



**République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère  
de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen**

**Faculté des sciences**

**Département de Chimie**

**Laboratoire de Chimie Analytique et d'Électrochimie**

**Mémoire de Master en Chimie**

**Option : chimie physique et analytique**

**Sur le thème :**

**Contribution à l'étude de la pollution de l'eau souterraine de la région  
de Hennaya-Tlemcen par les nitrates**

**Présenté par**

**HASSAINE Amel**

**Soutenu le 02/07/2017**

**devant le jury**

Mekkalech Sidi mohamed

président

Université de Tlemcen

Docteur Mustapha CHABANE

Examineur

Centre d'Université de Naama

Professeur Yahia HAREK

Encadreur

Université de Tlemcen

**Année universitaire : 2016/2017**

## **Remerciements**

*Ce travail a été effectué au Laboratoire de Recherche [Laboratoire de Chimie Analytique et d'Electrochimie ], sous la direction de Monsieur [Pr.Harekyahia ], Professeur à l'université de Tlemcen.*

*Je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements pour l'aide précieuse et les conseils judicieux qu'il n'a cessé de me prodiguer au cours de l'élaboration de ce travail.*

*J'exprime mes vifs remerciements à [pr.Mekkalech Sidi mohamed], Professeur à l'Université Abou BekrBelkaïd de Tlemcen, pour avoir accepté de présider le jury. Sa présence dans le jury m'honore.*

*Je remercie également [Docteur Mustapha CHABANE] pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail, qu'il trouve ici ma profonde gratitude.*

*Je tiens à remercier mes parents mes sœurs et ma famille pour leurs soutient*

*Enfin, je voudrai remercier toute personne qui m'a aidé de près ou de loï.*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

- ❖ *Mes chers parents que dieu me les garde.*
- ❖ *Mon grand-père qui m'encourageait depuis mon enfance.*
- ❖ *Mes très chères sœurs Karima, Keltoum et Fatiha.*
- ❖ *Mes tantes, oncles, cousines et à toute ma famille.*
- ❖ *Fadia qui m'a beaucoup aidé durant la rédaction de ce mémoire.*
- ❖ *Ma comine Esma AGHAMIR (rabiya rhamha), je ne l'oublierai jamais.*
- ❖ *Bahija JAMOUN secrétaire au lycée Ibn Saïd Tlemcen.*
- ❖ *sans oublier mes chères amis : Fatima SELKA, Manel BOUAZZA, BENMANSOR Hanane, Sahraoui OUNNES et Oussama LARABI.*
- ❖ *tous ceux qui travaillent pour le bien de l'humanité.*

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
I. 1- POLLUTION DE L'EAU.....	4
I. 2- NITRATE ET NITRITE .....	4
I.3-CHROMATOGRAPHIQUE .....	7
I.3.1- Définition .....	7
I.3.2- Type de chromatographie.....	7
I. 4- CHROMATOGRAPHIE IONIQUE .....	9
I.4.1-Historique.....	9
I. 4.2-Définition de chromatographie ionique .....	9
I.4.3- Principe de chromatographie ionique .....	10
I.4.4-Mode de détection.....	11
I. 5-Domaine d'application.....	14
<b>Chapitre II : MATERIEL ET METHODES</b>	
II.1- METHODOLOGIE.....	17
II.1.1- Présentation de la zone et localisation des échantillonnages.....	17
II. 1.2-Prélèvements des échantillons.....	20
II.2- PRODUITS ET MATERIEL.....	20
II. 3- Préparation des solutions.....	23
II.3.1-Préparation des éluants.....	23
II. 3.2-Préparations des solutions étalons.....	24
<b>Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS</b>	
III. 1- PARAMETRES INFLUENÇANT SUR LE TEMPS DE RETENTION.....	27
III. 2- RESULTATS D'ANALYSE .....	29
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>33</b>
<b>REFERENCES</b> .....	<b>36</b>
<b>ANNEXES</b>	

## Résumer

### Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Représentation du cycle d'azote.....	5
<b>Figure I.2</b> : Représentation du cycle d'azote par réaction.....	6
<b>Figure I.3</b> : Schéma de principe d'un appareil de chromatographie ionique.....	10
<b>Figure II.1</b> : Carte de localisation des prélèvements.....	19
<b>Figure II.2</b> : Colonne échangeuse d'anions de type.....	21
<b>Figure II.3</b> : chromatographie ionique model (881 Compact IC pro ).....	22
<b>Figure II. 4</b> : Unité de micro-filtration par membrane à 0.45 µm.....	23
<b>Figure II.5</b> : Droite d'étalonnage pour les ions Cl <sup>-</sup> .....	24
<b>Figure II. 6</b> : Courbe d'étalonnage pour les ions Nitrate.....	24
<b>Figure II.7</b> : Droite d'étalonnage pour les ions sulfate.....	25
<b>Figure III.1</b> : Influence du débit sur le temps de rétention des ions F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> et SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> de l'étalon 4.....	27
<b>Figure III.2</b> Effet de la température sur la séparation des ions F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> et SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> de l'étalon 4.....	28
<b>Figure III.3</b> :Effet de la force ionique sur le temps de rétention des ions F <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> et SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> de l'étalon 4.....	29
<b>Figure III.4</b> : Chromatogramme de l'échantillon d'eau de puits n° 2.....	29

### Liste DES TABLEAUX

<b>Tableau II. 1</b> : Les concentrations des solutions étalons pour le dosage des anions.....	24
<b>Tableau III- 1</b> : Résultats d'analyse de l'eau de puits N°2.....	30
<b>Tableau III- 2</b> : Résultats d'analyse des eaux des puits du fossé d'HENNYA.....	30
<b>TABLEAU 1 annexe</b> :lignes directrices de l'OMS 2003 et OMS 2006 en ce qui concerne la qualité de l'eau potable	
<b>TABLEAU 2 annexe</b> Paramètres physico-chimiques (Normes Algérienne mars 2011)	

# INTRODUCTION

---

L'eau est l'élément central de tous les processus socioéconomique quel que soit le degré de développement de la société, L'augmentation des activités agro-industrielles engendre une pression grandissante sur les réserves en eau douce de la planète. En effet ces activités génèrent une grande diversité de produit chimique qui se déverse dans le cycle de l'eau. Généralement, les substances chimiques contenues dans les eaux superficielles sont difficilement biodégradables et la manque ou l'insuffisance de systèmes de traitement conduire ainsi à leurs accumulations dans le cycle de l'eau [1]. L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, doit être classer comme un patrimoine universel qui doit être protégées, défendue et traitée, il est une ressource vitale pour l'être vivant , sa santé son alimentation également lier pour la qualité de son environnement en dépend étroitement . Cependant, il est le réceptacle universel de tout type de pollution [2].

Les eaux souterraines constituent un patrimoine important à préserver, elles représentent une grande part de nos réserves d'eau. En plus ces eaux demeurent une ressource vitale dont on ne peut s'en passer : elles sont destinées à l'alimentation en eau potable, à l'utilisation industrielle et à l'irrigation.

Depuis longtemps, l'homme a toujours cherché à s'installer près des rivières et des sources. Lorsque ces eaux n'ont plus suffit à ses besoins et avec l'accroissement de la population, il a creusé des puits. En effet ces petits sondages constituent le moyen le plus simple pour accéder à la nappe phréatique.

Les eaux des sources ont toujours été recherchées en raison de leurs fraîcheurs et de leurs qualités chimiques et bactériologiques.

L'accroissement démographique et l'industrialisation entraînent la détérioration de la qualité des nappes souterraines et des rivières par contaminations dues à des rejets industriels et urbains.

Vu l'augmentation des facteurs de pollution dus aux exigences de la civilisation moderne, à l'utilisation excessive d'engrais et toute autres causes insidieuses de pollution, la protection des sources d'eau est devenue plus qu'une nécessité. Il est important de contrôler la qualité de l'eau afin de pouvoir comprendre les changements qui y surviennent.

Les problèmes de contamination d'eau se multiplient dans notre pays surtout en raison du grand nombre croissant de composés toxiques utilisés dans l'industrie et

# *INTRODUCTION*

---

l'agriculture. Dans les régions rurales, on soupçonne que des nombreux puits domestiques sont contaminés par des substances provenant de sources communes comme les systèmes septiques, les réservoirs souterrains, l'huile à moteur usagée, les engrais, les pesticides et les déchets d'élevage du bétail. Donc un contrôle permanent de la qualité d'eaux souterraines est obligatoire.

Notre modeste contribution entre dans ce contexte. En effet, le but de ce travail est d'étudier la qualité des eaux de quelques puits dans la région de Hennaya - Tlemcen en déterminant la teneur en ions nitrate, chlorure et sulfate.

# *CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE*

**I. 1- POLLUTION DE L'EAU :****▪ Définitions de la pollution de l'eau :**

C'est un changement de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et ou les eaux souterraines. La pollution de l'eau a pour origines principales, l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels, on appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur l'être vivants consommés. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré. La pollution de l'eau se manifeste principalement dans les eaux de surface par :

La diminution de la teneur en oxygène dissous.

Une prolifération d'algues.

Une modification physique du milieu récepteur.

La présence de bactéries ou virus dangereux [3].

**I. 2- NITRATE ET NITRITE :**

Quelle que soit les formes de l'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique, il est très variable suivant la saison et l'origine des eaux et même les sols. Le nitrate est un composé inorganique se compose d'un atome d'azote (N) et de trois atomes d'oxygène. Sa formule chimique  $\text{NO}_3^-$ . La masse moléculaire est : 62 g/mol. L'azote constituant la molécule de nitrate est nommé azote nitrique et est généralement noté (N- $\text{NO}_3^-$ ), un gramme d'ion ( $\text{NO}_3^-$ ) correspond à 0,22 g d'azote nitrique. Le nitrate est un élément minéral nutritif pour les végétaux et les microorganismes, pour cette raison, les sels de nitrate comme par exemple le nitrate de potassium sa formule  $\text{KNO}_3$ , le nitrate de sodium sa formule  $\text{NaNO}_3$ , le nitrate de calcium  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  ou le nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , sont utilisés pour la fabrication de fertilisants azotés. Le nitrate est également utilisé pour la composition d'explosifs ou de ciments spéciaux, comme additif et colorant alimentaire, pour la coagulation de latex, dans l'industrie nucléaire et pour le contrôle des odeurs [4, 5].

Le nitrite est un composé intermédiaire dans l'azote entre l'ammoniac et le nitrate, présent de manière naturelle dans l'environnement et dans certains aliments. Sa formule chimique  $\text{NO}_2^-$ . Son poids moléculaire de  $\text{NO}_2^-$  est de 46g/mol. Les nitrites proviennent soit : d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit par une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante par l'action microbienne [6].

