

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Université de Tissemsilt**



**Faculté des Sciences et de la Technologie**

**Département des Sciences de la Nature et de la Vie**

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master  
académique en :

**Filière : Ecologie et environnement.**

**Spécialité : Protection des écosystèmes.**

Présentée par : **KHELIF Aya**

**LABBOUN Imane**

**Thème**

---

**Étude des paramètres physico-chimiques des sources  
thermale de l'Ouarsenis  
(Cas de Sidi Slimane Tissemsilt)**

---

Soutenu le, 06/07/2021.

**Devant le Jury :**

MR. BENZOHR A Nadjib	Président	M.A.A	Univ-Tissemsilt
MR. FELLAH Shanoune	Examinateur	M.C.B	Univ-Tissemsilt
MR. ARDJANE Tadjeddine	Encadreur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
MR. ZEMOUR Hafidh	Co- encadreur	Doctorant	Univ-Tiaret

**Année universitaire: 2020-2021**

## *Remerciements*

Tout d'abord, tout louange à **ALLAH** qui nous a éclairé le chemin du savoir et notre grand salut sur le premier éducateur notre prophète

**Mohamed.**

Nous adressons nos vifs remerciements et nos sincères gratitudee à notre

**ENCADREUR Mr. ARDJANE Tedjeddine** et Co- encadreur **Mr. ZEMOUR Hafidh** nous a honorés en acceptant de diriger ce travail, pour son encouragement, sa patience, son précieux conseil et son aide durant toute la Période du travail.

Nous remercions chaleureusement monsieur **Mr. BENZOHRA Nadjib** qui à accepter de présider les membres de jury.

Aussi nos cordiaux remerciements **Mr. FALLAH Sahnoun** qui ont accepté de porter leur jugement sur ce travail.

Nous tenons à remercier tout particulièrement monsieur le directeur de

**P'ONA,**

**TISSEMSILT** et **I'ADE** unité Beni chaaib et Tissemsilt qui à autorisé notre accès, ainsi que tout le personnel qui à facilité les taches tout au long de ce travail surtout **Mr. BACHA N** et Notre gratitude s'adresse également au chef de département et à tous nos professeurs pour leur aide logistique et technique.

## *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire à mes très chers parents, à mon paradis qui a continué a passer sa vie pour faire mon chemin droit malgré son absence, elle est toujours avec moi et dans mon cœur et Mon père **Abdelkader***

*Pour leurs dévouements et leurs gentillesse qui ont été pour moi un Soutien constant tout au long de ses années d'études qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde affection et reconnaissance.*

*A*

*Mes grandes mères*

*A*

*Ma très chers frère : **Ilyes et Anes***

*A*

*Mes tantes **Houria , Souaad , Khadija , Zineb , Aicha , Rima***

*A*

*Mon bras **Ilham***

*A*

*Mes chères **Walaa et Douaa***

*Tous les enfants **Mouiz , Haïtham , Haroun , Maria , Lina , Abdelnor , Hamza , Taha et Fatima***

*A*

*Mes amis qui j'ai passé les meilleurs moments : **Amina, Hanan, Chaïma, Lilia***

*A*

*Ma binôme et ma chère **Imane***

*A Toute mes amies et la promo protection des écosystèmes*

*A la fin, je dédie ce mémoire à tous ceux et toutes celle qui m'ont accompagné et soutenu durant ces années d'études.*

*Aya*



## *Dédicace*

*Je remercie tout d'abord, Allah, le tout puissant et clément de m'avoir aidé à réaliser ce travail.*

*Je dédie ensuite ce fameux travail aux plus exceptionnels qui existent dans le monde,*

*Mes très chers parents, mon père Mohamed et ma mère qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études que Allah me les garde.*

*Je dédie également à tous ceux qui m'aiment et spécialement à mes adorables*

*Frères Abderrahmane, Tarek, Yacine.*

*À ma grande mère.*

*À mes cher Marouane et Moncef*

*A toute la famille labboun sans exception.*

*À toute mes amies surtout Romaiïssa, Chahinez, Dodja, Rania et ma promotion de protection des écosystèmes*

*À ma binôme ma chère Aya*

*A mon encadreur Mr Ardjane Tadjé Eddine, qui méritent tous mon respect et tribut.*

*Enfin, je dédie ce travail à toute personne qui m'a aidé de le réaliser de près ou de loin sans exception.*

*Imane*



## Résumé

L'eau thermale est une eau minérale naturelle, c'est-à-dire une eau possédant un certain nombre de propriétés qui peuvent lui conférer des propriétés bénéfiques pour la santé. Contrairement à l'eau de source, l'eau minérale naturelle n'a pas à être consommée naturellement. Il contient des minéraux, du sel, du gaz et des boues qui ont un effet efficace sur la santé.

Le but du travail est étudié sur l'examen de la qualité physico-chimique des eaux de source et des eaux thermales de Sidi Slimane, répartie sur (06) six sources localisée dans la zone d'étude. Des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur des échantillons prélevés sur chaque source expérimentale. L'analyse s'est concentrée sur quelques chiffres de paramètres physico-chimiques d'eau, tels que la température, le potentiel hydrogène, la conductivité électrique, les ions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$ ;  $\text{NO}_2^-$  ...

L'eau thermale du Hammam Sidi Slimane est fournie par un seul réservoir et qu'il n'y a pas d'interaction significative avec les eaux de surface. Les eaux de ces sources présentent la phase de chlorure de sodium et de potassium ou/sulfate sodium.

### Mots clés :

**L'eau Thermale, Qualité, Source Thermale, Paramètre Physico-Chimique, Hammam Sidi Slimane, Hydrochimique, Contexte géologique.**

## **Abstract**

Thermal water is natural mineral water, i.e. water with a certain number of properties that provide health benefits. Unlike Spring water, natural mineral water does not have to be consumed naturally. It contains minerals, salt, gas and mud that have an effective effect on health.

The aim of the work is studied on the examination of the physico-chemical quality of spring and thermal waters of Sidi Slimane, where six springs are located. Physico-chemical analyses were performed on samples taken from each experimental spring. The analysis focused on some figures of physico-chemical parameters of water, such as temperature, hydrogen potential, electrical conductivity, ions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{Na}^+$ ;  $\text{NO}_2^-$ ...

The thermal water of Hammam Sidi Slimane is supplied by a single reservoir and there is no significant interaction with surface water. The waters of these sources present the phase of sodium chloride and potassium or/sodium sulfate.

## **Key words:**

**Thermal water, quality, Thermal spring, physicochemical parameters, Hammam Sidi Slimane, hydrochemical, context.**

## الملخص:

المياه الساخنة (أو بما يسمى بالمياه الدافئة) هي مياه معدنية طبيعية، أي مياه لها العديد من الخصائص التي يمكن أن تمنحها ميزات مفيدة للصحة. على عكس مياه الينابيع، لا يجب استهلاكها بشكل طبيعي. لاحتوائها على معادن و ملح وغاز وحمأة لها تأثير فعال على الصحة.

تم دراسة نوعية الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه الينابيع و المياه الساخنة لسيدي سليمان حيث تم العمل على ستة مصادر. تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية على عينات مأخوذة من كل مصدر تجربي. ركز التحليل على أرقام قليلة من المعلمات الفيزيائية والكيميائية للماء، مثل درجة الحرارة ، وإمكانات الهيدروجين، والتوصيل الكهربائي ، أيونات الكلورور ؛سولفات.نترات. نيتريت. بيكاربونات. كالسيوم. مغنيزيوم. بوتاسيوم. الصوديوم..... يتم توفير المياه الساخنة لحمام سيدي سليمان من خلال خزان واحد ولا يوجد تفاعل كبير مع المياه السطحية. تظهر مياه هذه الينابيع مرحلة كلوريد بوتاسيوم الصوديوم أو كبريتات الصوديوم.

## الكلمات الدالة:

المياه الساخنة، الجودة، الينابيع الدافئة، المعلمة الفيزيائية الكيميائية، حمام سيدي سليمان، الهيدروكيميائيات، السياق.

## **Liste Des abréviations :**

**ADE** : Algérienne Des Eaux.

**ANE** : Agence National des Eaux.

**ANN** : Agence National de la Nature

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**C°**: Degré Celsius.

**DCO** : Demande Chimique en Oxygène.

**DO** : Oxygène Dissous.

**E.B** : Eau Brute.

**EDTA** : Sel Dissodique d'acide Ethyène Diamine Tetracétique.

**N.A**: Norme Algérienne relative.

**ONA**: Office National de l'Assainissement.

**P** : Précipitation.

**PH** : Potentiel d'Hydrogène.

**SOUT** : Souterraine.

**SURF** : Surface.

**T** : Température.

**TA** : Titre Alcalimètre.

**TAC**: Titre Alcalimétrique Complet.

**µs/cm** : Micro-siémens par Centimètre.

## Liste des figures :

Figure 1: Le cycle d'eau .....	8
Figure 2: La zone d'étude dans la wilaya de Tissemsilt et l'Algérie. ....	19
Figure 3: La carte de situation géographique de Sidi Slimane. ....	20
Figure 4: La carte géographique d'Ouarsenis. ....	22
Figure 5: Diagramme Ombrothémique de la région montagneuse de l'Ouarsenis. ....	24
Figure 6: Carte de végétation de l'Ouarsenis. ....	26
Figure 7: Carte de sensibilité des sols de l'Ouarsenis à l'érosion. ....	27
Figure 8: Source de Hammam 1.....	31
Figure 9: Source de Hammam 2.....	31
Figure 10 : Ain Boutellisse. ....	32
Figure 11 : Ain Oued.....	32
Figure 12 : Ain Djab.....	33
Figure 13 : Multi paramètre type.....	34
Figure 14: Conductimètre.....	34
Figure 15 : Dosage de Nitrite.....	35
Figure 16: Mode opération de Nitrate. ....	36
Figure 17 : Dosage de Nitrate. ....	36
Figure 18 : Dosage du Chlorure. ....	37
Figure 19 : Dosage de Sulfate. ....	38
Figure 20: Dosage du Bicarbonate. ....	39
Figure 21 : Dosage du Magnésium. ....	40
Figure 22: Dosage du Calcium. ....	40
Figure 23: Dosage du Sodium spectrophotomètre en flamme.....	42
Figure 24 : Dosage du fer. . ....	43
Figure 25 : Déterminé le dosage de DCO .....	44
Figure 26 : Répartition des points de prélèvement dans la zone d'étude. ....	46
Figure 27: Histogramme montre la variation de la température (°C) des points de prélèvement de la zone d'étude. ....	47
Figure 28 : Carte de distribution spatiale du pH des points de prélèvement de la zone d'étude.....	48
Figure 29 : Carte de distribution spatiale de la conductivité électrique (CE).....	49
Figure 30: Carte de distribution spatiale de Bicarbonates des points de prélèvement .....	50
Figure 31 : Carte de distribution spatiale des Chlorures des points de prélèvement.....	51
Figure 32 : Carte de distribution spatiale de Nitrates de la zone d'étude. ....	52
Figure 33 : Carte de distribution spatiale des Nitrites de la zone d'étude.....	53
Figure 34 : Carte de distribution spatiale de Sulfates .....	54
Figure 35 : Carte de distribution spatiale de Sodium.....	55
Figure 36: Carte de distribution spatiale de Magnésium des points de prélèvement).....	56
Figure 37 : Carte de distribution spatiale de Calcium. ....	57
Figure 38 : Carte de distribution spatiale de Fer des points de prélèvement.....	58
Figure 39: Carte de distribution spatiale de la demande chimie d'oxygène des points de prélèvement.....	59
Figure 40 : Carte de distribution spatiale d'oxygène des points de prélèvement . ....	60
Figure 41 : Représentation des sources de Hammam Sidi Slimane (Diagramme semi-logarithmique de Schoeller-Berkaloff). ....	62
Figure 42 : Représentation graphique par diagramme de Piper des analyses physicochimiques des eaux Thermale de Hammam Sidi Slimane. ....	63

<b>Figure 43 : Valeurs propres de la matrice de corrélation des paramètres physico chimiques des sources thermales. ....</b>	<b>65</b>
<b>Figure 44 : L'ACP des paramètres physico chimiques des sources thermales sur les plans factoriels . ....</b>	<b>67</b>
<b>Figure 45 : La carte des sources sur le plan factoriel. ....</b>	<b>68</b>
<b>Figure 46 : La dispersion des sources avec les variables sur le plan AFC.....</b>	<b>69</b>
<b>Figure 47 : Etude Dendrogramme CHA.....</b>	<b>70</b>
<b>Figure 48 : Demande chimie d'Oxygène L'ONA Unité Tissemsilt. ....</b>	<b>85</b>

## Liste des tableaux :

Tableau 1: Principales constantes de l'eau pure. ....	9
Tableau 2: Classification des eaux thermales en fonction de leur minéralisation. ....	15
Tableau 3: Eaux minérales et orientations thérapeutique essentielles. ....	17
Tableau 4: Pluviométrie moyenne mensuelles en mm (2010-2019) ....	23
Tableau 5: Températures moyenne mensuelle en degré C° (2010-2019). ....	24
Tableau 6: Distribution des superficies selon les valeurs de l'NDVI. ....	25
Tableau 7: Distribution des superficies selon leur sensibilité à l'érosion. ....	26
Tableau 8: Répartition des points de prélèvement de la zone d'étude. ....	46
Tableau 9 : Résultats de mesure de la température de point de prélèvement. ....	47
Tableau 10 : Résultats de mesure du pH des points de prélèvement. ....	48
Tableau 11: Résultats de mesure de CE des points de prélèvements. ....	49
Tableau 12 : Résultats de dosage de $\text{HCO}_3^-$ de points de prélèvement. ....	50
Tableau 13: Résultats de dosage de $\text{Cl}^-$ des points de prélèvement. ....	51
Tableau 14: Résultats de dosage de $\text{NO}_3^-$ des points de prélèvement. ....	52
Tableau 15: Résultats de dosage de $\text{NO}_2^-$ des points de prélèvement. ....	53
Tableau 16: Résultats de dosage de sulfates des points de prélèvement. ....	54
Tableau 17: Résultats de mesure de Sodium des points de prélèvement. ....	55
Tableau 18 : Résultats de dosage de Magnésium des points de prélèvement. ....	56
Tableau 19: Résultats de dosage de Calcium des points de prélèvement. ....	57
Tableau 20 : Résultats de dosage de Fer des points de prélèvement. ....	57
Tableau 21 : Résultats de dosage de DCO des points de prélèvement. ....	58
Tableau 22: Résultats de dosage de Oxygéné des points de prélèvement. ....	59
Tableau 23: Valeurs d'analyses physico-chimique des eaux des sources de Hammam Sidi Slimane. ....	61
Tableau 24: Facies caractéristiques des eaux de Hammam Sidi Slimane. ....	61
Tableau 25: Valeurs propre de la matrice de corrélation des paramètres physico-chimique. ....	64
Tableau 26: Matrice de corrélation (ACP) entre les variables. ....	66
Tableau 27 : Réactifs mixtes de détermination de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ). ....	80
Tableau 28 : Réactifs de détermination de nitrates. ....	80
Tableau 29 : Solution d'EDTA. ....	81
Tableau 30: Réactifs de détermination de sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) ....	81
Tableau 31: Réactifs de Chlorure. ....	82
Tableau 32: Résultats physico-chimique ....	83
Tableau 33: Les normes d'ADE. ....	84

## Table des matières

- Remerciement
- Dédicace
- Résumé
- Liste de l'abréviation
- Liste des figures
- Liste des tableaux
- Table des matières
- Introduction générale
- Problématique

### Chapitre I :Généralités sur les eaux

1. Généralités .....	4
2. Situation de l'eau dans le monde .....	4
3. Situation de l'eau en Algérie .....	5
4. Situation de l'eau en Tissemsilt .....	5
5. Historique du traitement des eaux .....	5
6. Importance du traitement des eaux .....	6
7. Définition de l'eau .....	6
8. Le cycle hydrologique de l'eau .....	6
9. Propriétés physico-chimiques de l'eau .....	8
9.1. Propriétés physiques de l'eau .....	8
9.2. Propriétés chimiques de l'eau .....	9
10. Les types des eaux .....	10
10.1 . Eaux de pluie .....	10
10.2 . Eaux de surface .....	10
10.2.1 Eaux de rivière (partie amont) .....	10
10.2.2 Eaux de rivière (partie aval) .....	10
10.3 . Eaux souterraines .....	10
10.3.1 Nappe libre et les nappes captive .....	11
10.3.2 Nappe alluviale.....	11
10.3.3 Nappe phréatique .....	11
10.4 . Les sources .....	11
10.5 . Les puits .....	12
11. Eau de source .....	12
11.1 . Définition des eaux de source .....	12

12	Les eaux thermales .....	13
12.1	. Définition .....	13
12.2	. Législation régissant les eaux thermales .....	13
12.3	. Composition des eaux thermales .....	14
12.4	. Caractérisations des eaux thermales .....	14
12.4.1	Selon le degré de la chaleur .....	14
12.4.2	Selon leur minéralisation .....	15
12.4.3	Selon leur concentration en ions .....	16
13	Le thermalisme .....	16
13.1	Définition .....	16
13.2	Statut des cures Thermales .....	16
13.3	Principes de cures .....	17

## Chapitre II:Présentation de la région d'étude

1.	Situation géographique général de la région d'étude .....	19
2.	Situation géographique locale de la région d'étude .....	20
2.1	Contexte Géologique de la région .....	20
3.	Structuration de l'Ouarsenis dans le domaine tellien .....	21
4.	Les phases tectoniques .....	21
5.	Morphologie .....	22
6.	Pédologie .....	22
7.	Lithologie .....	23
8.	Climatologie .....	23
8.1	Les Précipitations .....	23
8.2.	Les Températures .....	24
9.	Hydrologie .....	24
9.1.	Réseau hydrologique .....	24
10.	Sensibilité des sols de l'Ouarsenis à l'érosion .....	25
10.1.	Densité et répartition de la végétation .....	25
11.	Etat et gestion de la forêt de l'Ouarsenis .....	27
11.1.	La flore .....	27
11.2.	La faune .....	28

## Chapitre III : Etude Hydrochimique

1.	Objectif de l'étude .....	30
2.	Echantillonnage .....	30
3.	Technique du prélèvement .....	30
4.	Mesure des paramètres physico-chimiques .....	33

<b>4.1. Paramètre physiques .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.1. Température .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.2. PH, DO et de Conductivité électrique .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2. Paramètre chimique .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.1 .Les anions.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.1.1. Dosage de nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):.....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.1.2. Dosage de nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.1.3. Dosage du chlorure (Cl<sup>-</sup>) .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1.4. Dosage de sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2.1.5. Détermination de l'alcalinité (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.2. Les cations.....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.2.1. Dosage du Calcium (Ca<sup>2+</sup>) et du Magnésium (Mg<sup>2+</sup>) .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.2.2. Dosage du sodium (Na<sup>+</sup>) .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.3. Les métaux lourds .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.3.1. Dosage du fer .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.3.2. Dosage de DCO .....</b>	<b>43</b>

### **Résultats et discussions**

<b>1. Les Paramètres organoleptiques .....</b>	<b>45</b>
<b>1.1. La couleur .....</b>	<b>45</b>
<b>1.2. L'odeur .....</b>	<b>45</b>
<b>1.3. Goût .....</b>	<b>45</b>
<b>2. Paramètres physico-chimique .....</b>	<b>45</b>
<b>3. Répartition des points de prélèvement de la zone d'étude .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Outils informatiques .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2 Interprétation des Les paramètres physiques .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.1 Température T°C .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.2. Potentiel d'Hydrogène .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.3. La conductivité électrique .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3 Interprétation des Les paramètres chimiques .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.1 Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.2 Chlorure (Cl<sup>-</sup>) .....</b>	<b>51</b>
<b>3.3.3 Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.4 Nitrite (NO<sup>-2</sup>) .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.5 Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>).....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.6 Le Sodium (Na<sup>+</sup>).....</b>	<b>54</b>

3.3.7	Magnésium ( $Mg^{+2}$ ) .....	55
3.3.8	Le Calcium ( $Ca^{+2}$ ) .....	56
3.3.9	Le Fer (Fe) .....	57
3.3.10	Le DCO (La demande chimie d'oxygène) .....	58
3.3.11	Oxygéné ( $O_2$ ) .....	59
4.	Diagramme de Piper .....	60
5.	XLSTAT .....	60
6	Etude des Paramètres chimiques majeurs .....	61
6.1	Diagramme de Piper .....	62
7	Application de l'ACP .....	64
7.1	Interprétation de résultats de l'ACP .....	64
7.1.1	Les valeurs propres .....	64
7.1.2	Etude des variables .....	65
7.1.2.1	La matrice de corrélation .....	65
7.1.2.2	Etude la cercle de L'ACP .....	67
7.1.3	Etude AFC .....	68
7.1.3.1	Etude la dispersion des sources .....	68
7.1.3.2	Etude la dispersion des sources avec les variables .....	69
7.2.	Etude Dendrogramme CHA .....	70
	Conclusion Générale .....	71
	Référencés Bibliographiques .....	75
	Annexes .....	78

# *Introduction Générale*

## **Introduction générale**

Eau indispensable pour la vie, L'eau est une source primordiale et vitale pour le développement et aussi pour le maintien de la survie sur la planète, elle est aussi a considéré comme un facteur de production déterminant dans le développement durable. En effet, il intervient dans la composition des constituions des animaux et végétaux environ de 60à 90 % de leur poids total.

Depuis longtemps, L'Algérie se caractérise par une richesse en eaux thermales, minérales et thermo minérales dont l'efficacité est bien fondée sur les différents secteurs soit pour la consommation humaine soit pour le point de vue industriel comme l'eau de production dans l'industrie agroalimentaire... etc.

Les recherches scientifiques menées sur les eaux thermales sont d'un grand intérêt afin de réaliser leurs projets d'étude. En effet, ces recherches basées sur diverses disciplines scientifiques, qui ont été permis d'apprécier le phénomène du thermalisme qui considère comme un phénomène naturel pour l'utilisation des eaux à de fins divers surtout pour la santé. Par conséquent, ce type de recherche a pour but de définir les origines de l'eau ainsi que leurs zones d'alimentation et leurs processus d'acquisition de la température et de la minéralisation.

Les analyses de l'eau présentent une étape très importante du programme de surveillance et de contrôle de la qualité, parce qu'elles permettent distinguer et de mesurer les différents paramètres physico-chimiques.

Dans ce contexte, notre étude s'intéressera particulièrement en connaitre la qualité de l'eau de «Ouarsenis»; c'est une station thermale de Hammam Sidi Slimane wilaya de Tissemsilt afin de déterminer les analyses physico-chimiques.

À cet égard, notre travail comporte trois parties principales :

Le 1er chapitre : repose sur la partie bibliographique qui traite généralité sur les eaux.

Le 2<sup>ème</sup> chapitre : porte une partie pour présentation de la région d'étude, la situation géographique général et locale, contexte géologique de la région.

Le 3<sup>ème</sup> chapitre : présente une partie pour l'étude hydrochimique à deux parties, partie pour les matériels et méthodes et partie pour les résultats et discussions pour ressortir un diagnostic sur la qualité des eaux de source thermales prélevées dans notre zone étude.

**Problématique :**

L'eau thermal subit divers contrôles et analyses pour vérifier sa qualité physique et chimique, la qualité de l'eau est un problème environnemental clé dans toutes les industries.

Les ressources en eaux souterraines peuvent être inférieures en raison de sources naturelles ou de pollution ou des deux. il est généralement nécessaire de comprendre la qualité de l'eau avant de l'utiliser. Quelle sont les paramètres physicochimique et les caractéristiques de l'eau dans la zone hammam Sidi Slimane ?

# **Chapitre I**

## ***Généralités sur les eaux***

## 1. Généralités :

L'eau minérale naturelle provient des nappes phréatiques ou des sédiments souterrains et ces dernières sont extraits d'une ou plusieurs mines naturelles ou forées qui constituent la source d'eau. Il prouve la stabilité de ses caractéristiques de base, notamment la composition (teneur en minéraux, oligo-éléments, etc.) et la stabilité de la température d'émergence, quel que soit le débit d'eau. Elle est différente des autres eaux destinées à la consommation humaine en contenant des micro-organismes sains. (*Collin, 2004*).

Selon sa nature, elle se caractérise par sa teneur en minéraux, oligo-éléments ou autres ingrédients. En raison de sa pureté d'origine, ces deux caractéristiques sont conservées intactes grâce à la source souterraine de l'eau, et ne sont donc affectées par aucun risque de contamination. Toutefois ces caractéristiques doivent être évaluées en géologie et hydrogéologie, physique, chimie, microbiologie et, si nécessaire, en pharmacologie, physiologie et clinique. Non seulement la composition chimique constante définit clairement l'eau minérale utilisée dans les stations thermales. L'eau doit avoir certaines propriétés salubres reconnues par l'Académie nationale des sciences médicales pour se rendre une eau minérale naturelle. Cependant, de nombreuses eaux plus ou moins riches en sels minéraux ne sont pas classées comme « eaux minérales ». (*Collin, 2004*).

Naturellement, en raison de la présence de sels minéraux dépassant la norme, de nombreuses eaux minérales ne sont pas potables au regard de l'alimentation publique actuelle : ce sont en fait des médicaments aux effets thérapeutiques reconnus par l'Académie des Sciences médicales. Ils peuvent dépasser diverses normes pour le sel dissous, de sorte qu'ils ne doivent pas être consommés exclusivement et durablement comme eau potable. (*Collin, 2004*).

