

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE M'SILA

FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES  
DE LA NATURE ET DE LA VIE

N° :



DOMAINE : SCIENCES DE  
LA NATURE ET DE LA VIE  
FILIERE : ECOLOGIE  
OPTION : ECOLOGIE DES  
MILIEUX NATURELS

**Mémoire**

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
Master Académique

Par :

AHMED Manel

BENNAOUI Sarra

REGUIG Sarra

Intitulé

**Contribution de SIG à l'étude de la qualité  
physicochimique et biologique des eaux d'Oued  
Boussaâda.**

Jury :

ZEDAM Abd Elghani

Pr

Université de M'Sila

Président.

KHOUDOUR Djamel

M.C.A

Université de M'Sila

Rapporteur.

SARRI Djamel

M.C.A

Université de M'Sila

Examineur.

Année Universitaire : 2021/2022

## **Remerciement**

D'abord et avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, l'espoir, et a aidé pour mener ce modeste travail.

Ensuite nous tenons à exprimer nos profondes gratitude à la personne qui nous a été pour un énorme soutien : monsieur Khoudour Djamel Docteur au département de biologie, de nous avoir encadré et suivi notre travail de près avec sa rigueur scientifique, sa gentillesse qui m'ont permis de réaliser au mieux ce modeste travail. Trouvez ici l'expression de notre admiration, de notre reconnaissance et de notre respect.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury, Monsieur Zedam Abd Elghani et Monsieur Sarri Djamel qui ont bien voulu accepter l'étude et la discussion de cet ouvrage afin de l'évaluer et d'en corriger les erreurs et les lacunes.

En fin de compte, nous remercions les professeurs de la Faculté des sciences et tous nos enseignants nous ont favorisés tout au long de notre parcours académique.

# Sommaire

|  |    |
|--|----|
| Liste des abréviations                                     |    |
| Liste des figures  |    |
| Liste des tableaux   |    |
| Chapitre I. Synthèse bibliographique                       | 14 |
| I.1. Système d'Information Géographique                    | 14 |
| I.1.1. Généralité  | 14 |
| I.1.2. Pourquoi la géographie ?                            | 14 |
| I.1.3. Géomatique  | 14 |
| I.1.4. L'information géographique                          | 15 |
| I.1.4.1. Définition  | 15 |
| I.1.4.2. Les composants de l'information géographique      | 16 |
| I.1.4.3. La représentation de l'information géographique   | 16 |
| I.1.4.4. Classification des informations géographiques     | 16 |
| I.1.4.5. Dualité Raster-Vecteur                            | 17 |
| I.1.4.6. Caractéristiques de l'information géographique    | 20 |
| I.1.5. Notion du système d'information                     | 20 |
| I.1.6. Système d'information géographique (SIG)            | 21 |
| I.1.7. Historique du SIG                                   | 21 |
| I.1.8. Les composantes d'un SIG                            | 23 |
| I.1.9. Les fonctionnalités du S.I.G                        | 24 |
| I.1.10. Le rôle des SIG                                    | 25 |
| I.1.11. Domaine d'application                              | 25 |
| I.1.12. Présentation des principaux logiciels de SIG       | 26 |
| I.1.12.1. Logiciels en mode Vectoriel                      | 26 |
| I.1.12.2. Logiciels en mode RASTER                         | 28 |
| I.2. Qualité des eaux                                      | 28 |
| I.2.1. Eaux de surface                                     | 28 |
| I.2.2. Paramètres de la qualité des eaux superficielles    | 28 |
| I.2.2.1. Les paramètres physico-chimiques                  | 29 |
| I.2.2.1.1. Température (T. °C)                             | 29 |
| I.2.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)                      | 29 |
| I.2.2.1.3. Conductivité électrique(CE)                     | 29 |
| I.2.2.1.6. Oxygène dissous (OD)                            | 30 |
| I.2.2.1.4. Matière en suspension                           | 30 |
| I.2.2.1.5. Résidu sec                                      | 30 |
| I.2.2.1.7. Nitrites (NO <sub>2</sub> )                     | 30 |
| I.2.2.1.8. Nitrates (NO <sub>3</sub> )                     | 31 |
| I.2.2.1.9. Le calcium (Ca <sup>2+</sup> )                  | 31 |
| I.2.2.1.10. Le magnésium (Mg <sup>2+</sup> )               | 31 |
| I.2.2.1.11. Les sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )  | 31 |
| I.2.2.1.12. Le chlorure (Cl <sup>-</sup> )                 | 31 |
| I.2.2.2. Les paramètres biologiques                        | 31 |
| I.2.3. Norme et classes de qualité des eaux superficielles | 33 |
| Chapitre II. Description de la zone d'étude                | 36 |
| II.1. Présentation de la zone d'étude                      | 36 |

|  |    |
|--|----|
| II.1.1. L'importance d'oued Boussaâda.....   | 36 |
| II.1.2. Situation géographique .....   | 36 |
| II.1.3. Géologie et géomorphologie.....  | 38 |
| II.1.4. Pédologie.....   | 39 |
| II.1.5. Couvert végétal .....  | 40 |
| II.1.6. Hydrologie .....   | 41 |
| II.1.7. Climat .....   | 42 |
| II.1.7.1. L'origine des données climatiques .....  | 42 |
| II.1.7.2. La température .....   | 43 |
| II.1.7.3. La vitesse du vent .....   | 43 |
| II.1.7.4. Les précipitations .....   | 44 |
| II.1.7.5. Synthèse climatique .....  | 45 |
| II.1.7.5.1. Diagramme ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN .....   | 45 |
| II.1.7.5.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGE .....  | 46 |
| Chapitre III. Matériels et approche méthodologique.....  | 49 |
| III.1. Collecte des données .....  | 49 |
| III.1.1. Echantillonnage.....  | 49 |
| III.1.1.1. Prélèvement des échantillons .....  | 49 |
| III.1.1.2. Conservation des échantillons.....  | 49 |
| III.1.2. Localisation des sites du prélèvement .....   | 50 |
| III.2. Technique d'analyse de l'eau.....   | 51 |
| III.2.1. Les paramètres physico chimique .....   | 51 |
| III.2.1.1. Mesure sur terrains (in situ) .....   | 51 |
| a) La température.....   | 51 |
| b) Le potentiel d'hydrogène (pH) .....   | 51 |
| c) La conductivité électrique (CE) .....   | 52 |
| d) L'oxygène dissous.....  | 52 |
| III.2.1.2. Analyse et dosage au laboratoire .....  | 52 |
| a) Matières en suspension .....  | 52 |
| b) Le Résidu sec.....  | 52 |
| c) Le Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....   | 52 |
| d) Le Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....  | 53 |
| e) Le calcium (Ca <sup>++</sup> ) .....  | 53 |
| f) Le magnésium (Mg <sup>++</sup> ).....   | 53 |
| h) Les sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ).....  | 54 |
| III.2.2. Les Paramètres biologiques .....  | 54 |
| III.2.2.1. Les paramètres bactériologiques .....   | 54 |
| a) Recherche et dénombrement des coliformes et d'Escherichia-coli.....   | 54 |
| b) Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux.....   | 55 |
| c) Recherche de Salmonella .....   | 56 |
| III.2.2.2. Les algues.....   | 57 |
| III.4. Origine des données .....   | 57 |
| III.5. Les outils utilisés .....   | 59 |
| III.6. Méthode de traitement .....   | 59 |
| Chapitre IV. Mise en place d'un système d'information géo-graphique (base de données a référence spatiale) pour l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda..... | 61 |
| IV.1. Utilité d'un SIG dans l'étude de qualité physicochimique et biologique d'Oued Boussaâda : .....  | 61 |
| IV.2. Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale .....  | 63 |

|  |    |
|--|----|
| IV.2.1. Structuration des données .....  | 63 |
| IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques .....   | 63 |
| IV.2.1.2. L'implantation des données structurées dans un système informatique .....                                    | 66 |
| IV.2.2. Le travail sous environnement SIG : Intégration des données géographiques et traitement de l'information ..... | 66 |
| V. Résultats et discussion .....   | 69 |
| V.1. La température : .....  | 69 |
| V.2. Le PH : .....   | 70 |
| V.3. Conductivité électrique : .....   | 70 |
| V.4. Résidu sec : .....  | 71 |
| V.5. Oxygène dissous : .....   | 72 |
| V.6. Matières en suspension : .....  | 73 |
| V.7. Le Calcium : .....  | 74 |
| V.8. Le magnésium : .....  | 75 |
| V.9. Les sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) : .....  | 76 |
| V.10. Les chlorures (Cl <sup>-</sup> ) : .....   | 77 |
| V.11. Les nitrates (NO <sub>3</sub> ) : .....  | 78 |
| V.12. Les nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) : .....   | 79 |
| V.13. Les coliformes totaux et les colibacilles : .....  | 80 |
| V.14. Les streptocoques (famille D) : .....  | 81 |
| V.15. Recherche des salmonelles : .....  | 82 |
| V.16. Les algues : .....   | 82 |
| Conclusion   |    |
| Références bibliographiques  |    |
| Annexes  |    |

## Liste des abréviations

|                                    |   |  |
|------------------------------------|---|--|
| <b>ABH</b>                         | : | Agence de Bassin Hydrographique                            |
| <b>Abs</b>                         | : | Absent   |
| <b>ANRH</b>                        | : | Agence Nationale des Ressources Hydrauliques               |
| <b>BCPL</b>                        | : | Bouillon Lactosé au Bromo Crésol                           |
| <b>Ca<sup>2+</sup></b>             | : | Calcium  |
| <b>CE</b>                          | : | conductivité électrique                                    |
| <b>CF</b>                          | : | Coliformes fécaux  |
| <b>Cl<sup>-</sup></b>              | : | Chlorure   |
| <b>CT</b>                          | : | Coliformes totaux  |
| <b>EDTA</b>                        | : | Ethylène diamine tétracétique                              |
| <b>MES</b>                         | : | Matières En Suspension                                     |
| <b>Mg<sup>2+</sup></b>             | : | Magnésium  |
| <b>MNT</b>                         | : | modèle numériques de terrain                               |
| <b>OD</b>                          | : | oxygène dissous  |
| <b>O.M.S</b>                       | : | Organisation Mondiale de la santé                          |
| <b>pH</b>                          | : | Potentiel d'hydrogène                                      |
| <b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b> | : | phosphate  |
| <b>Rs</b>                          | : | Résidus sec  |
| <b>SEQ</b>                         | : | Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles |
| <b>SF</b>                          | : | Streptocoques fécaux                                       |
| <b>SGBD</b>                        | : | Système de Gestion de Base de Données                      |
| <b>SGBDR</b>                       | : | Systèmes De Gestion de Base De Données Relationnelles      |

|                                    |   |                                    |
|------------------------------------|---|------------------------------------|
| <b>SIG</b>                         | : | Système d'information géographique |
| <b>SQL</b>                         | : | Structured Query Language          |
| <b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b> | : | Sulfate                            |
| <b>T</b>                           | : | Température                        |
| <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>  | : | Nitrate                            |
| <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>  | : | Nitrite                            |
| <b>°C</b>                          | : | Degré Celsius.                     |
| <b>ml</b>                          | : | millilitre                         |
| <b>l</b>                           | : | litre                              |
| <b>Km</b>                          | : | Kilomètre                          |
| <b>et al</b>                       | : | et collaborateurs                  |

## Liste des figures :

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Fig I 1. Exemples d'images raster (COLLET. C, 1992) .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>Fig I 2. Principe d'une image raster (FRANÇOIS. D, 2004). .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>Fig I 3. Les primitives géométriques du mode vecteur (COLLET. C, 1992).....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>Fig I 4. Avantages respectifs de chaque mode de représentation (FRANÇOIS, D. 2004).....</b>                      | <b>18</b> |
| <b>Fig I 5. La superposition de données de couches différentes (REGIS et CALOZ, 2011) .....</b>                     | <b>19</b> |
| <b>Fig I 6. Composants d'un Système d'Information Géographique. ....</b>  | <b>24</b> |
|   |           |
| <b>Fig II 1. Localisation de Sous-bassin versant d'Oued Boussaâda .....</b>   | <b>37</b> |
| <b>Fig II 2. La ville de Boussaâda (Kadiri ,2005).....</b>  | <b>38</b> |
| <b>Fig II 3. Géologie de la région du Hodna. D'après Houerou et Claudin 1972. ....</b>                              | <b>39</b> |
| <b>Fig II 4. Carte pédologique de la zone d'étude (source : Kaabache, 1990).....</b>                                | <b>40</b> |
| <b>Fig II 5. Couvert végétale de zone Boussaâda, (source : conservation des forêts de M'Sila, 2018).<br/>.....</b>  | <b>41</b> |
| <b>Fig II 6. Réseau hydrographique de BV - Boussaâda (Ameur et al, 2020).....</b>                                   | <b>42</b> |
| <b>Fig II 7. Variations des températures moyennes mensuelles de la région de Boussaâda (2011-<br/>2021). ....</b>   | <b>43</b> |
| <b>Fig II 8. Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Boussaâda (2011-<br/>2021). ....</b> | <b>44</b> |
| <b>Fig II 9. Variation des précipitations mensuelles des années de la région de Boussaâda.....</b>                  | <b>45</b> |
| <b>Fig II 10. Diagramme Ombrothermique de la région de Boussaâda (2011-2021). ....</b>                              | <b>46</b> |
| <b>Fig II 11. Positionnement de la région de Boussaâda dans le climagramme d'Emberger. ....</b>                     | <b>47</b> |
|   |           |
| <b>Fig III 1. Localisation des stations étudiées. ....</b>  | <b>51</b> |
|   |           |
| <b>Fig IV 1. Base de données géographiques BDG (Ider, 2004). ....</b>   | <b>64</b> |
| <b>Fig IV 2. MBDG – Présentation de Sous-bassin versant d'Oued Boussaâda.....</b>                                   | <b>65</b> |
| <b>Fig IV 3. MBDG – Distribution des stations/sites/le long d'Oued Boussaâda.....</b>                               | <b>65</b> |
|   |           |
| <b>Fig V 1. Variations de la température des eaux des stations d'étude.....</b>                                     | <b>69</b> |
| <b>Fig V 2. Variations du potentiel d'hydrogène (pH) des eaux des stations d'étude .....</b>                        | <b>70</b> |
| <b>Fig V 3. Variations de la conductivité électrique (CE) des eaux des stations d'étude.....</b>                    | <b>71</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Fig V 4. Variations des résidus secs (RS) des eaux des stations d'étude.....</b>                       | <b>72</b> |
| <b>Fig V 5. Variations de l'oxygène dissous (OD) des eaux des stations d'étude.....</b>                   | <b>73</b> |
| <b>Fig V 6. Variations des matières en suspension (MES) des eaux des stations d'étude .....</b>           | <b>74</b> |
| <b>Fig V 7. Variations du calcium (Ca<sup>++</sup>) des eaux des stations d'étude .....</b>               | <b>75</b> |
| <b>Fig V 8. Variations du magnésium (Mg<sup>++</sup>) des eaux des stations d'étude .....</b>             | <b>76</b> |
| <b>Fig V 9. Variations du sulfate (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) des eaux des stations d'étude .....</b>    | <b>77</b> |
| <b>Fig V 10. Variations des chlorures (Cl<sup>-</sup>) des eaux des stations d'étude .....</b>            | <b>78</b> |
| <b>Fig V 11. Variations des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) des eaux des stations d'étude .....</b> | <b>79</b> |
| <b>Fig V 12. Variations des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) des eaux des stations d'étude.....</b>  | <b>79</b> |
| <b>Fig V 13. Variations du coliforme des eaux des stations d'étude .....</b>                              | <b>80</b> |
| <b>Fig V 14. Variations des colibacilles des eaux des stations d'étude.....</b>                           | <b>81</b> |
| <b>Fig V 15. Variations des streptocoques (famille D) des eaux des stations d'étude.....</b>              | <b>81</b> |

## **Liste Des Tableaux :**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tableau I 1. Principal étape historique de l'évolution des SIG (Régis Caloz <i>et al.</i>, 2011) : .....</b>  | <b>21</b> |
| <b>Tableau I 2. Normes OMS et Algériennes des paramètres physico-chimiques pour les eaux de surface : .....</b>  | <b>33</b> |
| <b>Tableau I 3. Grille multi usages d'appréciation globale de la qualité des cours d'eau, selon les normes françaises (Agoune et safer, 2007). .....</b> | <b>34</b> |
| <br>   |           |
| <b>Tableau II 1. Températures mensuelles T (°c) des années (2011-2021) .....</b>   | <b>43</b> |
| <b>Tableau II 2. précipitations mensuelles des années (2011-2021) de la région de Boussaâda .....</b>  | <b>44</b> |
| <b>Tableau II 3. Valeur de quotient pluviothermique et l'ambiance bioclimatique de la région de Boussaâda. ....</b>                                      | <b>46</b> |
| <br>   |           |
| <b>Tableau III 1. Les coordonnées géographiques des stations étudiées (source : Sasoui <i>et al.</i>, 2017) .....</b>                                    | <b>50</b> |
| <b>Tableau III 2. Les résultats des analyses des paramètres physico chimiques et biologiques d'Oued Boussaâda. ....</b>                                  | <b>58</b> |

# Introduction

L'eau est l'un des éléments naturels vitaux les plus importants, couvrant plus de 70% de la surface de la terre, car sa rareté ou sa pollution est l'un des problèmes environnementaux les plus importants.

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines, des eaux de mer et des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières, Vallées). Nous mentionnons la vallée de Boussaâda, qui occupe une place importante dans le Chott El-Hodna et dans sous bassin versant de Boussaâda.

La qualité de l'eau est souvent compromise par des facteurs environnementaux naturels ou les activités humaines, ce qui constitue une menace pour les organismes vivants en particulier et pour toutes les formes de vie en général.

La pollution de l'eau comprend tous les changements dans ses propriétés physiques, chimiques et biologiques, ce qui la rend inappropriée pour toutes les utilisations, Afin de déterminer le degré de pollution de l'eau, les caractéristiques ci-dessus doivent être étudiées.

À l'heure actuelle, la pression sur les ressources naturelles (notamment l'eau) et sur la façon dont elles sont gérées est de plus en plus forte, car les questions de gestion sont devenues plus complexes en raison de leur utilisation élevée et des conséquences d'utilisations irrationnelles, ce qui entraîne la nécessité d'analyser, de réglementer, de relier et de prendre des décisions appropriées qui sont disponibles dans les SIG, qui ont émergé dans les années 1960 au Canada et aux États-Unis, où ils ont depuis été considérés comme le moyen de prise de décision le plus efficace. Là où l'économiste Didier le connaissait " un SIG est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision".

L'objectif principal de notre travail est d'étudier la qualité de l'eau physico-chimique et biologique avec la contribution des SIG.

Le contenu de cette étude s'articule en cinq chapitres :

Le premier chapitre de ce travail présente la synthèse bibliographique, nous avons jugé utile de rappeler quelques généralités sur les paramètres physico- chimique et biologique de l'eau et les normes de la qualité, En outre, les concepts SIG de base ont été abordés.

Le deuxième chapitre consacré à la présentation de la zone d'étude.

Le troisième présente les méthodes d'analyse physico-chimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda et les résultats des analyses, Ainsi que les méthodes les plus importantes du traitement par SIG.

Le quatrième chapitre est consacré à la mise en place d'une base de données géographique pour l'étude de la qualité des eaux d'Oued Boussaâda.

En fin, un dernier chapitre est consacré aux résultats obtenus et les discussions.



# Chapitre I

## **Synthèse bibliographique**

# Chapitre I. Synthèse bibliographique

## I.1. Système d'Information Géographique

### I.1.1. Généralité

Parce que des défis majeurs auxquels doit faire face l'humanité toute entière sont étroitement liés à la géographie, les SIG revêtent une importance capitale dans la quête de solutions à leur apporter. Qu'il s'agisse de santé publique, de démographie ou encore d'environnement, un système d'information géographique constitue un outil performant capable d'apporter de vraies réponses à ces enjeux.

Avec la multitude de possibilités qu'il offre en termes de bases de données, il est en mesure de jouer un rôle prépondérant dans une variété de domaines. On retrouve parmi les secteurs qui peuvent profiter de sa puissance, l'organisation du territoire, le suivi des véhicules en temps réel, la recherche, l'étude de l'impact d'une construction, la protection civile, la gestion de réseaux et bien plus encore, le succès des systèmes d'information géographiques dans ces divers secteurs fait accroître un peu plus le nombre d'utilisateurs potentiels : écoles, collectivités territoriales, entreprises ou encore administrations.

### I.1.2. Pourquoi la géographie ?

La géographie, en raison de son ancienneté et donc de son long rapport à la présence des hommes dans le territoire, est porteuse d'une part de la logique du monde (car une part de la logique du monde est inscrite dans la logique de nos discours géographiques sur le monde). Elle est aussi porteuse d'un renouvellement de l'ontologie et donc d'une meilleure définition de la place de l'homme dans le monde (car une part de la sagesse des hommes compose ce qu'il est légitime de désigner comme contrat géographique) (Bade *et al.*, 2004).

### I.1.3. Géomatique

La géomatique est une science de l'acquisition, du traitement et de la diffusion des données à référence spatiale. Elle vise à produire une chaîne numérique continue de la production de données sur le territoire à l'aide de la topométrie, la photogrammétrie, la géodésie, le positionnement par satellite, la télédétection, les systèmes d'information géographique et la cartographie. (Garef, 1975).

La géomatique, c'est le portrait de la réalité de haute précision à partir de ce plan de base on peut travailler sur les projets, et essayer de corriger les erreurs du passé, c'est le portrait exact

du territoire avec toutes les informations nécessaires (Roche, 2000).

L'utilisation généralisée des ordinateurs personnels, qui sont de plus en plus puissants et conviviaux, est à l'origine du foisonnement de logiciels de traitement des données à référence spatiale. Entre autres, on en arrive à pouvoir traiter simultanément et de façon automatisée l'ensemble des données à référence spatiale d'un territoire, dont celles provenant de la télédétection. Cette approche est maintenant désignée sous terme de géomatique (Provencher et Dubois, 2007).

La géomatique désigne l'ensemble des utilisations techniques de l'informatique en géographie : les outils et méthodes d'observation et de représentation des données géographiques, ainsi que la transformation de ces mesures en informations utiles à la société (Nova, 2009).

La géomatique a pour objet la gestion de données à référence spatiale et fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage et leur traitement. Le nom «géomatique », proposé en 1968 par le géomètre français Bernard Dubuisson (Guegan et Choisy, 2009), provient de la contraction de « géographie » et « informatique », mais les disciplines recouvertes par ce terme incluent aussi la cartographie, la géodésie, la topographie, le positionnement par satellite et le traitement d'images numériques. Les systèmes d'information géographique (S.I.G), qui sont des systèmes informatiques permettant l'intégration, la gestion et l'analyse de données géographiques, constituent l'outil de base du géomaticien, spécialiste de la géomatique.

## **I.1.4. L'information géographique**

### **I.1.4.1. Définition**

L'information géographique est composée d'informations géométrique, descriptive et topologique. Elle constitue une interprétation, ou plutôt, comme le dirait Patricia Bordin (2002), une schématisation du monde réel. L'information géographique donne une description des objets et phénomènes localisés par rapport à un référentiel sur la terre.

L'information géographique (d'après Denegre) est définie comme une information relative à un objet ou à un phénomène du monde terrestre, décrit plus ou moins complètement par :

- sa nature, son aspect, ses caractéristiques diverses
- son positionnement sur la surface terrestre

Les aspects qualitatifs déterminent l'essentiel des possibilités d'un système d'information, la quantité des informations se définit au travers de trois critères. Elle peut se formaliser aisément dans le

référentiel à trois dimensions ci-dessous. Une fois définis ces critères, il reste à mettre en place une chaîne de collecte, de traitement et de représentation (Brocard et *al.*, 1996)

Représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné (Roche, 2000), L'information géographique est caractérisée par une composante purement spatiale et une composante sémantique (François, 2004).

#### **I.1.4.2. Les composants de l'information géographique**

L'information géographique a une double composante :

- ✓ **Une composante graphique :**
  - description de la forme de l'objet géographique.
  - et sa localisation dans un référentiel cartographique.
- ✓ **Une composante attributaire :**
  - caractéristiques décrivant l'objet (description géométriques, caractéristiques thématiques).

#### **I.1.4.3. La représentation de l'information géographique**

#### **I.1.4.4. Classification des informations géographiques**

Toute tentative de classification des informations nous conduit à une représentation dans un système quadripolaire comprenant :

- Les informations dites « topographiques », comme les cartes de base, les plans cadastraux, ...etc. ;
- Les informations dites « thématiques », comme les plans de secteur, les plans d'aménagement, les cartes pédologiques, géologiques, ...etc. ;
- Les informations dites « modèle numériques », comme les modèles numériques de terrain (MNT) ;
- Les informations dites « images », comme les ortho-photos numériques, les données satellitaires fournies par « Landsat » ou « Spot » par exemple :

Dans un environnement informatique graphique, l'unité formelle de ces quatre pôles prend un format bipolaire dite la « Dualité Raster -Vecteur ».

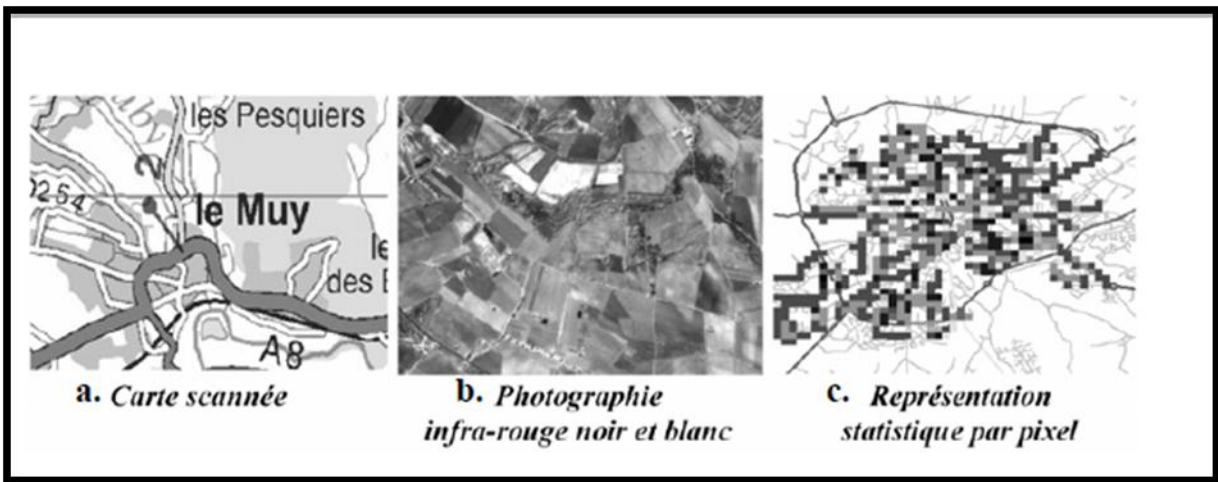
- Le domaine vectoriel recouvre les informations « topographique », « thématique » et « modèles numériques » ;
- Le domaine Raster (image numérique) recouvre les informations « topographiques », « thématiques » et « image ». Il comprend à la fois des données à traiter qualitativement (photos, pour certaines applications) et quantitativement (images classées, cartes thématiques)

**I.1.4.5. Dualité Raster-Vecteur**

L'information géographique est représentée à travers deux types de modèles ou structures de données : les modèles vectoriel et matriciel (Rigaux *et al.*, 2001). Le choix dépend de la nature des données géographiques et de leur utilisation (Couclelis, 1992).

