



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA  
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES  
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL ET D'HYDRAULIQUE



## Mémoire

MASTER PROFESSIONNEL

Domaine : Science et Technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Traitement et Epuration et Gestion des eaux

Présenté par :

**SAHED HADJER**

**LEMOUESSEKH AMANI**

**THEME :**

**Contribution à la proposition d'un programme  
d'estimation de la quantité de fluorure  
consommée quotidiennement dans le sud  
algérien (Ouargla)**

Devant le Jury composée de :

Mr : Kateb Samir

Pr (UKM Ouargla)

Président

Mr : Baouia Kais

Pr (UKM Ouargla)

Encadreur

Mme : Belmabedi Amel

MAA (UKM Ouargla)

Examinatrice

Mr : Mechri Laid

Docteur (UKM Ouargla)

Co-Encadreur

**Année Universitaire 2023/2024**

## الإهداء:

الحمد لله الذي ما اجتزنا دربياً ولا تخطينا جهداً إلا بفضلِه وإليه ينسب الفضل والكمال  
"وأخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين"

بعد مسيرة دراسية دامت سنوات، ها أنا اليوم أقف على عتبة تخرجي اقطف ثمار تعبتي وأرفع  
قبعتي بكل فخر، فالحمد لله حياً وشكراً وأمتناناً فما كنت لأفعل هذا لولا فضل الله فالحمد لله على  
البداء والحمد لله على الختام

أهدي هذا النجاح لنفسي أولاً ثم إلى كل من سعى معي لإتمام هذه المسيرة. دمتم لي سنداً لا عمر  
إلى الداعمة الأولى بحياتي شكري وأمتناني التي جعل الله الجنة تحت أقدامها وسهلت لي الشدائد  
بدعائها. سر قوتي ونجاحي ووهج حياتي أُمِّي الغالية

إلى من لا ينفصل أسمه عن أسمي، ذلك الرجل العظيم الذي علمني الحياة بأجمل شكل هو  
ملهمي، صانع قوتي، صفوة أيامي وسلوة أوقاتي إلى الشموع التي تنير لي الطريق والذي الغالي  
إلى قرة عيني من قاموا بتشجيعي دائماً إلى الوصول ومن دعمني بلا حدود واعطاني بلا  
مقابل أخوتي وأخواتي

إلى اختي صغيرتي وحببتي وداد حفظك الله وأوصلك إلى أعلى المراتب

إلى عائلتي عماتي وخالاتي، زوجة عمي اللواتي شجعنني ودعمنني للوصول وتمني النجاح لي  
إلى من تمنيت أن تقر أعينهم برؤيتي في هذا اليوم إلى من أحتضنهم التراب قبل أن يروني  
خريجة "جدي وجدتي" رحمهما الله

إلى رفيقات خطوات النجاح بدءاً من أول خطوة وانتهاءً آخر خطوة صديقاتي العزيزات

أخيراً الشكر موصول لنفسي على الصبر والعزيمة والإصرار، والتي كانت أهلاً للمصاعب ها  
أنا اختتم كل ما مررت به بفخر ونجاح الحمد لله من قبل ومن بعد،

راجية من الله تعالى أن ينفعني بما علمني وان يعلمني ما أجهل ويجعله حجة لي لا علي

سهاد هاجر

الإهداء:

من قال أنا لها "نالها  
لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها أن تكون لم يكن الحلم قريبا و لا الطريق كان  
محفوفا بالتسهيلات لكني فعلتها و نلتها.  
الحمد لله حيا و شكرا و امتنانا، الذي بفضلها ها أنا اليوم أنظر إلى حلما طال انتظاره و  
قد أصبح واقعا أفخر به.

إلى ملاكي الطاهر، وقوتي بعد الله داعمتي الأولى و الأبدية "امي" أهديك هذا الإنجاز  
الذي لولا تضحياتك لما كان له وجود، ممتنة لإن الله قد اصطفاك لي من البشر أما يا  
خير سند و عوض  
إلى من دعمني بلا حدود و أعطاني بلا مقابل "أبي".

إلى من قيل فيهم: (سَنَسُدُّ عَضُدَكَ بِأَخِيكَ) "أيمن، عبد السلام، محمد علي، محمد  
خليفة".

إلى من مد يده دون كلل ولا ملل وقت ضعفي: "أخي سندي أيمن" أدامك الله ضلعا  
ثابتا لي.  
إلى من تذكرني بقوتي و تقف خلفي كظلي "أختي كلثوم".

إلى من تمنيت أن تقر أعينهم برؤيتي في هذا اليوم إلى من أحتضنهم التراب قبل أن  
يروني خريجة "جدتاي رحمهما الله"

إلى شريكة الدرب الطويل، من أول خطوة إلى آخر خطوة "صديقتي مروة".

إلى الذين عمروني بالحب والتوجيه وأمدوني بالقوة الذين رزقني الله بهم لأعرف من  
خلالهم طعم الحياة "رشيدة، ربيعة، هاجر، مسعودة، شيماء".

إلى ضلعي الثابت وأمان أيامي أخوالي "رضا، فاتح، عبد الحق"

إلى كل من كان عوننا وسندا لي في هذا الطريق (خوالي، خالاتي، أعمامي، عماتي)

إلى أكثر أستاذة تركت بصمتها الجميلة بأخلاقها وتعاونها "وردة نصير"

إلى كل من ذكرهم القلب ولم يذكرهم القلم  
لموسخ اماني



Remerciement :

*On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr KAIS BAOUIA , on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire et aussi Dr MECHRI L'AID pour son aide pratique .*

*Nos remerciement s'adresse à Dr AMEL BELMAABDI pour son aide pratique, son soutien moral et ses encouragements dans ce parcours académique.*

*Nos remerciement s'adresse également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.*

## Résumé :

Cette étude vise à créer un programme permettant de déterminer le taux de fluorure dans le corps humain en fonction de sa consommation quotidienne, car des études antérieures ont montré que le thé et les aliments tels que les dattes, les pâtes, les légumes et les fruits sont des sources importantes de fluorure, largement consommés dans les régions du sud Algérienne. De plus, l'eau consommée dans la région est également riche en fluorure, dépassant les valeurs recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (1,5 mg/L) dans les puits de Miobliosan et la couche de Sinonian. La prévalence de la carie dentaire due à l'augmentation du taux de fluorure dans le sud constitue une épidémie silencieuse parmi la population. C'est pourquoi nous avons tenté de proposer ce programme, qui permet à l'utilisateur de connaître son taux de fluorure corporel et de déterminer s'il est exposé à un risque de toxicité ou à d'autres symptômes mentionnés dans l'étude, ainsi que de proposer des solutions.

## Abstract:

This study aims to create a program that allows for the détermination of Floride Levels in the human body based on daily consumption, as previous studies have found that tea and Food items (such as dates, pasta, vegetables, fruits, etc.) are sources of Floride and are the most consumed in southern regions. Additionally, considering that the water consumed in the area is also rich in Floride ions, exceeding the permissible values set by the World Health Organization (1.5 mg/L) in Myoplosan wells and the Sinonian layer. Tooth decay due to increased Floride ion concentration in the south is considered a silent epidemic spreading among the population. Therefore, we attempted to propose This Program That allows users to know their Floride Levels and determine if they are at risk of toxicity or other symptoms mentioned in the study, along with suggesting solutions.

## ملخص:

يعد زيادة تركيز أيون الفلورور بمتابفة وباء صامت في أخف اشكاله إصابة الأسنان بالتسوس وحسب دراسات سابقة وجد أن الشاي والمواد الغذائية (تمر، عجائن، خضر، فواكه...) تعتبر من بين مصادر عنصر الفلورور وهي الأكثر إستهلاكا في مناطق الجنوب الجزائري. نشير أن تركيز الفلورور في مياه الابار المستهلكة (طبقة ميوبليوسان والسينونيان) تفوق القيم المسموح بها من طرف المنظمة العالمية للصحة (1,5مغ/ل).

في هذه الدراسة حاولنا المساهمة باقتراح برنامج يسمح بمعرفة نسبة الفلورور المستهلكة من طرف المواطن في الجنوب الجزائري (ورقلة)، وإمكانية المعالجة والحلول الممكنة.

## Table des illustrations :

Figure I-1: Carte de la localisation géographique de l'oasis de Ouargla .....	11
Figure I-2: Carte de situation géographique de la one de Ouargla .....	12
Figure I-3: Coupe géomorphologique schématique de la vallée de Ouargla.....	12
Figure I-4: Carte géologique régionale (BG.2004) <sup>[5]</sup> .....	13
Figure I-5: Carte géologique locale(BG.2004) <sup>[5]</sup> .....	14
Figure I-6 : courbe caractéristique de la température moyennes de Ouargla (2021-2023). ....	15
Figure I-7: Précipitations totales sur le mois à Ouargla en (2021-2023).....	16
Figure I-8: courbe caractéristique de Vitesse de vent sur le mois à Ouargla en (2021-2023).17	
Figure I-9: courbe caractéristique de L'humidité sur le mois à Ouargla en (2021-2023).....	18
Figure II-1:L'appareil utilisé par H. Moissan par électrolyse d'un système HF-KF en 1886 <sup>[3]</sup> · .....	20
Figure II-2: le tableau périodique montre le fluore .....	21
Figure II-3:Une représentation en 3D de structure de l'atome de fluor respectifs .....	22
Figure II-4 :Représentation d'atomes et de leur ions La structure de l'atome de fluor. ....	22
Figure II-5: Minéraux fluorés essentiels.....	24
Figure II-6: Carte montrant les pays souffrant de fluorose (UNICEF). ....	24
Figure II-7 : infection modérée par fluorose dentaire                      primo-infection fluorose dentaire .....	29
Figure II-8 : Un échantillon de fluorose montant l'osseuse dans divers organes du corps .....	29
Figure II-9: Illustre les étapes de base de l'osmose inverse .....	32
Figure IV-1: The main window .....	51
Figure IV-2: la forme de feuille (forme) .....	51
Figure IV-3:la forme de la Boîte à outils (The Tool Box).....	52
Figure IV-4: la forme de bouton de commande (command button) .....	52
Figure IV-5: la forme de l'étiquette(label) .....	52
Figure IV-6: la forme de la zone de texte (text box). ....	53
Figure IV-7: la forme de bouton d'option (option button .....	53
Figure IV-8:la forme de liste combinée(combo box) .....	53
Figure IV-9: la forme de liste simple(liste box) .....	54
Figure IV-10: la forme case à cocher (check box) .....	54
Figure IV-11:la forme de la fenêtre propriétés(the properties window) .....	55
Figure IV-12: la forme de la fenêtre projet (the Project window) .....	55
Figure IV-13: La forme 1 de programme .....	56
Figure IV-14: La forme 2 de programme de traitement .....	57
Figure IV-15 :L'organigramme de programme .....	59

## Listes des tableaux :

Tableau I.1: la température moyenne à Ouargla en (2021-2023) <sup>1</sup> .....	15
Tableau I.2:Précipitations totales sur le mois à Ouargla en (2021-2023) .....	16
Tableau I.3 :Vitesse de vent sur le mois à Ouargla en (2021-2023) .....	17
Tableau I.4:L'humidité sur le mois à Ouargla en (2021-2023) .....	18
Tableau II.1: Principale caractéristique physique de fluor .....	21
Tableau II.2: Taux d'intoxication par fluorescence dans le sud-est.....	27
Tableau II.3: La relation entre la concentration de fluorure dans l'eau et ses symptômes de santé .....	28
Tableau II.4: Normes de consommation de fluorure aux États-Unis d'Amérique par âge .....	28
Tableau III.1: Concentration de fluorure dans les légumes.....	35
Tableau III.2: Concentration de fluorure dans les fruits.....	36
Tableau III.3: Concentration de fluorure dans les dates.....	36
Tableau III.4: Concentration de fluorure dans les céréales .....	37
Tableau III.5: Concentration de fluorure dans les thés verts.....	37
Tableau III.6: Le rendement d'élimination d'ion fluorure ( forage Beldte Omar ).....	38
Tableau III.7 : Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Mekhadema3).....	38
Tableau III.8: La quantité de l'élimination des ions fluorure( forage Beldte Omar).....	38
<i>Tableau III.9</i> : La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage El- Mekhadema3) .....	38
<i>Tableau III.12</i> : Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Beldte Omar) .....	39
Tableau III.13 : Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Mekhadema3).....	39
Tableau III.14 : La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage Beldte Omar) .....	39
<i>Tableau III.15</i> : La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage El- Mekhadema3) .....	39
<i>Tableau III.18</i> : Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Beldte Omar) .....	40
Tableau III.19: Le rendement de traitement de l'eau de puit d'El- Mekhadema3 .....	40
Tableau III.20: La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage Beldte Omar) .....	40
<i>Tableau III.21</i> : La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage El- Mekhadema3) .....	40
<i>Tableau III.24</i> : Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Beldte Omar) .....	41
Tableau III.25: Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Mekhadema3).....	41
Tableau III.26: La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage Beldte Omar) .....	41
<i>Tableau III.27</i> : La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage El- Mekhadema3) .....	41
Tableau III.30:Changement de concentration de fluorure dans une station de dessalement par osmose inverse.....	42
Tableau III.31: Le Cout des méthodes de réduction des ions de fluorure .....	42

## Table des matières

I	.....	11
I.1	Introduction.....	11
I.2	Présentation de la région d'étude : .....	11
I.3	Géographie :.....	11
I.3.1	<i>Situation géographique</i> : .....	11
I.4	Géomorphologie : .....	12
I.5	Géologique :.....	13
I.5.1	<i>Géologie régionale</i> :.....	13
I.6	Géologie locale : .....	13
I.7	Hydrologie : .....	14
I.8	Les principales caractéristiques de la vallée d'Ouargla :.....	14
I.8.1	<i>Température</i> : .....	15
I.8.2	<i>Précipitations</i> : .....	15
I.8.3	<i>Vitesse du vent</i> : .....	16
I.8.4	<i>L'humidité</i> : .....	17
I.9	Conclusion : .....	18
II	Introduction :.....	20
II.1	Les caractéristiques physico-chimiques du fluor :.....	21
II.1.1	<i>Caractéristique physique de fluor</i> : .....	21
II.1.2	<i>Caractéristique chimique de fluor</i> :.....	22
II.2	Sources de fluorure : .....	23
II.2.1	<i>Sources naturelles de fluorure</i> : .....	23
II.2.2	<i>Source humaines</i> : .....	24
II.2.3	<i>Sources industrielles</i> : .....	25
II.3	Les principaux composés du fluorure :.....	25
II.3.1	<i>Fluorure d'hydrogène</i> : .....	25
II.3.2	<i>La Fluor apatite</i> : .....	25
II.3.3	<i>Fluorure de calcium</i> : .....	26
II.3.4	<i>Fluorine</i> : .....	26
II.3.5	<i>Monofluorophosphate de Sodium</i> :.....	26
II.3.6	<i>Fluorure d'étain</i> : .....	26
II.3.7	<i>Le fluorure de sodium</i> : .....	26
II.4	Les ions de fluorure dans les eaux de sud :.....	27
II.5	Effet du fluorure :.....	27
II.5.1	<i>Son effet sur la glande thyroïde</i> :.....	28
II.5.2	<i>Son effet sur le cerveau</i> : .....	28