## 2. Situation de l'eau dans le monde :

Aujourd'hui, un tiers des êtres humains vivent dans une condition difficile en raison de l'insuffisance de l'eau et appelée aussi pénurie d'eau. Cependant, chaque habitant peut utiliser moins de **1 700** mètres cubes d'eau par an.

La vie est riche, d'autres n'ont pas assez d'eau et d'expérience Difficultés d'approvisionnement extrêmement graves, en particulier dans les régions arides les banques travaillent dur, cette situation ne s'améliorera pas. (*Barraque, 2006*).

### 3. Situation de l'eau en Algérie :

La situation de l'eau en Algérie est véritablement en péril par :

- Le croisement des populations et qui est regroupé toujours dans les villes côtières.
- La désorientation et désorganisation la vie quotidienne des grandes villes.
- La régression des ressources en eau par habitant est patente. (ANE, 2004).

L'Algérie dispose de **53** barrages qui offrent une capacité de **5, 80** milliards de mètres cubes et seulement **2,56** milliards de volumes régularisés annuellement. (ANE, 2004).

En effet, cet apport est loin d'être négligeable, mais reste toujours en ridicule par rapport aux besoins comme les nappes phréatiques sont exploitées autour de **90 %**, lorsque les ressources superficielles ne sont mobilisées qu'à **32 %**. (ANE, 2004).

Selon (ANE, 2004) les pertes sont présentées environ de **45 %** qui provoquent par la vétusté des nouveaux réseaux et de mauvaises gestions de la distribution.

### 4. Situation de l'eau en Tissemsilt :

Le stockage en eau de Tissemsilt est assuré par cinq réservoirs d'une capacité totale de **10450 m<sup>3</sup>**. (ADE Tissemsilt 2021).

Deux autres réservoirs d'une capacité de **5 000 m<sup>3</sup>** chacun sont en cours de construction. Il s'agit du réservoir **5 000 m<sup>3</sup>** situé dans l'enceinte même du réservoir **2 × 3 800 m<sup>3</sup>** et du réservoir de Sidi Bentamra situé au sud ouest de la ville. (ADE Tissemsilt 2021).

Les réservoirs d'Ain el Karma et Beni Meida ne sont plus opérationnels. L'alimentation des ces deux localités se fait directement à partir di réservoir **2 × 3500 m<sup>3</sup>**. (ADE Tissemsilt 2021).

### 5. Historique du traitement des eaux :

- Il y'avait une concertation sur la loi en **1852** à Londres qui stipule que toute eau destinée à la consommation humaine devrait être filtrée. Par conséquent, John Snow et John York ont approuvé que la fièvre asiatique soit transmise par les eaux du puits de « Broad Street ». Dans lesquels, ce dernier est contaminé spécialement par un réseau d'égouts défectueux. (Raymond, 1997).
- Après **1870**, les études réalisées en science de bactériologie permettent d'isoler plusieurs bactéries et de prouver, sans doute que l'eau est le composant qui pouvait être capable de transmettre ces bactéries et favoriser ainsi la transmission de diverses maladies. (Raymond, 1997).

- En Angleterre, il procéda la technique de chloration des eaux de consommation depuis **1904**, tandis que les États-Unis adoptèrent à leur tour en **1909**. (*Raymond, 1997*).
- Au début du **XXe** siècle, ils ont déterminé les critères de base de la qualité d'eau qui sont comme suit : l'eau devait être limpide, agréable au goût et dépourvue d'odeur désagréable. (*Raymond, 1997*).
- Les produits utilisés pour la désinfection des eaux sont considèrent comme l'ozone et le dioxyde de chlore dans le but d'assurer une meilleure pureté. Par conséquent, le mode développement, les procédures de la décantation et de la filtration ainsi de raffinement ont amené si une eau est potable. La technologie actuellement permet de rendre n'importe quelle eau en eau potable et quel que soit son degré de pollution. (*Raymond, 1997*).

## 6. Importance du traitement des eaux :

Durant la période de **1981** à **1990**, l'ONU a annoncé un objectif fixé sur l'approvisionnement en eau pure et l'assainissement pour tous les humains de la planète sous le concept nommé par « décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement ». En effet, L'Organisation mondiale de la santé (OMS) et la Banque mondiale évaluaient un montant de départ de **300** à **600** milliards de dollars américains à titre d'investissement pour parvenir ces objectifs en espérant de rétablissement les conditions de vie pour les 2 milliards de personnes afin de réduire un nombre important des malades. (*Raymond, 1997*).

Selon (*Raymond, 1997*), un nombre de **80 %** des maladies ont été détectés par la pollution des eaux, a-t-on appris par l'Organisation mondiale de la santé, on y retrouve parmi lesquelles, **400** millions de personnes atteintes de gastro-entérite, **200** millions de schistosomiase (bilharziose), **160** millions de paludismes et **300** millions, d'onchocercoses. Par ailleurs, on a trouvé que **50 %** des cas de mortalité infantile sont approuvés par l'eau polluée. D'après les études sur ça, ils ont décelé que, chaque année aux États-Unis, **35 000** personnes étaient victimes de salmonellose. **200 000**, de shigellose et **75 000**, d'hépatite à virus A.

## 7. Définition de l'eau :

Sur la terre, il existe trois formes de l'eau : Solide, Liquide et gazeuse dans laquelle à un pouvoir changer son état sans intervention humaine. Cependant, la température et la pression jouent principalement un rôle de changer son état ainsi que le composé chimique qui se trouve dans l'atmosphère provoque un changement afin d'apparition de la pollution atmosphérique. (*Musy, 1998*).

## 8. Le cycle hydrologique de l'eau :

Selon (*Laborde, 2009*), le cycle hydrologique se constitué par l'ensemble de chemins que les particules d'eau peuvent suivre. Cependant ces mouvements et les changements d'état

peuvent se former dans l'atmosphère, le sol et les sols souterrains. Par ailleurs, la particule de l'eau n'effectue qu'une partie de ce cycle, et la durée varie énormément : une goutte de pluie peut retourner dans l'océan en quelques jours, tandis qu'en montagne sous forme de neige peut prendre des décennies.

En effet l'évaporation se forme sous l'action du rayonnement solaire en transformation de l'eau de l'océan et des surfaces libres en phase gazeuse. Cette vapeur d'eau monte et se condense en gouttelettes dans l'atmosphère. (*Laborde, 2009*).

Ensuite cette réaction de condensation s'effectue par la tombe de l'eau dans l'océan et dans la terre sous forme de précipitations liquides (pluie) ou solides (neige ou glace). Or dans la végétation le processus de photosynthèse se caractérise par en absorption une partie et redistribue l'eau à l'atmosphère par transpiration. Le terme évapotranspiration comprend la transpiration des plantes et l'évaporation de l'eau libre des continents et des océans. (*Laborde, 2009*).

Il y avait une partie de l'eau de pluie qui ne s'évapore dans laquelle constitue par une eau de pluie efficace. Ce pendant l'utilisation de ce dernier est spécialement dans le ruissellement de surface, l'infiltration profonde, pour recharger les aquifères ou stocker dans les premiers mètres du sol. (*Laborde, 2009*).

D'après (*Musy, 2006*), l'évapotranspiration l'une des différentes parties du cycle de l'eau, et qui se présente par le point le plus difficile à évaluer. Contrairement pour la précipitation ou débit de l'eau qui n'est pas bien déterminée pourtant peut être utilisée comme une méthode quantitative satisfaisante ou il est difficile d'estimer directement le débit de vapeur d'eau dans l'atmosphère. C'est pour cela nous utilisons la formule d'évaluation empirique.

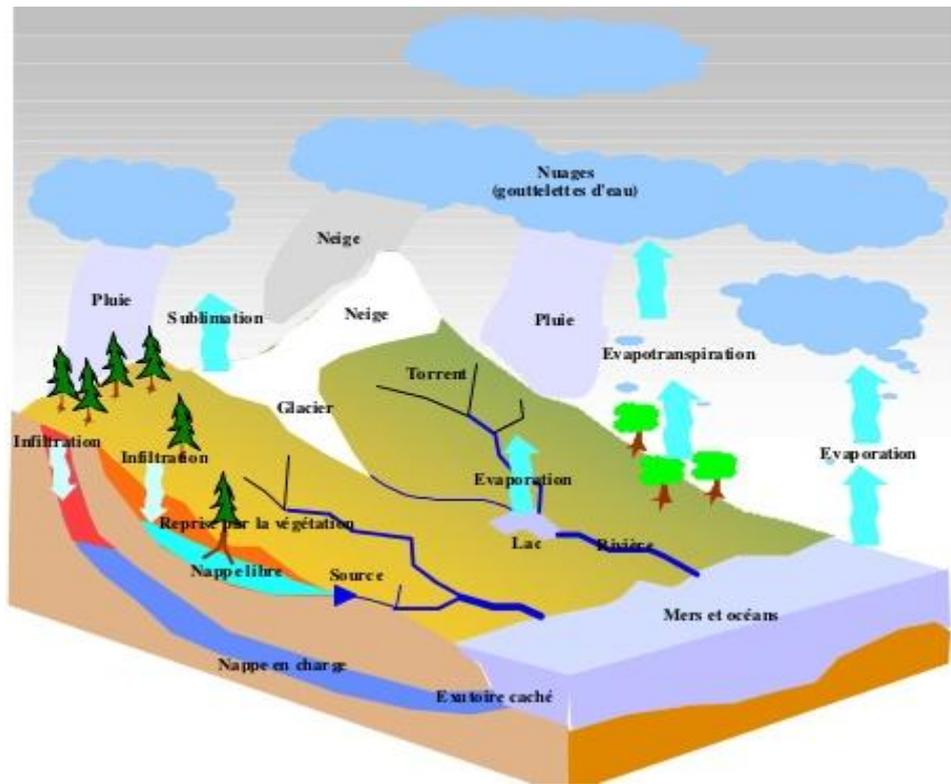


Figure 1: Le cycle d'eau. (Laborde, 2009)

## 9. Propriétés physico-chimiques de l'eau :

### 9.1. Propriétés physiques de l'eau :

Dans ce cas les valeurs des principales constantes physiques de l'eau sont regroupées dans le (Tableau 01) ou le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'association possibles entre les molécules d'eau ce qui «il donnera fréquemment des anomalies physiques que nous signalons brièvement. (Boeglin, 2001).

Tableau 1: Principales constantes de l'eau pure.

Eau liquide	
Température d'ébullition sous 760 mm Hg (101 325,02 Pa)	100 %
Capacité thermique massique à 15 °C	4,186 8 j. gp -1
Enthalpie de vaporisation à 100 °C	2252,5 j. gp -1
Conductivité thermique à 20 °C	5,98 mW. cm -1 P. KP-1
Résistivité à 20 °C	23.8 MΩ. cm
Permittivité relative $\epsilon$ à 20 °C	80
Indice de réfraction pour la raie D à 10 °C	1 333
Masse volumique à 4 °C	1 g. cm -3 P (par définition)
Eau solide	
Température de fusion	0 °C (par définition)
Capacité thermique massique	2,093 4 j. gp -1
Enthalpie de fusion sous 760 mm Hg (101 325, 02 Pa)	333,27 j. gp -1
Tension de vapeur à 0 °C	877 128 Pa
Permittivité relative $\epsilon$	3,26
Indice de réfraction pour la raie D	1,309 07
Densité (par rapport à l'eau à 4 °C)	0,916 49 $\neq$ 0,000 7
Eau vapeur	
Conductivité thermique à 100 °C	0,231 mW. cm
Densité par rapport à l'air	0, 62 337
Indice de réfraction pour la raie D à 100°C	1, 00259

Source : (Boeglin, 2001)

## 9.2. Propriétés chimiques de l'eau :

D'après (Boeglin, 2001) la propriété électrique et aussi sa constitution moléculaire ne conclut que l'eau apte à changer l'état selon les conditions : en corps gazeux, liquides polaires, et en surtout solides. Par ailleurs la solvatation est l'aboutissement d'une destruction complète ou partielle de divers liaisons électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre,

les en substituer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau ou création des de nouvelles structures afin de produire une véritable réaction chimique.

## **10. Les types des eaux :**

On retrouve quatre sources principales d'eaux brutes : les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ses sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant. (*Raymond, 1997*).

### **10.1. Eaux de pluie :**

Ce sont des eaux les plus bonnes de qualité pour l'alimentation humaine par la composition de saturation d'oxygène et d'azote et ne referment pas les sels dissous. À titre exemple les sels de magnésium et de calcium : elles sont donc très douces. Les eaux de pluies dans les régions industrialisées se trouvent en contact avec des poussières atmosphériques ou ils contaminent. (*Raymond, 1997*).

### **10.2. Eaux de surface :**

Selon (*Lanoix et Roy, 1976*) les eaux de surface se constituent par les eaux de pluie récoltée, l'eau de rivières, lacs, étangs, et l'eau de mer et sont recueillies par des citernes et aires de captage d'eau de pluie, de barrages et prises pour les rivières, et autres eaux superficielles. On distingue trois types d'eau de surface :

#### **10.2.1 Eaux de rivière (partie amont) :**

La source principale d'une rivière ou sa localisation est en général située dans montagneuse, ou juste la densité de population est faible ainsi que les industries pratiquement inexistantes. (*Raymond, 1997*).

#### **10.2.2 Eaux de rivière (partie aval) :**

L'aval d'une rivière est contrairement différent par rapport l'amont dans laquelle se situé dans une région où la population dense, le secteur d'agriculture développée et/ou les industries plus ou moins nombreuses. Le caractère dominant de ces eaux y sont donc concrètement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. (*Raymond, 1997*).

### **10.3. Eaux souterraines :**

Selon (*Lanoix et Roy, 1976*), les eaux souterraines se sont des eaux qui se localisent dans le sous-sol ou elles apparaissent sous forme de source en émergence. Auxquels sont rattrapés par des puits, bassins de captage de source et des galeries d'infiltration. Selon les conditions géologiques, on peut distinguer différents types de nappes.

### 10.3.1 Nappe libre et les nappes captive :

D'après (*Boeglin, 2001*), C'est une nappe retient par la succession d'une couche imperméable surmontée d'une roche-magasin et qui s'alimente carrément par l'infiltration des eaux de ruissellement, et les nappe captives présente par l'enfoncement d'une roche-magasin par suite de la pente des couches géologiques. Néanmoins, une nappe captive alimente en certains points là où le terrain aquifère affleure à la surface du sol ou vient se perdre dans une couche perméable.

### 10.3.2 Nappe alluviale :

Les plaines alluvionnaires sont constituées par de matériaux détritiques comme les débris, très poreux et gorgés d'eau. Or. Il y a là une réserve très importante à exploiter et qui est presque toujours entretenue par le débit des rivières et aussi par les précipitations et éventuellement la nappe des coteaux. Aux alentours de la mer, la nappe peut recevoir de l'eau salée. (*Boeglin, 2001*).

### 10.3.3 Nappe phréatique :

Attendu que le fond imperméable est quasiment horizontal et un peu profond, il trouve ou existe une nappe dite phréatique à laquelle on peut creuser des puits. En effet le niveau piézométrique de cette nappe phréatique à une tendance à suivre régulièrement les variations de la pluviosité. (*Boeglin, 2001*).

## 10.4. Les sources :

L'eau de source s'exprime par l'apparition des eaux souterraines dans laquelle est plus courante dans les zones montagneuses. En effet il existe trois types de sources :

- Les sources d'affleurement, l'approvisionnement se font au fond imperméable de la vallée. (*Mustapha, 2000*).
- Les sources d'eau émergentes, ou eaux artésiennes sont alimentées en dessous du niveau de la nappe phréatique (ces sources sont plus susceptibles de s'assécher). En principe, leur débit est uniforme et presque constant tout au long de l'année, tandis que les performances des autres types de sources d'eau dépendent du niveau des eaux souterraines et des précipitations saisonnières. (*Mustapha, 2000*).
- Les sources d'émission, elles apparaissent sur le versant au-dessus du fond de la vallée. En principe, le débit des sources artésiennes est uniforme et presque constant tout au long de l'année, tandis que le débit des autres types de sources dépend du niveau de la nappe phréatique et fluctue avec les changements saisonniers. (*Mustapha, 2000*).

### 10.5 . Les puits :

Un puits est le mécanisme de collecte de l'eau d'un niveau d'eau souterraine modérément profond. Il existe plusieurs types de puits qui peuvent être excavés de différentes manières. (*Mustapha, 2000*).

- Les puits ordinaires sont des puits plus courants (puits uniques ou puits semi-collectifs) dans les zones rurales. Ils sont généralement creusés à la main et sont plus faciles à réaliser dans les zones où le terrain n'est pas très accidenté et le niveau de la nappe phréatique est à moins de **20** mètres au-dessus du sol. La profondeur des puits ordinaires varie généralement de **1** à **15** mètres, avec un diamètre d'environ **1** à **2,5** mètres. (*Mustapha, 2000*).
- Puits aveugles ou puits tubulaires, ces puits sont construits par la technologie d'injection ou frappant la formation aquifère. (*Mustapha, 2000*).
- Le forage est un puits réalisé par forage manuel ou mécanique pour recueillir l'eau des aquifères profonds. (*Mustapha, 2000*).
- Les puits artésiens sont des puits qui jaillissent de l'eau selon le principe des navires connectés. Ces puits sont généralement alimentés par des forages sous pression libre de la nappe phréatique. (*Mustapha, 2000*).

### 11. Eau de source :

Le nom d'eau de source est réservés à l'eau de haute qualité pour la consommation humaine et est introduit à leur lieu d'apparition, par exemple, ils sortent du sol et sont livrés aux consommateurs dans divers types d'emballages. Il existe également ce qu'on appelle l'eau de données, qui peut également être consommée naturellement, mais sa composition n'inclut aucune propriété curative. En particulier, l'eau minérale a des propriétés curatives. L'extraction de ces types d'eau est soumise à une législation stricte en amont et à un contrôle qualité en aval. (*Ouali, 2001*).

#### 11.1. Définition des eaux de source :

L'eau de source est une eau propre à la consommation humaine, à la santé microbiologique et exempte de risques de pollution. L'eau de source comme l'eau minérale provient de nappes phréatiques ou de gisements minéraux souterrains, extraits d'une ou plusieurs sorties d'eau naturelle ou forée, et l'eau à proximité est ajustée. Excepté :

- Séparation des éléments instables et des matières en suspension par sédimentation ou filtration. (*Ouali, 2001*).
- Ajouter du dioxyde de carbone ou dégazer. (*Ouali, 2001*).

## 12 Les eaux thermales :

### 12.1 . Définition :

Selon (*Geze, 2006*) une eau thermale est une eau minérale naturelle, c'est-à-dire une eau avec une série de propriétés qui peuvent lui confère des propriétés bénéfiques pour la santé. Contrairement à l'eau de source, l'eau minérale naturelle n'a pas besoin d'être consommée naturellement. Il contient des minéraux, du sel, du gaz et des boues, qui ont un effet efficace sur la santé.

L'eau minérale naturelle provient d'une nappe ou d'un gisement souterrain exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, et témoigne, dans le cadre des fluctuations naturelles connues, d'une stabilité de ses caractéristiques essentielles, notamment de composition et de température à l'émergence, qui n'est pas affectée par le débit de l'eau prélevée. (*Geze, 2006*).

### 12.2. Législation régissant les eaux thermales :

Les eaux thermales doivent être administrées au public, tel qu'elles se présentent à l'émergence, c'est-à-dire que leur composition en éléments minéraux ne doit pas être modifiée. Toutefois, dans certaines conditions fixées par le décret, sont autorisés certains traitements, dont la séparation des éléments instables par décantation ou filtration, sans modifier l'eau dans sa composition en éléments essentiels. L'élimination de gaz carbonique par des moyens mécaniques uniquement, est autorisée, de même que l'adjonction ou la réincorporation de gaz carbonique. (*Schwenke, 2007*).

Les conditions d'exploitation sont sous la surveillance de la **DDASS (Direction des Affaires Sanitaires et Sociales)**, de la **DRIR (Direction Régionale d'Industrie et de la Recherche)** et du **BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)**.

- Autorisations nécessaires à l'exploitation d'une eau thermale pour pouvoir exploiter une source, il est nécessaire de réunir différentes autorisations, procédure qui demande environ une dizaine d'années. (*Schwenk, 2007*).
- Autorisation d'utilisation de la source selon le journal officiel du **27 Mars 1957**, une étude sur la source agréée doit être soumise au gouverneur et à la DRIR pour enquête locale, qui a écouté les conseils de la collectivité territoriale. (*Schwenk, 2007*).
- Déclaration d'intérêt public l'autorisation est facultative, mais si elle est acceptée, elle permet de définir l'étendue de la protection autour de la source pour éviter sa contamination. Cette déclaration d'intérêt général est définie par un décret du Conseil d'État. (*Schwenk, 2007*).

- Limite de protection sanitaire après la déclaration d'utilité publique, la limite peut être définie par arrêté en Conseil d'État. Dans ce cas, le propriétaire et tout tiers doivent demander une autorisation préalable pour tout travail. (*Schwenk, 2007*).
- Méthode de contrôle à la source les procédures de contrôle adoptées par la **DDASS** comprennent l'analyse et le suivi de la qualité de la ressource en eau et de ses différents usages, et le coût du laboratoire agréé est à la charge de l'exploitant. Ces inspections sont généralement effectuées **3** fois par an. Par ailleurs, la **DDASS** procède elle-même à des inspections annuelles pour toutes les finalités, de la collecte à l'utilisation. (*Schwenk, 2007*).

### **12.3. Composition des eaux thermales :**

La formation de l'eau de source thermale, à l'origine des bains thermaux, fonctionne comme suit : « Lorsque la température augmente, la densité de l'eau diminue, et l'eau chauffée dans les profondeurs de la terre a tendance à remonter à la surface ; comme la température monte, elle la diminue. La viscosité, sa circulation est favorisée. C'est l'effet "thermosiphon" : l'eau froide descend, se réchauffe, puis monte. La circulation profonde va évacuer la chaleur accumulée depuis des centaines voire des millions d'années, la plupart des qui vient du front de la croûte terrestre, à **15** à **20** Kilomètres, dans une moindre mesure du manteau plus profond. (*Schwenke, 2007*).

Le captage d'eau chaude est une opération délicate qui nécessite des forages, parfois très profonds, de **150** à **1500** Mètres. À l'approche de la surface, l'eau peut être confrontée à des risques de mélange (avec l'eau naturelle) ou de contamination. (*Schwenke, 2007*).

### **12.4. Caractérisations des eaux thermales :**

Il existe plusieurs manières de classer les eaux minérales, selon que l'élément considéré comme principal telle que la température de l'eau, la teneur en minéraux, on la composition en minéraux. (*Schwenke, 2007*).

#### **12.4.1 Selon le degré de la chaleur :**

Bien que le mot "thermale" évoque l'idée de chaleur, toutes les eaux ne sont pas chaudes. Selon leur température, les eaux ne seront pas utilisées de la même manière, d'où l'utilité de cette classification :

- Les eaux froides ont une température comprise entre (**7** et **15 °C**). Leur utilisation thérapeutique est réservée à l'usage interne (les cures de boisson, dont l'usage est principalement digestif, urinaire, et métabolique). (*Schwenke, 2007*).

- Les eaux méso thermales ont une température comprise entre (25 et 34 °C). Généralement de minéralisation faible, elles sont utilisées pour les bains prolongés. (Schwenke, 2007).
- Les eaux hyperthermales ont une température comprise entre (48 et 81 °C).

Elles sont le plus souvent radioactives, propriété qui peut être utilisée en crénothérapie (Schwenke, 2007).

**12.4.2 Selon leur minéralisation :** Les eaux est teneur en sels minéraux des eaux thermales varie considérablement, ce qui leur confère des caractéristiques différentes. Ces minéraux peuvent être classés selon leur teneur et sont obtenus après déshydratation à 180 °C. (Schwenke, 2007).

**Tableau 2: Classification des eaux thermales en fonction de leur minéralisation.**

Eau	Teneur en sels minéraux
Très faiblement minéraliser	< 50 mg/L
Faiblement minéralisée = oligo- minérale	50 mg/L < [c] < 500 mg/L
Moyennement minéralisée	500 mg/L < [c] < 1 000 mg/L
Minéralisée	1 000 mg/L < [c] < 1500 mg/L
Fortement minéralisée	> 1500 mg/L

Source : (Schwenke, 2007).

D'où l'utilité de cette classification chimique des eaux minérales naturelles :

La classification est basée sur la composition des sels minéraux caractéristiques, c'est-à-dire la présence et l'importance de divers anions et cations, car le sel est complètement dissocié dans l'eau. L'eau minérale est d'abord classée selon la présence ou l'absence d'anions "importants" dans sa composition, que ce soit selon sa concentration ou ses propriétés chimiques. Dans ces secteurs, nous établissons ensuite des subdivisions en fonction de la présence actuelle de cations. (Geze, 2006).

La deuxième classification peut également être utilisée : en effet, la pratique habituelle consiste à séparer l'eau fortement minéralisée de l'eau faiblement minéralisée, qui se caractérise par une résistivité particulièrement élevée. (Geze, 2006).

- **Les eaux bicarbonatées (Eaux carbogazeuses) :** Sodiques, Calciques ou mixtes (Soda-Calciques). Ces eaux renferment un excès de dioxyde de carbone d'origine profonde et

vont posséder des propriétés médicales (Action sur les voies digestives, les voies respiratoires et le système circulatoire). (Geze, 2006).

