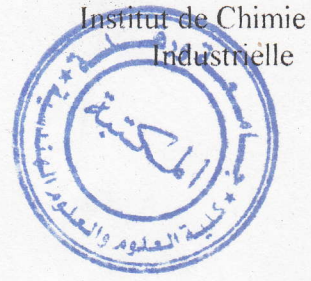


(08)

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire  
de Ouargla



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE**

En vue de l'obtention du diplôme  
d'ingénieur d'Etat en  
chimie Industrielle

Option : Génie Chimique

**THEME**

**Contribution à l'étude  
du phénomène d'entartrage  
observé au niveau de la région  
d'EL OUED**

**Réalisé par :**

MEHAOUA MOHAMMED  
AHMADI NOUR EDDINE

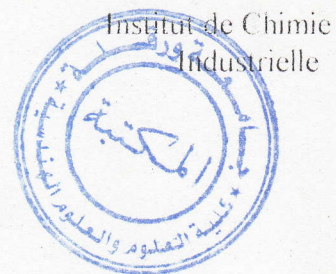
**proposé et dirigé :**

Dr. A.A.BEBBA  
  
Mr. T.FERTTAS  
Chargé de cours (C.U.O)

Promotion : 2000/2001

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire  
de Ouargla



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme  
d'ingénieur d'Etat en  
chimie Industrielle

Option : Génie Chimique

### THEME

Contribution à l'étude  
du phénomène d'entartrage  
observé au niveau de la région  
d'EL OUED

Réalisé par :

MEHAOUA MOHAMMED  
AHMADI NOUR EDDINE

proposé et dirigé :

Dr. A. A. BEBBA

Mr. T. FERTTAS  
Chargé de cours (C.U.O.)

Promotion : 2000/2001



## الإهداء

إلى فيض الحنان و منبع الحب و موفور العناية ...  
إلى التي حملتني خلقا من بعد خلق ، إلى من سهرت لأنام ، و من تعبت لأرتاح و  
من شارفت الموت لأقبل على الحياة ، إليك أهدي ثمرة عملي يا أمي  
" أوريده "

إلى من كان سببا في وجودي ، إلى من تحمل الصعاب لينال لي أسباب الحياة إلى من  
لم يجحد عليّ بصغيرة أو كبيرة حتى أوصلني إلى ما أنا فيه ، إليك أهدي عصارة  
جهدي يا أبي  
" عبد الجواد "

إلى كل أفراد أسرتي ، أخوتي : لزهوري - توفيق - ابراهيم - حسين  
وإلى أخواتي : سميرة - نورة - وأزواجهن ولويزة - فطيمة - هناء - أمال  
إلى جدي محمد كرمادي وجدتي هنية.  
إلى كل من عائلة مهاوة و كرمادي  
إلى أصدقاء العمر : قروي بس - قيطوبي ع - العايب م.ع - اطليبة ع  
مصطفى ع.ع و خ - حفوطة بس - إلى عطاالله بش - سليمان ط.طويل بس  
و إلى كل سكان حي سيدي مستور بالوادي.

محمد

# الإهداء

أهدي عصارة جهدي هذا إلى فيض الحنان أُمِّي  
"أوريدة"

و إلى من كان سببا في وجودي أبي  
"عبد الرزاق"

و إلى كافة أفراد الأسرة : أمال - العائش - محمد - خولة - وليد  
إلى خالي العروسي و إلى كل عائلة أحمادي - رمحة - شريفي - شتحونة - الشائع  
إلى الأصدقاء :

مصطفى خليفة و عماد ، طليبة علي ، قيطوبي عثمان ، العايب محمد علي طويل سليمان  
سليماني الطاهر ، محمد ، لطفي ، كيرد عبد الكامل ، عطاء الله محمد شوقي احفوظة سليم ،  
مكاوي محمد .

و إلى دفعة تخرج طلبة الكيمياء الصناعية بالمركز الجامعي بورقلة لسنة 2001/2000 .

نور الدين

## كلمة شكر و تقدير

الحمد لله رب العالمين و الصلاة و السلام على اشرف المرسلين سيدنا محمد ﷺ و على آله و صحبه أجمعين.

الحمد لله الذي أعاننا على إتمام هذا البحث المتواضع كما نتقدم بجزيل الشكر و العرفان للأستاذ المشرف بية أحمد عبد الحفيظ الذي سهر على توجيهنا بنصائحه و إرشاداته ، أيضا نتقدم بجزيل الشكر إلى السادة :

الأستاذ المساعد فرطاس الطاهر .

مستور سليم مدير الأعمال الجديدة بمؤسسة الري بالوادي .

غومه سليم الحائز على شهادة مهندس دولة في الري .

الطاهر رحومة رئيس المخبر بمؤسسة الري بالوادي .

كما نرف تشكر اتنا إلى الزملاء و رفقاء :

العمرى ل - صخر ل - ممادي ن - رزيق ه - لازوتي خ - صخري ح - تليلي ح .

كما أشكر كل من راشدي عبد الرزاق و بلقاسم عيساوي على سهرهم في كتابته و سحب

هذا العمل المتواضع .

أيضا لا ننسى من تربطنا بهم صداقة أخوية و الذين بدورهم ساهموا بالقليل و الكثير

و أتاحوا لنا فرص الراحة لإتمام هذا البحث و نذكر منهم :

ب.ع. جمال - م.س. عبد الوهاب - ه.م. جاسم - ح.م. خميستي - ق. العربي

د. العايش - ح. عمار - غ. حمزة - ق. فتحي - ماجة

و إلى عمال المكتبة : الحبيب - بلخير - أحمد - عبد الحميد

و نعتذر عن عدم ذكر البقية فالقائمة طويلة .

# Sommaire

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
---------------------------	---

## PARTIE THEORIQUE

### **CHAPITRE I: PRESENTATION DE LA WILAYA D'EL-OUED.**

I-1-situation géographique.....	2
I-2- caractéristique climatique .....	2
I-3- caractéristique hydro-géologique.....	3

### **CHAPITRE II: LE TARTRE**

II-1-composition minérale d'eau .....	7
II-2-définition de corrosion.....	8
II-3-définition de tartre.....	8
II-4-Produit de solubilité et formation de tartre.....	9
II-4-1-influence de la température sur le produit de solubilité.....	10
II-4-1-influence de <i>pH</i> sur le $K_s$ .....	11
II-5-Facteurs influençants sur l'entartrage.....	11
II-5-1-l'entartrage et dureté de l'eau.....	11
II-5-1-1- dureté total.....	12
II-5-1-2-dureté temporaire.....	12
II-5-1-3-dureté permanente.....	12
II-5-2-l'entartrage et l'alcalinité totale (TA).....	12
II-5-2-1-Alcalinité de l'eau TAC et TA.....	12
II-5-3-l'entartrage et le titre Hydrométrique (TH).....	13
II-5-3-1-le TH Calcique.....	14
II-5-3-2-le TH Magnésium.....	14
II-6-Indice d'entartrage.....	14
II-6-1-indice de Ryznard ou indice de stabilité.....	14
II-6-2-indice de l'Angelier ou indice de saturation.....	14

### **CHAPITRE III: PROCÉDES UTILISÉS POUR ELIMINER LE TARTRE**

Introduction.....	15
III-1-Nettoyage mécanique.....	15
III-2- Nettoyage chimique.....	16
III-2-1-Addition d'acide.....	16
III-2-2-Décarbonatation sur résine carboxylique.....	16
III-2-3-Décarbonatation à la chaux.....	17
III-2-4-Adoucissement par échange des ions.....	18
III-2-5-Utilisation des anti-dépôts.....	20

### **CHAPITRE IV: SCHEMA DU TRAVAIL**

IV-1- présentation de la zone d'étude (Cuvette d'EL-OUED).....	22
IV-2-chronologie des réalisations et caractéristiques des forages.....	22
IV-3- Localisation et caractéristique des points des Prélèvements.....	23
IV-4-caractéristique des forages.....	24

## PARTIE EXPERIMENTALE

### **CHAPITRE I: LES PRELEVEMENTS**

I-1-présentation du lieu d'expérimentation.....	26
I-2- Prélèvement.....	27

### **CHAPITRE II: APPAREILLAGES**

1-pH-METRE NUMERIQUE TYPE E632.....	28
2-CONDUCTIMETRE TYPE CD6NG.....	29
3-SPECTROPHOTOMETER TYPE DR2000.....	30
4-COLORIMETER TYPE PN50.....	30

### **CHAPITRE III: TECHNIQUE DES MESURES**

1-Mesure de pH.....	32
2-détermination de titre alcalimétrique complète.....	32
3-titre hydrométrique total (TH).....	33
4-titre hydrométrique calcique .....	35
5-dosage de chlorure.....	35
6-dosage de sulfate.....	38
7-dosage de fer.....	40
8-dosage de sodium , potassium , calcium .....	41
9-dosage des nitrates.....	43

### **CHAPITRE IV: RESULTATS ET INTERPRETATION**

Introduction.....	45
1-analyse des tartres.....	46
2-caractéristiques chimiques des eaux.....	47
3-analyse d'agressivité d'eau de deux forages.....	50
4-interprétation des analyses de l'eau de Route de Touggourt et CHOUHADA 02...	52
5-interprétation des résultats.....	54
6-Conclusion.....	54

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE



# *Introduction*

## INTRODUCTION

La commune d'El-Oued a mis en exploitation une nappe d'eau fossile à grande profondeur afin de développer l'économie et lutter contre la désertification du sud algérien. Un total de vingt quatre (24) forages sont exploités, dont la profondeur varie entre (60 – 1850 mètres), sont la plupart en exploitation.

La plupart des forages sont artésiens et l'eau émerge sous une pression qui varie entre (10 – 24 bars); la température à la sortie des forages entre (20 et 71°C), le débit d'exploitation est généralement compris entre (17 – 230l/s) soit en moyenne 4500m<sup>3</sup>/jour par forage.

Les eaux de deux forages (CHOUHADA ROUTE DE TOUGGOURT) sont utilisées principalement pour l'alimentation tandis que les autres forages sont utilisés pour l'irrigation.

Une grande quantité de tartre se forme annuellement pour les deux forages (CHOUHADA ROUTE DE TOUGGOURT) dans les réseaux de distribution.

La précipitation de tartre a pour conséquence :

Le bouchage des conduites jusqu'à un taux qui peut atteindre (50%) pour six années d'exploitation une canalisation de 110 mm se trouve réduite à seulement 40 mm de diamètre.

- Réduction du débit d'eau et augmentation des pertes de charges.
- L'objectif de notre étude localisée au niveau de la wilaya d'El-Oued est de déterminer la cause de ce phénomène et proposer des solutions à ce problème.
- La première partie de notre travail va être consacrée à la présentation des raisonnements théorique que nous appliquerons pour étudier le phénomène de l'entartrage et la présentation des techniques utilisées pour l'analyse.
- La seconde partie sera consacrée à l'analyse de l'eau pour savoir si elle est la cause de l'entartrage et à l'interprétation des résultats-
- Dans la dernière partie nous présenterons nos propositions pour limiter les dépôts dus à ce phénomène.

# PARTIE THEORIQUE

# CHAPITRE I

*Présentation*  
*De La WILAYA D'EL-OUED*

# **CHAPITRE 1**

## **PRESENTATION DE LA WILAYA D'EL-OUED**

### **I-1- SITUATION GEOGRAPHIQUE :**

La région du Souf est située dans le Sud est algérien au Nord du grand Erg oriental.

Le Souf est un vaste ensemble de palmiers entourés de dunes blondes limite par :

- La zone des chotts ( Melghir et Merouane ) au Nord .
- L'extension de l'Erg oriental au Sud.
- La vallée de l'oued Rhir à l'Ouest.
- La frontière tunisienne à l'Est.

Le Souf se trouve à environ 500 Km au Sud-Est d'Alger et 350 Km à l'Ouest de Gabés (Tunisie).

Le Souf occupe une surface de 80.000Km<sup>2</sup> à une latitude de 30° 30' Nord et une longitude de 6° 47' Est.

### **I-2- CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES :**

Le climat dans la région d'étude est de type saharien, désertique avec des étés chauds jusqu'à (48°C) et des hivers doux jusqu'à (5°C).

Les données relatives aux différentes composantes qui régissent le climat (pluie,

### ***I-2-1-TEMPERATURE :***

La température est un paramètre important qu'il faut tenir compte pour cultures irriguées dans la région d'étude.

Les données de la température moyenne mensuelles des 29 dernières années sont :

- Le mois le plus chaud est août avec 42.58° C.
- Le mois le plus froid est janvier avec 10.32°C.
- Une période froide s'étalant de Novembre à Avril de 10.23°C à 19.77°C avec une moyenne de 15°C.
- Une période chaude s'étalant de Mai jusqu'à mois d'Octobre de 21.87°C à 42.58°C avec une moyenne de 27.22°C.

### ***I-2-2-L'HUMIDITE :***

A la situation sus-citée l'humidité relative à été mesurée en même temps que la température.

La valeur de l'humidité maximale dans la région du Souf est enregistrée pendant le mois de décembre avec 67% et la valeur de l'humidité relative minimale dans cette région enregistrée durant le mois de juillet est 32.34%.

### ***I-2-3- LES VENTS :***

Le vent est un élément caractéristique du climat.

Il est déterminé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence.

Les vents les plus forts sont creuse de l'est soufflant principalement pendant la période s'étalant d'Avril jusqu'à Juillet avec une vitesse moyenne de 3.94 m/h.

### ***I-2-4- L'EVAPORATION :***

L'évaporation moyenne inter-annuelle est de 87.74mm avec 149.3mm pour le mois le plus chaud (juillet) et 35.9 pour le mois le plus froid (décembre).

### ***I-2-5- PLUVIOMETRIE :***

Malgré que la précipitation au niveau de la région de Souf soit irrégulière.

La période pluvieuse allant du mois de septembre jusqu'à mois d'avril avec un maximum enregistré au mois de mars 11.97mm.

La période sèche est durant le reste de l'année avec un minimum au mois de juillet (0.21mm)\*.

### ***I-3- CARACTERISTIQUES HYDRO-GEOLOGIQUES :***

#### ***I-3-1- PRESENTATION DES NAPPES AQUIFERES DE LA REGION DU SOUF :***

D'après les études hydro-géologiques effectuées dans le passé et la coupe schématique établie à partir des coupes de sondages, nous observons l'existence de deux types de nappes :

- Une nappe phréatique (type libre ).
- Et deux autres nappes correspondantes au complexe terminal et continental intercalaire (de type captif).

#### ***I-3-1-1- NAPPE PHREATIQUE :***

La nappe phréatique présente dans toute l'oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du quaternaire, elle peut être rencontrée à des profondeurs variants entre 10 et 40 mètres.