II.5.3	<i>La fluorose dentaire</i> : .....	29
II.5.4	<i>Fluorose osseuse</i> : .....	29
II.6	Procédés de défluoruration des eaux : .....	30
II.6.1	<i>Traitement par adsorption</i> : .....	30
II.6.2	<i>Traitement par précipitation</i> : .....	30
II.6.3	<i>Traitement d'échange d'ions</i> : .....	31
II.6.4	<i>Procédés membranaires</i> : .....	32
II.7	Conclusion : .....	33
III	.....	35
III.1	Introduction : .....	35
III.2	L'étude de Dr. KAIS BAOUIA : .....	35
III.2.1	<i>La Concentration de fluorure dans les légumes</i> : .....	35
III.2.2	<i>La concentration de fluorure dans les Fruits les plus consommés</i> : .....	36
III.2.3	<i>La concentration de fluorure dans les dates</i> : .....	36
III.2.4	<i>La concentration de fluorure dans les céréales les plus consommées</i> : .....	37
III.2.5	<i>La concentration de fluorure dans divers types de thé verts</i> : .....	37
III.2.6	<i>Les méthodes d'élimination d'ions fluorure</i> : .....	38
III.2.7	<i>Le Cout des méthodes de réduction des ions de fluorure</i> : .....	42
IV	Introduction : .....	50
IV.1	Historique de Visual basic : .....	50
IV.2	Structure générale : .....	50
IV.3	L'essentiel outil utilisé : .....	51
IV.3.1	<i>The main window (La fenêtre principale)</i> : .....	51
IV.3.2	<i>Form (feuille)</i> : .....	51
IV.3.3	<i>The Tool Box (la Boîte à outils)</i> : .....	52
IV.3.4	<i>Command Button (bouton de commande)</i> : .....	52
IV.3.5	<i>Label (étiquette)</i> : .....	52
IV.3.6	<i>Text Box (zone de texte)</i> : .....	53
IV.3.7	<i>Option Button (bouton d'option)</i> : .....	53
IV.3.8	<i>Combo Box (liste combinée)</i> : .....	53
IV.3.9	<i>List Box (liste simple)</i> : .....	54
IV.3.10	<i>Check Box (case à cocher)</i> : .....	54
IV.3.11	<i>The properties window (La fenêtre Propriétés)</i> : .....	54
IV.3.12	<i>The Project Window (La fenêtre Projet)</i> : .....	55
IV.4	L'interface de notre programme : .....	55
IV.4.1	<i>Forme 1</i> : .....	55

IV.4.2 <i>La Forme 2</i> .....	57
IV.5 L'organigramme de programme : .....	58
Conclusion générale : .....	60

## **Introduction général :**

L'Algérie, le plus grand pays d'Afrique, présente des niveaux moyens à élevés de fluorure, en particulier dans les régions du sud et du désert, comme indiqué par différentes études sur la qualité du fluorure dans les eaux du désert algérien. Les eaux souterraines sont la principale source d'eau potable dans le sud de l'Algérie, mais leur concentration en sels minéraux nécessite un traitement pour les rendre conformes aux normes sanitaires mondiales. Ces eaux contiennent également du fluor, qui joue un rôle important dans la santé des os et des dents, mais des niveaux excessifs ou insuffisants peuvent avoir des effets néfastes tels que la fluorose dentaire ou une incidence accrue de certains cancers. De plus, il a été démontré que la carie dentaire se produit dans les zones où l'eau potable est pauvre en fluor, alors qu'elle est absente dans les zones riches en fluor. Des études ont également indiqué que le fluor de l'eau est crucial pour maintenir la santé dentaire <sup>[1][2][3]</sup>. Par conséquent, contrairement à ce que l'OMS <sup>[4]</sup> a avancé, l'eau riche en fluorure peut effectivement causer un risque de fluorose dentaire. Selon l'OMS, la dose optimale de fluorure dans l'eau potable, qui prévient la carie dentaire sans risque de fluorose, varie entre 0,7 et 1,2 mg/L. Sur la base de ces données, nous avons proposé un programme permettant de déterminer le taux de fluorure dans le corps humain en fonction de sa consommation quotidienne. Cette étude est structurée en quatre chapitres comme suit :

- Chapitre 1 : Propriétés de la zone d'étude.
- Chapitre 2 : Généralité sur le fluor et procédés de défluoruration des eaux.
- Chapitre 3 : Traité des travaux scientifiques déjà réalisées dans le cadre de thème.
- Chapitre 4 : Programmation de l'estimation de la quantité de fluorure résultant de la consommation de nourriture et d'eau.

# CHAPITRE 1

## Propriétés de la zone d'étude

## I.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la région de Ouargla du point de vue géographique, géologique, hydrologique et climatique (température, précipitations, etc.).

## I.2 Présentation de la région d'étude :

Ouargla, une oasis du sud de l'Algérie à 800 km d'Alger, est une capitale du désert couvrant 163 230 km<sup>2</sup>, entourée de cinq petites oasis et possédant un million de palmiers. Son système d'irrigation repose sur plus de 800 puits artésiens. Grâce au pétrole de Hassi Messaoud, elle est un centre économique et politique majeur, attirant depuis les années 1970 une population diverse. (ANRH, 2014) <sup>[1]</sup>.



Figure I-1: Carte de la localisation géographique de l'oasis de Ouargla

## I.3 Géographie :

### I.3.1 Situation géographique :

La région d'Ouargla est située dans le nord-est du Sahara algérien.

- Elle est restreinte et à 850 kilomètres de la capitale, Alger.
- Par les villages d'El Djelfa et El Oued au nord.
- Vers le sud, par les villages de Tamanrasset et d'Illizi .
- Vers l'ouest par le Ghardaïa wilaya.
- À l'est par la Tunisie (figure 2).

La population, répartie entre 21 communes, est estimée à 640 000 en 2015. La ville d'Ouargla est située dans une dépression de surface d'environ 100 000 hectares. Cette dépression, orientée sud-ouest-nord-est, est d'environ 45 km de long et de 2 à 5 km de large. Elle s'étend

Entre les coordonnées suivantes : [2] (UTM, Clarke1880)

Y-3530000 pour X-710 000

Y3600 000 pour X- 730 000

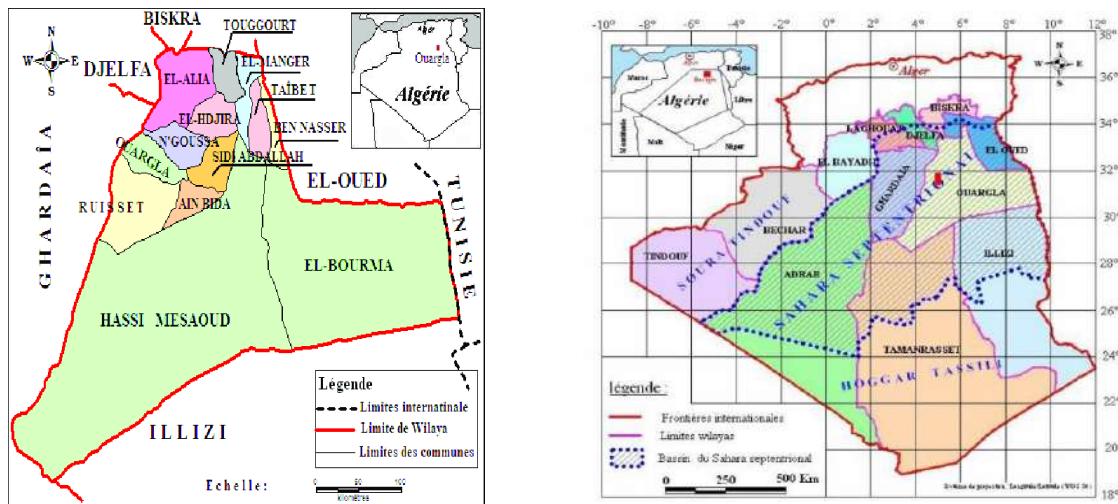


Figure I-2: Carte de situation géographique de la zone de Ouargla

#### I.4 Géomorphologie :

Le plateau où s'agglomère un ensemble de larges dalles rocheuses est connu sous le nom de "Hamada". Les structures sableuses prennent forme à travers des dunes et des cordons d'erg. Les extensions alluviales suivent le cours du Wadi Mia dans une direction sud-ouest-nord-est. En ce qui concerne les Al-Sebkha, elles désignent les dépressions de la région, liées à l'écoulement des eaux souterraines, avec Sebka Safioun représentant la plus imposante dans la partie septentrionale et marquant également le point le plus bas de la zone [3].

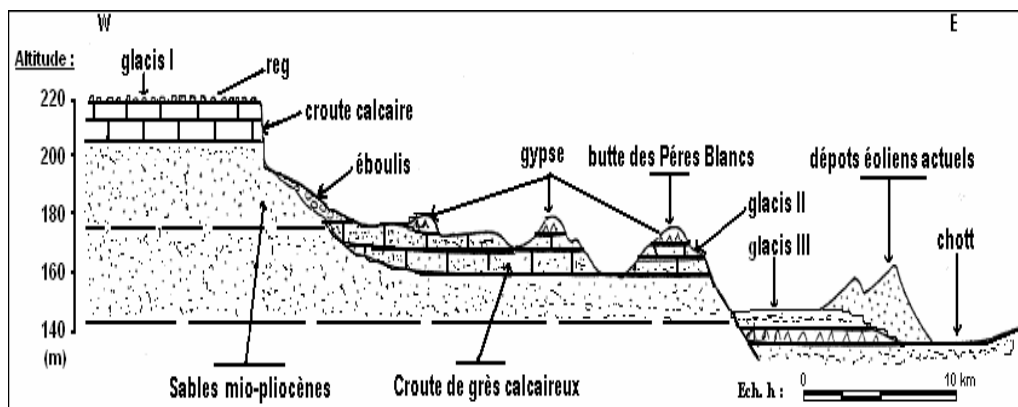


Figure I-3: Coupe géomorphologique schématique de la vallée de Ouargla

## I.5 Géologique :

### I.5.1 Géologie régionale :

La localité appartient à la plateforme saharienne, caractérisée par un bouclier précambrien avec des sédiments dans les massifs du Hoggar et des Eglab. Composée de roches métamorphiques et éruptives érodées et recouvertes de sédiments plissés, elle forme un bassin sédimentaire asymétrique du Cambrien au Quaternaire qui est divisé en trois (03) sous-domaines :

- Le bassin de l'Erg Occidental Grand.
- Le bassin oriental du Grand Erg.
- L'anticlinale de M'Zab

Ouargla, située dans la dépression de l'Oued Mya à -40 m sous le niveau de la mer, près du Chott Melrhir, fait partie du Bas Sahara. La région est riche en aquifères et réserves pétrolifères, avec une couverture sédimentaire atteignant 400 m au sud et ouest, et 6000 m au nord. <sup>[4]</sup>.

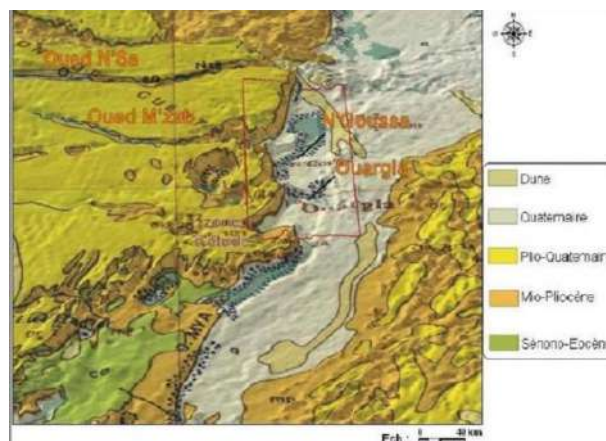


Figure I-4: Carte géologique régionale (BG.2004) <sup>[5]</sup>.

## I.6 Géologie locale :

Les caractéristiques géologiques d'Ouargla comprennent des terrains tertiaires et des dépôts quaternaires, avec des dépôts miobliocènes constitués de sables siliceux, gneiss, argile et marnes. La région présente une structure pliocène calcaire et des formations lacustres.

Des études et prospections ont révélé des gneiss continentaux avec des niveaux argileux, carbonatés et dolomitiques, épais de 400 mètres. Le Vraconien marque la transition entre l'Albien et des couches carbonatées, tandis que le Turonien et La Sénoniennes sont caractérisés par des substrats salifères et anhydritique. Le Miobliocène est un mélange hétérogène de gneiss, sables et argiles. [4].



Figure I-5: Carte géologique locale(BG.2004) [5]

## I.7 Hydrologie :

La région de Ouargla se distingue par cinq couches géologiques avec d'importantes réserves d'eau :

- Couche du Miocène
- Couche du Sénonien
- Couche du Turonien
- Couche de l'Albien
- Couche du Jurassique

Ces couches représentent l'un des plus importants aquifères mondiaux [6] avec une capacité théorique estimée à 60 000 milliards de mètres cubes [7].

## I.8 Les principales caractéristiques de la vallée d'Ouargla :

L'état de Ouargla est caractérisé par un climat désertique, un manque de pluie, une température élevée, une forte évaporation et une faiblesse de la vie biologique et du système environnemental.

### I.8.1 Température :

Comme nous le savons, la wilaya d'Ouargla est une ville désertique caractérisée par un climat rigoureux et des températures élevées. Au cours des trois dernières années, la température moyenne a atteint 40 degrés Celsius en juillet, tandis que le minimum a été enregistré à 13 degrés Celsius.

