإبداء مذكرة الماستر بعد التصحيحات

عجال فطيمة

أنا الممضي أسفله الأستاذ:

الترتبة: الأستاذ

أستاذ مشرف على مذكرة ماستر - للطلالب (ة): شريفة سهام

Génie des procédés

الشعبة

Génie de l'environnement

التخصص:

بمعنوان:

Augmentation de l'efficacité des traitements des eaux et le performance
de la station d'osmose inverse pour les

أرخص بإبداء المذكرة المذكورة.

رئيس لجنة المناقشة

الأستاذ المشرف

Ad. p



27 ديسمبر 2020

ملحق بالقرار رقم 1082/... المؤرخ في ...
الذي يحدد القواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

مؤسسة التعليم العالي والبحث العلمي:

نموذج التصريح الشرقي
الخاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز بحث

أنا الممضي أسفله،

السيد (ة): عزينة مسعود الصفة: طالب، أستاذ، باحث طالبة
الحامل (ة) لبطاقة التعريف الوطنية رقم 2094791044 والصادرة بتاريخ 2023-08-20
المسجل (ة) بكلية / معهد العلوم والعلوم الإنسانية / العلوم الإنسانية
والمكلف (ة) بإنجاز أعمال بحث (مذكرة التخرج، مذكرة ماستر، مذكرة ماجستير، أطروحة دكتوراه)،
عنوانها: Augmentation de l'efficacité du traitement des eaux
et la performance de la station d'épuration inverse

أصبح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية
المطلوبة في إنجاز البحث المذكور أعلاه.

التاريخ: 2023.08.18

توقيع المعني (ة)

Sihane Gh