La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région de Souf. Les principales sources d'alimentation de cette nappe sont les pluies torrentielles, viennent s'ajouter depuis quelques années, les eaux d'irrigation provenant des nappes profondes (pontien et barémien) et en fin les eaux de restes vus l'inexistence de réseau d'assainissement, et d'exutoire naturel.

---

\*- LE STATION METEO-ROLOGIQUE D'EL-OUED (GUEMAR).

### ***I-3-1-2- NAPPE DU COMPLEXE TERMINAL :***

Ce terme regroupe sous une même dénomination un ensemble de nappe aquifère qui sont situés dans des formations géologiques différentes.

D'après Cornet 64, nous rappelons l'existence de 3 nappes dont les deux premières correspondent respectivement aux nappes des sables d'âge Miophiocène et pontien alors que la dernière correspond à la nappe de calcaires d'âge sénonien à éocène supérieur.

#### ***I-3-1-2-1- NAPPE DES SABLES :***

Au sein de ces niveaux sableux viennent s'engendrer deux nappes de type captif, dont la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal appelée communément réservoir du « SUD-SOUF », cette nappe constituée de sables grossiers et faisant partie du complexe terminal émerge progressivement vers le nord du Sahara en direction de fosse sud aurésienne, dans la région d'étude elle se trouve à 280 mètres de profondeur

#### ***I-3-1-2-2- NAPPE DES CALCAIRES :***

Le complexe terminal du Souf possède une lithostratigraphie plus complexe ; les forages captants cette nappe nous montrent l'existence de deux niveaux durs servants de repère pour la classification des eaux souterraines ; du sud au Nord nous observons l'existence d'un premier niveau calcaire mieux individualisé, parfois il est purement calcaire, quelque fois il est formé par des calcaires gypseux, il correspond ainsi au niveau inférieur. Le niveau supérieur, principalement représenté par des calcaires siliceux, est considéré comme une zone de transition entre la nappe des calcaires et celle des sables.

Dans l'ensemble ces deux niveaux séparés par des formations, tantôt marneuses, tantôt sableuses à posés parfois d'argile (rouge).



### ***I-3-1-3-NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE (CI) :***

Le terme « CI », correspond ainsi aux formations continentales du crétacé inférieur, ne peut être que la période continentale intercalaire entre deux cycles sédimentaires : la régression marine suivit d'une transgression du crétacé supérieur.

Le continental intercalaire « CI » occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du trias et le sommet de l'albien.

### ***I-3-2- LITHOSTRATIGRAPHIE DES NAPPES DU SOUF :***

Les coupes de sondages profond réalisées dans la région, montrant l'existence des formations suivantes :

#### ***I-3-2-1- NAPPE PHREATIQUE :***

D'âge quaternaire, cette nappe est constituée de sable de type colien dans sa partie supérieure et d'argile évaporitique correspondant au toit semi-imperméable de la nappe des sables du mio-pliocène dans sa partie inférieure.

#### ***I-3-2-2- NAPPE DU CT :***

##### ***I-3-2-2-1- NAPPE DES SABLES :***

D'âge mio-pliocène, cette nappe est constituée de sable, d'argile sableuse et de marne à dominance sableuse.

##### ***I-3-2-2-2- NAPPE DU PONTIEN :***

Cette nappe de type captif, est constitué principalement par des sables grossiers et des graviers. layé plus loin par la vitesse de l'eau en circulation\*.

---

\*- LA DIRECTION GENERALE D'HYDRAULIQUE D'EL-OUED.

CHAPITRE II

*LE TARTRE*

## CHAPITRE II

### LE TARTRE

#### II-1- COMPOSITION MINERALE DES EAUX :

Si on définit une eau naturelle pure comme ne contenant ni matières en suspension (MES) ou colloïdes ni matières organiques dissoutes (ce qui est le cas des eaux minérales et de beaucoup d'eaux de forage), cette eau ne renferme que des sels minéraux dissous et dissociés en cations et anions.

Les principaux ions présents peuvent être classés selon leur fréquence décroissante.

Cations	Masse atomique	Anions	Masse atomique
$Ca^{2+}$ calcium	40	$HCO_3^-$ hydrogéocarbonate	61
$Mg^{2+}$ magnésium	24	$Cl^-$ chlorure	35.5
$Na^+$ sodium	23	$SO_4^{2-}$ sulfate	96
$K^+$ potassium	39	$NO_3^-$ nitrate	62
$NH_4^+$ ammonium	18	$F^-$ Fluorure	19
$Fe^{2+}$ fer ferreux	56	$PO_4^{3-}$ phosphate	95

Cependant  $PO_4^{3-}$ ,  $NH_4^+$ , et  $NO_3^-$  ne sont pas souvent présents et peuvent alors être l'indice d'une pollution.

Après avoir subi une épuration chimique, l'eau peut aussi présenter des ions  $CO_3^{2-}$  ou  $OH^-$  (eau alcaline) ou bien des ions  $H^+$  (eau acide).

Tous les ions présents proviennent de la solubilisation et de l'ionisation de sels directement entraînés par l'eau ( $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ , etc..) ou de sels formés dans l'eau par l'action du dioxyde de carbone,  $CO_2$  dissous, sur des matériaux calcaires ou magnésium : c'est l'**Agressivité Carbonique** qui provoque la formation

d'hydro-génocarbonate de calcium  $Ca(HCO_3)_2$  ou de magnésium  $Mg(HCO_3)_2$ . Le  $CO_2$  provient principalement de l'activité biologique des sols. ✓

Après dissolution, les sels initiaux perdent leur individualité et seuls subsistent dans l'eau, en équilibre entre eux.

Les cations et les anions suivants la règle de neutralité électrique globale de la solution.

Pour définir la composition de celle-ci, on doit pouvoir mesurer les concentrations des différents ions en une unité qui tienne compte de leur masse molaire et de leur charge électrique.

Cette Unité est l'équivalent gramme par litre de solution (eq /l) ou quotient de l'unité de quantité de matière, la mole par le nombre des charges de même signes portés, par les ions ou valence. [1]

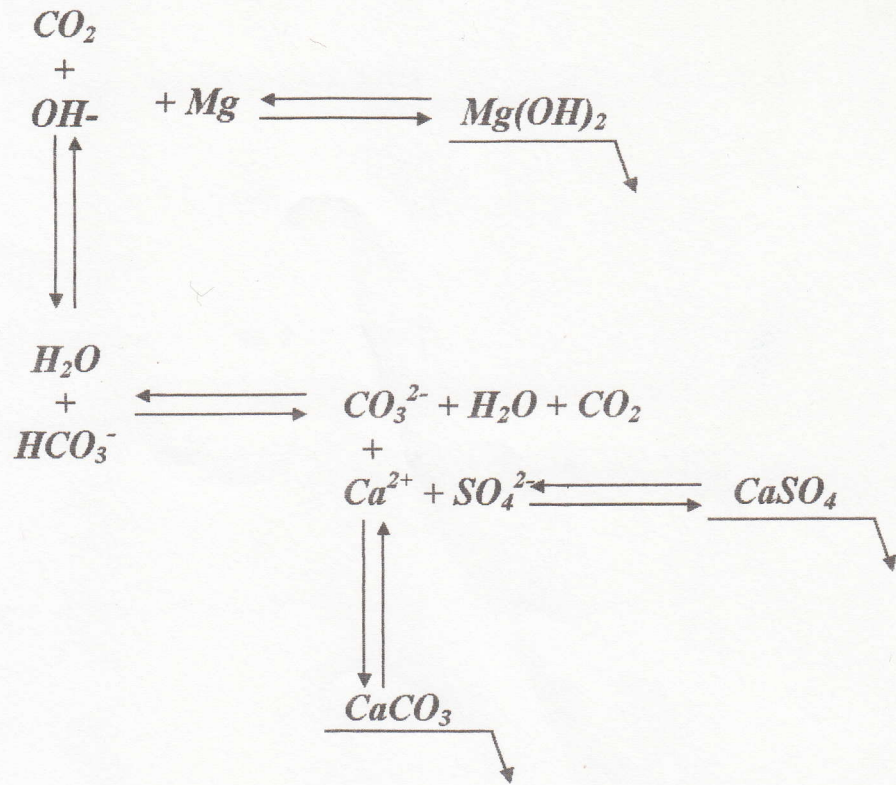
### **II-2- DEFINITION DE CORROSION :**

La corrosion est le phénomène d'interaction entre le métal ou un alliage métallique et son environnement (agents atmosphériques, air humide,  $CO_2$ ... réactifs, fluides de procédés ...) et qui entraîne une détérioration des propriétés permettant ainsi, le retour progressif du métal à la situation initiale (stable) de sulfure, d'oxyde qui était la sienne avant les opérations d'élaboration subies. [2]

### **II-3- DEFINITION DE TARTRE :**

L'entartrage est défini comme étant un dépôt cristalline qui adhère plus ou moins bien en fonction de sa stabilité aux surface thermique [3].

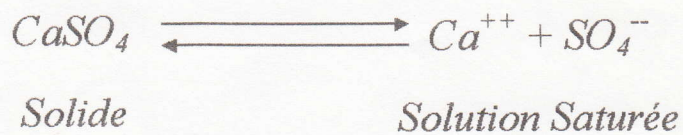
Les réactions chimiques principales provoquent le dépôt de tartre, sont schématisées selon le processus suivant :



*Schéma 1 : principales réactions provoquant le dépôt de tartre.*

**II-4- PRODUIT DE SOLUBILITE & FORMATION DE TARTRE :**

Un électrolyte légèrement soluble se dissout dans l'eau jusqu'à ce qu'une solution saturée de ses ions se forme. Considérons une solution saturée de calcium avec du sulfate de calcium solide passe en solution, un nombre égal d'ions calcium et d'ions sulfate doivent se former.



En appliquant la loi d'action de masse chimique à ce système, nous obtenons l'expression mathématique suivante :

$$K_e = \frac{[\text{Ca}^{++}][\text{SO}_4^{--}]}{[\text{CaSO}_4]}$$

Etant donné que la  $[CaSO_4]$  demeure fondamentalement constante on a :

$$[Ca^{++}][SO_4^{-}] = K_e [CaSO_4] = Kp_s$$

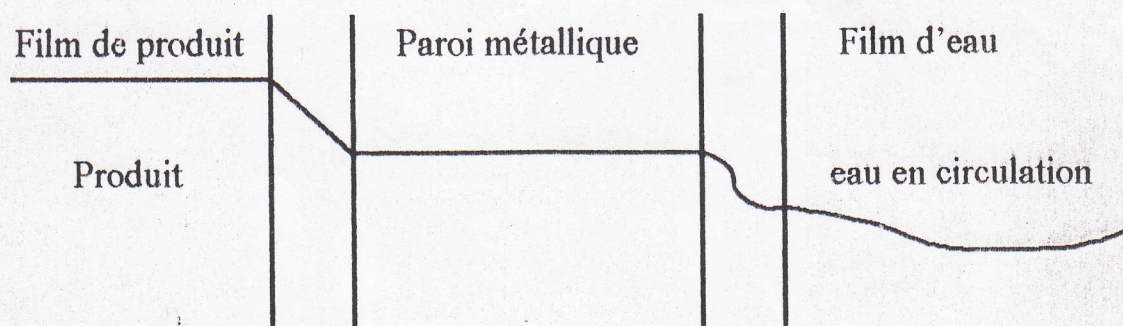
Ou  $Kp_s$  est appelé le produit de solubilité [4].

### II-4-1- INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LE PRODUIT DE SOLUBILITE :

Le produit de solubilité pour le sulfate de calcium de :

- $5.10 \times 10^{-5}$  ( $10^\circ$ )
- $2.45 \times 10^{-5}$  ( $25^\circ$ )

Puisque le produit de solubilité diminue quand la température augmente, nous voyons que le sulfate de calcium est moins soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide, le dépôt se formera donc sur la paroi chaude ou il va adhérer et non au sein de l'eau qui est plus froide.



### GRADIENT DE TEMPERATURE :

La température en question n'est donc pas la température de la masse de l'eau en circulation, mais la température de l'eau dans le film mince immédiatement en contact avec la paroi de tube.

### **II-4-2- INFLUENCE DE pH SUR LE $K_s$ :**

La température et la concentration ne sont pas les seuls variables agissant sur le  $K_s$ , certains constituants générateurs de tartre sont sensibles à la présence d'autres ions, en particulier à la présence d'hydrogène ou d'ions hydroxydes qui sont liés au  $pH$  par exemple :

La silice est plus soluble dans les eaux alcalines que dans les eaux acides, nous avons une équation empirique qui prédit les dépôts de silice, et qui s'énonce comme suit : la silice forme un dépôt de tartre si sa concentration dans l'eau de refroidissement dépasse 50 ( $pH - 3.5$ ) ppm. Par exemple :

Pour un  $pH = 6.5$ , nous pouvons admettre  $50 (6.5 - 3.5) = 150$  ppm de silice avant que le tartre ne se dépose [5].

### **II-5- FACTEURS INFLUENÇANTS SUR L'ENTARTRAGE :**

#### **II-5-1- L'ENTARTRAGE ET DURETE DE L'EAU :**

Toutes les eaux naturelles contiennent à des concentrations plus ou moins élevée des sels de métaux alcalino-terreux, calcium et magnésium qui donnent à l'eau sa dureté.

Les eaux lorsqu'elles contiennent des sels de calcium et de magnésium est dit dures ; il en résulte des propriétés gênantes : Possibilité de former des dépôts durs pour chauffage de l'eau ce qui gêne dans les opérations de lavage utilisant des savons et ce pour précipitation des savons métalliques insolubles etc... Nous distinguons trois types de dureté :

##### **II-5-1-1- DURETE TOTAL :**

La dureté totale englobe la teneur en sels de calcium et de magnésium présent dans l'eau, elle est exprimée en degrés et est égale à la somme de dureté temporaire et dureté permanente.

**II-5-1-2- DURETE TEMPORAIRE :**

C'est celui qui disparaît après cette même ébullition, il correspond aux carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium ; on l'appelle dureté temporaire ou dureté carbonatée.

**II-5-1-3- DURETE PERMANENTE :**

C'est celui qui subsiste après ébullition de l'eau dans conditions standardisées ; on l'appelle dureté permanente ou dureté non carbonatée ; elle correspond aux chlorures et aux sulfates de calcium et de magnésium [5].

$$TH = TH_{temporaire} + TH_{permanente}$$

**II-5-2- L'ENTARTRAGE ET L'ALCALINITE TOTALE (TA):****II-5-2-1- ALCALINITE DE L'EAU TAC ET TA :**

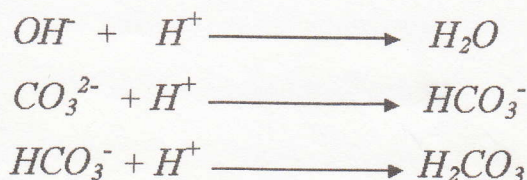
Elle est mesurée par la somme des anions hydrogencarbonates, carbonate et hydroxydes alcalins (*Na*) ou alcalino-terreux (*Ca*, *Mg*) et exprimée par le titre alcalimétrique complet TAC.