Tableau I.1: la température moyenne à Ouargla en (2021-2023) <sup>[8]</sup>

Tem(°)/mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Tem(°)2021	15°	18°	19°	25°	31°	37°	39°	39°	36°	26°	19°	16°
Tem(°)2022	13°	17°	20°	24°	29°	37°	37°	37°	35°	28°	21°	19°
Tem(°)2023	14°	15°	22°	25°	28°	34°	40°	35°	33°	28°	22°	16°

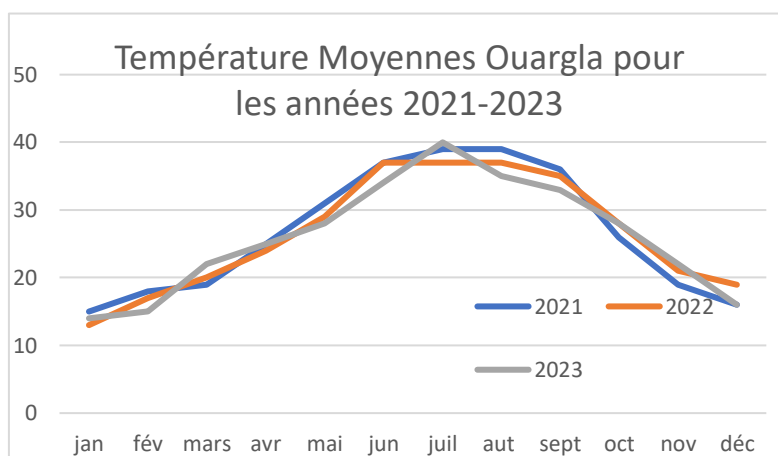


Figure I-6 : courbe caractéristique de la température moyennes de Ouargla (2021-2023).

### I.8.2 Précipitations :

On connaît également le désert algérien pour son manque de pluie, avec des précipitations atteignant seulement 6 mm au cours des trois dernières années, et une valeur minimale de 0 mm

Tableau I.2: Précipitations totales sur le mois à Ouargla en (2021-2023) <sup>[8]</sup>

Pré/mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septem	Octobr	Novem	Déce mb
Pré 2021	1	4	1	1	4	1	0	0	0	1	1	1
Pré 2022	0	0	1	1	1	0	1	0	1	2	0	2
Pré 2023	0	2	1	2	2	1	0	1	1	0	1	6

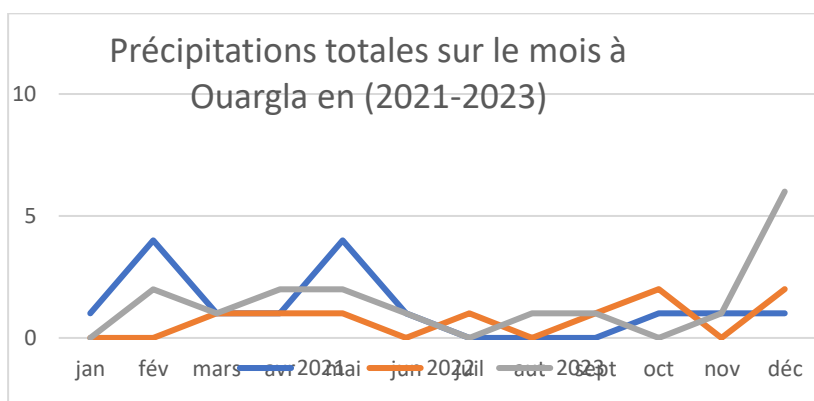


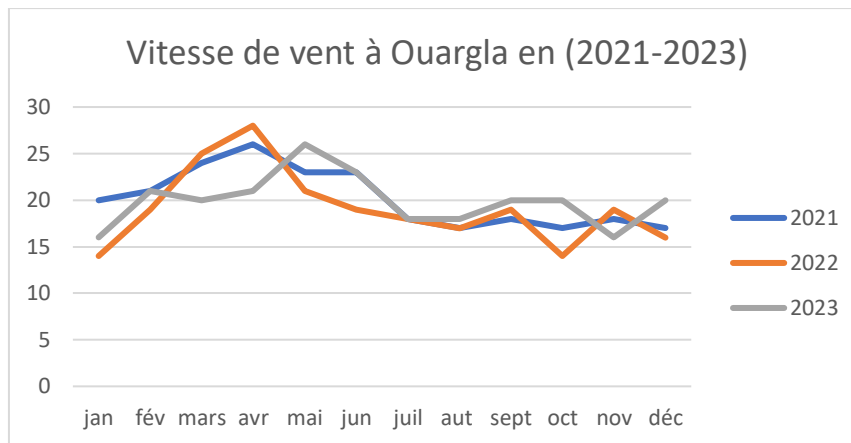
Figure I-7: Précipitations totales sur le mois à Ouargla en (2021-2023)

### I.8.3 Vitesse du vent :

D'après les valeurs que nous avons relevées sur le site...on constate que le taux de vent est assez fort dans l'état de Ouargla, où ses valeurs les plus élevées ont été enregistrées en mars, avril et mai, et des valeurs quasiment constantes. de 17 à 18 km/heure .

**Tableau I.3 :Vitesse de vent sur le mois à Ouargla en (2021-2023) <sup>[8]</sup>**

V(km/h/mois)	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Jun	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
V(km/h) 2021	20	21	24	26	23	23	18	17	18	17	18	17
V(km/h) 2022	14	19	25	28	21	19	18	17	19	14	19	16
V(km/h) 2023	16	21	20	21	26	23	18	18	20	20	16	20

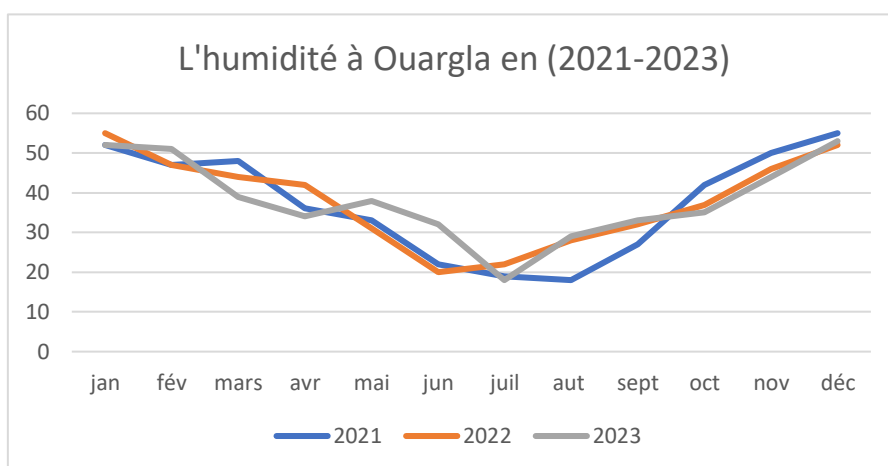
**Figure I-8: courbe caractéristique de Vitesse de vent sur le mois à Ouargla en (2021-2023)**

#### 1.8.4 L'humidité :

Elle s'exprime par la tension de la vapeur d'eau et par l'humidité relative. C'est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression, exprimée en pourcent (degré hygrométrique). Nous indiquons dans le tableau (4) l'humidité sur le mois pendant (2021-2023).

**Tableau I.4:L'humidité sur le mois à Ouargla en (2021-2023) <sup>[8]</sup>**

H (%)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
H(%) 2021	52	47	48	36	33	22	19	18	27	42	50	55
H(%) 2022	55	47	44	42	31	20	22	28	32	37	46	52
H(%) 2023	52	51	39	34	38	32	18	29	33	35	44	53

**Figure I-9: courbe caractéristique de L'humidité sur le mois à Ouargla en (2021-2023).**

## I.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons défini la région d'étude et ses principales caractéristiques naturelles, telles que son climat, ses températures et ses précipitations. Nous avons observé que le climat dominant dans la région est désertique, caractérisé par des températures élevées, des précipitations très faibles et la fréquence élevée des tempêtes de sable. Malgré ces conditions climatiques difficiles, la région possède une vaste réserve d'eaux souterraines, que nous aborderons dans les prochains chapitres.

# CHAPITRE 2

## Généralité sur le fluor et procédés de défluoruration des eaux

### Introduction :

L'importance de la découverte d'Henri Moissan en 1886 dans la synthèse du fluorure réside dans la haute énergie d'oxydation du fluor et la difficulté de le synthétiser à partir de fluorures inorganiques. Le fluor, un gaz au parfum fort et hautement toxique, a été préparé pour la première fois par électrolyse d'une solution de KF dans aHF à l'aide d'un appareil en platine figure (10) <sup>[1]</sup>.

Cette avancée scientifique majeure a valu à Moissan le prix Nobel de chimie en 1906<sup>[2]</sup>.

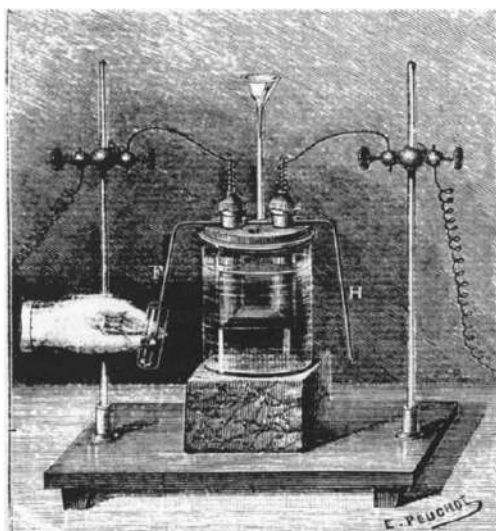


Figure II-1:L'appareil utilisé par H. Moissan par électrolyse d'un système HF-KF en 1886 <sup>[3]</sup>.

Fluorure, a plus abondants élément de la croûte terrestre, est nécessaire et bénéfique pour la santé humaine en petites quantités. Cependant, il est toxique à des quantités plus élevés et origine de maladies graves, notamment fluoroses. On étudie dans ce chapitre les caractéristiques, sources et formes de l'existence de fluor dans la nature, étudier son impact sur la santé humaine et les normes nationales et internationales <sup>[4]</sup>.

L'élément fluore (F) est le plus interactif et le moins faible des halogènes.

Son activité chimique est due à son attraction électronique maximale, à la taille de petites particules et à l'éruption de gaz.

En raison du fait que le fluor est l'élément le plus électronégatif, les agrégats atomiques riches en fluor sont souvent négativement chargés <sup>[5]</sup>.

Les composés fluorés ne sont toxiques que lors de la libération des ions fluorures <sup>[6]</sup>, faisant ainsi du fluor un élément indésirable dans l'eau potable en quantités excessives ou minimes <sup>[7]</sup>.

Le tableau périodique des éléments chimiques est présenté. Le fluor (F) est souligné en rouge dans la deuxième période, sixième colonne. Les autres éléments sont colorés par groupes : métaux alcalins (rouge), métaux alcalino-terreux (orange), métaux de transition (bleu-vert), métalloïdes (vert), non-métaux (jaune), gaz rares (bleu clair). Les lanthanides et actinides sont placés en dessous du tableau principal.

Figure II-2: le tableau périodique montre le fluor

## II.1 Les caractéristiques physico-chimiques du fluor :

### II.1.1 Caractéristique physique de fluor :

Il occupe la 13<sup>ème</sup> place dans l'ordre d'abondance <sup>[8]</sup>, soit 0,027 à 0.032 % de l'écorce terrestre <sup>[9]</sup>. Ces principales caractéristiques physiques, sont consignées dans le tableau 1 suivant :

Tableau II.1: Principale caractéristique physique de fluor <sup>[10]</sup>.

Caractéristique	Valeur
Nombre atomique	9
Point de fusion (c°)	-223
Point d'ébullition (°c)	-187
Masse atomique	19
Structure électronique	1s2, 2s2, 2p5
Electronégativité	4.00
Rayon atomique (A°)	0.64
Rayon ionique (A°)	1.36
Potentiel de restitution (V)	2.87
Potentiel d'ionisation (eV)	17.42

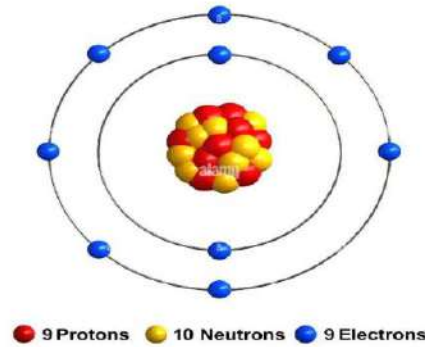


Figure II-3: Une représentation en 3D de structure de l'atome de fluor respectifs

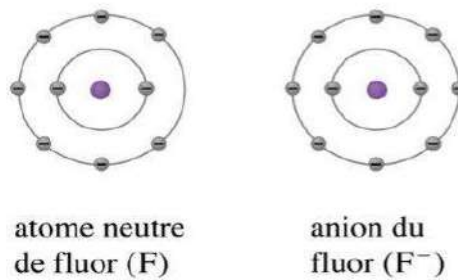
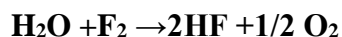
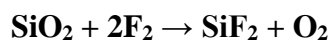


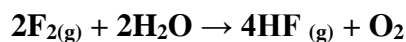
Figure II-4 : Représentation d'atomes et de leur ions La structure de l'atome de fluor.

### II.1.2 Caractéristique chimique de fluor :

La synthèse de l'eau de mer d'une roche entraîne l'apparition d'un élément de fluorure de calcium <sup>[11]</sup> sous la forme de CaF<sub>2</sub> (fluorure du calcium et MgF) et ces composés sont purifiants et solubles <sup>[12]</sup>, car le fluorure possède un grand effet qualitatif, c'est-à-dire qu'il est chimiquement actif et résulte de ses molécules à faible énergie de décomposition ainsi que de sa composition électronique, ainsi que l'attachement quantique dans la plupart de ses composés est solide et stable et le Fluorure est considéré comme un puissant oxydant, il réagit donc avec le verre et l'eau dans l'ordre suivant <sup>[13]</sup>:

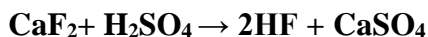


Le dihydrogène réagit avec le fluorure dans des conditions normales, dans l'obscurité, avec explosion.

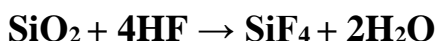


L'acide fluorhydrique (HF) est un acide faible, incolore et inodore qui provoque des brûlures cutanées <sup>[14]</sup>. Il se distingue par une liaison hydrogène forte, persistant même à l'état gazeux,

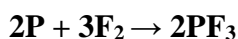
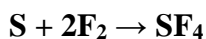
ce qui confère à l'acide fluorhydrique la plus haute température d'ébullition parmi les halogénures d'hydrogène. Il peut être obtenu par la réaction entre l'acide sulfurique et le fluorure de calcium <sup>[15]</sup>.



