

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

Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued



Faculté de Technologie

Département: Hydraulique et Génie Civil

**MEMOIRE**

*Présenté en vue de l'obtention de diplôme du master en hydraulique*

**Option:** Conception et Diagnostic des Systèmes d'AEP et  
d'Assainissement

**THEME**

**Apport des SIG dans la sélection des sites adéquats  
pour l'installation des STEP - Étude critique sur les  
STEP existantes dans la wilaya d'El Oued**

*Présenté par:*

*LADJ Rafik*

*ZOUINA Tahar*

*BOUAFIANE Med. Faouzi*

*Dirigé par:*

**Encadreur: Dr. Nabil MEGA**

**Co-encadreur: Dr. Salim KHECHANA**

**Promotion: Juin 2021**

# *Remerciements*

*Nous remercions, Dieu, le tout puissant pour nous avoir donné la foi qui nous a guidé jusqu'à la réalisation et l'aboutissement de ce projet.*

*Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus distingués:*

*A notre encadreur **Dr. MEGA Nabil** et à notre Co- encadreur **Dr. KHECHANA Salim** de nous avoir fait l'honneur d'assurer l'encadrement de notre travail, nous leurs sommes très reconnaissants d'avoir veillé à son élaboration en ne ménageant aucunement leur temps et conseils. Nous tenons aussi à remercier vivement messieurs les membres du jury d'avoir consacrer de leur temps à la lecture de ce manuscrit, et d'accepter de juger et d'évaluer ce travail.*

*Par le biais de ce travail, nous exprimons notre profonde gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont aidés et accompagnés dans notre travail. Nous voudrions remercier nos chers parents et nos familles qui nous ont soutenus dans nos études.*

# *Dédicace*

*Nous dédions ce mémoire de fin d'étude*

*A nos chers parents :*

*Nos très chères mères qui nous ont toujours apportés leurs  
amours et leurs affections.*

*Nos chers pères qui nous ont toujours encouragés, conseillés et  
soutenus dans notre travail que Dieu les garde.*

*A nos chers sœurs et frères.*

*A tous les membres de nos familles.*

*A tous nos amies(e) et collègues d'étude.*

*A tous nos enseignants, qui nous ont suivis de nos premières  
années de scolarisation à ce jour.*

## **Résumé :**

La ville d'El Oued est exposée à une pénurie d'eau limitée en raison de sa situation dans un environnement désertique au climat aride. Cela incite les autorités à réfléchir au traitement des eaux usées, dans leur intérêt à protéger les ressources en eaux souterraines. Pour cette raison, quatre stations d'épuration ont été installées dans la région, et avec l'augmentation de la population et l'expansion des zones agricoles, il peut être nécessaire d'établir de nouvelles stations ou d'apporter des modifications à certaines stations après Cela provoque des problèmes tels que la pollution de l'air, qui peut nuire à la population et aux plantes environnantes.

Le but de cette étude est de déterminer les zones propices à l'implantation de stations d'épuration dans la région à l'aide du système d'information géographique avec la fourniture d'une étude critique des stations pré-établies.

Afin d'obtenir une carte des zones valides, plusieurs cartes de la région ont été collectées dont la carte permanente des vents, la carte des agglomérations, la carte du couvert végétal et la carte d'occupation du sol. L'occasion d'y établir une station, et avec cela, nous pouvons également fournir des critiques sur les sites qui ont des stations.

On peut conclure que ce système peut être utilisé comme une solution écologiquement et économiquement précise pour la sélection de sites de construction de stations d'épuration dans la région d'EL-OUED.

Mot clé: MES –SIG -STEP

## ملخص :

تتعرض مدينة الواد لمحدودية ندرة المياه بسبب وضعها في بيئة صحراوية ذات مناخ جاف. هذا يدفع السلطات إلى التفكير في معالجة مياه الصرف الصحي ، وذلك لمصلحتها في حماية موارد المياه الجوفية و لهذا تم إنشاء اربع محطات معالجة مياه الصرف الصحي في المنطقة, ومع التزايد السكاني و اتساع المساحات الزراعية قد يلزم إنشاء محطات جديدة او اجراء تعديلات على بعض المحطات بعدما اصبحت تتسبب في مشاكل كتلوث الهواء الذي من الممكن ان يضر بالمحيط السكاني و النباتي.

الغرض من هذه الدراسة هو تحديد المناطق الصالحة لإنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة الوادي باستخدام نظام المعلومات الجيوغرافي مع تقديم دراسة نقدية للمحطات المنشأة مسبقا.

من أجل الحصول على خريطة المناطق الصالحة ، تم جمع العديد من الخرائط الخاصة بالمنطقة منها خريطة الرياح الدائمة و خريطة التجمعات السكانية و خريطة الغطاء النباتي و خريطة شغل الأراضي , عند دمج جميع هذه الخرائط بواسطة برنامج ARCGIS تحصلنا على خريطة تظهر المناطق التي تتوفر فيها كل العوامل المناسبة لإنشاء محطة فيها و بهذا نتسطيع ايضا تقديم نقد حول المواقع التي بها محطات.