Pour des *pH* inférieurs à 8.3, le TAC est mesuré par acidification du milieu jusqu'à virage de l'hélianthine (méthylorange) et le TAC exprime alors la teneur en hydrogencarbonates lors de *pH* supérieur à 8.3, il peut y avoir co-présence de carbonates, voire présence d'hydroxydes alcalins, on réalise alors deux mesures successives :

\* Titration à l'acide avec la phenolphthaleine dont le virage à l'incolores s'effectue en dessous de *pH* 8.3, ce qui mesure le titre alcalin TA.

\* Après addition d'hélianthine, pour suite de la Titration jusqu'à virage à l'orangé, ce qui pour la totalité de l'acide versé, mesure le TAC.

Les réactions successives ont pu être :





Suivant les rapports entre TA et TAC/2, les fractions des trois anions concernés données dans le tableau 2.

### Signification TA et TAC

SI	TA = 0	TA < TAC/2	TA = TAC/2	TA > TAC/2
$HCO_3^-$	TAC	TAC - 2 TA	0	0
$CO_3^{2-}$	0	2 TA	TAC	2(TAC-TA)
$OH^-$	0	0	0	2 TA - TAC

Donc :

Le TA représente le titre en hydroxydes et la moitié de celui en carbonates.

TA = TAC/2 signifie la seule existence du carbonate.

TA = TAC signifie la seule existence de bases fortes  $OH^-$  dans les eaux résiduaires, il faut faire attention :

L'observation des virages est souvent masquée et on doit procéder, au *pH-mètre*, à un virage un titrage potentiométrique.

d'autres anions sont mesurés par les TA et TAC, en particulier des acides (organique,  $H_3PO_4$ , HCN etc...) et de composés du soufre [1].

### II-5-3- ENTARTRAGE ET LE TITRE HYDROMETRIQUE (TH) :

Elle est mesurée par la somme des concentrations en degrés de  $Ca^{2+}$  et  $Mg^{2+}$  et s'exprime par le TH.

Le TH ou titre hydrométrique totale : il correspond à la totalité des ions.

#### II-5-3-1- LE TH CALCIQUE :

Il correspond à la teneur globale en sels de calcium.

#### II-5-3-2- LE TH MAGNESIUM :

Il correspond à la teneur globale en sels de magnésium on a relation.

$$TH = TH_{\text{calcique}} + TH_{\text{magnésium}}$$

## II-6- INDICE D'ENTARTREMENT :

Les conditions dans lesquelles le carbonate de calcium déposera du tartre sont plus complexes, cela dépend la dureté en calcium de l'alcalinité totale, de la quantité de matières solide dissoutes, de la température et du  $pH$  la qualité de l'eau peut être déterminé à partir de certains indices dont le plus courante sont :

### II-6-1- INDICE DE RYZNARD OU INDICE DE STABILITE :

RYZNARD définit un indice (stabilité) $I_R$

$$I_R = 2 pH_s - pH$$

Dans cette formule  $pH_s$  est le  $pH$  saturation définit par langelier.

Le comportement de l'eau dans le réseau peut, d'après RYZNARD, être prévu selon la valeur de l'indice  $I_R$  et de la manière suivante [6].

*la valeur de l'indice  $I_R$  Par-rapport le Comportement de l'eau dans le réseau*

Valeur de $I_R$	Comportement de l'eau dans le réseau
4 – 5	Entartrage important
5 – 6	Entartrage faible
6 – 7	Equilibre ou légère corrosivité
7 – 7.5	Légère corrosivité
7.5 – 8.5	Corrosivité notable

### II-6-2- INDICE DE LANGELIER OU INDICE DE SATURATION :

Etudiant les conditions d'équilibre du système calco-carbonique et après avoir définit le  $pH$  de saturation ( $pH_s$ ).

Langelier a utilisé un indice dit indice de langelier ( $I_1$ ) pour caractériser la tendance d'une eau de devenir ou pas entartrante :

$$I_1 = pH - pH_s$$

- $I_1$  supérieur à 0 l'eau est entartrante
- $I_1$  égale à zéro l'eau est neutre.
- $I_1$  inférieur à zéro l'eau est corrosive.

## CHAPITRE III

### *Procèdes Utilisés Pour Eliminer Le Tartre*

## CHAPITRE III

### PROCEDES UTILISENT POUR ELIMINER LE TARTRE

#### INTRODUCTION

Ce phénomène a commencé après la réalisation de deux forage exploitant le complexe intercalaire (CI).

les principaux procédés utilisés pour éliminer le tartre sont :

- Nettoyage mécanique.
- Nettoyage Chimique.
  - Addition d'acide.
  - Décarbonatation sur résine carboxylique.
  - Décarbonatation à la chaux.
  - Adoucissement par échange d'ions.
  - Utilisation des anti-dépôts.

#### III-1- NETTOYAGE MECANIQUE :

Ce procédé des tringlage est effectué à l'aide d'une tringle dont la longueur (12 et 14 m) aux arrêtes tranchant qui seront en contact avec les dépôts par une grande rotation de la tige et avec un jet d'eau en même temps on peut éliminer ces cette méthode présente plusieurs inconvénients.

Demande beaucoup de temps pour le nettoyage presque un mois (perdre la production ou diminution de rendement de l'unité).

Risque d'abîmer la peau des faisceaux [7].

**III-2-NETTOYAGE CHIMIQUE :**

**III-2-1- ADDITION D'ACIDE :**

L'acide sulfurique est le plus utilisé car moins coûteux et plus facile à mettre en œuvre.



Il faut 10g d' $H_2SO_4$  à 66° Bé par mètre cube d'eau pour réduire son TAC de 1°F .

L'injection s'effectue en général dans le circuit lui-même.

Le principal inconvénient est l'ajout de sulfates qui en résulte avec les incidences sur le risque de précipitation du sulfate de calcium et sur l'augmentation de l'eau.

En cas d'utilisation d'acide chlorhydrique nous avons :

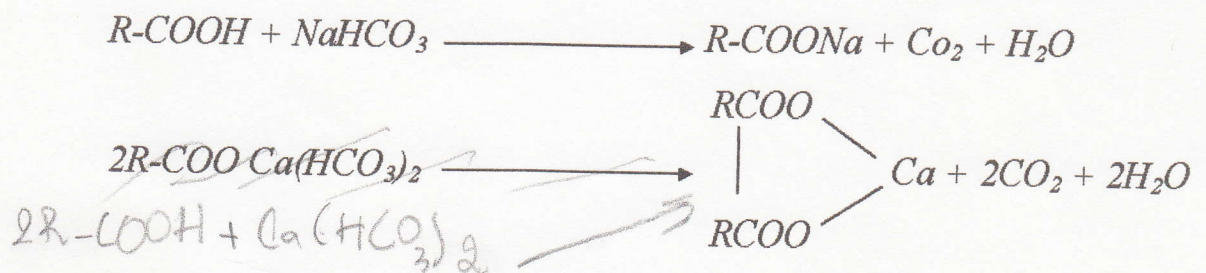


Il faut 20g d'HCl a 22° Bé par mètre cube d'eau pour réduire son TAC de 1°F.

Cette introduction de chlorures est peu souhaitable car ils sont accélérateurs de corrosion de l'acier et en particulier des ions.

**III.2.2. Décarbonatation sur résine carboxylique :**

De tout on partie de l'appoint suivant les réactions principales :



Il s'agit d'une permutation sélective intéressant la partie bicarbonatée de l'eau. Il suffit de chasser ensuite le  $CO_2$  libéré lorsque la résine est saturé, elle est régénérée à l'acide.

Elle permet donc de diminuer à la fois le TAC et la dureté de l'eau et donc sa salinité sans introduire de nouveaux sels.

## UTILISATION DE RESINE

La déminéralisation complète nécessite l'utilisation de deux types de résines.

La résine acide échange les cations comme le font les Zéolites acides, et le procédé est identique à l'adoucissement aux Zéolites qui sont souvent remplacées par des résines synthétiques.

La résine échangeuse d'anions basiques élimine ensuite les anions restant dans l'eau déjà décationisée.

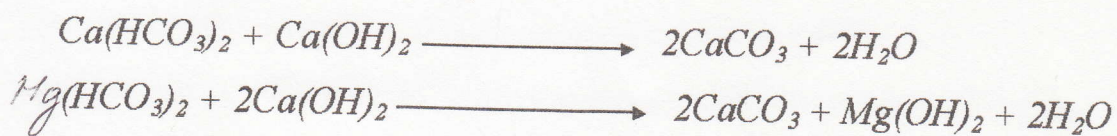
Les résines échangeuses faiblement basiques éliminent les anions forts (sulfates, chlorures, nitrates) par contre les anions faibles (silicates et carbonates ou bicarbonates) sont éliminés par les résines fortement basiques.

L'eau sortant de l'installation a finalement perdu tous ses ions, les ions ( $H^+$ ) et ( $OH^-$ ) laissés par les deux résines s'étant recombines pour former de l'eau.

### III-2-3- DECARBONATATION A LA CHAUX :

Elle sera préférée si la qualité de l'eau d'appoint exige qu'elle soit clarifiée avant introduction dans le circuit.

Les réactions principales s'écrivent :



Elle permet d'associer dans un même décanteur un traitement de Décarbonatation.

Adoucissement partiel avec diminution du TAC et du TH, et une clarification.

Coagulation avec élimination des matières (en suspension, organiques et colloïdales).

**III-2-4- ADOUCISSEMENT PAR ECHANGE D'IONS :**

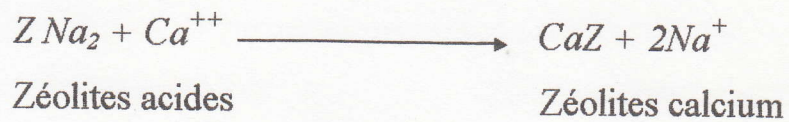
**ECHANGE D'IONS PAR LES ZEOLITES :**

**PRINCIPE :**

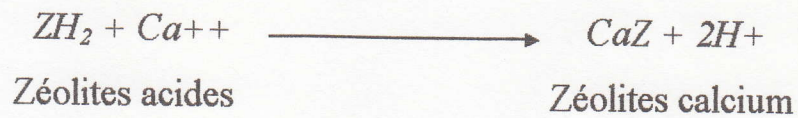
Les Zéolites sont des produits minéraux complexe du type aluminosilicates, insolubles dans l'eau, ayant une structure de polyacide et capable lorsqu'on les met en contact avec l'eau.

D'échanger leurs cations avec ceux présents dans l'eau suivant les cas, on peut utiliser les Zéolites, soit sous forme Zéolites acide soit sous forme de Zéolites sodium.

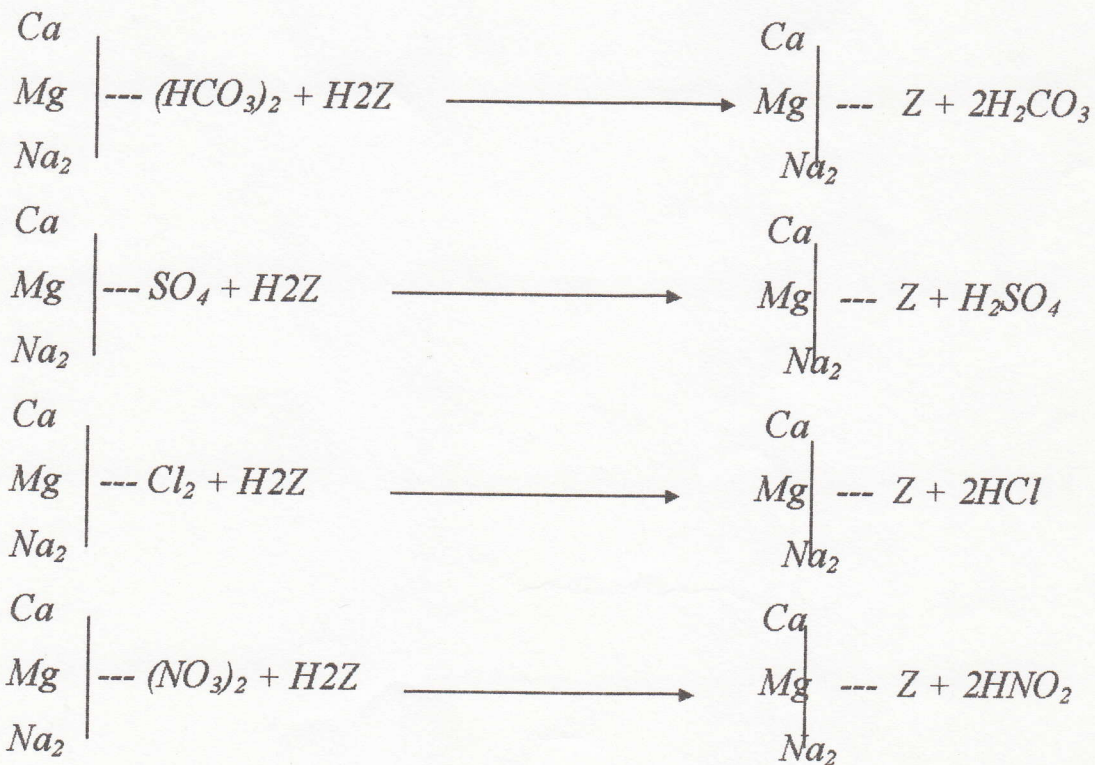
L'équation d'échange, s'écrit



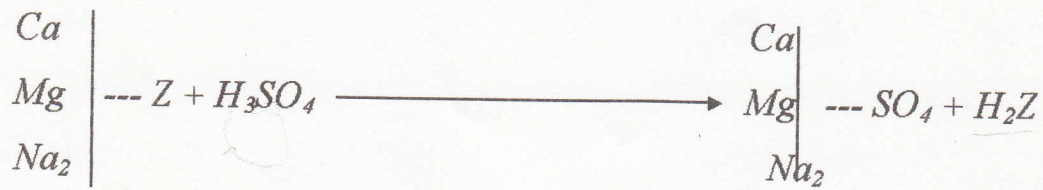
Ou dans le cas des Zéolites acide



L'ion présent dans l'eau étant sous forme de sel, il y a libération de l'acide correspondant avec les Zéolites acides.



La molécule échangeurs d'ions peut être régénérée avec une solution concentrée de sel suivant une solution acide d'après l'équation.



La loi fondamentale d'action de masse détermine le cours de la première réaction. Dans le cycle adoucissant l'ions calcium prédomine et c'est la première réaction qui a lieu dans le cycle de régénération l'ion.

Sodium ou l'ion hydrogène prédomine et c'est la deuxième réaction qui a lieu. Etant donné que la régénération nécessite la présence d'un excès de sel consommé.