- **les eaux sulfatées** : Calciques, Soda-Calciques ou Sodiques et Magnésiennes fortes .Ces eaux proviennent du lessivage de terrains sédimentaires du secondaire et du tertiaire. Les eaux thermales qui entrent dans cette classification sont entre autres. (Geze, 2006).
- **les eaux chlorurées** : Sodiques fortes et froides ou Sodiques faibles et chaudes. Le constituant essentiel de ces eaux est le Chlorure de sodium, en concentration supérieure ou égale à **300 g/L**. (Geze, 2006).
- **les eaux sulfurées** : Sodiques de type “pyrénéen” ou Calciques Ces eaux sont caractérisées par la présence d’hydrogène Sulfuré et de Sulfures Acides. Au niveau du griffon, il y a développement d’une biomasse gélatineuse, la “barépine” ou “glairine”, qui confère à ces eaux une onctuosité particulière qui favorise la pratique du massage. La plupart de ces eaux appartiennent à la région axiale des Pyrénées, comme les eaux blanches de Luchon les eaux bleues de Luchon. (Geze, 2006).
- **Les eaux ferrugineuses** : sont indiquées en cas d’obésité, de rhumatismes, d’affections hépatiques, biliaires et pour certaines affections dermatologiques, ainsi que pour des bouleversements du développement infantile. (Bekkouche, 2016).

#### 12.4.3 Selon leur concentration en ions :

Les anions et cations contenus dans les eaux thermales sont représentés en quantités variables. Il est néanmoins difficile d’établir une classification rigoureuse, car les paramètres sont souvent associés, et une même eau peut appartenir à plusieurs familles : en effet, elle peut contenir plusieurs ions dominants. (Schwenke, 2007).

### 13 Le thermalisme :

#### 13.1 . Définition :

Une eau minérale naturelle est donc caractérisée entre autres par son activité thérapeutique : il doit être utilisé comme moyen de traitement très spécial est appelé la crénothérapie. Cette thérapie de l’os crânien est intégrée à l’hydrothérapie, qui combine le traitement de l’œdème avec Boire, traitement externe et une série de facteurs, tels que le climat, l’alimentation, la relaxation, le repos, tout cela constitue la thérapie par la cure thermale. (Geze, 2006).

#### 13.2. Statut des cures Thermales :

Selon l’expérience, la durée du traitement des sources chaudes est fixée à **21 jours**. Le sien si le traitement est raisonnable, le remboursement peut être pris en charge par la Sécurité sociale l’ordonnance délivrée par le médecin et si la station thermale est agréée ; la cure. En

revanche, le bain chaud ne représente que **0,3 %** du budget assurance maladie. Aujourd'hui, la France compte pas moins de **1200** sources **29** Thermales et **120** Stations hydrominérales, qui traitent des indications variées: (*Geze, 2006*).

- Voies respiratoires et pathologies ORL (VR).
- Affections digestives et maladies métaboliques (AD).
- Affections psychosomatiques (PSY).
- Affections urinaires et maladies métaboliques (AU).
- Dermatologie (DER).
- Gynécologie, maladies de l'appareil génital (GYN).
- Maladies cardioartérielles (MCA).
- Neurologie (NEU).
- Phlébologie (PHL).
- Rhumatologie et séquelles de traumatismes ostéo-articulaires (RH).
- Troubles du développement de l'enfant (TDE).
- Affections des muqueuses bucco-linguales (AMB). (*BEHR 2017*).

**Tableau 3: Eaux minérales et orientations thérapeutique essentielles.**

Eau	Orientations
Sulfurées	Rhumatologie, ORLR respiratoire.
Sulfatées	Neurologie ,Rhumatologie ,Dermatologie ,Stomatologie.
Chlorurées sodiques	Rhumatologie, Gynécologie, Pédiatrie.
Bicarbonatées	Digestif , Diabète, Phlébologie ,Rhumatologie.
Bicarbonatées et chlorurées	Respiratoire,Rhumatologie,Dermatologie, Stomatologie, Pédiatrie
Oligo-minérales	Urinaire, Phlébologie, Rhumatologie

Source : (*Roque, 2007*)

### 13.3 Principes de cures :

Les cures thermales combinent de multiples techniques ; en interne, c'est la cure boissons que l'on peut trouver dans presque tous les spas et à l'extérieur : Bain, douche, inhalation, gargarisme, four, massage, boue, etc. Prêtre Traitement interne et externe ont le même objectif : pénétration de l'eau chaude dans les organismes malades. (*Geze, 2006*).

## **Chapitre II**

# ***Présentation de la région d'étude***

## Présentation de la région d'étude :

### 1. Situation géographique général de la région d'étude :

Tissemsilt couvre une superficie de **315 137 Ha** et se divise en trois zones différentes : la zone de plaine au sud, la zone de piémont de transition au milieu, et la zone montagneuse de la chaîne de montagnes Ouarsenis au nord, comptant **44 %** du territoire, soit **140 000 Ha**. Nos sites d'intervention pour cette étude comprenaient la dernière zone de **57 000 Ha**, soit **40%** de cette zone et **20%** de la Wilaya. Ce territoire est représenté par sept communes, dont la commune de sidi Slimane. (*TEBANI, 2008*).

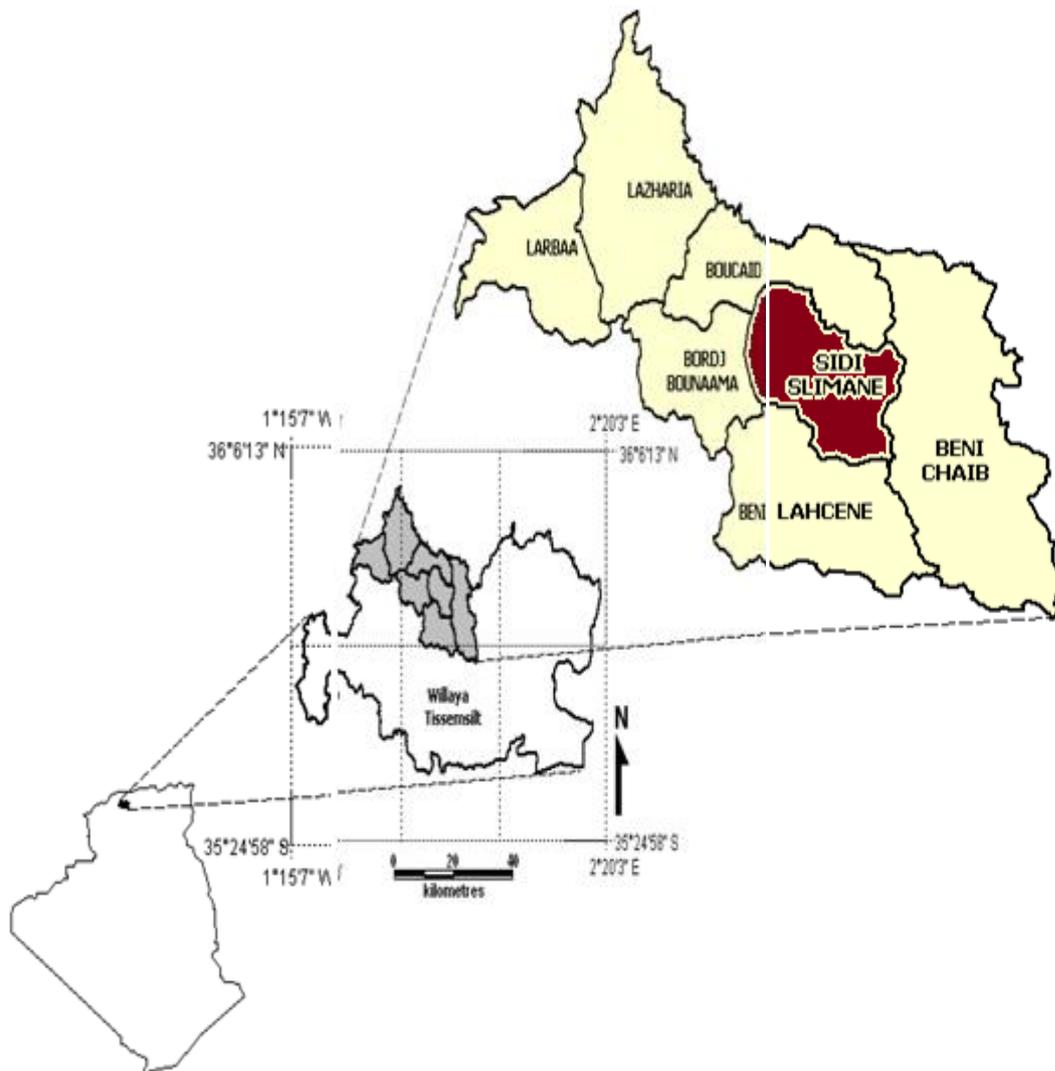


Figure 2: La zone d'étude dans la wilaya de Tissemsilt et l'Algérie. (*TEBANI, 2008*).

## 2. Situation géographique locale de la région d'étude :

Entre le parallèle  $35^{\circ}$  à  $36^{\circ}.30'$  d'une part et le méridien  $1^{\circ}$  et  $2^{\circ}$  d'autre part, les massifs de l'Ouarsenis s'étendent sur environ **200 Km** d'ouest en est, tandis que sa largeur est de l'ordre de **100 Km** sauf à l'est où elle ne dépasse pas **60 Km** à la hauteur du méridien. (TEBANI, 2008). La zone de hammam de Sidi-Slimane est située au centre du pittoresque massif de l'Ouarsenis. Il se caractérise par une unité physique extraordinaire fermée entre un ensemble de montagne (Articles de l'auteur sur la station thermale de Sidi-Slimane par. (Meghit, 2011).



Figure 3: La carte de situation géographique de Sidi Slimane. (Originale)(Kheif et Labboun ,2021) (Map).

### 2.1 .Contexte Géologique de la région :

La Région se caractérise par une géologie s'inscrit dans l'évolution de la chaîne de l'Ouarsenis, qui livre les formations du paléozoïque tel des séries volcaniques, des schistes de Littré et de roches cristallines. (COMPLEKT, 1984).

- Le trias : se présentant le plus souvent en étroites bandes ou lames étirées composés de gypse, sels, fragments de dolomie et de calcaires. (COMPLEKT, 1984).
- L'autochtone du jurassique : s'identifié à l'autochtone de djebel Ouarsenis dont la stratigraphie livre de bas en haut : dolomie "lias inférieur ", calcaire compact et massif " lias moyen ", calcaire vomérien et marne " lias supérieur ". (COMPLEKT, 1984).

Les séries allochtones : sont composés de:

- Crétacé supérieur : schiste et marne - calcaire, épaisseur de ~ **300 m**.
- Crétacé moyen : sédimentation calcaire et marneuse épaisseur de ~**200 m**.
- L'éocène moyen et supérieur : composé d'argilites et marne de ~ **200 m**.
- L'oligocène de boghar : argilites et marne calcaire de ~ **200 m**.
- L'oligocène des grès numidiens : formé de quartez laiteux.
- Le pliocène et le quaternaire : ne sont pas bien développés dans la zone.(**TEBANI, 2008**).

### **3. Structuration de l'Ouarsenis dans le domaine tellien :**

Ouarsenis est un bâtiment qui offre une structure très complexe correspondant à son terrain. Cette complexité comprend des contacts anormaux et des défailances qui se chevauchent. Le mouvement interne du Miocène étant appelé « période d'époque ». (**Le Caire & Mattauer, 1953a et b ; Polvèche, 1960**).

Les marquages de cette parcelle sont les mêmes que la grande majorité du Tell.

### **4. Les phases tectoniques :**

Le mouvement secondaire pourrait correspondre au plissement connu du Chéelif-Nador entre le Jurassique et le Crétacé moyen. De plus, l'ère pré-Newcomb , qui a affecté les blocs côtiers n'est pas clairement marquée, mais il y a un passage progressif Jurassique-Crétacé .

La phase cénomaniennne qui affecte surtout la "zone de Chouala" et la phase anté-sénonienne avec des mouvements importants au Nord de l'Ouarsenis ont été mises en évidence .

Tandis que, la phase fini-lutétienne qui se déroulait pendant le Lutétien supérieur a généré des chevauchements importants . (**Deleau, 1938**).

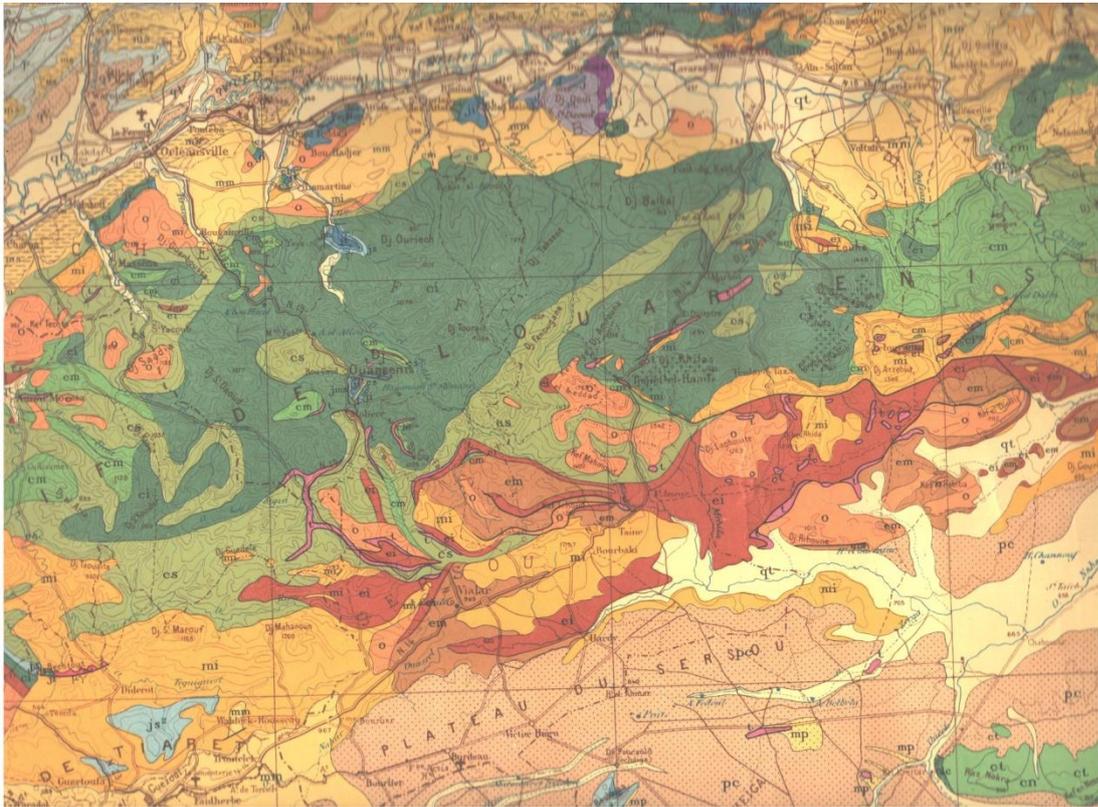


Figure 4: La carte géographique d'Ouarsenis. (Originale)(*Khelif et Labboun ,2021*).

### 5. Morphologie :

La région de Varsennes présente : (*TEBANI, 2008*).

- Reliefs structurels sur grès et conglomérat" les sols minces et Une faible morphologie".
- Relief structural sur calcaire.
- Reliefs structuraux de pierre à feuilles composées et de formation calcaire de Mano.
- Reliefs anatomiques des crêtes et des pentes dominant et existent là où la pente est Forte et sensible à l'érosion.
- Pente de gravier. (*TEBANI, 2008*).

### 6. Pédologie :

Elle est étudiée pour déterminer les différents types des sols existants avec leurs variantes et utilisé pour l'aménagement agro sylvo pastoral. (*COMPLEKT, 1984*).

Les classes de sols de notre zone d'étude sont les suivants : (*COMPLEKT, 1984*).

- Sols minéraux brutes.
- Sols peu évolués.
- Vertisols.
- Calcimagnésique.
- Sols isohumique.

## 7. Lithologie :

La lithologie caractérise la zone est très variée et se compose essentiellement de :  
(*TEBANI, 2008*).

- Calcaires : roches très anciennes.
- Grés numidiens : roches siliceuses ont une certaine porosité.
- Argilites et schistes : elles sont propices au ruissellement.
- Gypses : constitués de sel et moyennement résistants à l'érosion.
- Marnes : des roches tendres.
- Formations superficielles quaternaires et le pliocène : moins représenté dans la zone et la résistance est variable suivant le type de dépôt. (*TEBANI, 2008*).

## 8. Climatologie :

Les paramètres climatiques nous permettent de: (*TEBANI, 2008*).

- Apprécier le cycle de l'évolution et de développement de végétation.
- Déterminer les possibilités d'intensification et diversification des cultures.
- Apprécier l'influence sur le sol en matière d'érosion.

L'étage bioclimatique de notre région est une période semi-humide, avec des étés longs et secs (avril à octobre), des hivers humides, et une perturbation des masses d'air froid (Novembre à Avril). (*TEBANI, 2008*).

### 8.1 Les Précipitations :

L'analyse de la répartition des précipitations (annuelles et mensuelles).

Les données pluviométriques disponibles pour les années **2010 à 2019**.

**Tableau 4: Pluviométrie moyenne mensuelles en mm (2010-2019).** (*ANRH*)

Moins	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
pp (mm)	75,07	62,77	59,88	50,34	27,29	14,79	1,37	6,658	22,42	29,31	57,96	44,19

Les principales contraintes suivantes : (*TEBANI, 2008*).

- Une irrégularité des précipitations avec un caractère aléatoire et une concentration pendant une période courte de quelques jours de l'année, ce qui entraîne des séquences de sécheresse.

- La concentration et la torrencialité des pluies qui combinés à d'autres facteurs physico biologiques accentuent l'érosion de sol.
- Cette irritabilité des précipitations mensuelles exerce une influence considérable sur le développement agricole et rural. (TEBANI, 2008).

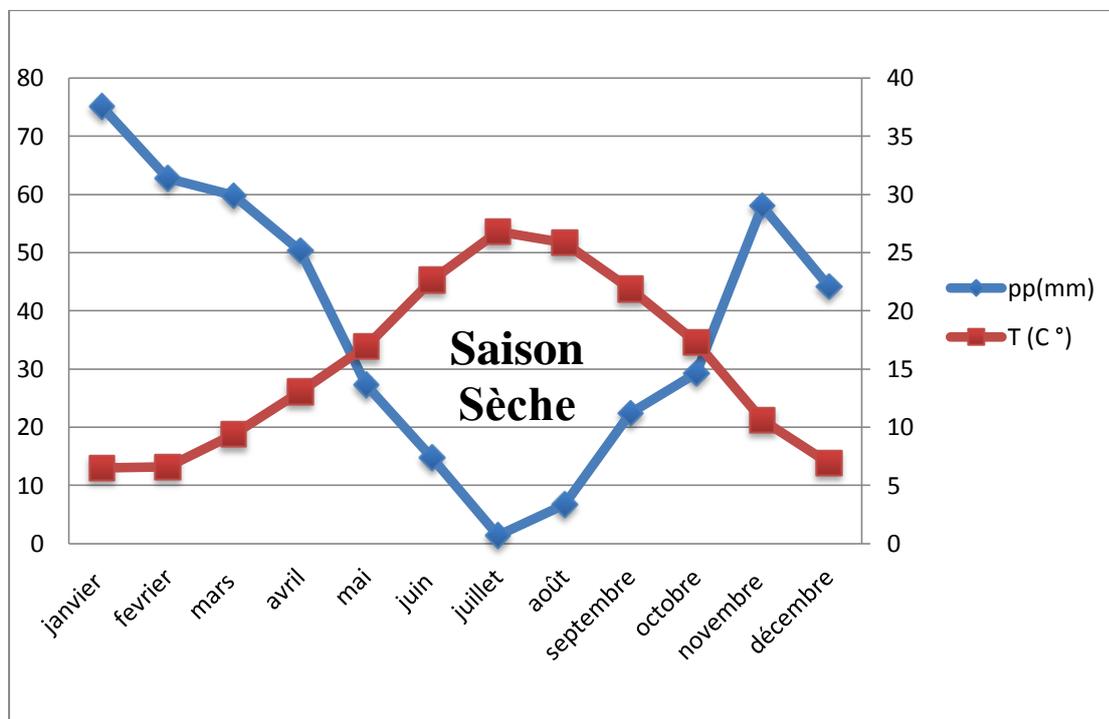
**8.2. Les Températures :**

Les données recueillies nous montrent que l'année est divisée en deux saisons ; l'une froide (Novembre – Avril) et l'autre chaude (Avril – Novembre).

**Tableau 5: Températures moyenne mensuelle en degré C° (2010-2019). (ANRH).**

Moins	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai.	Juin.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T (C°)	6,32	6,35	9,35	12,77	1558,4	22,50	2836,6	25,76	22,03	17,01	10,26	7,03

**Synthèse climatique :**



**Figure 5: Diagramme Ombrothermique de la région montagneuse de l'Ouarsenis.**

**9. Hydrologie :**

**9.1. Réseau hydrologique :**

Le périmètre de cette zone s'inscrit dans le grand bassin versant du Chéelif, appelé le bassin hydrologique, La région ne bénéficie que des eaux de ruissellement partielles, cette situation est due à Que les wilayas voisines (Ain Defla et Chlef) au nord et à l'ouest, relief dans d'autres

régions Les communes des provinces méridionales et orientales de Tissemsilt ont bénéficié de Ruissellement, notamment vers Oued Fodda au Nord et le barrage de Sidi Yaakoub au Sud. (TEBANI, 2008).

Les principales vallées sèches de la région sont : (TEBANI, 2008).

- En cas d'exposition au nord :
  - Oued Fodda qui traverse les communes de Beni Chaib, Sidi Slimane, Boucaid, et Lazharia jusqu'au le barrage de oued Fodda, il est composé de plusieurs affluents parmi eux : Oued Beni Chaib, oued Goubba, Oued el Hammam, Oued Maida, Oued Bouatit, Oued Berkane et Oued Bouhadjla. (TEBANI, 2008).

A l'exposition sud :

- Oued Tamellahet qui alimente Oued Lardjem à partir d'Oued elkebir, Oued Ghandouz vers le Barrage de Sidi Yaakoub. (TEBANI, 2008).
- Oued sidi Dris (Oued Lagh) alimenté par Oued Belkanoune, Oued Sidi Bouziane, Oued Kouacem, Oued mordjane, Oued Tahamamet et Oued Bouaarbi. (TEBANI, 2008).

## 10. Sensibilité des sols de l'Ouarsenis à l'érosion :

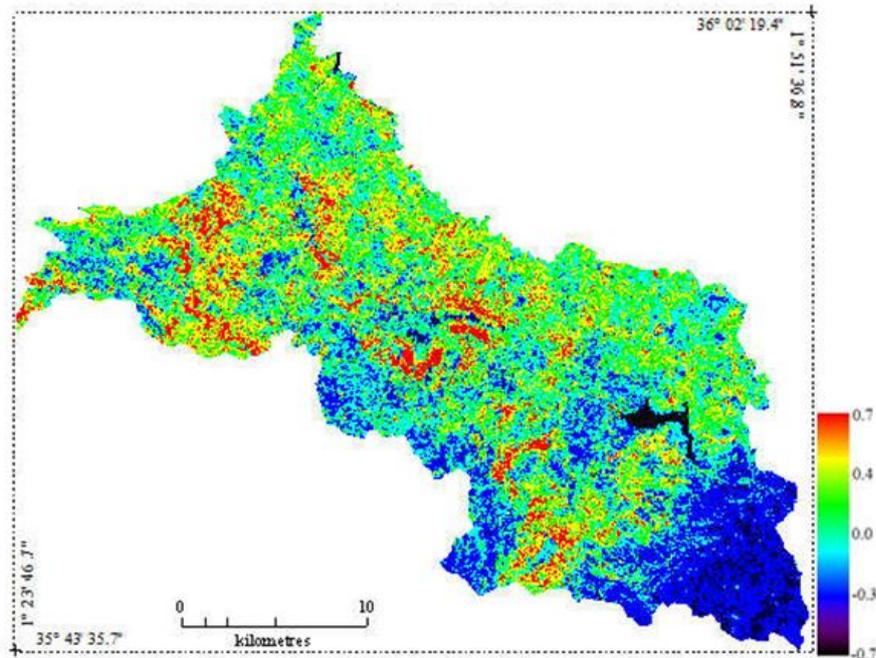
### 10.1. Densité et répartition de la végétation :

La végétation constitue un facteur important dans la protection des sols contre l'érosion. Concernant la zone de l'Ouarsenis, la carte de végétation (extraite par l'utilisation de L'NDVI montre que la classe des sols nus et celle des sols à végétation très claire occupent une superficie de **265 Km<sup>2</sup>** ce qui constitue presque la moitié de la superficie totale soit **46.9%**, plus encore les **146.3 Km<sup>2</sup>** de végétation claire porte le pourcentage des superficies vulnérable à l'érosion à **72.8%**. (TEBANI, 2008).

**Tableau 6: Distribution des superficies selon les valeurs de l'NDVI.**

Type de sol	Les superficies (km <sup>2</sup> )	Pourcentage (%)
Sol nu	121.5	21.50
Sol très claire	143.5	25.39
Végétation claire	146.3	25.71
Végétation dense	114.4	20.24
Végétation très dense	39.38	6.93

Source : (TEBANI, 2008).