➤ **Le cycle de nitrate et nitrite (cycle de l'azote) :**

L'azote représente 78 % de l'atmosphère gazeuse et de 4% à 6% du poids sec d'un animal, bactérie dénitrifiante la réparation entre les formes ammonium et ammoniacale dépend du pH, à des pH supérieur à 9.2 la forme dominante est l'ammoniacale il peut être absent à pH inférieur à 7. L'azote circule selon un cycle biogéochimique au cours duquel il passe sous deux : formes organiques, et minérale. Le principal réservoir d'azote est l'atmosphère (78% qui effectue un échange avec le sol et les hydrosystèmes et la biosphère. Le cycle de l'azote est en étroite relation avec les cycles biologiques, le cycle hydrique, et le cycle carboné [5].

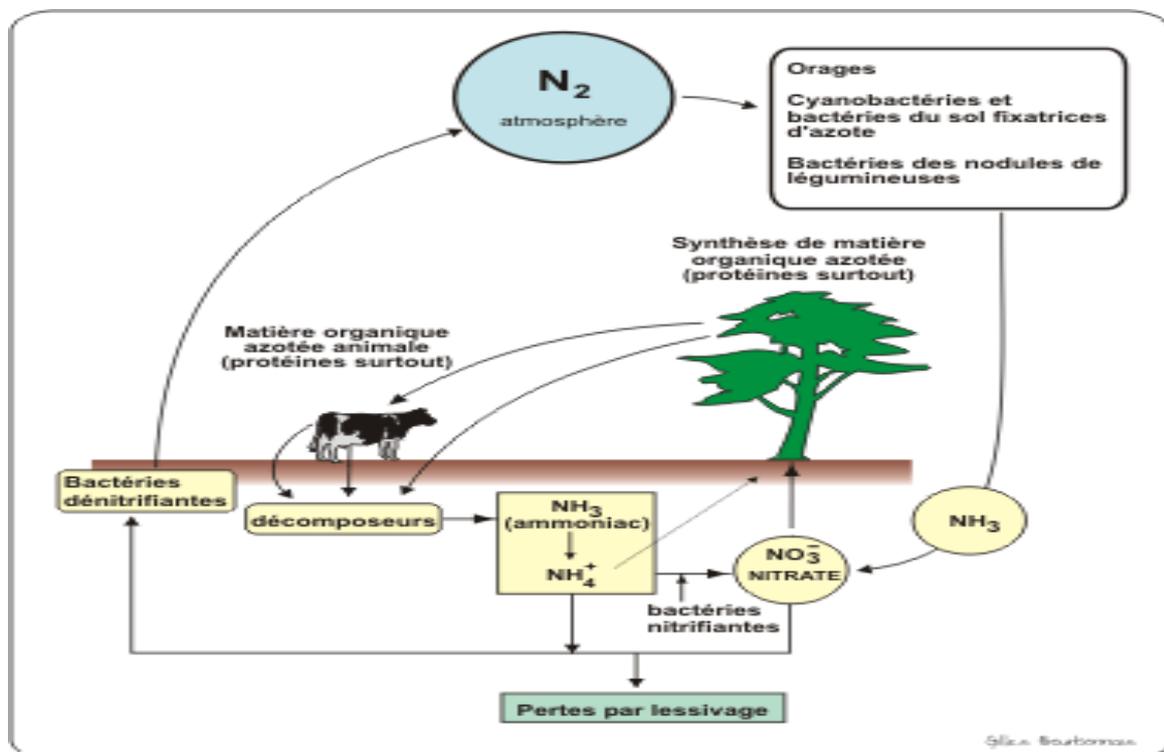


Figure I.1 : Représentation du cycle d'azote.

Le cycle d'azote est parfaitement connu et fait intervenir des réactions de d'assimilation, fixation, d'ammonification, de nitrification et de dénitrification.

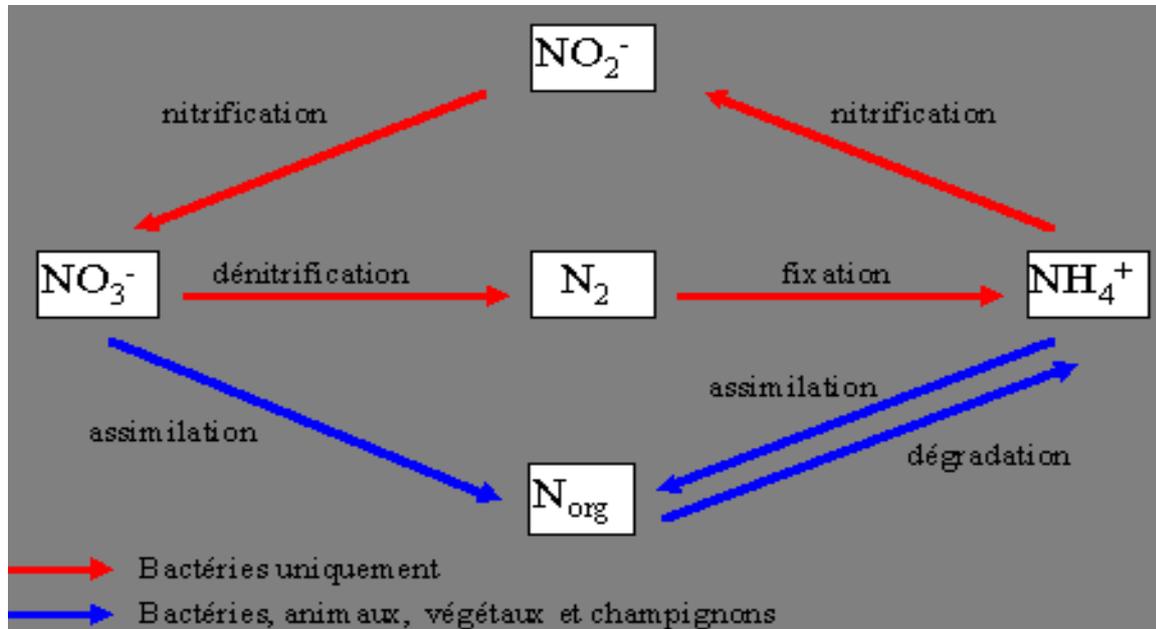


Figure I.2 : Représentation du cycle d'azote par réaction

- **La fixation de l'azote :**

Correspond à la conversion de l'azote atmosphérique  $\text{N}_2$  en azote utilisable par les plantes et les animaux ( $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3^+$ ), elle se fait par certaines bactéries qui vivent dans les sols et dans l'eau et qui réussissent à assimiler l'azote diatomique  $\text{N}_2$ . Il s'agit en particulier des cyanobactéries et de certaines bactéries vivant en symbiose avec les plantes.

La réaction est de ce type :  $2\text{N}_2 (\text{g}) + 3(\text{CH}_2\text{O}) + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{NH}_4^+ + 3\text{CO}_2$

Dans les sols où le pH est élevé la réaction sera :  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$  La réaction nécessite un apport d'énergie de la photosynthèse.

- **La nitrification de l'azote:**

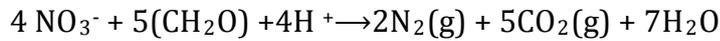
Se transforme ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ). C'est une réaction d'oxydation qui se fait par catalyse enzymatique reliée à des bactéries dans le sol et dans les eaux.

La réaction est de :  $2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+$

$2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$

**- La dénitrification de l'azote :**

C'est transformé de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) à l'azote atmosphérique par une réaction de réduction ; fait revenir l'azote à l'atmosphère sous forme  $\text{N}_2$  par l'intermédiaire des bactéries transformant la matière organique :



Ce cycle est perturbé par l'activité humaine par la production des grandes quantités de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , ce qui se produit suite aux combustions industrielles et ou domestiques. Par contre, la grande majorité des émissions provient de l'agriculture. L'azote est considéré comme second polluant des eaux après le carbone et avant le phosphore [7,8].

**I.3-CHROMATOGRAPHIQUE :****I.3.1- Définition :**

La chromatographie est une méthode d'analyse chimique (chimie ANALYTIQUE) elle consiste à la séparation des constituants des mélange. Elle est utilisée aussi bien dans les services de recherche et développement et dans le domaine du contrôle. Son champ d'activité couvre les organismes d'état et les industries de la chimie, biochimie, pharmacie et parachimie (agrochimie ; cosmétiques ; caoutchoucs ; polymères...).

Différentes méthodes chromatographiques se sont développées au cours du temps. Elles nécessitent toutes l'utilisation conjointe de deux phases non miscibles l'une dans l'autre, dont une, au moins, est en mouvement, et dans lesquelles les solutés à séparer se distribuent différenciellement. La grande importance de la chromatographie provient de sa vitesse d'exécution, de son grand pouvoir de résolution et de son aptitude à analyser de manière qualitative et quantitative de faibles quantités d'échantillon. Elle permet en particulier d'analyser des traces, de les préconcentrer aussi bien que d'isoler de grandes quantités de soluté pur. Ainsi est-elle universellement employée au laboratoire [9].

**I.3.2- Type de chromatographie :**

La chromatographie s'est révélée comme une méthode du choix parmi les méthodes d'analyse instrumentales. C'est un processus physico-chimique par laquelle les éléments d'un échantillon à analyser se séparent de façon sélective sous l'effet d'une phase stationnaire et d'une phase mobile.

- *Phase Stationnaire* : qui correspond au remplissage de la colonne dans le rôle est de retenir les molécules à séparer ou plus exactement de retarder leur sortie vers le système de détection

- *Phase mobile ou éluant* : celle qui circule à travers la colonne, par définition il est en mouvement avec un débit contrôlé et qui a pour objectif de s'opposer aux phénomènes de rétention de la phase stationnaire, c'est-à-dire d'entraîner ou d'éluer les molécules à séparer vers un détecteur.

On peut classer les différentes méthodes de chromatographie:

➤ **Selon la nature physique des deux phases:**

La phase stationnaire peut être liquide (L) ou solide (S) alors que la phase mobile est soit liquide (L) soit gazeuse (G).

On peut donc avoir quatre types de chromatographie :

Liquide-Liquide (L/L); Liquide-Solide (L/S), dénommées chromatographie phase liquide.

Gaz-Liquide (G/L) ; Gaz- Solide (G/S), dénommées chromatographie phase gazeuse.

Dans la pratique on parle couramment soit :

«Chromatographie gazeuse» : (CG ou GC)

«Chromatographie liquide» : CLHP ou HPLC (CLL)

«Chromatographie ionique » : CEI

C'est-à-dire en ne tenant compte que de la phase mobile [10].