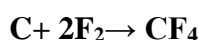
La solution aqueuse d'acide fluorhydrique (HF) ne doit pas être conservée dans des contenants en verre, mais plutôt dans des contenants en plastique car elle se distingue par sa réaction avec le verre. La réaction se produit comme suit :



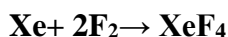
Comme le fluorure réagit avec le soufre et le phosphore comme suit :



Le fluorure est le seul halogène qui réagit avec le carbone, comme suit :



Et il réagit également directement avec le xénon, mais il ne réagit pas directement avec les autres gaz inertes :



## II.2 Sources de fluorure :

### II.2.1 Sources naturelles de fluorure :

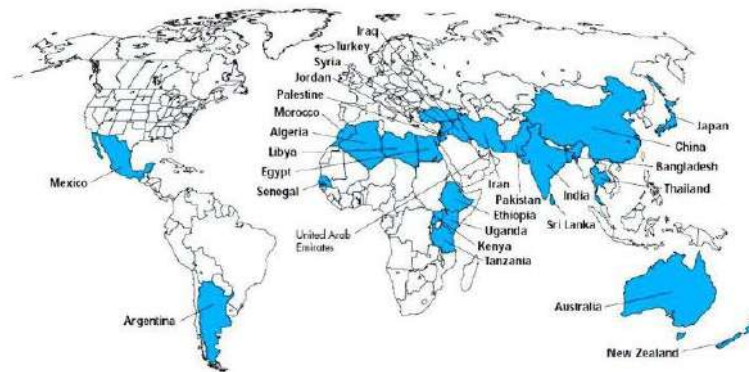
Le fluorure, présent dans la croûte terrestre à hauteur de 0,02 %, provient de sources naturelles telles que les eaux souterraines, les roches, les volcans, les systèmes thermiques aquatiques, et la combustion des arbres. L'UNICEF a identifié 27 pays, dont l'Algérie, où les niveaux de fluorure dans l'eau dépassent la limite de 1,5 mg/l. Le fluorure forme des liaisons dans divers minéraux, notamment la fluorite ( $\text{CaF}_2$ ) et la cryolite ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), qui sont ses principales sources naturelles. Le fluor apatite ( $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) est utilisé dans les engrais phosphatés, et la biotite contient de petites quantités de fluor. Dans les roches ignées et métamorphiques, les concentrations de fluor varient entre 0,2 et 0,7 mg/l. Ces minéraux étant peu solubles dans l'eau, les niveaux de fluorure dans les eaux de surface restent faibles. Toutefois, la capacité de l'eau à dissoudre le fluor, influencée par ses propriétés physico-chimiques et la température, favorise la dissolution et la décomposition de ces minéraux



Fluorite

Le fluor apatite

La cryolite

**Figure II-5: Minéraux fluorés essentiels.****Figure II-6: Carte montrant les pays souffrant de fluorose (UNICEF).**

La carte montre que l'Algérie, en particulier dans le sud-est, est affectée par la fluorose <sup>[18]</sup>.

La figure 10 détaille la répartition des taux de fluorure dans les eaux souterraines du Miobliocène du désert du Nord algérien <sup>[19]</sup>. Les concentrations de fluorure sont influencées par des facteurs géologiques <sup>[20]</sup> et l'évaporation <sup>[21][22]</sup>. De nombreuses régions africaines souffrent de la pollution au fluorure, avec des niveaux élevés dans certaines zones <sup>[23][24]</sup>.

### **II.2.2 Source humaines :**

Les activités humaines, comme l'utilisation d'engrais phosphatés et de pesticides, ainsi que les industries de l'acier, de l'aluminium, du verre, et des émissions gazeuses, contribuent à la Contamination des eaux souterraines par le fluorure. Le fluorure est également présent dans de nombreux produits courants, tels que les médicaments, les cosmétiques, et les produits dentaires, et est absorbé par le système digestif pour se fixer dans les os et les dents.

### **II.2.3 Sources industrielles :**

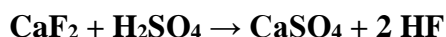
Lors de l'extraction de l'aluminium et de la fabrication du fer et de l'acier, des émissions de fluorure se produisent <sup>[26][27]</sup>. Le fluorure spathique est utilisé dans l'industrie du fer, contribuant ainsi à l'émission de quantités de fluorure d'hydrogène <sup>[28]</sup>. Le fluor est également généré lors de la combustion du charbon <sup>[29] [30] [31]</sup> et dans la préparation d'engrais phosphatés <sup>[32]</sup> et de composés phosphorés. De plus, des émissions de HF ont été observées dans l'industrie des semi-conducteurs aux États-Unis en 1990, totalisant plus de 32 tonnes, dont environ 27 tonnes ont été libérées dans l'atmosphère <sup>[33]</sup>.

## **II.3 Les principaux composés du fluorure :**

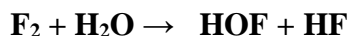
### **II.3.1 Fluorure d'hydrogène :**

Le fluorure d'hydrogène (HF) peut être un gaz ou un liquide incolore et est utilisé dans la synthèse de composés comme les produits pharmaceutiques et les polymères <sup>[34]</sup>. C'est un gaz très dangereux à forte odeur piquante, facilement transportable <sup>[35]</sup>.

Sous forme liquide, il absorbe l'humidité, devenant extrêmement corrosif, et peut détruire rapidement les tissus vivants et corroder les métaux. Sa manipulation nécessite une grande prudence. Découvert par le chimiste français Edmond Frémy, le fluorure d'hydrogène anhydre est produit lorsque l'acide sulfurique réagit avec de la fluorite pure <sup>[36]</sup>.



Le fluorure d'hydrogène peut également être isolé par distillation, ou par oxydation de l'eau par le diffluor, avec comme intermédiaire l'acide hypofluoreux (HOF), selon la réaction :



### **II.3.2 La Fluor apatite :**

La fluor apatite, avec la formule chimique  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \text{F}$ , est un minéral phosphate solide, dur et incolore. Elle est associée à l'hydroxyapatite de l'émail dentaire et, industriellement, extraite de roches phosphatées pour produire des acides phosphoriques et fluorés. <sup>[37]</sup>

### ***II.3.3 Fluorure de calcium :***

Le fluorure de calcium (CaF<sub>2</sub>) est un composé inorganique présent naturellement et constitue la principale source mondiale de fluor. Il est produit lorsque les minéraux réagissent avec de l'acide sulfurique concentré, libérant du fluorure d'hydrogène naturel. [36].

### ***II.3.4 Fluorine :***

La fluorine, aussi appelée fluor, est un minéral composé principalement de fluorure de calcium (CaF<sub>2</sub>) avec des traces d'éléments tels que Si, Al, Fe, Mg, S, O, Cl, ainsi que d'autres composés organiques [37].

### ***II.3.5 Monofluorophosphate de Sodium :***

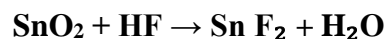
Le monofluorophosphate de sodium (Na<sub>2</sub>POF) est un composé inorganique obtenu par réaction entre le méta phosphate de sodium et le fluorure de sodium à 650 °C. Il est utilisé comme agent antibactérien dans certains dentifrices, inhibiteur de corrosion dans le béton, et a été étudié pour le traitement de l'ostéoporose [38].

Selon l'équation chimique suivante :



### ***II.3.6 Fluorure d'étain :***

Le fluorure d'étain (S<sub>n</sub>F), également appelé fluorure stanneux, est un solide incolore qui peut être obtenu par évaporation d'une solution de S<sub>n</sub>O dans 40% de HF selon la réaction [38] :



Les dentifrices contenant du fluorure stanneux sont plus efficaces que ceux contenant du fluorure de sodium pour réduire les caries dentaires et l'érosion dentaire. Le fluor dans le fluorure d'étain aide à renforcer l'émail des dents en convertissant l'apatite de calcium en fluor apatite, ce qui le rend plus résistant aux attaques acides des bactéries [37].

### ***II.3.7 Le fluorure de sodium :***

Dentifrices, la métallurgie, les pesticides et les produits pharmaceutiques pour prévenir les caries dentaires. Il est ajouté à l'eau potable pour améliorer la santé dentaire, bien que d'autres composés soient plus couramment utilisés aux États-Unis [39]. La dose létale pour un adulte de 70 kg est estimée entre 5 et 10 g, et il est rapidement absorbé par le corps, en particulier sous

forme de solution aqueuse. La consommation et l'inhalation de fluorure de sodium sont toxiques, affectant le cœur et le système circulatoire à des concentrations élevées <sup>[40]</sup>.

#### II.4 Les ions de fluorure dans les eaux de sud :

Les eaux souterraines contiennent des concentrations d'ions fluorure plus élevées que les eaux de surface <sup>[41]</sup>, en raison de leurs caractéristiques. La forte concentration de fluorure dans les eaux est considérée comme un problème mondial, c'est pourquoi le Fonds des Nations Unies pour l'enfance a classé l'eau de l'Algérie parmi 27 pays <sup>[42]</sup> contenant une concentration d'ions fluorure supérieure à 1,5 mg/L, notamment le sud-est.

**Tableau II.2: Taux d'intoxication par fluorescence dans le sud-est**

La zone	Pourcentage %
El Meghaier	45
Ouargla	44
Djamaa	36
El Oued	20
Touggourt	18

D'après le tableau, nous constatons que les habitants des villes d'El-Meghaier et Ouargla sont les plus vulnérables à la fluorose dentaire, en raison non seulement de leur consommation d'eau, mais aussi de leur régime alimentaire. Les concentrations élevées de fluorure dans l'eau de l'aquifère dépassant les normes sanitaires internationales entraînent des problèmes de santé tels que la fluorose dentaire <sup>[43]</sup> <sup>[44]</sup> et osseuse <sup>[45]</sup>, des intoxications, et des calculs dans les voies urinaires. Tant un excès que le manque de fluorure dans l'eau peuvent causer des problèmes de santé, notamment la carie dentaire et l'ostéoporose, ce qui rend la gestion de ce composé cruciale pour la santé publique <sup>[46]</sup> <sup>[47]</sup> <sup>[48]</sup>.

#### II.5 Effet du fluorure :

On sait que les effets négatifs et positifs du fluorure sont directement liés à sa concentration dans l'eau potable <sup>[49]</sup>.

**Tableau II.3: La relation entre la concentration de fluorure dans l'eau et ses symptômes de santé <sup>[50]</sup>.**

Impact sur la santé	mg/L
Carie dentaire	Moins de 0.5
Effet parfait sur les dents	De 1 à 1.5
Problèmes avec la structure des dents	De 1.5 à 4
Maladies osseuses	Supérieur à 4

Les États-Unis ont fixé des normes spéciales pour la consommation quotidienne de fluorure en fonction du groupe d'âge, et le tableau suivant le montre

**Tableau II.4: Normes de consommation de fluorure aux États-Unis d'Amérique par âge <sup>[51]</sup>.**

Quantité quotidienne de fluorure par mg	Age
0.1 à 0.5	Moins de 1 an
0.1 à 0.5	De 1 à 3 ans
1 à 2.5	De 4 à 6 ans
1.5 à 2.5	Enfants de plus de 7 ans
1.5 à 4	Adultes

### ***II.5.1 Son effet sur la glande thyroïde :***

Le Conseil national de recherches a noté que le fluorure peut entraîner une diminution de l'activité de la glande thyroïde chez les individus carencés en iode.

### ***II.5.2 Son effet sur le cerveau :***

Le conseil national de la recherche (NRC) des États-Unis a conclu que le fluorure peut entraîner des dommages cérébraux, notamment chez les nourrissons, à des concentrations faibles comme celles retrouvées dans l'eau potable, provoquant notamment des problèmes de mémoire.

Des études sur les humains ont également révélé une réduction du niveau d'intelligence chez les enfants exposés à l'ingestion de fluor.

### II.5.3 La fluorose dentaire :

Une diminution de la consommation de fluorure peut entraîner des caries dentaires <sup>[52]</sup>, tandis qu'une utilisation excessive peut causer la fluorose dentaire, caractérisée par des taches ou des lignes blanches ou brunes sur les dents, ainsi qu'une mauvaise minéralisation de l'émail, le rendant plus sujet aux caries, à l'érosion et à d'autres problèmes dentaires.



Figure II-7 : infection modérée par fluorose dentaire

primo-infection fluorose dentaire

### II.5.4 Fluorose osseuse :

La fluorose osseuse se divise en quatre stades, souvent asymptomatique au début. Aux stades avancés, elle peut causer des douleurs articulaires, une ostéosclérose et même des excroissances osseuses appelées ostéophytes, entraînant raideur articulaire et douleurs intenses, notamment dans les jambes, les genoux et le dos. Les symptômes comprennent également des maux de tête, une faiblesse générale et parfois une bosse visible. <sup>[53]</sup>



Figure II-8 : Un échantillon de fluorose montante l'osseuse dans divers organes du corps

## II.6 Procédés de défluoruration des eaux :

### II.6.1 Traitement par adsorption :

- **Le charbon Actif :**

Le charbon actif, produit à partir de diverses sources comme le bois, le charbon et la noix de coco, est largement utilisé dans le traitement de l'eau pour absorber les impuretés. Son efficacité dépend de la taille des pores et peut être améliorée par activation à la vapeur. Il peut réduire les niveaux de fluorure dans l'eau en adsorbant ce composé, mais son efficacité varie avec le pH, diminuant à pH neutre.

- **Adsorption sur aluminium activé :**

L'aluminium activé, principalement composé d' $\text{Al}_2\text{O}_3$  sous forme de petites sphères, est efficace pour réduire la concentration de fluorure dans l'eau en filtrant l'eau à travers lui. Cependant, son efficacité dépend fortement du pH de l'eau, qui doit être maintenu entre 6 et 7 pour éviter sa dissolution et assurer un traitement efficace.

- **Utilisation de l'alun :**

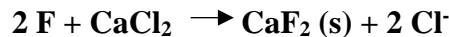
Le sulfate d'aluminium-potassium ou alun de potassium, sulfate double de formule détaillée  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ , forme des cristaux transparents incolores. L'alun réagit avec l'alcali pour précipiter l'hydroxyde d'aluminium ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), ce qui polarise et précipite les ions fluor. Expérimentalement, la concentration de fluor dans l'eau a été réduite de 3,6mg/l à 1mg/3,5 mg/l d'alun par litre d'eau traitée <sup>[54]</sup>.

### II.6.2 Traitement par précipitation :

- **Précipitation à l'aide de sels de calcium :**

Le traitement consiste à précipiter des ions fluorure dans l'eau à l'aide d'ions de sels de calcium et d'aluminium dans la plupart des cas, un sel légèrement soluble est formé, et après le mélange puis la filtration, le précipité est séparé, mais certains réactifs utilisés peuvent rester, ce qui affecte négativement le processus de sédimentation, de sorte que ces sels ne doivent pas être utilisés en grande quantité car ils affectent le processus de traitement.

Pour précipiter le fluorure sous forme de  $\text{CaF}_2$ , on utilise l'un des sels de calcium suivants : ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) <sup>[55]</sup> et on dépose un sel peu soluble selon les équations suivantes:



L'un des inconvénients de cette méthode est que la solubilité de l'hydroxyde de calcium est faible et qu'il faut donc en ajouter une quantité importante.

- **Coagulation Floculation (Technique de Nalgonda) :**

La méthode Nalgonda utilise des sels d'aluminium et de chlore pour éliminer les fluorures de l'eau via coagulation-floculation, adaptée aux eaux à haute teneur en fluorures, matières dissoutes et dureté. Elle peut réduire les fluorures de 84% à un coût raisonnable <sup>[57]</sup>.