**Figure 6: Carte de végétation de l'Ouarsenis. (TEBANI, 2008).**

Degré de l'érosion

La Figure montre la couverture végétale reste insuffisante pour une complète protection des sols de Ouarsenis, cette situation fait que plus de  $1/3$  de la superficie est sujette aux phénomènes d'érosion. (TEBANI, 2008).

**Tableau 7: Distribution des superficies selon leur sensibilité à l'érosion.**

Critère	Les superficies (km <sup>2</sup> )	Pourcentage (%)
Sols insensibles	138.26	24.46
Sols légèrement sensibles	106.2	18.78
Sols moyennement sensibles	128.3	22.69
Sols sensibles	80.4	14.22
Sols très sensibles	61.08	10.80
Sols hautement sensibles	37.56	6.64
Sols extrêmement sensibles	13.55	2.40

Source : (TEBANI, 2008).

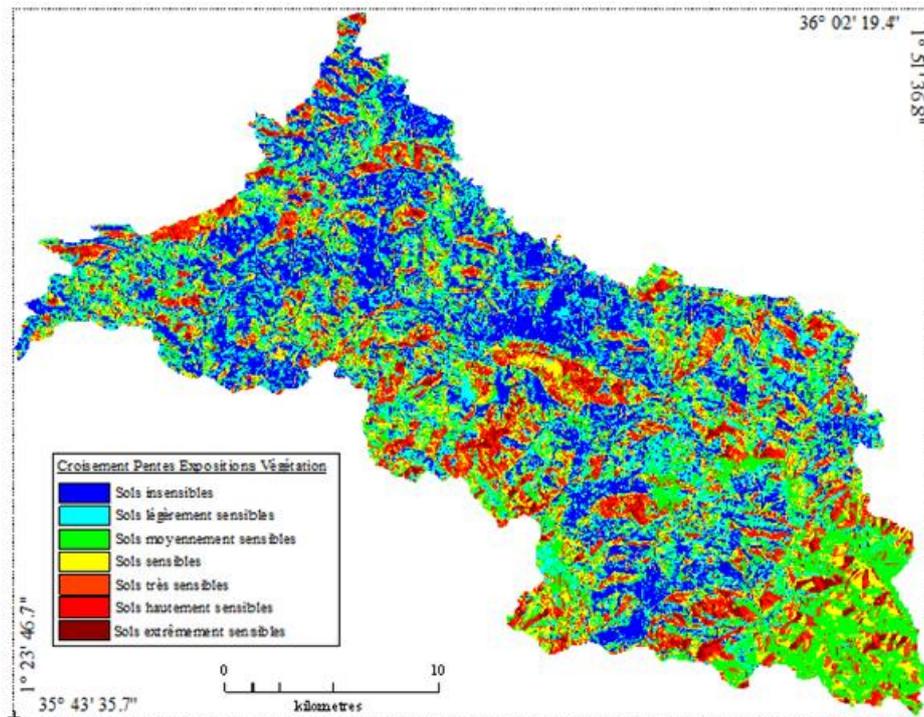


Figure 7: Carte de sensibilité des sols de l'Ouarsenis à l'érosion.(TEBANI, 2008).

### 11. Etat et gestion de la forêt de l'Ouarsenis :

La wilaya de Tissemsilt dispose d'une surface forestière de **91 708 Hectares** en forêt naturelle, cette richesse naturelle est variée au niveau de plusieurs zones d'implantations, avec **27 040 Ha** de pin d'Alep, **9 814 Ha** de chêne vert, **1 173 Ha** de cèdre, **687 Ha** de chêne-liège et **566 Ha** de chêne zen. Le reste des zones forestières est riche en maquis et en broussailles. (TEBANI, 2008).

#### 11.1. La flore :

- La végétation enclavée : (TEBANI, 2008).

Cèdre : La formation de ce type se limite à l'association du cèdre (Cèdrus Atlantica), qui Le parc d'Ain Anter à Boucaid le représente bien, il est mêlé de chêne vert (Quercus Ilex) et le pin d'Alep (Pinus Halepenis). (TEBANI, 2008).

- La végétation la plus répandue : (TEBANI, 2008).

- Oleolenticus : Il couvre une très grande surface de la formation Ouarsenis

Les caractéristiques de l'arbre sont l'olivier (Olea Europea), le caroubier (Ceratonia Silicon), La couche d'herbes est très dense, représentée par des plantes au sol, des herbes et quelques plante. (TEBANI, 2008).

- Tetraclinaie : Elle apparaît comme une forêt claire, la plus commune est Dans les buissons boisés, les buissons contiennent les mêmes espèces que L'oleolenticetum Pistacia Lentiscus, Quercus Coccifera, Arbutusunedo, Phylleria Media. **(TEBANI, 2008)**.

La pinède à pin d'Alep: c'est l'espèce la plus importante du massif de l'Ouarsenis, elle se présente sous forme d'une futaie plus ou moins clair. **(TEBANI, 2008)**.

- La végétation marginale : **(TEBANI, 2008)**.

La brousse à jujubier : (Zizyphus lotus), cette association presque a complètement disparu et ne subsiste que ça et là des témoins que l'on trouve dans quelques endroits, la strate herbacé est constituée de nombreuses Thérophytes (Bromus repens, Madrilènes ; etc...). **(TEBANI, 2008)**.

### **11.2. La faune :**

La qualité non vivante de l'eau et la diversité de l'habitat d'Ouarsenis assurent l'abondance des espèces animales dans la région. En plus du bétail reconnu Selon le profit socio-économique, selon une enquête menée par ANN (2006), nous Rencontré:

- Avifaune: plus de **60** espèces d'oiseaux sont identifiés dans la région, elles sont toutes d'origine méditerranéenne. **(TEBANI, 2008)**.
- Mammifère : sont : Sanglier, Renard, Chacal doré, Lièvre, Lapin, Tortue, Hérisson, Ciboire, et Porc. **(TEBANI, 2008)**.
- Les reptiles : dans cette catégorie on distingue la vipère, l'Apside, le Scorpion et le Lézard. **(TEBANI, 2008)**.

# **Chapitre III**

## ***Etude Hydrochimique***

### 1. Objectif de l'étude :

L'eau thermale font l'objet diverses inspections et analyses pour vérifier sa qualité physique et chimique .La qualité de l'eau est un enjeu environnemental clé dans toutes les industries .Utilisateurs, les ressources en eaux souterraines peuvent être de mauvaise qualité car les problèmes d'origine naturelle ou de pollution ou les deux, nécessitent généralement connaître la qualité de l'eau avant utilisation. Dans le même contexte, nous essaierons. Présenter la chimie physique et les caractéristiques de l'eau de la région Hammam Sidi Slimane, créer une carte de répartition spatiale, décrire clairement la répartition des éléments et paramètres physiques et chimiques de la zone d'étude.

Cette étude a été réalisée au niveau de la station thermale de Hammam Sidi Slimane, sur une période s'étalant de (**30 Mai au 11 Juin 2021**). Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'algérienne des eaux (**ADE**) et laboratoire d'assainissement (**ONA**) Unité de Tissemsilt.

### 2. Echantillonnage :

L'étude a été menée sur des échantillons des eaux souterraines de manière aléatoire pour analyse des eaux thermale provenant de (**06**) sources dans la zone d'étude pour la période **Mai 2021**. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

### 3. Technique du prélèvement :

Le prélèvement d'échantillons d'eau est une opération délicate qui doit être très prudente, elle conditionne les résultats de l'analyse et l'interprétation à en donner. Pour les robinets, l'eau doit pouvoir s'écouler pendant un certain temps, jamais moins de **10 Minutes**.

La quantité d'eau nécessaire pour l'analyse est de **1 Litre, 500 ml** (flacon) pour l'analyse physico-chimique et **500 ml** (flacon en verre) pour l'analyse du fer lors de l'échantillonnage, pour l'analyse chimique, la bouteille d'échantillon sera rincée à nouveau avec l'eau à analyser 3 fois, puis la bouche de la bouteille sera remplie.

Le couvercle doit être placé de manière à ce qu'il n'y ait pas de bulles d'air et qu'il n'apparaisse pas pendant le transport.



Figure 8: Source de Hammam 1. (Khelif et Labboun, 2021).

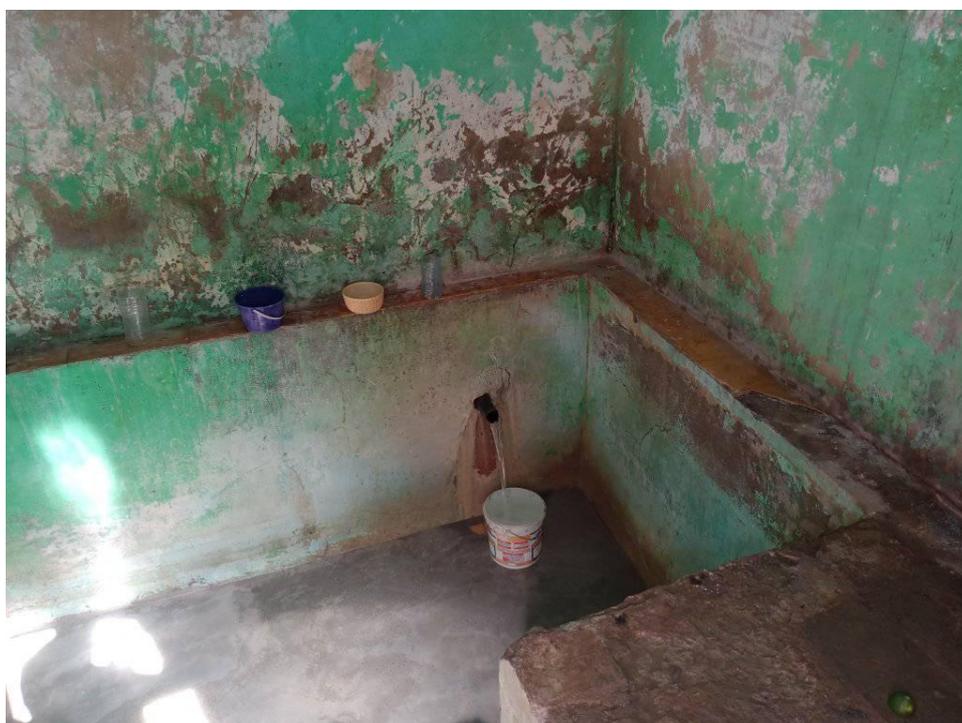


Figure 9: Source de Hammam 2. (Khelif et Labboun ,2021).



Figure 10 : Ain Boutellisse. (Khelif et Labboun ,2021).



Figure 11 : Ain Oued. (Khelif et Labboun ,2021).



Figure 12 : Ain Djab. (Khelif et Labboun ,2021).

#### 4. Mesure des paramètres physico-chimiques :

##### 4.1. Paramètre physiques :

###### 4.1.1. Température :

- Principe : La température est mesurée par un thermomètre et les valeurs obtenues sont estimées en °C.
- Mode opération :

La température a été mesurée au moment du prélèvement à l'aide d'un thermomètre électronique.

###### 4.1.2. PH, DO et de Conductivité électrique :

- Principe : La mesure de **PH**, **DO** et de conductivité d'une solution s'appuie sur la mesure de potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution. Le **PH** égale au cologarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ion **H<sup>+</sup>**.
- Mode opération de **PH** et **DO** :
  - Bien mélanger l'échantillon et vers **100 ml** d'eau à analyser dans un bécher.
  - Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
  - Introduire l'électrode dans l'eau analysée et lire la valeur sur le PH-mètre.
  - Rincer l'électrode avant chaque mesure.



**Figure 13 : Multi paramètre type. (Khelif et Labboun ,2021).**

➤ Mode opération de conductivité :

- Bien mélanger l'échantillon et vers **100 ml** d'eau à analyser dans un bécher.
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée.
- Introduire l'électrode dans l'eau analysée et lire la valeur sur le conductimètre.
- Rincer l'électrode avant chaque mesure.



**Figure 14: Conductimètre. (Khelif et Labboun ,2021).**

Remarque :

Ces analyses auraient dû être faites sur place, mais malheureusement elles ont été faites après **24 heures** en raison d'un manque de matériels.

## 4.2. Paramètre chimique :

### 4.2.1 .Les anions:

#### 4.2.1.1. Dosage de nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ):

- Principe : les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine Dichloride donne naissance à une coloration rose
- Mode opératoire :
  - Prendre **50 ml** d'eau à analyser.
  - Ajouter **1 ml** du réactif mixte (ANNEXE I).
  - Attendre **10mn**.
  - L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$
  - Effectuer la lecture Spectrophotométrique à une longueur d'onde  $\lambda = 543$ .

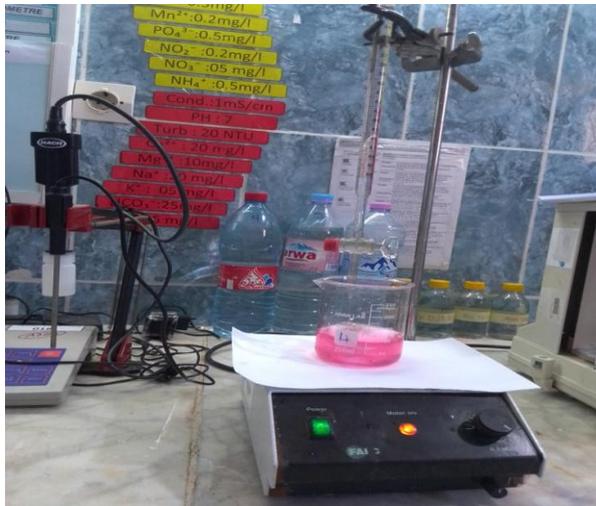


Figure 15 : Dosage de Nitrite. (Khelif et Labboun ,2021).

Expression de résultat : le résultat est donné directement en **mg/L**.

#### 4.2.1.2. Dosage de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ):

- Principe : en présence de salicylate de Sodium, les Nitrates donnent du paranitrosnylate de Sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

## ➤ Mode opératoire :

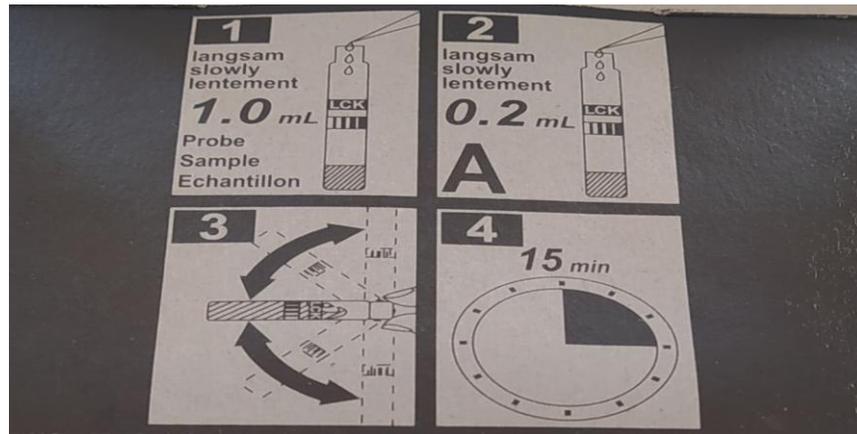


Figure 16: Mode opération de Nitrate.

- Effectuer la lecture puis passer au spectrophotomètre à **534 nm**.



Figure 17 : Dosage de Nitrate. (Khelif et Labboun ,2021).

Expression de résultat : le résultat est donné directement en **mg/L**.

#### 4.2.1.3. Dosage du chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) :

## ➤ Principe :

L'expérience consiste en une réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur.

## ➤ Mode opération :

- Prendre **5ml** d'eau à analyse.
- Ajouter (**3**) gouttes de chromate de potassium ( **$\text{K}_2\text{CrO}_4$** ) (coloration jaunâtre).

- Titrer la solution par addition de goutte à goutte avec  $\text{AgNO}_3$  à **0,01 N** jusqu'à coloration brun rougeâtre.



**Figure 18 : Dosage du Chlorure. (Khelif et Labboun ,2021).**

Expression des résultats :

$$V_{\text{AgNO}_3} \times 71$$

$V_{\text{AgNO}_3}$  : Volume d' $\text{AgNO}_3$  nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

#### 4.2.1.4. Dosage de sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :

- Principe : Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de  $\text{BaCl}_2$ .
- Mode opératoire :
  - Prendre **10ml** d'eau à analyser puis compléter à **100 ml** d'eau distillée.
  - Ajouter **5 ml** de la solution stabilisante.
  - Ajouter **2 ml** de chlorure de baryum.
  - Agiter énergiquement pendant **1 mn**.
  - Effectuer la lecture Spectrophotométrique.



Figure 19 : Dosage de Sulfate. (Khelif et Labboun ,2021).

Expression des résultats : Le résultat est donné en **mg/L**.

#### 4.2.1.5. Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

- Principe : La réaction consiste en la détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser les niveaux de **pH = 8.3** et **4.3**, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (**TA**), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (**TAC**).
- Mode opératoire :
  - Prendre **100 ml** d'eau à analyser.
  - Noter son pH puis titrer avec **HCl** à **0,1 N** jusqu'à obtention d'un pH de **4,3**.

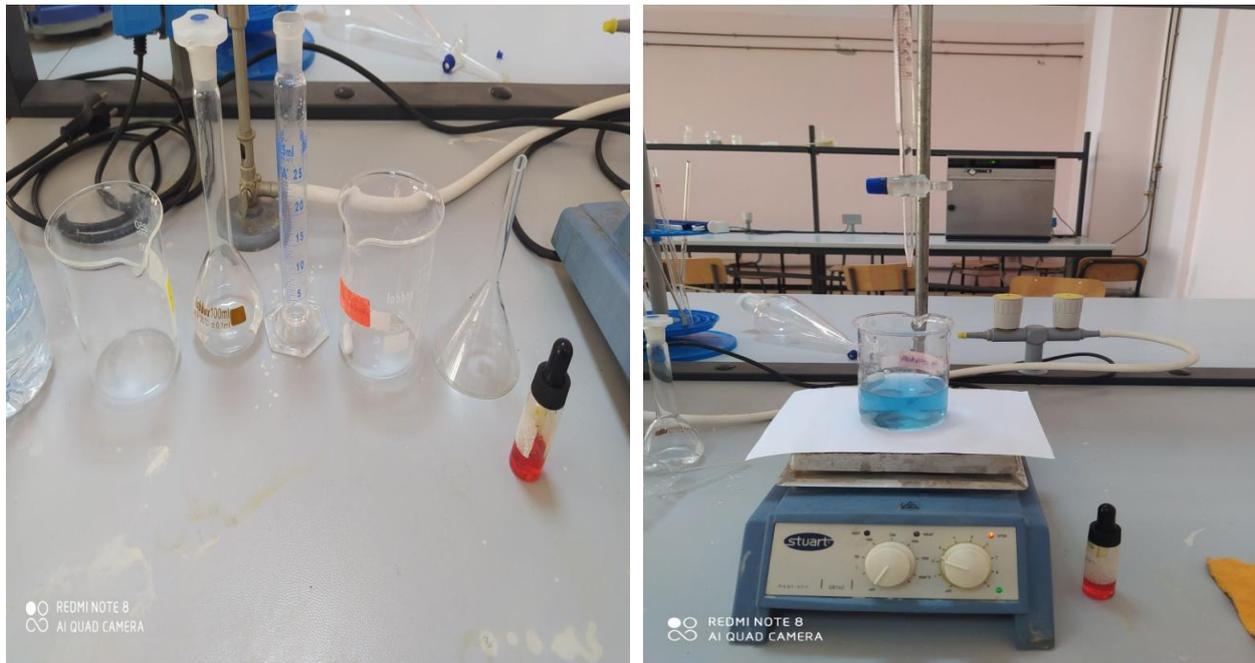


Figure 20: Dosage du Bicarbonate. (Khelif et Labboun I, 2021).

Expression de résultat :

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/L} = \text{VA} \times \text{MHCO}_3^- .$$

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/L} = \text{VA} \times 61.$$

- VA : Volume d'acide versé. (HCl)
- $\text{MHCO}_3^-$  : masse des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

#### 4.2.2. Les cations:

##### 4.2.2.1. Dosage du Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et du Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :

- Principe : Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'**E.D.T.A** à pH entre **12** et **13**. Ce dosage se fait en présence du Murexide, l'**E.D.T.A** réagit tout d'abord avec les ions calcium libres puis avec les ions calcium combinés avec l'indicateur coloré qui vire alors de la couleur rouge au violet.
- Mode opératoire :

##### (V1) $\text{Ca}^{2+}$ :

- Prendre **50 ml** d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH à **2 N**.
- Ajouter du Murexide. (*ANNEXE I*).

- Et titrer avec l'**E.D.T.A** jusqu'au virage à la couleur violet.
- Noter le volume d'**EDTA** versé.

(V2)  $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$  :

- Prendre **50 ml** d'eau à analyser.
- Ajouter **2 ml** de  $\text{NH}_4\text{OH}$  (10,1).
- Ajouter le noir Eriochrome (l'indicateur coloré).
- Et titrer avec l'**E.D.T.A** jusqu'au virage à la couleur bleu.
- Noter le volume d'**EDTA** versé.



Figure 21 : Dosage du Magnésium. (Khelif et Labboun ,2021).



Figure 22: Dosage du Calcium. (Khelif et Labboun ,2021).

Expression des résultats :

La détermination du Calcium en **mg/L** est donnée par la formule suivante:

$$\text{Ca}^{+2} = V1 \times 8.016.$$

V1 : Volume d'**EDTA** nécessaire pour une concentration donnée.

La détermination du Magnésium en **mg/L** est donnée par la (**Mg<sup>2+</sup>**) formule suivante:

$$(V2-V1) \times 4.86 \text{ où :}$$

✓ V2: Volume total d'**E.D.T.A** de (**Ca<sup>2+</sup>**).

✓ V1 : Volume (**Mg<sup>2+</sup>**).

#### 4.2.2.2. Dosage du sodium (**Na<sup>+</sup>**):

- Principe : photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et Sensibles connus, aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalino-terreux. Les éléments à analyser (sodium, potassium, etc. ...) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions.
- Mode opératoire :
  - Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power).
  - Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
  - Allumer la flamme à l'aide du bouton noir (**IGNITION**) sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage (**FLM**) en rouge sur l'écran.
  - Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
  - Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton (**fuel**) jusqu'à ce que la couleur devienne bleue violacée.
  - Optimiser à zéro à l'aide du bouton (**Blank**).
  - Laisser se stabiliser **5 à 10** Minutes.
  - Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de (**Na<sup>+</sup>**) à **10 mg/L**.
  - Optimiser à **10 mg/L** à l'aide du bouton (**FINE**).
  - Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de (**Na<sup>+</sup>**) à **10 mg/L** et remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (**0.000**).
  - Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de (**Na<sup>+</sup>**) à **10 mg/L** et vérifier si l'écran affiche (**10**).

- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (**3 essais pour chaque échantillon**).

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.



**Figure 23: Dosage du Sodium spectrophotomètre en flamme. (Khelif et Labboun ,2021).**

Expression : des résultats : Le résultat est donné directement en **mg/L**.

#### 4.2.3. Les métaux lourds :

##### 4.2.3.1. Dosage du fer :

- Principe : addition d'une solution de Phénanthroline, à une prise d'essai et mesure photométrique du complexe rouge-orange.
- Mode opératoire :
  - Prendre **40 ml** d'eau.
  - Ajouter **1ml** de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine, mélanger soigneusement.
  - Réactifs. (**ANNEXE I**).
  - Ajouter **2ml** de tampon acétate.
  - Ajouter 2 ml de la solution **1.10** de Phénanthroline et conserver à l'obscurité pendant **15 min**.
  - Enfin Effectuer la lecture Spectrophotométrique.



Figure 24 : Dosage du fer. (Khelif et Labboun ,2021).

Expression du résultat : Le résultat est donné en **mg/L**.

#### 4.2.3.2. Dosage de DCO :

➤ Principe :

La **DCO** peut être réalisée plus rapidement q, et donne une image de la matière organique présente même si le développement de micro-organismes est impossible

➤ Mode opération :

- Prélever à l'aide d'une pipette **2,0 ml** d'échantillon et l'introduire dans le tube.
- Visser fermement le bouchon et mélanger par la suite avec l'agitateur à vortex.
- Lors du mélange, la chaleur dégagée est très grande.
- Porter à reflux dans un bloc chauffant à une température de **148 °C** pendant une période de **2 Heures**.
- Laisser refroidir dans le bloc pendant un minimum de **30 Minutes**.
- Agiter le tube par inversion ou avec l'agitateur à vortex.
- Si l'échantillon devient laiteux après la digestion, reprendre la digestion en diluant l'échantillon.



Figure 25 : Déterminé le dosage de DCO

Expression du résultat Le résultat est donné en **mg/L d'O<sub>2</sub>**.

## Résultats et discussions

### 1. Les Paramètres organoleptiques :

#### 1.1. La couleur :

La couleur de l'eau est un paramètre qui reflète le dérangement esthétique. La couleur de l'eau peut avoir des sources naturelles. Il y a du fer et du manganèse dans les eaux profondes et de l'humus dans les eaux de surface. (*Mokeddem et Ouddane, 2005*).

L'eau de source est toujours claire, ce qui peut indiquer qu'il n'y a pas d'ions Métal ferreux ( $\text{Fe}^{+2}$ ) et fer ferrique ( $\text{Fe}^{+3}$ ); quels sont les principaux facteurs affectant le changement de couleur de l'eau.