La consommation en sel se monte à environ [2.3 – 3.5Kg] de NaCl par 1Kg de  $\text{CaCO}_3$  éliminé.

Il faut remarquer que l'usage des Zéolites sodium ne modifie pas l'alcalinité de l'eau puisque les bicarbonates de ( $\text{Ca}^{++}$ ) et ( $\text{Mg}^{++}$ ) sont transformés en bicarbonates par contre l'usage des Zéolites acides ou hydrogénées remplace les bicarbonates par du gaz carbonique dissous qu'il est possible d'éliminer par réaction ce qui est favorable mais les sels de la dureté carbonatée sont transformés en acides libres (sulfurique, chlorhydrique, mutique) et il s'ensuit généralement la nécessité d'une réalcalinisation.

Dans la pratique plusieurs solutions sont possibles :

- Utilisation en parallèle de l'adoucissement par zéolite sodium et hydrogène de façon à ramener l'alcalinité de l'eau à une valeur inférieure à l'initiale.
- L'adoucissement par zéolites hydrogène et neutralisation par une base, adoucissement par zéolite hydrogène et neutralisation par de l'eau brute dans le cas où l'on peut tolérer une certaine dureté résiduelle.



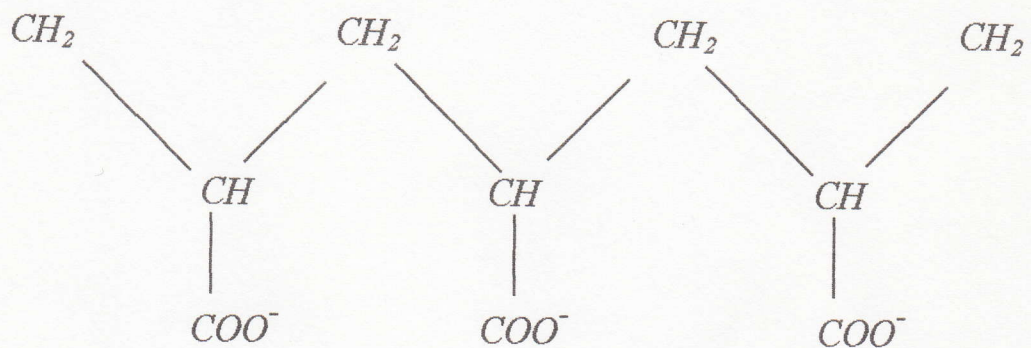
### III-2-5- UTILISATION DES ANTI DEPÔTS

Ce sont composants à effet dispersant par absorption au coagulant pour avoir une structure amorphe en même temps déformant la maille cristalline des précipités, en plus, ils empêchent le dépôt.

Il existe une grande gamme de ces anti dépôts.

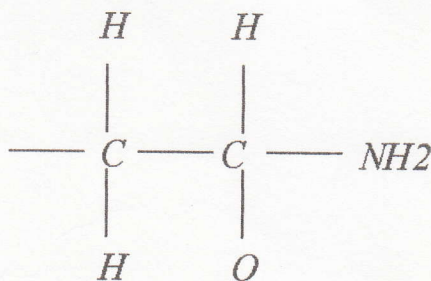
Quelques exemples :

#### *Les polymères organiques de bas poids moléculaire*

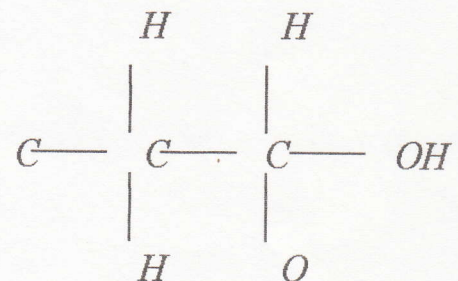


Présentés le plus souvent sous forme de sels de sodium, préparés par polymérisation de leur monomère ou en ce qui concerne les polyacrylates quelques fois préparés par hydrolyse de polyacrylonitrile.

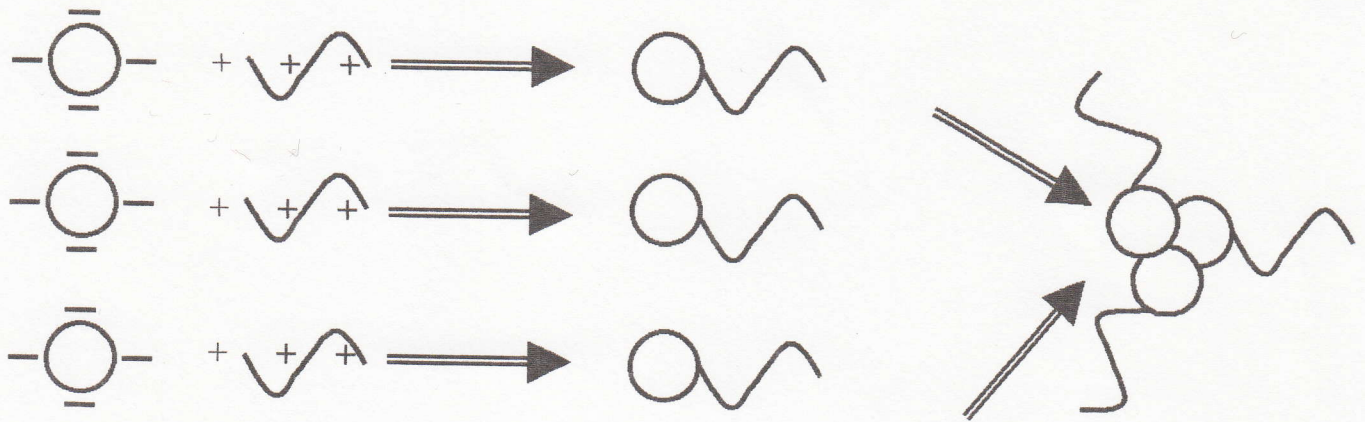
#### *Les polyacrylamides*



#### *Acides polyacryliques et leurs sels*



Le schéma suivant explique l'introduction d'un polymère cationique dans l'eau de refroidissement en circulation.



Chaque fois qu'une de ses particule s'approche d'une particule chargée négativement elle la neutralise. Cela empêchera la particule d'adhérer au métal chargé positivement. Un autre avantage est que les particules ne se repoussent plus les unes des autres. En réalité si deux ou plusieurs particules neutralisées sont assez proches l'une de l'autre, la force de VAN DER WAALS les attire ensemble pour former un agglomérat qui devient suffisamment, si un agglomérat se dépose sur la surface d'échange de chaleur, il ne s'y collera pas mais il sera balayé plus loin par la vitesse de l'eau en circulation. Ce phénomène est connu sous le nom de coagulation. Pour le GPL, on utilise un produit dont le nom commercial est chimec C735 et servo 35. [5]

## CHAPITRE IV

### *Schéma Du Travail*

# CHAPITRE IV

## *Schéma du travail*

### **IV-1-PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE (CUVETTE D'EL-OUED) :**

La commune d'El-oued occupé une superficie d'environ 77.20 Km<sup>2</sup>, et le nombre des habitants est estimé à 105591 habitants /Km<sup>2</sup>.

Ces habitants Sont fournit par un débit journalier est de 38880 m<sup>3</sup> /jour.

La commune d'El-oued est limite par les communes Suivantes : (voir la Carte N° 01).

- la commune de trifaoui à l'EST.
- la commune de l'oued El-Alenda à l'Ouest.
- la commune de Kouinine ou Nord.
- la commune de Bayadha ou Sud.

### **IV-2-CHRONOLOGIE DES REALISATIONS ET CARACTERISTIQUES DES FORAGES :**

En 1956 la réalisation du premier forage à la ville d'El-oued cooptant le complexe terminal.

A partir l'année 1965, chaque année, les réalisations d'un forage cooptant la nappe de Miopliocene de profondeur varient entre (60-311 m).

En 1981 la réalisation d'un forage cooptant la nappe pontiez de profondeur 350 m.

En 1986 et 1987.la réalisations de deux forages captant la nappes barrimun de profondeur varient entre (1819-1850).

Le tableau ci-dissous-nous l'inventaire des forages dans la ville d'El-oued.

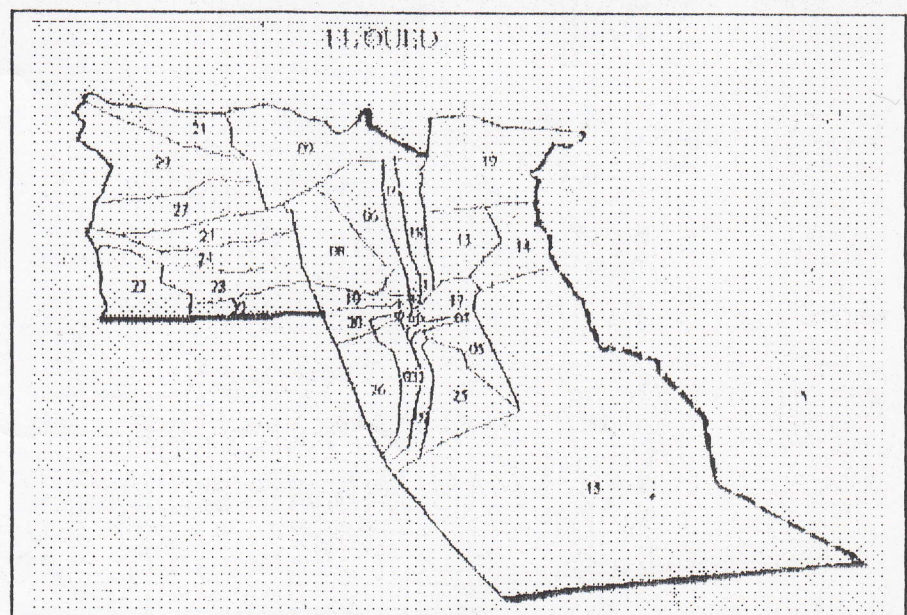
### IV-3-LOCALISATION ET CARACTERISTIQUE DES POINTS DE PRELEVEMENT:

Pour la Spécifie de notre Etude de nous avons pris comme modèle les forages des les eaux chaudes des suivants :

- BARREMIEN : - CHOUHADA .01 (Route de Touggourt) à Température 60° C.  
- CHOUHADA .02 à Température 71° C.

La Carte N° 01 : une représentation de La commune d'El-oued : \*

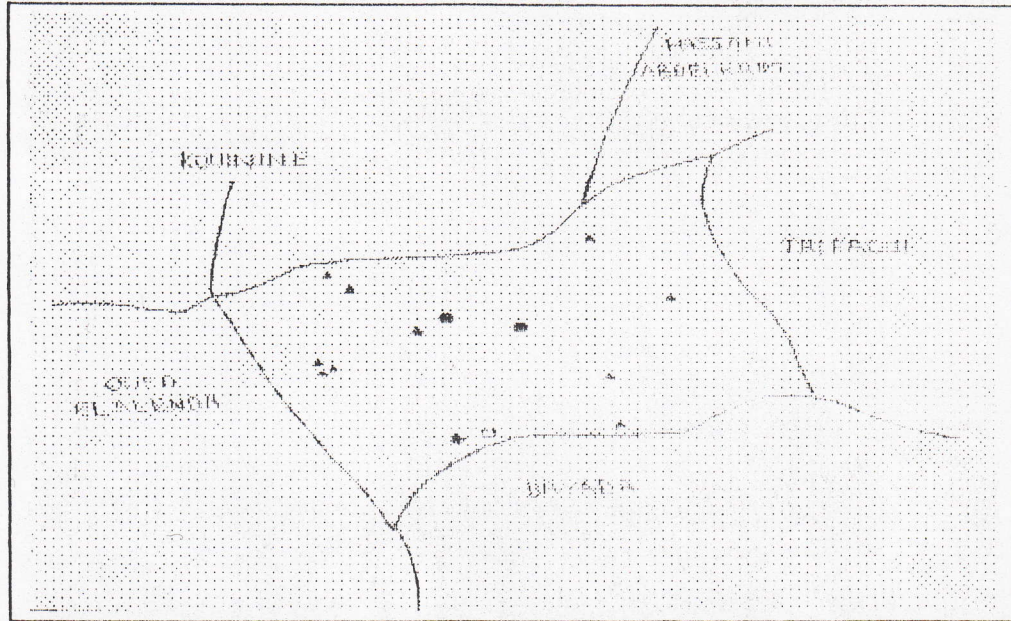
01-El-oued	11-DEBILA	21-STILL
02-ROBBAH	12-HASSANI ABDELKRIM	22-M'RARA
03-OUED-EL.ALENDIA	13-HASSI KHALIFA	23-SIDI KHELIL
04-BAYADHA	14-TALEB LARBI	24-TENEDLA
05-NAKHLA	15-DOUAR EL MAA	25-EL OGLA
06-GUEMAR	16-SIDI AOUN	26-MIH OUENSA
07-KOUIVINE	17-TRIFAOUI	27-EL-M'GHAIR
08-REGUIBA	18-MAGRANE	28-DJAMAA
09-HAMRAIA	19-BEN GHECHA	29-OUM TOUYOUR
10-TAGHZOUT	20-MORMES	30-SIDI AMRANE



\* - LA DIRECTION GENERALE D'HYDRAULIQUE D'EL-OUED.

IV-4 - Caractéristique Des Forages - La ville d'El-Oued:  
(voir le carte N° : 02)

N° Forage	Nom de Forage	Profondeur (m)	Année de Réalisation	ETAT	Débit mobilisé Lis	Débit Exploité (M / Année)
H 11-31	Tiksebt -ElOued	130	1995	A Bond	-	-
H 12-16	ELOued Centre	325	1956	Bouche	-	-
H 12-32	Teksebt 01	287	1967	Bouche	-	-
H 12-46	Teksebt 02	280	1977	Bouche	-	-
H 12-60	Chott (SOGER SUD)	275	1978	Bon	30	946080
-	Mehri djilani 01	272	1980	Bon	20	420480
H 12-57	Chohada	350	1981	Bon	35	110370
H 12-58	Lasnam	345	1981	Bon	30	946080
H 12-59	Sidi Mestour	265	1984	Exp	-	-
-	Mehri djilani 02	60	1985	Non Exp	33	-
-	Mehri djilani 03	60	1985	Non Exp	30	-
-	Mehri djilani 04	280	1985	Bon	30	788400
H 12-71	Chohada DW 101 (Route-Touggourt)	1850	1986	Bon	220	19008
H 12-83	Chohada DW 102	1819	1987	Bon	230	19872
H 12-77	SAHAN-MERT 01	302	1987	Bon	-	-
-	Bouhmid 01	275	1988	Bon	20	420480
-	Bouhmid 02	284	1989	Bon	20	672768
-	Mehri djilani 04 BIS	280	1989	Bon	32	788400
-	Mehri djilani 05	284	1989	Bon	30	788400
-	Mehri djilani 06	276	1989	Bon	30	788400
-	Mehri djilani 07	273	1990	Bon	20	525600
-	Mehri djilani 08 BIS	289	1991	Non Exp	-	-
-	Mehri djilani 09	308	1992	Bon	-	-
-	SAHAN-MERT 02	311	1993	Bon	17	223380



Légende :

- ▲ : Forage Miopliocène.
- : Forage EOC-INF.
- : Forage Pontien.
- \* : Forage Barremien.