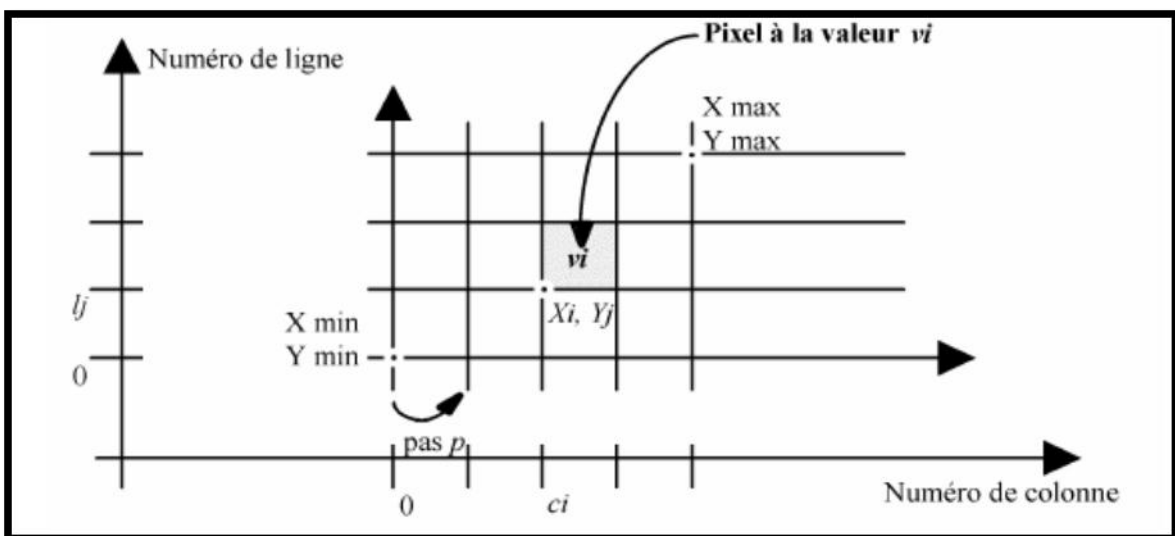
► **Mode raster**

Le mode Raster représente l'espace étudié par une grille régulière de cellules pour former une image constituée des lignes et des colonnes, le mode Raster que (Collet, 1992) propose de nommer en français mode image, consiste à poser sur la carte à saisir une grille à mailles petites et carrées puis à enregistrer sous forme matricielle la nature du sol dans chaque surface élémentaire.



**Fig I 1. Exemples d'images raster (Collet, 1992)**

Le mode raster, aussi appelé matriciel, décompose l'image sous forme d'une matrice ou d'une grille et associe une valeur à chaque carré élémentaire – pixel.



**Fig I 2. Principe d'une image raster (François, 2004).**

► **Le mode vecteur**

Alors que le mode raster utilise une grille pour décomposer la représentation en cellules

élémentaires, le mode vecteur la décompose en ses éléments constitutants. Pour les expliciter, il s'appuie sur trois primitives géométriques : le point, la polyligne et le polygone (Patricia Bordin 2006).





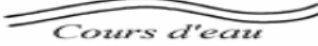

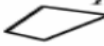


| Exemples  | Information géographique | Traduction en mode vecteur  |
|---|--------------------------|---|
|  <i>Maison</i><br> <i>Château d'eau</i> | ponctuelles              |  |
|  <i>Route</i><br> <i>Cours d'eau</i>    | linéaires                |  |
|  <i>Parcelle</i><br> <i>Commune</i>     | surfâciques              |  |

Fig I 3. Les primitives géométriques du mode vecteur (Collet, 1992).

Comme le souligne certains auteurs (Couclelis, 1992 et Bonin, 2002) Il existe des rapprochements possibles entre les modèles de structuration de l'information géographique d'une part et leurs modes de représentation en données d'autre :

- le mode vecteur qui associe à chaque information géographique une composante géométrique géo référencée et une composante sémantique est proche du modèle objet ;
- le mode raster qui attribue la valeur d'une variable descriptive en chaque point (défini par un pixel) de l'espace, est proche du modèle par champ. Ainsi, certains considèrent que le mode raster est un modèle par champ discret.

Les deux modes de représentation des données géographiques sont complémentaires. Ils ont des qualités et des utilisations différentes. Certaines sont résumées dans la figure

| Mode vecteur                                | Mode raster                             |
|---|---|
| Volume de stockage compact                  | Volume de stockage important            |
| Structure de données complexe               | Structure de données simple             |
| Mise en œuvre facile de la topologie        | Mise en œuvre difficile de la topologie |
| « Saisie » possible des objets              | On ne «saisit » que des pixels          |
| Ne contient que les informations spécifiées | Exhaustivité des photographies raster   |
| Collecte des informations de mise à jour    | Rapidité de la mise à jour              |
| Croisement thématique plus complexe         | Croisement thématique simple            |

Fig I 4. Avantages respectifs de chaque mode de représentation (François, 2004).

Ces deux représentations exigent des moyens d'acquisition des données bien distincts. On peut citer les moyens suivants :

✓ **En vectoriel :**

- Table de numérisation ;

- Restituteurs analytiques ;
- Logiciels de vectorisation d'une image Raster.

✓ **En matriciel :**

- Caméras métriques fournissant les photos à numériser ;
- Scanner (multi spectral digital, ...etc.) ;
- Caméra vidéo à sortie numérique ;
- Logiciels de Rastring à partir d'une base vectorielle. (Youcef, 2019)

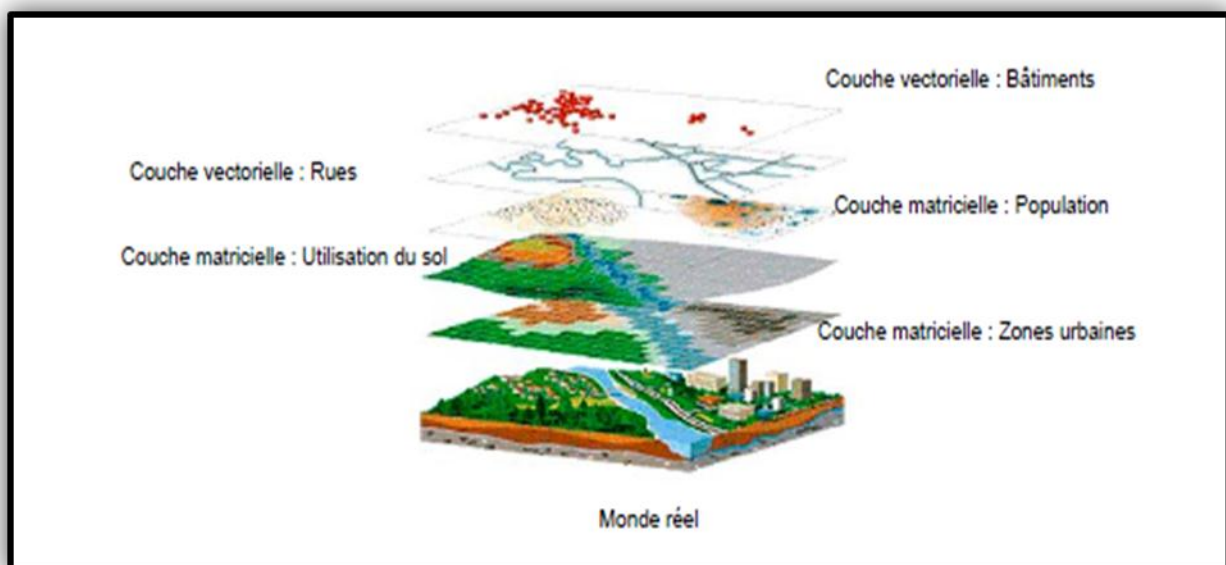
\*La dualité Raster –vecteur modifie considérablement le paysage de l'information géographique en créant un système fermé. Cette possibilité est un élément essentiel à une cartogénèse car il permet de reproduire, par des algorithmes précis, différents documents intermédiaires évitant ainsi la création de redondances.

\*La dualité Raster – vecteur permet une articulation entre deux logiques : une logique locale pour les vecteurs et une logique globale pour les images numériques.

\*Elle conduit à une extension du concept S.I.G vers une intégration des données adaptée à :

- La transformation de données d'origines différentes, de natures différentes.
- La mise à jour de données sous différentes formes.
- L'extraction d'information.
- La gestion cohérence d'un ensemble de multicouches de données en évitant les redondances.
- La superposition (ou croisement) de données de couches différentes.
- La base de données qui est le moteur central de ce système, est un outil d'aide à l'organisation et à l'interrogation. Le croisement peut être réalisé sous forme vectorielle ou Raster.

Cette structuration rend ces informations superposables, compatibles, combinables et par conséquent analysables (Bimonte, 2007).



**Fig I 5. La superposition de données de couches différentes (Regis et Caloz, 2011)**

Les deux démarches sont complémentaires, offrant une plus grande souplesse de traitement, et mieux adaptées à la recherche d'une solution bien spécifique.

Le croisement doit être considéré comme une technique générale incluant :

- Les algorithmes de classification (télédétection).
- La théorie de morphologie mathématique.

Et combinant des données vectorielles et Raster via des tables de décision appliquées à des domaines thématiques et paramétriques.

#### **I.1.4.6. Caractéristiques de l'information géographique**

Il y a plusieurs types d'objets géographiques. Pour (Bailly *et al.*, 1991) et (Hervé Gumuchian *et al.*, 2000), l'individu statistique en géographie peut être :

- Une unité spatiale provenant du découpage d'un espace continu. Ce découpage spatial peut être administratif, politique ou correspondre à une réalité physique (bassin versant, vallée, plaine, etc.).
- Une entité ou un objet dans l'espace : cela peut être un ménage, une entreprise ou une exploitation agricole ou, à une autre échelle géographique, l'îlot, le quartier, la ville, etc.
- Un flux ou un échange entre deux lieux géographiques. Ce flux peut être un flux migratoire, des flux de marchandises, d'informations, etc. Géométriquement, cette information peut être :
  - 1. Ponctuelle** : un sujet ou un objet localisé dans l'espace.
  - 2. Linéaire** : un flux, un réseau entre deux ou plusieurs points.

#### **I.1.5. Notion du système d'information**

Le système d'information est un ensemble de moyens matériels et humains organisés permettant la collecte, le traitement et la diffusion des informations. Ce système n'est que l'un des éléments permettant à l'entreprise de mener à bien sa mission. Il est nécessaire, afin de coordonner les activités de tous les éléments, de stocker les informations nécessaires à chacun et de préparer ainsi la prise de décision (Aldosa *et al.*, 2003) ;

Le système d'information servira à recueillir et à préserver les données, à effectuer des traitements sur celles-ci, et à diffuser les résultats aux systèmes de pilotage et opérant (Bigand *et al.*, 2006)

### I.1.6. Système d'information géographique (SIG)

1) **La définition de l'économiste Didier (1990)** « Un SIG est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision ».

2) **Selon le Comité Fédéral de Coordination Inter-agences pour la Cartographie Numérique aux États-Unis (1988)** « Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçu pour permettre : la collection, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation, l'affichage des données à référence spatiale, afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ».

3) **Selon la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection :** « Un SIG est un système informatique qui permet à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace ».

4) **Selon Konecny (2003)** « Un SIG, dans une définition étroite, est un système informatique pour la saisie, la manipulation, le stockage et la visualisation des données spatiales numériques. Dans une définition plus large, il est un système numérique d'acquisition, de gestion, d'analyse, de modélisation et de visualisation de données spatiales aux fins de la planification, l'administration et le contrôle de l'environnement naturel et aux applications socio- économiques ».

### I.1.7. Historique du SIG

Tableau I 1. Principal étape historique de l'évolution des SIG (Régis Caloz *et al.*, 2011) :

| Période   | Evolution de SIG  | Développements informatique  |
|-----------|---|--|
| 1960      | SIG a commencé à développer dans le milieu des années 1960 et est né en 1963, propose par le topographe canadien R.F.Tomlinson                  | Le niveau du développement d'informatique était limitée, capacité de stockage est faible, l'information pertinente n'est pas exhaustive. Mais ce stade, les nombreux organismes de recherche du SIG ont émergé, promeuvent le développement du SIG |
| 1970-1980 | Formation de la théorie des bases de données relationnelles par E.G Codd [1970] développement de système de base de données relationnelles pour | Ordinateur centraux<br>Machine à dessiner basée sur traceurs à plume<br>Important matricielle dont les tons de   |

|                       |  |   |
|-----------------------|--|---|
|                       | <p>gestion des salariés, du personnel, de stocke de marchandises ...etc.</p> <p>Méthode MRESES (Collongues, 1991) pour la conception et la mise en œuvre de base de données en entreprise et administration publique.</p>  | <p>gris sont produits en augmentant la densité de caractères.</p>   |
| <b>1980-1990</b>      | <p>Mise sur le marché de Premiers logiciels dite de SIG par les géographes basé sur le mode image et de STT (systèmes d'information de territoires) pour la création et la gestion de cadastre foncier par les ingénieurs-géomètres notamment :</p> <p>On mode objet (vecteur)<br/>-arc Info, système 9...etc</p> <p>En mode image (rester)<br/>-IDRISI, GRASS , P_MAP.</p> <p>Pour suite Développement Des Systèmes De Base De Données Relationnelles (SGBDR) publication du livre <i>Geographical Information System</i> (Burrough, 1987) .</p> <p>Mars 1987 premier parution de la revue : <i>Geographical Information System</i></p> | <p>Cartographie numérique Editeur graphique et imprimante atteignent une excellente qualité</p> <p>Formulation d'une structure permettant la gestion de la topologie de manière informatique (Peucker et al., 1975).</p> <p>Début 1980, mise sur le marché des "mini ordinateurs". Permettant une décentralisation des moyens informatique dans institutions et des " micro-ordinateurs " où les ordinateurs personnels (PC).</p> |
|                       | <p>Naissance du concept actuel de SIG intégrant la trilogie : mode image, mode vecteur et base de données relationnelle</p>  |   |
| <b>Début 1990</b>     | <p>Mise en commun des informations en réseau « intranet »</p> <p>Première mise en œuvre d'internet</p>   | <p>Développement de la puissance des processeurs selon la loi de Moore 1965 (le nombre de transistors intégrés dans un processeur double tous les deux ans)</p>   |
| <b>1990-2000-2010</b> | <p>Le concept de système d'information géographique devient science de</p>   | <p>Popularisation d'internet.</p> <p>Développement et diffusion des</p>   |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| d'information géographique (Goodchild, 1992)<br>Mise sur le marché le logiciel SIG à faible cout (p.e.manifold). | ordinateurs portable. |
|--|-----------------------|

### I.1.8. Les composantes d'un SIG

Selon ESRI France (2018) un Système d'Information Géographique est composé de **(Fig.I.6)**

- Matériel informatique (hardware)

Les SIG marchent sur une très grande panoplie d'ordinateurs (pc de bureaux raccordés en réseau ou exploités de manière autonome).

- Logiciels (software)

Les logiciels de SIG offrent les outils nécessaires pour sauvegarder, examiner et visualiser l'information géographique.

- Données (Information Géographique)

Les données constituent la composante maîtresse des SIG.

L'information géographique peut, soit être constituée en interne, soit acquise auprès de producteurs de données.

- Personnel formé

Un SIG étant avant tout un outil, donc c'est à l'utilisateur « expert en SIG » de l'exploiter. Il faut signaler que les SIG sont élaborés d'une manière qui leurs permettent d'être manipulés par plusieurs types d'utilisateurs, depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux utilisateurs de logiciel pour le traitement de l'information géographique. Actuellement, grâce à l'accession des SIG sur Internet, le nombre d'utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante.

- Méthodes

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

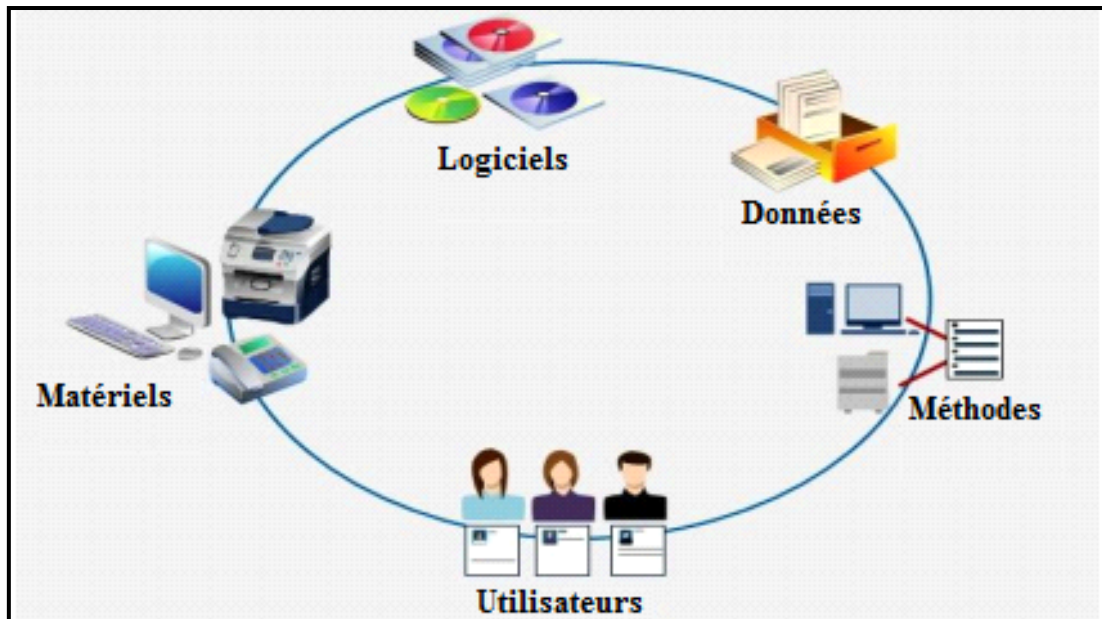


Fig I 6. Composants d'un Système d'Information Géographique.

### I.1.9. Les fonctionnalités du S.I.G

Le S.I.G offre cinq fonctionnalités, plus connues sous le terme des « 5A » (Abstraction, Archivage, Analyse, Affichage et Acquisition) (Denegre et Salge, 1996).

Selon ESRI France (2019) un Système d'Information Géographique est Fonctionnée par :

- Cartographie et Visualisation : Comprendre les localisations et les relations spatiales avec des cartes et des représentations visuelles.
- Gérer : Recueillir, organiser et maintenir une description précise et géographique des biens et ressources.
- Permettre la Mobilité : Gérer et équiper des collaborateurs nomades pour recueillir et accéder à de l'information sur le terrain.
- Superviser : Suivre, gérer et superviser des biens et ressources en temps réel.
- Impliquer : Communiquer et collaborer avec les citoyens et les communautés d'intérêt.
- Partager et collaborer ; Donner les moyens à chacun de facilement découvrir, utiliser, créer et partager de l'information géographique.
- Analyser : Découvrir, mesurer et prévoir les tendances et évolutions pour améliorer et optimiser.
- Concevoir et planifier : Evaluer des solutions alternatives et imaginer les meilleurs projets.
- Décider : Obtenir une parfaite connaissance de la situation et prendre des décisions basées sur l'information.

### I.1.10. Le rôle des SIG

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives graphiques (vecteur) ou des maillages (raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle (Hamenni, 2011).

Organisation des données descriptives et des données géométriques « acquisition, archivage, analyse, affichage, abstraction » (I.A.A.T, 2003) :

- ❖ Acquérir revient à alimenter le SIG en données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations ;
- ❖ Archiver consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur). Cette fonction dépend de l'architecture du logiciel avec la présence intégrée ou non d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) ;
- ❖ Analyser permet de répondre aux questions que l'on se pose ;
- ❖ Afficher pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs ;
- ❖ Abstraire revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.

### I.1.11. Domaine d'application

Les domaines d'application des SIG concernent l'ensemble des activités où interviennent des données localisées : la protection de l'environnement, la gestion des ressources, l'aménagement du territoire, les études d'impact, le suivi de phénomènes dynamiques (Maguire *et al.*, 1991)

En plus des domaines suivants :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (cartographie, aléas, amiante environnemental, prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

### I.1.12. Présentation des principaux logiciels de SIG

#### Logiciels libres

1. GRASS GIS : Il rassemble des propriétés de traitement d'images satellitaires et des fonctionnalités à base topologique.
2. Map Server : Logiciel libre d'édition des cartes sur le web.
3. QGIS : Il permet de visualisé les cartes ainsi que leurs transformation. Il présente une qualité qui le rend très simple à utiliser.
4. PostGIS : C'est une extension pour la base de données PostgreSQL, qui permet de faire des requêtes SQL et spatiales.
5. uDig, gvSIG : Logiciels libres développés en Java pour Linux et Windows.

#### Logiciels Gratuits

1. DIVA-GIS : Offre des outils d'analyse statistique et géostatistique de l'information géographique.
2. AutoDEM : Il propose des dispositifs pour générer des modèles numériques de terrains (MNT) à partir de courbes de niveaux. Il supporte plusieurs formats tel que les images raster et les courbes de niveaux de type vectoriel.

#### Logiciels Commerciaux

1. Arc GIS : (Arc Info, Arc View, etc.) de chez ESRI.
2. GéoMapGIS : Métiers s'appuyant sur l'environnement Autodesk (AutoCAD, AutodeskMap, Auto desk Map Guide, etc.).
4. Manifold : Logiciel novateur (serveur, géocodage, 3D, script .net, sgbd) (Yacine kouba, 2018).

#### I.1.12.1. Logiciels enmode Vectoriel

##### ► Arc GIS :

Il est conçu par la société ESRI. Arc GIS 9x est constitué de différents éléments :

- Arc GIS Desktop : suite intégrée d'applications S.I.G professionnelles ;
- Arc GIS Engine : composants pouvant être incorporés par des développeurs afin de personnaliser des applications S.I.G ;
- Applications S.I.G pour serveur : ArcSDE®, ArcIMS® et ArcGIS Server ;
- Applications S.I.G nomades : ArcPad®, ainsi qu'ArcGIS Desktop et ArcGIS Engine pour les tablettes PC.

ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées : ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcToolbox ainsi que ModelBuilder. Il est vendu sous trois niveaux incluant plus ou moins de fonctionnalités : ArcView, ArcEditor et ArcInfo.

- ArcMap : application centrale qui effectue toutes les tâches associées aux cartes, y compris la cartographie, l'analyse spatiale et la mise à jour ;
- ArcCatalog : organisation et gestion des données ;
- ArcToolBox et ModelBuilder : géo traitement ;
- ArcGlobe : visualisation 3D dynamique.

L'une des suites logicielles les plus complètes du marché, ArcGIS propose également de nombreuses Extensions tels que Spatial Analyst (module raster) et 3D Analyst.

► **MapInfo :**

Mapinfo est un logiciel S.I.G qui présente une inter-opérabilité importante, en raison d'un convertisseur de formats intégrés. Sur le plan des fonctions disponibles, il est moins complet qu'ArcGIS mais s'avère toutefois suffisant pour de nombreuses applications. Afin de pouvoir Effectuer des calculs raster, il est nécessaire de lui adjoindre le module additionnel Vertical Mapper.

► **Géoconcept :**

Il est développé par une société française, ce logiciel se démarque de la majorité de ses concurrents en proposant une organisation basée sur un modèle "objet" et non sur une association table/entité.

► **APIC :**

D'une conception française, ce logiciel fonctionne également en mode objet et il est particulièrement adapté pour la gestion des réseaux. Basé sur un langage de programmation en français, il est caractérisé par une adaptabilité élevée. Issu du monde UNIX, son application Windows est relativement austère, ce qui limite en partie sa diffusion.

► **Geomedia :**

La suite logicielle Geomedia comprend une gamme importante de logiciels : -Geomedia Professional : digitalisation, analyse, présentation cartographique etc. ;

- Geomedia Terrain : création et analyse de MNT ;
- GeoMedia Image : traitement d'images ;
- GeoMediaGrid : analyse de données raster ;
- GeoMedia : version allégée de GeoMedia Professional ;
- GeoMediaWebMap : applications Web SIG;

-Ainsi que Image Station Stéréo for GeoMedia, GeoMedia Fusion, GeoMedia Transaction Manager, GeoMedia VPF.

► **Star GIS :**

La société belge « STAR Informatique » propose une gamme variée de logiciels SIG :

- STAR GIS est une plate-forme S.I.G bureautique conçue pour interroger et mettre à jour des bases de données, produire des rapports, réaliser des analyses thématiques etc. ;
- STAR Net est une plate-forme S.I.G par Internet ;

-Win STAR est un S.I.G professionnel.

- ▶ **Manifold** : il est proche de MapInfo, ce logiciel est d'une diffusion actuellement anecdotique en France.
- ▶ **Savane** : Il s'agit d'une suite logicielle particulièrement complète. Ce logiciel souffre d'une interopérabilité très limitée et d'une architecture complexe, ce qui explique sa diffusion limitée au monde universitaire.
- ▶ **Jump** : c'est un logiciel S.I.G vectoriel gratuit, il intègre toutes les fonctionnalités de base nécessaires à la gestion d'un S.I.G de taille réduite.

### I.1.12.2. Logiciels en mode RASTER

- **IDRISI** : est un S.I.G en mode image, ainsi qu'un système puissant de traitement d'images, développé par l'université américaine de Clark.
- **SAGA** : il s'agit d'un logiciel modulaire libre. SAGA propose de nombreuses potentialités, notamment en ce qui concerne l'analyse topographique.
- **Grass** : c'est un logiciel libre et très complet. Grass offre une interopérabilité importante et présente l'avantage de pouvoir fonctionner sous Linux.
- **Visualiseurs** : il est gratuit et il permet de lire un nombre très important de formats S.I.G propriétaire.

## I.2. Qualité des eaux

### I.2.1. Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Degremont, 1989).

### I.2.2. Paramètres de la qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux de surface s'évalue en comparant les caractéristiques de l'eau de surface des cours d'eau avec des valeurs de référence établies. Certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques doivent en effet demeurer à l'intérieur d'une gamme de limites reconnues pour assurer la sécurité des différents usages de l'eau. Ceux-ci peuvent se classer en 4 catégories, soit :

- 1) la consommation d'eau et d'organismes aquatiques.

- 2) la protection de la vie aquatique (toxicité aigüe et chronique).
- 3) la protection de la faune terrestre piscivore.
- 4) la préservation des activités récréatives et de l'esthétique (contact primaire et secondaire).

Il est par exemple possible de déterminer les seuils pour permettre des usages récréatifs potentiels de l'eau comme la baignade, les activités nautiques, ainsi que la protection des plans d'eau contre l'eutrophisation. L'analyse de l'état qualitatif des cours d'eau rend ainsi possible l'identification des variables limitant la qualité des eaux et permet de cibler ceux où il existe une problématique (Gangbazo, 2000).

### **I.2.2.1. Les paramètres physico-chimiques**

#### **a. Mesure in situ**

Pour chaque prélèvement d'échantillon, des mesures in site sont effectuées afin de déterminer certaines caractéristiques changeables et sensibles aux conditions de milieu comme : la température, le PH, la conductivité, l'oxygène dissous

#### **I.2.2.1.1. Température (T. °C)**

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau Elle a une influence directe sur le comportement de différences substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique (Roux, 1987).

#### **I.2.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le PH est un indice de l'équilibre entre les acides et les bases dans l'eau, est une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Il est proportionnel au pouvoir neutralisant de l'eau et indique par conséquent les réactions chimiques possibles avec les roches, les minéraux et les sols (Allen *et al.*, 1994)

Le pH est une valeur qui nous indique la concentration en ions  $H_3O^+$  dans l'eau, il conditionne l'agressivité, l'entartrage de l'eau également sa saveur (Bensaci, 2007).

#### **I.2.2.1.3. Conductivité électrique(CE)**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une à l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (Rodier *et al.*, 2009).

La conductivité mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente.

#### **I.2.2.1.6. Oxygène dissous (OD)**

L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques ; végétaux et animaux l'utilisent pour la respiration. L'oxygène participe également aux dégradations biochimiques et chimiques.

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme de molécules gazeuses, au sein de minuscules bulles d'air.

La concentration d'oxygène dissous est soumise à des variations diurnes et saisonnières qui sont dues en partie aux fluctuations de la température, de l'activité photosynthétique et du débit de l'eau. Elle dépend également de la respiration des organismes et du processus de réoxygénation. La décomposition des déchets organiques par les micro-organismes et l'oxydation des déchets inorganiques peuvent entraîner une désoxygénation quasi-totale de l'eau (Allen *et al.*, 1994).

### **b. Analyses au laboratoire**

#### **I.2.2.1.4. Matière en suspension**

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier, 1984). Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébert *et al.*, 2000).