### II.6.3 Traitement d'échange d'ions :

L'échange d'ions utilise une résine ammonium-chlorure pour remplacer les ions fluorure dans une solution, influencé par le pH, la concentration et les propriétés de la résine. Cette méthode est efficace pour éliminer le fluorure de l'eau.



Afin de régénérer la résine après utilisation, c'est-à-dire l'excrétion de tous les anions fluorure, elle est lavée avec une solution saturée de sel de table <sup>[58]</sup>.

La chose la plus importante dans la thérapie d'échange d'ions est l'absorption des ions indésirables et leur échange avec d'autres ions souhaitables.

- **Échange d'ions sur le phosphate tricalcique :**

Le fluorure dans l'eau déplace l'ion carbonate dans l'apatite (phosphate tricalcique) et le fluore apatite se dépose selon la réaction suivante <sup>[59]</sup> :



De la même manière, le fluorure dans l'eau déplace l'ion hydroxyde dans l'hydroxyapatite ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) mais cette fois l'hydroxyde est remplacé par du fluorure.

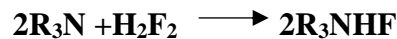
- **Échange d'ions sur résines synthétiques :**

Cette méthode est basée sur l'utilisation de résines néons et cationiques pour réduire le fluorure dans l'eau, en 1940 (Benson) et al. Ont expérimenté le processus en deux étapes :

La résine cationique de première étape élimine les ions sodium



Dans un deuxième temps, la résine anionique élimine  $\text{H}_2\text{F}_2$



#### II.6.4 Procédés membranaires :

- **L'osmose inverse :**

L'osmose inverse purifie l'eau en appliquant une pression supérieure à la pression osmotique pour forcer l'eau à travers une membrane, allant d'une solution plus concentrée à une solution moins concentrée. Ce processus élimine les impuretés, rejetant la solution plus concentrée <sup>[60]</sup>.

Le schéma suivant illustre les étapes de l'osmose inverse :

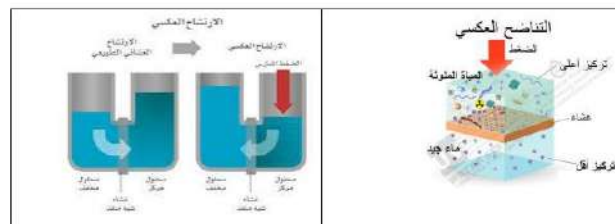


Figure II-9: Illustre les étapes de base de l'osmose inverse

Les membranes d'osmose inverse sont constituées de matériaux spéciaux tels que l'acétate de cellulose ou le polyamide.

- **Nano Filtration :**

La nanofiltration, technique de filtration intermédiaire entre l'osmose inverse et la microfiltration, est utilisée dans le traitement de l'eau potable et des eaux usées. Elle retient les ions et les molécules de petite taille tout en utilisant moins d'énergie que l'osmose inverse.

- **L'électrodialyse :**

L'électrodialyse est un processus de séparation des ions utilisant un courant électrique pour produire de l'eau salée d'un côté et de l'eau douce de l'autre. Son objectif est d'ioniser

Les solutions salines tout en éliminant les fluorures de l'eau, bien que sa déminéralisation complète soit nécessaire, ce qui entraîne un coût énergétique élevé <sup>[61]</sup>.

### **II.7 Conclusion :**

En conclusion, Le fluor est essentiel en petites quantités pour la santé osseuse et dentaire, mais peut causer des fluoroses toxiques à des doses élevées. Il est crucial de surveiller les niveaux de fluor dans l'eau potable pour prévenir ces effets négatifs et respecter les normes de concentration.

## CHAPITRE 3

Traités des travaux scientifiques déjà  
réalisées dans le cadre de thème

### III.1 Introduction :

Le fluorure, bien que bénéfique pour la santé dentaire, peut causer la fluorose en cas de consommation excessive, comme observé dans le sud de l'Algérie. Une étude à Ouargla examinera la concentration en fluorure des eaux souterraines par rapport aux normes de l'OMS.

Ces travaux ont été menés par le Pr. KAIS BAOUIA. L'objectif était de trouver la méthode optimale et économique pour réduire la teneur de fluorure dans l'eau.

### III.2 L'étude de Dr. KAIS BAOUIA :

Selon l'étude, il a été constaté que Les eaux des puits de couche mio-pliocène et sénonien les plus exploitées dans la région d'Ouargla présentent les concentrations les plus élevées en fluorure, selon les résultats des analyses. Environ 60% des puits exploités dépassent les normes de l'Organisation mondiale de la santé (1,5 mg/l) en termes de concentration en ion fluorure. Les eaux des puits de la couche mio-pliocène dépassent toutes ces normes, tandis que plus de 42% des eaux des puits de la couche sénonien, notamment le puits 26, montrent une concentration élevée en fluorure.

#### III.2.1 La Concentration de fluorure dans les légumes :

À Ouargla, les légumes étudiés incluent la citrouille, les carottes, les oignons, les pommes de terre et les tomates, riches en vitamines A, C, B1, B2, B6, D et K, ainsi qu'en minéraux comme le fer et le magnésium. Les concentrations de fluorure varient, les oignons ayant les concentrations les plus élevées et les tomates les plus faibles.

**Tableau III.1: Concentration de fluorure dans les légumes.**

<b>Les légumes</b>	<b>La concentration de fluorure (mg/kg)</b>
Pomme de terre	42
Tomates	8.47
Oignons	45.2
Carottes	23
Citrouille	27.6

### III.2.2 La concentration de fluorure dans les Fruits les plus consommés :

En ce qui concerne les fruits dans la région, l'importance nutritionnelle et la consommation généralisée des dattes, Pastèques, des oranges, des bananes et des pommes ont été étudiées. Les concentrations de fluor varient entre 3,1 mg/kg dans les bananes et 17,4 mg/kg dans les oranges, illustrant une disparité dans les niveaux de cette substance nutritive entre les fruits examinés.

**Tableau III.2: Concentration de fluorure dans les fruits**

Les fruits	La concentration de fluorure (mg/kg)
Pommes	3.76
Bananes	3.1
Oranges	17.39
Pastèques	6.16

### III.2.3 La concentration de fluorure dans les dattes :

En ce qui concerne les dattes dans la région, la teneur en fluor varie entre 33 et 54 mg/kg dans des variétés telles que Deglat Nour, Deglat Beida, Takermoust et Tefzouine. La concentration la plus élevée (54 mg/kg) a été enregistrée dans la famille des dattiers, tandis que la concentration la plus basse (33 mg/kg) a été observée dans la variété Takermoust. Cette recherche souligne l'importance du fluor comme minéral absorbé par l'eau d'irrigation et le sol de la région, pouvant influencer le niveau des plantes cultivées dans ce sol.

**Tableau III.3: Concentration de fluorure dans les dattes**

Les dattes	La concentration de fluorure (mg/kg)
Deglat Nour	50
Deglat Beida	47.6
Ghares	54
Tefzouine	48
Takermoust	33

### III.2.4 La concentration de fluorure dans les céréales les plus consommées :

Dans la wilaya d'Ouargla, les céréales jouent un rôle crucial en tant que source importante d'amidons pour équilibrer l'alimentation. Les céréales essentielles comprennent l'orge, le blé, les lentilles, les haricots et les pois chiches. Les concentrations les plus élevées de fluor ont été enregistrées dans l'orge (50 mg/kg), tandis que les concentrations les plus basses ont été observées dans les grains de haricots (0,2 mg/kg). Pour les populations confrontées à une carence en fluor dans l'eau, la consommation de grains de haricots est recommandée.

**Tableau III.4: Concentration de fluorure dans les céréales**

Les céréales	La concentration de fluorure (mg/kg )
El Kouskous	45.2
Les lentilles	40.6
Houmous	43
Blé	45.2
Orge	50.2
Haricots	0.2

### III.2.5 La concentration de fluorure dans divers types de thé verts :

Le thé vert, en particulier, est une boisson prisée par les habitants du Sud, consommé deux à trois fois par jour. Ses feuilles sont riches en fluor, libéré pendant l'infusion, avec des concentrations variables en fonction du type de thé et de la dose.

**Tableau III.5: Concentration de fluorure dans les thés verts**

Types de thé	Eau de robinet
Tahgart (Chunmée 41022)	2.21
Chunmée A9380	2.38
Chunmée 9371	2.80
Safinet E'sahara 061166	2.88
<b>Floria 41022</b>	2.46
<b>Roide Sahara 41022</b>	1.82

**III.2.6 Les méthodes d'élimination d'ions fluorure :****III.2.6.1 Traitement par la chaux ( $Ca(OH)_2$ ) :**

- **Nappe Moi-pliocène (forage Beldte Omar) :**

**Tableau III.6: Le rendement d'élimination d'ion fluorure ( forage Beldte Omar )**

$CaCO_3$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
<b>Rendement</b>	0	10,95	20,9	23,88	36,82	37,31	43,78	45,77	56,22

- **Nappe sénonien (forage El- Mekhadema3) :**

**Tableau III.7 : Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Mekhadema3)**

$CaCO_3$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
<b>Rendement</b>	0	20,37	24,69	33,33	50,62	45,06	45,68	43,83	50

- **La quantité d'élimination des ions de fluorure (forage Beldte Omar) :**

**Tableau III.8: La quantité de l'élimination des ions fluorure( forage Beldte Omar)**

$CaCO_3$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
<b>[F<sup>-</sup>]</b>	2,01	1,79	1,59	1,53	1,27	1,26	1,13	1,09	0,88
<b>Quantité</b>	2,01	0,22	0,42	0,48	0,74	0,75	0,88	0,92	1,13

- **La quantité d'élimination des ions de fluorure (forage El- Mekhadema3) :**

**Tableau III.9 : La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage El- Mekhadema3)**

$CaCO_3$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
<b>[F<sup>-</sup>]</b>	1,62	1,29	1,22	1,08	0,8	0,89	0,88	0,91	0,81
<b>Quantité</b>	1,62	0,33	0,4	0,54	0,82	0,73	0,74	0,71	0,81

III.2.6.2 Traitement par ( $\text{CaCl}_2$ ) :

- **Nappe Moi-pliocène (forage Beldte Omar) :**

Tableau III.10: Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Beldte Omar)

$\text{Ca Cl}_2$	0	50	100	150	200	250	300	400	1000	2000	3000
<b>Rendement</b>	0	11,44	11,44	15,42	15,92	12,94	13,93	11,94	17,91	24,88	25,87

- **Nappe sénonien (forage El- Mekhadema3) :**

Tableau III.11 : Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Mekhadema3)

$\text{Ca Cl}_2$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
<b>Rendement</b>	0	8,64	13,58	14,81	14,81	17,00	22,84	22,84	23,46

- **La quantité d'élimination des ions de fluorure (forage Beldte Omar) :**

Tableau III.12 : La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage Beldte Omar)

$\text{Ca Cl}_2$	0	50	100	150	200	250	300	400	1000	2000	3000
<b>[F<sup>-</sup>]</b>	2,01	1,78	1,78	1,7	1,69	1,75	1,73	1,77	1,65	1,51	1,49
<b>Quantité</b>	2,01	0,23	0,23	0,31	0,32	0,26	0,28	0,24	0,36	0,5	0,52

- **La quantité d'élimination des ions de fluorure (forage El- Mekhadema3) :**

Tableau III.13: La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage El- Mekhadema3)

$\text{Ca Cl}_2$	0	50	100	150	200	250	300	350	400
<b>[F<sup>-</sup>]</b>	1,62	1,48	1,4	1,38	1,38	1,33	1,25	1,25	1,24
<b>Quantité</b>	1,62	0,14	0,22	0,24	0,24	0,29	0,37	0,37	0,38

III.2.6.3 *Traitement par  $(Al_2(SO_4)_3)$  :*

- **Nappe Moi-pliocène (forage Beldte Omar) :**

**Tableau III.14 : Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Beldte Omar)**

$(Al_2(SO_4)_3)$	0	10	20	30	40	50	100	150	200	300
<b>Rendement</b>	0	6,47	13,93	17,41	27,86	22,89	29,35	40,80	51,24	58,21

- **Nappe sénonien (forage El- Mekhadema3) :**

**Tableau III.15: Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage El- Mekhadema3)**

$Al_2(SO_4)_3$	0	10	20	30	40	50	100	150	200	300
<b>Rendement</b>	0	10,49	19,14	21,60	23,46	25,93	35,19	43,21	41,98	54,32

- **La quantité d'élimination des ions de fluorure (forage Beldte Omar) :**

**Tableau III.16: La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage Beldte Omar)**

$Al_2(SO_4)_3$	0	10	20	30	40	50	100	150	200	300
<b>[F<sup>-</sup>]</b>	2,01	1,88	1,73	1,66	1,45	1,55	1,42	1,19	0,98	0,84
<b>Quantité</b>	2,01	0,13	0,28	0,35	0,56	0,46	0,59	0,82	1,03	1,17

- **La quantité d'élimination des ions de fluorure (forage El- Mekhadema3)**

**Tableau III.17: La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage El- Mekhadema3)**

$Al_2(SO_4)_3$	0	10	20	30	40	50	100	150	200	300
<b>[F<sup>-</sup>]</b>	1,62	1,45	1,31	1,27	1,24	1,2	1,05	0,92	0,94	0,74
<b>Moyenne</b>	1,62	0,17	0,31	0,35	0,38	0,42	0,57	0,7	0,68	0,88

III.2.6.4 *Traitement par Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>* :

- **Nappe Moi-pliocène (forage Beldte Omar) :**

Tableau III.18: Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Beldte Omar)

Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0	10	20	30	40	50	100	150	200	300
<b>Rendement</b>	0	8,96	10,95	12,94	12,44	12,44	13,43	15,42	18,41	27,86

- **Nappe sénonien (forage El- Mekhadema3) :**

Tableau III.19: Le rendement d'élimination d'ion fluorure (forage Mekhadema3)

Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0	10	20	30	40	50	100	150	200	300
<b>Rendement</b>	0	4,94	3,09	17,28	4,32	5,56	4,94	12,35	11,11	32,72

- **La quantité d'élimination des ions de fluorure (forage Beldte Omar) :**

Tableau III.20: La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage Beldte Omar)

Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0	10	20	30	40	50	100	150	200	300
[F <sup>-</sup> ]	2,01	1,83	1,79	1,75	1,76	1,76	1,74	1,7	1,64	1,45
<b>Quantité</b>	2,01	0,18	0,22	0,26	0,25	0,25	0,27	0,31	0,37	0,56

- **La quantité d'élimination des ions de fluorure (forage El- Mekhadema3)**

Tableau III.21: La quantité de l'élimination des ions fluorure (forage El- Mekhadema3)

Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0	10	20	30	40	50	100	150	200	300
[F <sup>-</sup> ]	1,62	1,54	1,57	1,34	1,55	1,53	1,54	1,42	1,44	1,09
<b>Quantité</b>	1,62	0,08	0,05	0,28	0,07	0,09	0,08	0,2	0,18	0,53

➤ **Changement de concentration de fluorure dans une station de dessalement par Osmose inverse :**

**Tableau III.22:Changement de concentration de fluorure dans une station de dessalement par osmose inverse**

<b>Eaux</b>	<b>La concentration de fluorure(mg/l)</b>
Eau de puit	1.01
Eau osmosée	0.12
Eau consommé	0.26

**III.2.7 Le Cout des méthodes de réduction des ions de fluorure :**

La réduction de la concentration des ions fluorure est disponible par plusieurs méthodes physico-chimiques, mais en tenant compte de l'aspect économique, nous concluons, d'après la comparaison, que la méthode chimique de traitement à la chaux est la plus économique. Le rendement du traitement à la chaux dépasse 36% en utilisant 200 mg/l, et à un coût inférieur (147 DZD/m<sup>3</sup>) par rapport aux autres méthodes, tandis que le coût du traitement par le chlorure de calcium dépasse 19 000 DZD/m<sup>3</sup> en utilisant 3000 mg/l de chlorure de calcium.