➤ **Selon le mécanisme de fractionnement des composants de l'échantillon :**

➤ Par adsorption de la phase mobile sur la phase stationnaire.

➤ Par échange ionique des composants de la phase mobile avec les sites d'échange du substrat. Il faut souligner que la chromatographie est une méthode de séparation. Celle-ci doit ensuite être suivie par la mesure d'un paramètre afin de pouvoir réaliser une détermination qualitative ou quantitative. Généralement, on mesurera les variations d'un paramètre physico-chimique d'un système [11].

**I. 4- CHROMATOGRAPHIE IONIQUE :****I.4.1-Historique :**

En 1951, à l'institut Rockefeller (université de New York) que Stanford Moore et William Stein décrivent la méthode de chromatographie d'échange d'ions en utilisant comme support du polystyrène sulfonaté préalablement équilibré avec une solution de NaOH.

Grâce à cette méthode, ils ont pu déterminer le site actif de la Ribonucléase bien avant que l'on puisse établir sa structure tridimensionnelle. Ils ont ainsi montré que ce site était constitué de deux résidus spécifiques de l'histidine.

1971 : Première utilisation pour la chromatographie ionique.

1972 : Premier prototype de chromatographie ionique utilisant une cellule conductimétrique.

1975 : Le premier rapport de recherche en chromatographie ionique et publié « par Small, Stevens et Bauman dans » *Analytical Chemistry*.

1975 : Dionex Corporation est créé sous la licence Dow.

1975 : Premier chromatographe ionique commercialisé.

1977 : Premier symposium EPA sur l'analyse par chromatographie ionique et pollution de l'environnement.

1977 : Small, Stevens et Bauman reçoivent le prix de la Conférence de Pittsburgh pour l'avancée la plus significative en chimie analytique appliquée [12].

**I. 4.2-Définition de chromatographie ionique :**

C'est une technique analytique qui permet l'analyse qualitative (par séparation des espèces présentes) et quantitative des espèces ioniques présentes dans un échantillon liquide dépourvu de matières en suspension. D'un point de vue analytique, cette technique est devenue intéressante grâce aux progrès réalisés que l'on peut regrouper en quatre catégories :

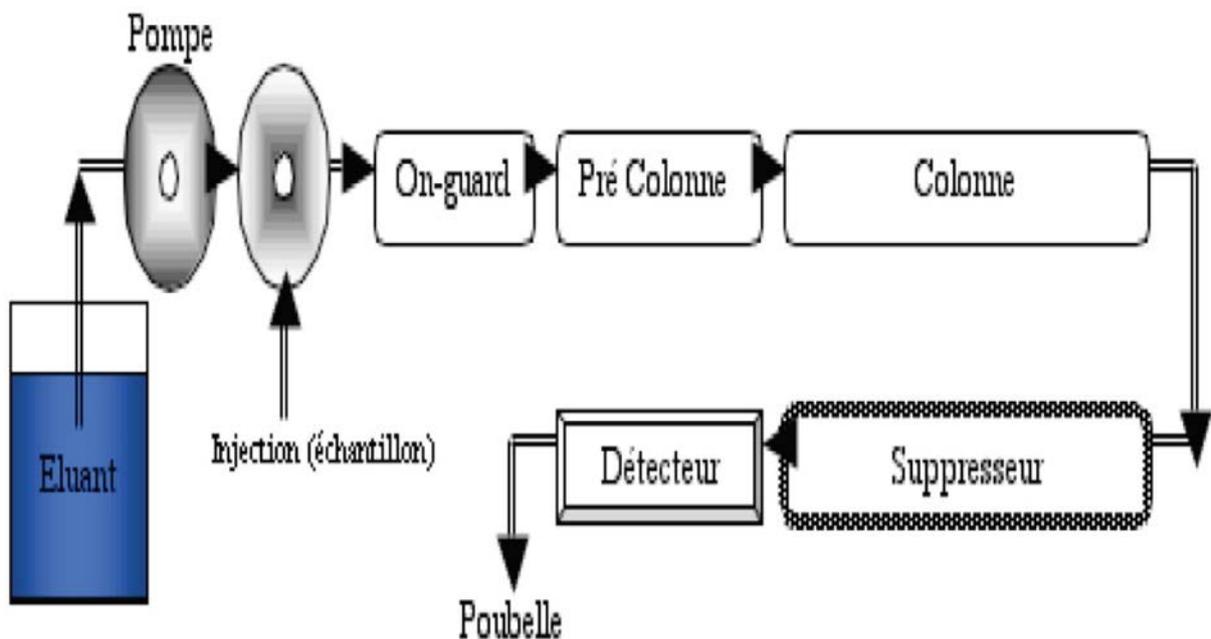
- ✓ meilleurs composants chromatographiques.
- ✓ résines échangeuses de plus grande efficacité.
- ✓ échantillons de faible volume.
- ✓ détection automatique.

La chromatographie ionique désigne plus un ensemble de méthodes de dosage des espèces ioniques qu'une séparation seule. Mais la configuration la plus fréquente

demeure la détection des anions par détection conductimétrique. Néanmoins, nous verrons que d'autres moyens de séparation et de détection sont possibles, en sachant que pour un appareil donné, on ne peut trouver plusieurs configurations simultanées [23].

**I.4.3- Principe de chromatographie ionique :**

La chromatographie est une technique de séparation qui repose sur la distribution des solutés entre deux phases non miscibles : une phase mobile (ou éluant) et une phase stationnaire (contenue dans la colonne). Chaque soluté injecté à l'extrémité de la colonne est soumis à deux effets antagonistes : l'entraînement par la phase mobile dans laquelle il est soluble et la rétention par la phase stationnaire avec laquelle il interagit. L'analyte est détecté à la sortie de la colonne par un détecteur approprié, la quantification s'effectue grâce à la réalisation d'une gamme d'étalonnage, chaque espèce étant détectée sous la forme d'un pic sous forme gaussienne dont l'aire est proportionnelle à la quantité injectée. Ils sont identifiés par le temps mis pour parcourir la longueur de la colonne (temps de rétention). La séparation est possible grâce aux différences d'affinités de ces composés vis-à-vis de la phase mobile et la phase stationnaire [14,15].



**Figure 3 :** Schéma de principe d'un appareil de chromatographie ionique

**I.4.4-Mode de détection :**

Il faut citer et préciser le fonctionnement du détecteur, En chromatographie ionique, même s'il existe plusieurs détecteurs qui ont été développés ces dernières années.

Les deux groupes de méthodes de détection utilisés couramment sont les suivants :

**Détection électrochimique :****- La détection conductimétrique :**

Ce détecteur ne peut pas détecter la présence d'eau, de méthanol et d'acide faible mais il peut détecter n'importe quelle substance ionique (anionique ou cationique). La conductivité d'un éluant en chromatographie ionique peut être déterminée soit après passage à travers d'un suppresseur (technique par suppression), soit directement (technique mono-colonne).

**Définition :**

En effet, tous les ions sont des conducteurs de courant électrique. La conductance électrique  $G$  d'un ion ou d'une solution s'exprime en Siemens (S), elle correspond à l'inverse de sa résistance.

Lorsqu'on applique une tension entre deux électrodes dans une solution aqueuse, un courant passe entre les deux électrodes et suit la loi d'Ohm :

$$E = R I$$

Ou :

**E** est la tension appliquée. [V]

**I** c'est le courant mesuré entre les deux électrodes. [A]

**R** la résistance électrique. [ohms]

Une cellule de mesure est composée de deux électrodes dont la section présente :

Une surface  $S$  en  $\text{cm}^2$ , séparées par une distance  $l$  cm, la conductance  $G$  (en Siemens) de la solution est proportionnelle à la surface et inversement proportionnelle à la distance  $L$ .

La conductance se définit selon la formule suivante :

$$G = \frac{I}{R} = \gamma \frac{S}{l} \text{ (S)}$$

La conductance est reliée à la conductivité par la relation :  $\gamma = K G$

Avec :

K : une constante en fonction de la géométrie de la cellule.

$\gamma$  : la conductance spécifique de la solution (Siemens/cm).

La conductivité ou bien la conductance est reliée directement à la concentration de l'espèce présente (dans une certaine mesure), il est défini comme suit :

$$G = \frac{\Lambda C}{1000 k}$$

Avec :

C la concentration (équivalent/L).

K : La constante de cellule ( $1/2 \cdot l \cdot cm^{-1}$ ).

$\Lambda$  : La conductance équivalente qui est la somme des conductivités ioniques limites de chaque ion, affecté de son coefficient stœchiométrique.

Le tableau 1 donne les conductivités ioniques limites pour chaque ion, à 25°C et en ohm[16].

### ***Le principe du conductimètre:***

Après avoir appliqué un champ électrique à deux électrodes plongeant dans un électrolyte, les ions vont se diriger vers l'électrode de charge opposée en créant une résistance qui sera en fonction du nombre d'ions ainsi que de leur mobilité (qui elle-même est fonction de la charge et de la taille de l'ion, de la température et de la nature de l'électrolyte). Un potentiel alternatif est imposé pour éviter tout problème d'électrolyse à la surface des électrodes.

On peut considérer que la conductivité est proportionnelle à la concentration des espèces présentes pour des solutions de faible concentration. Les variations de température influent fortement sur la conductivité, ce qui justifie l'utilisation de cellules de mesure thermostatées.

On obtient la conductivité d'un électrolyte en additionnant les deux conductivités ioniques

$$K = C (\Lambda_{\text{anion}} + \Lambda_{\text{cation}})$$

De plus, la mesure de la conductivité ne possède aucune sélectivité intrinsèque et ne donne qu'une indication globale de l'ensemble des conductivités des éléments présents dans la cellule de mesure. Ainsi, après séparation des ions sur la colonne, les éluants

fortement ioniques perturbent la détection conductimétrique en provoquant des bruits de fond notables, ce qui nécessite la mise en œuvre d'un suppresseur d'ions. [17]

- **La détection ampérométrique :**

La détection par ampérométrie avec courant continu : est utilisée dans la détection de la plupart des molécules facilement oxydées ou réduites. On applique une certaine tension fixe entre une électrode de référence et une électrode de travail, L'électrolyse des analytes à lieu avec un potentiel plus faible que le potentiel d'oxydo-réduction des composants de la phase mobile. Plusieurs analytes pouvant être détectés par ampérométrie,

citons :

les sulfures, les cyanures, les halogénures tout comme les composés aromatiques dont les cycles sont substitués par un hydroxyle ou par des groupements aminés.