*La Carte N° 02 : les différents forages dans La ville d'El-oued: \**

PARTIE EXPERIMENTALE



# CHAPITRE I

## *Les Prélèvements*

# CHAPITRE I

## *Les Prélèvements*

*Les expériences ont été aux niveaux de : « ANRH » OUARGLA et « CRD »*

*HASSI MESSAOUD*

### ***I-1-PRESENTATION DU LIEU D'EXPERIMENTATION :***

#### ***I-1-1-AGENCE NATIONAL DES RESSOURCES HYDROLIQUE 'ANRH »***

##### ***OUARGLA :***

ANRH «agence nationale des ressources hydrauliques» est un établissement public à caractère administratif à vocation Scientifique et technique.

Les missions principales sont :

- Mise en Application des programmes des ressources en eaux et en sols du pays
- Etablissement des données nécessaires à l'élaboration des plans et programmes de mobilisation d'utilisation et de conservation des ressources en Eaux.
- Traitement, archivage et création d'une banque des données relatives aux et en irrigables du pays.

#### ***I-1-2- centre de Recherche et de développement « CRD » HASSI MESAOUUD :***

La mission du laboratoire centrale des Hydrocarbures nommés actuellement « CRD » se situe dans le cadre de la recherche , de l'exploitation et de développement des gisement des Hydrocarbures.

Son activité comporte des aspects divers à savoir :

- La surveillance géologique des forages.
- Une activité constante du laboratoire, c'est les analyses ayant un caractère périodique.
- Une activité de recherche scientifique, afin de traiter des problèmes à moyen ou à long terme.

## ***I-2--PRELEVEMENT:***

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle de plus grands soins doivent être apportés, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.

### ***I-2-1-DATE DE PRELEVEMENT:***

Tous les prélèvements ont été effectués durant la période allant du 01/04/2001 au 31/05/2001. C'est à dire dans l'espace de mois pour analysé de l'eau et la tonture.

### ***I-2-2-MATERIEL DE PRELEVEMENT:***

Suivant la nature de l'élément à analysé on emploie par le prélèvement des échantillons soit des flacons en verre Boroliticaté de préférence bouché à l'émeri, avant le prélever rinces les flacons à l'eau distillée.

A travers la Wilaya d'El-oued, nous avons choisi deux (02) Forages [(chouhada DW 101 (route Touggourt, et chouhada DW 102 )] vérifiant une représentation Spatiale assez convaincante dans deux Albums. Une importance à l'étude du phénomène d'entartrage observée au niveau des conduites hydraulique de la région de la ville d'El-oued.

## CHAPITRE II

### *Appareillages*

# CHAPITRE II

## Appareillages

Pour analyse d'eau de la cuvette d'El-oued est réalisée de laboratoire de chimie des eaux (ANRH).

Des appareils que nous avons utilisés pour analyses sont décrits ci-dessous.

### 1-pH-METRE NUMERIQUE TYPE E632

#### 1-1-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT:

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence. (KCL Saturée ) plongé dans une même solution linéaire du  $pH$  de celle ci selon la loi de. (NERNST) suivante :

$$E = E_0 + 2.3 RT / nF \log a_h$$

$E$  : potentiel mesuré (volt)

$E_0$  : constante dépendant du choix de l'électrode de référence et solution interne.

$R$  - constants des gaz (j / mole  $k^\circ$ )

$T$  : température absolue ( $k^\circ$ ).

$n$  : charge de l'ion

$F$  : constante de faraday (96500 C ).

$a_h$  : activité de l'ion  $H^+$  dans l'échantillon [8].

#### 1-2-PARAMETRE MESUREE:

En Mesuré le  $pH$  des eaux.

## **2-CONDUCTIMETRE TYPE. CD6NG**

### **2-1-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT:**

Le conductimètre est lié à une cellule constituée de deux lames carrées de 1 cm de cote en platine maintenue parallèle dans un tube de verre à une distance de 1cm lorsque ce montage est plongé dans l'eau.

Une colonne de liquide de 1cm et d'une section de 1cm et ainsi délimité et on peut mesurer sa conductance qui est basée sur le principe de pont de wheatstone c'est à dire qu'il s'agit de déterminer la valeur d'une résistance inconnue  $R_X$  à partir de trois résistances étalonnées ( $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$ ) par le biais de la relation suivante :

$$R_X = R_2 \cdot R_3 / R_1$$

IL est à noter que la conductance est l'inverse de la résistance obtenue (Anonyme – circuit électrique et électronique 1994).

### **2-2-PARAMETRE MESURER:**

La conductance ; la conductivité et minéralisation globale.

### **3-SPECTRO PHOTOMETRE TYPE DR2000**

#### **3-1-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :**

La lumière d'une lampe est réfléchiée par un miroir parabolique et dispersé par un double passage à travers un prisme ; la longueur d'onde choisie est reçue sur une fente mobile lorsque le faisceau lumineux traverse la solution colorée une fraction de la lumière incidente est absorbée en fonction de la concentration du composé coloré [9] .

#### **3-2-ELEMENT DOSES :**

$SrO_2$ ,  $Fe$ ,  $N-NH_3$ ,  $N-NO_3$ ,  $PO_4^{-3}$

### **4-COLORIMETRE TYPE PN50**

#### **4-1-PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :**

le plus simple colorimètre constitué à cinq éléments principaux :

##### **4-1-1-SOURCE LUMINEUSE :**

la source le plus utilisable d'énergie rayonnement dans le cas de lumière visible est un tungstène, et éclaire par un courant de faible tension.

##### **4-1-2-UNITIF DE COULEUR :**

Utilisée pour l'isolement le rayon monochrome (une seule longueur d'onde) à des rayons multilongueurs d'onde.

##### **4-1-3-CELLULE D'ABSORPTION :**

On pose l'échantillon dans cette cellule pour leur analyse, et fabrique par de substance non absorbée les rayons.

**4-1-4-CELLULE ELECTRO-LUMIERE :**

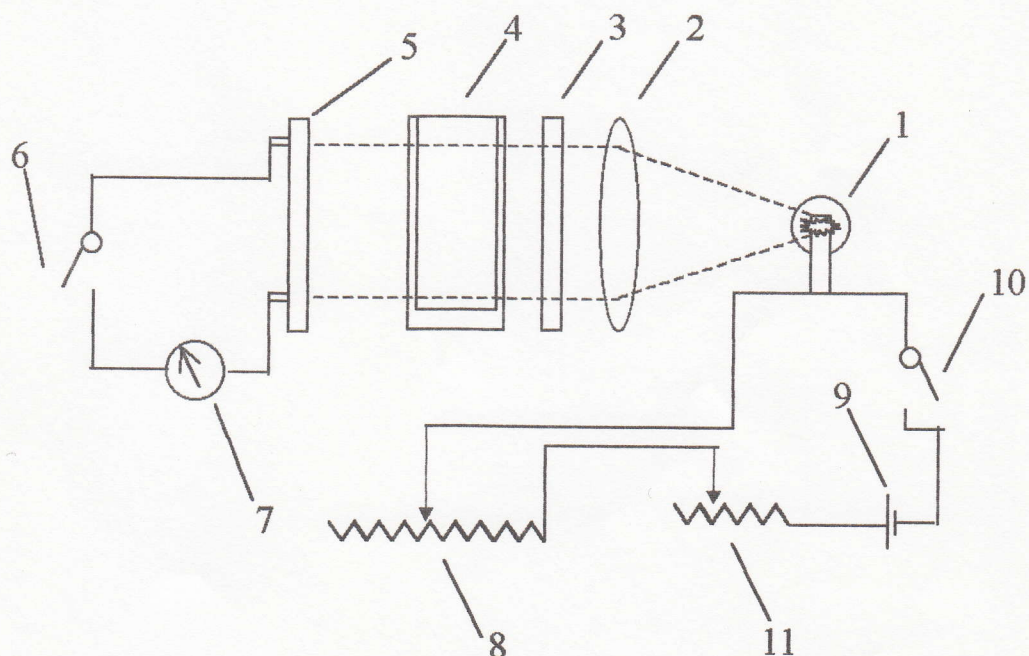
Ce qui reçoit les rayons non absorbés et transforme leur intensité rayonnante en une intensité électrique.

**4-1-5- GALVANOMETRE :**

qui est liée à la cellule électrolumière pour mesurer le courant, il est gradué selon la valeur de courant maximale et minimale.

Le photolorimètre mesure l'absorption ou la perméabilité de solutions colorées (mesurées ou inconnues).

Figure N°1 c'est la représentation d'un photolorimètre à un seul bras optique.



**Fig N° 01 : Schéma d'un photolorimètre à un seul bras optique**

1-Lampe à incandescence.

7-Galvanomètre

2-Lentille.

8-Rhéostat pour réglage précis.

3-Photofiltre.

9-Batterie d'accumulateurs.

4-Cuvette.

10 - Clef.

5-Cellule photoélectrique.

11 - Rhéostat pour réglage approximatif

6-Clef.



CHAPITRE III

*Technique  
Des Mesures*

## CHAPITRE III

# Technique Des Mesures

### 1-MESURE DE pH:

#### REACTIFS:

*Solution tampon pH = 4 ; pH = 9*

#### MODE OPERATOIRE:

Après avoir étalonné le *pH-mètre* par les deux solutions tampons et mesuré la température de l'échantillon ; ajuster le régulateur de température sur les valeurs trouvées de température, plonger les deux électrodes dans l'échantillon et attendre jusqu'à ce que la valeur de *pH* se stabilise.

#### EXPRESSION DES RESULTATS:

Le *pH* de l'échantillon considéré est directement la sur l'appareil.

#### PRECISION:

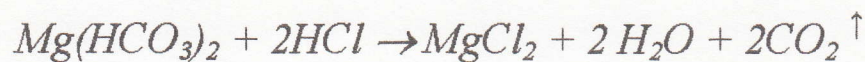
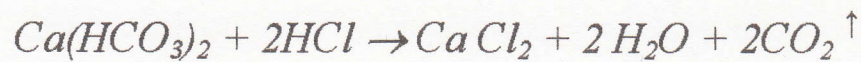
La précision de l'Appareil et de +/- 0.01.

### 2-DETERMINATION DE TITRE ALCALIMETRIQUE COMPLET (TAC):

#### PRINCIPE:

On titre un volume déterminé de l'eau par l'acide chlorhydrique en présence de méthylorange (à *pH* = 4.3).

il se produit alors les réactions suivantes :



### **REACTIFS ET MATERIELS NECESSAIRE :**

- Burette de 50 ml
- Pipette de 50 ml
- Bêcher ou erlemmeyer de 250 ml
- Agitateur en verre.

### **MODE OPERATOIRE :**

A l'aide d'une pipette de 50 ml, mesurer 200 ml d'eau étudiée que l'on verse dans bêcher Ajuster à cette 2 ou 3 gouttes de méthylorange et titrer au moyen de la solution étalon de *HCl* (0,100). Répéter 2 ou 3 fois le titrage et prendre la moyenne de nombres concordants [10].

### **EXPRESSION DES RESULTATS :**

TAC =Titre alcalimétrique Complet

- Exprimé en meq /litre TAC = V.N.1000 / ml prise d'essai.
- Exprimé en degré français TAC = V.N.500 / ml prise d'essai.
- Exprimé en ppm.  $\text{CaCO}_3$  TAC = V.N.5000 / ml prise d'essai.

### **3-TITRE HYGROMETRIQUE TOTAL (TH) :**

#### **PRINCIPE :**

Toutes les eaux naturelles contiennent à des concentrations plus ou moins élevées des sels de métaux alcalino-terreux calcium et magnésium qui donne à l'eau sa dureté.

La dureté totale correspond à la somme de tous les ions alcalino-terreux présents indépendamment de l'anion présent.

La mesure est basée sur le dosage du calcium et du magnésium total par l'acide l'EDTA (éthylène -diamine - tetracétique) en présence d'un indicateur d'ions magnésium le virage n'est obtenu que lorsque tout le calcium et tout le magnésium sont complexés, les autres ions Alcalino-terreux strontium et baryum sont également dosés.

**MATERIEL :**

- Pipette 20 ml
- Eprovette 25
- Fiol jouté 1000 ml
- Eprovette 500 ml
- Becher 500 ml
- Burette

**REACTIFS :**

l'EDTA 0.1 n

Tampon ammoniacal (250 ml de  $NH_4OH$  avec  $NH_4Cl$ )

Indicateur noir d'eriochrome.T.NET.

**MODE OPERATION :**

Pipette dans un becher de 500 ml, 200 ml exactement de l'eau à analyser 10 ml tampon ammoniacal

Ajouter 8 et 9 gouttes de noir eriochrome, titrer par l'EDTA 0.10 jusqu'à virage vineux au bleu vif [5].

**EXPRESSION DES RESULTATS :**

TH total = titre hygrométrique total.

- Exprimé en meq /litre TH total =  $V.N.2000 / ml$  prise d'essai.
- Exprimé en degré français TH total =  $V.N.10000 / ml$  prise d'essai.
- Exprimé en ppm.  $CaCO_3$  TH total =  $V.N.100000 / ml$  prise d'essai.

## **4-TITRE HYDROMETRIQUE CALCIQUE :**

### **PRINCIPE :**

Cette méthode a but de ne doser que le calcium parmi tous les alcalino-terreux présents, comme pour le *pH* total, le dosage est effectué par complexométrie avec l'acide éthylène -diamine -tétracétique; l'indicateur choisit étant un indicateur d'ions calcium insensibles au magnésium dans ces conditions puisque le complexe de calcium est plus stable. [11].

### **REACTIFS ET MATERIEL NECESSAIRE :**

#### **MATERIEL :**

- Burette de 25 *ml*.
- Pipette de 50 *ml*.
- Bêcher ou erlenmeyer de 250 *ml*.
- Agitateur en verre ou magnétique.
- Pipette bâton de 5 *ml*.

#### **REACTIFS :**

- Soude normale.
- Murexide.
- E.D.T.A 2 *Na* Solution 0.01 *M*.

### **MODE OPERATOIRE :**

Pipeter dans un bêcher ou un erlenmeyer de 250 *ml*, 50 *ml* exactement d'eau à analyser, ajouter 2 *ml* de soude normale, ajouter une trace de murexide, titrer par l'E.D.T.A 0.01 *M* jusqu'à virage du rose saumon au pourpre.