يمكن الاستنتاج أن هذا النظام يمكن استخدامه كحل دقيق بيئي و اقتصاديا لاختيار مواقع انشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي في منطقة الوادي.

الكلمات المفتاحية: نظام المعلومات الجيوغرافية- محطة معالجة مياه الصرف الصحي – المواد العالقة

## Sommaire

<i>Remerciements</i> .....	2
<i>Dédicace</i> .....	3
Sommaire.....	6
Listes des figures .....	9
Listes des tableaux.....	10
Introduction générale: .....	12
<i>Chapitre I: La station d'épuration(STEP)</i> .....	14
I.1. Introduction:.....	15
I.2. Définition de l'épuration: .....	15
I.3. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées: ..	15
I.4. Les stations d'épuration (STEP):.....	16
I.5. Rôle des stations d'épuration: .....	16
I.6. Les procédés d'épuration: .....	17
I.6.1. Les prétraitements:.....	17
I.6.1.1. Dégrillage:.....	17
I.6.1.2. Dessablage: .....	18
I.6.1.3. Dégraissage, déshuilage:.....	18
I.6.2. Traitement primaire: .....	18
I.6.3. Traitement secondaire (ou traitement biologique): .....	19
I.6.3.1. Traitement biologique par lits bactériens: .....	20
I.6.3.2. Traitement biologique par disques biologiques: .....	21
I.6.3.3. Traitement biologique par boues activées: .....	23
I.7. Traitement biologique extensif: .....	24
I.7.1. Traitement biologique par lagunage: .....	24
I.7.2. Traitement biologique par la filtration-percolation:.....	26
I.7.3. Traitement biologique par la phytoépuration (filtre planté de macrophytes): .....	28
I.7.4. Traitement tertiaire: .....	29
I.7.4.1. Nitrification-Dénitrification: .....	30
I.7.4.2. Déphosphatation: .....	30

I.7.4.3. Désinfection: .....	31
I.8. Conclusion: .....	31
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.....	32
II.1. Introduction: .....	33
II.2. Situation géographique:.....	33
II.3. Répartition administratif et démographique: .....	33
II.4.Géologie de la région d'étude: .....	36
II.4.1. Stratigraphie régionale: .....	37
II.4.1.1. Formation de l'ère Secondaire: .....	37
II.4.1.2. Formations de l'ère Tertiaire:.....	39
II.4.1.3. Formations du Quaternaire:.....	40
II.4.2. Géomorphologie:.....	42
II.4.2.1. Tercha: .....	42
II.4.2.2. Louss:.....	43
II.4.2.3. Salsala ou Smida: .....	43
II.4.2.4. Tefza: .....	43
II.5. Le relief:.....	43
II.6. Situation topographique: .....	43
II.6.1. Nature topographique de la région d'étude:.....	43
II.6.2. Pente de terrain: .....	44
II.7. Conclusion: .....	45
Chapitre III : Le système d'information géographique(SIG) .....	46
III.1. Introduction: .....	47
III.2. Définitions et principales fonctions: .....	47
III.2.1 Définitions : .....	47
III.2.2. Principales fonctionnalités: .....	47
III.2.3. Données dans un SIG:.....	48
III.2.3.1. Les données attributaires : .....	49
III.2.3.2. Les objets géographiques :.....	49
III.2.3.3. Relation Objets/Données attributaires : .....	49
III.2.3.4. Les métadonnées : .....	49
III.2.3.4.1. Description générale : .....	50
III.2.3.4.2. Qualité des données : .....	50

III.3. Historique: .....	50
III.3.1. Les années 1960-1970 : les débuts .....	51
III.3.2. Les années 1980 : la consolidation .....	51
III.3.3 Les années 1990 : la diffusion .....	51
III.3.4. Aujourd'hui : .....	51
III.4. Les domaines d'application : .....	52
III.5. La théorie de l'information géographique : .....	56
III.5.1. L'information géographique : .....	56
III.5.1.1. L'information : .....	56
III.5.1.2. Données ou information ? .....	56
III.5.1.3. Modèles de données : .....	57
III.5.1.4. La donnée géographique : .....	57
III.5.1.5.1 L'objet géographique : .....	57
III.5.1.6. La modélisation du monde réel : de la réalité à la géographie : .....	57
III.5.1.7. De la géographie à la géométrie : schématiser la localisation : .....	58
III.5.2. Les limites du modèle cartographique : .....	58
III.5.2.1 Les limites de la géométrie et du modèle cartographique : .....	58
III.5.2.2. Représentation Raster : .....	58
III.5.2.3. Représentation Vecteur : .....	59
III.5.2.4. Les modèles internes : .....	59
III.5.2.5. Les principales sources de données : .....	59
III.6. Méthodes d'analyse dans un SIG : .....	60
III.8. Conclusion : .....	61
Chapitre IV: L'analyse spatiale.....	62
IV.1. Introduction: .....	63
IV.2. Critères de sélection: .....	63
IV.3. Méthodologie: .....	64
IV.3.1. La carte des agglomérations .....	65
IV.3.2. La carte des altitudes.....	66
IV.3.3. La carte d'occupation du sol.....	68
IV.3.4. La carte des vents dominants .....	70
IV.4. L'analyse spatiale: .....	71
IV.5. Étude critique: .....	72
IV.6. Limites de l'étude: .....	73