Détection par ampérométrie avec courant alternatif : dans cette méthode le courant est mesuré seulement dans des zones déterminées de la ligne ondulée du potentiel. Elle est appropriée pour les analytes, dont les produits d'oxydation se déposent à la surface des électrodes de mesure, il s'agit notamment d'hydrates de carbone sous forme ionique à des valeurs élevées de pH ainsi que la plupart des composés sulfurés comme les thiols. [16]

➤ **La détection spectroscopique :**

**Détection par photométrie :**

cette technique se fait par une mesure directe de l'absorption des analytes dans les zones du visible ( $\lambda = 400 \text{ nm}$ ) ou les zones des ultraviolets ( $\lambda < 200 \text{ nm}$ ) du spectre électromagnétique, cette méthode concerne la plupart des molécules organiques possédant des groupements chromophores qu'il absorbe dans l'U.V ou VIS ou pour des acides ; amines aromatique ou hétérocyclique comme l'acide benzoïque, l'acide sulfobenzoïque, l'aniline, la pyridine.

Ce procédé repose toujours sur la même loi ; la loi de Beer-Lambert qui relie l'absorbance à la concentration. Bien qu'il existe plusieurs façons d'utiliser un tel détecteur en chromatographie ionique : [19]

$$A = \epsilon \lambda C$$

$\epsilon$  : coefficient d'absorptivité de l'espèce

$\lambda$  : longueur de la cellule ou trajet optique

$C$  : concentration de l'espèce en question.

**Détection directe :**

Le fait que certains anions absorbent dans la région UV du spectre rend cette mesure possible. La longueur d'onde qui est généralement utilisée est de 254 nm, Les substances qui montrent une faible ou aucune absorption dans le domaine de longueur d'onde considéré peuvent être analysées directement, en mesurant dans le domaine d'absorption maximum du système d'élution, apparaît plus utile pour détecter les anions suivants : bromates, iodures, iodates, nitrites, nitrates, sulfites (les autres n'absorbent pas). D'autre part, les complexes de chlorures métalliques absorbent aussi dans la région UV visible, la détection de UV/VIS est presque sélective [18,19].

**- La détection indirecte par photométrie :**

constitue aussi une alternative. Dans ce cas, on mesure la diminution de l'absorption de base due à la J'élution des analyses. Les ions à faible absorption dans l'UV peuvent être détectés dans les mêmes longueurs d'ondes d'absorption des composants de l'éluant. Pour réaliser cette mesure il faut respecter deux conditions :

L'éluant doit absorber le rayonnement incident.

Les composés doivent être transparents à celui-ci.

**Détection des complexes colorés :** le complexe choisi ne réagira qu'avec un certain nombre de composés, le **PAR** (4- (2- pyridylazo) résorcinol) est le réactif choisi par les constructeurs en raison du grand nombre de composés détectables ce qui rend cette détection spécifique [18].

**La détection par fluorescence :** Cette technique de détection est utilisable pour les composées organique, elle est toutefois peu utilisée en chromatographie ionique ceci s'explique par le fait que peu d'ions sont fluorescents. Cette dernière peut être utilisée pour les ions de petite taille après une dérivation post-colonne à cause de sa haute sensibilité [18,19].

**I-5- Domaine d'application :**

La chromatographie ionique est applicable dans plusieurs domaines, concernant particulièrement les analyses qui touchent à l'environnement y compris le domaine organique telles que les acides phénoliques, les carbamates, les aromatiques polynucléaires, les herbicides sont dosables en utilisant un réacteur chimique post-colonne et un détecteur UV-visible ou fluorimétrique. Dans le domaine minéral ; pratiquement tous les cations alcalins, alcalino-terreux ou métalliques sont dosables,

mais la technique n'est pas souvent concurrentielle vis-à-vis des méthodes classiques d'absorption ou d'émission atomique, particulièrement au point de vue rapidité et prix de revient. Pour ce qui est des anions par contre, cette technique a plusieurs avantages comme : elle permet d'obtenir rapidement. ( $\pm 10, 20$  minutes) et simultanément F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> avec une limite de détection de l'ordre d'1 ppm ou mieux. C'est grâce à sa sensibilité, sa spécificité, et aussi grâce à ses possibilités multi élémentaires qu'elle est donc particulièrement bien adaptée à l'étude des milieux riches en sels minéraux (sols ou eaux). Il est à noter que HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> sont également dosables, mais moyennant l'utilisation d'un autre éluant [20,21].

## *Chapitre II : MATÉRIEL ET MÉTHODES*

### II.1- METHODOLOGIE

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses des ions nitrate, chlorure et sulfate de l'eau de quelques puits situées dans la région de Hennaya-Tlemcen.

Les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire de Chimie Analytique & d'Electrochimie de l'université de Tlemcen.

Pour réaliser cette étude nous avons commencé par l'étape d'échantillonnage d'eau, en second étape nous avons effectué les analyses au laboratoire.

#### II-1.1- Présentation de la zone et localisation des échantillonnages :

- **Présentation de la zone d'Hennaya:**

La commune de Hennaya est une ville algérienne, située dans la wilaya de Tlemcen. Entourée par Chetouene ,zenata , Beni Mester , Située à 429 mètres d'altitude, la ville de Hennaya a pour coordonnées géographiques Latitude: 34° 57' nord Longitude: 1° 22' 0" ouest .

Le secteur agricole de la commune de Hennaya dont la superficie agricole totale est de l'ordre de 9.450 ha. La superficie agricole utile est de 9.232 ha dont 2.034 ha irrigués. La répartition des terres fait ressortir 6.400 ha de grandes cultures dont 4.600 ha de céréales, 750 ha de légumes secs, 1.050 ha de fourrages, 997 ha de maraichères dont 350 ha de pommes de terre, 1.107 ha toutes cultures confondues, 653 ha d'agrumes dont 500 ha en production, 143,5 ha d'oliviers dont 118 ha en production, 60 ha de vigne de table dont 3 ha de jeunes plantations. Quant aux ressources hydriques, la commune de Hennaya compte 50 puits, 45 forages, 2 sources, et 2 oueds [22].

- **Le cadre géologique :**

La plaine d'Hennaya du point de vue géologique, les formations dominantes dans le secteur d'étude sont d'âge Miocène, pliocène et quaternaire. Les sols sont formés par des dépôts alluvions anciennes. Le complexe forme un plateau comblé de dépôts alluvionnaires, Il présente à sa base des marnes du miocène et des Grès. Il est constitué de conglomérats, de travertins, de graviers et argiles. La tectonique que joue un rôle important dans la géologie de la région.

Les formations qui constituent essentiellement l'intérêt géologique de la plaine d'Hennaya sont les grés tortonies est les conglomérats.

### ▪ *Cadre hydrogéologique :*

La ravine d'Hennaya dit aussi ravine de sources, dans le bassin versant occupa une superficie d'environ 14 km<sup>2</sup>.

La plaine est sillonnée par deux oueds qu'ils sont parallèles descendent vers le nord-est tributaires de la Tafna :

- L'oued Sikkak
- Lachabet Khallouf

La limite Nord-est représentée par l'oued Isser qui affluent rive droite d'oued Tafna [22].

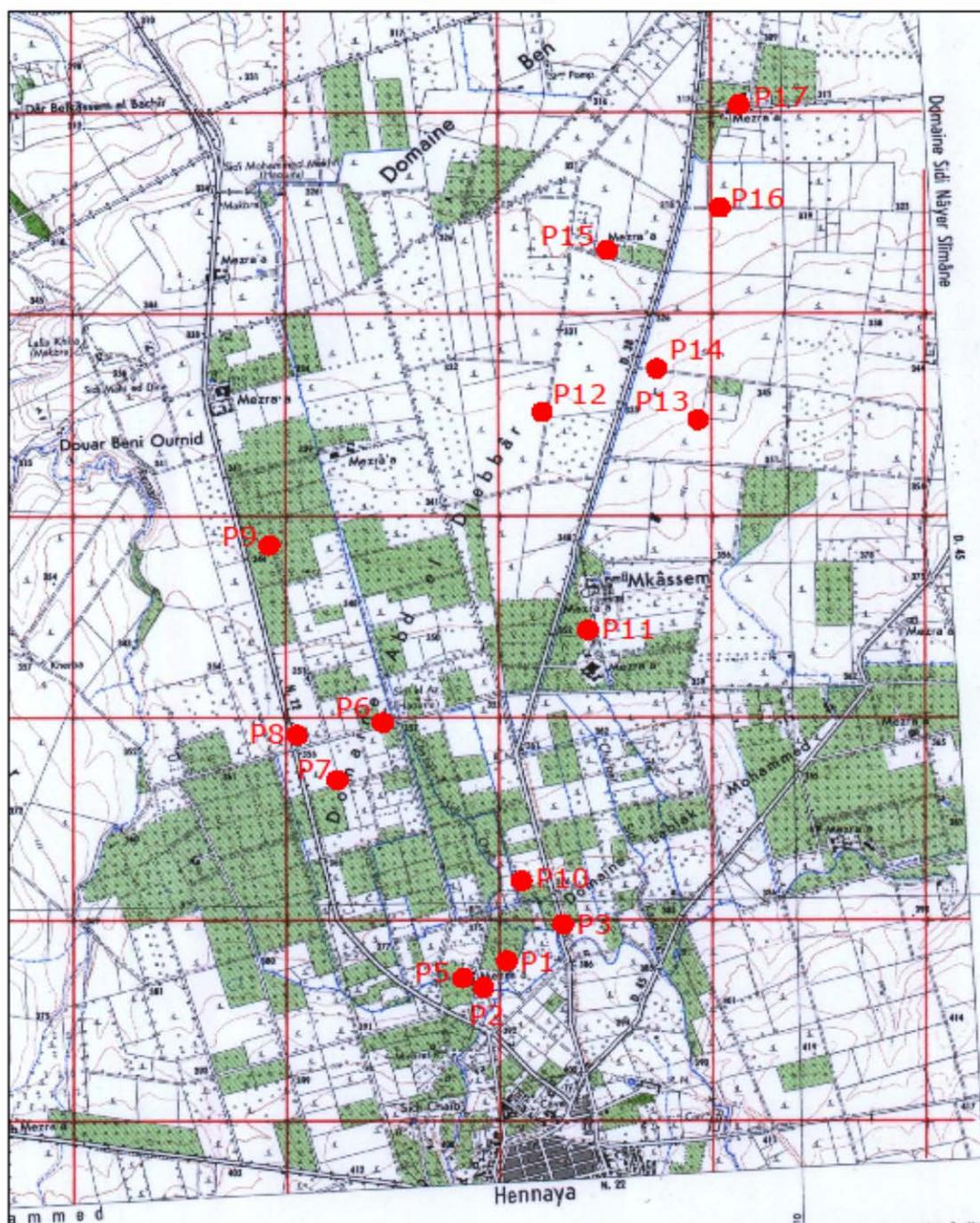
### ▪ *Localisation del'échantillonnage :*

Le choix de la localisation des points d'échantillonnage constitue la première étape de l'élaboration d'un programme d'échantillonnage. Ce choix a été effectué on prenant en compte : l'emplacement de la source de contamination (oued sikkak). Pour cela nous avons faisons une étude sur la qualité de l'eau dans la zone afin de vérifier la qualité de l'eau des puits de la nappe d'Hennaya pour un intérêt particulier, en raison de son utilisation à la fois pour l'irrigation et pour l'alimentation en eaupotable de plusieurs localités. Les points de prélèvement sont localisés sur une carte géographique (figure II.1). Pour mettre en évidence les sites les plus touchés par la pollution organique, nous nous intéressons plus particulièrement aux nitrates car ils font partie des principaux indicateurs de la pollution des eaux souterraines.