**Tableau III.23: Le Cout des méthodes de réduction des ions de fluorure**

<b>Le composé</b>	<b>Propriétés de composé</b>	<b>Le prix du Composé</b>	<b>Coute de 1m<sup>3</sup>d'eau (Da)</b>
<b>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	M :341.9g/mol Cl :0.05% NH <sub>3</sub> :0.05% As :0.003% Fe :0.02% Pb :0.002% Ni :0.005%	512.8da/100g	205

<b>Ca (OH)<sub>2</sub></b>	M :74.09g/mol Cl :0.03% SO <sub>4</sub> :0.05% Fe :0.03% Pb :0.002%	73.5da/100g	147
<b>FeSO<sub>4</sub></b>	M :151.91g/mol As :0.0002% Cu :0.003% Mn :0.08% Pb :0.001% Zn :0.01%	750da/100g	2250
<b>Fe<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	M :399.42g/mol Cu :0.005% Zn :0.005% As :0.0005% Na :0.005% Fe :0.01%	450da/125ml	1080
<b>CaCl<sub>2</sub></b>	M :110.98g/mol SO <sub>4</sub> :0.003% PO <sub>4</sub> :0.05% As :0.001% Fe :0.01% Zn :0.0003% Ba :0.001%	480da/75g	19200

# CHAPITRE 4

Programmation de l'estimation de la  
quantité de fluorure résultant de la  
consommation de nourriture et d'eau

## **IV Introduction :**

Un langage de programmation est un ensemble de commandes et d'options de commandes (les arguments) par lequel on envoie des instructions à l'ordinateur. Les ordinateurs ne peuvent pas (pas encore) comprendre le langage des humains, d'abord parce que les humains peuvent réagir à des instructions ambiguës, ce qui est foncièrement impossible pour la machine. Un langage de programmation doit être plus précis qu'un langage naturel <sup>[1]</sup>.

Après cette étude, nous avons constaté que le programme Visual Basic est le plus simple et le plus approprié pour les débutants et pour traduire nos données en calculant la quantité de fluorure présente dans le corps humain selon sa consommation quotidienne.

Dans ce chapitre, nous allons présenter sa définition, son histoire et les principaux moyens que nous avons utilisés dans ce programme.

### **IV.1 Historique de Visual basic :**

Visual Basic, dérivé du langage BASIC conçu pour faciliter l'apprentissage de la programmation, a évolué avec l'interface utilisateur graphique de Windows dans les années 1980-1990, donnant naissance à Visual Basic en 1991. La version 6 est apparue en 1998. Visual Basic existe en trois versions : Apprentissage, Professionnel et Entreprise. Il permet de créer, exécuter et déboguer des applications dans un environnement de développement intégré (IDE), réputé pour la rapidité de développement. Ce langage interprété offre des fonctionnalités avancées comme la manipulation d'événements, l'accès à l'interface Win32, la programmation orientée objet et structurée, ainsi que la gestion des erreurs. Les versions Professionnelles et Entreprise permettent la compilation en code machine <sup>[2]</sup>.

### **IV.2 Structure générale :**

Une application Visual Basic est composée de procédures indépendantes, écrites en BASIC et associées à des objets de l'interface utilisateur (boutons, listes, champs de saisie). Les applications ne sont pas compilées mais interprétées, permettant l'exécution immédiate du code saisi. Un programme VB, appelé projet (VBP), comprend plusieurs éléments réutilisables : des modules (BAS) pour les déclarations et instructions générales, et des feuilles (FRM) pour l'interface et le code. Le développement suit ces étapes :

Dessin de l'interface avec un outil interactif, initialisation des propriétés des éléments de l'interface, et écriture du code en BASIC. Les objets manipulés, appelés contrôles, réagissent à des événements déclenchant des instructions codées en BASIC [3].

### IV.3 L'essentiel outil utilisé :

#### IV.3.1 The main window (La fenêtre principale):

La fenêtre principale de Visual Basic inclut la barre de titre, la barre de menus et la barre d'outils, affichant des informations sur le projet et le formulaire en cours. Elle permet de contrôler l'environnement VB et affiche la position et les dimensions du formulaire actuel. [4].

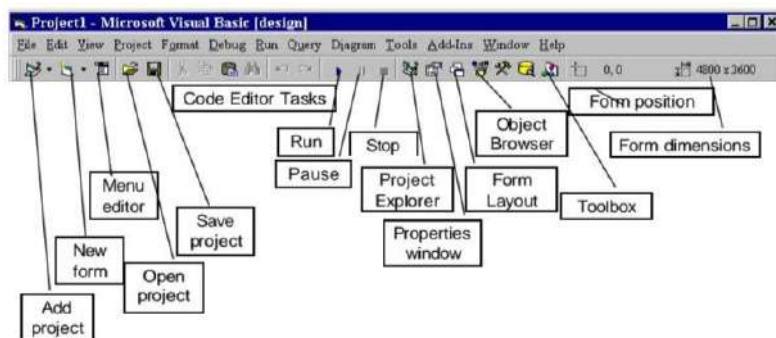


Figure IV-1: The main window

#### IV.3.2 Form (feuille) :

Conteneur graphique des contrôles de l'application [4].

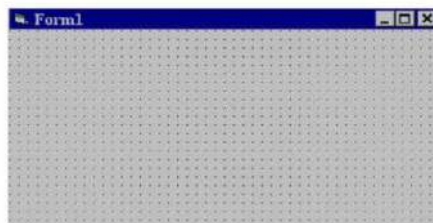


Figure IV-2: la forme de feuille (forme)

### IV.3.3 The Tool Box (la Boîte à outils) :

Est le menu de sélection des contrôles utilisés dans votre application [4].



Figure IV-3: la forme de la Boîte à outils (The Tool Box)

### IV.3.4 Command Button (bouton de commande) :

Exécute le code associé à l'événement click sur le bouton [4].

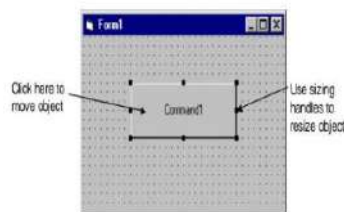


Figure IV-4: la forme de bouton de commande (command button)

### IV.3.5 Label (étiquette) :

Affiche une information (texte, nombre, date, ...) sans permettre la saisie par l'utilisateur [3].

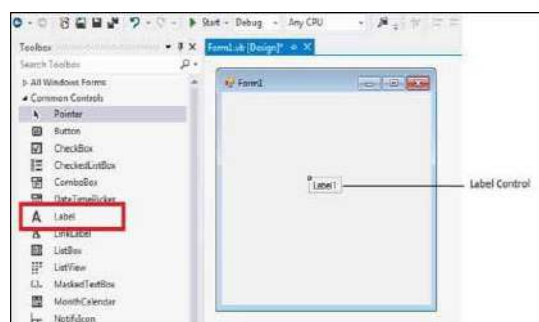


Figure IV-5: la forme de l'étiquette(label)

### IV.3.6 Text Box (zone de texte) :

Champ de saisie de texte Check Box (case à cocher) permet la saisie d'une option de type binaire (oui/non) [3].

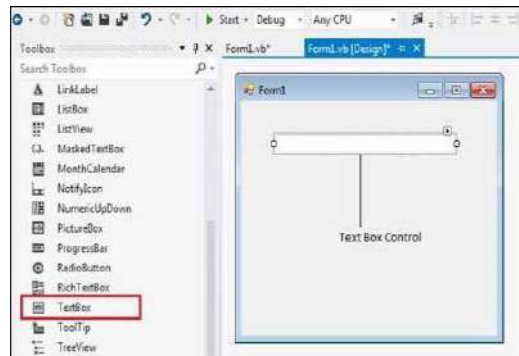


Figure IV-6: la forme de la zone de texte (text box).

### IV.3.7 Option Button (bouton d'option) :

Utilisé en groupe pour autoriser le choix d'une option parmi plusieurs possibles [3].

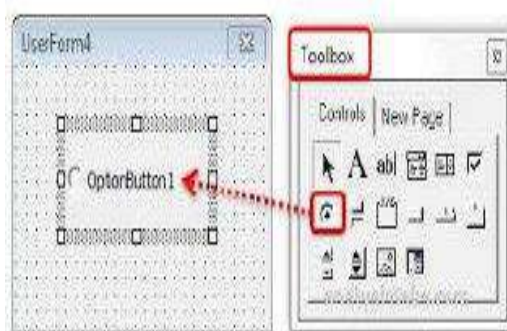


Figure IV-7: la forme de bouton d'option (option button)

### IV.3.8 Combo Box (liste combinée) :

Combinaison d'un champ de saisie et d'une liste simple [3].

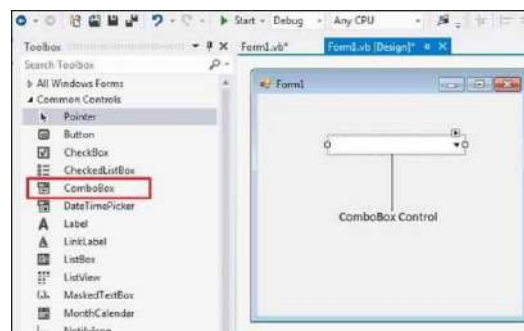


Figure IV-8: la forme de liste combinée (combo box)

### IV.3.9 List Box (liste simple) :

Choix d'une option parmi plusieurs, en nombre variable [3].

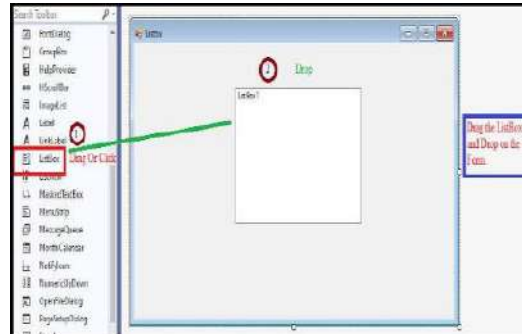


Figure IV-9: la forme de liste simple(liste box)

### IV.3.10 Check Box (case à cocher) :

Case à cocher Crée une case que l'utilisateur peut facilement cocher pour indiquer si un élément est vrai ou faux ou qui permet d'afficher plusieurs choix lorsque l'utilisateur peut en sélectionner plusieurs.

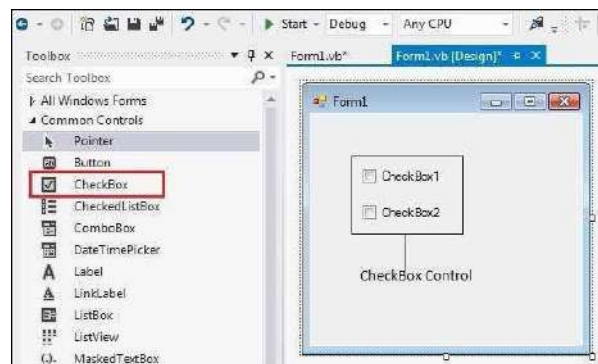


Figure IV-10: la forme case à cocher (check box)

### IV.3.11 The properties window (La fenêtre Propriétés) :

Permet de définir les valeurs initiales des propriétés des objets. Elle affiche une liste des objets dans le formulaire actuel via une boîte déroulante, offrant deux vues : Alphabétique et Catégorisée. Sous cette liste, les propriétés de l'objet sélectionné sont affichées pour modification [4].

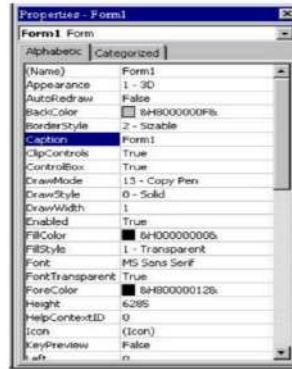


Figure IV-11: la forme de la fenêtre propriétés (the properties window)

#### IV.3.12 The Project Window (La fenêtre Projet):

Répertorie tous les formulaires et modules de votre application. Vous pouvez aussi accéder aux fenêtres de formulaire ou de code depuis cette fenêtre pour visualiser ou modifier le code Basic [4].

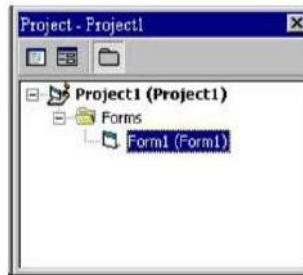


Figure IV-12: la forme de la fenêtre projet (the Project window)

### IV.4 L'interface de notre programme :

#### IV.4.1 Forme 1 :

L'interface du programme se compose de deux formes.

Le premier est destiné à calculer la quantité de fluorure dans la nourriture et l'eau, tandis que le second est dédié au traitement.

La première forme contient deux frames : l'un pour la nourriture, qui inclut plusieurs types :

- **Légumes** : Pomme de terre ; Tomates ; Oignons ; Carottes ; Citrouille.

- **Fruits** : Pommes ; Bananes ; Oranges ; Pastèques.
- **Dattes** : Deglat Nour ; Deglat Beida ; Ghares ; Tefzouine ; Takermoust.
- **Céréales** : Kouskous, lentilles, Houmous, Blé ; Orge ; Haricots.
- **Thé vert** : (Chunmée 41022) ;(Chunmée A9380) ;(Chunmée 9371) ;(Safinet E'sahara 061166) ;(Floria 41022) ;(Roide Sahara 41022)

Et l'autre pour l'eau, qui inclut les sources d'eau présentes dans la région de Ouargla, telles que (Gherbouz, Sokra ...) Devant chaque type de nourriture ou d'eau se trouve une zone de texte où l'on peut entrer la quantité consommée par jour, en {kg} pour la nourriture et en {L} pour l'eau. En bas des frames il y a une commande pour calculer la quantité totale de fluorure dans la nourriture et l'eau, et une remarque apparaît sous le résultat concernant la quantité de fluorure et si elle est appropriée ou non. En bas à droite du frame de l'eau, la quantité initiale de fluorure dans la source d'eau est affichée, et à côté se trouve une commande qui s'active si la concentration de fluorure n'est pas conforme aux normes, nous transférant alors vers la forme 2.