IV.7. Conclusion: .....	74
Conclusion Générale : .....	76
Références bibliographiques .....	77

### Listes des figures

Figure I.1: Schéma d'un décanteur primaire .....	19
Figure I.2: Schéma du traitement biologique par lits bactériens. ....	21
Figure I.3: Schéma du traitement biologique par disque biologique. ....	22
Figure I.4 : Schéma du traitement biologique par boue activée. ....	24
Figure I.5: Schéma du traitement biologique par lagunage. ....	25
Figure I.6: Schéma du traitement biologique par la filtration (percolation). ....	27
Figure I.7: Schéma du traitement biologique par phytoépuration. ....	28
Figure II.1: Situation géographique de la zone d'étude. ....	34
Figure II.2: Répartition administrative de la zone d'étude. ....	36
Figure II.3: Log de forage F1 l'Albien (ANRH, 1993) .....	41
Figure II.4: Carte géologique de la zone d'étude (ANRH, 2010) .....	42
Figure II.5: Carte topographique de la région du Souf (ANRH, 2005).....	44
Figure IV.1 : Organigramme de l'analyse spatiale .....	64
Figure IV.2 : Carte des agglomérations .....	65
Figure IV.3 : Carte des distances .....	66
Figure IV.4 : Carte des altitudes .....	67
Figure IV.6 : Carte des pentes reclassées. ....	68
Figure IV.7 : Carte d'occupation du sol.....	69
Figure IV.8 : Carte d'occupation du sol reclassée.....	69
Figure IV.9 : Carte des vents dominants.....	70
Figure IV.10 : Carte des vents dominants reclassés. ....	71
Figure IV.11: Les endroits favorables pour l'installation des futures STEP. ....	72

## Listes des tableaux

Tableau I.1: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens. ....	21
Tableau I.2: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par disque biologique. ....	23
Tableau I.3 : les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées. ....	24
Tableau I.4: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage. ....	26
Tableau I.5: les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par la filtration. ....	27
Tableau I.6: Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par phytoépuration. ....	29
Tableau II.1: Surface et population de la région d'étude par commune. ....	35
Tableau IV.1 : Résumé des poids et critères de chaque carte. ....	72

# ***Introduction générale***

**Introduction générale:**

L'eau, indispensable à la vie, est une ressource indispensable. Ainsi, les collectivités locales sont contraintes de prendre en compte cette ressource dans leur plan d'aménagement et d'améliorer les installations d'épuration existantes. La pollution de l'eau est la détérioration physique, chimique, biologique ou bactérienne de ses qualités naturelles, causée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie des plantes et des animaux aquatiques. La détérioration des ressources en eau, sous l'influence du rejet d'eau polluée, peut non seulement causer de graves dommages à l'environnement, mais aussi conduire à un risque de pénurie, d'où la nécessité traiter ces eaux usées avant leur rejet dans le milieu récepteur. Cette pollution est causée par le rejet d'eaux sales provenant de nos activités domestiques, et par diverses activités industrielles et agricoles nécessaires pour nous fournir la nourriture et les biens dont nous avons besoin. Les rejets d'eaux usées augmentent en raison de l'industrialisation et du niveau de vie élevé de la population. , et les capacités d'autoépuration sont considérées comme dépassées, ce qui incite les chercheurs à développer plusieurs techniques d'épuration de cet effluent.

Le réseau d'assainissement de la région d'El Oued est constitué par différents ouvrages permettant la collecte des eaux usées par groupes de localités limitrophes dans des stations d'épuration :

- Groupe 1: Robbah, Bayada, El Oued et Kouinine. (STEP 1).
- Groupe 2: Taghzout, Guemar, Hassani Abdelkrim et Débila. (STEP 2).
- Groupe 3: Sidi Aoun, Magrane ET Hassi Khalifa. (STEP 3).
- Groupe 4: Reguiba. (STEP 4).

Quatre stations d'épuration ont été réalisées par les sociétés TEIXEIRA DUARTE (Portugal) et Efacec (Portugal) pour le compte de l'Office National de l'Assainissement (ONA). Le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunages aérés. Cette filière d'épuration est adoptée grâce aux espaces nécessaires disponibles dans la vallée et de même aux coûts d'investissement et de fonctionnement inférieurs aux autres procédés. Ainsi, le processus de traitement des eaux usées se base sur des lagunes aérées. A la fin de l'épuration, l'eau traitée est

renvoyée vers le collecteur principal pour être rejetée à 70 Km au Nord de la vallée d'El Oued.