Le mauvais positionnement des points de mesure peut entrainer une interprétation erronée de l'étendue et de la nature de la contamination, c'est pour ça nous avons pris en considération des informations géologiques et hydrogéologiques avant d'élaborer le programme d'échantillonnage.

Plan de situation

Echelle: 1/25000



CARTE D'ALGERIE  
TLEMCEM 1/2 Echelle: 1/25000

Figure II.1 : Carte de localisation des prélèvements

**II. 1.2-Prélèvements des échantillons :**

Une analyse n'a de sens que si les prélèvements ont été entourés de soins suffisants pour que l'eau analysée représente bien celle que l'on désire connaître. Il conditionne les résultats analytique et l'interprétation qui sera donné, l'échantillon doit être homogène représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimique.

L'échantillonnage a été réalisé à 20-22/04/2017 concernant la nappe d'Hennaya dans des bouteilles en plastique en PET. La première chose quand arrivant sur le terrain, il est préconisé de relever les niveaux d'eau de chacun des puits. Les échantillons d'eau sont prélevés dans des bouteilles en plastique de 500 ml de capacité, ces bouteilles ont été préalablement lavées au détergent, rincées à l'eau de robinet, puis avec l'eau distillée. Les prélèvements ont été pris d'une manière directe, pas avec un pompage pour avoir des mesures bien précises. Au moment des prélèvements les bouteilles sont rincées 3 fois à l'aide de l'eau de puits à analyser. Le bouchon est placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air. Chaque flacon convient d'être étiqueté pour éviter les erreurs, et accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire. Les échantillons sont transportés dans une glacière 4°C jusqu'au laboratoire. Les analyses sont effectuées dans les 24h (pas de conservation pour les analyses nitrite et nitrate).

**II.2- PRODUITS ET MATÉRIEL :**

- Chromatographie ionique (881 compacte IC pro, Metrohm).
- Balance analytique de précision 0,01mg (SORTORIUS)
- Carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).
- Hydrogénéocarbonate de sodium. ( $\text{NaHCO}_3$ ).
- Acide sulfurique. ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Appareil de production eau ultra pure.
- Unité de filtration sur membranes.
- Solution étalon commerciale de fluorure ( $\text{F}^-$ ) de 1000 mg/l (flukaanalytical)
- Solution étalon commerciale de chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) de 1000 mg/l (flukaanalytical)
- Solution étalon commerciale de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) de 1000 mg/l (flukaanalytical)
- Solution étalon commerciale de Fluorure ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) de 1000 mg/l (flukaanalytical)

- Filtre à seringue (0.45µm) et une seringue (10 ml).
- Colonne de séparation **Metrosep A Supp 4 - 250/4.0 (6.1006.430)** (**figure II.2**) avec les paramètres suivants :
  - La phase stationnaire : alcool polyvinylique avec groupes ammonium quaternaires
  - Dimension de la colonne : 250 x 4.0 mm.
  - Taille des particules 9µm
  - Débit maximum 2.0 mL/min
  - Pression maximale 12 MPA
  - Gamme de pH : 3- 12
  - Gamme de température : 20- 60°C



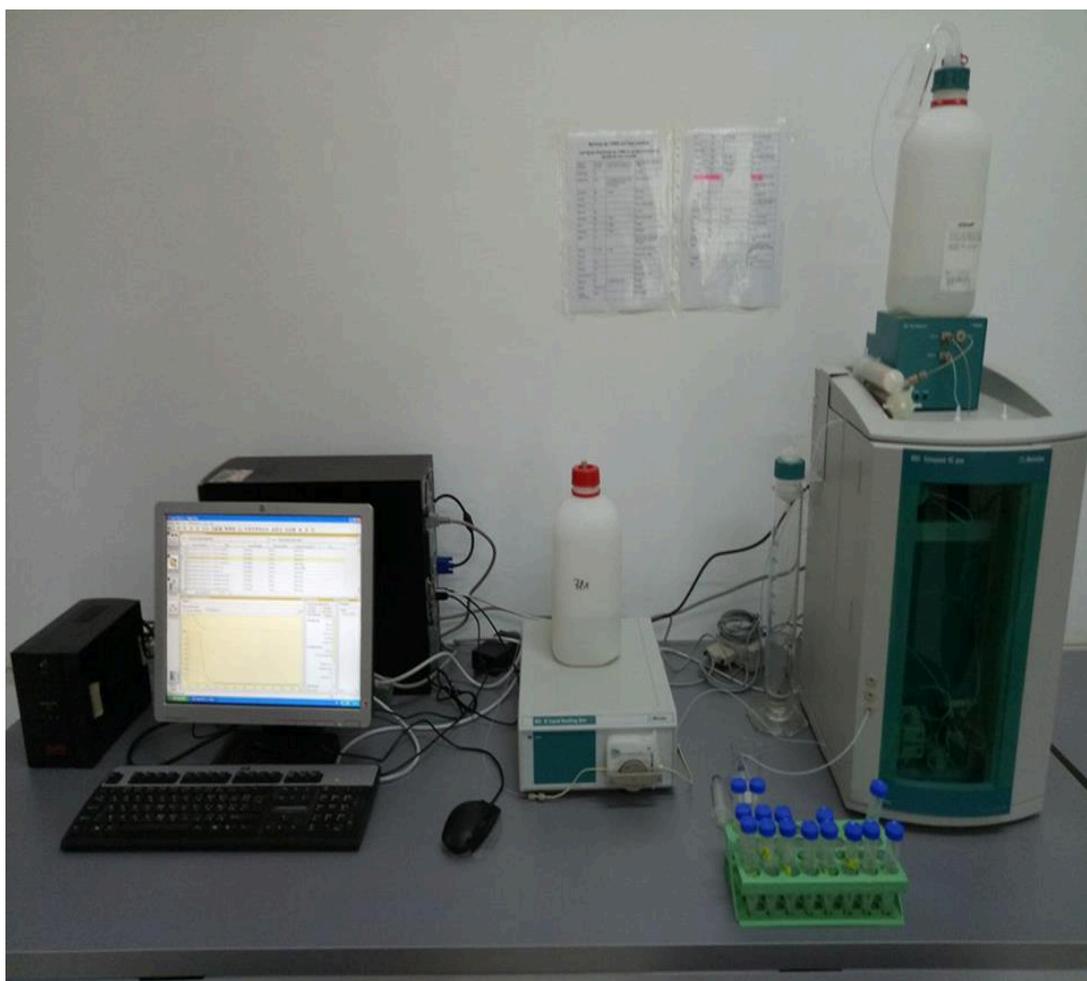
**Figure II.2** : Colonne échangeuse d'anions de type **Metrosep A Supp 4 - 250/4.0 (6.1006.4)**

- Appareillage de chromatographie ionique :

Le dosage des ions nitrate, chlorure et sulfate a été réalisé à l'aide d'un appareil de chromatographie ionique de marque METROHM, Model **881 Compact IC Pro**(figure III.1) comprend les éléments suivants
- Une pompe HPLC :La pompe haute pression est un élément central réglée pour un débit de 1 ml par 20 minute , ce qu'il entraîne une pression en haut de colonne de : 6.3 MPa à 6. 48 Mpa selon la température. Tous les instruments sont équipés

à une vanne de purge, un filtre en ligne et un amortisseur de pulsation avec un dégazeur d'éluant .

- Une boucle d'injection d'échantillon variable de 20  $\mu\text{L}$  à 100 $\mu\text{L}$  .
- Suppresseur : Suppression chimique ou suppression séquentielle les 2 modes Permettent une sensibilité d'analyse exceptionnelle avec un bruit de fond inférieur à 0.2  $\text{nS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , cela garantit des limites de détection dans la gamme du 1  $\mu\text{g}/\text{L}$  et plus. Sont résistants à la pression.
- Détecteur : Le détecteur Compact CI 881 est basé sur la mesure de la conductivité. Il assure des résultats corrects et précis dans une gamme qui s'étend du domaine de traces.
- Ordinateur : Un ordinateur branché avec l'appareil contrôlé par le logiciel MagICNet™.



**Figure II.3** : chromatographie ionique model (881 Compact IC pro)

**II. 3- Préparation des solutions :****II.3.1-Préparation des éluants :**

- ✓ Solution de 1,8mM de carbonate de sodium / 1,7mM de bicarbonate de sodium :

On dissout 0,3815g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  et 0,28563g de  $\text{NaHCO}_3$  dans une fiole jaugée de 2L, puis on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau ultra-pure.

- ✓ Solution de 3mM de carbonate de sodium / 3mM de bicarbonate de sodium :

On dissout 0,155g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  et 0,126g de  $\text{NaHCO}_3$  dans une fiole jaugée de 500ml, puis on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau ultra-pure.

- ✓ Solution de 4mM de carbonate de sodium / 4mM de bicarbonate de sodium :

On dissout 0,211g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  et 0,168g de  $\text{NaHCO}_3$  dans une fiole jaugée de 500ml, puis on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau ultra-pure.

Tous les éluants préparés ont été micro-filtrés sur des micro-filtres 0,45 $\mu\text{m}$  (figure II.4).



**Figure II. 4 :** Unité de micro-filtration par membrane à 0.45  $\mu\text{m}$

II. 3.2-Préparations des solutions étalons :

Tableau II. 1 :Les concentrations des solutions étalons pour le dosage des anions.