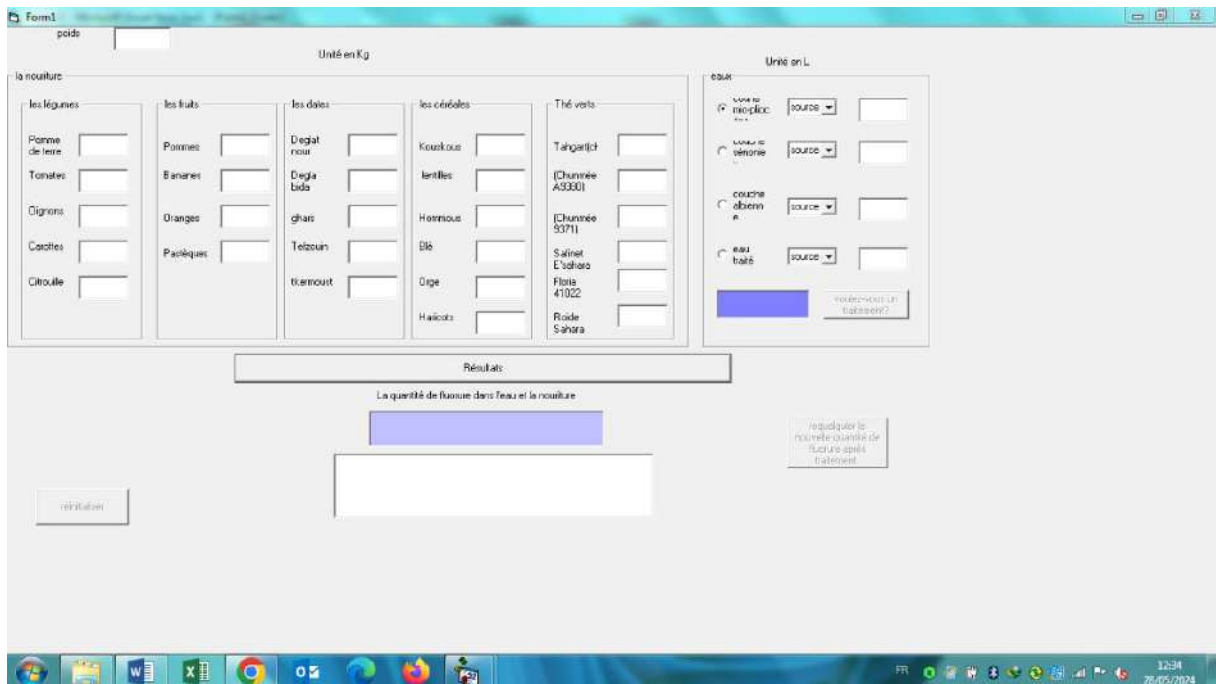


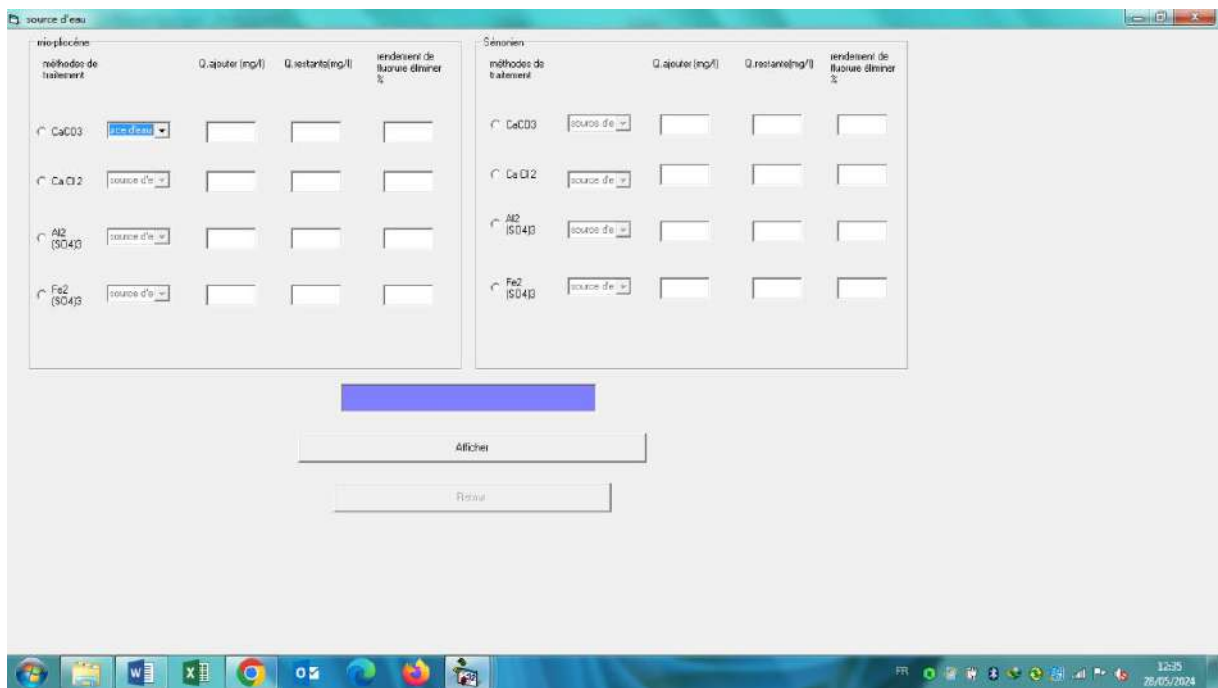
Figure IV-13: La forme 1 de programme

**IV.4.2 La Forme 2 :**

La deuxième forme est dédiée au traitement de l'eau et contient deux frame :

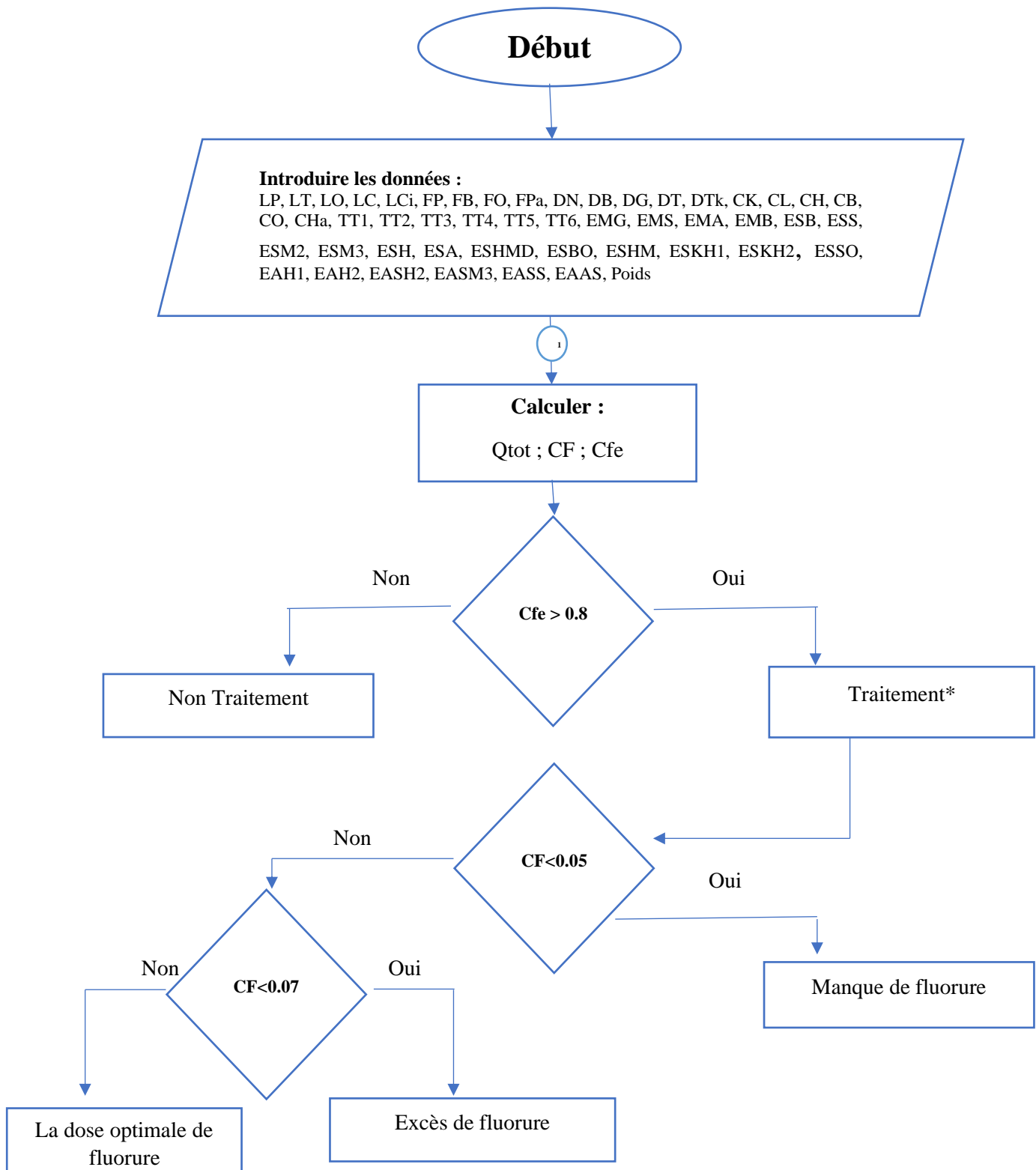
Un pour la couche Moi-pliocène et un pour la couche Sénonien. Chacun de ces frames propose quatre méthodes de traitement.

Nous sélectionnons le puits dont l'eau est consommée ainsi que la couche dans laquelle il se trouve. Ensuite, en appuyant sur le bouton "Afficher", la quantité de fluorure éliminée par cette méthode, la quantité restante de fluorure et l'efficacité de cette méthode s'affichent ; ensuite, il y a un bouton "Retour" pour nous ramener au forme 1 et nous donner le nouveau résultat du fluorure après traitement.



**Figure IV-14: La forme 2 de programme de traitement**

IV.5 L'organigramme de programme :



Sous-programme :

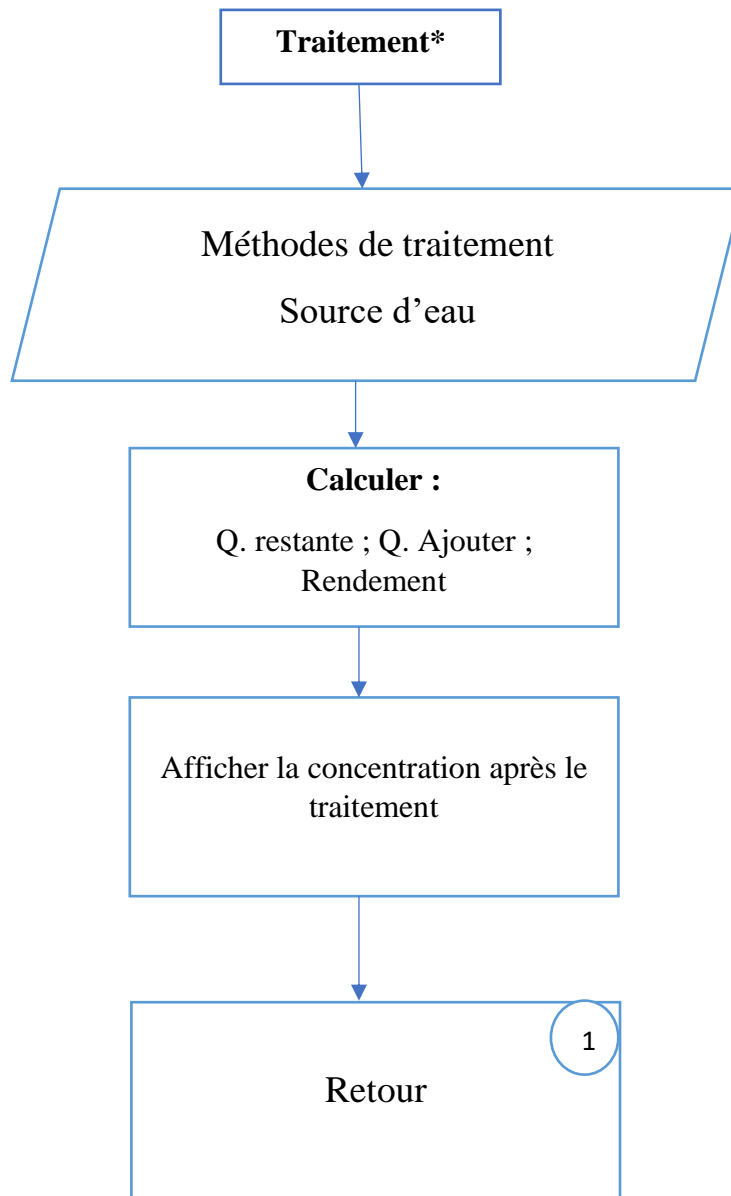


Figure IV-15 :L'organigramme de programme

## **Conclusion générale :**

La région de Ouargla est l'une des régions les plus exposées à la fluorose, selon des études antérieures, qui ont révélé que la concentration en ions fluor dans l'eau potable varie entre 0,7 et 2 mg/l, et que 60 % des puits dépassent les normes de santé mondiales (1,5 mg/l), notamment Les eaux des aquifères Mio-pliocène et Sénonien.

Nous observons une variation claire des niveaux de fluorure dans la région de Ouargla, avec la concentration la plus élevée de fluorure pour les légumes dans les oignons (plus de 45 mg/kg), tandis que la plus faible concentration est dans les tomates (moins de 8,5 mg/kg). Pour les fruits, la concentration la plus élevée est dans les oranges (17,4 mg/kg) et la plus faible dans les bananes (3,1 mg/kg). En ce qui concerne les dattes, la concentration la plus élevée est dans la variété Ghars (54 mg/kg). Le thé, la boisson la plus consommée dans la région, a une concentration variant entre 2,1 mg/l pour la première infusion et 0,86 mg/l pour la troisième infusion. Ainsi, une personne ne consommant du thé qu'une seule fois par jour ingère en moyenne plus de 4 mg/l. Grâce au programme proposé dans l'étude, les adultes de la région de Ouargla pourront connaître la quantité de fluorure consommée par jour et les solutions possibles pour le traitement. Pour limiter l'impact du fluorure sur la santé humaine, nous recommandons la généralisation de ce programme à toutes les régions algériennes.