Le choix du meilleur site est considéré comme l'un des processus complexes auxquels sont confrontés les décideurs, et ce problème est évident dans la vallée, en particulier dans le processus de sélection des meilleurs sites pour l'établissement de stations d'épuration, où un large éventail de critères se chevauchent dans le processus de sélection du site et les opinions des experts dans ce domaine sont en cours. Pour surmonter ce problème, notre recherche est basée sur une conception de modèle qui comprend une classification et combinaison des données comme moyen de prise de décision multicouches et pour faire face à l'état d'incertitude. Les SIG vont nous permettre de déterminer les sites appropriés pour l'implantation de stations d'épuration des eaux usées. Dans cette étude, une idée de classification et de reclassification a été développée pour obtenir des cartes thématiques. L'étude s'est achevée par l'obtention d'une carte des sites favorables à l'implantation de stations d'épuration, avec quatre degrés de convenabilité (très favorable, favorable, moins favorable et non favorable).

C'est pourquoi nous avons choisi de travailler dans ce projet de fin d'études à l'élaboration d'une cartographie des sites les mieux adaptés à l'implantation de stations d'épuration dans la région du Souf, avec une étude critique des stations existantes sur ce territoire.

Pour cela, notre étude sera présentée comme suit:

- ❖ **Le premier chapitre:** présentera des généralités sur les stations d'épuration des eaux et leur mode de fonctionnement.
- ❖ **Le deuxième chapitre:** un aperçu de la région de Oued Souf, avec ses caractéristiques géographique, climatologique et la géologique.
- ❖ **Le troisième chapitre:** définition des systèmes d'information géographique et leurs concepts et caractéristiques.
- ❖ **Le quatrième chapitre:** dans ce chapitre, nous présentons l'étude de l'analyse spatiale et la sélection du site approprié pour l'installation des stations d'épuration avec une étude critique des emplacements des stations déjà installées.

Au terme de cette étude, une conclusion générale est tirée.

# ***Chapitre I: La station d'épuration(STEP)***

### **I.1. Introduction:**

L'épuration nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. On distingue généralement quatre étapes dans le traitement des eaux usées par voie biologique: les prétraitements, le traitement primaire, les traitements secondaires et la clarification.

Les prétraitements permettent l'élimination des plus gros déchets. Ils reposent simplement sur des séparations physiques. Le traitement primaire permet aux matières en suspension de se déposer par simple gravité sous forme de boues. Le traitement secondaire élimine les matières en solution dans l'eau (matières organiques, substances minérales...).

La clarification est une décantation secondaire. Certaines stations sont également équipées d'un traitement tertiaire et il 'agit d'un traitement complémentaire ou « affinage » dans le but, soit d'une réutilisation à des fins industrielles ou agricoles, soit de la protection du milieu récepteur pour des usages spécifiques.

Dans ce chapitre nous allons donner un aperçu des différents procédés d'épuration des eaux usées avant leurs rejets dans le milieu naturel.

### **I.2. Définition de l'épuration:**

En assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur, il s'agit donc d'éviter une pollution de l'Environnement et non de produire de l'eau potable (SAGGAI, 2004).

### **I.3. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux usées:**

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte:

- Des exigences du milieu récepteur.
- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.).

- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- De la disponibilité du site.
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien (BEKKOUCHE, ZIDANE, 2004).

#### **I.4. Les stations d'épuration (STEP):**

C'est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant leur rejet dans le milieu naturel.

Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur (www1).

Une station d'épuration comporte généralement une phase de prétraitement, pendant laquelle les éléments les plus grossiers sont éliminés par dégrillage (pour les solides de grande taille), puis par flottation/décantation (pour les sables et graisses). Vient ensuite un traitement dit primaire, une décantation plus longue, pour éliminer une partie des matières en suspension.

Des traitements physico-chimique et/ou biologique sont ensuite appliqués afin d'éliminer la matière organique. Ils sont généralement suivis d'une phase de clarification qui est encore une décantation.

En fin, un traitement des nitrates et des phosphates est exigé en fonction de la sensibilité du milieu récepteur. Il existe également des traitements dits extensifs, comme le lagunage, qui combinent des traitements biologiques, physiques et naturels.

#### **I.5. Rôle des stations d'épuration:**

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants:

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.

Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement (www1).

## **I.6. Les procédés d'épuration:**

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis: les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire. Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible (METAHRI, 2012).

### **I.6.1. Les prétraitements:**

En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage) (Zeghoud, 2013).

#### **I.6.1.1. Dégrillage:**

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire, permet:

- De protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation,
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution (Abdeljabar, Oussama, 2019).

L'opération est plus ou moins efficace, en fonction de l'écartement entre les barreaux de grille, on peut distinguer:

- Un dégrillage grossier: l'eau brute passe à travers une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50 mm.
- Un dégrillage fin: après le relevage de l'eau par quatre pompes (1250 m<sup>3</sup>/ h pour chacune),
- Il passe par deux grilles à câble composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux est de 20 mm, la vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (Zeghoud, 2013).

### **I.6.1.2. Dessablage:**

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion, à éviter de perturber les stades de traitement suivants le domaine usuel du dessablage porte sur les particules de granulométrie égale ou supérieure à 200 mm; une granulométrie inférieure est en général du ressort du débouillage ou de la décantation (Abdeljabar, Oussama, 2019).