#### **I.2.2.1.5. Résidu sec**

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide (Sari, 2014).

#### **I.2.2.1.7. Nitrites (NO<sub>2</sub>)**

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (Aminot et Chaussepied, 1983).

Il convient donc de procéder au dosage les nitalicylate rites le plus tôt possible après le prélèvement en le conservant à 4°C. (Rodier *et al.*, 2009)

#### **I.2.2.1.8. Nitrates (NO<sub>3</sub>)**

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global ou azote total avec une autre composante, l'azote organique (Rodier *et al.*, 2009).

#### **I.2.2.1.9. Le calcium (Ca<sup>2+</sup>)**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous formes des carbonates, composant majeures de la dureté de l'eau, et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables (Rodier, 1996).

#### **I.2.2.1.10. Le magnésium (Mg<sup>2+</sup>)**

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la ; il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996).

#### **I.2.2.1.11. Les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)**

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/l) dans les zones contenant de gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé (Fall, 2007).

#### **I.2.2.1.12. Le chlorure (Cl<sup>-</sup>)**

L'ion chlorure possède des caractéristiques différentes de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations géologiques, nese combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile (Gouaidia, 2008)

### **I.2.2.2. Les paramètres biologiques**

#### **1) Les coliformes**

Les coliformes sont intéressants, car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matière fécale des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance (Rodier *et al.*, 2009).

Les coliformes comprennent entre autres les genres : *Esherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsella*, *Yersinia*, *Seratia*.

## 2) Les streptocoques

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classés dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou sera en contrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution (OMS, 2008).

## 3) *Escherichia coli*

*Escherichia coli* est présent en grand nombre dans la flore intestinale normale de l'homme et des animaux, où il est généralement inoffensif. Cependant, dans d'autres parties du corps, *E. coli* peut provoquer des maladies graves, telles que des infections du tractus urinaire, des bactériémies et des méningites. Un nombre limité de souches entéro-pathogènes peut provoquer une diarrhée aigüe (OMS, 2017).

## 4) *Salmonelle*

Genre de bactéries comprenant de nombreuses espèces pathogènes (fièvres typhoïdes, dysenteries). Elles sont présentes dans les selles et son susceptibles de contaminer les eaux réceptrices. Le risque épidémiologique est particulièrement important dans les pays en voie de développement (fièvres typhoïdes et par typhoïdes font à elle seules près de 2500 morts par an dans le monde (Chocat, 1997).

## 5) Indice biologique diatomique (IBD)

Les diatomées sont des algues brunes unicellulaires pourvues d'un squelette siliceux comportant deux valves emboîtées (frustule). Il en existe des milliers d'espèces dans le monde et elles vivent dans les eaux douces, ou dans les milieux salins (estuaires et eaux de mer).

Les diatomées sont des micro-algues ubiquistes d'une diversité exceptionnelle. Cela, en fait de bons indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques : elles sont utilisées dans ce cadre depuis plus de 50 ans (Rimet, 2012).

Les diatomées sont des outils utilisés dans le suivi environnemental pour évaluer l'état de santé des écosystèmes aquatiques à plusieurs raisons (Memee, 2009) :

- A la base de la chaine alimentaire ;
- Riches en espèces et chaque espèce possède ses propres tolérances et préférences environnementales ;
- Cycle de vie relativement courte ;
- Répartition très étendue à travers les écosystèmes et les régions géographique ;
- Permetts d'ingérer, sur une certaine période de temps l'ensemble des caractéristiques de leur habitat et d'évaluer leur effets sur les écosystèmes ;

- Permettent de détecter des pollutions discontinues ;
- Une communauté naturelle peut être représentée à partir d'un échantillon de quelques centimètres
- Echantillons facilement manipulés, traités et entreposés ;
- Identification relativement simple à l'aide des guides.
- Le choix des diatomées en tant que bio indicateur est apparu comme pertinent puisque ils peuplent les cours d'eau, tout au long de l'année, qu'elles réagissent aux perturbations du milieu aquatique et qu'il est possible d'analyser la ore diatomique benthique, avec une bonne fiabilité.
- Certaines pollutions chimiques, matière organique, composés azotés et phosphorés provoquent un changement des communautés de diatomées dans le tronçon concerné, les espèces sensibles disparaissent au profit d'espèces plus résistantes. L'examen des espèces (nature, nombre et fréquence) permet d'estimer l'état de pollution du cours d'eau au cours des semaines précédant le prélèvement (Rodier et *al.*, 2009).

### I.2.3. Normes et classes de qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux est très variable à l'échelle temporelle et spatiale et elle est liée également aux plusieurs facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'une eau de surface, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; on a pris en considération les normes Algérienne (JO n°11/18, 2011) et celles de l'O.M.S (Tableau. I .02) et aussi des normes françaises (Tableau. I .03) pour obtenir une représentation totale de la qualité des eaux de surfaces.

Le SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'avoir une connaissance de l'état globale d'une eau superficielle, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps.

l'ABH (Agence de Bassin Hydrographique) est inspirai du SEQ eau pour classer les eaux superficielles (tableau 1 et 2). Cette classification repose sur une grille de la qualité des eaux superficielles.

**Tableau I 2. Normes OMS et Algériennes des paramètres physico-chimiques pour les eaux de surface :**

| Paramètres        | Unité   | Normes OMS 2011 | Normes Algériennes |
|-------------------|---------|-----------------|--------------------|
| T°                | °C      | 25              | /                  |
| pH                | -       | 6,5 à 8,5       | 6,5 à 8,5          |
| CE                | µs/cm   | 1500            | 2800 à 20°C        |
| MES               | mg/l    | /               | /                  |
| Rs                | mg/l    | 1500            | 1500 à 2000        |
| NO3-              | mg/l    | ≤ 50            | ≤ 50               |
| NO2-              | mg/l    | ≤ 0,1           | ≤ 0,1              |
| NH4+              | mg/l    | ≤ 0,5           | ≤ 0,5              |
| PO4 <sup>3-</sup> | mg/l    | ≤ 0,5           | /                  |
| O2dis             | mg O2/l | 5≤O2≤8          | /                  |

Tableau I 3. Grille multi usages d'appréciation globale de la qualité des cours d'eau, selon les normes françaises (Agoune et safer, 2007).

| Classes<br>Paramètres                  | Très bonne<br>1A | Bonne<br>1B            | Moyenne<br>2                           | Mauvaise<br>3 | Très<br>mauvaise<br>HC | Source                                      |
|--|------------------|------------------------|--|---------------|------------------------|---|
| Conductivité à<br>20 C° (us/cm)        | <400             | 400 à 750              | 750 à 1500                             | 1500 à 3000   | -                      | Médd &<br>Agence de<br>L'eau ,2003          |
| Température<br>( C°)                   | <20              | 20 à 22                | 22 à 25                                | 25 à 30       | -                      |   |
| pH                                     | 6.5 à 8.5        | 6.5 à 8.5              | 6 à 9                                  | 5.5 à 9.5     | -                      | Agence de<br>l'eau in<br>( Ramade,<br>1998) |
| MES(mg/l)                              | <30              | <30                    | <30                                    | 30 à 70       | -                      |   |
| Résidu sec<br>(mg/l)                   | <500             | 500 à 1500             | 1500 à 2500                            | 2500 à 3500   | -                      |   |
| O2 dissous<br>(mg/l)                   | >7               | 5 à 7                  | 3 à 5                                  | <3            | -                      |   |
| SO <sup>2+</sup> <sub>4</sub> (mg/l)   | <200             | -                      | 200-300                                | 300-400       | >400                   | Médd &<br>Agence de<br>L'eau ,2003          |
| MG <sup>2+</sup> (mg/l)                | <50              | 50 à 75                | 75 à 100                               | 100 à 400     | -                      |   |
| Ca <sup>2+</sup> (mg/l)                | <160             | 160 à 230              | 230 à 300                              | 300 à 500     | -                      |   |
| NO <sub>3</sub> (mg/l)                 | <5               | 5 à 25                 | 25 à 50                                | 50 à 80       | >80                    | Agence de<br>l'eau in<br>( Ramade,<br>1998) |
| NO <sub>2</sub> (mg/l)                 | <0.1             | 0.1 à 0.3              | 0.3 à 1                                | 1 à 2         | >2                     |   |
| PO <sub>4</sub> (mg/l)                 | <0.2             | 0.2 à 0.5              | 0.5 à 1                                | 1 à 2         | >2                     |   |
| Coliformes<br>totaux<br>(Num/100ml)    | <50              | 50 à 5.10 <sup>3</sup> | 5.10 <sup>3</sup> à 50.10 <sup>3</sup> | --            | --                     | Agence de<br>l'eau in<br>( Ramade,<br>1998) |
| Streptocoques<br>fécaux<br>(Num/100ml) | >20              | 20 à 10 <sup>3</sup>   | 10 <sup>3</sup> à 10 <sup>4</sup>      | --            | --                     |   |



# Chapitre II

## **Description de la zone d'étude**

## **Chapitre II. Description de la zone d'étude**

### **II.1. Présentation de la zone d'étude**

#### **II.1.1. L'importance d'Oued Boussaâda**

La ville de Boussaâda inclut deux Oueds : l'Oued Boussaâda et l'Oued Maitar qui sont considérés comme des éléments structurants et des unités paysagères dans la ville.

La contrainte fondamentale pour une mise en valeur des Oueds réside à présent dans l'insalubrité et à la présence des gravières qui crèvent le fond de ces Oueds.

Ainsi, l'eau des deux Oueds est exposée à différentes sources de pollution du faite de l'existence des déchets solides et d'assainissement. Ils sont devenus des décharges à l'air libre (comme le montre la photo du dessus et les deux autres du dessous). L'inhabile maîtrise de l'eau des Oueds aide à fragiliser leur bonne exploitation et leur perception.

Oued Boussaâda est un oued et à une altitude de 684 mètres. Il est située à proximité de Oued el Anng, et au sud-est de Djebel el Aouidja.

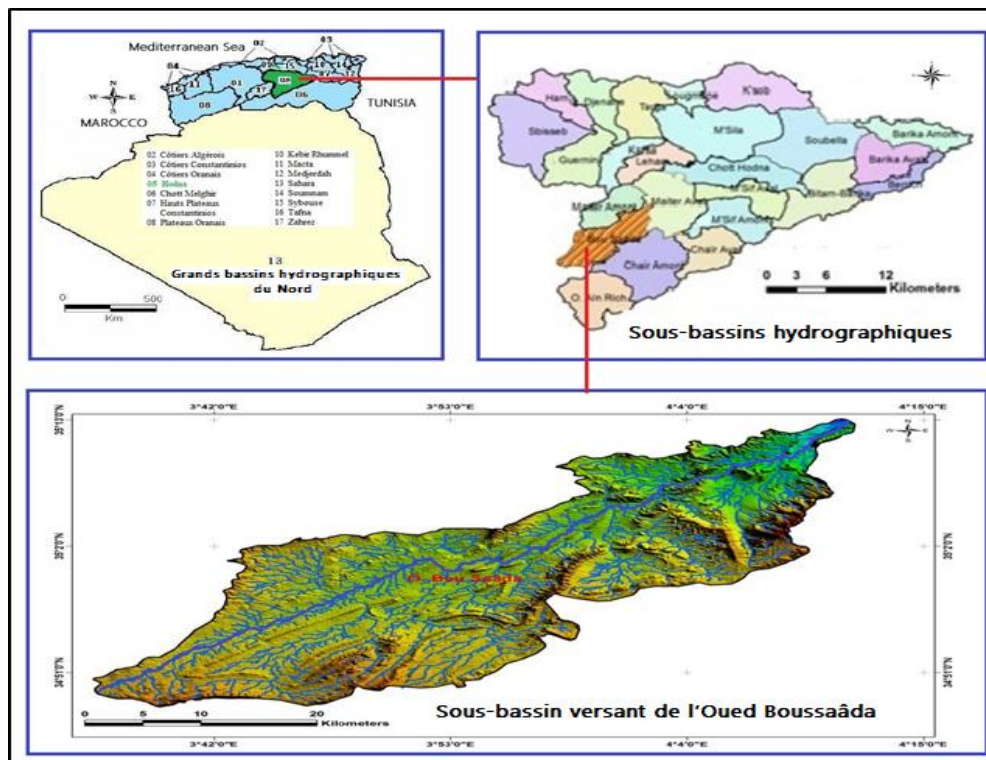
Oued Boussaâda relie deux zones, sa source est une zone semi-aride (qui se caractérise par une température annuelle élevée et un faible taux de précipitation) pour alimenter une zone humide qui est Chott El Hodna, dont le réseau hydrographique de ce dernier est caractérisé par l'existence d'oueds, les principaux de ces dernières : El Ham, Soubella, Barika, Bitam, M'cif, Boussaâda, et Oued K'sob.

Parmi ces oueds quatre seulement sont pérennes, quoique leurs débits soit très faible (Boumezbeur, 2002) Oued : El Ham, Oued K'sob, Oued Barika et Oued M'Cif, l'alimentation de bassin versant Hodnéen est assurée par 23 cours d'eau principaux. Cette caractéristique lui fait jouer un rôle important dans le milieu environnemental.

#### **II.1.2. Situation géographique**

L'Algérie compte 17 bassins- versants (Kadi, 1997), parmi ces bassins on trouve le bassin du Chott El Hodna, il est répartie sur cinq wilayas : M'Sila, Batna, Biskra, Sétif et Bordj Bou Arreridj. Selon l'Agence National des Ruisseurs Hydraulique, ce bassin est divisé en 23 sous bassins (sans compter le Chott El-Hodna)

Le bassin versant d'oued Boussaâda appartient au grand bassin versant de la Hodna, située sur la partie Sud de la Wilaya de M'sila, au sud-est du nord algérien (Fig. II.1).



**Fig II 1. Localisation de Sous-bassin versant d'Oued Boussaâda**

Concernant les coordonnées géographiques, le bassin versant d'oued Boussaâda est comprise entre :

- Les parallèles de latitude :  $34^{\circ} 40' 0''$  et  $35^{\circ} 20' 0''$  N ;
- Et les méridiens de longitude :  $3^{\circ} 20' 0''$  et  $4^{\circ} 30' 0''$  E.

Et aussi, il est délimitée par :

- Sous bassin d'oued Maiter Amont en Nord ;
- Sous bassin d'oued Maiter Aval en Nord - Est et Est ;
- Sous bassin d'oued Chair Amont en Sud- Est et Sud ;
- Sous bassin d'oued Daiet Mefiag en Ouest ;
- Sous bassin d'oued Medjadel en Nord- Ouest.

La région de Boussaâda est caractérisée par la présence de chaines de montagne d'orientation variée surtout au niveau de la partie Sud et Sud-ouest (Fig. II.2) :

- Djebel Grigour côté Nord-ouest de la ville.
- Djebel Moubkhira côté Sud-ouest du chef-lieu (772 m).
- Djebel Kerdada côté Sud (947 m).
- Mont de Menkeb Sidi Brahim (718 m) côté Sud-est de la ville et Djebel El Maalleg côté Sud de la commune.

Les terres agricoles du côté Nord-est (village agricole d'El Maadher) (Benrabria, 2013).

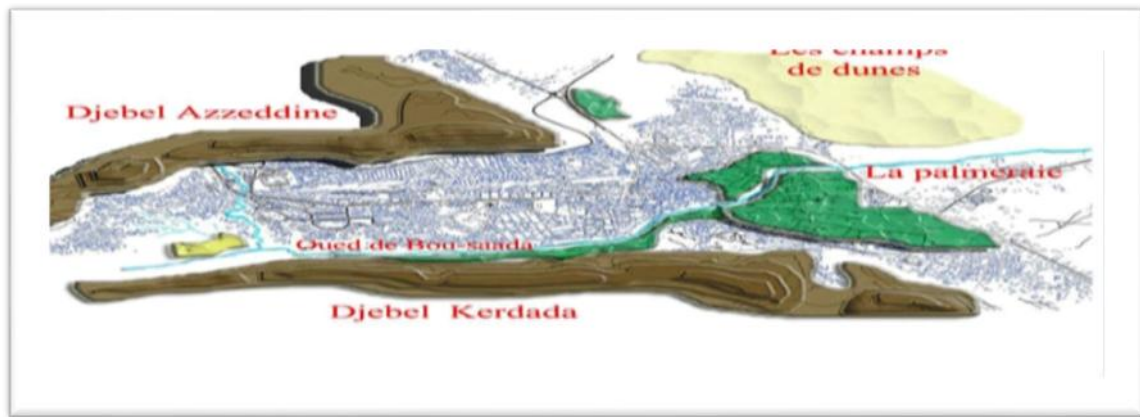


Fig II 2. La ville de Boussaâda (Kadiri ,2005).

Les vallées Traversant le périmètre de Boussaâda :

- La vallée de l'oued Boussaâda qui forme une sorte de couloir entre le Djebel Moubakhera et Djebel Kerdada et coule au pied de ce dernier en se jetant dans la plaine Nord.
- La vallée de l'Oued Maiter située à l'Ouest de la ville de Boussaâda avec une altitude de 587m à la limite Ouest de la commune et 547 m sur la RN 8, formant un couloir venteux animé par les vents Ouest et Nord, engendrant des champs de Dunes orientés Ouest-Sud-ouest/ Est-Nord-est.

### II.1.3. Géologie et géomorphologie

Les principaux traits de la zone ont été dégagés des travaux de Savornin (1920) pour la géologie et des travaux de Capolini et Sari (1969) pour géomorphologie. Ainsi, les unités suivantes peuvent-elles être distinguées :

- **les reliefs** : faisant partie de l'extrémité septentrionale de l'Atlas saharien, ils correspondent aux massifs montagneux cités précédemment. Ils sont composés d'une alternance de marnes argileuses et de niveaux calcaires relevant du Cénomaniens.
- **les dépressions** : zones de concentration des eaux de ruissellement et de décantation des particules solides, elles correspondent à deux types selon leur caractère salé « sebkha, chott » ou non salé « daya ».
- **les dunes** : amas de sable quartzeux, souvent riche en matériel argileux (Kaabache, 1990).

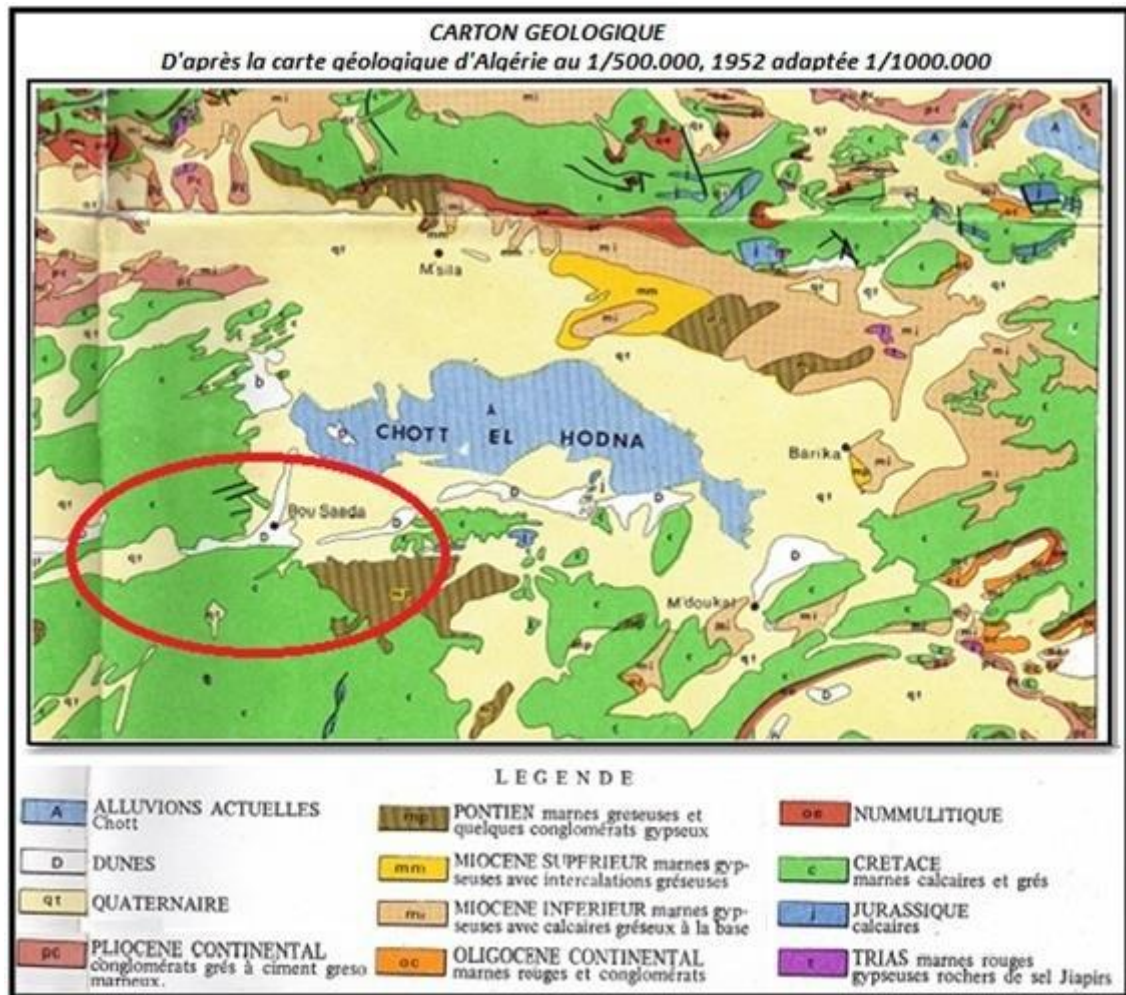
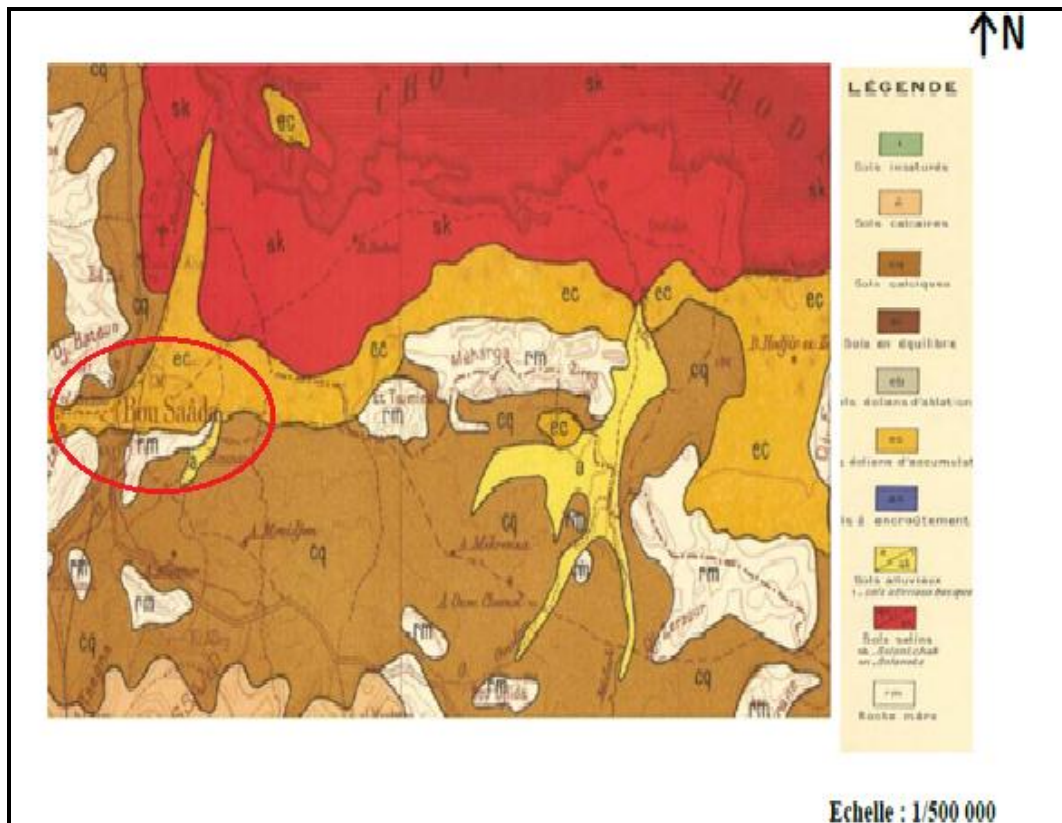


Fig II 3. Géologie de la région du Hodna. D'après Houerou et Claudin 1972.

#### II.1.4. Pédologie

La répartition des sols est en rapport avec des phénomènes pédologiques majeurs tels que la fertilisation, l'halomorphie, la gypsomorphie, la calcimorphie et la désertification (Kaabache, 1990). Les principaux types de sol recouvrant la plaine présentent :

- Soit une accumulation des sels solubles à la surface du sol, ce sont alors des sols halomorphes ;
- Soit des sols éoliens d'accumulation, c'est-à-dire des sols minéraux bruts.
- Des sols calciques et calcaires parsemé d'affleurements rocheux couvrent la presque totalité des versants (Fig. II.4).



**Fig II 4. Carte pédologique de la zone d'étude (source : Kaabache, 1990).**

Les principaux types de sols peuvent être définis en fonction des unités géologiques et géomorphologiques précédemment mentionnées (Fig. II.4) :

Au niveau des massifs montagneux se rencontrent, selon la roche-mère, deux grandes catégories de sols : d'une part, sur substrat dur (calcaire, grès), des lithosols et rendzines ; d'autre part, sur substrat tendre (marne, marno-calcaire), des régosols et des sols bruns calcaires (Kaabache, 1990).

Sur les glacis à encroûtement calcaréo-gypseux se développent des sols à texture limoneuse, peu évolués. Les systèmes dunaires, au nord de Bou Saâda, correspondent à des sols minéraux bruts, d'apport éolien (Kaabache, 1990).

### II.1.5. Couvert végétal

Végétation joue un rôle important dans la protection du milieu naturel, selon plusieurs facteurs physiques (hauteurs et sols) et climatiques (pluie et chaleur) selon l'observation du terrain et l'intérêt forestier.

On distingue 4 zones de végétation (Mazari, 2019) :

**Dunes** : sont des collines de sable construits et façonnés par le vent. Elles ont une longueur de 1 m à plusieurs dizaines de kilomètres et une hauteur de quelques dizaines de centimètres à plus de 300 m.

**Steppe** : est une formation basse et ouverte, dominée par des xérophytes en touffes, laissant paraître le sol nu dans des proportions variables, en fonction du végétal dominant, qui peut être herbacé ... ou ligneux (sous-arbrisseaux)

**Oasis** : est l'association d'une agglomération humaine et d'une zone cultivée (souvent une palmeraie) en milieu désertique ou semi-désertique. Une palmeraie d'oasis est un espace fortement anthropisé et irrigué qui supporte une agriculture classiquement intensive et en polyculture.