**Source Bibliographique de l'introduction générale :**

[1] Dissanayake, C. B. (1991). The fluoride problem in the groundwater of Sri Lankaenvironmental management and health. *International Journal of Environmental Studies*, 38, 137-156.

[2] Angelillo, I. F., Torre, I., & Nobile, C. G. (1999). Caries and fluorosis prevalence in communities with different concentrations of fluoride in the water. *Caries Research*, 33(2), 114-122.

[3] Levy, S. M. (2003). An update on fluorides and fluorosis. *J. Can. Dent. Assoc.*, 69(5), 286291.

[4] Angelillo, I. F., Torre, I., & Nobile, C. G. (1999). Caries and fluorosis prevalence in communities with different concentrations of fluoride in the water. *Caries Research*, 33(2), 114-122.

### **Source Bibliographique de chapitre 1 :**

[1] Annuaire hydrogéologique de l'aquifère du haut et moyen chélif p. 13 agence nationale des ressources en, Alegria ANRH,2014.

[2] convertisseur vers tous les systèmes de coordonnées UTM, WSG avec une grande carte. Formats : UTM, UTMRF/MGRS, CH1903, Gauss-Krueger, GK, NAC, W3W et WGS en décimales, minutes décimales ou en degrés, minutes et secondes Coordonnées Clarke 1880.

[3] **BEHDENNA & GHERIANI** : Mémoire de fin d'étude du master {Adoucissement des eaux Souterraine chaud (Cas de la Région d'Ouargla)} année 2021/2022.

[4] **SALEMI & JAKANI** : Mémoire de fin d'étude du master {Etude d'efficacité du traitement des eaux dans les stations de déminéralisation des eaux saumâtres et d'épuration des eaux usées dans la ville de Ouargla} année 2017/2018.

[5] Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission II, Rapport final. Bonard et Gardel, Lausanne, 110 **BG. (2004)**

[6] **KETTAB** : Les ressources en eau en Algérie : stratégie, enjeux et vision, Désaliénation ; 136 : 25-33 (2001)

[7] **United Nations Educationnel Scientific and Cultural Organisation (UNESCO)** : Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Rapport final (ERESS Project: study of the northern Sahara water ressources), Paris. 1972

**[8] Historique Météo** permet de retrouver le bulletin météo ainsi que les données (température, précipitations, vent.) jour par jour et mois par mois pour plusieurs milliers de villes en France et dans le monde depuis 2009.

#### **Source Bibliographique de chapitre 2 :**

[1] Scheidecker-Chevallier M. Histoire de la découverte du fluor- un record dans les épisodes tragiques de la chimie, (université de Nice-Sophia-Antipolis centre de recherche histoire des idées) Actes des 15 JIREC Sécurité et protection dans L'enseignement de la chimie. (1998). p.4.

[2] Kirsch P. Modern FLuoroorganic chemistry, (2004). p5-6-9.

[3] Rapport du groupe de travail sur la fluoration de l'eau de consommation au Québec., Mars 2000 Ministère de la santé et des service sociaux. Direction générale de la santé publique

[4] A. BenNasr, « Performances des procédés physico-chimiques et membranaires pour l'élimination des ions fluorure dans les eaux de forage : application aux eaux tunisiennes », Thèse de Doctorat, Université de Sfax, Tunisie, 2013

[5] Fluor de in Drinking Water: Wong MCM, Clarkson J, Glenly AM, Lo ECM, Marinho VCC, Tsang BWK, et al. Cochrane studies on the benefits / risks of toothpastes containing Floride. J. Mark Rees, 2011.

[6] Lebza M R, Contribution à l'étude du fluor dans les eaux et l'alimentation dans la région. D'El Oud- Souf (Algérie). Thèse de doctorat université Nancy I.U.E.R, Alimentation et nutrition (1986).

[7] Hichour M, Persin F, Sandeaux J, Molénat J, Gavach C. « Défluoruration des eaux par dialyse de Donnan et électrodialyse », Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, (1999). vol. 12, n° 4, pp. 671-686

[8] Taylor, 1964 ; Wedepohl, 1974

[9] Fleischer. 1953 : Pedro et Delmos, 1970 et Chekhachir et al., 1991.

[10] (Chekhachir et al., 1991) et (Charlot, 1969)

[11] Srimurali M., Pragathi A. Karthikeyan J., A stade on removal of fluorides from drinking water by adsorption onto low-cost materials. Environmental Pollution 99, 1998, p. 285-289

[12] Raymond Desjardins, Le traitement des eaux 24m Eddition de l'école polytechnique de Montréal, (1997) Chapitre 11, Fluoruration et dé fluoruration des eaux, p.182-239

- [13] Maxime P. Michel R., Mariama N. Codou M., Synthèse sur le problème de la fluorose bilan des connaissances et présentation d'une nouvelle méthode de défluoruration des eaux de boisson, Cahiers Santé 6, 1996, p. 27-36.
- [14] Taves DR, Dietary intake of fluoride ashed (total fluoride) unashed (inorganic fluoride) analysis of individual foods. Br J Nutr 49 : (1983). 295-301
- [15] Raymond Desjardins, Le traitement des eaux 24<sup>m</sup> Edition de l'école polytechnique de Montréal, (1997) Chapitre 11, Fluoruration et dé fluoruration des eaux, p.182-239.
- [16] Fleischer, M. and Robinson, W.D: Some problems of the geochemistry of fluorine. Royal Society of Canada Spécial, (1963) p. 58-75.
- [17] Symonds, R., Rose, W. and Reed, M. Contribution of Cl- and F-bearing gases to the atmosphères by volcanoes. (1988). Nature, 334 : 415-418.
- [18] Tabouche, Achour : Etude de La Qualité des eaux souterraines de la région. 100 orientale du Sahara septentrional Algérien, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680. 03, Juin 2004.pp111.
- [19] WHO (2002a) Environmental Health Criteria 227, World Health Organisation, Geneva
- [20] Lalonde, J. (1976) Fluorine an indicator of mineral deposits Canadian Mining and Metallurgical Bulletin May, 110-122
- [21] Wang, G.X. and Cheng, G.D. (2001) Fluoride distribution in water and the governing factor of environnement in arid north-west China. Journal of Arid Environnements 49, 601-614.
- [22] Chernet, T., Travi, Y. and Valles, E. (2001) Mechanism of degradation of the quality of Natural water in the lakes region of the Ethiopian Rift Valley, Water Research 35, 2819-2832
- [23] Dissanayake, C.B. and Chandrajith, R. (1999) Medical geochemistry of Tropica environments. Earth-Science Reviews 47, 219-258.
- [24] Higgins, J., Warnken, J., Sherman, P.P. and Teasdale, P.R. (2002) Survey Of [users and providers of recycled water: quality concerns and directions for applied Research. Water Research 36, 5045-5056.
- [25] Fridriksson, S. (1983) Floride problèmes following volcanic eruptions. In: 104 106 Shupe, J.L... Peterson, H.B. and Leone, N.C. (eds) Fluorides. Effets on Vegetation, Animals and Humans. Paragon Press, Salt Lake City, Utah, pp. 339-344.
- [26] Wei, M.W. (1992) Primary aluminum [industry.In](#): Buonicore, A.J. and Davis, W.T. (eds) Air Pollution Engineering Manual. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 590-606.

- [27] Mann, H.C. (1992b) Triple superphosphate. In: Buonicore, A.J. and Davis W.T. (eds) Air Pollution Engineering Manual. Air and Waste Management Association, Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 5479-5581.
- [28] Mc Gannon, H.E. (1964) the Making. Shaping and Treating of Steel, 8th edn. United States Steel Corporation, Pittsburgh.
- [29] NAS (1971) Biologic Effects of Air Pollutants: Fluorides. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- [30] Swaine, DJ. (1990) Trace Elements in Coal. Butterworths, London
- [31] Finkelman, R., Orem, W., Castranova, V., Tatu, C., Belkin, H., Zheng, B. Lerch, Maharaj, S. and Bates, A. (2002) Health impacts of Coal and Coal use: possible solutions. International Journal of Coal Geologies 50, 425-443. H.
- [32] AEI (1999) Alternative Energy Institute Coal Fact Sheet, January 1999 Electronic
- [33] Mann, H.C. (1992a) Normal superphosphate. In: Buonicore, A.J. and Davis, W.T. (eds) Air Pollution Engineering Manual. Air and Waste Management المراجع Association, Gtgh n- Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 576-578
- [34] O'Donnell, T.A. The Chemistry of Fluorine: Pergamon Texts in Inorganic Chemistry. Elsevier.2016.
- [35] Chapa, L., Surani, S, & Varon, J. Management of hydro fluorid acid injury in the emergency department and critical care units. Crit Care Shock. 2009 et 117-119.,12.
- [36] Aiguepers Mollard, P., Devilliers, D., Chemla, M., Faron, R., Romano, R., & Cuer, J.P. Fluorine compounds, inorganic. Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry 2000.
- [37] Klein, Cornelis, Hurlbut, Cornélius Searle et Dana, James Dwight, Manuel de minéralogie (21<sup>éd</sup>), Wiley. 1999.
- [38] West, N. X., He, T., Macdonald, E. L., Seong, J., Hellin, N., Barker, M. L., & Eversole, S. L. Erosion protection benefits of stabilized SnF<sub>2</sub> dentifrice versus an arginine–sodium mono fluoro phosphate dentifrice: results from in vitro and in situ clinical.
- [39] Bassin, E. B., Wypij, D., Davis, R. B., & Mittleman, M. A. (). Age-specific fluoride exposure in drinking water and osteosarcoma (United States). Cancer Causes & Control. 2006 et 421-428., 17(4): 421-428.

- [40] Sorsby A, Harding R Oxidizing agents as potentiators of the retinotoxic action of sodium fluoride, sodium iodate and sodium iodoacetate. 1966 et :997–998., 210.
- [41] WHO World Health Organization, Genev (2002), Environmental Health Criteria p 227.
- [42] Lalonde, J (1976), Fluorine, an indicator of mineral deposits. Canadian Mining and Metallurgical Bulletin May, p 110 -122
- [43] Acharya S (2005), Dental caries, its surface susceptibility and dental fluorosis in South Int Dent J , 55 : 359 - 364.
- [44] Arbab Chirani R, Foray H (2005) fluorose dentaire : diagnostic étiologique. Arch Pédiatr 12: 284-287
- [45] Onyango MS, Kojima Y, Aoyi O, Bernardo EC, Matsuda H (2004), Adsorption equilibrium modelling and solution chemistry dependence of fluoride removal from water by trivalent-cation-exchanged zeolite F-9. Colloid Interface Sci, 279: 341 - 350.
- [46] Pettifor JM,Schnizler CM,Ross FP,Mdoodley GP (1989), Endemic skeletal fluorosis in children: hypocalcaemia and the presence of renal resistance to parathyroid hormone.Bone Miner , 7: 275 - 288.
- [47] Pinet F, Pinet A, Barriere J, Bouche B (1961), Endemic fluoroses of aqueous origin in Souf. Darmous and fluorosis osteopetroses. A Report on 51 cases of condensing osteoses. Alger Med 65:737-749.
- [48] Poey J, ElsaïrJ, Morgan P, Reggabi M, Hataab F (1976), Evaluation of biologic balance as a function of radiologic status in a population living in a endemic fluoride zone of southern a Algeria. Eur J Toxicol Environ Hyg 9:179-186.
- [49] U.S. EPA.(1995). Profile of the Iron and Steel Industry. EPA/310- R-95- 005, EPA Office of Compliance Sector Notebook Project, Office of Enforcement and Compliance Assurance, Washington, DC.
- [50] N'dao I, Lagaude A, Travi Y. (1992). Défloration expérimentales des eaux souterraines du Sénégal par le sulfate d'aluminium et le polychlorosulfate basique d'aluminium. Sciences et techniques de l'eau, vol 26, pp.243-249.
- [51] Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (2002). Mise au point sur le fluor et la prévention de la carie dentaire.

- [52] Angerville R. (1999). Evaluation de la concentration du fluor dans les ressources en eau de la région hydrographique centre-sud d'Haïti. Mémoire pour l'obtention d'une licence en génie civil option environnement. Université Quisqueya (UniQ). (FSGA) pp. 08.
- [53] Viland M, A. Montiel, mars. (2001). Guide pratique pour les intervenants en milieu rural africain, Eau et Santé, Programme Solidarité Eau, Editions du Gret, France.
- [54] Desjardins R. (1987). (Le traitement des eaux). paris. Pp 233,234,235, 237.
- [55] Raymond Desjardins, Le traitement des eaux ,2<sup>ém</sup> Eddition de l'école polytechnique de Montréal, (1997) Chapitre 11, Fluoruration et dé fluoruration des eaux, ,p.182-239.
- [56] Nawlakhe, W. G. and Bulusu, K. R. 1989. Nalgonda technique – a process for removal of excess fluoride from water. Water Quality Bull., 14, 218- 220.
- [57] MEZANE s, 2014 - Déflururation des eaux potables de la ville d'Ouargla par précipitation et osmose inverse Mémoire de master. Université d'Ouargla, kasdi Merbah, faculté des sciences applique département de génie civil et hydraulique.
- [58] Meenakshi, R.C. Maheshwari, Fluoride in drinking water and its removal, Journal of Hazardous Materials B137, 2006, p. 456–463.
- [59] Raymond Desjardins, Le traitement des eaux ,2<sup>ém</sup> Eddition de l'école polytechnique de Montréal, (1997) Chapitre 11, Fluoruration et dé fluoruration des eaux, ,p.182-239.
- [60] Pierre M., Les eaux souterraines riches en fluor dans le monde, Maison de science de l'eau de Montpellier UMR 5569 HYDROSCIENCES CNRS-UMII- IRD, 2002.
- [61] H. Dach, « Comparison of nanofiltration and reverse osmosis processes for a selective desalination of brackish water feeds », Thèse de Doctorat, Université d'fés, Maroc,200

#### **Source Bibliographique de chapitre 4 :**

- [1] Le Programmeur Microsoft Visual Basic 6 Créez des applications efficaces en VB6 page 8  
Greg Perry
- [2] VISUAL BASIC 6 62 DESS IAIE, ISTIA, Université d'Angers. 2003/2004, 30h Jean-Louis Boimond
- [3] DEUST IOSI FORMATION CONTINUE LE LANGAGE VISUAL BASIC UVHC  
UNIVERSITE DE VALENCIENNES ET DU HAINAUT CAMBRESIS
- [4] Course Notes for: Learn Visual Basic 6.0 Microsoft Visual Basic Lou Tylee, 1998 KID  
ware 15600 NE 8th, Suite B1-314 Bellevue, WA 98008 (206) 721-2556 FAX (425) 746-4655