#### 1.2. L'odeur :

L'odeur est une caractéristique qui indique la pollution ou la présence de matière organique en décomposition. (*RODIER, 2005*).

L'eau étudiée a toujours été inodore, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition.

#### 1.3. Goût :

Le goût désagréable de l'eau est généralement causé par un excès de fer, de manganèse et de chlore actif. Au fur et à mesure que la température augmente, elle se développe plus intensément. (*Genève, 1998*).

L'eau étudiée était salé, qui indique présence de chlorure.

### 2. Paramètres physico-chimique :

Plusieurs analyses disponibles sont utiles pour déterminer la potabilité de l'eau, le forfait d'analyse de base de l'eau potable comprend l'analyse de température, du pH, conductivité électrique, la turbidité, la salinité par : le Ph mètre

- Les paramètres  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$ , sont dosés par titrage volumétrique.
- Les paramètres  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^-$ , par le Spectrophotomètre U.V.
- Les paramètres  $\text{Na}^+$  par le Spectrophotomètre à flamme.

### 3. Répartition des points de prélèvement de la zone d'étude :

Tableau 8: Répartition des points de prélèvement de la zone d'étude.

N°	Les sources	Coordonnées Décimale X (m)	Coordonnées Décimale Y (m)	Date de Prélèvement
01	Ain Djab	1.683529	35.864096	30/5/2021
02	Ain Boutellise	1.6837	35.864435	30/5/2021
03	Ain Garwata	1.683883	35.864678	30/5/2021
04	Ain Oued	1.683968	35.865226	30/5/2021
05	Hammam 01	1.68414	35.865826	30/5/2021
06	Hammam 02	1.685031	35.8662	30/5/2021

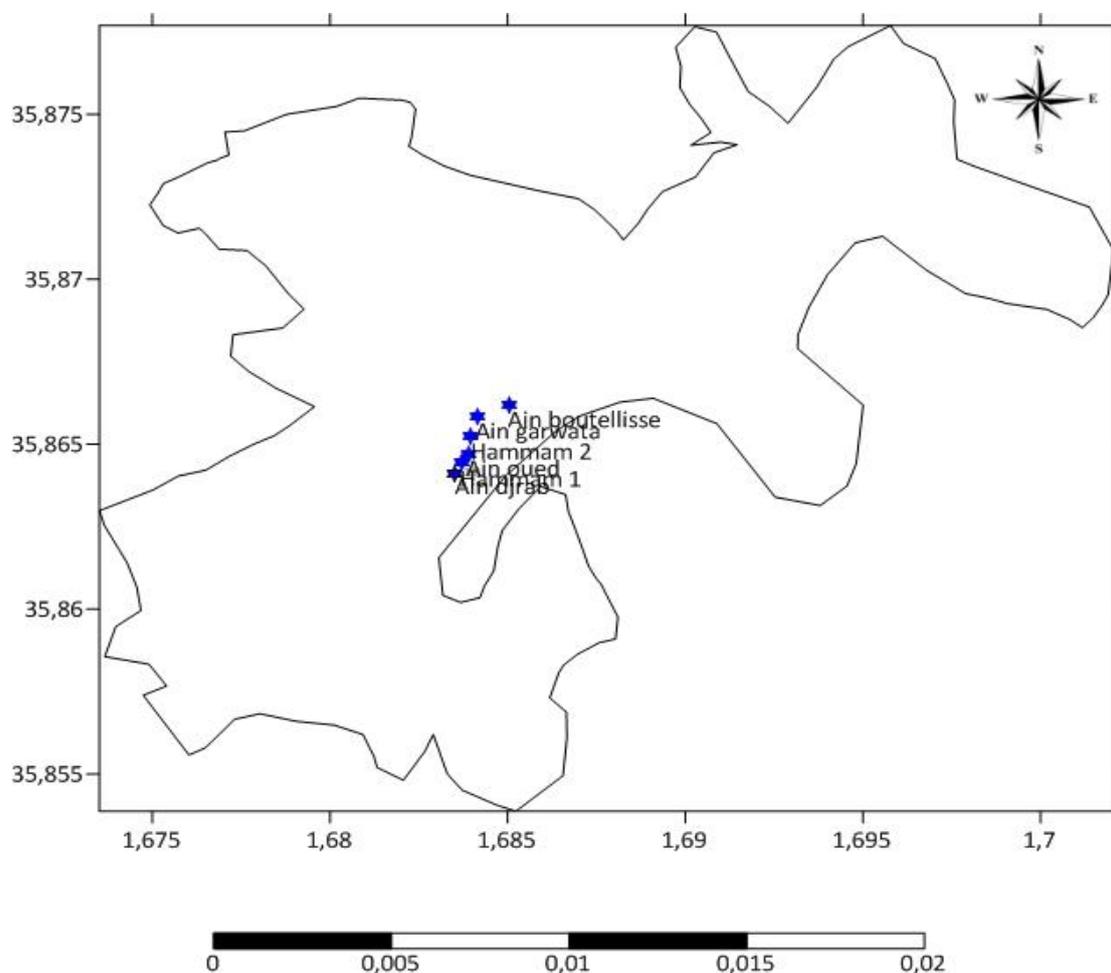


Figure 26 : Répartition des points de prélèvement dans la zone d'étude.

### 3.1 Outils informatiques :

#### Logiciel Surfer :

Le logiciel Surfer 21, conçu par Golden Software vous permet de réaliser de modèles numériques de terrain (MNT) issus des données que vous aurez récoltées sur le terrain via DGPS. Le principe de Surfer est le suivant : le logiciel vous permet de créer des grilles qui vont interpeller les données irrégulières de vos points **X, Y, Z** afin de les coordonnées. C'est à partir de ces grilles que l'ont plusieurs types de cartes créés par ce logiciel : base Mapp, contour Mapp, 3D surface, Victor et bien d'autres... (Alami 2011).

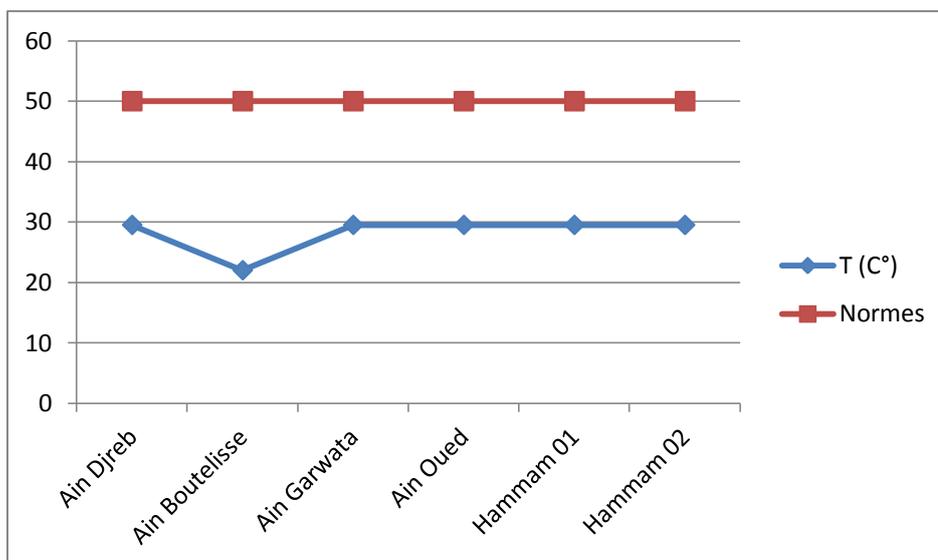
### 3.2 Interprétation des Les paramètres physiques :

#### 3.2.1 Température T°C :

C'est un facteur physique qui joue un rôle important dans la production biologique et affecte ses propriétés physiques et chimiques ; en particulier sa densité, sa viscosité, sa solubilité dans les gaz et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques. (HCEFLCD, 2006).

**Tableau 9 : Résultats de mesure de la température de point de prélèvement.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
T (°C)	29.5	22	29.5	29.5	29.5	29.5



**Figure 27: Histogramme montre la variation de la température (°C) des points de prélèvement de la zone d'étude.**

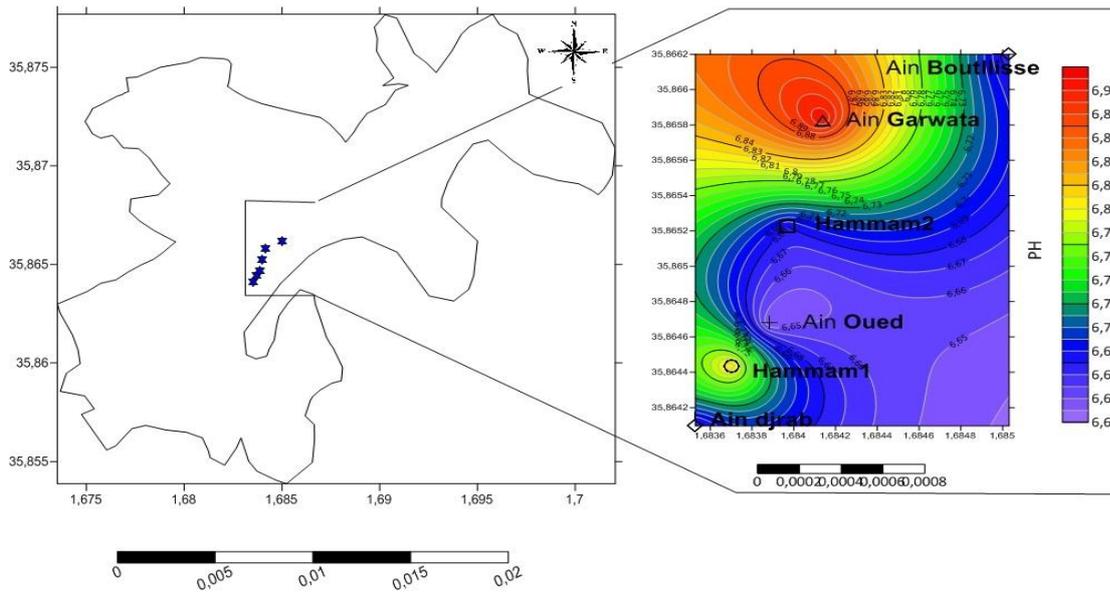
En rapport avec les normes de source thermique de l'eau fixées par l'Algérie, l'eau est : faible. La température mesurée dans les échantillons d'eau de station thermique de Hammam, Sidi Slimane varie entre **22 °C** minimums et **29.5°C** maximum , Ces valeurs dans l'intervalle de **22 à 30°C** , ceci pourrait signifier comparativement à ces normes, que les eaux analysées sont Faible presque les analyses de température sont fait après **24 heures** .

**3.2.2. Potentiel d'Hydrogène :**

La valeur du pH de l'eau est un paramètre permettant de mesurer l'acidité de l'eau (concentration en ions hydrogène ( $H^+$ )). Elle est inférieure ou supérieure à **7** selon que l'eau est acide ou alcaline. (Mustapha, 2010).

**Tableau 10 : Résultats de mesure du pH des points de prélèvement.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
PH	6.82	6.92	6.67	6.64	6.67	6.68



**Figure 28 : Carte de distribution spatiale du pH des points de prélèvement de la zone d'étude. (Tracé par le Surfer 21,2021).**

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre **6,5** et **9** selon les normes algériennes, nous avons observe une faible variation du pH dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH des eaux des sources thermale varie entre un minimum de **(6,64)** à la source **04 (Ain Oued)** et un maximum de **6.92** à la source **(02) (Ain Boutlisse)**.

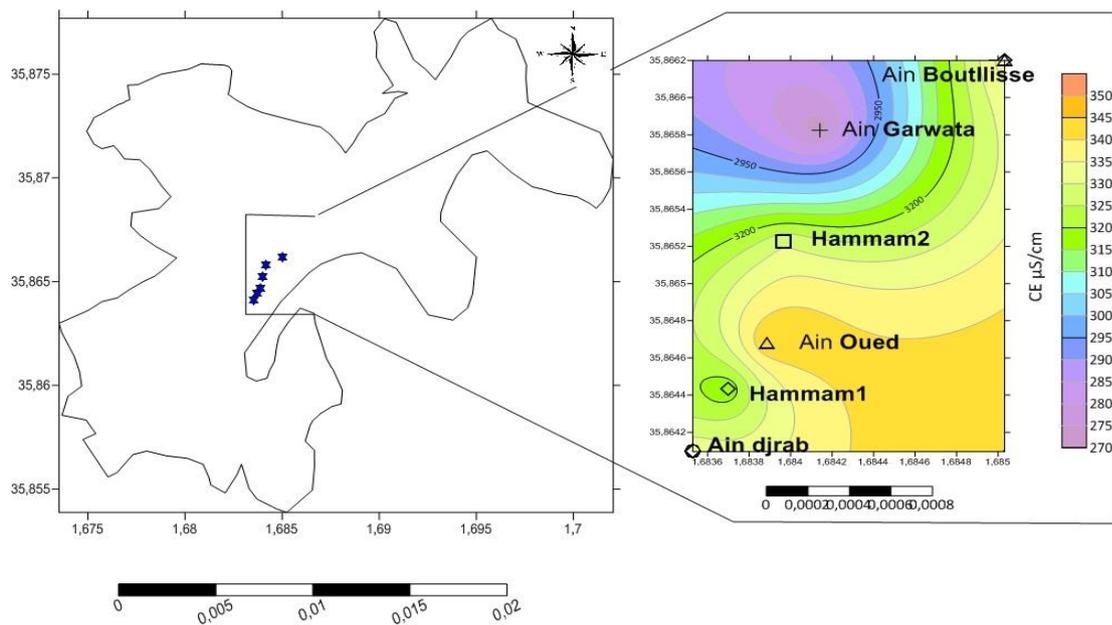
Cette forte teneur est du probablement par les formations géologiques Calcairé qui caractérise cette zone **(Figure 28)**

**3.2.3. La conductivité électrique :**

La conductivité électrique est une mesure de la salinité de l'eau. Une conductivité élevée indique un pH anormal ou une salinité élevée. **(HCEFLCD, 2006)**.

**Tableau 11: Résultats de mesure de CE (µS/cm) des points de prélèvements.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
CE µS/cm	3160	2720	3380	3450	3340	3290



**Figure 29 : Carte de distribution spatiale de la conductivité électrique. (CE) (µS/cm).** (Tracé par le Surfer 21,2021).

La conductivité électrique donne une idée de la salinité de l'eau. Livraison un pH élevé indique un pH anormal ou une salinité élevée. Pour l'eau la norme est de **2800 µS/cm** : **>1500 µS/cm** : minéralisation excessive.

Les résultats obtenu de la zone d'étude sont très élevé et dépasse les normes ce qui implique une minéralisation haute de ces eaux qui traduit la fort teneur en sels minéraux, la source **(04) (Ain Oued)** possèdent la valeur haute voir figure ci-après.

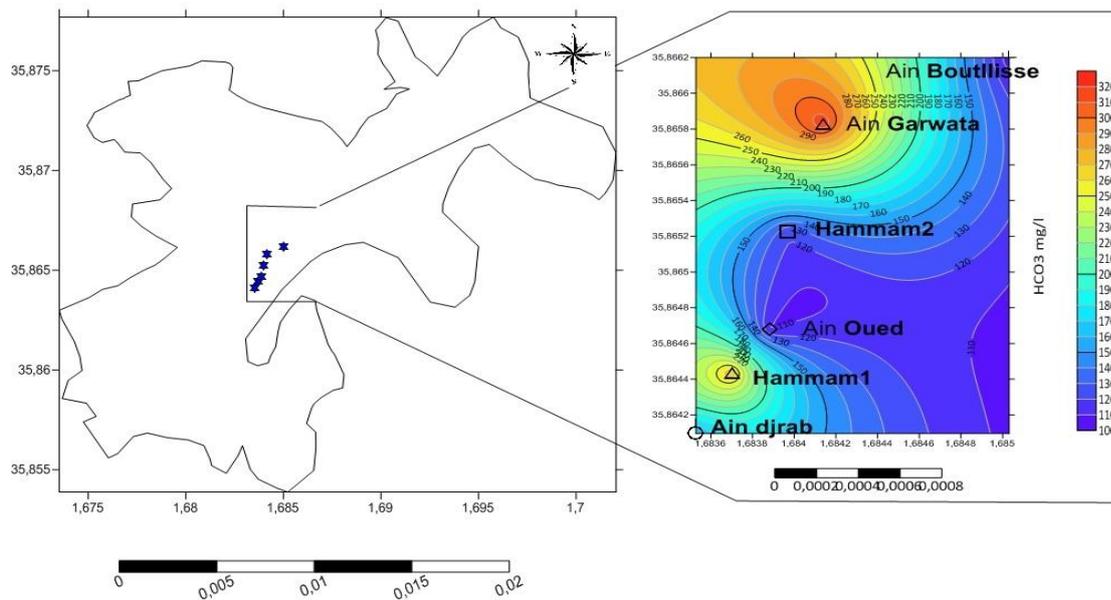
### 3.3 Interprétation des Les paramètres chimiques :

#### 3.3.1 Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

Les bicarbonates se forment à la suite de la dissolution de roches calcaires ou de l'émanation de magma profond. Sa présence dans l'eau est due à l'action de bactéries fournissant du  $\text{CO}_2$  à partir de minéraux contenant des carbonates. (Rodier, 2005).

**Tableau 12 : Résultats de dosage de  $\text{HCO}_3^-$  (mg/L) de points de prélèvement.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
$\text{HCO}_3^-$	268.4	317.2	103.7	109.8	158.6	122



**Figure 30: Carte de distribution spatiale de Bicarbonates (mg/L) des points de prélèvement (Tracé par le Surfer 21 ,2021).**

S'agissant des bicarbonates les normes algériennes fixent la valeur pour ce paramètre à

**500 mg**, On remarque que les teneurs en bicarbonates ne dépassent pas la norme dans toute la région.

Au niveau de source **(03) (Ain Garwata)** les résultats obtenus trouvent à une valeur minimale de **103.7 mg /L**

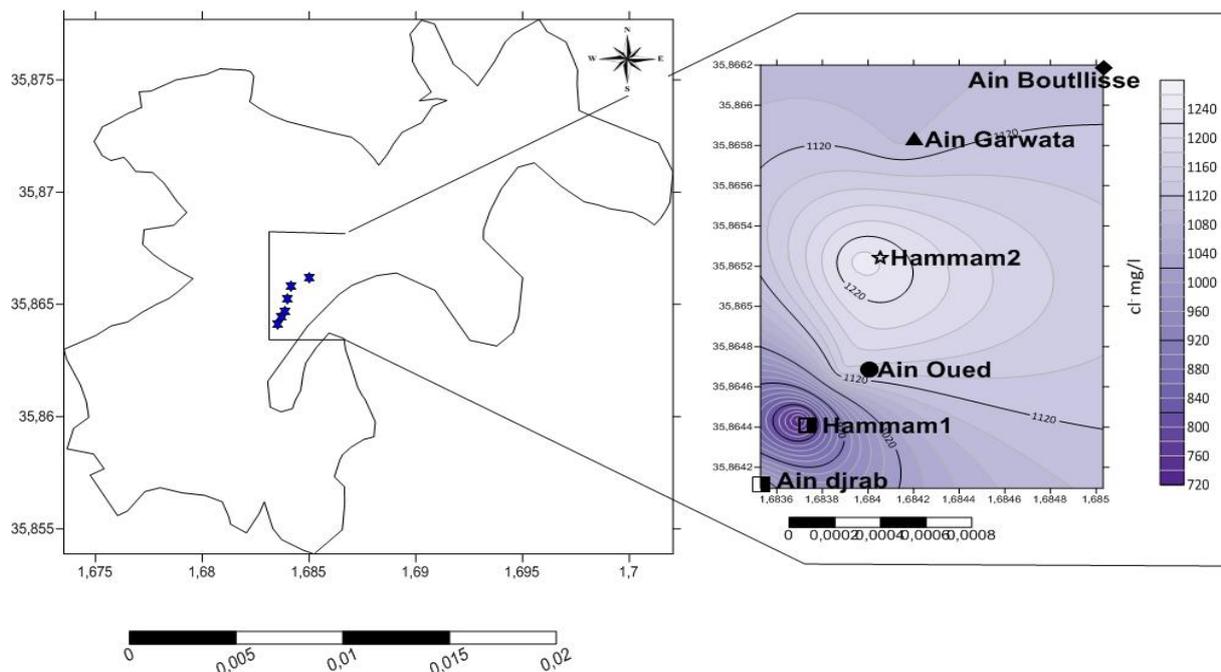
Au niveau de source **(02) (Ain Boutlisse)** trouvent à une valeur maximale de **317.2 mg/L. (Figure 30).**

**3.3.2 Chlorure (Cl<sup>-</sup>) :**

Cet élément est très répandu dans la nature. La concentration des chlorures dans l'eau dépend du terrain traversé, l'infiltration de nappes par des eaux marines et l'activité industrielle. *(Rodier et Coli, 2005).*

**Tableau 13: Résultats de dosage de Cl<sup>-</sup> (mg/L) des points de prélèvement.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
Cl <sup>-</sup>	1057.9	724.2	1154.74	1251.87	1095.38	1106.18



**Figure 31 : Carte de distribution spatiale des Chlorures (mg/L) des points de prélèvement (Tracé par le Surfer 21 ,2021).**

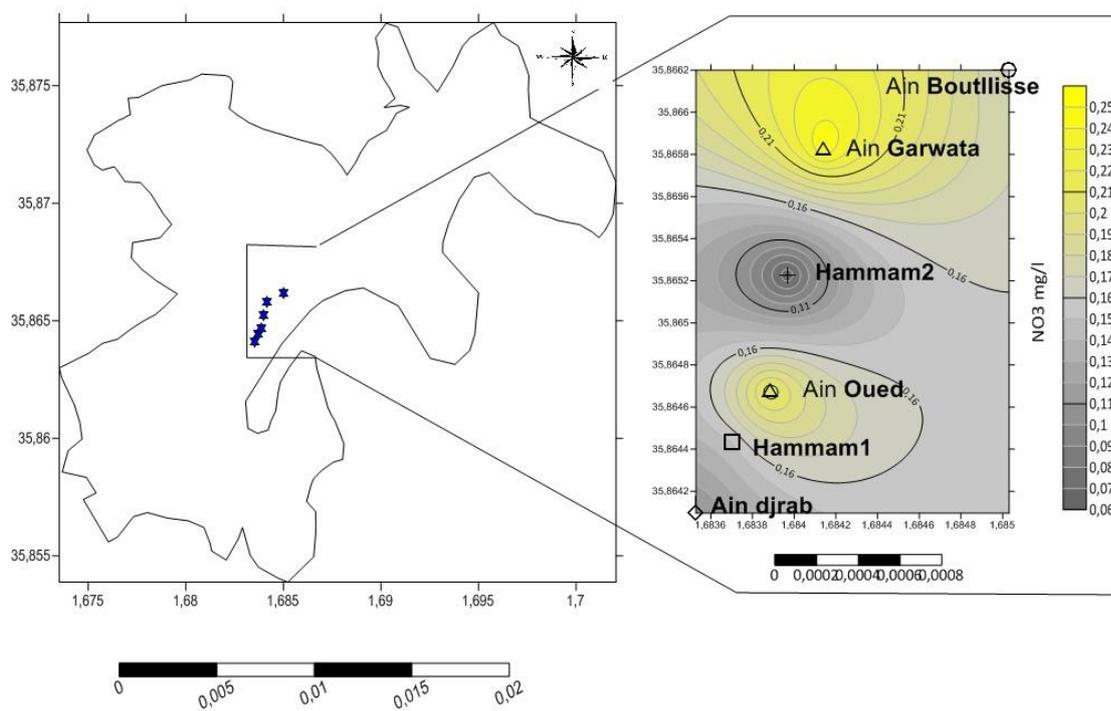
D'après les résultats des échantillons analysés, les valeurs enregistrées restent supérieures à la norme fixée à **700 mg/L** le maximal est de **1251.87 mg/L** au niveau du source **(04) (Ain Oued)** et le minimale **724.2 mg/L** au niveau du source **(02) (Ain Boutellisse)**, **(Figure 31)**

**3.3.3 Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :**

Les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sont des ions naturels présents dans le sol, dans les eaux superficielles et souterraines résultat de les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier. *(Schuddeboom, 1993)*.

**Tableau 14: Résultats de dosage de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L) des points de prélèvement.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.15	0.248	0.168	0.218	0.107	0.062



**Figure 32 : Carte de distribution spatiale de Nitrates (mg/L) de la zone d'étude (Tracé par le Surfer 21, 2021).**

La carte des teneurs en nitrates (**figure32**) montre des teneurs relativement faible, qui oscillent entre **0.062mg/L** à **0.248 mg/L**.