**Reboisement** : il consiste à planter des arbres là où il y a eu des perturbations, comme par exemple une épidémie d'insectes ou un feu ou à la suite d'une coupe, afin de reconstituer la forêt ». Aussi, d'un point de vue technique, cette tâche consiste à « mettre en terre de jeunes plants »

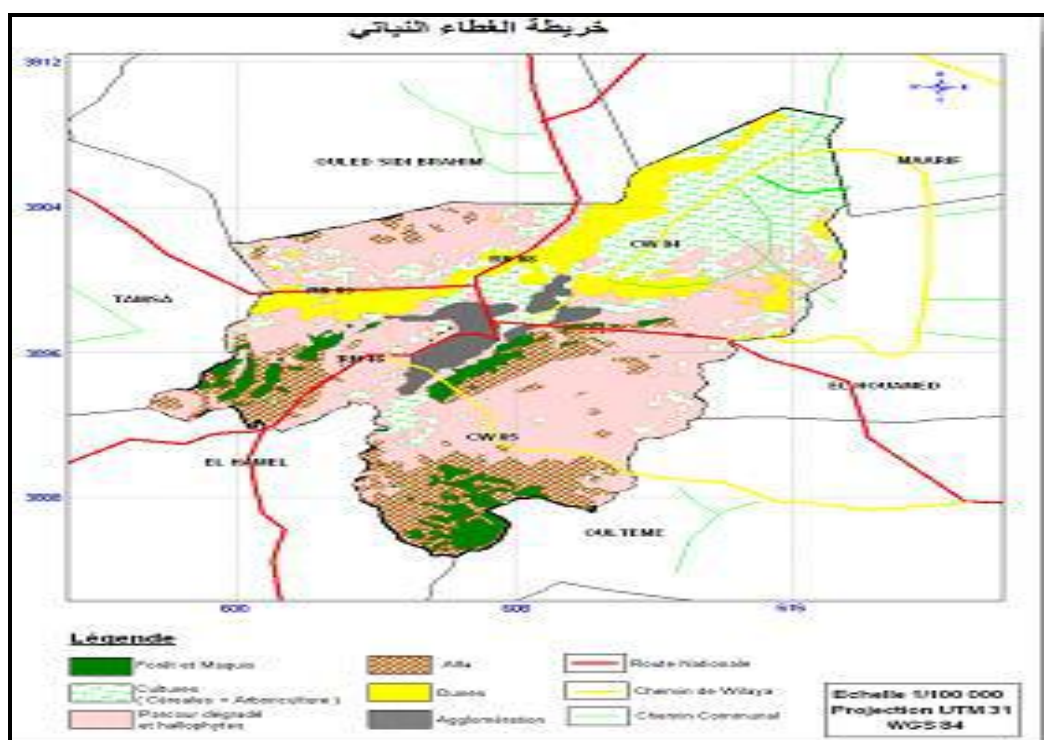


Fig II 5. Couvert végétal de zone de Boussaâda, (source : conservation des forêts de M'Sila, 2018).

### II.1.6. Hydrologie

La région de Boussaâda correspondantes à des horizons a fort écoulement avec une direction S-E et S-O ; l'alimentation de la nappe se fait à partir de massifs qui bordent la plaine où les axes d'écoulement prennent naissance et se dirigent vers les zones de dépressions (Benrabia, 2013 et Helali, 2016).

Le réseau hydrographique de Boussaâda est marqué par deux oueds (Fig. II.4), Le premier c'est l'oued Maiter qui prend sa source dans les monts Djeble Bou Denzir dont le sommet culminant est la côte 1416 m NGA. Par contre le second qui est oued Boussaâda prend naissance dans les

monts d'Ain Ghorab dont la cote se trouve à 1500 m NGA (Benrabia, 2013).

La longueur du cours d'eau principal (l) est la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux, en suivant toujours le segment d'ordre le plus élevé lorsqu'il y a un embranchement et par extension du dernier jusqu'à la limite topographique du bassin versant (Fig. II.4). Si nous prenons, Oued du Boussaâda nous trouvons que la longueur est,  $l > 57\text{km}$ .

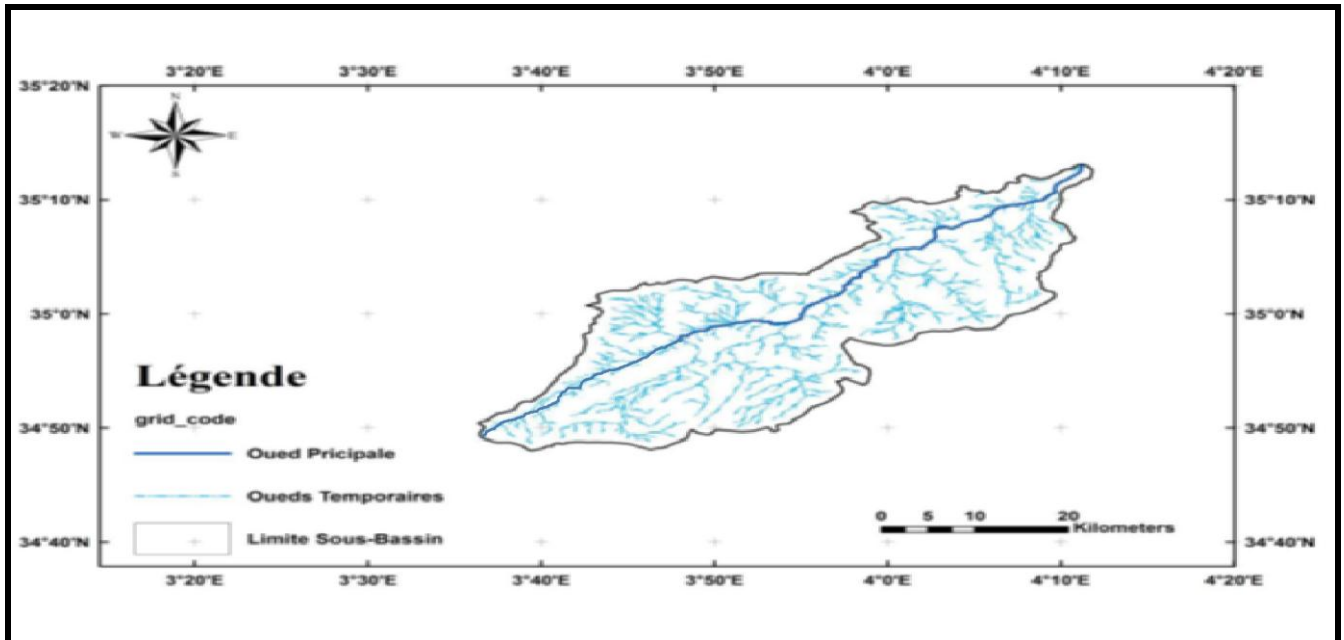


Fig II 6. Réseau hydrographique de BV - Boussaâda (Ameur et al., 2020).

Les précipitations importantes sur les hauteurs multiplient les possibilités des crues qui passent à l'aval par la plaine d'El Maâdher provoquant ainsi une importante érosion des berges de l'Oued Boussaâda en consommant d'importantes terres irriguées et irrigables qui nécessitent des mesures de protection immédiates (Icosium forage & Engineering services, 2006).

## II.1.7. Climat

Le climat joue un rôle fondamental dans la répartition des êtres vivants. Il dépend de nombreux facteurs (Faurie et al., 2003).

Parmi les facteurs climatiques, on peut distinguer les facteurs énergétiques constitués par la lumière et la température, les facteurs hydriques (précipitations et humidité de l'air) et les facteurs mécaniques (les vents).

### II.1.7.1. L'origine des données climatiques

Les données climatiques dans la présente étude proviennent du site (<https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605150.html>) et couvrent 10 ans, allant de 2011 à 2021. Ces données recueillies concernant les températures avec ses variantes, les précipitations et les vents.

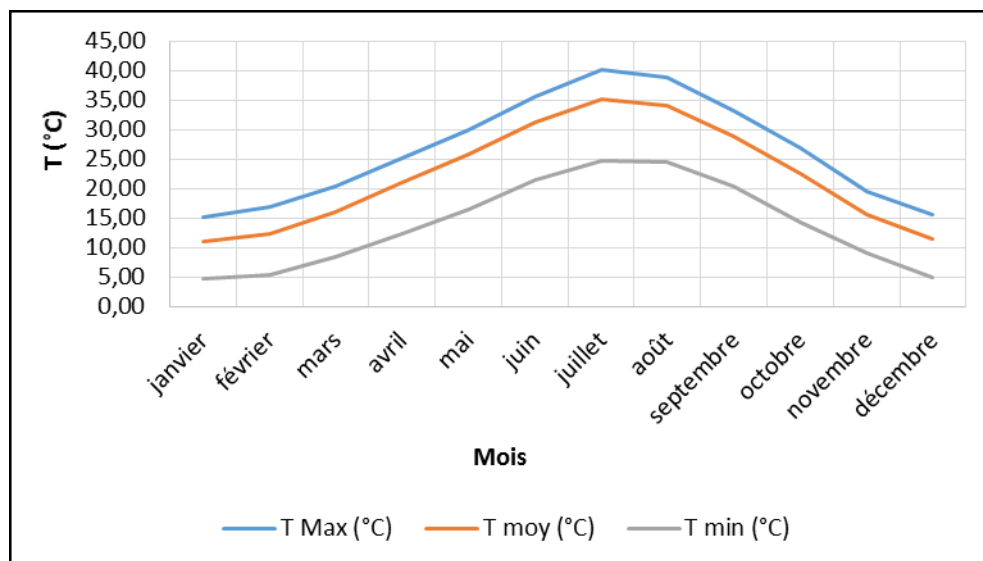
### II.1.7.2. La température

La température est de tous les facteurs climatiques la plus importante (Dreux, 1980). Elle agit sur l'activité et la répartition des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Dajoz, 1971 et Ramade, 1984)

**Tableau II 1. Températures mensuelles T (°C) des années (2011-2021)**

|                   | jan   | fév   | mar   | avr   | mai   | juin  | Juil  | août  | Sept  | oct   | nov   | déc   |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>T Max (°C)</b> | 15,13 | 16,80 | 20,26 | 25,24 | 30,02 | 35,64 | 40,07 | 38,94 | 33,29 | 26,99 | 19,44 | 15,64 |
| <b>T moy (°C)</b> | 10,93 | 12,30 | 15,96 | 20,92 | 25,74 | 31,28 | 35,23 | 34,15 | 28,76 | 22,59 | 15,50 | 11,52 |
| <b>T min (°C)</b> | 4,62  | 5,31  | 8,32  | 12,30 | 16,49 | 21,35 | 24,82 | 24,43 | 20,34 | 14,38 | 8,97  | 4,97  |

Nous traduisons ce tableau sur un graphique ci-dessous (figure II.7) qui présente les variations des températures moyennes mensuelles. La répartition de la température moyenne mensuelle permet de considérer Janvier comme le mois le plus froid (4.62°C) et Juillet comme le mois le plus chaud de l'année (40.07 c°) la moyenne mensuelle est de (22.07°C).



**Fig II 7. Variations des températures moyennes mensuelles de la région de Boussaâda (2011-2021).**

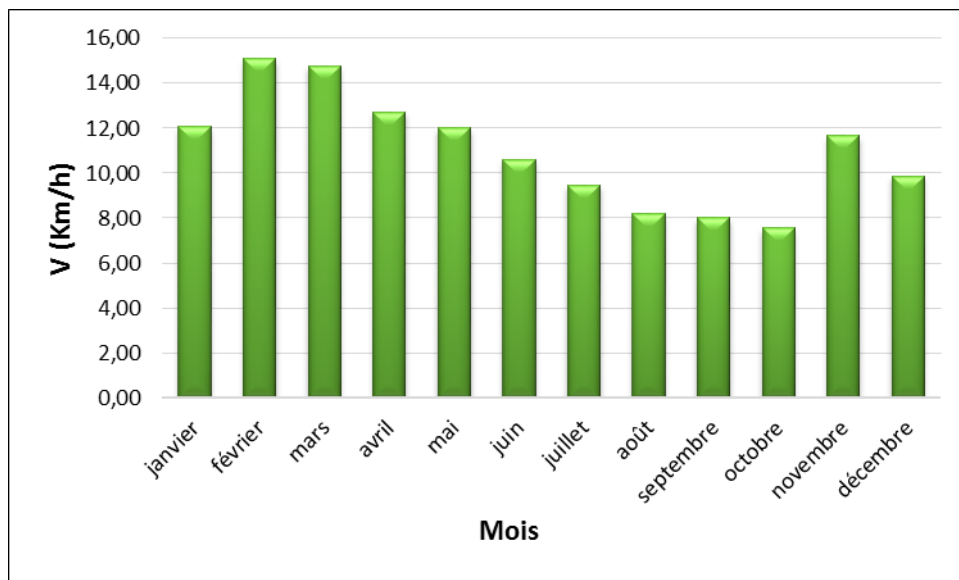
### II.1.7.3. La vitesse du vent

Le vent est l'un des traits essentiels du climat steppique. La situation de cuvette ouverte que présente le Hodna facilite la pénétration des vents venants de tous les horizons par les couloirs inter-montagnards. Cette cuvette connaît ainsi des vents assez forts (Nacib, 1986).

A l'instar des autres régions du Hodna, la région de Bou Saada subit cinq (05) types de vents :

- Le sirroco, venant du Sud et soufflant durant la période estivale ;
- Le vent d'Ouest, dit « el gherbi » qui est un vent sec drainant des nuages sans apporter pour autant la pluie ;

- Le vent du Nord/Nord-Ouest, dit « dahraoui » porteur du froid et de l'humidité septentrionaux ; il peut être pluvieux et souffle surtout en hiver ;
- Le vent du Nord, dit « el bahri », vent marin qui charrie pluies et neiges, déposées aussitôt sur la chaîne tellienne et les monts du Hodna ;
- le vent d'Est dit «el chergui» qui en passant par les Autres, prend en hiver le froid de la montagne (Nacib, 1986).



**Fig II 8. Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Boussaâda (2011-2021).**

Les vents qui soufflent sur Bou Saada ont des vitesses relativement faibles qui vont 7.56 Km/h au mois d'Octobre à 15.08 Km/h en Mars.

#### II.1.7.4. Les précipitations

Elles constituent un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la réparation des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques, tels les mares et les lacs temporaires et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement (Ramade, 2003).

Selon le tableau II.2, Les précipitations sont très irrégulières (voire figure II.13), Elles varient d'un mois à l'autre. On constate que le mois de mai est le mois le plus pluvieux, août est le mois sec.

**Tableau II 2. Précipitations mensuelles des années (2011-2021) de la région de Boussaâda**

|               | jan   | fév  | Mar   | avr   | mai   | juin | Juil | août | sept  | oct   | nov   | déc  |
|---------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|
| <b>P (mm)</b> | 11,45 | 4,04 | 15,89 | 20,53 | 22,82 | 7,50 | 6,42 | 5,79 | 14,15 | 17,87 | 14,85 | 9,00 |

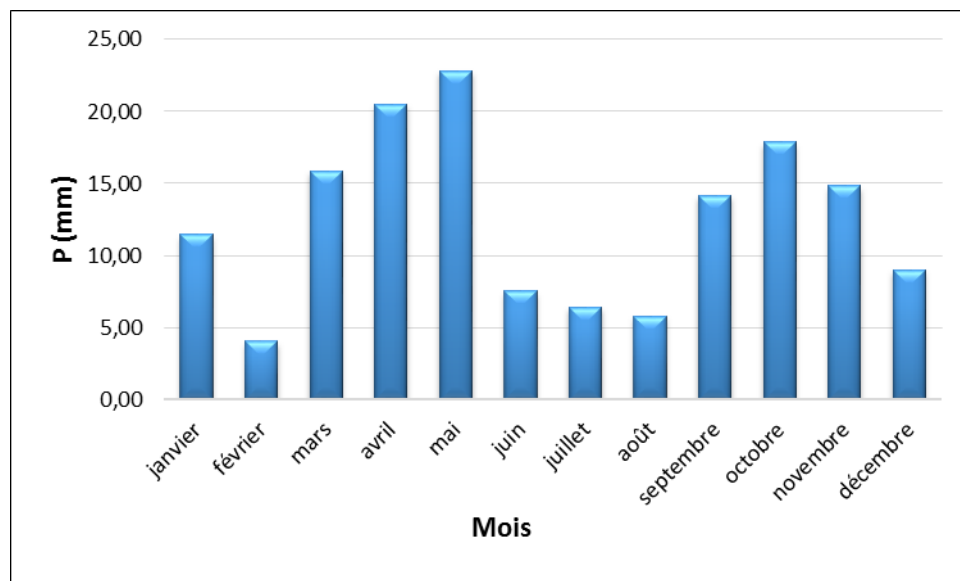


Fig II 9. Variation des précipitations mensuelles des années de la région de Boussaâda (2011-2021)

## II.1.7.5. Synthèse climatique

### II.1.7.5.1. Diagramme ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN

Les diagrammes ombrothermiques de BANGNOULS et GAUSSEN (1953) proposent de définir la saison sèche comme étant l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle, exprimée en degrés centigrades :  $P \leq 2 T$ .

Pour visualiser la position de la saison sèche dans l'année, ainsi que sa durée et son intensité, ces deux auteurs proposent une représentation graphique basée sur une convention d'échelle : le diagramme ombrothermique.

Le diagramme ombrothermique une fois construit à partir des moyennes disponibles de températures et de pluviosité, montre l'existence d'une seule période de sécheresse s'étalant toute l'année pour la station de Boussaâda, avec une intense sécheresse au mois de Mai à Septembre.

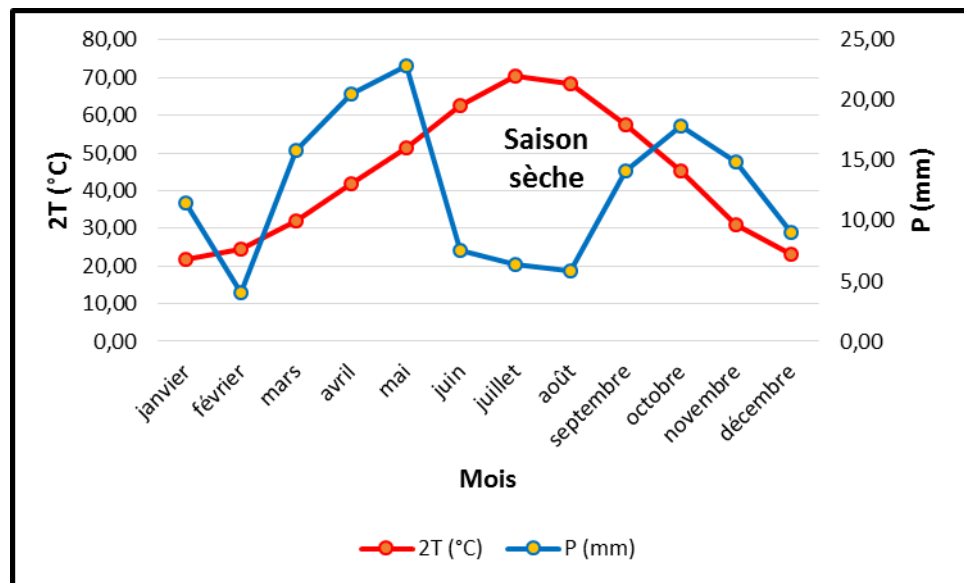


Fig II 10. Diagramme Ombrothermique de la région de Boussaâda (2011-2021).

### II.1.7.5.2. Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGE (Emberger, 1955)

A initié l'étude des bioclimats de la région méditerranéenne en proposant un indice appelé « quotient pluviométrique » avec un climagramme qui permet de déterminer les différents étages bioclimatiques. Pour définir les divers types de bioclimat de la région méditerranéenne, ce botaniste phytogéographe a proposé la formule suivante :

$$Q2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

**P** : exprime les précipitations annuelles exprimées en (mm).

**M** : exprime la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en K°.

**m** : exprime la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en K°.

Stewart (1969) propose un coefficient Q2 en simplifiant le Q2 d'Emberger pour l'Algérie et le Maroc. La formule de **Q2** s'exprime comme suite :

$$Q2 = \frac{3.43P}{M - m}$$

**NB** : dans la formule de Stewart le M et m en degré Celsius.

Tableau II 3. Valeur de quotient pluviothermique et l'ambiance bioclimatique de la région de Boussaâda.

| Région    | P(mm) | M(c°) | m (c°) | Q2    | Ambiance bioclimatique              |
|-----------|-------|-------|--------|-------|-------------------------------------|
| Boussaâda | 150.3 | 40.07 | 4.62   | 14.55 | Aride à variante thermique tempérée |

En combinant sur un climagramme (m) en abscisse et le quotient pluviothermique en ordonnée pour définir les étages bioclimatiques (ou ambiances bioclimatiques).

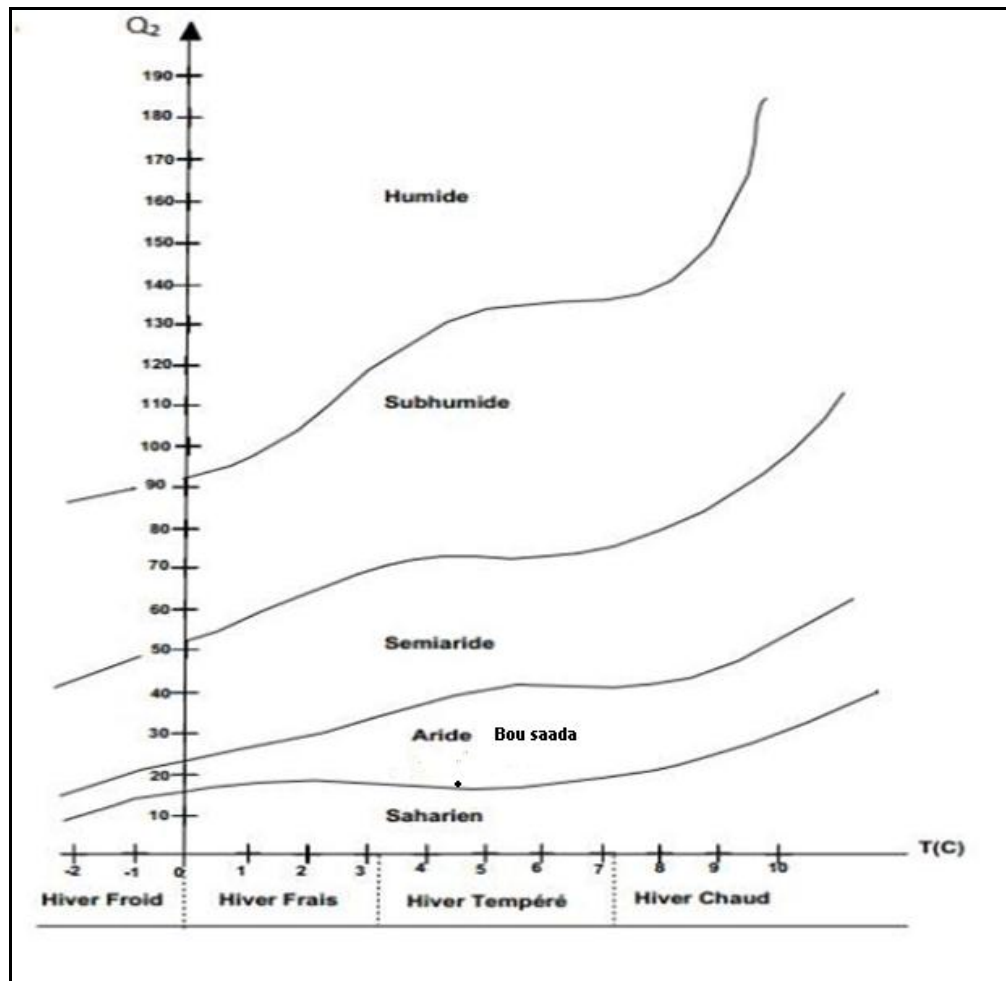


Fig II 11. Positionnement de la région de Boussaâda dans le climagramme d'Emberger.



# Chapitre III

## **Matériels et approche méthodologique**

## Chapitre III. Matériels et approche méthodologique

### III.1. Collecte des données

#### III.1.1. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Etant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyse, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques (Rodier et *al.*, 2009).

##### III.1.1.1. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (Rodier et *al.*, 2009).

Les échantillons sont recueillis dans des flacons en verre et en plastiques nettoyés au préalable, étiquetés et stérilisés. Au moment du prélèvement, ces flacons sont de nouveau rincés trois fois avec l'eau à analyser, puis ils sont remplis jusqu'au bord, en les plongeant à une profondeur de 20 à 30 cm de la surface, et loin des eaux courantes ou des bords ainsi que des obstacles (Rodier et *al.*, 2009).

##### III.1.1.2. Conservation des échantillons

Toutes les eaux sont susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement, réactions physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu dans le flacon, dans un laps de temps, qui sépare le prélèvement et l'analyse. La nature et la vitesse de ces réactions sont souvent telles que, si les précautions nécessaires ne sont pas prises, les concentrations déterminées par l'analyse différeront, sensiblement, des concentrations réelles au moment du prélèvement (Thierrin et *al.*, 2003).

### III.1.2. Localisation des sites du prélèvement

Les stations sont choisies en fonction de leurs accessibilités et de leurs positions dans l'agglomération de Boussaâda. La répartition des stations est comme suit :

Station (01) : situe au Moulin Ferrero

Station (02) : localisé près l'hotel de Kardada (Araga)

Station (03) : se trouve dans Djeneb Elbtom

Station (04) : se situé au lieu de route de Biskra

**Tableau III 1. Les coordonnées géographiques des stations étudiées (source : Sasoui et Asloum, 2017)**

| Points du prélèvement | Cordonnées géographiques |               |          |
|-----------------------|--------------------------|---------------|----------|
|                       | Latitude                 | Longitude     | Altitude |
| <b>Station(01)</b>    | 35°11'31.03''N           | 4°9'55.3''E   | 568 m    |
| <b>Station(02)</b>    | 35°12'41.66''N           | 4°11'6.89''E  | 538 m    |
| <b>Station(03)</b>    | 35°13'0.97''N            | 4°11'16.31''E | 528 m    |
| <b>Station(04)</b>    | 35°13'35.67''N           | 4°11'33.56''E | 519 m    |

Pour faciliter le travail de l'analyse et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter les prélèvements. Chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire ainsi que les observations relevées au cours des opérations (Rodier, 1996).

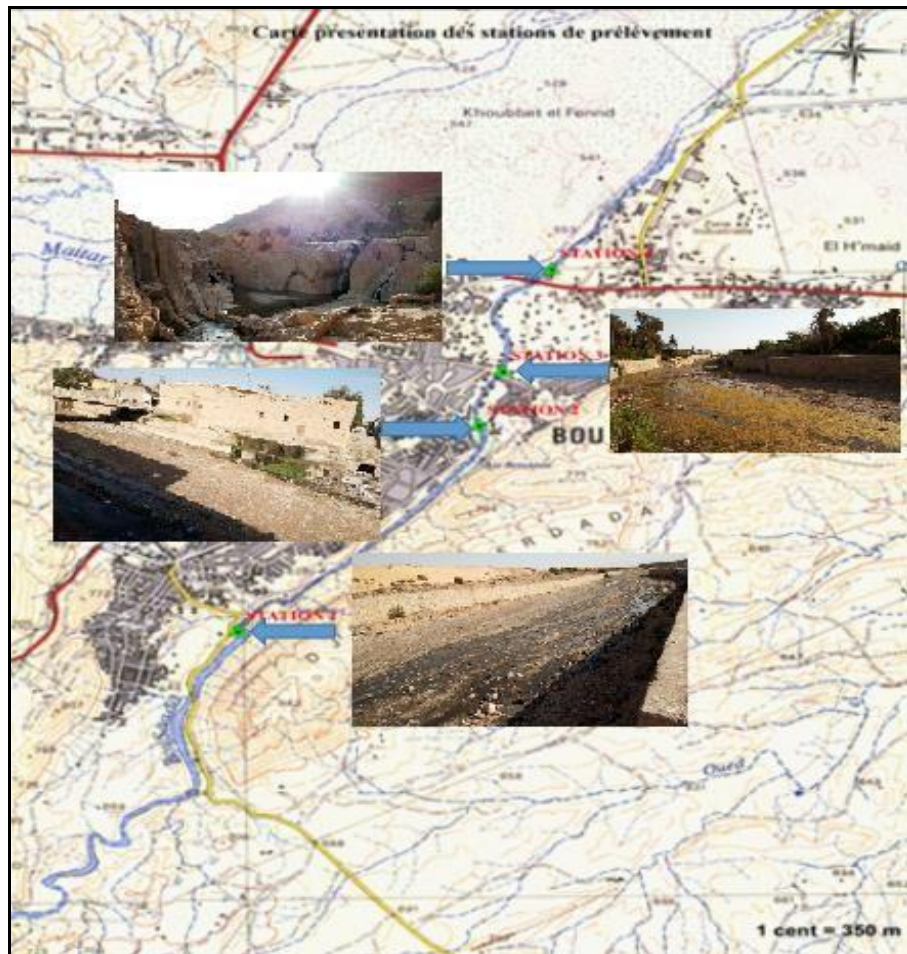


Fig III 1. Localisation des stations étudiées (Sasoui et Asloum, 2017).

## III.2. Technique d'analyse de l'eau

### III.2.1. Les paramètres physico chimique

#### III.2.1.1. Mesure sur terrains (in situ)

##### a) La température

###### ➤ Principe :

La température a été mesurée sur terrain. Il y a lieu de déterminer la température de l'air au même endroit et au même moment elle s'exprime généralement en degré Celsius (°C) (Rodier, 1996).