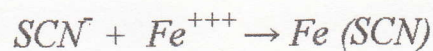
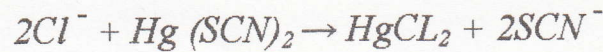
### **EXPRESSION DES RESULTATS :**

*TH* calcique = Titre hydrométrique calcique (même calcul que pour *TH* total)

## 5 - DOSAGE DES CHLORURES

### PRINCIPE :

Les chlorures, en présence de Thiocyanate mercurique et d'alun Ferrique donnent en nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470nm.



- Complexe orangé

### REACTIFS :

- Solution de Thiocyanate mercurique  $\text{Hg}(\text{SCN})_2$
- Pollution D'alun ferrique.
- Solution mère de kcl à 10 g/l en  $\text{Cl}^-$  :

Dissoudre 20, 98.4 g de KCL pour et probablement desséché 12 heures à l'étuve à 100°C, DANS l'eau distillée, ajuster à 1000 ml exactement.

### SOLUTION ETALONS :

Prendre successivement :

100, 80, 65, 50, 35, 20, 10 et 5 ml de la solution mère de  $\text{Cl}^-$  compléter chaque prélèvement à 1000 ml exactement par de l'eau distillée, on obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 1000, 800, 650, 500, 350, 200, 100 et 50 mg /l en  $\text{Cl}^-$

Le stocker soigneusement dans des flacons étiquetés

***DOSAGE :***

On place les PE (2 ml compléter 5 à l'eau distillée ) dans de becher de 50 ml, on ajoute dan l'ordre 15 ml de la solution de thriocynate mercurique puis 15 ml de la solution de Thiocyanate mecurique puis 15 ml de la solution nitrique.

D'alun ferrique et on agite vigoureusement les relents pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant ½ heure.

On effectue les lecteurs au colorimètre à longue de 470 nm en réglant le zéro avec les blancs.

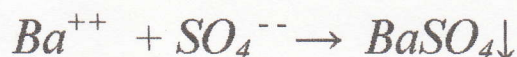
***EXPRESSION DES RESULTATS :***

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en chlorure exprimé en mg/l d'eau [11].

## 6 - DOSAGE DES SULFATES

### PRINCIPE :

Les résultats sont précipités sous forme de sulfate de Baryum par le chlorure de Baryum



Le précipité ainsi obtenu, très fin, est stabilisé par la gélatine on effectue sur le trouble ainsi produit une mesure turbidimétrique à longueur d'onde de 495 nm.

### REACTIFS :

-Solution de Chlorure de Baryum et de Gélatine.

-Solution mère de Sulfate d'ammonium  $(NH_4)_2SO_4$  à 10.000 mg/l en  $SO_4^{--}$  dissoudre 13.755 g de préalablement diséché à l'étuve à 100° C puis au dessiccateur sous vide, dans de l'eau distillée ajuster à 1000 ml exactement [11].

### SOLUTION ETALONS :

Prendre successivement :

50, 40, 30, 20, 15, 10 et 5 ml de la solution mère de  $SO_4^{--}$ , compléter chaque prélèvement à 1000 ml exactement par l'eau distillée.

On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement 500, 400, 300, 200, 150, 100 et 50 mg/l en  $SO_4^{--}$ .

Les stocker soigneusement dans des flacons étiquetés



**DOSAGE :**

On place les PE (2 ml complétés à 5 ml à l'eau distillée) dans des erlens de 50 ml et ajouter à 20 ml de la solution  $BaCl_2$  et de gélatine.

On gîte pour uniformiser de trouble et on laisse ou repos pendant 20 minutes jusqu'à les mesure :

On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495 nm en réglant le zéro avec le blanc.

**EXPRESSION DES RESULTATS :**

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en sulfates exprimés en mg /l d'eau [11].

## **7 - DOSAGE DE FER**

### **PRINCIPE :**

Pour le dosage de FER, il y'a un réactif ferroviaire à une longueur d'onde de 510 mm réagit avec tout le FER dissout et la plupart des formes insoluble u FER présent dans l'échantillon pour produire du FER Ferreux Soluble celui ci réagit pour fermer une coloration orange proportionnelle à la concentration du FER

### **REACTIF :**

Ferrovier en gélules .....1 gel

### **EXPRESSION DES RESULTATS :**

Les résultats lus sur l'Appareil exprimés en mg/l de FER une Fraction de + / - 0.006 mg /l de FER [9].

## 8 - DOSSAGE DE SODIUM ( $Na^+$ ), POTASSIUM ( $K^+$ ), CALCIUM ( $Ca^{+2}$ )

### PRINCIPE :

le dosage de calcium ( $Ca^{+2}$ ), du sodium ( $Na^+$ ) et de potassium ( $K^+$ ) est réalisé par spectrophotométrie de flamme dont le principe est le suivant :

Lorsque les atomes d'un élément ont existé par une flamme, il émette des radiations de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurer par spectrophotométrie, la concentration initiale du cation à dosé est déduire de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée.

Dans ce cas précis nous procédons par l'établissement de courbes d'étalonnage qui nous permettent la détermination des concentrations des éléments cités dans nos échantillons.

### REACTIFS :

- Solution mère de  $Na^+$  et  $K^+$ .

- Solution étalons en  $Na^+$  et  $K^+$  : Mettre successivement dans des fioles jaugées à 1000 ml : 50, 40, 30, 20, 15, 10, 5 et 2 ml de la solution mère en  $Na^+$  et de  $K^+$  compléter exactement à 1000 ml par de l'eau distillée.

On obtient des solutions étalons contenant respectivement : 500, 400, 300, 200, 150, 100, 50, et 20 mg/l de  $Na^+$  et : 100, 80, 60, 40, 30, 20, 10 et 4 mg/l de  $K^+$ .

Les solutions soigneusement dans des flacons plastiques étiquetés

-solution mère en  $Ca^{++}$

-solution étalons en  $Ca^{++}$

-mettre successivement dans des fioles jaugées à 1000 ml : 50, 40, 30, 20, 10 et 5 ml de la solution mère en  $Ca^{++}$ .

Ajuster exactement à 1000 *ml* par de l'eau distillée on obtient des solutions étalons contenant respectivement : 500, 400, 300, 200, 100, et 50 mg /l en  $Ca^{++}$ .

Les stocker soigneusement dans les flacons plastiques étiquetés.

### ***EXPRESSIONS DES RESULTATS :***

Les courbes étalons construits à partir des solutions étalons donnent directement le teneur en  $Na^+$ ,  $K^+$  et  $Ca^{++}$  exprimées en *mg/l* d'échantillon.

## 9 - DOSAGE DES NITRATES

### PRINCIPE :

Des nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie diazotation avec l'Acide sulfurique et copulation avec l'alpha-maphtylamine On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520 nm.

### REACTIFS :

- Solution de soude 1M; soit 40 g/l.
- Solution de sulfate de cuivre ( $CuSO_4, 5 H_2O$ ).
- Solution d'hydrazine 0.1 M; soit 13 g/l de  $NH_2...NH_2, H_2SO_4$  (conserver en flacon brun bien louché).
- Solution d'Acide sulfurique (conserver en flacon brun).
- Solution d'alpha-maphtylamine (conserver en flacon brun).
- Solution d'E.D.T.A à 5 g/l destiner à complexer le Fer et métaux lourd qui peuvent provoquer des interférences.
- Solution d'acétate de sodium 272 g/l.
- Solution de Nitrate de potassium à 1 g/l de nitrate  $NO_3^-$
- Solution étalons (5, 10, 20, 40, 60, 80, 100) mg/l.

### SOLUTION DE TRAVAIL :

A-Mélange réducteur : (à préparer au moment de l'emploi)

- Solution de sulfate de cuivre 25 ml
- Solution d'hydrazine 25 ml
- Eau distillée q.s.p 1 litre.

B-Mélange Colorant : (conserver en flacon brun)

- Acétone 10 *ml*
- Solution d'acide sulfalinique 20 *ml*
- Solution d'E.D.T.A. 20 *ml*
- Solution d'acétable 20 *ml*
- Solution Alpha-Naphtylamine 20 *ml*
- Eau distillée q.s.p 1 *litre*.

**Remarque :**

On ajoute l'alpha Naphtylamine en dernier et après dilution pour éviter la formation d'un précipite blanc laiteux.

C-Solution de Soude 0.05 M.

**MODE OPERATOIRE :**

Dans un flacon en verre brun de 100 *ml* introduire :

-prise d'essai 1 *ml*

-Solution de Soude 0.05 M ( 5 *ml* )

-Mélange après chaque addition, et attendre 1 heure avant ajouter le mélange colorant soit : 40 *ml*


Laisser la coloration développer dans l'obscurité pendant ¼ heur mesurer sa densité au colorimètre à 520 *nm* la réduction des nitrates est partielle et varie avec le temps et la température.

IL importe donc que la mesure des échantillons soit toujours accompagnée d'une mesure des solutions étalons, traité dans même conditions

**Remarque :**

Les courbes d'étalonnages qui exprime les dosages des éléments  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{--}$  et  $Cl^-$  sont trouvés dans l'annexe.

## CHAPITRE IV



*Résultats  
et  
Interprétations*

## INTRODUCTION

Les analyses ont été effectuées, sur des échantillons des dépôts prélevés des conduites des Distributions d'EL-OUED de deux forages. Toutes les analyses ont été effectuées au centre de recherche et développement de la «SONATRACH».

Nous n'allons pas nous limiter à quantifier les cations et les anions qui donnent Précipitent mais à déterminer aussi les paramètres dont la connaissance est nécessaire pour Connaître la qualité d'eaux du forage Nous avons donné le caractéristique physico-chimique de l'eau et commencer par l'analyse du tartre.

De tartre.

*Tableau : cation et anions ayant tendance à former des précipités*

	$SO_4^-$	$HCO_3^-$	$CO_3^-$	$OH^-$
$Ca^{++}$	+	+	+	+
$Mg^{++}$	+	+	+	



### 1-ANALYSE DES TARTRES :

Un des principaux problèmes liés à l'exploitation des eaux du sud algérien est la précipitation de tartre dans les conduites des distributions.

En quelques années le diamètre des conduites est réduit d'une manière importante, le taux de bouchage atteint, après six années, selon le diamètre des canalisations (150 à 300 mm) des valeurs comprises entre 40 à 60 %.

Deux dépôts d'analyse pour l'un recueilli dans un conduite des distribution de CHOUHADA 01 (route Touggourt ) et CHOUHADA 02 . nous à donné les résultats suivants :

*Tableau N° 1 : analyse de dépôt du réseau de distribution de CHOUHADA 01*

<i>Sels</i>	<i>Teneurs en %</i>
<i>CaCO<sub>3</sub></i>	<i>89.40</i>
<i>MgSO<sub>4</sub></i>	<i>4.35</i>
<i>CaSO<sub>4</sub></i>	<i>5.15</i>
<i>TOTAL</i>	<i>98.90</i>

*Tableau N° 2 : analyse de dépôt de la réseau de distribution de CHOUHADA 02*

<i>Sels</i>	<i>Teneurs en %</i>
<i>CaCO<sub>3</sub></i>	<i>86.53</i>
<i>MgSO<sub>4</sub></i>	<i>6.10</i>
<i>CaSO<sub>4</sub></i>	<i>6.70</i>
<i>TOTAL</i>	<i>99.33</i>

Si le tartre était constitué de carbonate de calcium pur ( $CaCO_3$ ) et de sulfate de magnésium  $MgSO_4$  ainsi de sulfate de calcium  $CaSO_4$ .

Les teneurs des sels formés de conduite de distribution de CHOUHADA 01 respectivement 89.40 %, 4.35 %, 5.15 % et Les teneurs des sels formés de conduite de distribution de CHOUHADA 02 respectivement 86.53 %, 6.10 %, 6.70 % .

Le calcium et le magnésium bien qu'à bon dont dans les eaux géothermales, on contribue que formé beaucoup dépôt des tartres.

Ceci est dû au fait que dans les cas du calcium, l'hydroxyde  $Ca(OH)_2$  est plus insoluble que le carbonate  $CaCO_3$  mais qu'il précipite qu'à de PH basique basses.

En raison que forme de ces dépôts de la qualité de l'eau d'alimentation en circulé dans la conduite pour la température élevée (60° C et 71° c) qu'a la diminution le produit de solubilité ce qui favorise la formation des dépôts.

Dans la partie qui va suivre nous avons allés procéder à l'analyse de l'eau circulé des réseaux des distributions.

## **2-CARACTERISTIQUE CHIMIQUE DES EAUX:**

Elles sont données les tableaux ( 3 et 4 ) pour le site de Route – Touggourt et chouhada 02 nous avons analysé d'eau en sortie de deux forages.

**Tableau N° 3 : caractéristique chimique de l'échantillon N° 1 (Route de Touggourt )**

	<i>éléments</i>	<i>Valeur moyenne ( mg/l )</i>
<b>CATIONS</b>	$K^+$	41.00
	$Na^+$	506.50
	$Ca^{++}$	352.93
	$Mg^{++}$	97.22
	$Fe$	0.23
<b>ANIONS</b>	$Cl$	616.88
	$SO_4^-$	455.04
	$CO_3^-$	0.00
	$HCO_3^-$	197.03
	$OH$	0.00

**Tableau N° 4 : caractéristique chimique de l'échantillon N° 2 (CHOUHADA 2 )**

	<i>éléments</i>	<i>Valeur moyenne ( mg/l )</i>
<b>CATIONS</b>	$K^+$	44.50
	$Na^+$	507.00
	$Ca^{++}$	400.53
	$Mg^{++}$	160.41
	$Fe$	0.03
<b>ANIONS</b>	$Cl^-$	1028.14
	$SO_4^-$	455.04
	$CO_3^-$	0.00
	$HCO_3^-$	220.21
	$OH^-$	0.00

### 3- ANALYSE D'AGRESSIVITE D'EAU DES DEUX FORAGES :

Les résultats Obtenus dans le tableau 5 et 6.