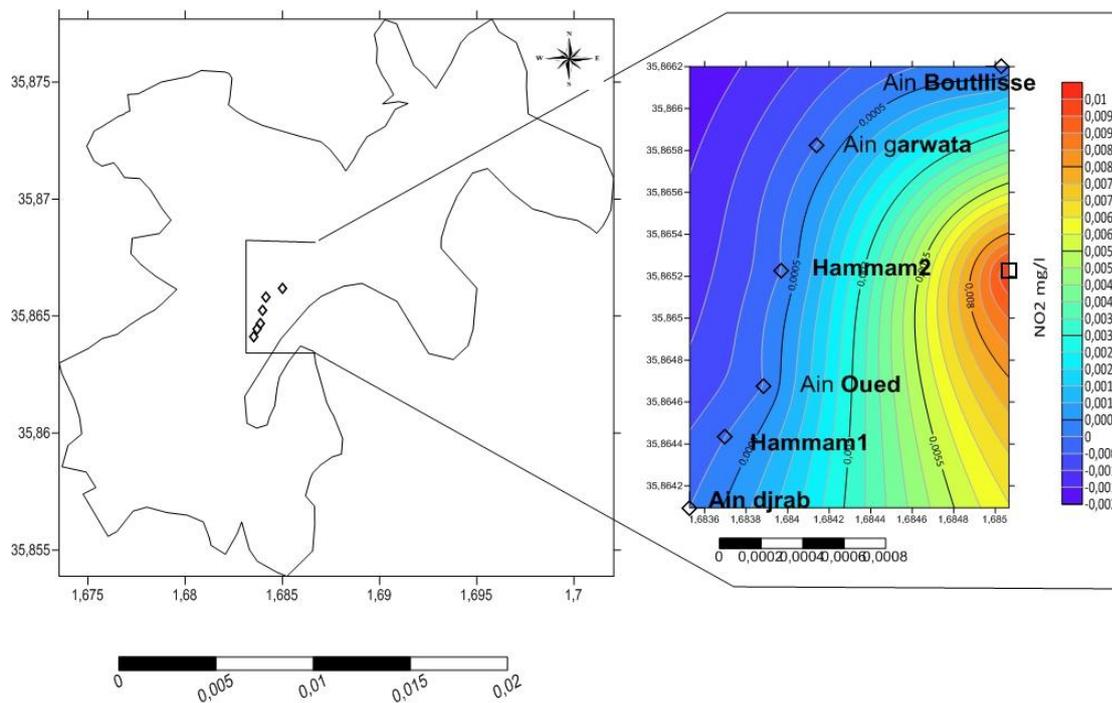
Ces concentrations sont faibles à cause de l'absence de la pollution, le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux.

**3.3.4 Nitrite (NO<sup>-2</sup>):**

Les nitrites NO<sup>-2</sup> sont des ions naturels proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. (Boualem, 2009).

**Tableau 15: Résultats de dosage de NO2 - (mg/L) des points de prélèvement.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
NO2-	00	00	00	00	00	00



**Figure 33 : Carte de distribution spatiale des Nitrites (mg/L) de la zone d'étude (Tracé par le Surfer 21 ,2021).**

On remarque que la totalité des échantillons sont en conformité avec la norme qui est fixée par l'Algérie (0,2 mg/L).

**3.3.5 Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>):**

Le sulfate est un élément proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries .Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) toxique en sulfate. (HCEFLCD, 2006).

Tableau 16: Résultats de dosage de sulfates (mg/L) des points de prélèvement.

Les sources	01	02	03	04	05	06
SO <sup>-2</sup> <sub>4</sub>	277.8	288.11	587	535	650	622

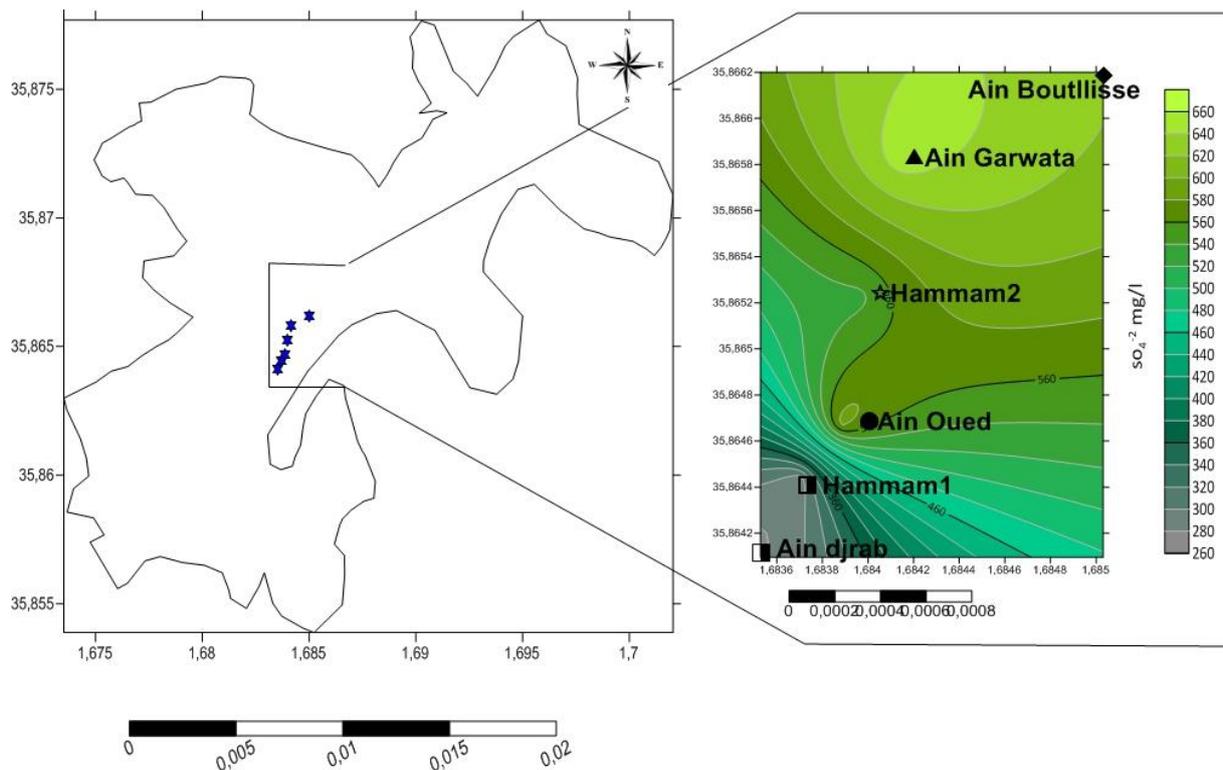


Figure 34 : Carte de distribution spatiale de Sulfates (Tracé par le Surfer 21 ,2021).

Les résultats obtenus sont très élevés et dépassent les normes fixées, le maximal est de **650 mg/L** au niveau de la zone d'étude sources (05) (Hammam 1).

La concentration en ions sulfate dans les eaux naturelles est très variable, et peut être largement dépassée dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec les roches est court élevé permettant au gypse de se dissoudre.

### 3.3.6 Le Sodium (Na<sup>+</sup>) :

Le sodium est un élément qui joue un rôle important de diminuer la dureté d'une eau, dont la présence dans l'eau provient du lessivage des formations géologiques contenant du chlorure de sodium (Na Cl). (Rodier, 1978).

Tableau 17: Résultats de mesure de Sodium (mg/L) des points de prélèvement.

Les sources	01	02	03	04	05	06
Na <sup>+</sup>	1090	1040	680	612	547	575

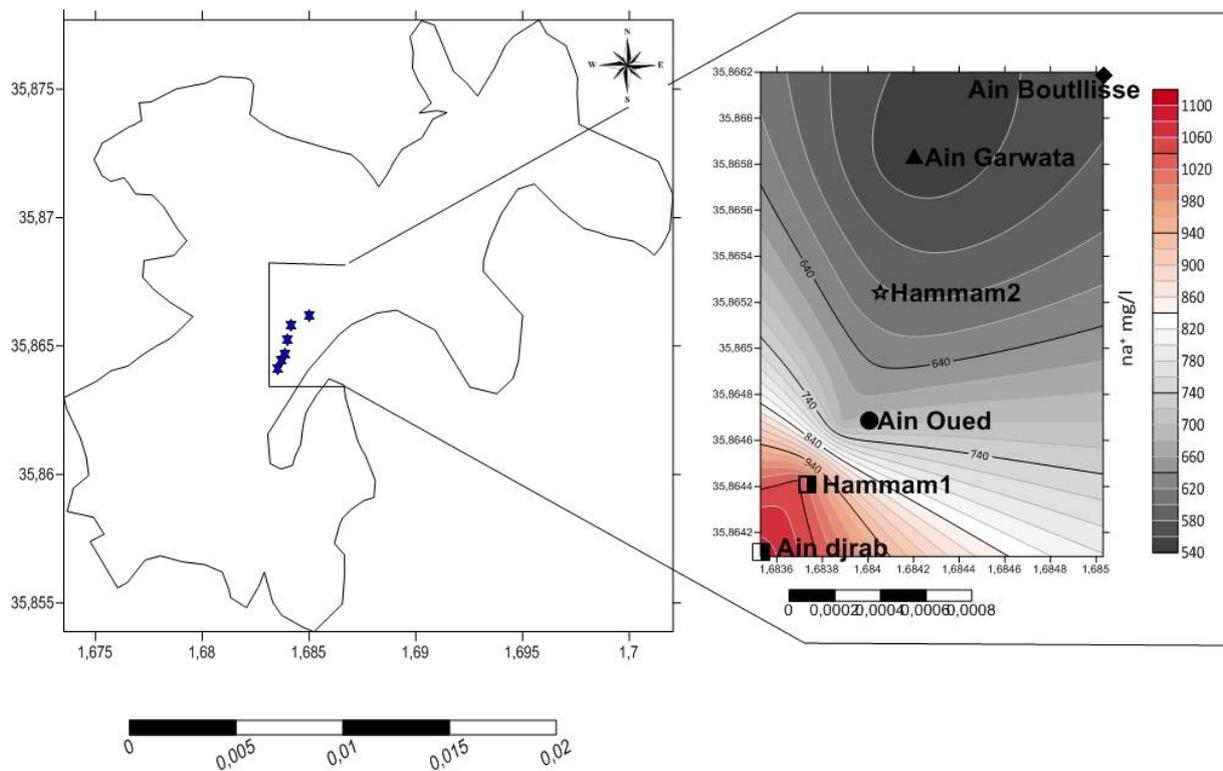


Figure 35 : Carte de distribution spatiale de Sodium (Tracé par le Surfer 21 ,2021).

La norme de l'Algérie exigée est inférieure à **200 mg/L**. Les résultats concernant le dosage de sodium dans l'eau des sources de station thermale se sidi Slimane ont montré que toutes les valeurs de ce paramètre sont très supérieures aux normes locales (N.A), l'échantillon de source (01) (Ain Djrab) possèdent la valeur maximale **1090 mg/L** et source (04) (Hammam 01) et un valeur minimale **547 mg/L**.

### 3.3.7 Magnésium (Mg<sup>+2</sup>) :

Le magnésium est l'un des éléments les plus abondants dans la nature, il constitue environ **2,1%** de la croûte terrestre, la plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau. Le magnésium est un élément essentiel de la dureté de la terre. (Rodier et Coli, 2005).

Tableau 18 : Résultats de dosage de Magnésium des points de prélèvement.

Les sources	01	02	03	04	05	06
Mg <sup>+</sup>	34.02	19.44	41.31	44.71	38.88	37.42

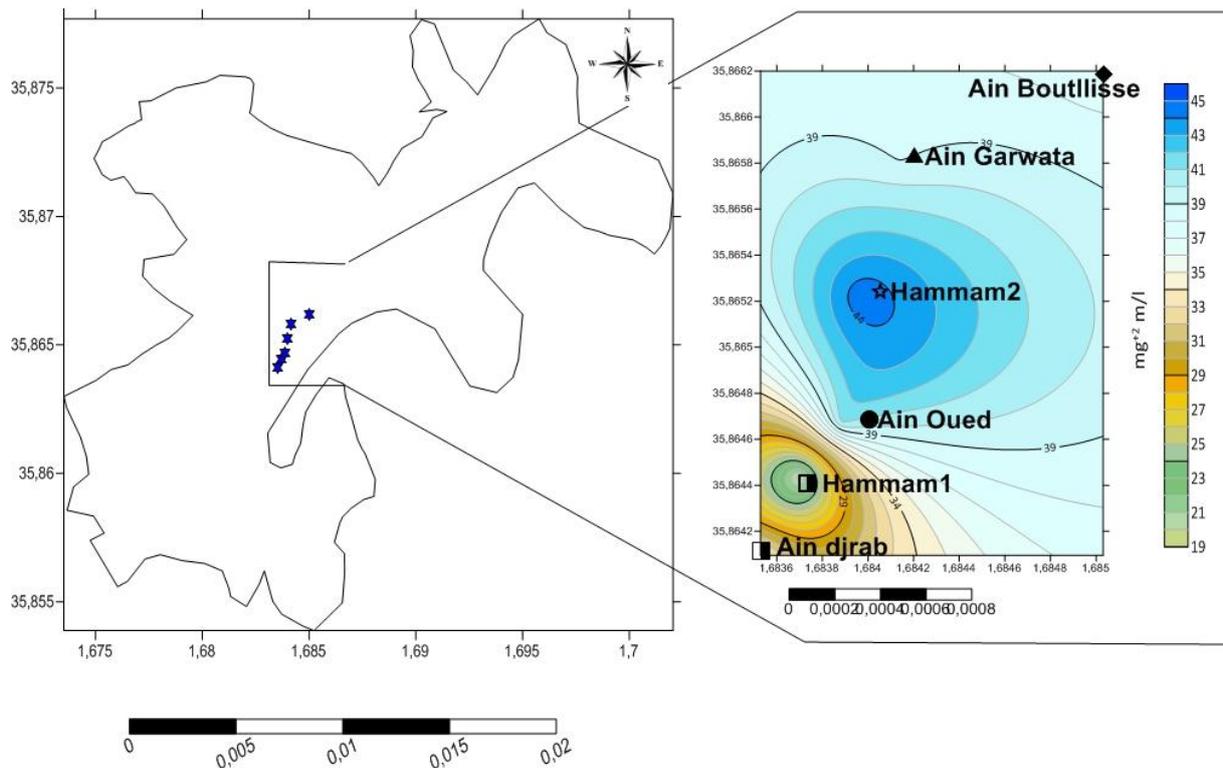


Figure36: Carte de distribution spatiale de Magnésium (mg/L) des points de prélèvement (Tracé par le Surfer 21 ,2021).

D'après la carte de distribution du Magnésium, nos échantillons, les valeurs enregistrées du magnésium sont comprises entre **19.44 mg/L** et de **44.41 mg/L**. Ces valeurs enregistrées aux cours de cette étude convergent les normes fixées.

L'échantillon de source **(04) (Ain Oued)** possède une valeur maximale. (**Figure 36**).

### 3.3.8 Le Calcium (Ca<sup>+2</sup>) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux, qui est la dureté de l'eau, Très répandu dans la nature, en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. (*Rodier et Coli, 2005*)

Tableau 19: Résultats de dosage de Calcium des points de prélèvement.

Les sources	01	02	03	04	05	06
Ca <sup>+2</sup>	210.82	168.33	212.42	224.45	200.4	206.81

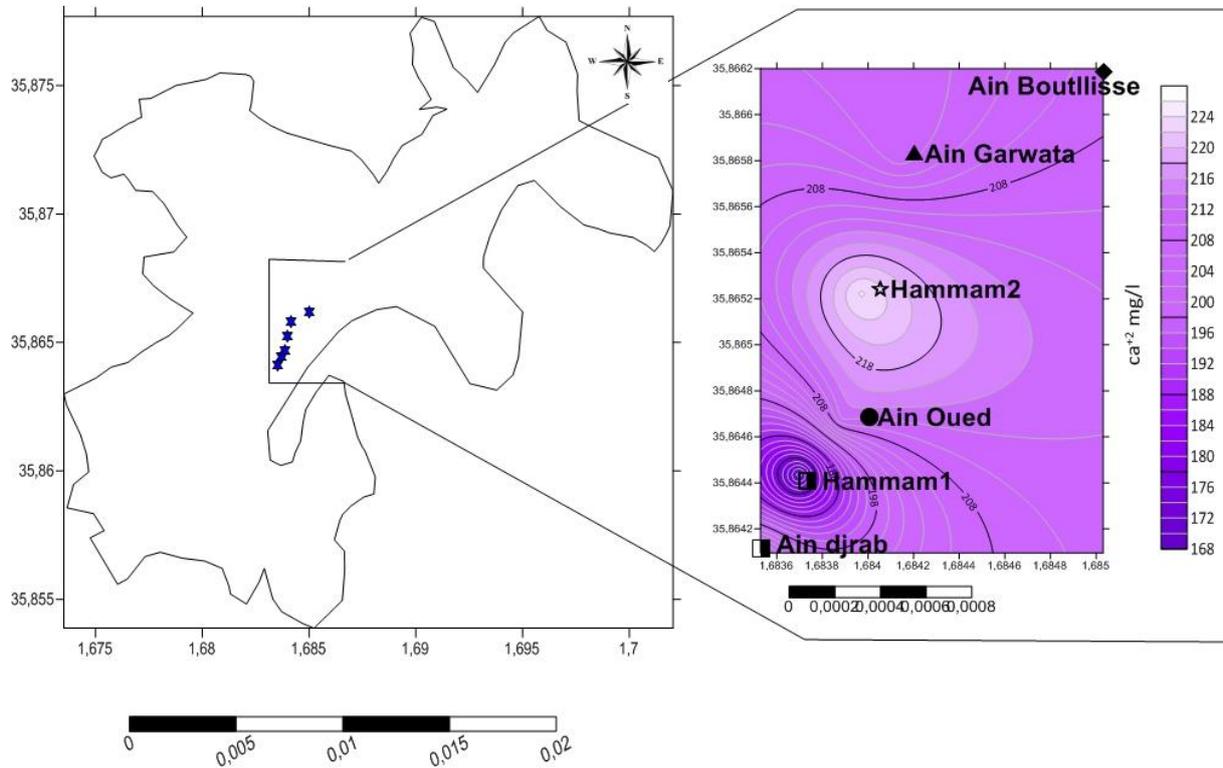


Figure 37 : Carte de distribution spatiale de Calcium (Tracé par le Surfer 21 ,2021).

Les teneurs en calcium des eaux analysées de la zone d'étude sont inférieure dans la source (02) (Ain Boutellisse) et dans les autres sources (01, 03, 04, 05 ,06) contient la teneur la plus élevée dépassent les normes fixées.

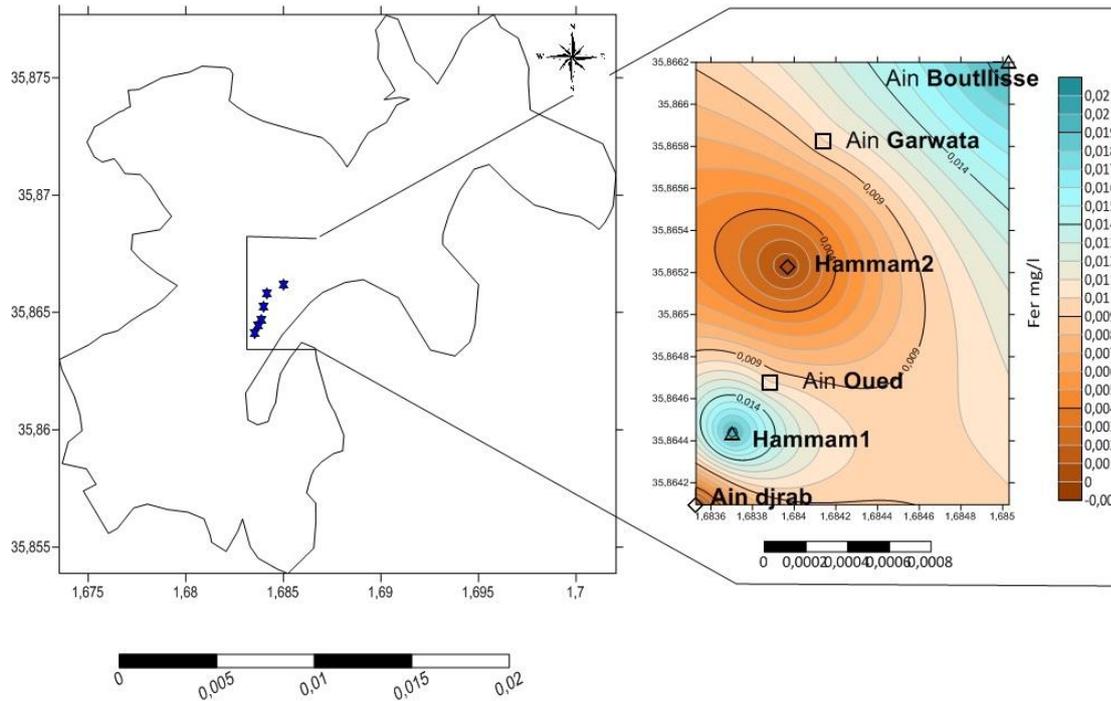
Ces résultats confirment la nature calcique de l'eau Thermale de Hammam Sidi Slimane.

### 3.3.9 Le Fer (Fe) :

Le fer est un métal lourds contient dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. (Guillemin et Roux, 1992).

Tableau 20 : Résultats de dosage de Fer des points de prélèvement.

Les sources	01	02	03	04	05	06
Fer	0.02	0.01	0.02	0.01	0	0



**Figure 38 : Carte de distribution spatiale de Fer (mg/L) des points de prélèvement.**  
 (Tracé par le Surfer 21 ,2021).

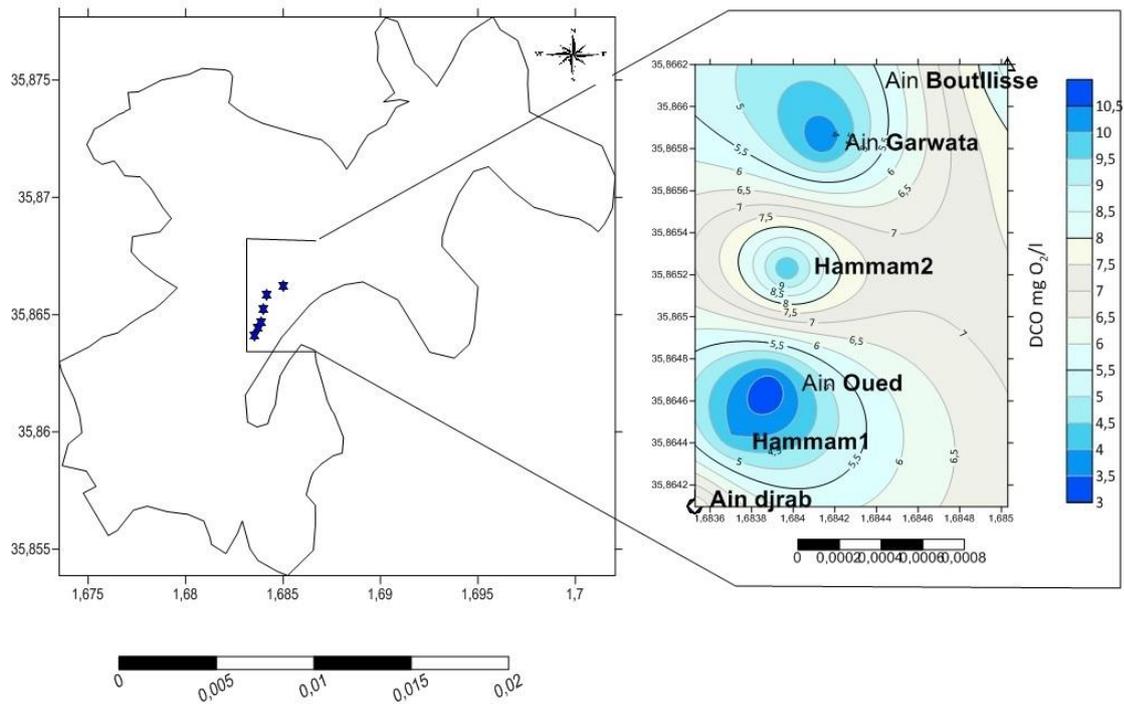
Au niveau de tout les sources les valeurs trouvées sont acceptables et correspondent aux normes fixées de cette élément toxique (N.A) est de **0.3 mg/L**.

**3.3.10 Le DCO (La demande chimie d’oxygène) :**

La demande chimie d’oxygène, est un paramètre qui mesure la pollution organique au moyen de l’oxydation chimie par dichromate de potassique en acide sulfurique. (ONA ANNEXE II).

**Tableau 21 : Résultats de dosage de DCO des points de prélèvement.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
DCO	4	3.5	8.73	2.98	8	10.09



**Figure39: Carte de distribution spatiale de la demande chimie d’oxygène (mg/L) des points de prélèvement (Tracé par le Surfer 21 ,2021)**

D'après la carte de distribution du **DCO**, nos échantillons, les valeurs enregistrées sont comprises entre **2.98 mg O<sub>2</sub>/L** et de **10.09 mg O<sub>2</sub>/L**. La valeur enregistrée dans la source (**06**) (**Hammam 2**) est très fort et la valeur faible enregistrées dans la source (**04**) (**Ain Oued**).