##### b) Le potentiel d'hydrogène (pH)

###### ➤ Principe :

C'est la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel-KCL saturé). Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$  (Rodier et *al.*, 2009).

**c) La conductivité électrique (CE)****➤ Principe :**

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution. Elle s'exprime généralement en micro Siemens par centimètre (uS/cm) (Rodier, 1996).

**d) L'oxygène dissous****➤ Principe :**

La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution (Rodier et al., 2009).

**III.2.1.2. Analyse et dosage au laboratoire****a) Matières en suspension****➤ Principe :**

L'eau est filtrée et le poids des matières retenue par le filtre est déterminé par pesée différentielle (Rodier et al., 2009).

**b) Le Résidu sec****➤ Principe :**

La détermination des résidus secs permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes (Rodier et al., 2009).

**c) Le Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)****➤ Principe :**

La diazotation de l'amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pour presusceptible d'un dosage spectrométrique (Rodier et al., 2009).

**d) Le Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)****➤ Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro salicylate de sodium, coloréen jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique (Rodier et *al.*, 2009).

**e) Le calcium (Ca<sup>++</sup>)****➤ Principe :**

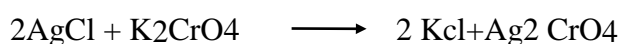
Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA, ce dosage se fait en présence de Murexide. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium libre, puis avec les ions combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet (Rodier, 1996).

**f) Le magnésium (Mg<sup>++</sup>)****➤ Principe :**

Le magnésium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA., ce dosage se fait en présence de noir eriochrome. L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions du magnésium libre, puis avec les ions magnésium combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur violet à la couleur bleue (Rodier, 1996).

**g) Le chlorure (Cl<sup>-</sup>)****➤ Principe :**

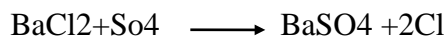
Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier, 1996). La cause de changement de coloration est le début du précipité rouge d'Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, au moment où il précipite sous formes d'AgCl :



### h) Les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

#### ➤ Principe :

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl<sub>2</sub> (Rodier, 1996) :



## III.2.2. Les Paramètres biologiques

### III.2.2.1. Les paramètres bactériologiques

Les bactéries sont ubiquitaires dans la nature, elles se trouvent dans tous les milieux ; air, sol, eau et même dans/sur d'autres êtres vivants (Rodier et *al.*, 2009).

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier et *al.*, 2009).

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire d'hygiène de M'Sila (Institut Pasteur M'Sila), consistent à rechercher et dénombrer les :

- Coliformes totaux et fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Recherche de Salmonella
- Recherche de Vibron cholérique

#### a) Recherche et dénombrement des coliformes et d'Escherichia-coli

##### ✓ Milieux de culture

- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à double concentration (D/C) ;
- Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C) ; Milieu de confirmation : bouillon de Schubert ;
- Réactif de Kovacs pour la recherche d'indole.

##### ✓ Mode opératoire

**1<sup>ère</sup> étape : Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes :**

On ensemence

- 3 tubes de 10ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1ml d'eau à analyser ;

On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48 heures ;

Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

✓ **Expression des résultats des Coliformes totaux**

Le nombre des coliformes totaux par 100ml est obtenu, en comptant le nombre des tubes positifs, en se référant à la table de MacCredy, qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

**2<sup>ème</sup> étape : Test confirmatif de la présence ou l'absence d'E.Coli**

- On repique chaque tube de BPCL positif de 2 à 3 gouttes par une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- On incube à 44°C pendant 24 heures ;
- On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;
- Un trouble avec un dégagement gazeux ;

Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par E.Coli

- Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.

✓ **Expression des résultats des Coliformes fécaux**

Le dénombrement d'E. Coli s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de MacCredy.

**b) Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux**

✓ **Milieu de culture**

- Milieu de Rothe à double concentration (D/C) ;

- Milieu de Rothe à simple concentration (S/C) ;
- Milieu de confirmation Eva Litsky.

✓ **Mode opératoire**

➤ **1<sup>ère</sup> étape : Test présomptif**

On ensemence

- 3 tubes de 10ml bouillon de Rothe (D/C) avec 10ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10ml bouillon de Rothe (S/C) avec 1ml d'eau à analyser ;
- 3 tubes de 10ml de bouillon de Rothe (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser ; On incube à 37°C pendant 24h à 48heures ;

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

➤ **2<sup>ème</sup> étape : Test confirmatif**

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux, successivement, quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Eva Litsky à l'éthyle violet d'acide de sodium ;
- On incube à 37°C pendant 24 heures ;

L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un Streptocoque fécale, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

✓ **Expression des résultats**

Les résultats de dénombrement sont exprimés, comme ceux d'E.Coli, en nombre de germes par 100ml d'échantillon. En se référant à la table MacCredy.

**c) Recherche de Salmonella**

➤ **Premier Enrichissement.**

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cystéine D/ Créparti à raison de 100 ml par flacon. Ce dernier sera doncensemencé à l'aide de 100 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➤ **Deuxième enrichissement et Isolement**

Ce flacon fera l'objet :

- d'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite entubes à raison de 0,1ml
- d'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h.

➤ **Lecture des boîtes et Identification.**

- D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement,
- D'autre part, la boîte de gélose Hektoen subira une lecture, en tenant compte, du fait que les Salmonella se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

### III.2.2.2. Les algues

Les algues microscopiques qui constituent le phytoplancton des eaux douces sont pour la majorité des organismes photosynthétiques, leur croissance dépend de la disponibilité en nutriments et de la présence de toxique, de la température et de la lumière. Dans certaines conditions, avec des apports élevés de nutriments, la croissance excessive de ce phytoplancton conduit à une situation d'eutrophisation (Sassoui et Asloum, 2017).

✓ **Matériels utilisés :**

- Microscope optique (Lames et lamelles) ;
- Ordinateur ;

La détermination se fait par les ouvrages suivants :

- Freshwater algae. Identification et bio-indicator ;
- Guide d'identification des diatomées des rivières de l'est du canada ;

Identification des algues. Guide de terrains agroenvironnementaux

### III.4. Origine des données

La démarche de recherche adoptée ici a combiné plusieurs méthodes et outils d'investigation. Les données collectées sont des données du traitement des eaux de surface et hydrométriques.

Celles-ci ont ensuite fait l'objet d'une analyse statistique de qualité des eaux de surface et cartographique. Les données hydrométriques et les données du traitement des eaux concernant Oued Boussaâda ont été recueillies à partir de l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda par Sassoui et Asloum en 2017, à l'université de M'Sila, ces données couvrent la période 2016-2017 seulement.

Les résultats des analyses des paramètres physico chimiques et biologiques sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau III 2. Les résultats des analyses des paramètres physico chimiques et biologiques d'Oued Boussaâda.**

| <b>Stations</b><br><b>Paramètres</b>       | <b>Station (1)</b>  | <b>Station (2)</b>  | <b>Station (3)</b>                           | <b>Station (4)</b>                           |
|--|---|---|--|--|
| <b>Température (°C)</b>                    | 17  | 19  | 22   | 24   |
| <b>Potentiel d'hydrogène</b>               | 8.8   | 8.3   | 8.5  | 8.9  |
| <b>Conductivité électrique<br/>(µs/cm)</b> | 1900  | 2100  | 2350   | 2400   |
| <b>Résidu sec</b>                          | 1450  | 1580  | 1750   | 1826.78                                      |
| <b>Oxygène dissous (mg/l)</b>              | 3.7   | 2.5   | 1.3  | 0.7  |
| <b>Matières en suspension<br/>(mg/l)</b>   | 1900  | 2250  | 3000   | 3050   |
| <b>Le calcium (mg/l)</b>                   | 265   | 350   | 473.7  | 420  |
| <b>Le magnésium (mg/l)</b>                 | 230   | 220   | 241.65                                       | 180  |
| <b>Les sulfates (mg/l)</b>                 | 290   | 400   | 555  | 360  |
| <b>Le chlorure (mg/l)</b>                  | 200   | 255   | 265  | 273.75                                       |
| <b>Nitrates (mg/l)</b>                     | 1.25  | 1.7   | 3.2  | 3.05   |
| <b>Nitrites (mg/l)</b>                     | 0.24  | 0.19  | 0.59   | 0.27   |
| <b>Coliformes<br/>Totaux (CT/100ml)</b>    | 1400  | 1400  | 1400   | 1400   |
| <b>colibacilles</b>                        | 1400  | 1400  | 1400   | 1400   |
| <b>Streptocoques<br/>La famille D</b>      | 93  | 240   | 1400   | 1400   |
| <b>Salmonelles</b>                         | Abs   | Abs   | Abs  | Abs  |
| <b>Les algues</b>                          | Navicula<br><i>Surirella ovalis</i><br><i>Stephanodiscus</i><br><i>sp</i> | Navicula<br><i>Surirella ovalis</i><br><i>Stephanodiscus</i><br><i>sp</i> | Navicula<br>Nitzichia<br>Euglena<br>Oocystis | Navicula<br>Nitzichia<br>Euglena<br>Oocystis |

### **III.5. Les outils utilisés**

Parmi les outils utilisés, citons : Un appareil multi paramètres (HANNA) de type 340iWTW, spectrophotomètre d'absorption moléculaire (HACH, Odssey DR/2500), incubateur, microscope, ordinateur, GPS, et aussi le logiciel ArcGIS 10.8.

### **III.6. Méthode du traitement**

Le système d'information géographique (SIG) aide à manipuler les données de l'ordinateur pour simuler des solutions de rechange et prendre les décisions les plus efficaces (Narayan, 1999).

Le traitement des données collectées a été effectué sous diverses formes :

- ✓ Le transfert des données collectées de notre zone d'étude vers le logiciel Arc Gis ;
- ✓ Une base de données créée à travers ce logiciel pour regrouper les diverses Informations concernant l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda ;
- ✓ Utilisation de logiciel Arc Gis 10.8 pour des représentations cartographiques thématiques. De façon générale, il est à noter que, les analyses ont été réalisées avec ce dernier ; cela suivant la nature des informations recherchées.

## Chapitre IV

**Mise en place d'un système d'information géographique (base de données a référence spatiale) pour l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda**

## **Chapitre IV. Mise en place d'un système d'information géographique (base de données à référence spatiale) pour l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda.**

Ce chapitre comporte deux sections : La première traite de l'intérêt de l'utilisation du SIG dans l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda ; la seconde retrace les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale élaborée lors de notre étude.

### **IV.1. Utilité d'un SIG dans l'étude de qualité physicochimique et biologique d'Oued Boussaâda :**

Un Système d'Information Géographique (SIG) est défini par Thériault (1996) comme étant « un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiales utilisé pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, stimuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique ». Il s'agit donc d'un outil informatique qui stocke et gère des informations ayant une référence au territoire.

Si l'on considère un Système d'Information Géographique comme un moteur, il est essentiel pour qu'il fonctionne de l'alimenter avec un carburant. Dans l'univers des SIG, ce carburant ce sont les données.

Les données représentent les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

Les données géographiques sont souvent sous forme de photographies aériennes, des plans, cartes sur papiers, etc.

Dans notre cas nous avons eu des cartes sur papiers et des plans que nous avons transformés en formats numériques par géo référencement et par saisie.

Les sources d'informations (comme celles décrites précédemment) peuvent être d'origines très diverses. Il est donc nécessaire de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement. Les SIG intègrent de nombreux outils permettant de manipuler toutes les données pour les rendre cohérentes et ne garder que celles qui sont essentielles au projet.

Ces manipulations peuvent, suivant les cas n'être que temporaires afin de se coordonner au moment de l'affichage ou bien être permanentes pour assurer alors une cohérence définitive des différentes sources de données.

Les fonctions les plus importantes des SIG sont :

- L'archivage c'est-à-dire le stockage des données au moyen de la saisie de l'information sous forme numérique ;
- L'analyse des données spatiales et thématiques qui fait des SIG un puissant outil d'aide à la décision ;
- La visualisation des résultats des analyses sous forme de cartes thématiques.

Dans le domaine d'étude d'hydrologie de bassin-versant, les avantages fournis par les SIG sont nombreux. Tout d'abord, les SIG permettent une visualisation de la situation. Il est en effet plus aisé de se représenter la réalité en ayant un support visuel tel qu'une carte thématique. Avec le SIG, les utilisateurs peuvent par exemple :

- Voir sur les sous bassins hydrographiques du Hodna (Sous-bassin de l'Oued Boussaâda) ;
- Voir sur la qualité de l'eau d'Oued Boussaâda) ;
- Voir sur les paramètres physico-chimiques et biologiques de l'eau d'Oued Boussaâda.

En fin, une fois les données intégrées au travers des différentes couches d'information, on peut effectuer une analyse spatiale rigoureuse et efficace, Des calques superposés les uns aux autres combinés à des données alphanumériques donnent des résultats d'analyse très efficaces. Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes qui sont en effet de formidables outils de synthèse et de présentation de l'information.

Le SIG offrent à la cartographie moderne des nouveaux modes d'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement intégrer des rapports, des vues 3D ; des images photographiques et toutes sortes d'éléments multimédia.

Le système d'information devrait être un outil d'observation et d'aide à la décision pour leur développement futur. Il sera donc un outil évolutif qui permettra non seulement le stockage des données mais aussi une analyse de celles-ci.

### ❖ **Choix des données intégrées au système**

Plusieurs types de données ont été pris en compte dans l'élaboration du SIG, il s'agit :

- Des coordonnées géographiques issues des travaux de géo référencement (Sous-bassin d'Oued Boussaâda) ;
- Des attributs des entités géographiques ;
- La carte topographique de Biskra, Echelle 1/500 000 ;
- La carte du réseau hydro bioclimatique et de la surveillance de la qualité des eaux,

Echelle 1/500 000 (ANRH)

- La carte de réseau hydrographique de Bassin du Hodna ;
- La carte des ressources en eau dans l'Algérie du Nord ;
- Le choix des attributs des entités géo graphiques pour l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda ;

Ces derniers concernent :

- ✓ Des données générales sur le Sous-bassin d'Oued Boussaâda ;
- ✓ Des données sur les paramètres physico-chimiques et biologiques ;
- ✓ Des données sur l'échantillonnage ;
- ✓ Des données sur la qualité des eaux d'Oued Boussaâda.

## **IV.2. Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale**

La création de projet dans ArcGIS se fait par thème. Pour ce faire, il est essentiel d'utiliser un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) qui facilitera le stockage, l'organisation et la gestion des données. Ainsi, chaque thème' sera accompagné d'un SGBD qui permettra de lier les données géographiques et celles tabulaires.

### **IV.2.1.Structuration des données**

Après la définition des données à intégrer au système, il s'est agi de les organiser et de les structurer. Ainsi, la définition de règles de gestion a permis d'aligner dans l'ordre de leur apparition, toutes les données retenues. Aussi, pour passer de la réalité complexe à une représentation informatique, on a procédé à la réalisation d'un Modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG), ainsi qu'à l'implantation des données structurées dans un système informatique.

#### **IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques**

Une base de données (en anglais data base) est une "structure de données permettant de recevoir, de stocker et de fournir à la demande des données à de multiples utilisateurs indépendants" (Définition AFNOR-ISO, dictionnaire de l'informatique, 1989).

Les bases de données géographiques sont les outils opérationnels qui permettent d'organiser et de gérer l'information géographique sous forme numérique. Ce sont des ensembles structurés de fichiers décrivant les objets ou phénomènes localisés sur la Terre (avec leurs attributs et leurs relations nécessaires à la modélisation de l'espace géographique). Ces ensembles sont munis d'un système de gestion permettant de les tenir à jour, de les archiver et de les diffuser.

Les bases de données constituent le socle sur lequel s'appuient les systèmes d'information géographique, qui analysent et exploitent les données pour en tirer des informations utiles à la décision.

Toute base de données représente une modélisation particulière de la réalité, et donc une généralisation plus ou moins poussée de celle-ci.

Le Modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG) est une représentation facilement compréhensible, permettant de décrire le système d'information. Le MBDG sert à formaliser la description des informations qui sont mémorisées dans le système d'information géographique (SIG).

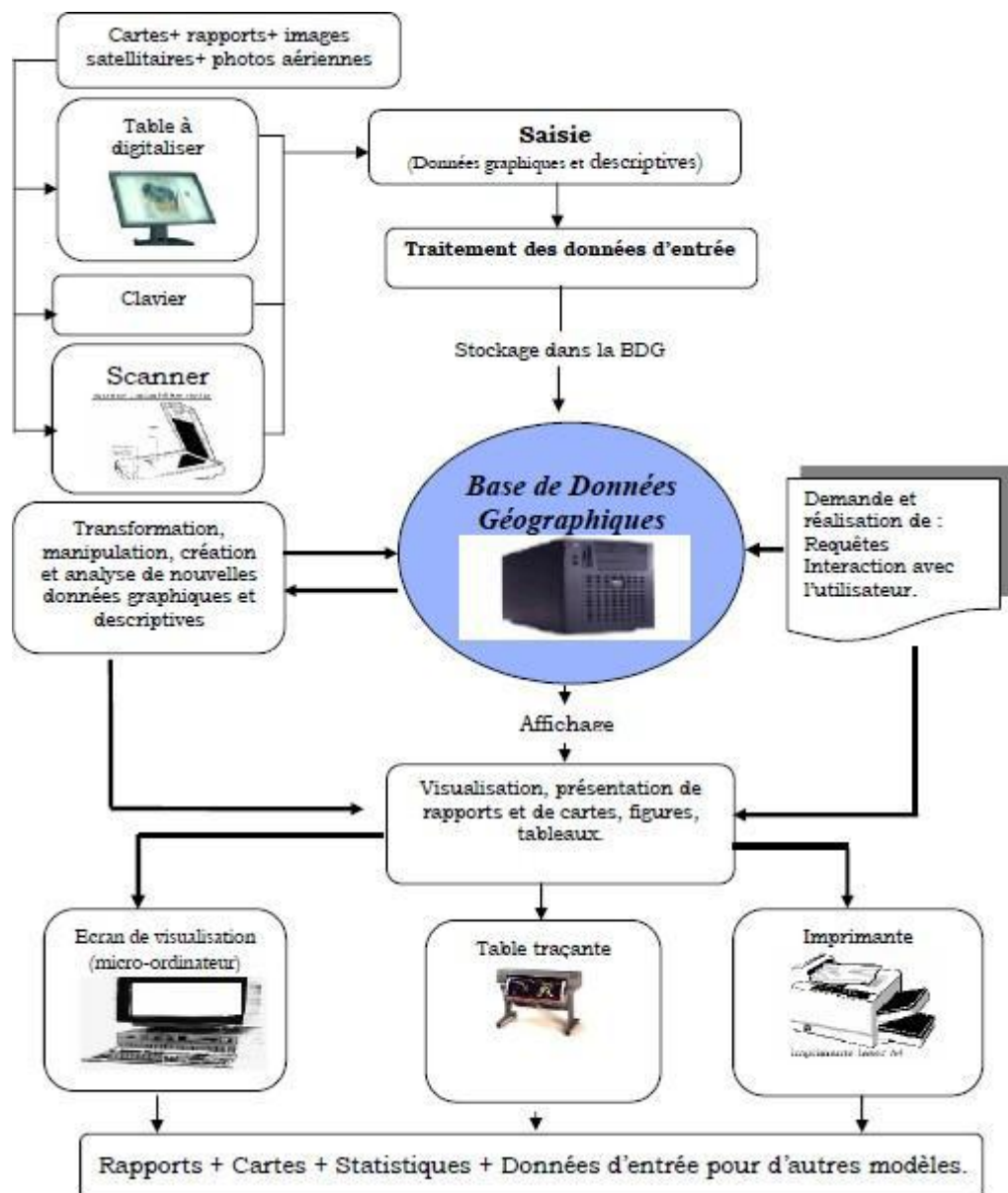


Fig IV 1. Base de données géographiques BDG (Ider, 2004).

Le noyau du SIG- étude de la qualité des eaux est une base de données géographique intégrant un ensemble de couches thématiques (distribution et évaluation de l'eau... etc.) et des données des campagnes d'analyses. Une application SIG spécifique offrant un ensemble d'outils notamment pour

la saisie et le contrôle des données, les traitements statistiques, les analyses spatiales et les représentations cartographiques.

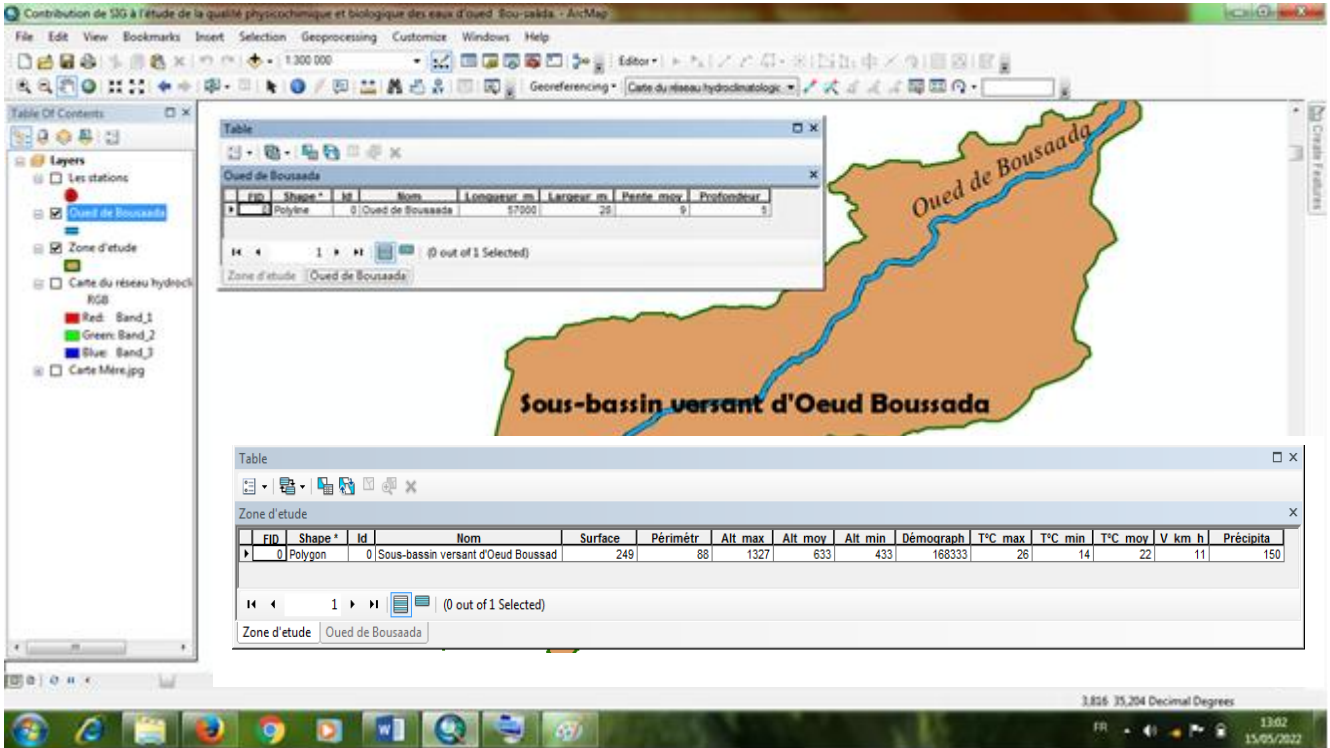


Fig IV 2. MBDG – Présentation de Sous-bassin versant d'Oued Boussaâda.

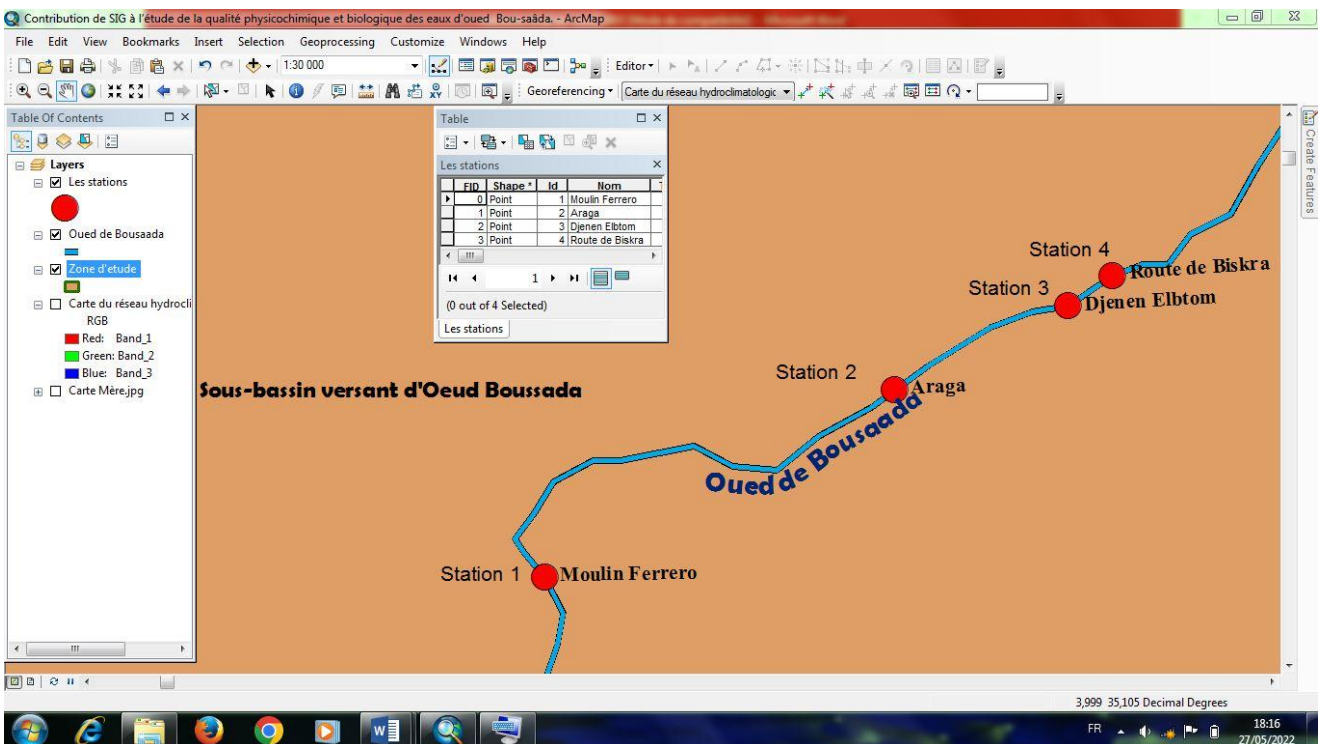


Fig IV 3. MBDG – Distribution des stations/sites/le long d'Oued Boussaâda.

#### **IV.2.1.2. L'implantation des données structurées dans un système informatique**

Les données structurées en modèle d'une base de données des figures (IV.2) et (IV.3) ont été implantées dans un système informatique et les attributs des différentes entités (tables) ont été renseignés à l'aide des données collectées sur le terrain. La base de données créée a ensuite été testée afin de contrôler son fonctionnement. C'est ainsi que des requêtes en langage SQL (Structured Query Language) ont été créées dans le but d'analyser et d'exploiter les données.

Les SIG permettent des manipulations via des requêtes écrites en langage SQL, la base de données conçue doit être exploitable et compréhensible pour des personnes ne maîtrisant pas forcément le logiciel SIG. C'est pourquoi, il a été nécessaire de créer une interface graphique (formulaires) simple et conviviale aussi bien pour le démarrage d'une session, la saisie et la mise à jour des données et l'exploitation des données. Ainsi, les utilisateurs pourront utiliser cet outil sans même connaître le fonctionnement et le langage de SIG.

#### **IV.2.2. Le travail sous environnement SIG : Intégration des données géographiques et traitement de l'information**

Dans cette partie, les coordonnées des entités géographiques (distribution et étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda etc.) prises sur le terrain lors de nos enquêtes ont été exportées du plan et à l'aide de calage des cartes à l'ordinateur pour être ensuite intégrées dans le SIG. En somme, quatre (04) stations de prélèvement répartis comme suit ont été intégrés dans le SIG :

- 04 Points représentant les coordonnées des stations /sites/de prélèvement dans le Sous-bassin de Boussaâda ;
- 12 Points représentant les coordonnées des paramètres physico-chimiques des eaux d'Oued Boussaâda ;
- 04 Points représentant les des paramètres biologiques des eaux d'Oued Boussaâda.