*Tableau 5 : analyse de l'eau de la Route de Touggourt*

<i>Eléments</i>	<i>Opération</i>
<i>pH</i>	<i>7.09</i>
<i>TAC en mg/l</i>	<i>161.50</i>
<i>Dureté calcique ( CaCO<sub>3</sub> mg/l )</i>	<i>368.74</i>
<i>TD<sub>s</sub> ( mg/l )</i>	<i>1390</i>
<i>Dureté TOTAL ( mg/l )</i>	<i>1320.00</i>
<i>T (° C)</i>	<i>50</i>
<i>pH<sub>s</sub></i>	<i>6.04</i>
<i>I<sub>l</sub></i>	<i>1.05</i>
<i>I<sub>r</sub></i>	<i>4.99</i>
<i>Conclusion</i>	<i>entartrement intense</i>

*Tableau 6 : analyse de l'eau de la chouhada (02)*

<i>éléments</i>	<i>Opération</i>
<i>pH</i>	<i>7.34</i>
<i>TAC en mg/l</i>	<i>180.50</i>
<i>Dureté calcique ( CaCO<sub>3</sub> mg/l )</i>	<i>416.83</i>
<i>TD<sub>s</sub> ( mg/l )</i>	<i>1360.00</i>
<i>Dureté TOTAL ( mg/l )</i>	<i>1700.00</i>
<i>T (° C)</i>	<i>60</i>
<i>pH<sub>s</sub></i>	<i>6.01</i>
<i>I<sub>l</sub></i>	<i>1.33</i>
<i>I<sub>r</sub></i>	<i>4.68</i>
<i>Conclusion</i>	<i>entartrement intense</i>

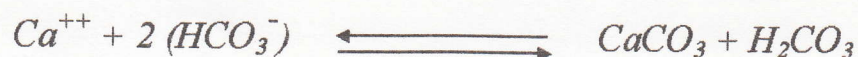
On observe très peu variabilité de deux forages pour le site de route de Touggourt et le CHOUHADA 02. Les eaux sont plus durées et plus riches en sodium et potassium mais pauvre de Fer.

On constate qu'il s'agit des eaux riches en calcium et en magnésium mais relativement observe en grande quantité les anions hydrogénocarbonates. ceux ci sont dépendant en concentration suffisante pour entraîner la précipitation de tartre de carbonate de calcium.

#### **4 - INTERPRETATION DES ANALYSES DE L'EAU DE ROUTE-TOUGGOURT ET CHOUHADA 02 :**

##### **1-pH :**

La valeur du *pH* de Route Touggourt (7.09) et Chouhada 02 (7.34) c'est un *pH* basique qui à pour effet de favoriser la formation du tartre et même que la précipitation des sels est possible le tartre alcalimétrique (TA) est forcément nul donc on en déduit que l'alcalinité est entremet due aux bicarbonates et aussi le (TAC) qui exprime les quantités de ions  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^-$  et  $CO_2$  est donc essentiellement sous forme des bicarbonates et il y'a Formation de  $CaCO_3$  selon l'équation :



##### **2 - DURETE CALCIQUE :**

La teneur en  $CaCO_3$  est assez importante elle atteint la valeur de 417 ( mg/l ).

##### **3 - DURETE TOTAL ET ALCANITE TOTALE :**

Les analyses de Route – Touggourt et Chouhada donne une valeur de TH. Les analyses de Route de Touggourt et chouhada 02 donnent une valeur de TH supérieure à la valeur de TAC ou (TH > TAC ).

D'après la relation qui existe entre TH et TAC en peut dire que : Si TH > TAC

TH-TAC = dureté non carbonatée (permanente ).

Et TAC= dureté carbonatée (temporaire ).

- La valeur de TH à estimé de 1320 et 1700 *mg/l*.

#### **4 - SOLIDES TOTAUX DISSOUS:**

Pour chaque analyse ( $TD_S$  Route de Touggourt = 1390 *mg/l*. TDS CHOUHADA 02 = 1360 *mg/l*) d'après la valeur de TAC et TH calcique on peut déterminer la quantité des solides totaux dans l'Abaque 1 qui exprime en C.

#### **5 - pH DE SATURATION:**

Le  $pH_S$  a été calcule uniquement par l'Abaque 1 dans l'annexe pour déterminer les indices *langelier* et *Ryznard*.

La valeur de  $pH_S$  passe de 6.01 et 6.04.

#### **6 - L'INDICE DE SATURATION L'ANGELIER:**

Il est calculé d'après la formule  $I_l = pH - pH_S$

Sa valeur pour tous les échantillons est supérieure à zéro (de 1.05 et 1.33). Ce qui confirmer bien qui notre eau est une eau entartrante et pas corrosive.

#### **7 - INDICE DE RYZNARD:**

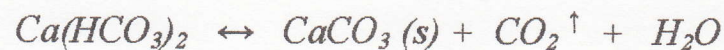
La valeur de l'indice de *Ryznard* évolué de 4 .68 et 4.99. Pour tous les échantillons elle est varie entre 4 et 5 ce qui confirme bien comme cela a été fait avec l'indice de l'*Angelier* que l'eau d'alimentation est entartrement intense.



### 5- INTERPRETATION DES RESULTATS :

Les analyses du tartre montrent que celui-ci est constitué essentiellement de carbonate de calcium, il représente plus de 80% du dépôt recueilli, ceci ne peut provenir que de la qualité produite par les deux forges étudiées.

Les eaux des forages considérés sont des eaux entartrantes comme le montre les valeurs des indices de Langelier et de *Ryznard*. Les teneurs en calcium et magnésium sont très élevées pour les deux forages (eaux dures). Les anions sulfates et chlorures sont majoritaires par rapport aux Hydrogénocarbonates, mais la baisse de pression à la sortie des forages a pour conséquence de favoriser le dégagement de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Le pH de l'eau augmente et le carbonate de calcium précipite, l'équilibre :



étant déplacée vers la droite.

Le fer ne peut précipiter sous forme d'hydroxyde de fer car d'une part il est présent sous forme de traces et d'autre part le pH diminue suite au dégagement du dioxyde de carbone.

### 6-CONCLUSION

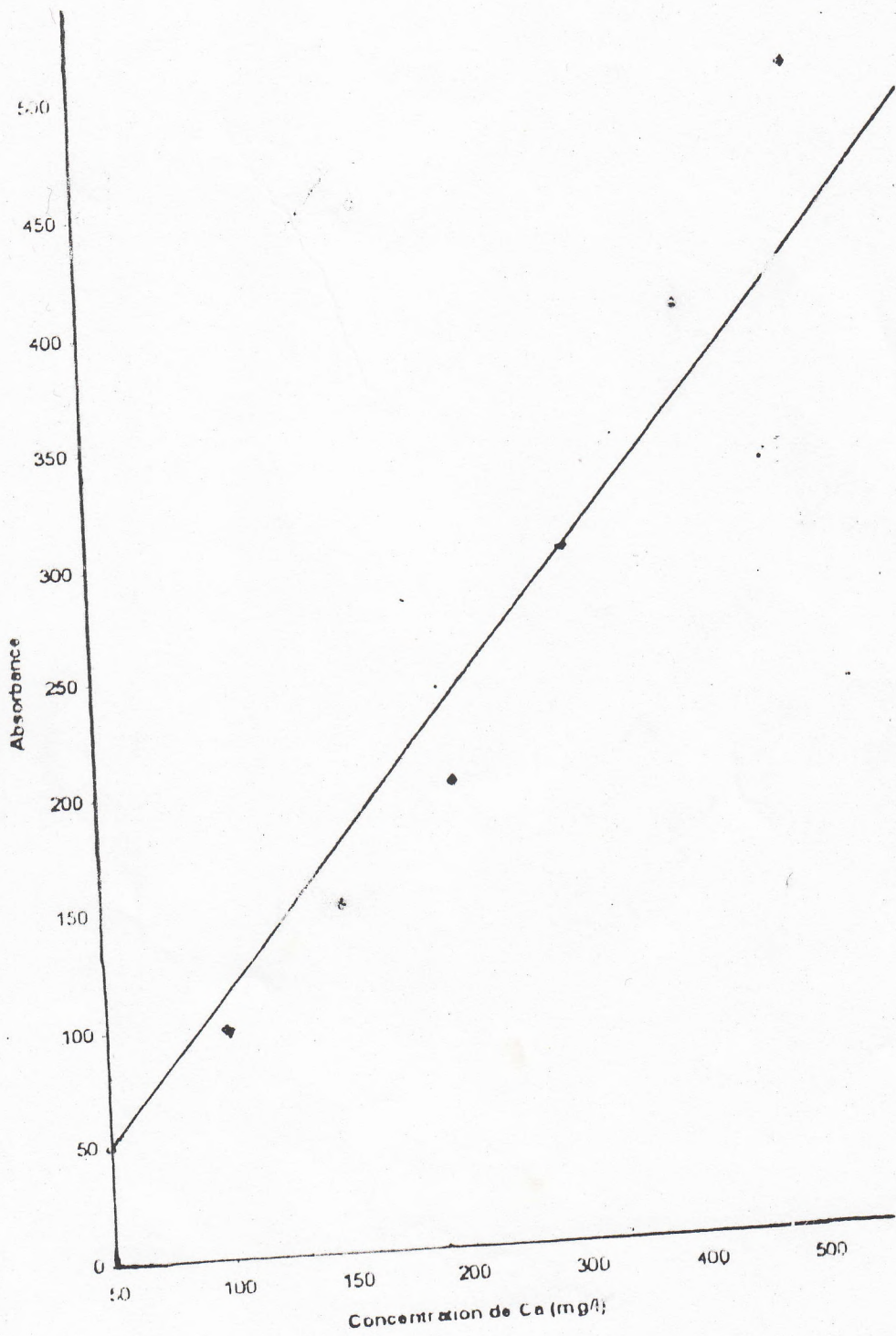
Le phénomène d'entartrage observé au niveau de la région d'El-Oued provient essentiellement de trois facteurs ;

La qualité de l'eau : eau entartrante dans le cas des deux forages.

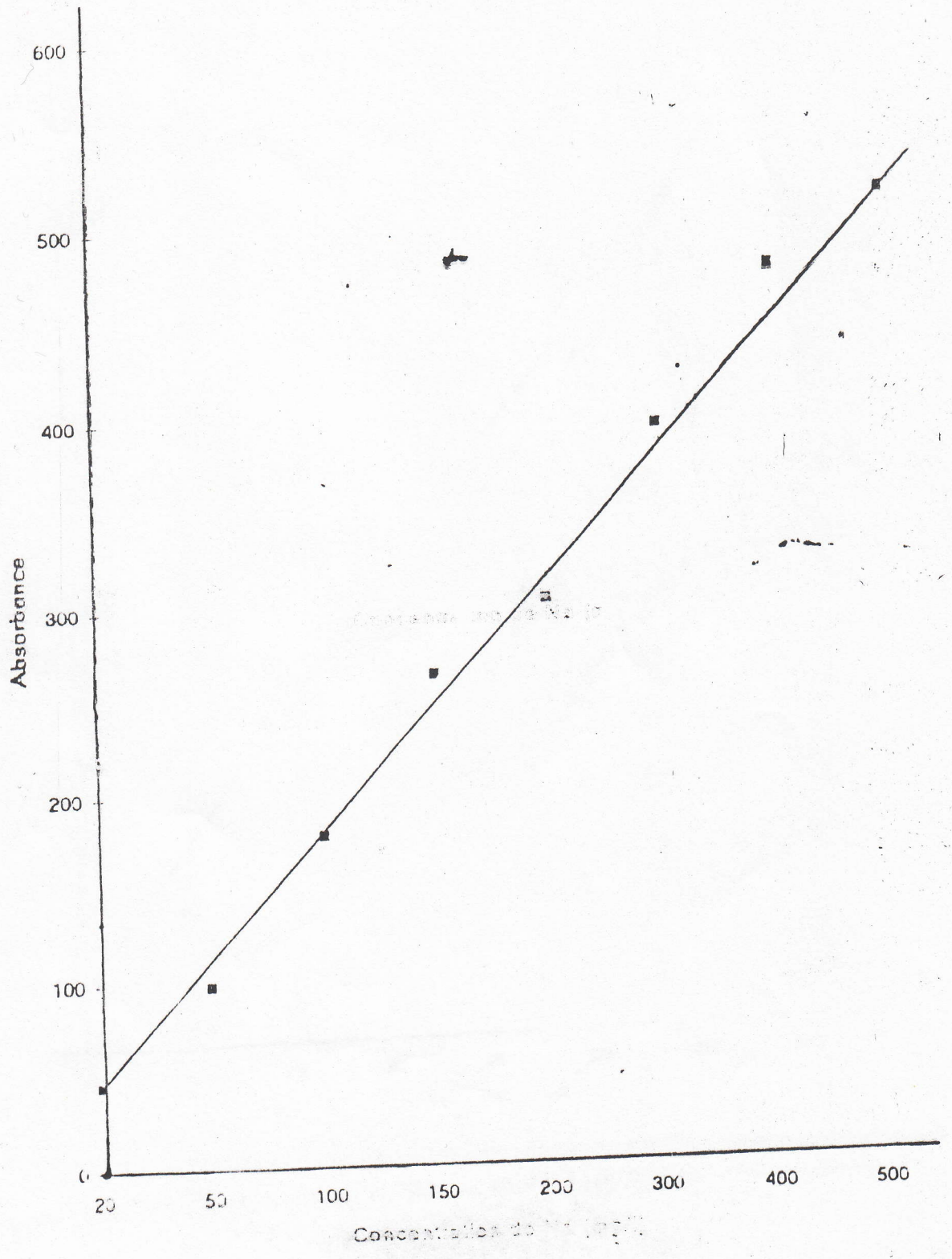
La température élevée qui favorise le dépôt du tartre.

La baisse de pression qui favorise le dégagement de dioxyde de carbone et et par conséquent la précipitation du carbonate de calcium et de magnésium..