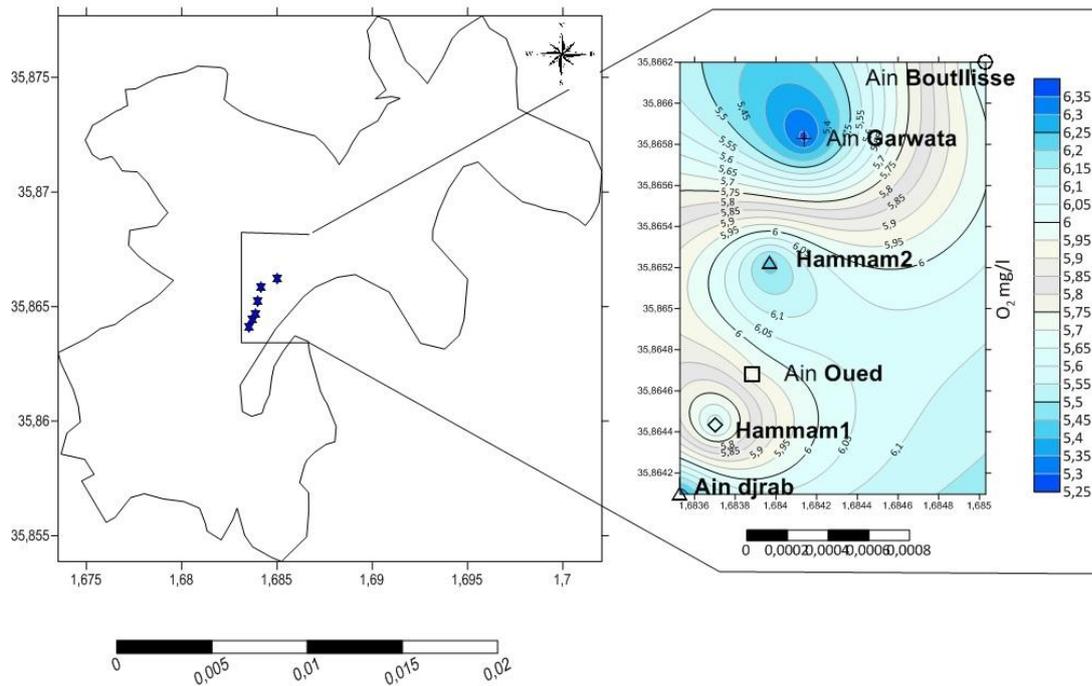
**3.3.11 Oxygéné (O<sub>2</sub>) :**

Dans les eaux naturelles, l'oxygène dissous est un facteur écologique essentiel car sa présence (milieu aérobie) permet la respiration des êtres vivants aquatiques.

La concentration de saturation dépend quant à elle notamment de la salinité, de la pression partielle d'oxygène dans l'atmosphère et de la température (lois de Henry). Ainsi la concentration de saturation en oxygène diminue avec la température : dans l'eau pure, de l'ordre de **11 mg/L à 10 °C, 9 mg/L à 2°C**. (*HAKMI, 2006*)

**Tableau 22: Résultats de dosage de Oxygéné des points de prélèvement.**

Les sources	01	02	03	04	05	06
Oxygène	5.6	5.28	6.06	5.93	6.3	6.23



**Figure 40 : Carte de distribution spatiale d'oxygène (mg/L) des points de prélèvement (Tracé par le Surfer 21 ,2021).**

Les teneurs d'oxygène des eaux analysées de la zone d'étude sont inférieure en conformité avec la norme qui est fixée à **70 mg/L**, le maximal est de **6.30 mg/L** au niveau du source (05) (**Hammam 1**) et le minimale **5.28 mg/L** au niveau du source (02) (**Ain Boutellisse**), (**Figure 40**).

#### 4. Diagramme de Piper :

Permet la représentation des anions et des cations les triangles montrent le contenu relatif de chaque ion par rapport au total des ions. A ces deux triangles est associé un losange sur lequel l'intersection des deux triangles est retardée Lignes à partir des points identifiés sur chaque triangle. (*ARDJANE, 2016*).

#### 5. XLSTAT :

Est un logiciel d'analyse de données et de statistiques pour Microsoft Excel. À l'aide de ce logiciel, on peut réaliser l'analyse des composantes principales (ACP) et la classification ascendante CAH,.....etc. (*ARDJANE, 2016*).

### 6 Étude des Paramètres chimiques majeurs :

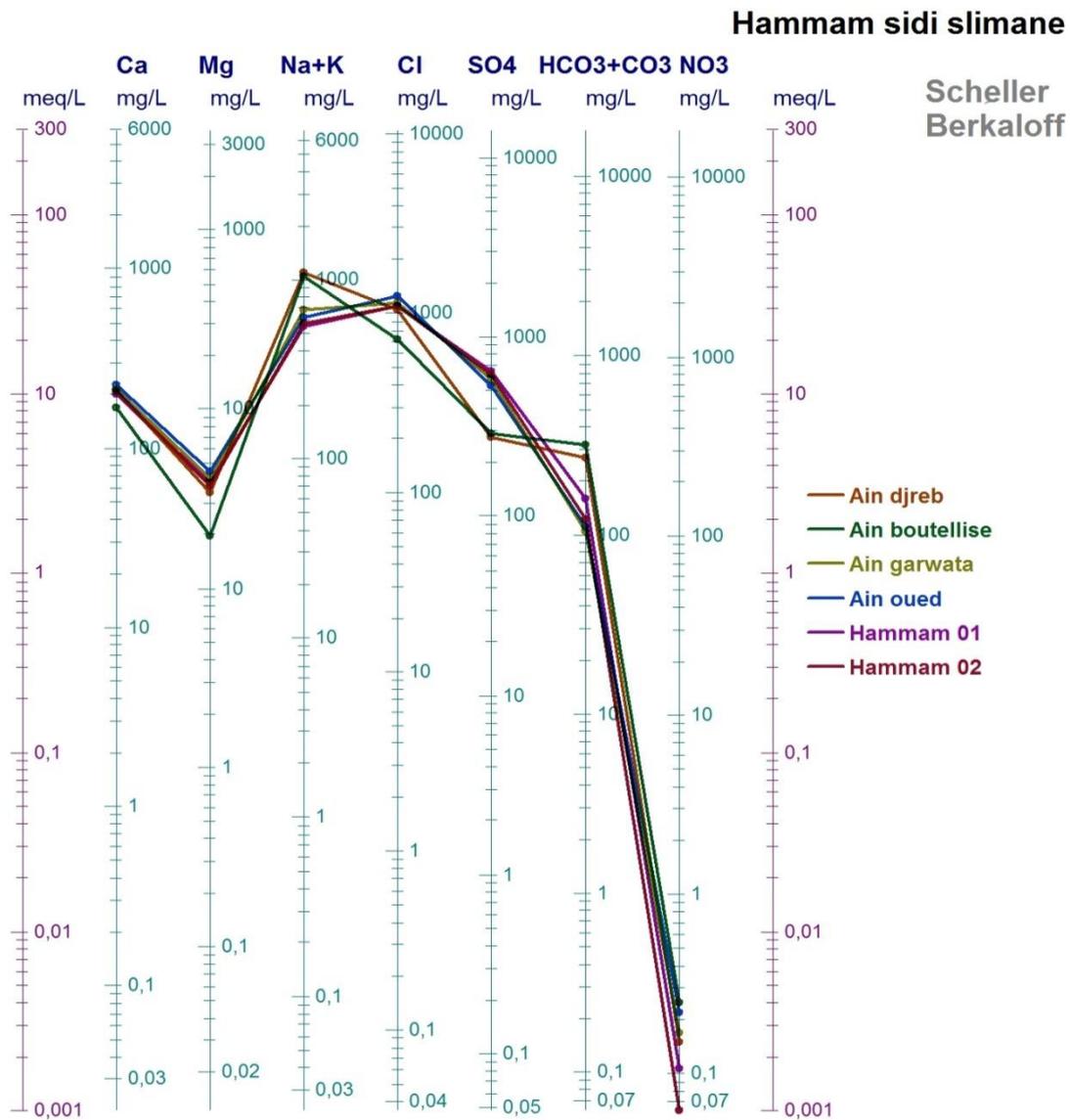
La teneur en éléments majeurs (cations :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et anions :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) des eaux de source de Hammam Sidi Slimane se répartissent comme suit (tableau 23).

**Tableau 23: Valeurs d'analyses physico-chimique des eaux des sources de Hammam Sidi Slimane.**

Les paramètres	Ph	T °C	CE µm/cm	$\text{Ca}^{+2}$ mg/L	$\text{Mg}^{+2}$ mg/L	$\text{Na}^+$ mg/L	$\text{So}_4^-$ mg/L	Fer mg/L	$\text{HCO}_3^-$ mg/L	$\text{Cl}^-$ mg/L	$\text{No}_3^-$ mg/L	$\text{No}_2^-$ mg/L
La source												
Ain Djreb	6,82	29,4	3160	211	34	1090	278	0	268	1058	0,15	0
Ain Boutellisse	6,92	22	2720	168	19,4	1040	288	0	317	724	0,248	0
Ain Garwata	6,67	29,5	3380	212	41,3	680	587	0	104	1155	0,168	0
Ain Oued	6,64	29,5	3450	224	44,7	612	535	0	110	1252	0,218	0
Hammam 01	6,67	29,5	3340	200	38,9	547	650	0	159	1095	0,107	0
Hammam 02	6,68	29,5	3290	207	37,4	575	622	0	122	1106	0,062	0

**Tableau 24: Facies caractéristiques des eaux de Hammam Sidi Slimane.**

Les sources	Les cations	Les anions
Ain Djreb	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{Cl}^- + \text{No}^{-3} > \text{So}_4^- > \text{HCO}-3$
Ain Boutellisse	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{Cl}^- + \text{No}^{-3} > \text{HCO}-3 > \text{So}_4^-$
Ain Garwata	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{Cl}^- + \text{No}^{-3} > \text{So}_4^- > \text{HCO}-3$
Ain Oued	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{Cl}^- + \text{No}^{-3} > \text{So}_4^- > \text{HCO}-3$
Hammam 01	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{Cl}^- + \text{No}^{-3} > \text{So}_4^- > \text{HCO}-3$
Hammam 02	$\text{Na}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$	$\text{Cl}^- + \text{No}^{-3} > \text{So}_4^- > \text{HCO}-3$



**Figure 41 : Représentation des sources de Hamam Sidi Slimane (Diagramme semi-logarithmique de Schoeller-Berkaloff).**

Interprétation de graphique de Schoeller- Berkaloff confirme le faciès chloruré sodique de l'ensemble des eaux de source de Hamam Sidi Slimane.

**6.1 Diagramme de Piper (Figure 42) :**

Présentation des résultats des analyses chimiques de Hamam Sidi Slimane Dans le tableau à l'ANNEXE II.

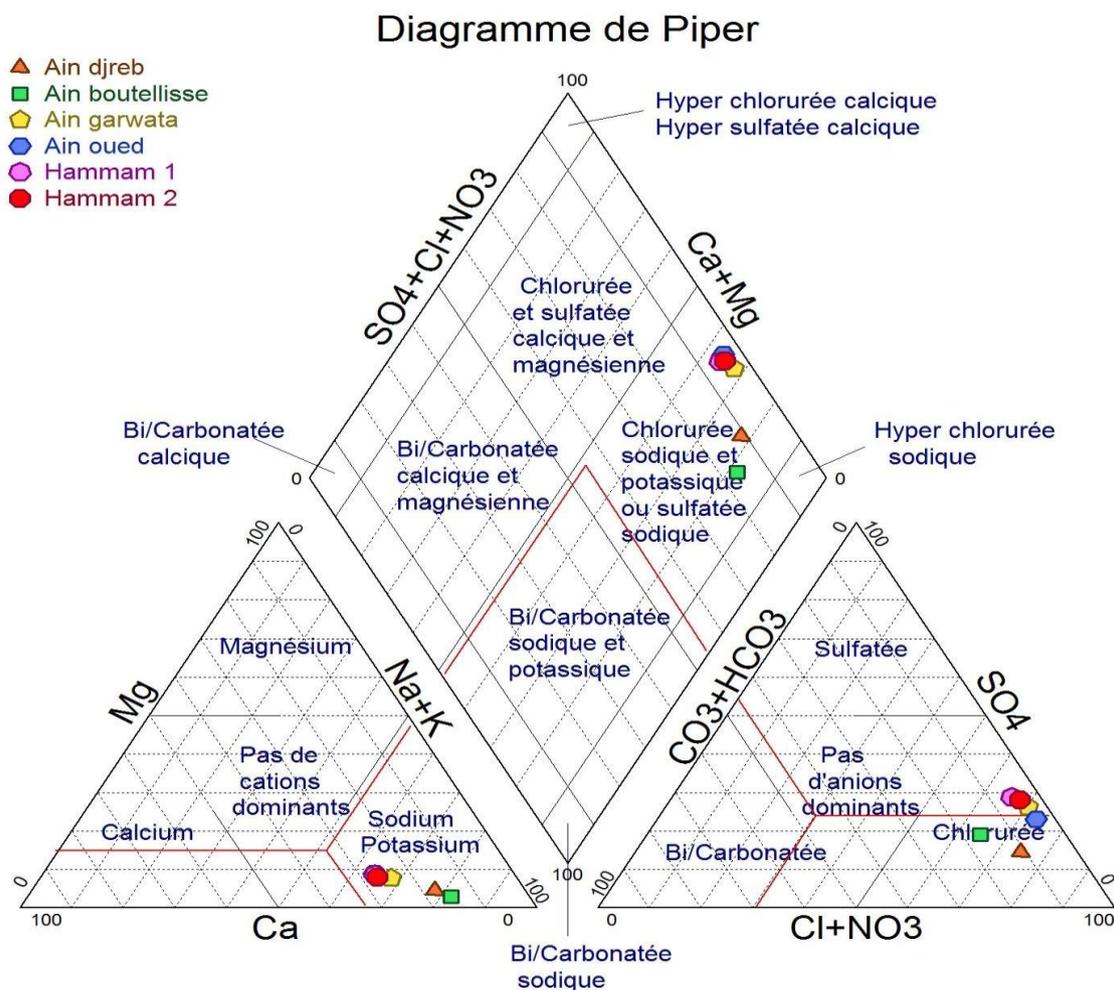
L'interprétation du diagramme de piper présente que les eaux sont Chlorure de Sodium et de Potassium ou/ Sulfate Sodium.

L'origine des éléments majeurs provoqué par la dissolution au contact de l'encaissant ou des formations géologiques de la région d'étude

Les chlorures proviennent du lessivage d'anciens dépôts évaporitiques (Argile ; Gypse) contenant du sel gemme jusqu'à des minéralisations totales de l'ordre de **1251,87 mg/L**, se retrouvent au niveau de la source **(04) (Ain Oued)**.

Les eaux de la région tirent leur sulfate du lessivage des formations géologiques contenant du gypse et aussi de l'oxydation des sulfures, sulfures métalliques (pyrite). Dans notre cas, les concentrations en sulfates peuvent être très élevées et atteindre **650 mg/L**. Elles s'accompagnent de teneurs très élevées en sodium **1090 mg/L**. se retrouvent au niveau de la source **(01) (Ain Djreb)**.

Les eaux tirent leur en potassium du lessivage des formations géologiques contenant du sel gemme.



**Figure 42 : Représentation graphique par diagramme de Piper des analyses physicochimiques des eaux Thermale de Hammam Sidi Slimane.**

## 7 Application de l'ACP :

La méthode ACP a été appliquée à 06 sources thermales et 12 variables (paramètres Physico chimiques) qui sont :PH,DCO ,CE  $\mu\text{S}/\text{Cm}$  , Ca (mg/L),Mg (mg/L) ,Na (mg/L) ,Fer (mg/L) ,HCO<sub>3</sub> (mg/L) ,Cl (mg/L), SO<sub>4</sub> (mg/L),NO<sub>3</sub> (mg/L),NO<sub>2</sub> (mg/L).

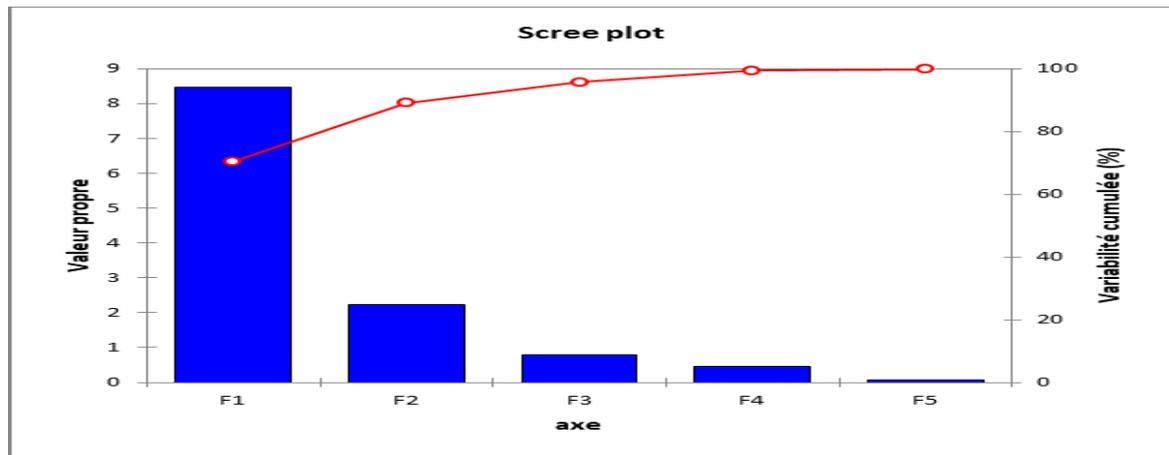
### 7.1 Interprétation de résultats de l'ACP :

#### 7.1.1 Les valeurs propres :

L'analyse du (Tableau 25) et la courbe des valeurs propres (Figure 43), montre que les deux premiers facteurs représentent le maximum d'informations dont la valeur factorielle exprime 89% de la variance totale, avec 70% pour le premier facteur (F1), 18,615% pour le second (F2).

**Tableau 25: Valeurs propre de la matrice de corrélation des paramètres physico-chimique.**

Variance totale expliquée						
Composante	Valeurs propres initiales			Extraction Sommes des carrés des facteurs retenus		
	Total	% de la variance	% cumulés	Total	% de la variance	% cumulés
1	8,463	70,527	70,527	8,463	70,527	70,527
2	2,234	18,615	89,142	2,234	18,615	89,142
3	795	6,622	95,763			
4	448	3,730	99,494			
5	061	506	100,000			



**Figure 43 : Valeurs propres de la matrice de corrélation des paramètres physico chimiques des sources thermales.**

### 7.1.2 Etude des variables :

#### 7.1.2.1 La matrice de corrélation :

L'analyse de la matrice de corrélation (**Tableau 26**), montre :

• Une corrélation positive et parfaite entre :

- ✓ Mg et Cl ( $r^2=0.992$ ).
- ✓ CE et Ca, Mg.
- ✓  $SO_4$  et  $O_2$ .

• Une bonne corrélation positive entre :

- ✓  $SO_4$  et CE.
- ✓ Mg et  $SO_4$ ,  $O_2$ .

• Une corrélation négative entre :

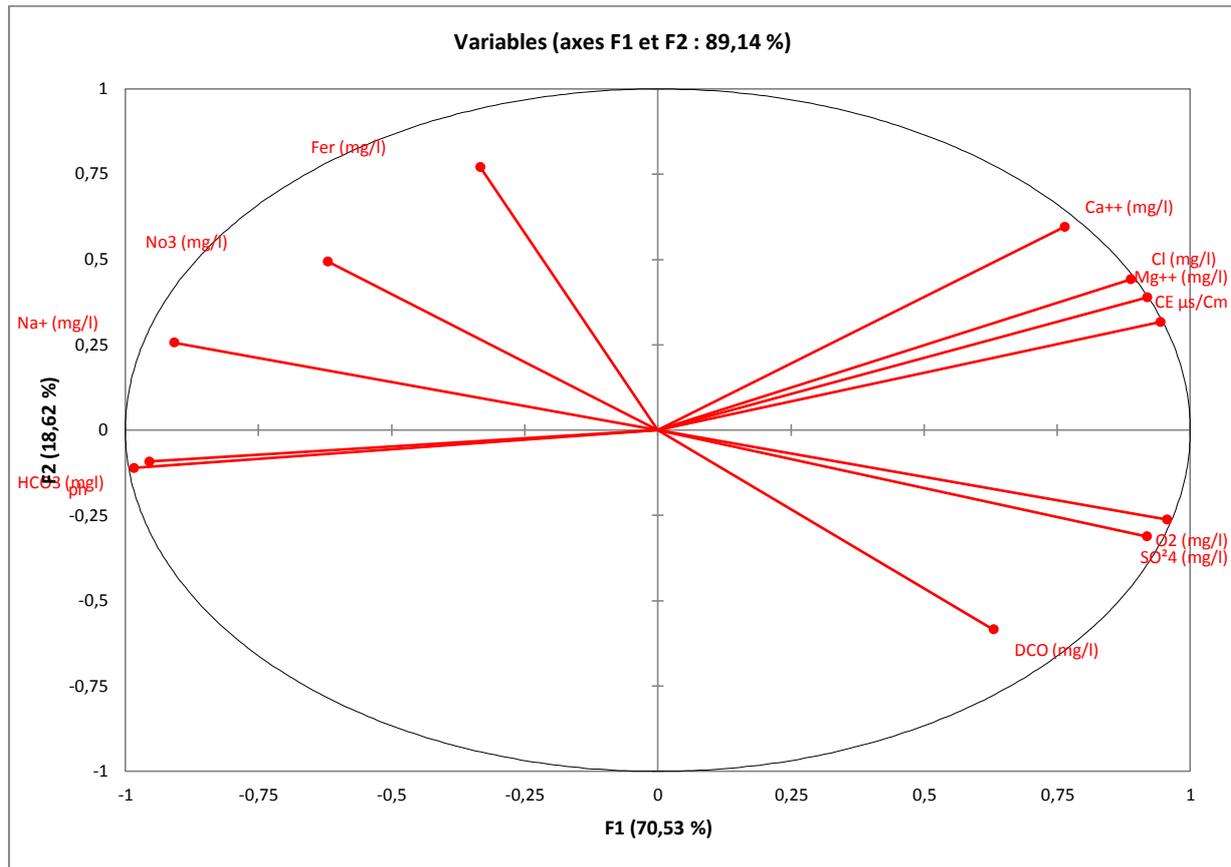
- ✓ Na et  $SO_4$ ,  $O_2$ .
- ✓  $HCO_3$  et CL.

Tableau 26: Matrice de corrélation (ACP) entre les variables.

Matrice de corrélation:

Corrélation	Ph	CE	Ca	Mg	Na	Fer	HCO <sub>3</sub>	Cl	N O <sup>-3</sup>	SO	O <sub>2</sub>	DCO
Ph	1											
CE	-0,959	1										
Ca	-0,792	0,917	1									
Mg	-0,947	0,996	0,937	1								
Na	0,911	-0,761	-0,482	-	1							
				0,732								
Fer	0,281	-0,076	0,187	-	0,596	1						
				0,024								
HCO <sub>3</sub>	0,972	-0,905	-0,744	-	0,901	0,225	1					
				0,897								
Cl	-0,914	0,984	0,97	0,992	-0,671	0,014	-	1				
							0,862					
No <sup>3-</sup>	0,476	-0,46	-0,31	-	0,497	0,484	0,427	-	1			
				0,388				0,388				
SO	-0,897	0,757	0,455	0,717	-0,98	-0,544	-	0,649	-0,584	1		
							0,896					
O <sub>2</sub>	-0,905	0,83	0,573	0,782	-0,915	-0,496	-	0,734	-0,756	0,954	1	
							0,862					
DCO	-0,512	0,401	0,14	0,332	-0,619	-0,39	-0,57	0,281	-0,812	0,743	0,77	1

## 7.1.2.2 Etude la cercle de L'ACP :



**Figure 44 : L'ACP des paramètres physico chimiques des sources thermales sur les plans factoriels (F1-F2).**

On assure sur cette étude à choisir deux axes le plus dominant qui donne une meilleure représentation **89%**. En effet Le cercle des corrélations est la projection du nuage des variables sur le plan des composantes principales. Les variables bien représentées sont celles qui sont proches du cercle, celles qui sont proches de l'origine sont mal représentées.

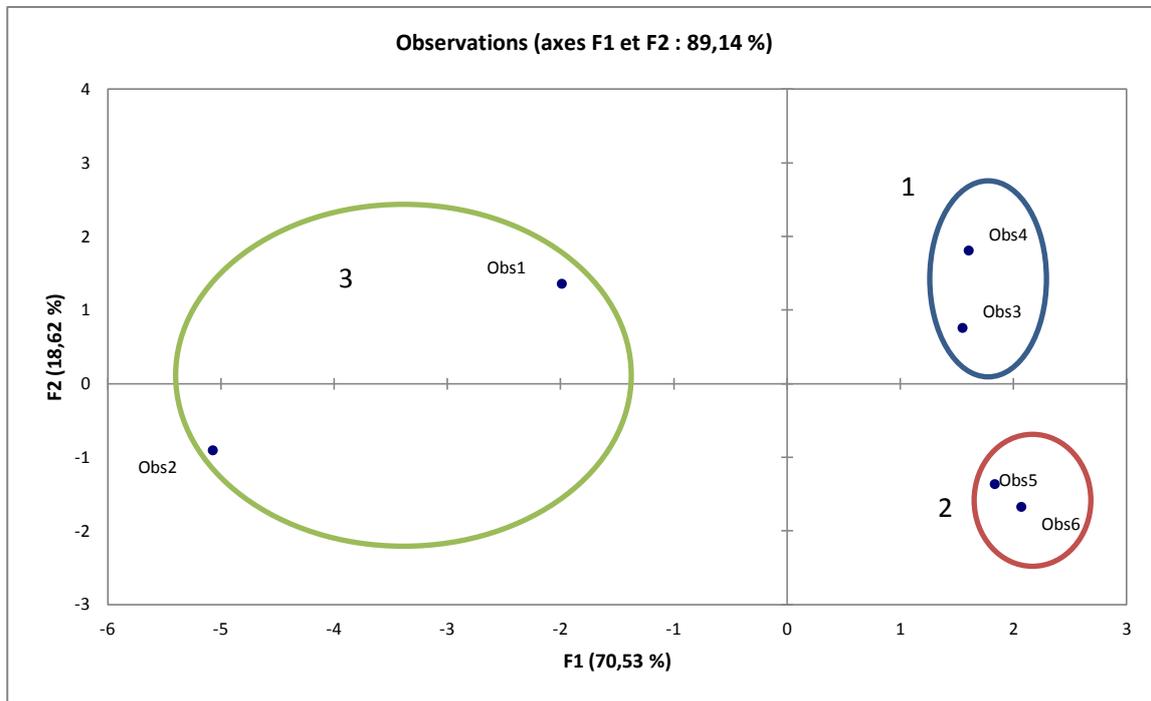
Alors on a :

- L'axe 1 (**70,53%**) : est bien représenté par les variables suivantes : **Cl, SO<sub>4</sub>, CE, Mg, Cl, Na.**
- L'axe 2 (**25,91%**) : est bien représenté par les variables suivantes : **Fer.**
- Les Variable **Ph** et **HCO<sub>3</sub>** sont mal représentées sur les deux axes.