Solution étalon	Cl ppm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ppm
Standard 1	1,000	1,000	1,000
Standard 2	2,000	2,000	2,000
Standard 3	9,996	10,083	10,001
Standard 4	20,020	20,095	20,073
Standard 5	50,146	50,006	49,963

Les solutions étalons : standard 1, standard 2, standard 3, standard 4, standard 5 ont été préparées à partir des solutions commerciales de 1000 mg/L précédentes. Les concentrations finales sont indiquées dans les tableaux suivants :

- Courbes d'étalonnages pour les ions Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> :

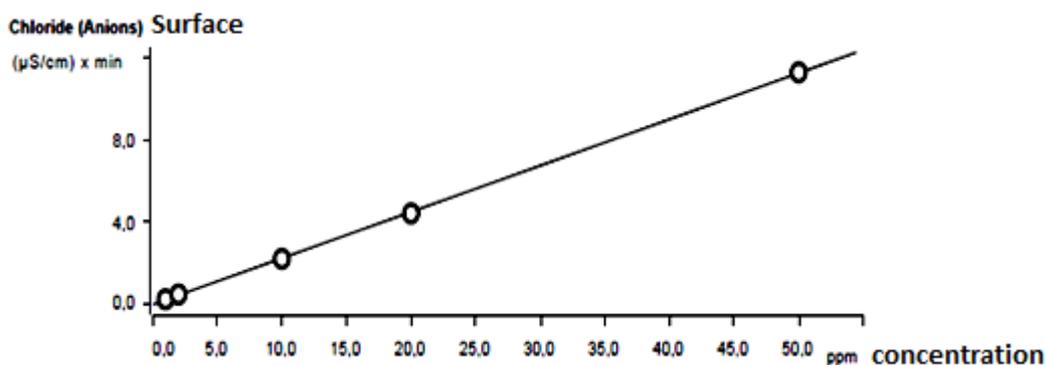


Figure II.5 : Droite d'étalonnage pour les ions, Cl<sup>-</sup>

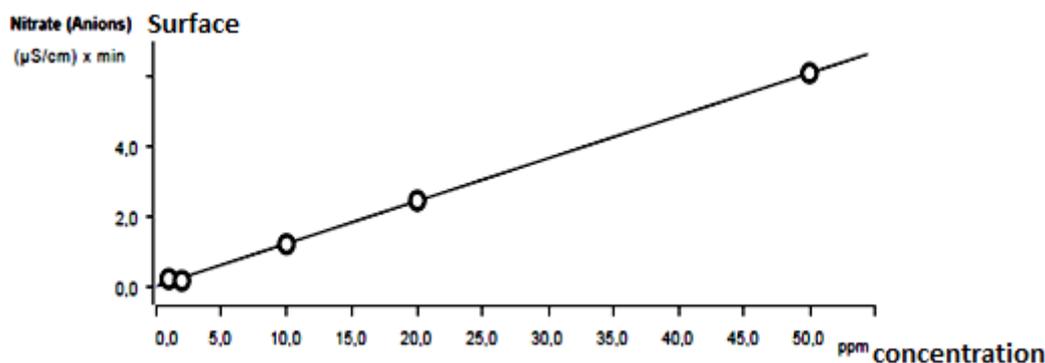


Figure II. 6: Courbe d'étalonnage pour les ions Nitrate.

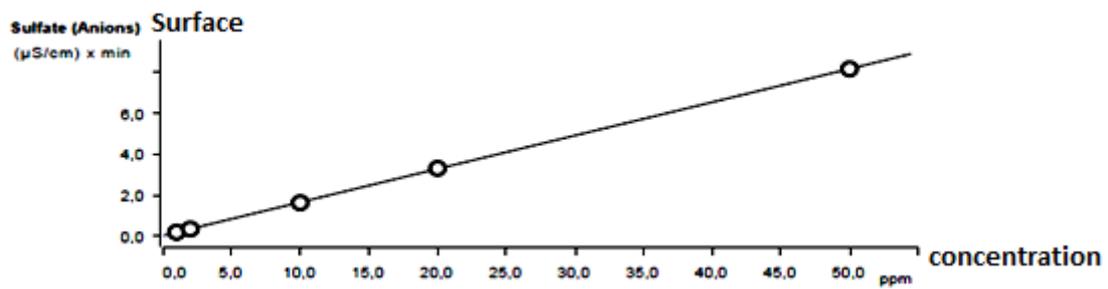


Figure II.7 : Droite d'étalonnage pour les ions sulfate.

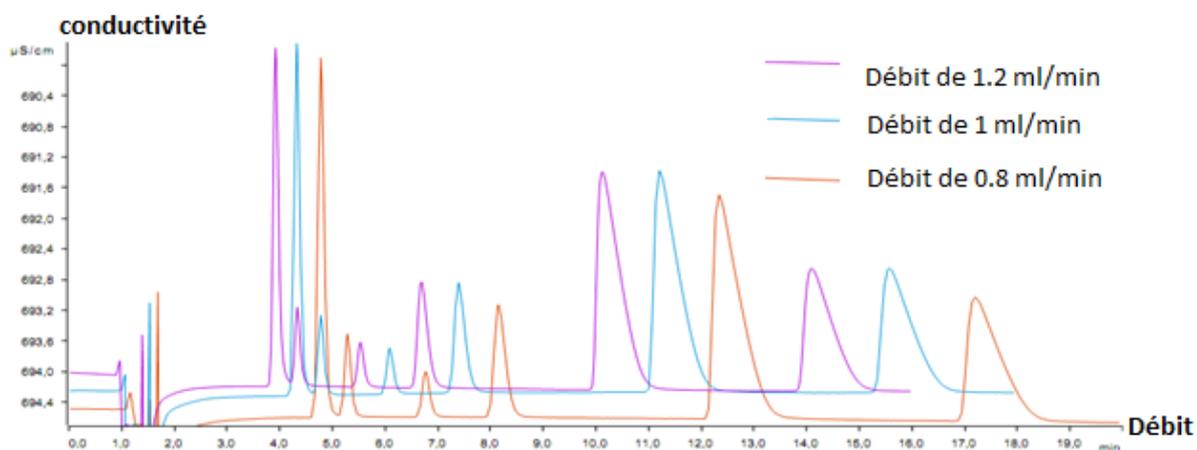
Les trois courbes d'étalonnages pour les ions : chlorure, nitrate et sulfate représentent un bon linéaire avec des coefficients de corrélation 0.999.

## *Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSIONS*

## III. 1- PARAMETRES INFLUENÇANT SUR LE TEMPS DE RETENTION :

## ➤ Effet du débit :

L'influence du débit sur le temps de rétention est représentée dans la figure III.1.



**Figure III.1:** Influence du débit sur le temps de rétention des ions  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  de l'étalon 4.

Cette figure montre une diminution très nette sur les temps de rétention pour les débits croissants. La variation du temps de rétention est de même ordre et la sélectivité n'est pas affectée par les variations des débits. Le temps de rétention est donc directement proportionnel au débit. Cela s'explique par le fait que lorsqu'on augmente le débit (la vitesse de la phase mobile), la pression dans la colonne sera importante. Par conséquent, l'élution des analytes sera plus accélérée.

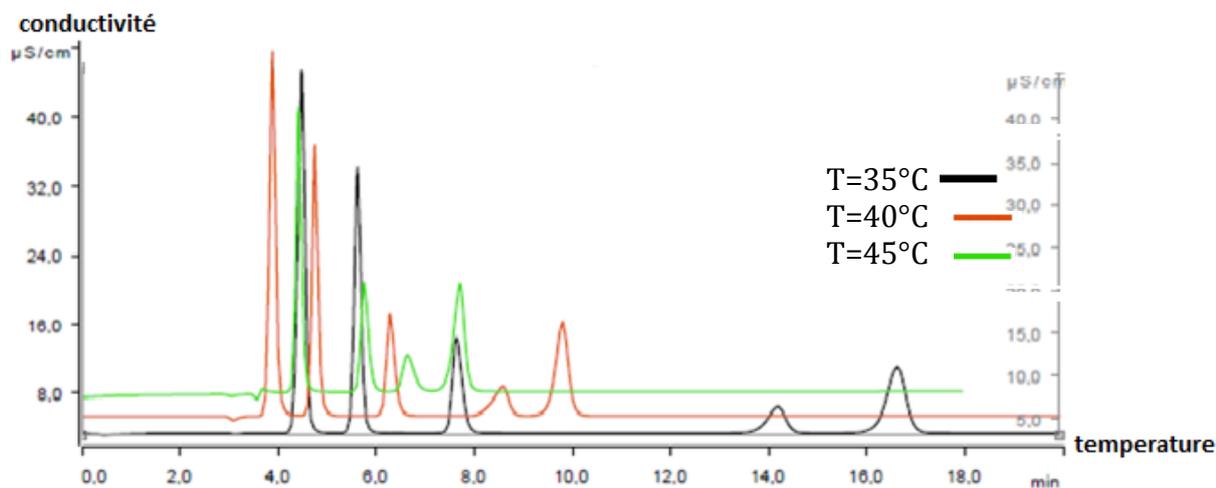
## ➤ Effet de la Température :

La chromatographie est une série d'équilibres où les analytes sont soit dissous dans la phase mobile, soit adsorbés à la phase stationnaire de la colonne. En effet plus la température est élevée, plus l'échange des analytes est rapide entre la phase mobile et la phase stationnaire, par conséquent les temps de rétention sont raccourcis.

La diminution de la viscosité de la phase mobile avec l'augmentation de la température permet de réduire les temps rétention et l'amélioration des débits de transfert de masse

entre les phases mobile et stationnaire permet d'obtenir une bonne efficacité chromatographique à des débits supérieurs à ceux optimisés à température ambiante.

La figure III.2 montre l'effet de la température sur le profil d'éluion obtenu avec une colonne échangeuse d'anions du standard 4. On remarque que l'éluion des anions est plus accélérée lors d'une augmentation de la température.



**Figure III.2** Effet de la température sur la séparation des ions  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$  et  $SO_4^{2-}$  de l'étalon 4.