### **I.6.1.3. Dégraissage, déshuilage:**

C'est généralement le principe de la flottation qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface (les graisses sont hydrophobes). Leur élimination se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisse dans les ouvrages en aval pour éviter par exemple un encrassement des ouvrages, notamment des canalisations (Zeghoud, 2013).

### **I.6.2. Traitement primaire:**

Il consiste en l'enlèvement des solides organiques et inorganiques sédimentables ainsi que des matériaux flottants. La décantation des matières dans un bassin est déterminée par l'indice de Mohlman, il est défini par le rapport entre le volume de boues décantées en 1/2 heure, et la masse de matières en suspension contenus dans ce volume (Eq.1) (Mohand,2001).

Elle s'écrit: 
$$\mathbf{IM} = \mathbf{V/M} \dots\dots\dots(1)$$

Avec:

**IM:** Indice de Mohlman.

**V:** Volume de boues décantées en 1/2 heure.

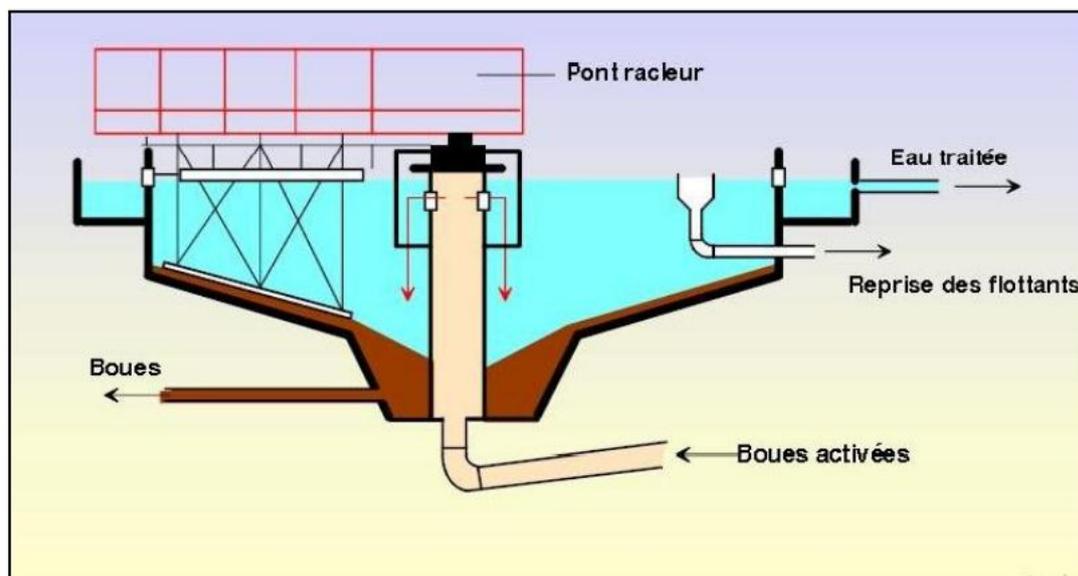
**M:** Masse de matières en suspension.

Cet indice est déterminé chaque jour dans les stations d'épuration importantes afin de vérifier le bon fonctionnement du système.

### Décantation primaire:

La décantation primaire a pour objet de parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des matières en suspension (MES) naturellement décantables et par élimination poussée des flottants (huile et graisse).

Elle permet d'alléger les traitements biologiques et physico-chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation). La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1.2 m/h, 40 à 60% des MES, soit 40% de matière organique, 10 à 30% des virus (Fig. 1) (Abdeljabar Oussama, 2019).



**Figure I.1:** Schéma d'un décanteur primaire.

### I.6.3. Traitement secondaire (ou traitement biologique):

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées.

L'épuration biologique peut s'effectuer par voie aérobie ou anaérobie. Dans les deux cas ce sont des micro-organismes adaptés au procédé qui se multiplient en absorbant la pollution organique (bactéries hétérotrophes assimilant les matières organiques).

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques. Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs.

Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel.

Trois grands types de procédés sont utilisés:

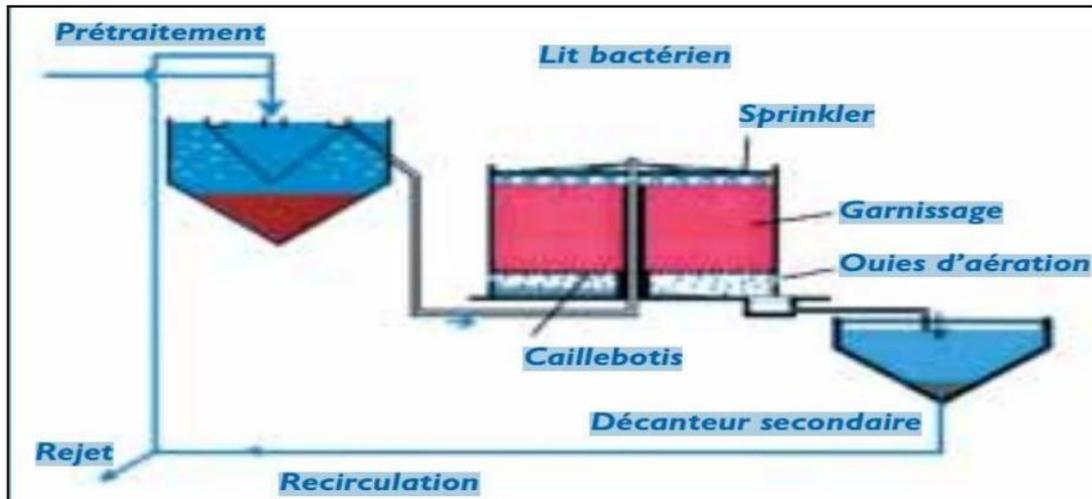
- Les lits bactériens.
- Les disques biologiques.
- Les boues activées.

#### **I.6.3.1. Traitement biologique par lits bactériens:**

Cette technique de traitement s'inspire de la filtration par le sol. Elle a été réalisée pour la première fois, au début du siècle à Birmingham. Il était déjà connu que le pouvoir auto épurateur des sols permettait une biodégradation des matières organiques (Mohand,2001).

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteur. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs (Fig. 2).

Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond.



**Figure I.2:** Schéma du traitement biologique par lits bactériens.

**Tableau I.1:** Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lits bactériens.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plus faible sensibilité aux variations de charge et aux toxiques que les boues activées.</li> <li>- Faible consommation d'énergie.</li> <li>- Bonne décantabilité des boues.</li> <li>- l'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coûts d'investissement assez élevés.</li> <li>- Source de développement d'insectes et d'odeurs.</li> <li>- Sensibilité au colmatage et au froid.</li> <li>- Boues fermentescibles.</li> </ul>

### I.6.3.2. Traitement biologique par disques biologiques:

Les disques biologiques ou bio-disques sont une filière de traitement biologique aérobie à biomasse fixée (Mohand, 2001).

Ce procédé a été pratiquement abandonné en France (à partir de 1975) car il a connu de nombreuses défaillances mécaniques et un sous-dimensionnement chronique. Par contre, ce procédé épuratoire a continué d'évoluer dans d'autres pays et bénéficie actuellement d'une robustesse et d'une fiabilité du matériel mécanique (Lazhar, 2011).

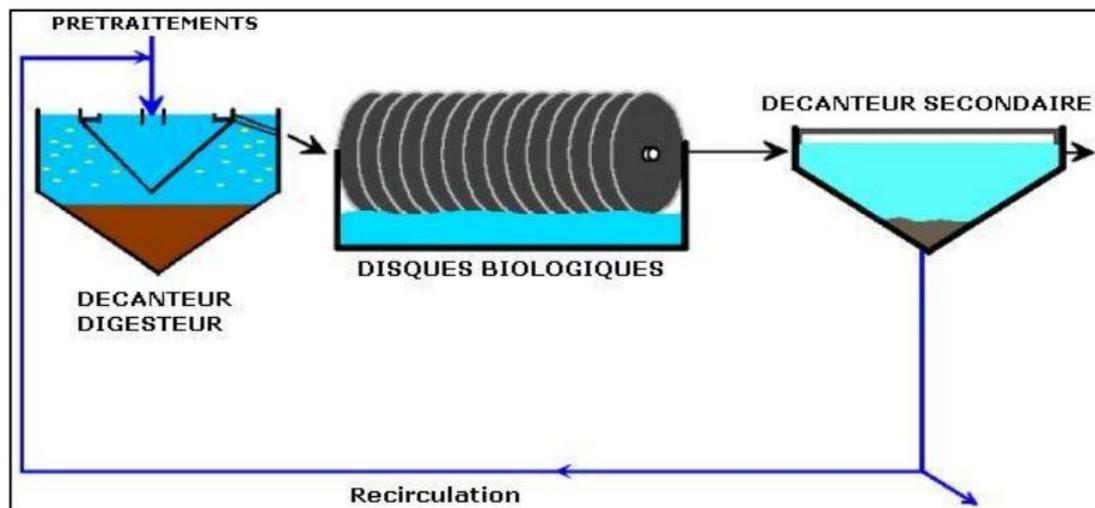
Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et l'aération. Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique.

Dès qu'il dépasse une épaisseur de quelques millimètres, le bio-film (les boues) en excédent se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont automatiquement renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (filère classique).

La qualité de l'eau épurée est directement liée à la charge polluante appliquée par unité de temps et de surface mouillée des disques.

Le clarificateur peut être remplacé par une lagune de finition (tout comme le décanteur digesteur par une lagune de décantation) et plus récemment, par des lits plantés de roseaux.

Dans cette dernière configuration, il n'y a pas de décanteur-digesteur et les lits plantés assurent à la fois la séparation entre les boues et l'eau épurée, la déshydratation et le stockage des boues.