Les coordonnées des entités géographiques (distribution et étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda etc.) étant matérialisées dans le SIG et leurs différents attributs stockés dans la base de données, il a été indispensable de créer un lien entre la base de données et Arc Gis 10.8 (le logiciel de SIG utilisé). Pour ce faire, les tables de la base de données distribution et l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'oued Boussaâda, etc. ayant une référence spatiale ont été converties en format d'BASE.

Ces fichiers d'BASE, successivement chargés dans Arc Gis sous forme de tables ont été ensuite ajoutés au SIG par jointure avec les tables attributaires des entités géographiques correspondantes. La jointure de table est un procédé qui permet d'attribuer des données d'une table extérieure (fichier d'BASE) à des objets du SIG.

Le logiciel SIG mémorise l'endroit du disque ou réside le fichier et rappelle les données qu'il contient chaque fois que le document (projet) est ouvert.

Associées à chaque point, les données recueillies peuvent nous permettre de réaliser une cartographie thématique plus ciblée à mettre à la disposition et des acteurs institutionnels agissant dans l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda. Dans le chapitre suivant, nous verrons comment peut être exploité l'ensemble de ces données dans une approche de spatialisation d'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda .



# Chapitre V

## **Résultats et discussion**

## V. Résultats et discussion

### V.1. La température :

Le graphique suivant représente les changements de température à quatre stations différentes de la vallée de Boussaâda, où nous notons que la température varie de 17 à 24 degrés Celsius aux quatre stations.

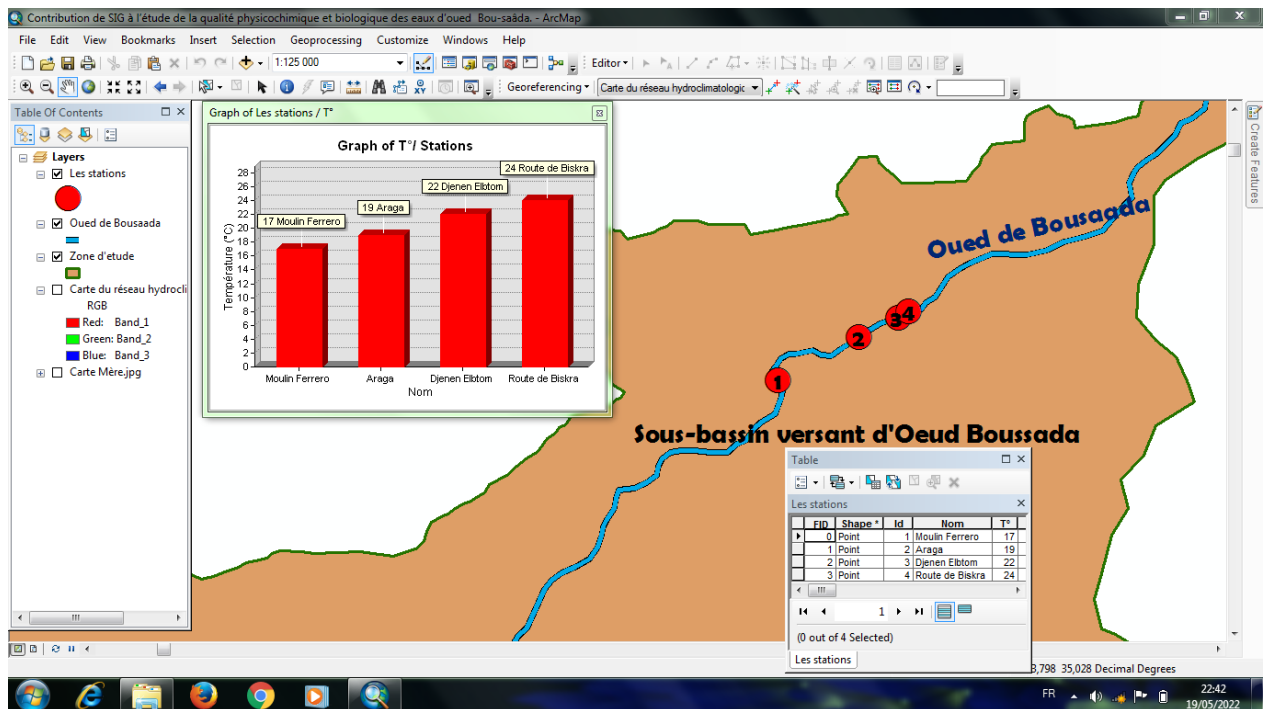


Fig V 1. Variations de la température des eaux des stations d'étude

Les températures varient aux quatre stations où nous enregistrons respectivement (17°C, 19°C, 22°C, 24 C°).

La valeur de température la plus basse apparaît à la station 1 et est estimée à 17 °C, tandis que la valeur de température la plus élevée à la station 4 a été enregistrée à une valeur estimée à 24C°

La température est un facteur écologique de première importance, elle a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (Ramade, 1993). Ainsi un réchauffement entraîne l'apparition des algues flottantes et des organismes aquatiques indésirables.

Selon la Grille multi usages d'appréciation globale de la qualité des cours d'eau, selon les normes françaises on constate que la température d'oued Boussaâda varie de bonne qualité dans la station 3, très bonne dans les stations 1 et 2 et une qualité moyenne dans la dernière station ( station 4).

## V.2. Le PH :

Selon le graphique suivant représentant les changements de pH dans quatre stations différentes de la vallée de la Boussaâda, nous notons :

Les valeurs de pH vont de 8,3 à 8,9 lorsque la valeur de pH la plus faible a été enregistrée à la station 2 (8,3) et la valeur la plus élevée à la station 4 (8,9), tandis que les stations 1 et 3 sont enregistrées (8,8 et 8,5) respectivement.

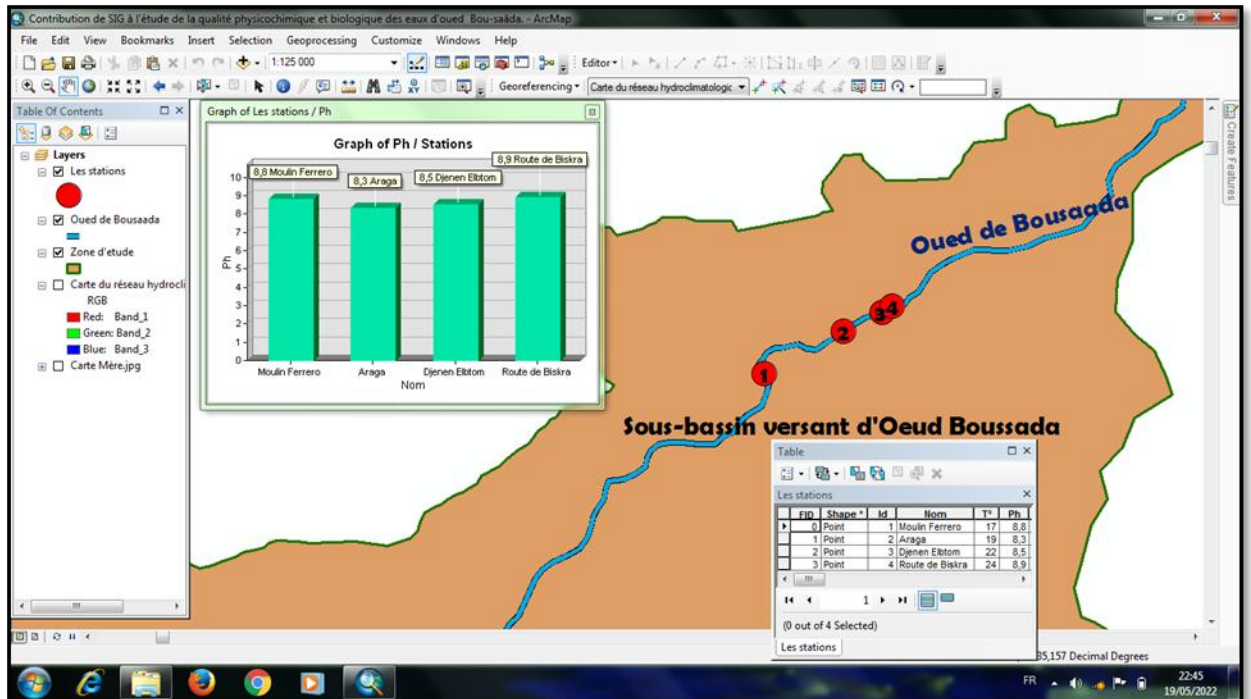


Fig V 2. Variations du potentiel d'hydrogène (pH) des eaux des stations d'étude

Le PH des eaux d'oued Boussaâda est généralement alcalin dans toutes les stations étudiées. Ces valeurs de PH peuvent s'expliquer par les terrains traversés qui sont des roches basiques. Pour Olivier 2005, le PH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains.

D'après la grille multi-usage, on remarque que les eaux d'oued Boussaâda ont une qualité moyenne pour toutes les stations.

## V.3. Conductivité électrique :

Le graphique représente les changements de conductivité électrique à quatre stations différentes de la vallée de Boussaâda où nous notons :

Le conducteur varie de 1900 à 2400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et varie d'une station à l'autre où nous enregistrons la valeur la plus basse du conducteur dans la station 1 et estimée à 1900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et la valeur la plus élevée du conducteur dans la station 4 et estimée à 2400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tandis que les stations 2 et 3 enregistrent 2100 et 2350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivement.

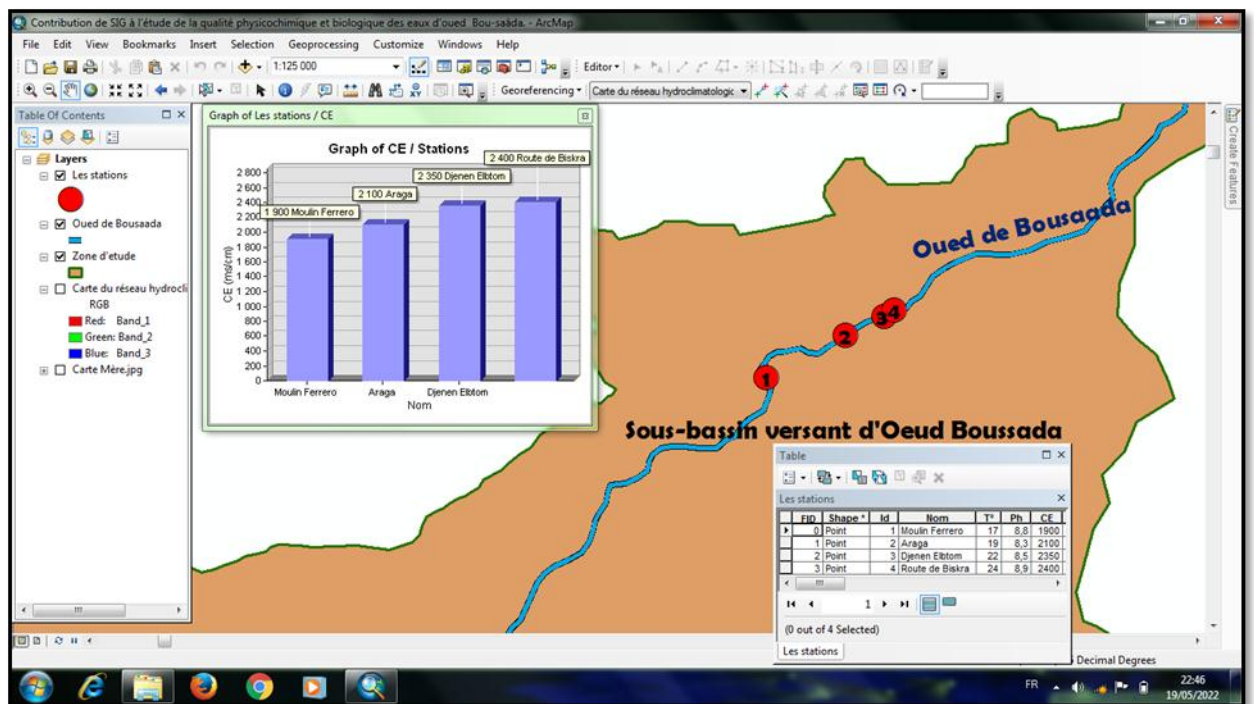


Fig V 3. Variations de la conductivité électrique (CE) des eaux des stations d'étude

La conductivité électrique d'une eau nous renseigne sur les variations de sa composition d'origine naturelle ou anthropique (Rodier, 1984). Les fortes valeurs observées dans les deux dernières stations sont dues, probablement au diversissement des eaux usées urbaines et périurbaines (présence d'une activité agricole).

Selon (Rodier et al., 2009), la conductivité s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau, les écarts sont d'autant plus importants que la minéralisation initiale est faible.

A partir de la grille multi usage, la qualité des eaux d'oued Boussaâda est mauvaise dans presque toutes les stations parce qu'elles ont généralement des teneurs en conductivité électrique supérieures à 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### V.4. Résidu sec :

Le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, sa mesure constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau.

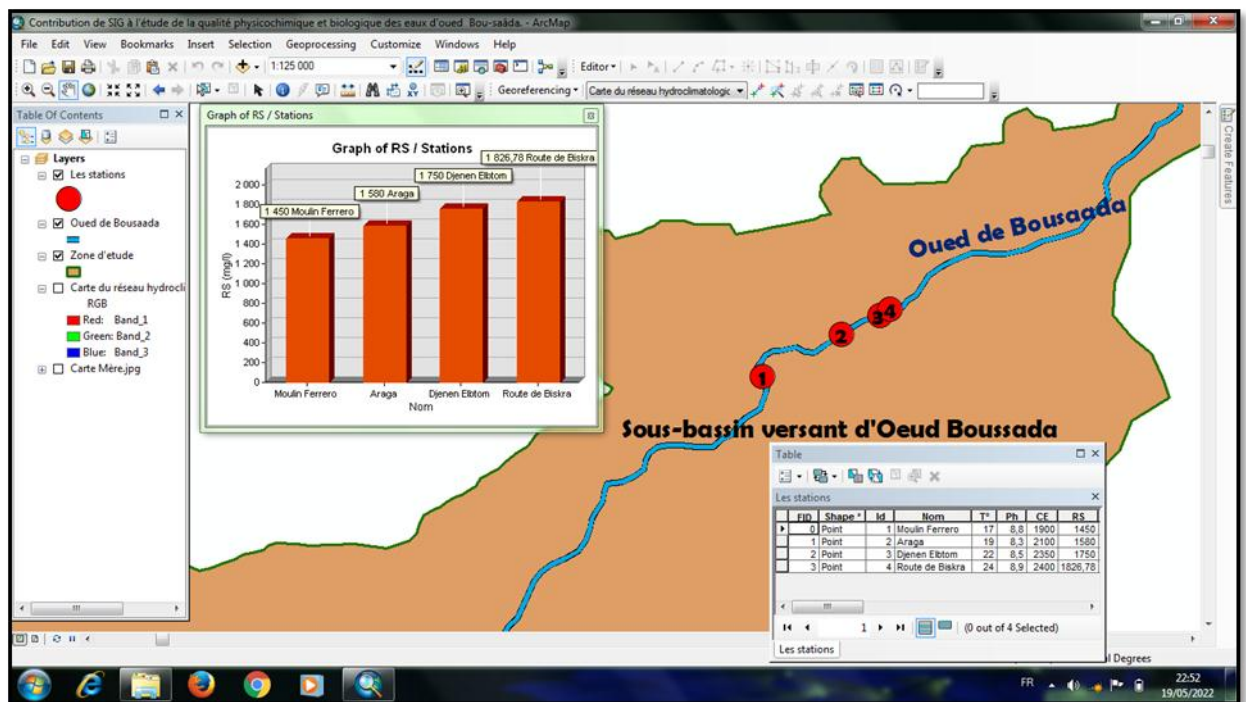


Fig V 4. Variations des résidus secs (RS) des eaux des stations d'étude

Le graphique représente les changements dans les résidus secs à quatre stations différentes de la vallée de la Boussaâda. Nous avons enregistrées des valeurs différentes et en augmentation progressive dans les quatre stations (de l'amont vers l'aval), où nous enregistrons la valeur la plus faible dans la station 1, estimée à 1 450, et la valeur la plus élevée dans la station 4, estimée à 1 826,78, tandis que les stations 2 et 3 enregistrent 1 580 et 1 750, respectivement.

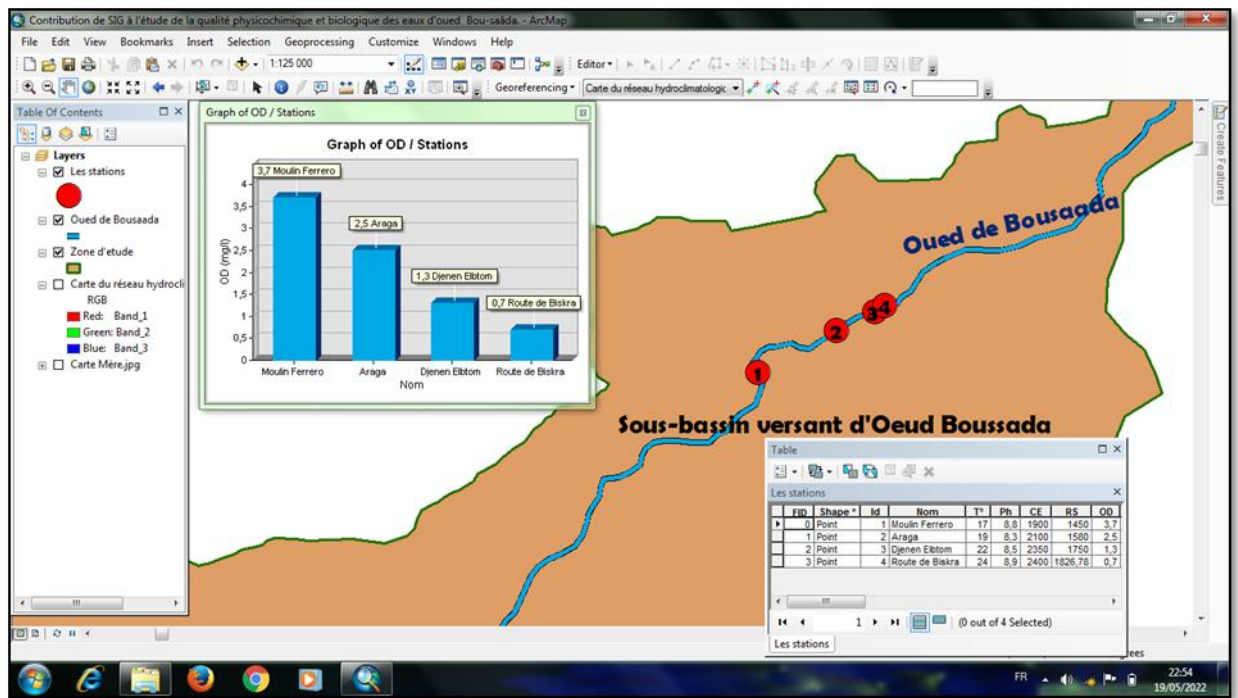
Cette augmentation est probablement due à une température élevée et à un faible débit d'eau, ce qui a affecté le taux de minéralisation (élevé).

Le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, sa mesure constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau.

D'après la grille multi- usage on remarque que les eaux d'oued Boussaâda ont une qualité bonne dans la station 1 et qualité moyenne dans les autres stations.

### V.5. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous dans l'eau est un élément fondamental qui intervient dans la majorité des processus biologiques.



**Fig V 5. Variations de l'oxygène dissous (OD) des eaux des stations d'étude**

Le graphique ci-dessous représente les changements d'OD dans quatre stations différentes de la vallée de Boussaâda, où nous enregistrons des valeurs variables et décroissantes de l'amont vers l'aval, la valeur d'OD la plus élevée dans la station 1 étant estimée à 3,7 mg/l et la valeur la plus faible à la station 4, estimée à 0,7 mg/l, tandis que les stations 2 et 3 sont respectivement de 2,5 et 1,3 mg/l.

La concentration de l'oxygène dissous dans l'eau varie en fonction de plusieurs facteurs dont principalement la température ; plus la température de l'eau est faible, plus la solubilité de l'oxygène est importante.

Effectivement nous avons enregistré une valeur minimale de 0,7 mg/l dans la station 4 où la température était de 24°C et une valeur maximale de 3,7 mg/l dans la station 1 où la température était de 17°C.

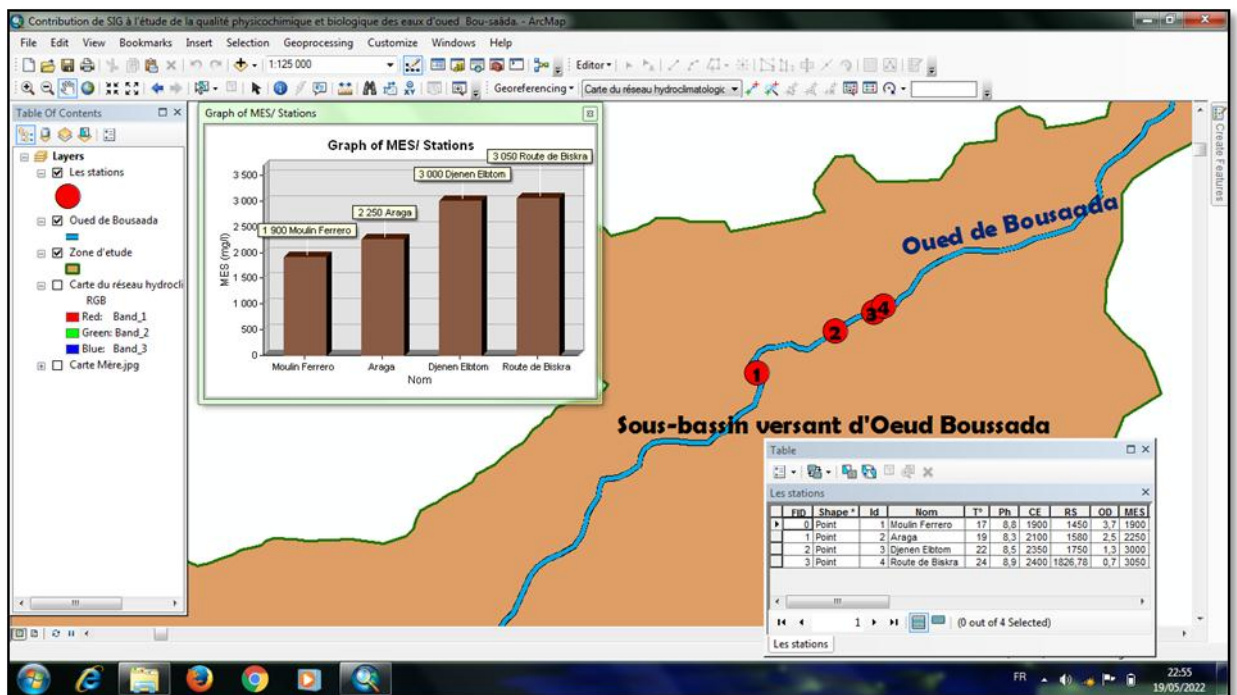
Pour (Allen et *al.*, 1994) la concentration d'oxygène dissous est soumise à des variations diurnes et saisonnières qui sont dues en partie aux fluctuations de la température de l'air, de l'activité photosynthétique et du débit de l'eau.

Comparativement aux données de la grille de la qualité des eaux superficielles nous concluons que l'eau d'oued Boussaâda est moyenne dans la station 1 et mauvaise dans les autres stations (2, 3, 4).

## V.6. Matières en suspension :

Le dessin ci-dessus représente les changements de MES à quatre stations différentes de la vallée de Boussaâda où nous observons une différence et des valeurs croissantes en MES dans les

quatre stations où nous enregistrons la valeur la plus faible dans la station 1 et estimée à 1900 mg / l et la valeur la plus élevée à la station 4 et estimée à 3050 mg / l et aux stations 2 et 3, respectivement.



**Fig V 6. Variations des matières en suspension (MES) des eaux des stations d'étude**

Dans les eaux superficielles, les MES peuvent provenir soit des effets de l'érosion naturelle du bassin versant suite à de violentes précipitations, soit des rejets d'eaux résiduares urbaines ou industrielles. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes. En effet, elles peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminué l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique (Rodier, 1976).

Selon la grille multi- usage, on observe pour toutes les stations ont une très mauvaise qualité.

## V.7. Le Calcium :

Le graphique représente les changements de calcium à quatre stations différentes de la vallée de Boussaâda où nous notons qu'il y a une différence dans les quatre stations où nous enregistrons la valeur la plus basse à la station 1 et estimée à 265 mg / l et la valeur la plus élevée à la station 3 et estimée à 433,7 mg / l et les valeurs record de 350 et 420 dans les stations 2 et 4 respectivement.

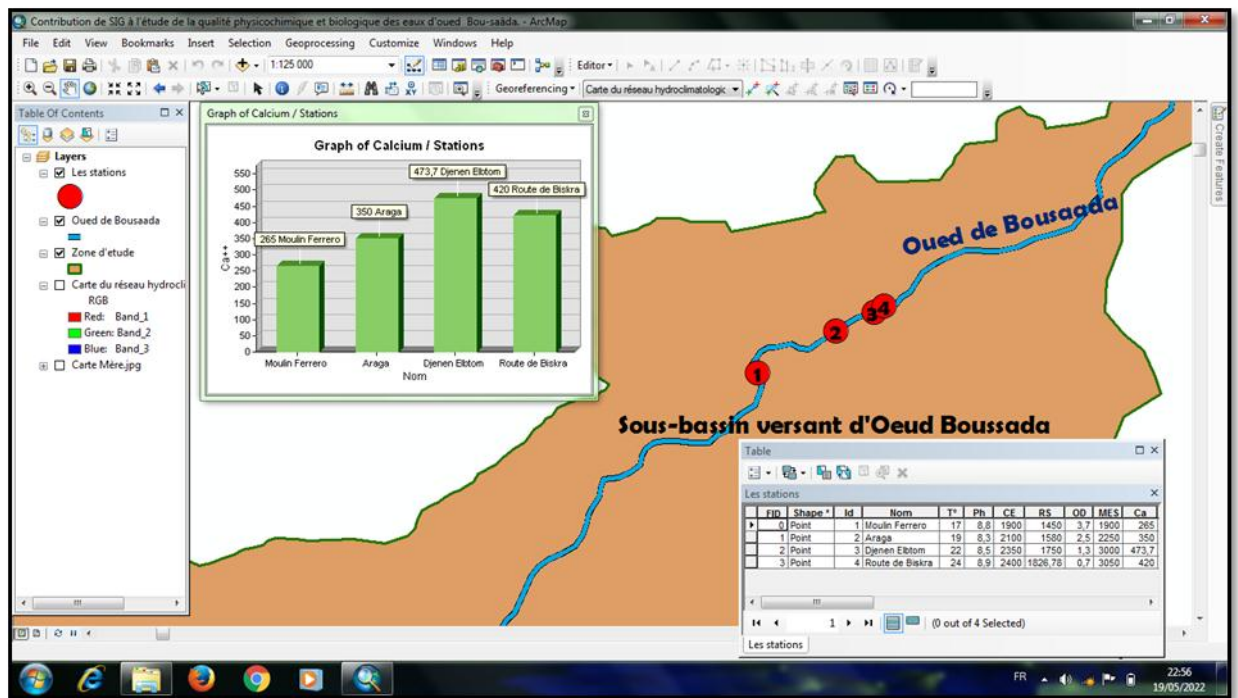


Fig V 7. Variations du calcium (Ca<sup>++</sup>) des eaux des stations d'étude

Ces teneurs élevées en calcium peuvent s'expliquer par la nature des terrains traversés pour les eaux d'oued Boussaâda. Pour Rodier 1996, le calcium est très répandu dans la nature, en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate.

D'après la grille multi- usage on constate que la station 1 a une qualité moyenne alors que dans les autres stations sont mauvaises.