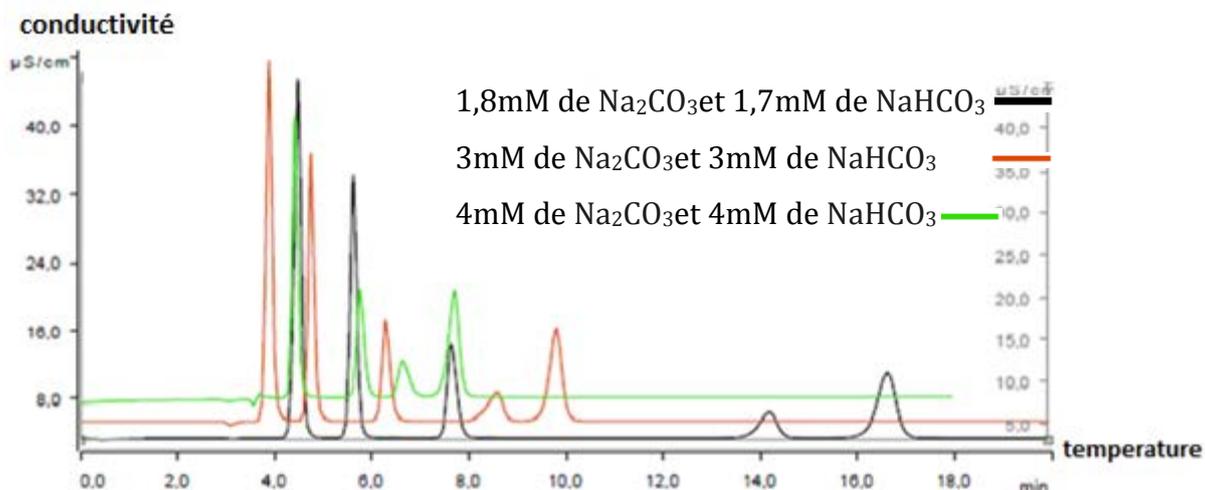
➤ **Effet de la force ionique (concentration de l'éluant) :**

En chromatographie ionique plus la force ionique de l'éluant (concentration des anions de l'éluant) est élevée, plus l'ion analyte est élué rapidement. L'augmentation de la force ionique de l'éluant aura comme effet qu'il y aura davantage d'anions provenant de l'éluant pour faire compétition avec l'anion analyte vis-à-vis du nombre limité de sites cationiques de la phase stationnaire. L'anion analyte pourra donc établir moins d'interactions avec la phase stationnaire et il sera moins retenu par la colonne, d'où son élution sera plus rapide.

La figure III. 3 présente l'effet de la force ionique de l'éluant sur le profil d'éluion obtenu avec une colonne échangeuse d'anions du standard 4. On remarque un gain très important sur le temps de rétention des anions avec l'augmentation de la force

ionique. Par ailleurs, on observe la disparition du pic de fluorure avec la composition plus concentrée de l'éluant (4mM de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> et 4mM de NaHCO<sub>3</sub>).

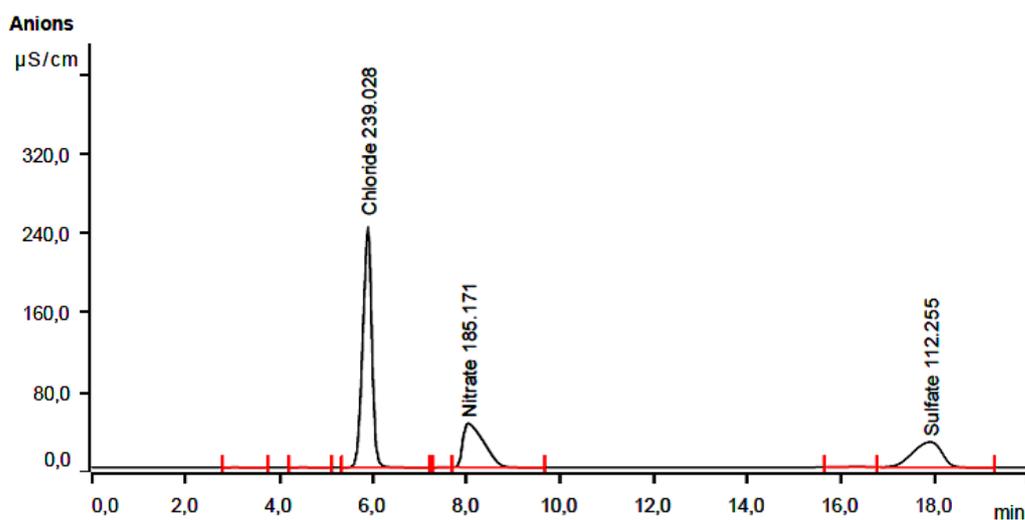
**Figure III.3 :** Effet de la force ionique sur le temps de rétention des ions F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> de l'étalon 4.



**III. 2- RESULTATS D'ANALYSE :**

Les résultats d'analyse sont représentés dans le tableau III.2.

▪ **Exemple d'un chromatogramme (puits N°2):**



**Figure III.4 :** Chromatogramme de l'échantillon d'eau de puits n° 2.

Ce chromatogramme montre l'absence des pics caractéristiques des ions  $F^-$  et  $PO_4^{3-}$  et la présence de trois pics à 5.9, 8.03 et 17.89 min relatifs aux ions chlorure, nitrate, sulfate respectivement.

Les résultats de l'analyse de cet échantillon sont résumés dans le tableau III.1 :

**Tableau III- 1** : Résultats d'analyse de l'eau de puits N°2.

Nom de l'anion	Temps de rétention / min	Surface ( $\mu s/cm$ ) x min	Hauteur $\mu s/cm$	Concentration ppm
Chlorure	5.900	53.860	242.03	239.02
Nitrate	8.035	22.530	44.171	185.171
Sulfate	17.895	18.311	25.519	112.255

**Tableau III- 2** : Résultats d'analyse des eaux des puits du fossé d'HENNYA. [c] :ppm

Puits	Chlorure	Nitrate	Sulfate
P1	219.53	129.72	120.79
P2	231.84	174.05	108.88
P3	286.17	137.04	130.01
P4	284.49	144.15	118.2
P5	232.48	159.34	107.89
P6	227.42	110.28	85.97
P7	235.19	106.11	84.57
P8	323.72	189.92	109.84
P9	266.41	97.99	103.12
P10	217.38	110.46	97.63
P11	425.76	217.26	178.77
P12	330.63	136.44	121.34
P13	185.47	184.92	176.65
P14	336.41	134	123.31
P15	353.40	149.39	122.22
P16	545.60	169.192	138.5
P17	411.28	182.93	136.02

L'ion chlorure est un élément conservatif. Les sources naturelles de chlorures sont souvent les mêmes que pour le sodium, à l'exception de l'échange ionique dans les eaux souterraines, qui n'apporte pas de chlorures et de l'altération des silicates, qui ne joue qu'un très faible rôle.

La charge en chlorures d'origine anthropique dans l'eau souterraine provient souvent du lessivage des chaussées (sel de déverglaçage), mais aussi des déchets industriels et ménagers ou des engrais contenant des chlorures.

Dans les eaux souterraines, les teneurs en ions chlorures peuvent atteindre quelques grammes par litre au contact de certaines formations géologiques.

La pollution apporte aux eaux de surfaces des quantités appréciables de chlorures ; les excréments humains, en particulier l'urine, riches en chlorures, sont responsables d'un apport d'environ 6 g d'ions  $\text{Cl}^-$  par personne et par jour. Les eaux usées sont plus riches en chlorures que les eaux potables. C'est pourquoi une augmentation de la teneur en  $\text{Cl}^-$  dans une eau potable peut parfois être signe d'infiltration d'eaux usées. Les normes algériennes prescrivent une valeur limite de 500 mg/L, la réglementation française et américaine indique une valeur de 250 mg/L, alors que les normes de la CEE préconisent une concentration de 200 mg/L.

Si la teneur est supérieure à cette valeur, elle affecte alors le goût de l'eau, la rend corrosive et nocive pour les plantes.

L'inconvénient majeur des chlorures dans les eaux de consommation est la saveur désagréable.

D'après les résultats trouvés, la concentration en ions chlorures dans la plupart des échantillons étudiés est élevée ( $> 200\text{mg/L}$ ).

Les sulfates présents dans l'eau souterraine proviennent essentiellement de la dissolution des minéraux évaporitiques sulfatés (p. ex. gypse, anhydrite). Du fait de la solubilité élevée des sulfates, l'eau souterraine en conditions normales peut en contenir jusqu'à 1.5 g/L. L'oxydation des sulfures (p. ex. la pyrite) ainsi que la dégradation de la biomasse dans le sol constituent d'autres sources possibles. De nombreuses activités humaines peuvent générer des apports de sulfates dans l'eau souterraine : application d'engrais sulfatés, précipitations chargées en dioxyde de soufre, eaux usées industrielles, eaux de percolation de décharges de déchets, gravats,

etc. En conditions réductrices, des bactéries spécifiques peuvent transformer les sulfates dissous dans l'eau souterraine, en hydrogène sulfuré gazeux (H<sub>2</sub>S).

La présence de sulfate dans l'eau de boisson peut lui communiquer un goût notable qui varie selon la nature de cation associé, mais de point de vue sanitaire les concentrations élevées en sulfate ne sont pas inquiétantes.

Les teneurs en sulfate pour les eaux étudiées varient entre 84 mg/L et 176 mg/L. Les normes algériennes indiquent un niveau guide de 200 mg/L et une concentration maximale admissible de 400 mg/L. L'OMS recommande une valeur limite qui ne dépasse pas 250 mg/L.

L'azote, élément nutritif essentiel aux cultures, s'ajoute principalement au sol par la décomposition de la matière organique naturelle (déchets végétaux et animaux), la fixation d'azote atmosphérique par certains organismes (p. ex. les légumineuses) et l'épandage de fumier et d'engrais minéraux. L'azote peut être assimilé par les cultures quand il est soluble dans l'eau, notamment sous forme de nitrates. Comme ils sont solubles, les nitrates qui ne sont pas absorbés par les cultures peuvent être entraînés par l'eau sous la rhizosphère (zone de la couche arable occupée par les racines) et jusqu'aux aquifères. On retrouve des nitrates à l'état naturel dans toutes les eaux souterraines, mais l'activité agricole peut contribuer à accroître les concentrations.

Les nitrates ne sont pas dangereux par eux même, mais peuvent être à l'origine de la formation de composés chimiques (nitrite, nitrosamine) qui engendrent des dangers potentiels pour la santé humaine.

L'ion nitrate représente la seule sorte de pollution qui résiste à la filtration naturelle des eaux donc les nitrates sont un véritable fléau car c'est une pollution dangereuse est persistante.

Les puits analysés présentent des valeurs très supérieures (entre 99 et 190 mg/L) à la concentration maximale admissible imposée par la norme algériennes et la norme OMS et qui est de 50 mg/L.

## CONCLUSION

---

L'environnement fait partie des problèmes majeurs de ces dernières années. Les questions liées à la qualité de l'eau font l'objet d'une attention toute particulière. Dans ce contexte, la pollution des eaux souterraines par les nitrates est ressentie avec acuité car il s'agit là d'un enjeu majeur : préserver une ressource vitale.