**Figure I.3:** Schéma du traitement biologique par disque biologique.

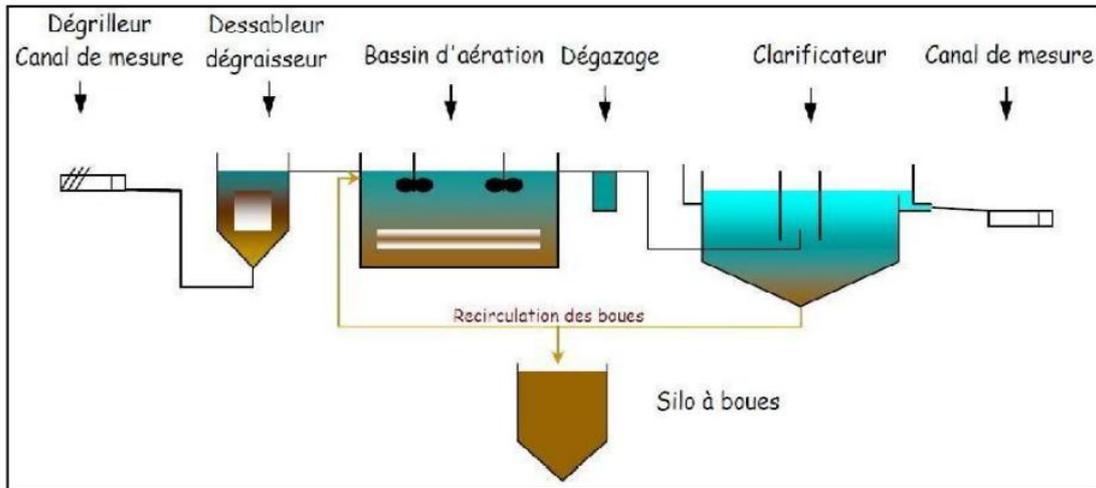
**Tableau I.2:** Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par disque biologique.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment).</li> <li>- L'exploitation de ce procédé est relativement.</li> <li>- simple ne nécessitant pas de recyclage</li> <li>- Généralement adaptés pour les petites collectivités.</li> <li>- Faibles consommation d'énergie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très sensible à la quantité des eaux à traiter.</li> <li>- La sensibilité au gel et aux huiles et graisses.</li> <li>- Coûts d'investissement assez élevés.</li> <li>- Ce procédé pose des problèmes dans la construction.</li> </ul>

**I.6.3.3. Traitement biologique par boues activées:**

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobie le plus répandu. Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte); l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène par (le brassage, l'injection d'air comprimé, voire même d'oxygène pur), a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies (METAHRI, 2012).

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Une partie de ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices.



**Figure I.4 :** Schéma du traitement biologique par boue activée.

**Tableau I.3 :** les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par boues activées.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO5, N par nitrification et dénitrification).</li> <li>- Adapté pour toute taille de collectivité (sauf les très petites).</li> <li>- Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser.</li> <li>- Consommation énergétique importante.</li> <li>- Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière.</li> <li>- Sensibilité aux surcharges hydrauliques.</li> </ul>

## I.7. Traitement biologique extensif:

### I.7.1. Traitement biologique par lagunage:

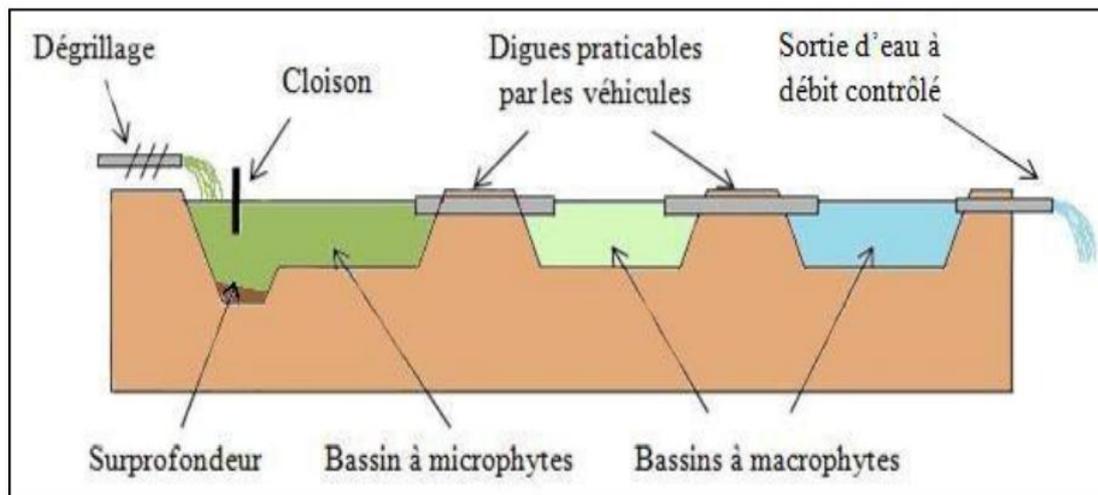
Une station d'épuration par lagunage est en général précédée d'un prétraitement mécanique ou d'un traitement complet de type boues activées (On parle alors de lagunage tertiaire). Une filière de lagunage se compose d'une succession de bassins où l'on privilégie un type d'écosystème épuratoire spécifique (MANCER, 2010).