### 7.1.3 Étude AFC :

#### 7.1.3.1 Étude la dispersion des sources :

La figure suivante représente la répartition des sources sur le plan factoriel qui donne une meilleur information est égale **89.14%**.

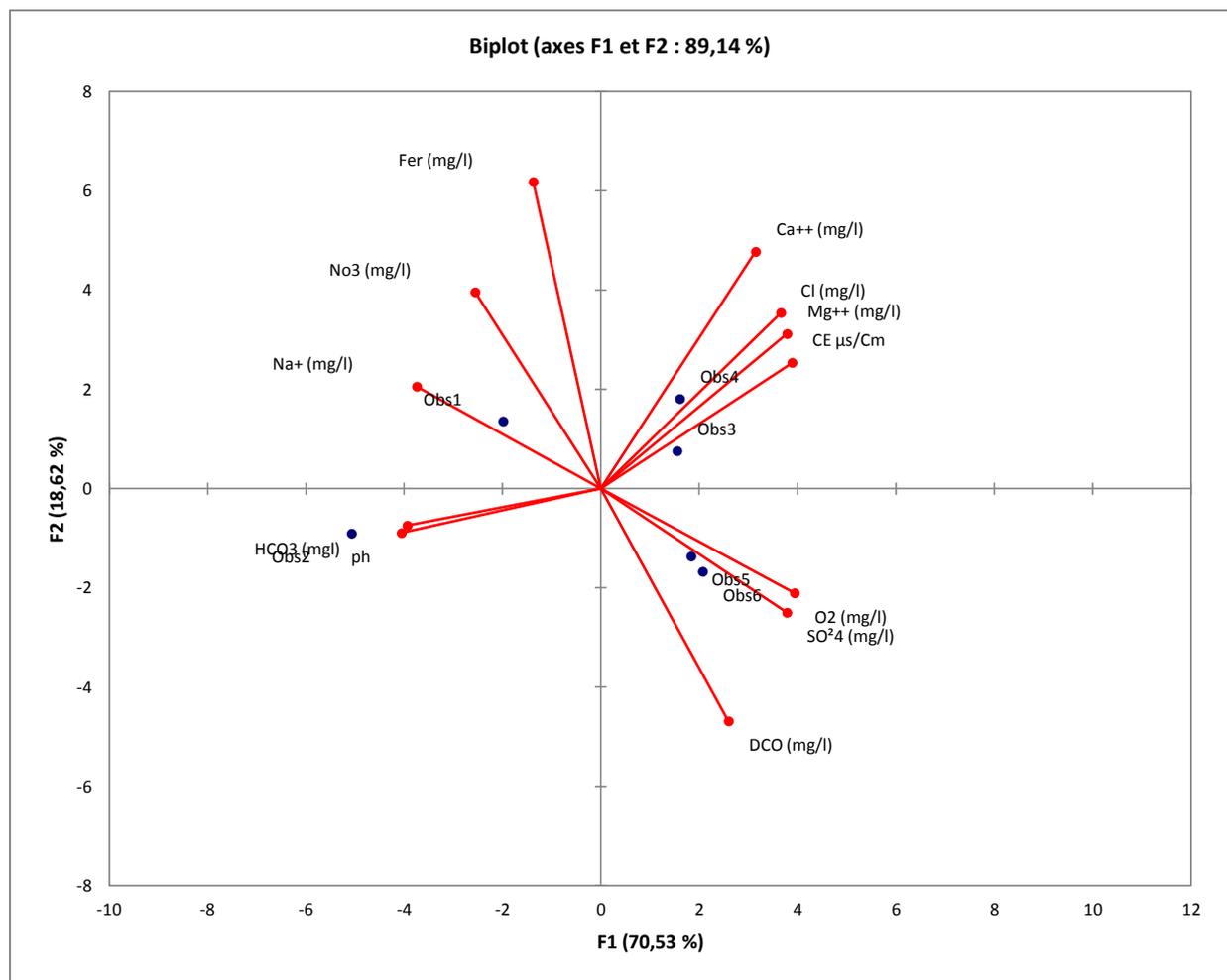


**Figure 45 : La carte des sources sur le plan factoriel.**

D'après la figure précédente on n'a constaté qu'il y a trois groupes :

- **Groupe 01** : représente meilleur source avec la variable qui présente ce groupe est la  $\text{SO}_4$  et  $\text{DCO}$ .
- **Groupe 02** : regroupe les sources **05** et **06** dans lesquelles les variables qui présentent ce groupe sont :  $\text{HCO}_3$  et  $\text{NO}_3$ .
- **Groupe 03** : Regroupe les sources **01** et **02** dont les variables qui présentent ce groupe sont comme suit : **CE, Mg, Ca, Cl**.

## 7.1.3.2 Etude la dispersion des sources avec les variables :



**Figure 46 : La dispersion des sources avec les variables sur le plan AFC.**

L'interprétation de la figure précédente présente que les variables sont proches à la source dans laquelle signifient que la source est très riche et contient à la fois une teneur élevée de l'un ou plusieurs paramètres comme la source **04** et **05** ayant une teneur élevée en **CE** et **Mg** et source **01** présente par un teneur élevée aux **Na**.

## 7.2. Etude Dendrogramme CHA :

La classification ascendante hiérarchisée réalisée montre 03 grandes familles. On distingue :

**Les classes 01, 02, 03** sont localisées au niveau de Hammam Sidi Slimane.

**Classe 03** : cette famille regroupe les eaux les plus minéralisées qui sont caractérisées par leurs fortes teneurs en **Na** et **HCO<sub>3</sub>**. (**Ain Djrab**), (**Ain Boutellisse**)

**Classe 02** : cette famille qui sont les moins minéralisées (**Ain Oued**), (**Ain Garwata**)

**Classe 01** : cette famille regroupe les eaux moins minéralisées que la classe 02, (**Hammam 1**), (**Hammam 2**)

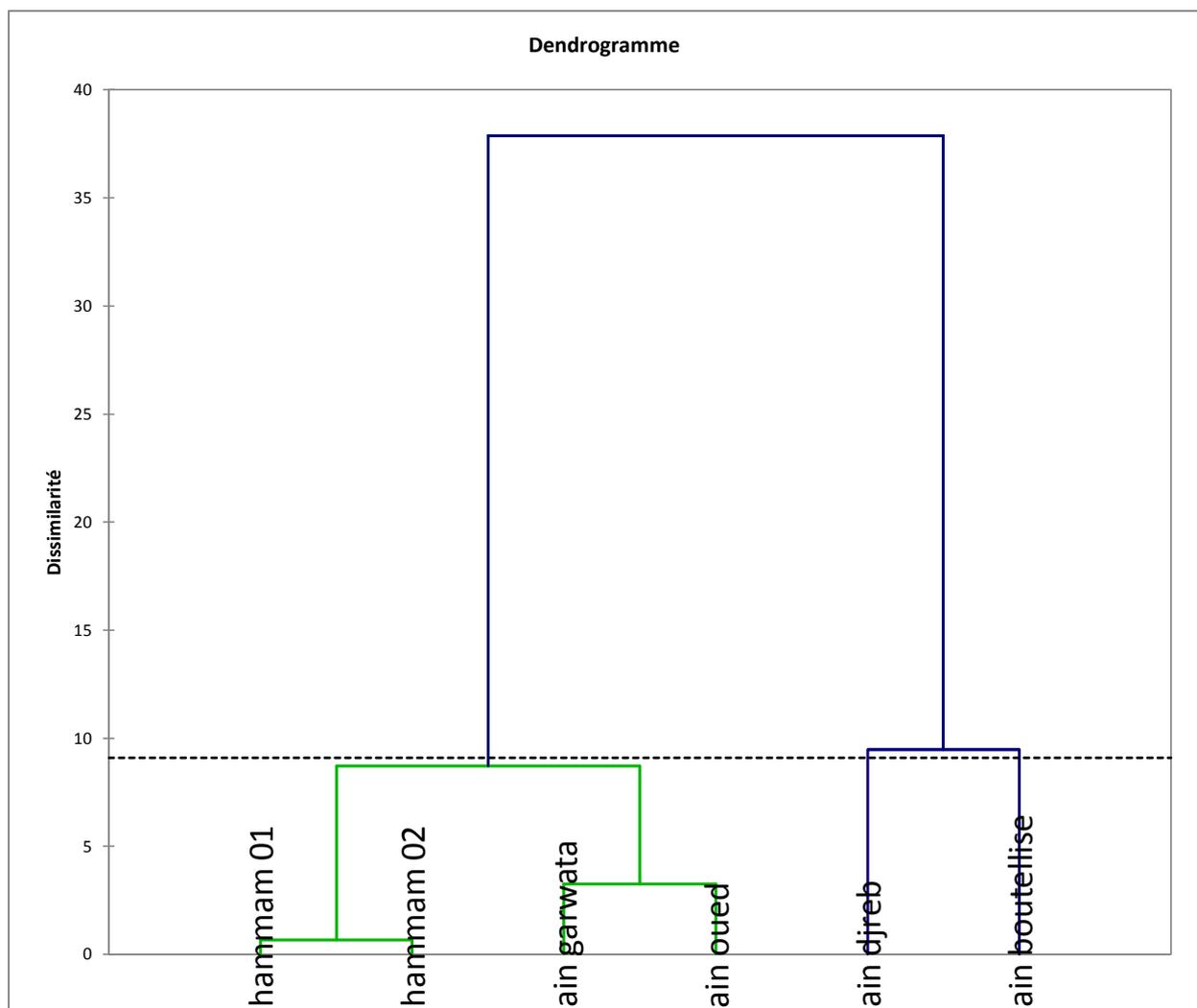


Figure 47 : Etude Dendrogramme CHA.

# **Conclusion Générale**

## **Conclusion générale :**

Au terme de cette étude l'hydrochimie de la région de Sidi Slimane Tissemsilt l'Algérie. Il ressort que les eaux de source et thermales sont riches en différents éléments minéraux dont leurs teneurs enregistrées dans ces eaux sont tous conformes aux normes admises rapportées dans le Journal Officiel de la République Algérienne.

La synthèse hydrochimique a permis de faire ressortir les principaux faciès : Un faciès chloruré sodique largement représenté dans cette Station.

L'étude statistique, par analyse en composante principale (ACP), et la classification ascendante hiérarchisée (CAH), fait apparaître un bon regroupement des échantillons selon leur minéralisation.

L'analyse des paramètres physico-chimiques a apporté une contribution importante à l'étude du comportement hydrochimique des eaux souterraines des différentes nappes. Ces analyses ont montré en particulier, que la composition chimique des eaux souterraines est régie principalement par les trois facteurs suivants :

- **Facteur lithologique** : L'origine des éléments majeurs provoqué par la dissolution au contact de l'encaissant ou des formations géologiques de la région d'étude
- **Facteur structural** : Ouarsenis est un bâtiment qui offre une structure très complexe correspondant à son terrain. Cette complexité comprend des contacts anormaux et des défailances qui se chevauchent
- **Facteur tectonique** : L'importance de la tectonique Le faciès chimique de l'eau minérale dépend de la nature des roches avec lesquelles elle est en contact et donc bien évidemment de la géologie. . Mais l'apparition des sources surtout thermales est due à l'existence d'un court-circuit hydraulique à forte perméabilité entre la profondeur et la surface résultant généralement d'une fracturation liée à un accident géologique récent. Les mécanismes qui permettent les circulations sont, obligatoirement, l'existence d'un gradient hydraulique important entre zone d'alimentation et zone d'émergence (relief accentué), accessoirement une élévation importante de température provoquant une baisse de densité de l'eau.
- **Facteur anthropique** : les teneurs ponctuelles en nitrates montrent un certain nombre de pics dépassant les normes de potabilité; ces pics sont observés dans la majorité des eaux des aquifères étudiés.

En conséquence il s'avère que vue leurs richesse en éléments minéraux toutes les eaux de source ayant fait l'objet de l'étude conviennent à la consommation humaine.

Quant aux eaux thermales qui s'avèrent aussi contenir de fortes proportions minérales ceci peut leurs conférer sans doute des vertus thérapeutiques intéressantes et servir de moyens

## ***Conclusion Générale***

---

thérapeutiques contre certaines maladies qu'il faut étudier en perspectives de recherche d'une manière très approfondie.

# **Références Bibliographiques**

**Référencés Bibliographiques :**

- 📖 MEGHIT Abed, 2011 la station thermale de Sidi Slimane.
- 📖 Agence National des eaux, 2004
- 📖 ALAMI Samy Tutoriel d'utilisation de Surfer 9 Avril/Juillet 2011
- 📖 Algérienne des eaux (ADE) de Tissemsilt
- 📖 ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques)
- 📖 ARDJANE, Tedjeddine Adda. (2016) . Etude Hydrogéologique et Hydrochimique comparative des aquifères d'Algérie Nord-Ouest
- 📖 BARRAQIE, Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (WWAP).2004
- 📖 BEHR Hélène CYSTITTE RECIDIVANTE ET PRISE EN CHARGE PAR LE THERMALISME
- 📖 Bengoumi M. et al, 2004 : Qualité de l'eau en aviculture. Revue trimestrielle d'information scientifique et technique – Volume 3 – N°1, Maroc, 5-25pp.
- 📖 BEKKOUCHE. M F, (2016). Caractéristique hydrochimique des sources thermales de l'extrême Nord-est Algérien. Thèse de doctorat en science, université Badji Mokhtar-Annaba, 175P.
- 📖 BORGLIN Jean-claude (10 janv. 2001), propriétés des eaux naturelles techniques de l'ingénieur, environnement G1110.
- 📖 CAIRE A&MATTAUER M.(1953a)-Note préliminaire sur la nappe de glissement medjanienne du Tell algérien méridional. C. R. Ac. Sc., t. 237, pp. 653-657.
- 📖 CAIRE A&MATTAUER M. (1953b)-Le Miocène du sillon du Chéelif-Soummam et la mise en place des nappes sud-telliennes (Algérie). C. R. Ac. Sc., t. 237, pp. 1735-1736.
- 📖 COLLIN Jean –Jacques, BRGM edition et hermann , leseaux souterraines , connaissance et gestion ,2004
- 📖 COMPLEKT– Engineering; 1984. Étude et projets pour la mise en valeur des terres, Aménagement des forêts et des parcs nationaux dans le massif de l'Ouarsenis . Sofia, Bulgarie Rapport pour CF Tissemsilt
- 📖 DELEAU,P. (1938) -Etude géologique des régions de Jemmapes, Hammam Meskhoutine et du Col des Oliviers. Bull. Serv. Géol, 2 ème série, n° 14, Alger, Carbonel, 583
- 📖 HAKM Abdellatif, 2006 traitement des eaux " traitement de l'eau de source bousfer Oran".
- 📖 HCEFLCD, 2006 : Etude sur la pisciculture au barrage Al Massira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.
- 📖 GUILLEMIN C., ROUX J., 1992 : La pollution des eaux souterraines. Manuels et Méthodes n° 23, éd. BRGM, 1-25.

## Références Bibliographiques

---

- 📖 GEZE.A, (2006). Les eaux thermales en traitement adjuvant dermatologique et dermo-cosmétologique : exemple de l'eau thermale d'Avène. Thèse de doctorat en pharmacie, université Joseph Fourier .p 177.
- 📖 LABORDE, J. P.. Eléments d'hydrologie de surface. Support de cours, Université de Nice Sophia-Antipolis, 2000, p 191.
- 📖 LANOIX j, Roy ML Edition O.M.S (1976), (manuel de technicien sanitaire).
- 📖 MOKEDDEM. K, OUDDANE. S,(2005). Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaâcoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie –Mascara, pp 18-22
- 📖 MUSTAPHA Besbes, 2010 : Hydrogéologie de l'ingénieur p23.24.26.
- 📖 MUSY, A., 2004. *Hydrologie*. 1er éd., Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- 📖 MUSY, A, PICOUET. C, et HINGRAY.B. Hydrologie: Une science pour l'ingénieur. PPUR presses polytechniques, 2006.
- 📖 Office National de l'Assainissement (ONA) de Tissemsilt
- 📖 O.M.S, Volume 1 et 3, Genève, (1998), « directive de b qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités ».Ottawa.
- 📖 Professeur OUALI (Alger 2001), « cours de procédés unitaires biologique et traitement des eaux », office des publications universitaires.
- 📖 RAYMOND Desjardins, le traitement des eaux, presses inter polytechnique, 1997
- 📖 RODIER J. (1978). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 6ème édition.
- 📖 RODIER.J, BAZIN.C, BROUTIN.J P, CHAMBON.P, CHAMPSAUR.H, RODIL.L, (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mère, chimie physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétations des résultats. 8eme Edition. Dunod, paris,p 1383.
- 📖 RODIER Jean et COLL, dunod paris (2005), l'analyse de l'eau eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8PeP édition.
- 📖 ROQUE. C F, (2007). Le thermalisme la médecine que nous a donnée. Géoscience numéro 5, p74-79.
- 📖 SCHUDEBOOM. J, (1993) : Nitrates et Nitrites dans les denrées alimentaires, éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg, p 11.
- 📖 SCHWENKE .A, (2007).De l'usage de l'eau thermale en nébuliseur. Thèse de doctorat en pharmacie, université Henri Poincaré- Nancy 1.P 81.

## ***Références Bibliographiques***

---

- 📖 TEBANI, Mohamed Suivi et évaluation de l'impact social, économique et environnemental du programme de renouveau de l'économie agricole et rural dans la zone de l'Ouarsenis (wilaya de Tissemsilt, Algérie), 2008 -2014

# **Annexes**

**Annexes I :**

**1. Matériels pour les analyses physico-chimiques :**

**1.1. Matériels pour échantillonnage :**

- ❖ Bouteille en verre **500ml.**
- ❖ Bouteille 1 litre **500 ml.**

**1.2.Appareillage :**

		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DCO photomètre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spectrophotomètre en flamme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductimètre</li> </ul>
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spectrophotomètre UV -VISIBLE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multi-paramètre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agitateur</li> </ul>

### 1.3.Appareillage :

- ❖ fiole 100ml -50ml.
- ❖ Bécher.
- ❖ Pipette graduée.
- ❖ Burette
- ❖ Flacons en verre.
- ❖ Spatule

### 1.4.Les réactifs :

Tableau 27 : Réactifs mixtes de détermination de nitrites (NO<sub>2</sub>).

Produit	Quantité
Sulfanilamide	10 g
Acrique	25 ml
Phénylène diamine	0.5 g
H <sub>2</sub> O distillée	250 ml

Tableau 28 : Réactifs de détermination de nitrates.

Produit	Quantité
Solution de salicylate de sodium	0,5%
Solution NaOH	30%
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentré	
Tartrate double de sodium et de potassium	10mg
Tartrate de sodium et de potassium	15g
Eau distillée	250ml
Laisser refroidir avant de compléter	1000ml
Solution mère d'azote d'origine nitrique	1000mg/L
Nitrate de potassium anhydre	0,180g
Eau distillée	1000ml
Chloforme	1ml

Détermination du calcium et de magnésium :

Réactifs

Tableau 29 : Solution d'EDTA

Produit	Quantité
EDTA	093g
Eau distillée	250ml
Solution d'hydroxyde d'ammonium	(NH <sub>4</sub> OH=10,1)
Chlorure d'ammonium(NH <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub> )	17,5g
Eau distillée	250ml

Tableau 30: Réactifs de détermination de sulfates (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)

Produit	Quantité
Solution mère de sulfate	1g/là partir de Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Sulfate de sodium Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1, 10g
Eau distillée	250ml
Solution stabilisante	
Acide chlorhydrique concentré	60mL
Éthanol	200ml
Chlorure de sodium	37,5ml
Glycérol	6, 25ml.
Eau distillée	250ml
Chlorure de baryum	37,5g
Acide chlorhydrique	1,25ml
Eau distillée	250ml

**Tableau 31: Réactifs de Chlorure.**

<b>Produit</b>	<b>Quantité</b>
<b>Solution de nitrate d'argent</b>	<b>0,001N</b>
<b>1,6987g d'AgNO<sub>3</sub></b>	<b>100ml d'eau distillée</b>
<b>Indicateur coloré</b>	<b>K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> à 10%</b>
<b>10g de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	<b>100ml d'eau distillée</b>
<b>Solution de chlorure</b>	<b>71mg/L</b>
<b>0,107g de NH<sub>4</sub>Cl</b>	<b>1000ml d'eau distillée</b>

## Annexes II

Tableau 32: Résultats physico-chimique

Les paramètres	Ph	T °C	CE μS/cm	Ca <sup>+2</sup> mg/L	Mg <sup>+2</sup> mg/L	Na <sup>+</sup> mg/L	So <sup>-2</sup> <sub>4</sub> mg/L	Fer mg/L	HCO <sup>-3</sup> mg/L	Cl <sup>-</sup> mg/L	No <sub>3</sub> mg/L	No <sub>2</sub> mg/L	DCO mg/L	O <sub>2</sub> mg/l
Les sources														
Ain Djreb	6,82	29,4	3160	210,82	34,02	1090	277,8	0,02	268,4	1057,9	0,15	0	4	5,6
Ain Boutellise	6,92	29,5	2720	168,33	19,44	1040	288,11	0,01	317,2	724,2	0,248	0	3,5	5,28
Ain Garwata	6,67	29,5	3380	212,42	41,31	680	587	0,02	103,7	1154,7	0,168	0	8,73	6,06
Ain Oued	6,64	29,5	3450	224,45	44,71	612	535	0,01	109,8	1251,9	0,218	0	2,98	5,93
Hammam 01	6,67	29,5	3340	200,4	38,88	547	650	0	158,6	1095,4	0,107	0	8	6,3
Hammam 02	6,68	29,5	3290	206,81	37,42	575	622	0	122	1106,2	0,062	0	10,09	6,23

Tableau 33: Les normes d'ADE.

Paramètres Organoleptiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Minéralisation Globale	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Couleur	mg/L Echelle Pt	/	200	20	Calcium (Ca <sup>++</sup> )	Mg/L		--	200
Odeur à 25 °C	-	/	20	3	Magnésium (Mg <sup>++</sup> )	Mg/L		--	50
Paramètres Physico-Chimiques	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Dureté totale (TH)	°F		N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Concentration en ions hydrogène	Unité pH		≥ 6,5 et ≤ 9		Sodium (Na <sup>+</sup> )	Mg/L		--	200
Conductivité à 25°C	µS/cm		2800		Potassium (K <sup>+</sup> )	Mg/L		--	--
Température	°C		25	50	Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	Mg/L		600	500
Turbidité	NTU		--		Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Mg/L		400	400
Oxygène dissous	mg/L		30	>70	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Mg/L		50	50
Matières en suspension	mg/L		25	25	Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Mg/L		500	600
Taux De Salinité (TDS)	mg/L		--		Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	°F		--	--
Paramètres de pollution	Unité	Résultat	N.A (E.B)		Paramètres Indésirables	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
			SURF	SOUT				SURF	SOUT
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg/L		4	0.5	<b>Fer</b>	Mg/L		1	0.3
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L		--		Manganese	Mg/L		1	0.5
Phosphore (P)	mg/L		10	5	Paramètres ioniques	Unité	Résultat	N.A (E.B)	
Matières Organiques	mg/L		--					SURF	SOUT
Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	mg/L O <sub>2</sub>	/	7	< 3	Fluorures (F <sup>-</sup> )	Mg/L	/	2	1,5
Demande Chimique en Oxygène (DCO)	mg/L O <sub>2</sub>	/	30	--	Cyanures (CN <sup>-</sup> )	µg/L	/	100	50
Azote Total Kjeldhal (NTK)	mg/L	/	3	1	Bromures (Br <sup>-</sup> )	Mg/L	/	--	--
<b>Observation</b>									

N.A: Norme Algérienne relative au décret exécutif N° 11-219.

E.B : Eau Brute ; SURF : Surface ; SOUT : Souterraine.

REDMI NOTE 8 AI QUAD CAMERA

- **Demande chimie d'Oxygène** (mg O<sub>2</sub>/L)

La demande chimie d'oxygène, est un paramètre qui mesure la **pollution organique** au moyen de l'oxydation chimie par dichromate de potassique en acide sulfurique

(DCO = consommation dans de dichromate potassium pendant 2h au 148°C).

$$2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 + 3C \rightarrow 2K_2SO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 8H_2O + 3CO_2$$


**COMSA** Empresa Constructora

**HYDRO** TRAITEMENT

Figure48: Demande chimie d'Oxygène L'ONA Unité Tissemsilt.