Ce modeste travail avait comme objectif d'évaluer la qualité de l'eau de la nappe phréatique de la région d'HENNAYA-Tlemcen en déterminant la teneur en ions nitrate dans les eaux de quelques puits de cette région. Et ceci pour un intérêt particulier, en raison de l'utilisation de ces puits à la fois pour l'irrigation coté agriculture et pour l'alimentation en eau potable.

Les résultats trouvés montrent des fortes teneurs en ions nitrate dans tous les puits analysés. Ces résultats permettent de conclure que la nappe phréatique de la région de Hennaya-Tlemcen est contaminée par la pollution organique.

Il est actuellement clairement établi que la pollution des eaux souterraines par les nitrates a des causes multiples. Certaines sources ponctuelles peuvent être mises en cause :

- l'existence d'anciennes décharges mal conçues,
- les fuites au niveau des canalisations d'eaux usées,
- certains rejets industriels,
- certaines installations d'élevage ne garantissant pas un stockage correct des lisiers,
- l'absence fréquente d'unités de dénitrification au niveau des stations d'épuration,
- une charge importante en nitrates des eaux de surface qui peuvent communiquer avec les nappes.

L'agriculture est également responsable d'une pollution diffuse qui peut se révéler très néfaste.

# *Références*

## Références

---

- [1] Hamami S. étude de dégradation des colorants de ppm textile par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels. Thèse de doctorat de l'université de paris-et Tunis el Manar,12/12/2008.
- [2] METAHRI Mohammed Said. thèse de doctorat. Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatés des eaux usées traitées par des procedesmixtes.cas de la STEP et la ville de tizi-ouzou.p3.01/07/2012.
- [3]Claire Konig, FUTURA PLANETE,Pollution de l'eau par l'Homme : causes et solutions, volume 618, p 6.
- [4] BOUCHEMAL.F.1, ACHOUR S.2 .Larhyss Journal 22 (2015),p 204 , QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET PARAMETRES DE POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA REGION DE BISKRA. 2015.
- [5] Guillaume JEGO, l'Université Toulouse III - Paul Sabatier, Agrosystèmes, écosystèmes et environnement, Influence des activités agricoles sur la pollution nitrique des eaux souterraines. Analyse par modélisation des impacts des systèmes de grande culture sur les fuites denitrate dans les plaines alluviales. Le 10 Octobre 2008.
- [6] Liebscher, H., Hii, B. et McNaughton, D. Nitrate and pesticide contamination of ground water in the Abbotsford aquifer, southwestern British Columbia. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Vancouver (1992).
- [7]Gilles Bourbonnais , le cycle de l'azote, NYA Pasc@l biologie, La nutrition chez les végétaux , chapitre-4, p2.
- [8] Katrina M. Miranda,1 Michael G. Espey, and David A. Wink , NITRIC OXIDE: Biology and Chemistry , Vol. 5, No. 1, A Rapid, Simple Spectrophotometric Method for Simultaneous Detection of Nitrate and Nitrite, pp. 62-64 , (2001).
- [9] TCHAPLA, SAVIDAN, ROSSET, « CHROMATOGRAPHIE », EncyclopædiaUniversalis[enligne],consultéle8/5/2017.URL:  
<http://www.universalis.fr/encyclopedie/chromatographie/>
- [ 10] Jean RODIER. L'analyse de l'eau. 9eme édition .p416. Paris 2009.
- [11] Dipl.-Ing. Claudia Eith Prof. Dr. Maximilian Kolb Prof. Dr. Andreas Seubert Dr. Kai Henning Viehweger (Editor) .Practical Ion Chromatography An Introduction. Edition n°1. P8. 2001-02.

## Références

---

- [12] Gwenole Burgot. Jean-louisBurgot. Méthodes instrumentales d'analyse chimique et application, Méthodes chromatographiques,électrophores.3éme édition.p120.
- [13] Mr Magniez frédéric. Biotechnologie.overbloge.Lachromaographie .2édition.24 février 2009.
- [14] Jean RODIER. L'analyse de l'eau. 9eme édition .p152, 153. Paris 2009.
- [15] Dipl.-Ing. Claudia Eith Prof. Dr. Maximilian Kolb Prof. Dr. Andreas Seubert.Introduction à la pratique de la chromatographie ionique. Introduction à la Pratique de la chromatographie ionique. Monographie Metrohm. CH-9101 Herisau, Suisse 8.792.5002 – 2002-11
- [16] Cheikh Moussa NDIAYE .etude de la chromatographie ionique comme methode de reference potentielle pour la détermination simultanée de cation ,alcalins,alcalino-terreux dans les eaux et les sols.universite cheikh antadiop de Dakar.juin 1998.
- [17] Francis Sondag. chromatographie ionique théorie et mise en oeuvre . Laboratoire Superficielles des Formations ORSTOM Bondy.P113
- [18] AXE ,D. Génie des Procédés, centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne. METHODES INSTRUMENTALES D'ANALYSE ET DE CARACTERISATION
- [19]BELHIA Fatima Zohra. L'étude des adventices des agrumes dans la région de Rémchi et de Hennaya Université AboubakrBelkaïd ,Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers,p 26. 2016
- [20] Jean RODIER. L'analyse de l'eau. 9eme édition .p164. Paris 2009.
- [21] Dr Thierry Brière Professeur agrégé. Valorisation des ressources naturelles ESIDAI 3.Université de la réunion.2010.
- [22] Dipl.-Ing. Claudia Eith Prof. Dr. Maximilian Kolb Prof. Dr. Andreas Seubert Dr. Kai Henning Viehweger (éditeur), Metrohm SA, CH-9101 Herisau, Suisse 8.792.5002, Introduction à la pratique de la chromatographie ionique ,p 119, 2002-11.

# *Annexes*

## Annexes

**TABLEAU 1** :lignes directrices de l'OMS 2003 et OMS 2006 en ce qui concerne la qualité de l'eau potable

Élément/substance	Symbole	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices OMS 2003	Lignes directrices OMS 2006
Aluminium	Al		0.2mg/l	0.2mg/l
Arsenic	As		0.01mg/l	0.01mg/l
Baryum	Ba		0.7mg/l	0.7mg/l
Béryllium	Be	<1µg/l	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Bore	B	<1mg/l	0.5mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	<1µg/l	0.003mg/l	0.003mg/l
Chlorure	Cl		Pas de valeur mais on peut noter un goût a partir de 250 mg/l	Pas de valeurs mais on peut noter un goût a partir de 250 mg/l
Chrome	Cr <sup>+3</sup> , Cr <sup>+6</sup>	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur	-		Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Cuivre	Cu <sub>2+</sub>		2 mg/l	2 mg/l
oxygène dissous	O <sub>2</sub>		Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Fluorure	F <sup>-</sup>	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l	1,5 mg/l
Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>		500 ppm	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H <sub>2</sub> S		0.05 à 1 mg/L	0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 - 50 mg/l	Pas de valeur guide	Pas de valeur guide
Plomb	Pb		0,01 mg/l	0,01 mg/l
Manganèse	Mn		0,4 mg/l	0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l	inorganique : 0,006

				mg/l
Nitrate et nitrite	$\text{NO}_3^-$ $\text{NO}_2^-$		50 et 3 mg/l (exposition à court terme)  0.2 mg/l (exposition à long terme)	50 et 3 mg/l (exposition à court terme)  0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité			Non mentionnée	Non mentionnée
pH			Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	< 0,1 mg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	< 200 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	$\text{SO}_4^{2-}$		250 mg/l	500 mg/l
TDS			Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1200 mg/l	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l	3 mg/l

**TABLEAU 2** Paramètres physico-chimiques (Normes Algérienne mars 2011)

paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration Max-admissible	observation
pH		6.5 à 8.5		
conductivité	µS/cm à 20° C	-	2280	
Résidu Sec	Mg/l après laséchage à 105 C	-	2000	En Correspondance avec la normalisation Des eaux
Dureté total	mg/l CaCo3	100	500	
Calcium	mg/l		200	

Magnésium	mg/l		150	
Sodium	mg/l		200	
Potassium	mg/l		12	
Sulfate	mg/l		400	
Chlorure	mg/l		500	
Nitrate	mg/l		50	
nitrite	mg/l		0.2	
Ammonium	mg/l		0.5	
phosphate	mg/l		0.5	
Oxydabilité (KmnO4)	mg/l		3	Mesure faire chaud et en milieu acide
O <sub>2</sub> dissous	mg/l	5	8	/
Aluminium	mg/l	-	0.2	/

# **Titre de Thèse : Contribution à l'étude de la pollution de l'eau souterraine de la région de Hennaya-Tlemcen par les nitrates**

---

NOM PRENOM : HASSAINE AMEL

DISCIPLINE : **Chimie**

SPECIALITE : **Chimie Analytique**

## **Résumé**

Ce modeste travail avait comme objectif d'évaluer la qualité de l'eau de la nappe phréatique de la région d'HENNAYA-Tlemcen en déterminant la teneur en ions nitrate dans les eaux de quelques puits de cette région. Et ceci pour un intérêt particulier, en raison de l'utilisation de ces puits à la fois pour l'irrigation coté agriculture et pour l'alimentation en eau potable. Pour cela nous avons étudié la géologie et hydrologie de cette la zone pour réaliser des bonnes prélèvements. Il conditionne les résultats analytique et l'interprétation qui sera donné, l'échantillon doit être homogène représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimique.

L'échantillonnage a été réalisé à 20-22/04/2017 concernant la nappe d'Hennaya dans des bouteilles en plastique en PET pour 17 prélèvement que nous avons localisé dans une carte géographique. Le dosage à été réaliser par une chromatographie ionique model 881 compact ic pro. Les résultats trouvés montrent des fortes teneurs en ions nitrate dans tous les puits analysés. Ces résultats permettent de conclure que la nappe phréatique de la région de Hennaya-Tlemcen est contaminée par la pollution organique.

## **Abstract:**

This modest work was aimed at assessing the water quality of the water table in the HENNAYA-Tlemcen region by determining the nitrate ion content in the waters of some wells in this region. This is of particular interest because of the use of these wells both for irrigation on the agricultural side and for the supply of drinking water. For this we studied the geology and hydrology of this area to make good samples. It conditions the analytical results and the interpretation that will be given , the sample must be representative and homogeneous obtained without altering the physico-chemical characteristics.

The sampling was carried out at 20-22 / 04/2017 concerns the Hennaya water table in PET plastic bottles for 17 samples, which we located in a geographical map. The assay was carried out by ion chromatography model 881 compact ic pro. The results found show high levels of nitrate ions in all the wells analyzed. These results lead to the conclusion that the water table in the Hennaya-Tlemcen area is contaminate by organic pollution.