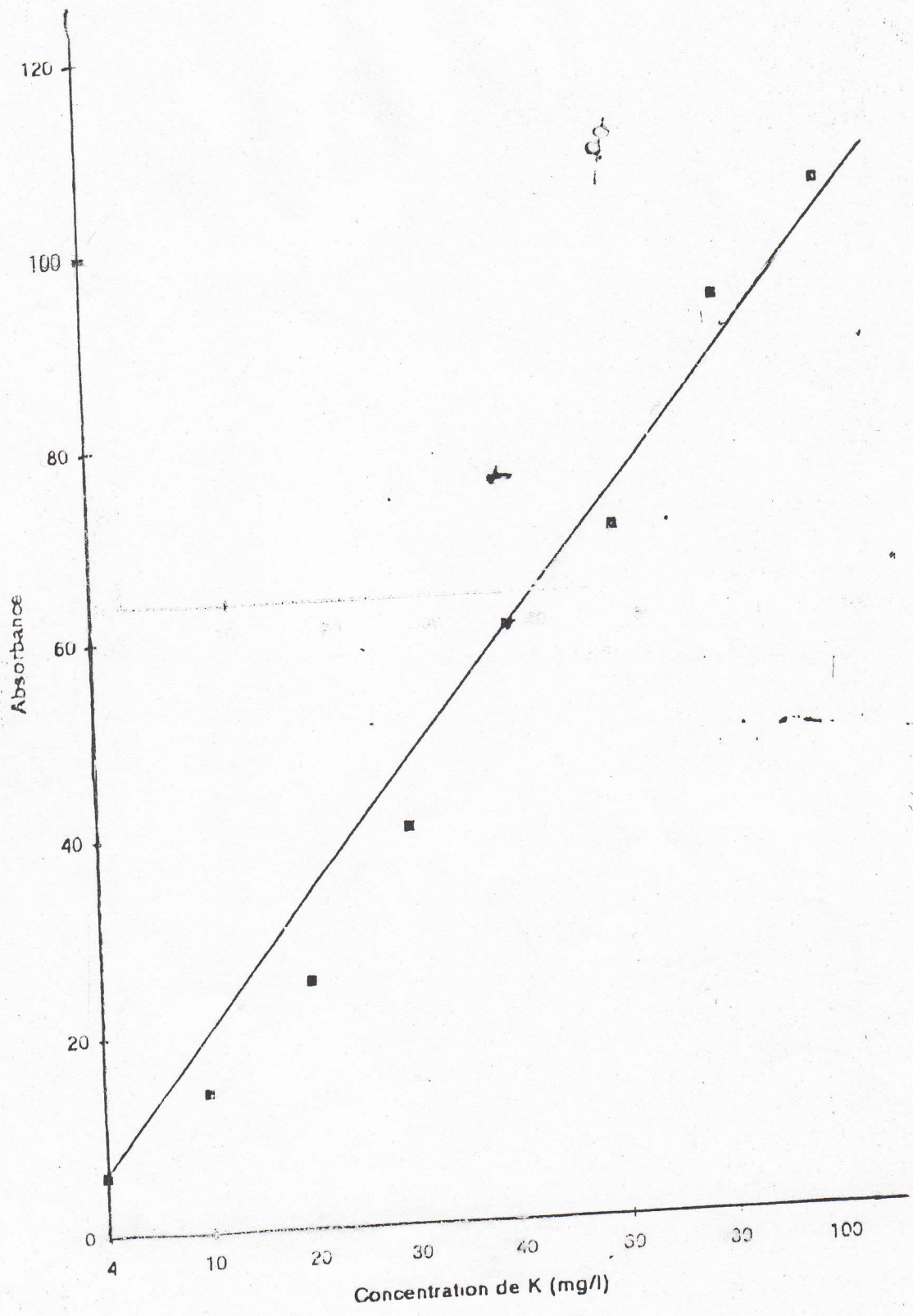
*Annexe*



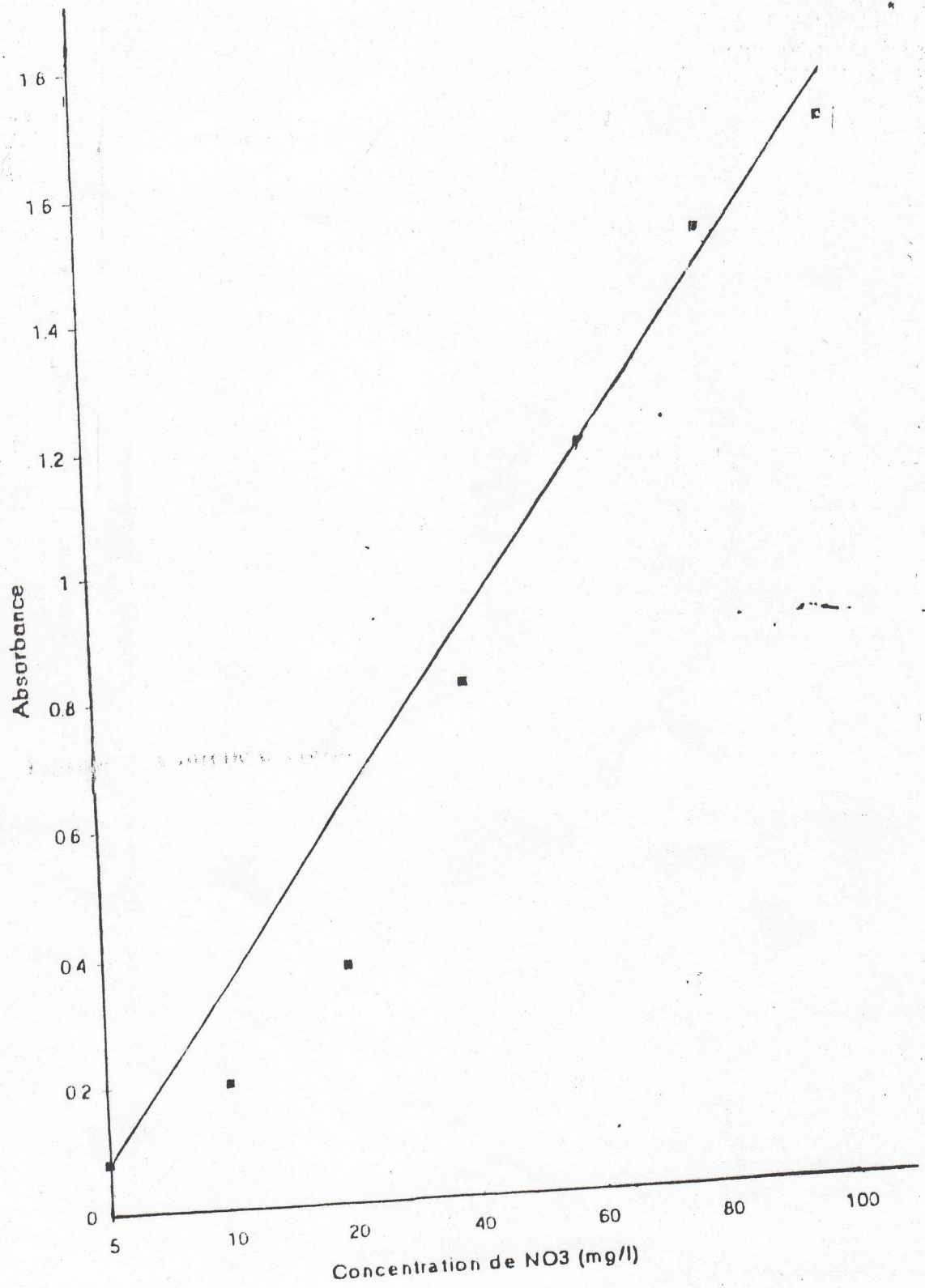
Courbe d'étalonnage correspondant au dosage du Calcium



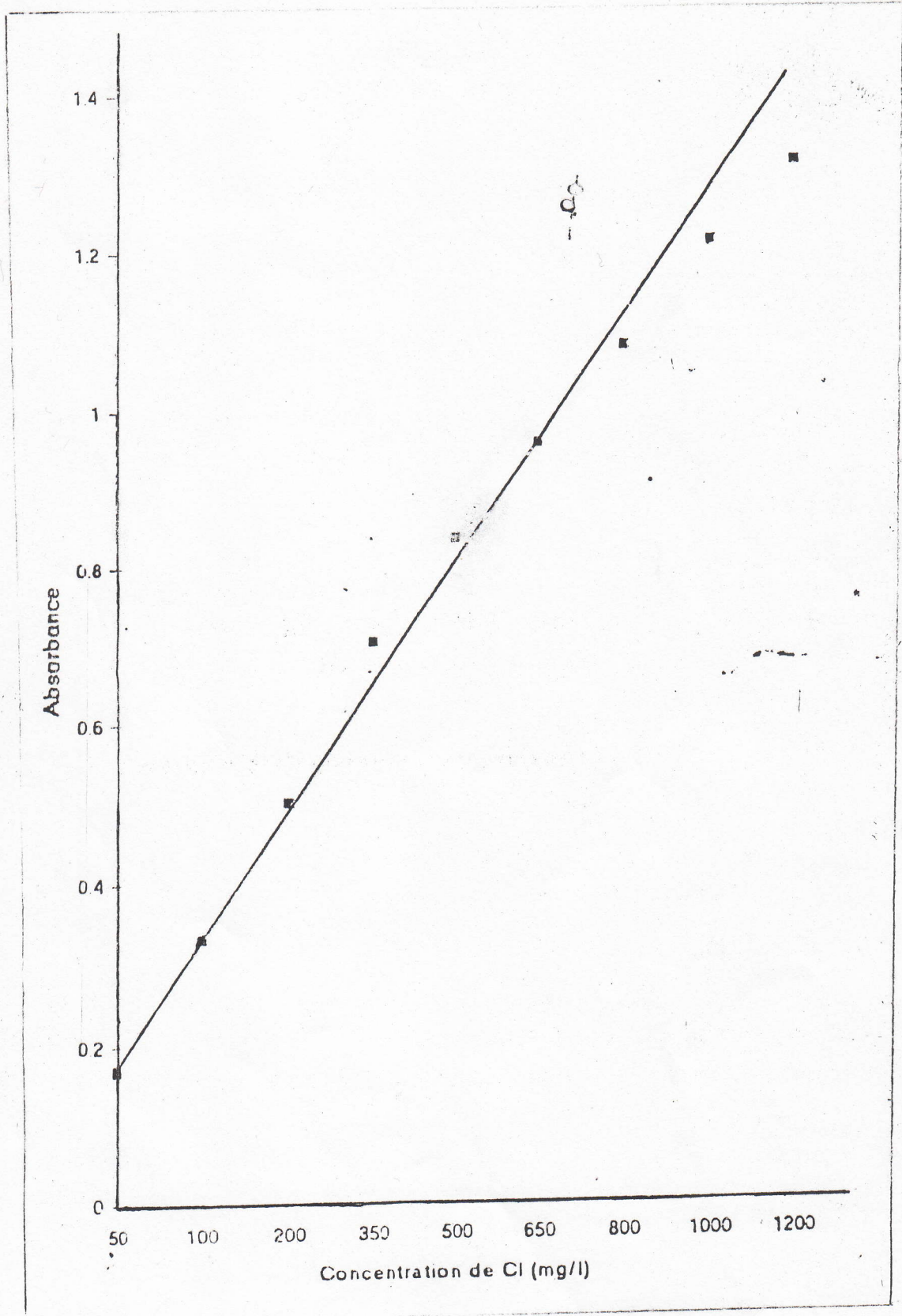
Courbe d'étalonnage correspondant au dosage du Sodium



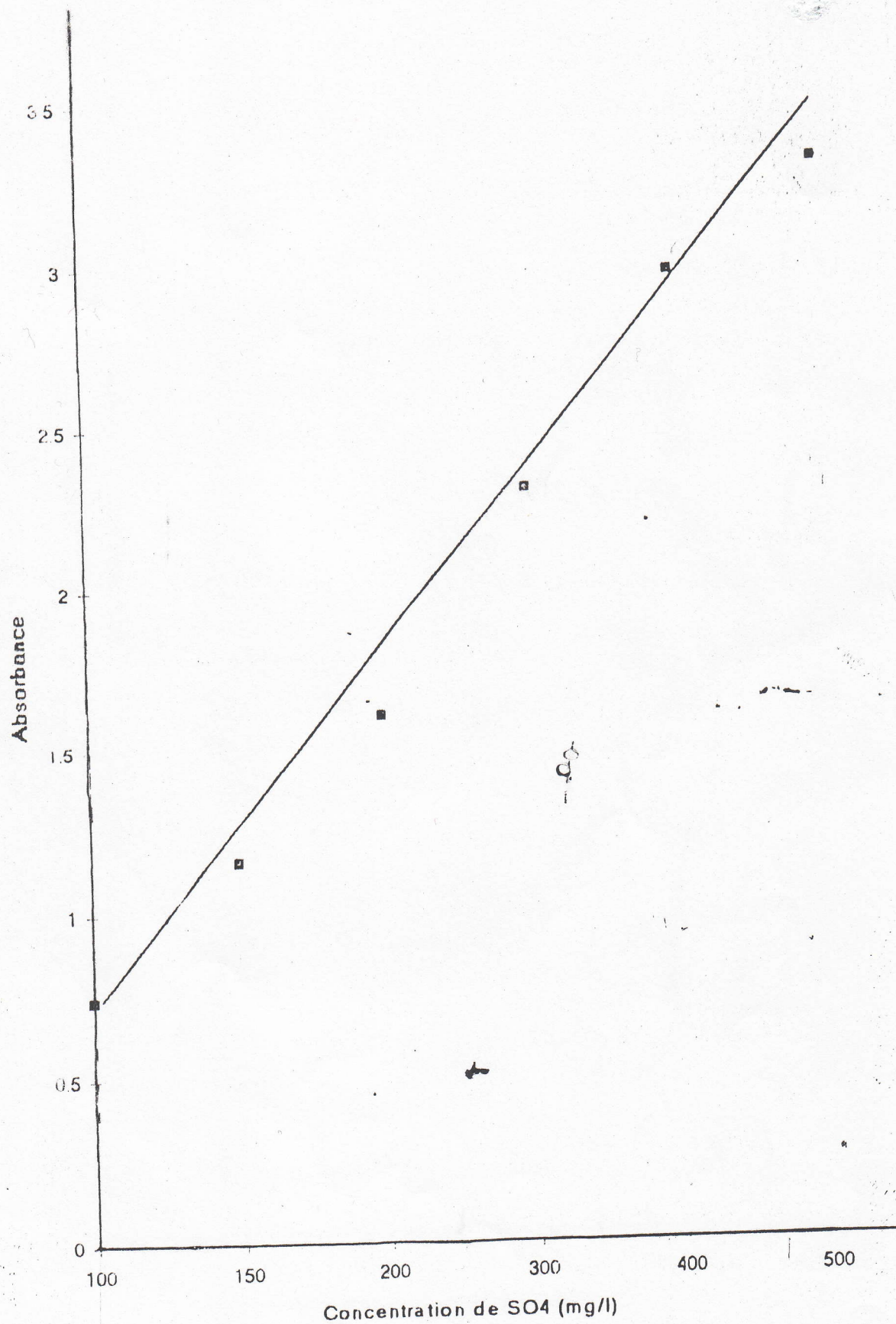
Courbe d'étalonnage correspondant au dosage du Potassium



( Courbe d'étalonnage correspondant au dosage des Nitrates



Courbe d'étalonnage correspondant au dosage des chlorures



Courbe d'étalonnage correspondant au dosage des Sulfates



# **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] -F.BERNE, J.CORDONNIER. Traitement Des eaux (1991).
  
- [2] -D.Fondement sur la corrosion Tome 1.  
-Siminaire d'ARZEW CP.E.
- [3] -Siminaire sur le qualité de l'eau (Tome 1)  
L'autre - control et Sa surveillance  
INP ROUIBA du 23et 24 Mars 1996.
- [4] -DEGREMENT 1971: Traitement de l'eau dans l'industrie pétrolière.
  
- [5] -AQUAPROX: Traitement des eaux de refroidissement, P.ROTEX 1974.
  
- [6] -Les canalisation d'eau et de gaz (1995)  
Corrosion , degradation et protection.
  
- [7] -C.DUFFAU et COLL, l'encrassement dans les échangeurs, GRETH  
(1991)  
Description, prevention, remédes.
  
- [8] -J.RODIER. L'analyse de l'eau (1984)
  
- [9] -ANONYME. Manuel opératoire DR 2000.
  
- [10] -V.ALLEXEEV: analyse quantitative.
  
- [11] -Document de l'ANRH.