### V.8. Le magnésium :

Le graphique représente les changements de magnésium à quatre stations différentes de la vallée de Boussaâda où nous enregistrons des concentrations différentes et irrégulières où la valeur la plus basse était à la station 4 et a atteint 180 mg / l et la valeur la plus élevée à la station 3 et a atteint 241,65 mg / l et les stations 1 et 2, nous enregistrons une section convergente de 230 et 220 mg / l respectivement.

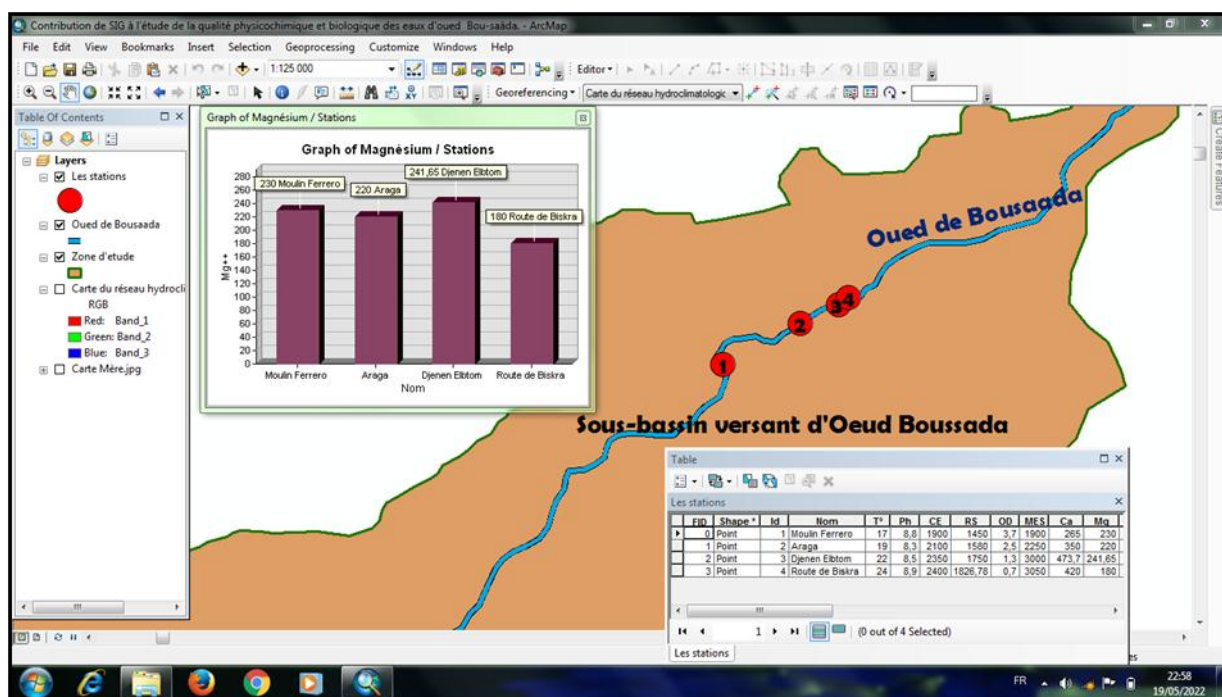


Fig V 8. Variations du magnésium (Mg++) des eaux des stations d'étude

Ces teneurs dépendent en grand partie de la composition des roches sédimentaires rencontrées (Rodier *et al.*, 2009).

D'après la grille multi – usage, on peut conclure que les eaux d'oued Bousaâda ont une mauvaise qualité par rapport au teneur en magnésium.

### V.9. Les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :

Le graphique représente les changements des sulfates à quatre stations différentes de la vallée de Bousaâda où nous notons que, les concentrations des sulfates sont irrégulières dans toutes les stations étudiées.

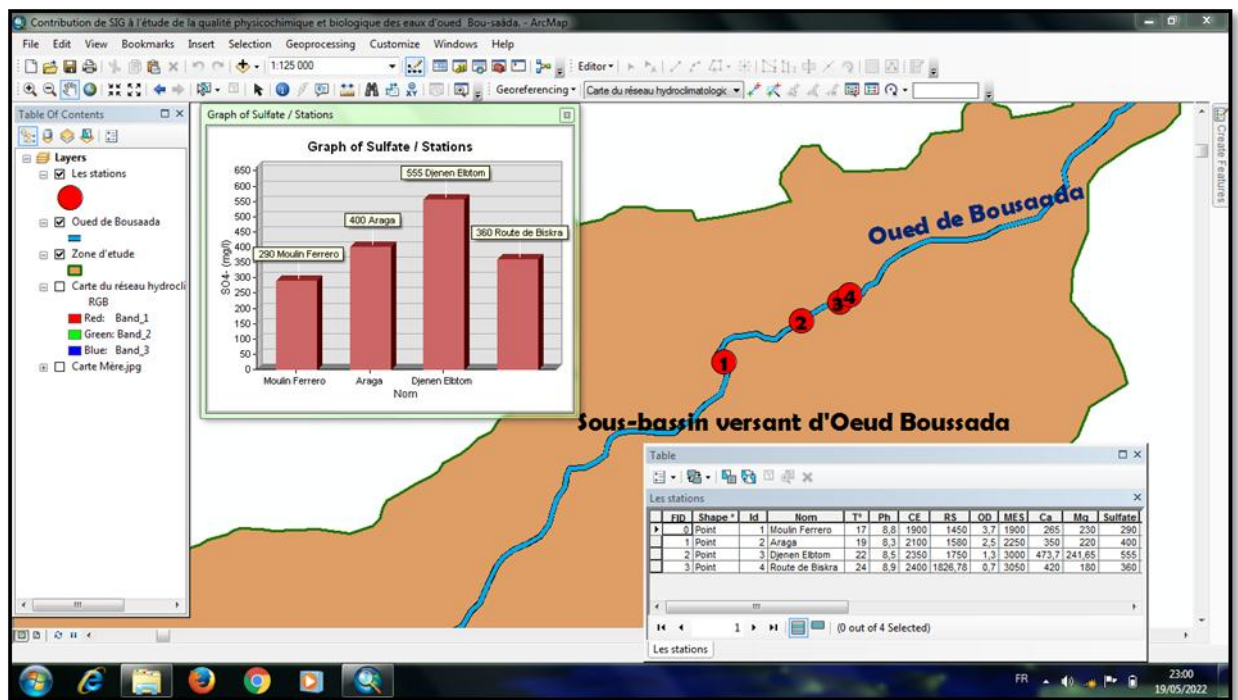


Fig V 9. Variations du sulfate ( $\text{SO}_4$ ) des eaux des stations d'étude

La valeur la plus élevée est observée dans la station 03 et estimée à 555 mg/l qui peut s'expliquer par la nature des terrains traversés et à la dissolution des lentilles gypseuses. Pour (Behra, 1981), les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité, ses sulfates de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches.

A partir la grille multi – usage, on constate que la qualité d'oued Boussaâda variée entre moyenne et mauvaise à très mauvaise.

### V.10. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) :

Le graphique représente les variations des teneurs en chlorures des eaux à quatre stations différentes de la vallée de Boussaâda. Les fortes valeurs sont enregistrées dans les stations 03 (265 mg/l) et 04 (273.35 mg/l), tandis que les faibles teneurs sont enregistrées dans la station 01, où on constate la teneur la plus faibles (200 mg/l).

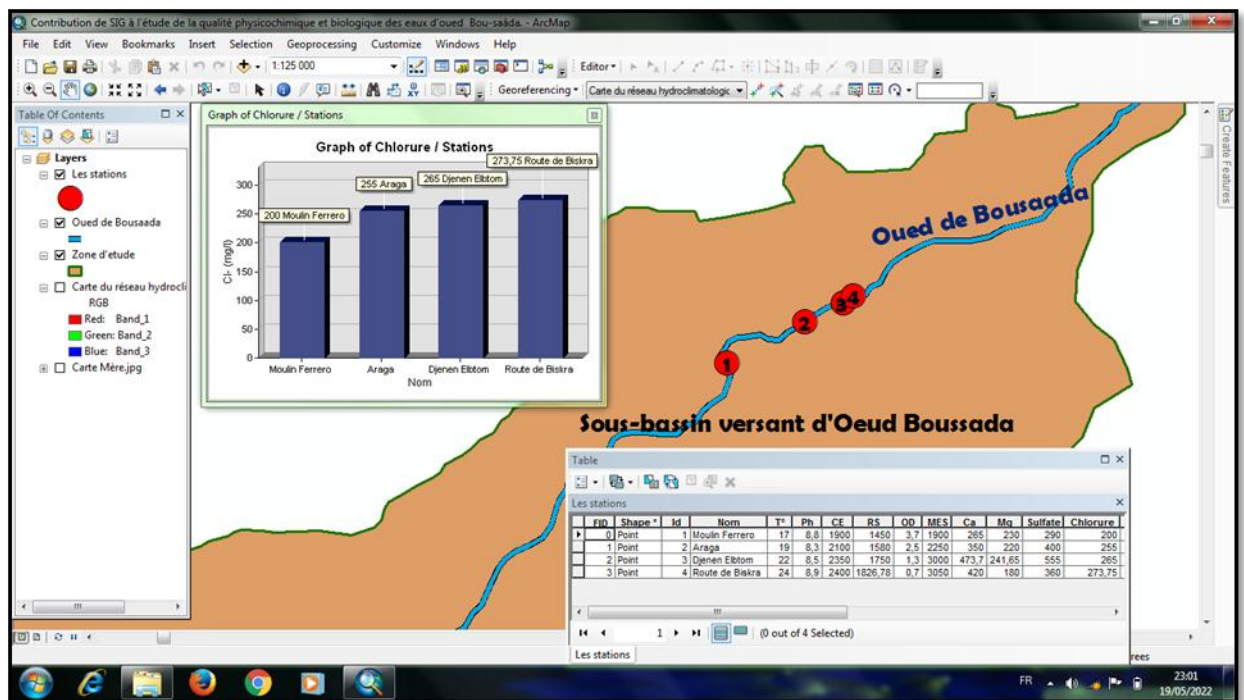


Fig V 10. Variations des chlorures (Cl-) des eaux des stations d'étude

Les taux élevés enregistrés dans les stations 03 et 04 sont due surtout aux apports des rejets d'eaux usées, d'origine domestique et industrielles, ainsi qu'au lessivage des terrains salifères. Pour (Rodier et *al.*, 2009), Les teneurs en chlorures des eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations provoquées, dans les zones urbaines, par des pollutions liées à des eaux usées.

D'après la grille multi usage, on constate que les eaux d'oued Boussaâda sont généralement de qualité moyenne pour ce paramètre.

### V.11. Les nitrates (NO<sub>3</sub>) :

Le graphique ci-dessus représente les changements des nitrates à quatre stations différentes de la vallée de Boussaâda, il montre que les concentrations des nitrates varient d'une station à une autre selon les mois.

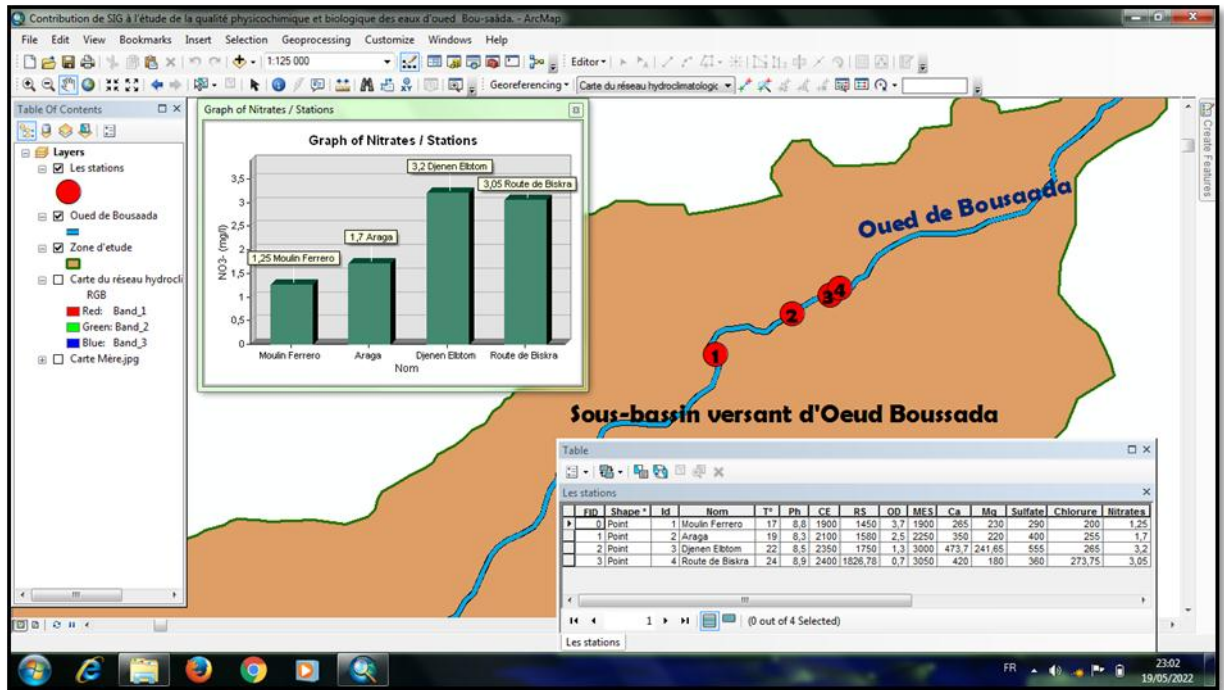


Fig V 11. Variations des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) des eaux des stations d'étude

Le taux des nitrates est très variable suivant la saison et l'origine des eaux (Rodier et al., 2009). Ces teneurs varient entre une valeur maximale (3.2 mg/l) sont enregistrées dans la station 03 et une valeur minimale de (0.6 mg/l) enregistrée dans la station 01.

Selon la grille multi – usage, les teneurs en nitrates des eaux d'Oued Boussaâda ont une qualité très bonne.

### V.12. Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :

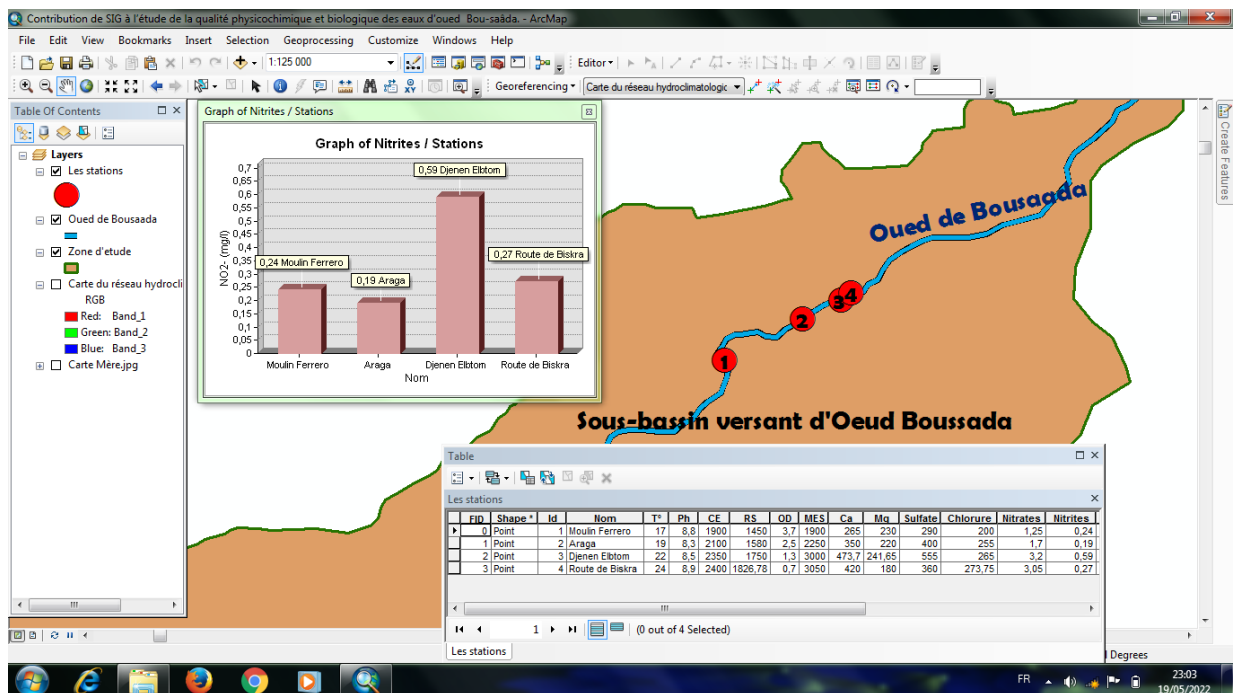


Fig V 12. Variations des nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) des eaux des stations d'étude

Selon le graphique ci-dessous les teneurs en nitrites oscillent entre une valeur minimale 0.19 mg/l et valeur maximale 0.59 mg/l, On constate que les fortes teneurs sont enregistrée dans la station 03, du probablement à l'absence de l'oxydation, et aux apports des eaux usées riche en matière organique. Pour( Mekkouï et Hamdi, 2006), les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque (la nitrification n'étant pas conduite à son terme), soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte (Rodier et *al.*, 2009).

Selon la grille multi – usage, on remarque que les stations varie entre très bonne, bonne et moyenne.

### V.13. Les coliformes totaux et les colibacilles :

A partir du graphique (Fig.V.13), on n'observe que le nombre des coliformes totaux et est fixé. Les valeurs sont constantes pour toutes les stations (1400 CT/100 ml).

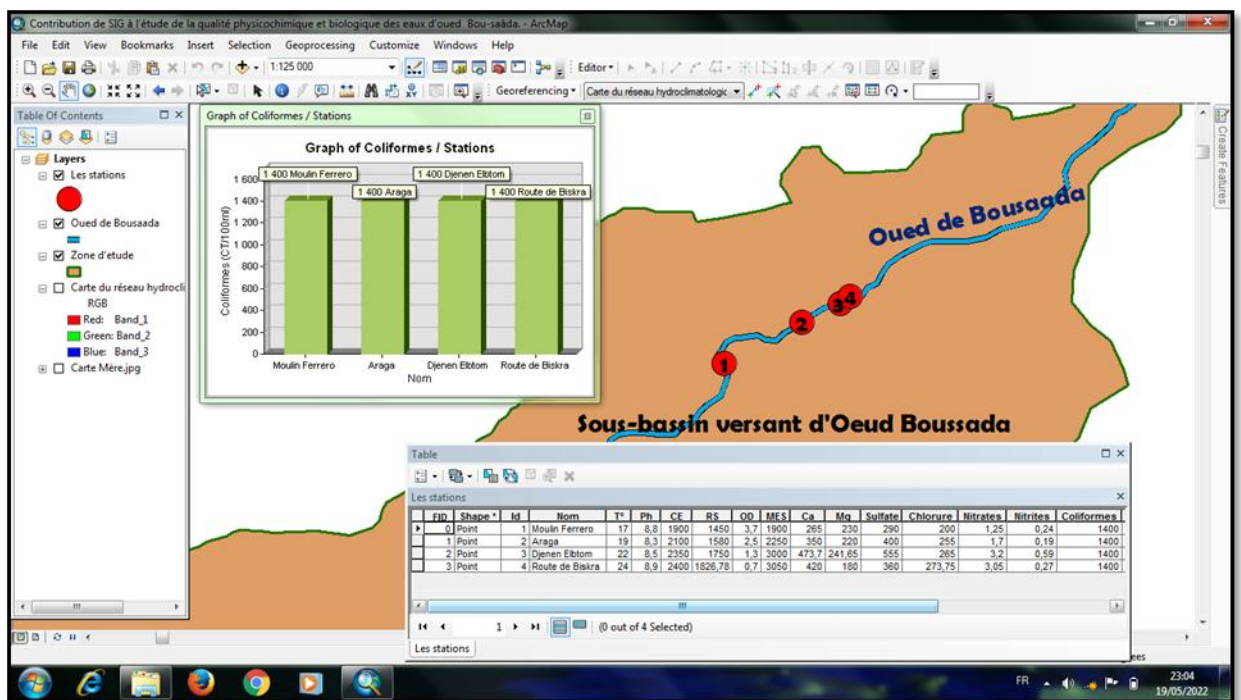


Fig V 13. Variations du coliforme des eaux des stations d'étude

Concernant les colibacilles les valeurs représentées dans le graphique (Fig.V.14.) sont aussi constantes pour toutes les stations (1400 CT/100 ml).

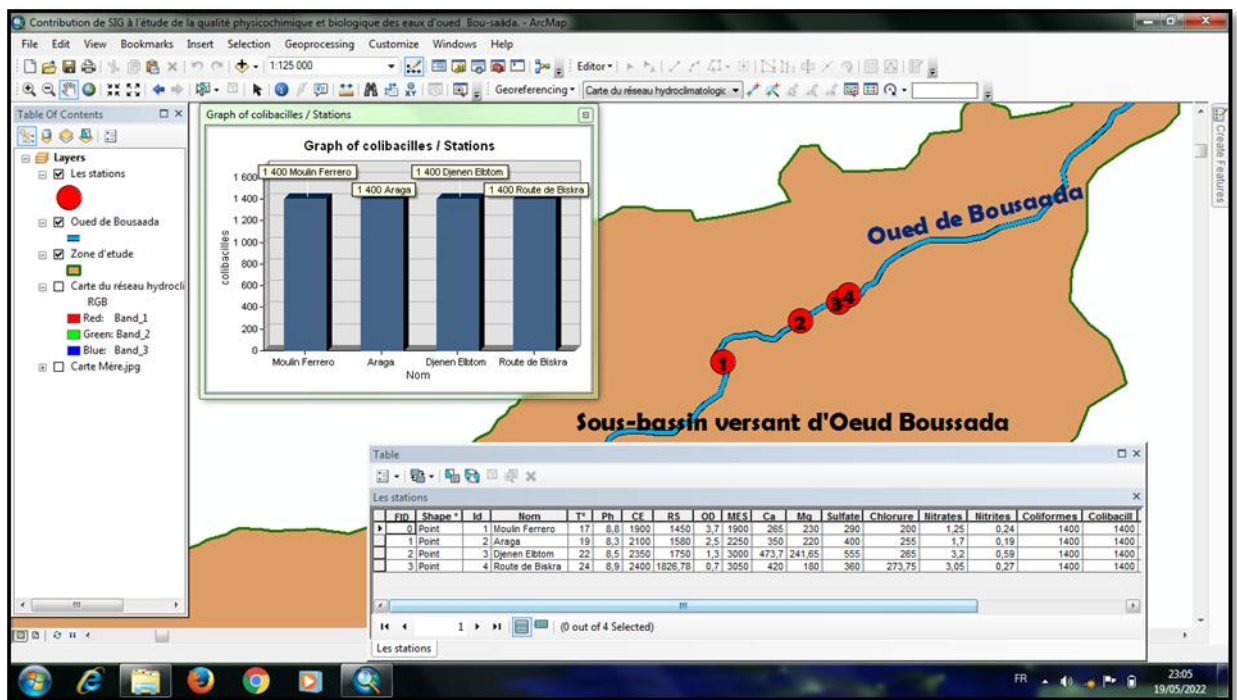


Fig V 14. Variations des colibacilles des eaux des stations d’étude

A partir la grille multi usage, on remarque que les eaux d’oued Boussaâda ont une qualité bonne.

### V.14. Les streptocoques (famille D) :

D’ après la représentation graphique (Fig.V.15.) on observe que le nombre le plus bas des streptocoques (famille D) est observé dans la station 01, tandis que le nombre le plus haut est enregistré dans les stations 03 et 04.

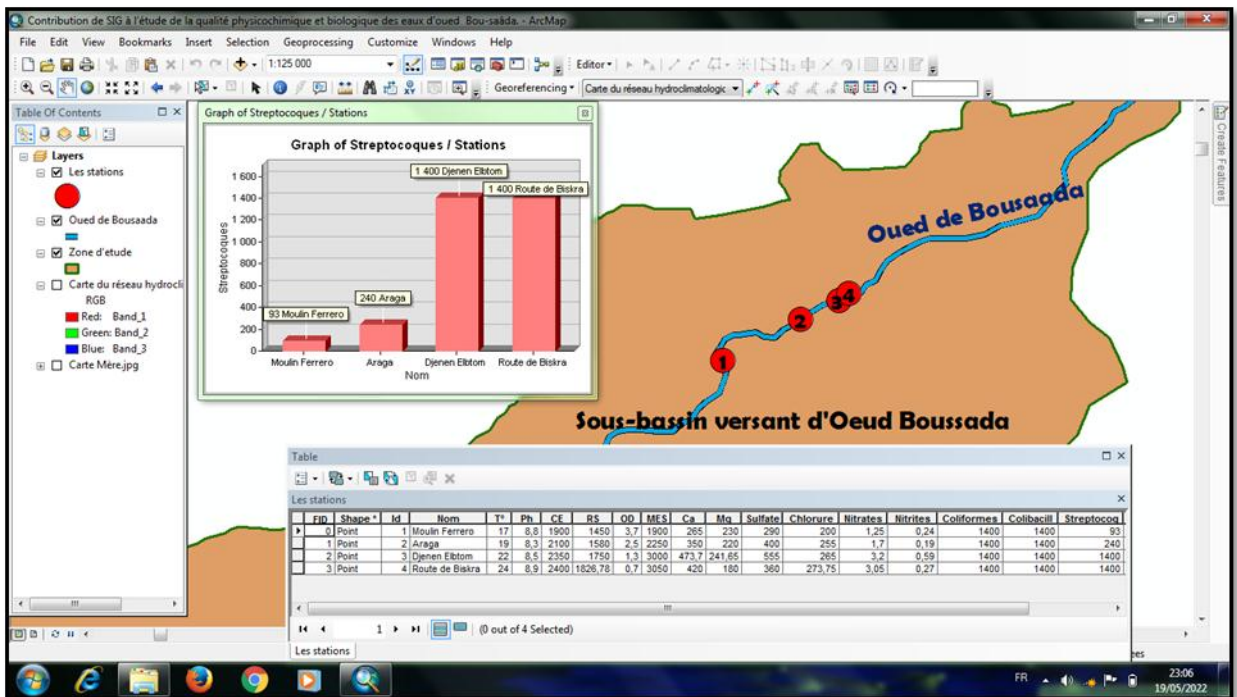


Fig V 15. Variations des streptocoques (famille D) des eaux des stations d’étude

D'après la grille multi usage, on constate que la qualité des eaux d'oued Boussaâda ont une qualité bonne dans les stations 01 et 02, mais sont moyenne dans les stations 03 et 04.

### **V.15. Recherche des salmonelles :**

Selon les résultats obtenus dans le tableau, on remarque que la recherche de salmonelle est négative, donc ces germes ne sont pas présents dans l'eau d'oued Boussaâda.

### **V.16. Les algues :**

Basé sur notre étude, nous avons trouvé 42 espèces d'algue, appartenant à 22 Genres. Après avoir comparé les stations à partir d'observations microscopiques des échantillons on remarque une variété diatomique dans la première et la deuxième station, car les conditions de vie sont favorables, tandis que dans les stations 03 et 04, on observe une biodiversité diatomique pauvre, à cause de la présence des eaux usées urbaine qui provoque des conditions défavorables pour les espèces exigeantes qui ne tolère pas ce changement physico-chimique de l'écosystème.

Le genre le plus dominant est celui de *Navicula* (11 espèces). Ce genre est présent presque dans toutes les stations, suivi par *Nitzichia* (6 espèces) qui apparait dans les stations 03 et 04 avec un nombre élevé, probablement dû aux concentrations élevée de l'azote ammoniacale. Pour Ramade (2005), certaines diatomées comme *Ghomphonema* et *Melosira* se rencontrent en abondances dans les zones de décomposition active.

On remarque qu'il y a certaines espèces trouvées uniquement dans les stations 01 et 02 *Surirella ovalis* et *Stephanodiscus sp.*, parce qu'elles sont sensibles à la pollution.

Alors que dans les autres stations 03 et 04, on trouve des espèces qui tolèrent la pollution essentiellement des genres *Euglena* et *Oocystis*, qui sont très abondante dans les eaux eutrophies et riches en matières azotées surtout.

Cette richesse vitale algale d'Oued Boussaâda donne un diagnostic préliminaire sur l'état de ce milieu. Les polluants généralement sont probablement non toxiques pour la vie microscopique, mais la qualité d'oued Boussaâda elle se dégrade de l'amont ver l'aval.

## Conclusion

Les vallées recueillent l'eau de pluie et entouré de terres fertiles propices à l'agriculture mais diverses sources de pollution est provoquent un impact négatif sur la qualité de ces eaux qui s'infiltrent avec l'eau de pluie dans les nappes phréatiques.

Ce travail a été accompli afin d'étudier la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda en utilisant le système d'information géographique.

A travers les résultats obtenus à partir de l'analyse des échantillons on considère que le degré de pollution varié d'une station à une autre et varie de l'amont vers l'aval.

les résultats des analyses des paramètres physicochimiques et biologiques sur quatre échantillons ont permet de classer nos stations en deux groupes :

groupe 1 est constituer par les stations 01 et 02 qui sont caractérisées par une pollution moindre, à travers les concentrations faible à moyennes des résidus sec, les chlorures, nitrates, nitrites..etc. Groupe 2 est constituer par les stations 03 et 04, qui sont plus pollué en raison de l'enregistrement de fortes concentrations du MES, sulfate..etc.

Les eaux usées non traitées qui se déversent dans l'Oued ont un impact significatif sur ces valeurs enregistrées, ces eaux comportent d'importantes charges bactériennes d'origines fécales en aval.

Actuellement, le programme de systèmes d'information géographique joue un rôle essentiel dans ce travail. Il a permis d'obtenir une organisation et une gestion spatiales des données et de compléter certains modèles tels que : Modèles de bases de données géographiques MDBG et des cartes thématique en utilisant (Arc Gis 10.8) Il nous a permis aussi de recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer, et présenter les données spatiales et géographiques et aussi favoriser les prises de décision intelligente dans la découverte des lieux de pollution. L'exploitation du SIG a permis une meilleure caractérisation de la qualité des eaux a partir de l'analyse spatiale des différents paramètres

Afin de réduire la pollution des vallées, il y a plusieurs solutions qui peuvent être réalisées au niveau individuel ou de gouvernement qui est obligé de contrôler les normes de pollution et contrôler les différents secteurs, en suivant les normes et les chiffres mondiaux et essayer de rester en dessous des taux autorisés.

## Références bibliographiques

- **ALDOSA, N., BIHAN, M., MONIN, M.** (2003). Information, communication, organisation, 2eme éd.
- **Allen J, Choat J, Mckim M.** 1994. Surveillance de qualité des eaux de surface. Guide à l'intention de citoyens. Des étudiants et des communautés du canada atlantique.
- Aminot A. et Chaussepied M.,** 1983. Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin. 993p.
- **Agoune H, et safer A,** (2007) : Etude de l'état de l'environnement d'oued K'sob de larégion de Bordj bouarreridj (qualité de l'eau-flore et faune). Mémoire Ing., Univ M'Sila.
- **BADR, j, pierre-robert BADUEL**(2004) les cartes de la connaissance Karthala .47p
- **BAILLY, A., ET AL.** (1991). Les concepts de la géographie humaine. (Masson, Éd.) (2eme éd.). Paris.
- **Behra philippo.** (2013) : Chimie et environnement. Cours, études de cas et exercices corrigés.1, 2, 58 p.
- Belhdj.M,** 2017. **Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda**, thèse doctorat des sciences en hydraulique, Université de Biskra, Faculté des Sciences et de la technologie, département génie civil et d'hydraulique.
- **Benrabia. A,** Mémoire de master en hydraulique «Etude de la qualité des eaux souterraines de la région de Boussaâda Wilaya de M'Sila» université de M'Sila (2012/2013).
- **BIMONTE, S.** (2007). Intégration de l'information géographique dans les entrepôts de données et l'analyse en ligne.
- **BIGAND, M., CAMUS, H., BOUREY, J., CORBEEL, D.** (2006). Conception des systèmes de l'information, modélisation des données, études de cas.
- **BONIN.O,** (2002) Modèle d'erreur dans une base de données géographiques et grandes déviations pour des sommes pondérées ; application à l'estimation d'erreurs sur un temps de parcours. Paris.
- BORDIN, P.** (2006). Méthode d'observation multi-niveaux pour le suivi de phénomènes géographiques avec un SIG.14
- Brocard, M., Mallet, P., Leveque, L., Bessineton, C.** (1996). Atlas de l'estuaire de la Seine. Rouen et du Havre.
- **CAPOLINI, J SARI, M.** (1969). Etude géomorphologique du Hodna : zone Nord et zone Sud. S.E.S., D.E.M.R.E.H., Alger.

- CHAPMAN D., KIMSTACH V. (1996).** Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 59-126.
- **Choocat B., 1997 :** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Ed Technique et Documentation, 24p.
- COLLET, C. (1992).** Système d'information géographique en mode image. (P. polytechniques et universitaires Romandes, Éd.). Lausanne.
- COUCLELIS H. (1992).** People manipulate Objects:beyond the raster-vector debate in GIS (Theories a). Frank, A.U.23.
- Dajoz, R(1971) :** Précis d'écologie.2eme Edition. Paris : Dunod.434p.
- DEGREMONT.** *Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989*
- DENEGRE J. et SOLGE (1996),** Apport de SPOT aux systèmes d'informations géographiques, 1459-1466 p
- **Didier. M, 1990,** Utilité et valeur de l'information géographique , Paris : Economica, c1990.
- EMBERGER, L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Fac. Se*, 7(11), 3-43.
- Fall, CH., 2007.** Etude de la qualité de l'eau de robinet et celle de la nappe phréatique dans les différentes communes d'Arrondissement au département de Guédiawaye : DAKAR,Sénégal. Diplôme de maitrise. Univ Cheikh Anta Diop Dakar. 81p.
- FRANÇOIS, D. (2004).** Les systèmes d'information géographique. P. U. de France, Éd. 2nd éd. Paris. 29
- **Gangbazo G et Babin F, 2000.** Pollution de l'eau des rivières dans les bassins versants agricoles,Vecteur Environnement, vol. 33, no 4, p. 47-57.
- **GARFF,A(1975),** Dictionnaire de l'informatique. Paris, presse universitaires de France.
- Gouaidia, L., 2008.** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physicochimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algérien. Thèse Doct. Univ Badji Mokhtar. Annaba. 131p.
- **GUEGAN, j., CHOISY,M .(2009).**introduction à l'épidémiologie intégrative .de Boeck université.43p

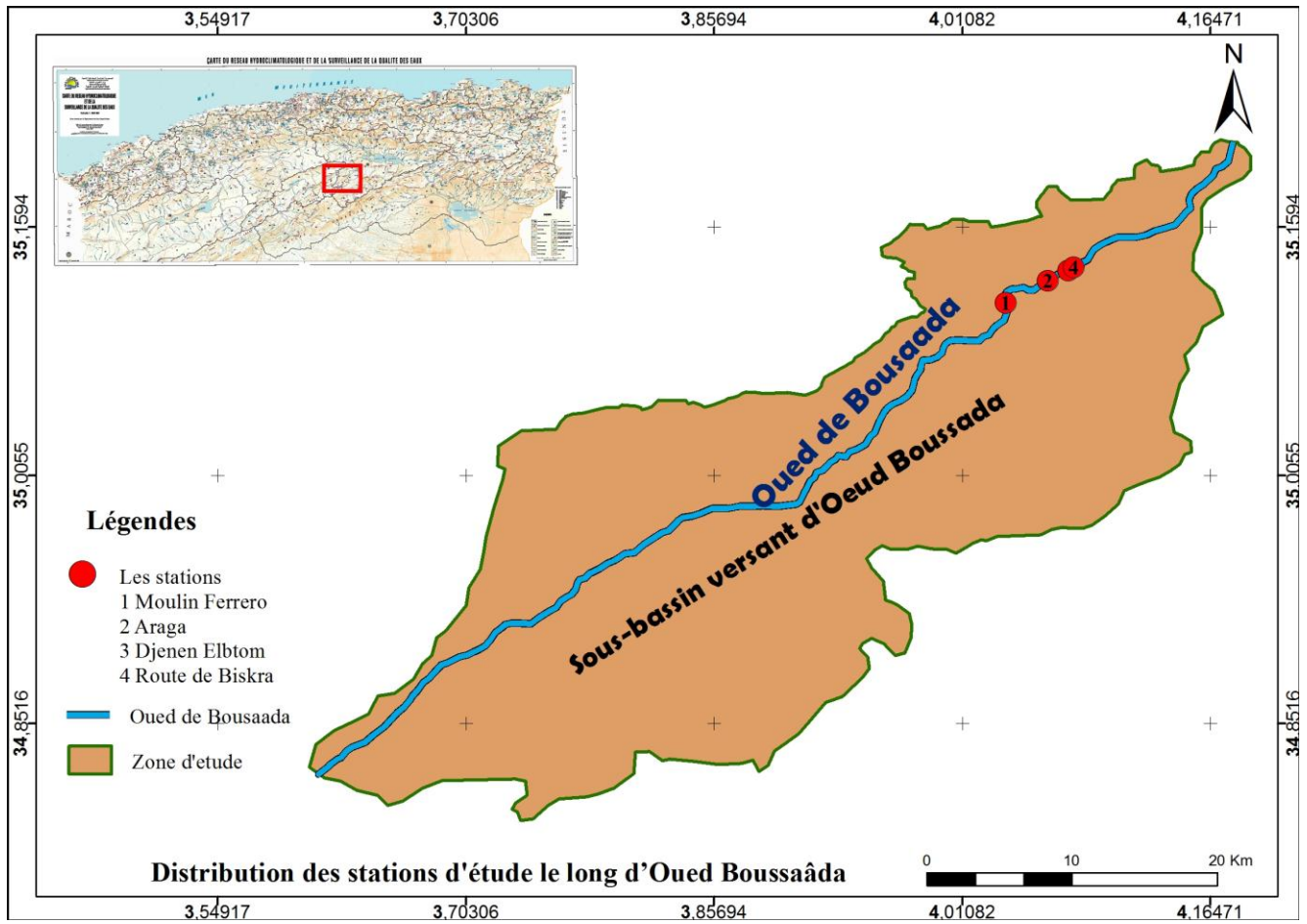
- **HAMENNI. N, (2011)** mémoire en vue de l'obtention du magister en science agronomique .étude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation de SIG , école national supérieure d'agronomie .153p
- **HASBAIA M., 2011.** ETUDE CRITIQUE DU TRANSPORT SOLIDE ET SES CONSEQUENCES SUR LES COURS D'EAU NATURELS. Thèse Doct. Université des sciences et de la technologie, Oran. 90p.
- HEBERT S., LEGRE S. (2000).** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.
- Helali N-H., 2016.** Analyse Statistique Multivariée Des Eaux Souterraines De la Région De Bou-Saâda, Mémoire Master, Université de M'sila. 68 p.
- **HERVE GUMUCHIAN, C. M. (2000).** Véronique Fèvre Initiation à la recherche en géographie
- **HOFFMANN.F, AULY. T et MEYER A-M., (2014).** L'eau. Edition : Confluence p.43.
- ICOSIUM FORAGE & ENGINEERING SERVICES (MAI 2006).** Modélisation du système aquifère du Hodna, Mission 1 : collecte, analyse et synthèse des données. Ministère des ressources en eau agence nationale des ressources hydrauliques.
- **I.A.A.T(2003)** .cahier méthodologiques sur la mise en oeuvre d'un SIG, 33 p.
- **Ider, K. (2004).** Modélisation hydrodynamique d'un cours d'eau, Application à l'Oued Soummam .Mémoire de Magister. ENP, Alger. 124 p.
- **KAABACHE, M. (1990).** Les groupements végétaux de la région de Bousaada. Contribution à la systématique des groupements steppiques du Mergueb. Thèse de doctorat. Université Paris. Sud. Centre d'Orsay. France, 104p.
- **KADI, A. (1997).** La gestion de l'eau en Algérie. *Hydrological Sciences Journal*.
- **KONECNY(2003)** : géo information : remont sensing photogrammetry and geographic information système deuxième Edition .Taylor & Francis.
- MAGUIRE D.J, GOODCHILD M.F, R. D, (1991).** Geographical Information Système.
- **Maria do Carmo Lourenço da Silva, 2008,** Effet de la variabilité du fractionnement de la pollution carbonée sur le comportement des systèmes de traitement des eaux usées par boues activées, Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, spécialité Génie des Procédés et des Produits.
- MAZARI, A.** diversité et structure des habitats de la région de Bousaâda, mémoire du diplôme de master académique université de M'sila ,2018 /2019

- **Mekkaoui Y, Hamdi D., 2006** : Etude de réutilisation des eaux usées traitées de la STEP de Touggourt dans l'irrigation. Université d'Ouargla, 60 p.
- Nacib** ,1986-Culture oasiennes Bou Saàda Nacib ,1986-Culture oasiennes Bou Saàda . Alger : Essai d'histoire sociale ENAL .196p. Alger : Essai d'histoire sociale ENAL .196p
- **NOVA, N(2009)**.Les médias géo localisés, comprendre les nouveaux espaces numériques .17p
- **Olivier A, 2005**: chimie et pollution des eaux souterraines . 8<sup>e</sup> édition, Dunod, Paris. 398p.
- **OMS, 2004**. Organisation Mondiale De La Santé, Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition volume 1, Recommandations. Genève 2004, WSH\_Guidelines\_DrinkingWater\_Quality-fr.doc
- **OMS (2008)** : Appui à la mise en place d'un système de surveillance et de contrôle de qualité pour l'eau boisson dans les sites de déplacés et de camps de réfugiés l'Est du Tchad. Rapport de mission.14, 17 p.
- OMS, 2017** : Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. intégrant le premier additif [Guidelines for drinking-water quality : 4th ed. incorporating first addendum].
- **PROVENCHER, L. Jean-Marie. Maurice DUBOIS (2007)**. Précis de télédétection méthode photo interprétation et de l'interprétation d'image, volume 4,33p
- **Ramade. F, 1984**, élément d'écologie : écologie fondamentale, article, source (Revue d'Hydrobiologie Tropicale)
- **Ramade F, 1993**. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. Science internationale. Paris. 822p.
- Ramade F. (2003)** : Elément d'écologie- écologie fondamentale. 3<sup>e</sup> édition, Dunod, Paris. 690p.
- **Ramade F. (2005)** : Elément d'écologie- écologie appliquée. 6e édition, Dunod, Paris. 864 p.
- **REGIS et CALOZ. (2011)**. Analyse spatiale de l'information géographique.
- RIGAUX, P. (2001)**. Spatial data bases with application to GIS. Éd 2 nd. San Francisco.
- **Rodier J., 1976**. L'analyse de l'eau. Eau naturelles, eau résiduaires, eau de mer. 5<sup>ème</sup> Ed, Dunod. Paris.
- RODIER J. (1984)** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris.
- Rodier, J., 1996**. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eau résiduaires, Eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod, Paris. 1384p.
- Rodier ,J. Bazin ,C. Brotin ,J-P. Chompon ,P.& Rodi ,L.(2009)**.L'analyse de l'eau

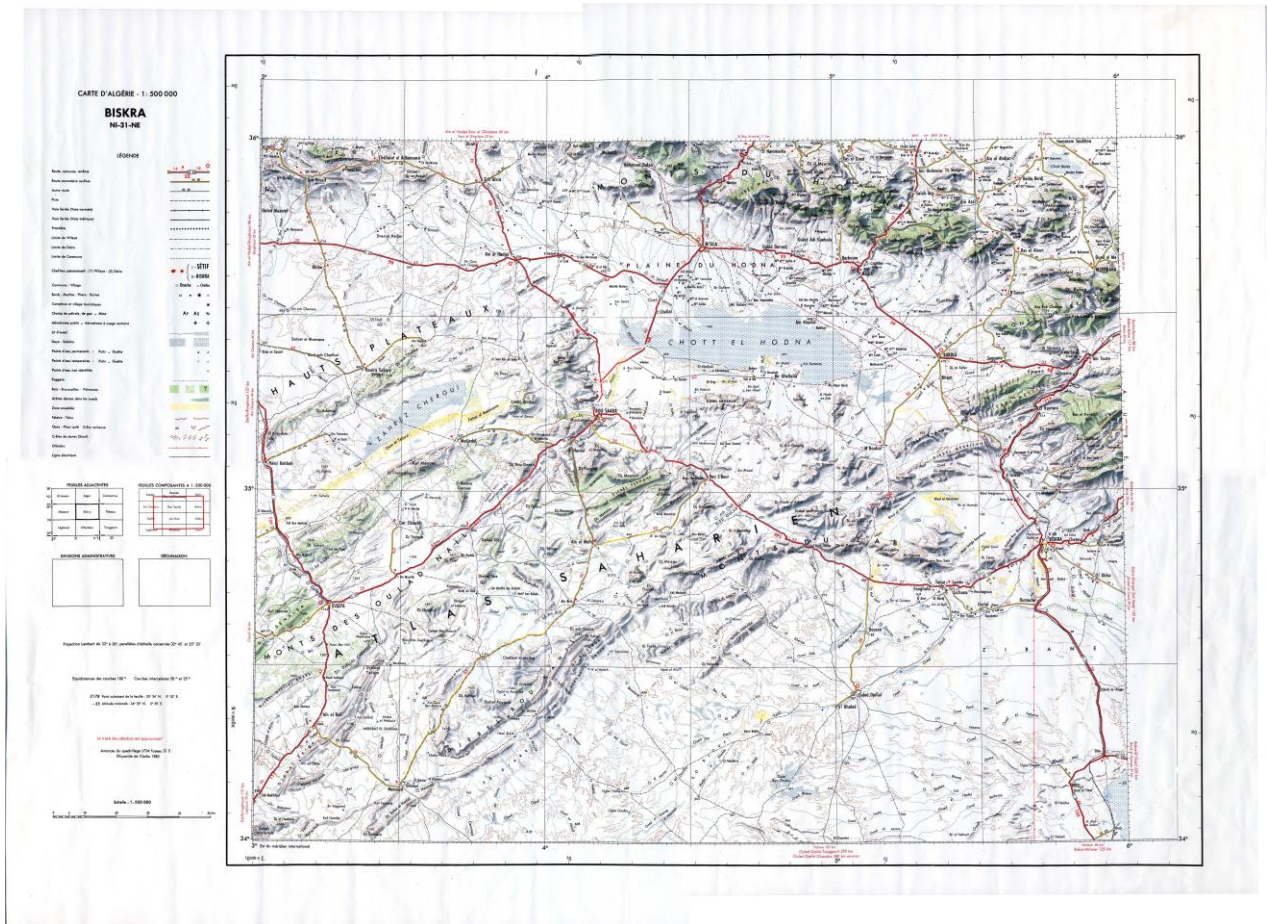
Dunod ,9<sup>ème</sup> ed, Paris.78-118, 1526 p.

- **ROCHE, S, (2000)** les enjeux sociaux des systèmes d'information géographique revue géographique sociale, le Harmattan.
- Sari, H. (2014)**.Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar ».Mémoire de fin d'étude. Université de Tlemcen, Algérie.14-15p.
- SASSOUI A et ASLOUM A**, Mémoire de master en Gestion de l'environnement « Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'oued Bou-saâda », université de M'sila (2016/2017).
- SAVORNIN, J. (1920)**. Etude géologique de la région du Hodna et du plateau sétifien. Alger : J. Carbonel. 499 p. – (Bulletin. 2. ser. Stratigraphie ; descriptions regionales).
- Thériault. M (1996)**, l'intégration des études environnementales des systèmes d'informations géographiques pour appuyer les décisions d'aménagement : un objet de recherche prometteur.
- Thierrin J., Steffen P., cornaz S et al. (2003)** : Guide pratique : Echantillonnage des eaux souterraines. OFEP. 34p.
- **Yacine Kouba**. Cours de système d'information géographique. Master. Aménagement urbain, Université Larbi Ben M'hidi O.E.B., Algérie. 2018, pp.105.
- **Youcef, M., Benaissa, M. (2019)**. Hydrologie du bassin du Hodna : Construction d'une base de données à l'aide d'un SIG. Master .P 22, 24,36.

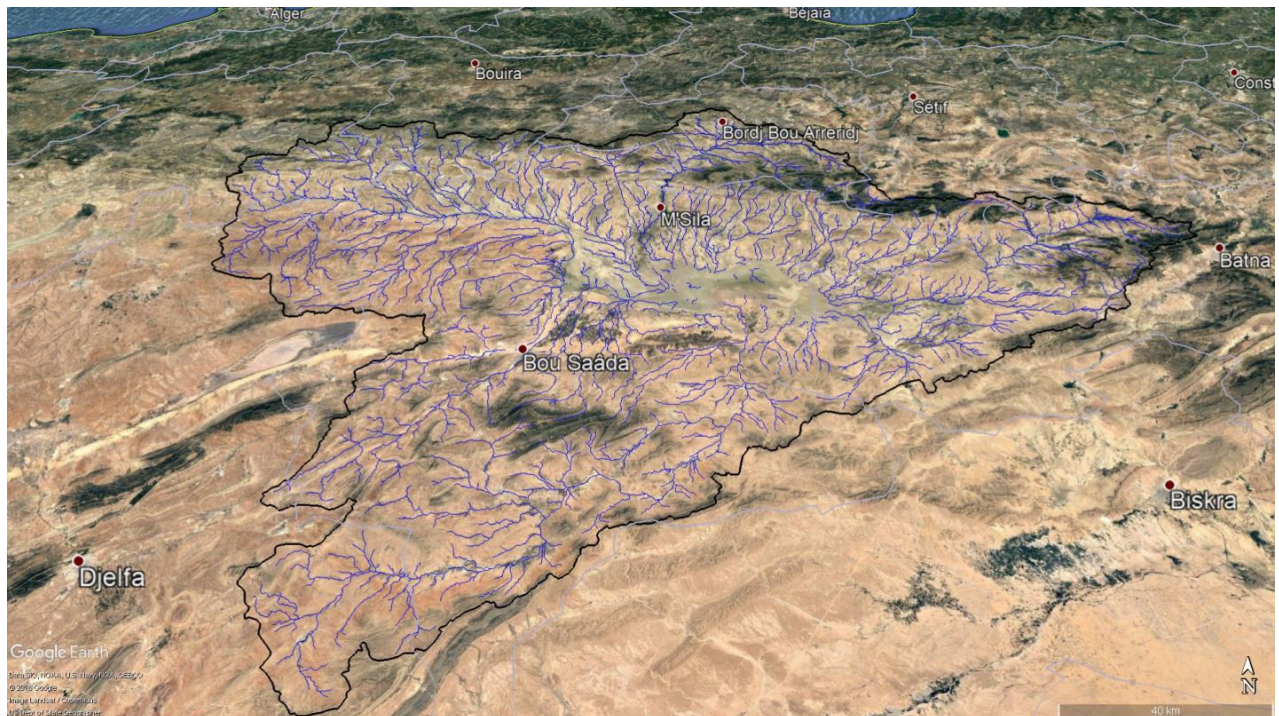
# Annexes



Distribution des stations d'étude le long d'Oued Boussaâda ArcGIS 10.8 (original)

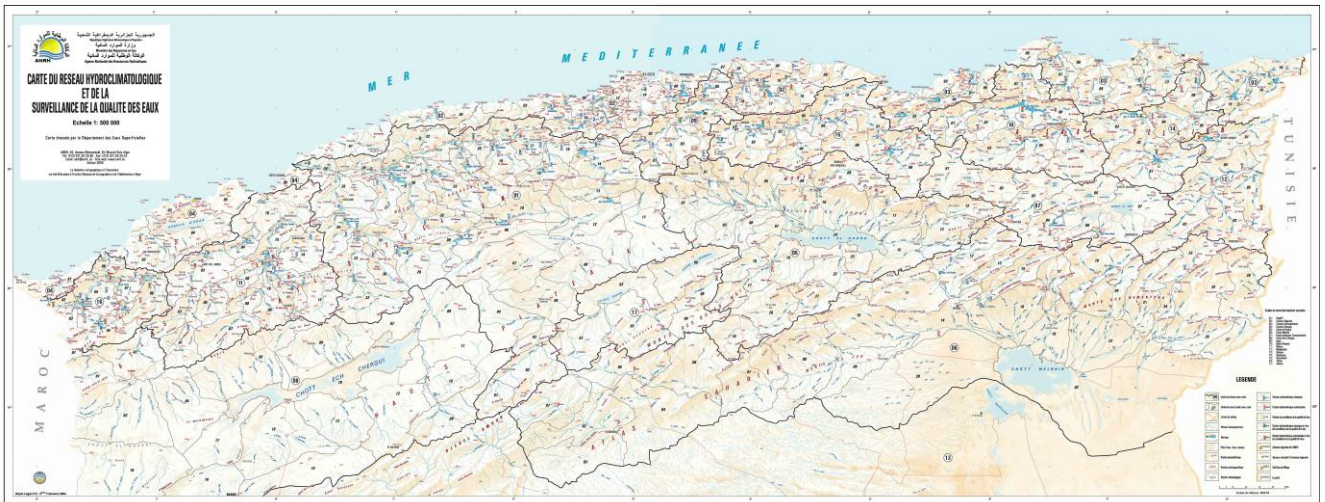


**Carte de Biskra**



**Carte de réseau hydrographique de Bassin du Hodna**

CARTE DU RESEAU HYDROCLIMATOLOGIQUE ET DE LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX



Carte du réseau hydro-climatologique



Ressources en eau souterraine dans l'Algérie du Nord

عملنا على تقييم نوعية المياه في واد بوسعادة، وبهدف تحديد مصادر التلوث في هذه المنطقة. النهج المتبع في هذا العمل هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه واد بوسعادة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية من خلال برنامج "ArcGis". تقنية جعلت من الممكن تطوير قاعدة البيانات الجغرافية المكانية. حيث قمنا بتحديد قاعدة بيانات (BD) لجودة هذه المياه تبعها إنشاء نماذج لقاعدة البيانات الجغرافية (MBDG) والتي مكنتنا من استنتاج مختلف التحاليل الإحصائية والمكانية. تظهر النتائج التي تم الحصول عليها من هذا التحليل أن المعايير التي وضعتها منظمة الصحة العالمية والمعايير الفرنسية قد تم تجاوزها. كما أظهروا أن واد بوسعادة يتعرض لضغط متدهور قوي من محطة إلى أخرى. ويعزى هذا التدهور إلى أنواع مختلفة من التلوث (الطبيعي والصناعي والمنزلي والزراعي).

**الكلمات المفتاحية :** واد بوسعادة، الجودة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، SIG ، BD.

## Résumé

Nous avons travaillé à l'évaluation de la qualité de l'eau à Oued Boussaâda, dans le but d'identifier les sources de pollution dans cette région. L'approche de ce travail consiste à évaluer la qualité physique, chimique et biologique de l'eau de Wade à l'aide de SIG par le biais d'arcGis. La technologie a permis de développer une base de données géospatiales. Nous avons identifié une base de données (BD) de la qualité de cette eau suivie de la création de modèles de la Base de données géographiques (MBDG) qui nous a permis de conclure diverses analyses statistiques et spatiales.

Les résultats obtenus à partir de cette analyse montrent que les normes de qui et Français ont été dépassées. Ils ont également montré qu'Oued Boussaâda subissait une forte pression de détérioration d'une station à l'autre. Cette détérioration est due à divers types de pollution (naturelle, industrielle, domestique et agricole).

**Mots clés :** Oued Boussaâda, Qualité physico-chimique et biologique, SIG, BD.

## Abstract

We have worked to assess the water quality in Oued Boussaâda, with the aim of identifying sources of pollution in this area. The approach to this work is to assess the physical, chemical and biological quality of Wade's water using GIS through arcGis. Technology has made it possible to develop a geospatial database. We have identified a database (BD) of the quality of this water followed by the creation of models of the Geographical Database (MBDG), which enabled us to conclude various statistical and spatial analyses.

The results obtained from this analysis show that who and French standards have been exceeded. They also showed that Oued Boussaâda was under strong deteriorating pressure from one station to another. This deterioration is due to various types of pollution (natural, industrial, domestic and agricultural).

**Keywords:** Oued Boussaâda, Physico-chemical and biological quality, SIG, BD.