Dans un procédé de traitement de type lagunage la destruction de la pollution à traiter s'opère grâce à une succession et une association de processus physico-chimiques et biologiques extrêmement larges.

On prendra comme exemple un traitement par lagunage naturel (filière de traitement la plus courante), où l'installation est constituée d'une lagune primaire (profondeur totale: 1,5 à 2 m, surface: 5 m<sup>2</sup>/EH), d'une lagune secondaire (profondeur totale: 1 à 1,5 m, surface: 2,5m<sup>2</sup>/EH), lagune tertiaire (profondeur totale: 0,5 à 1 m, surface: 2,5 m<sup>2</sup>/ EH) (Traitement Des Eaux Usée Urbaines: LYONNAISE Des Eaux Mai 2002).

Le lagunage aussi utilisé en complément ou en association avec d'autres procédés de traitement:

- Lagunage anaérobie /lagunage aéré.
- Décanteur digesteur /lagunage (aéré, naturel).
- Décanteur primaire ou physico-chimique / lagunage (aéré, naturel).
- Lagunage naturel / lagunage (aéré, naturel).



**Figure I.5:** Schéma du traitement biologique par lagunage.

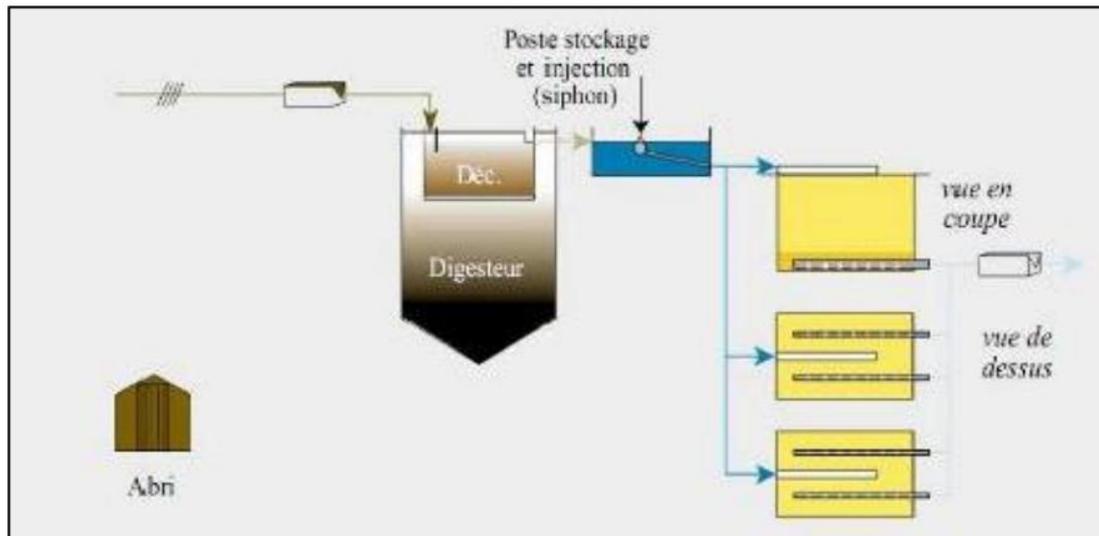
**Tableau I.4:** Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par lagunage.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fiabilité et facilité d'exploitation.</li> <li>- Bonne adaptation aux à-coups des flux polluants.</li> <li>- Investissement modéré si l'on dispose de surface en terrains importantes dont la nature.</li> <li>- La structure et la topographie sont adaptées.</li> <li>- Coût d'exploitation limité et ne nécessite pas la qualification du personne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité de surfaces importantes en terrains.</li> <li>- Contraintes de sous-sol: terrains imperméables (protection de la nappe).</li> <li>- Risque de prolifération de moustiques et d'odeurs (pour les bassins anaérobies)</li> <li>- Curage périodique indispensable.</li> </ul>

### **I.7.2. Traitement biologique par la filtration-percolation:**

L'infiltration-percolation est une technique non conventionnelle d'épuration des eaux résiduaires, le principe de cette technique consiste à infiltrer, après décantation, l'effluent à épurer à travers un massif de sable. Ce dernier constitue un réacteur aérobie à biomasse fixée; le sable sert de support à une filtration biologique (Epuration des eaux usées par infiltration percolation).

Le procédé d'infiltration percolation a donné des résultats encourageants sur l'élimination des matières en suspension (avec un abattement qui peut aller jusqu'à 98%), l'élimination des matières organiques (avec un abattement de 85% à 94% de DCO et abattement de 96% de DBO5), l'élimination de l'azote ammoniacale, et sur l'élimination pathogènes contenus dans les eaux usées des micro-organique (Mohamed, 2004).



**Figure I.6:** Schéma du traitement biologique par la filtration (percolation).

**Tableau I.5:** les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par la filtration.

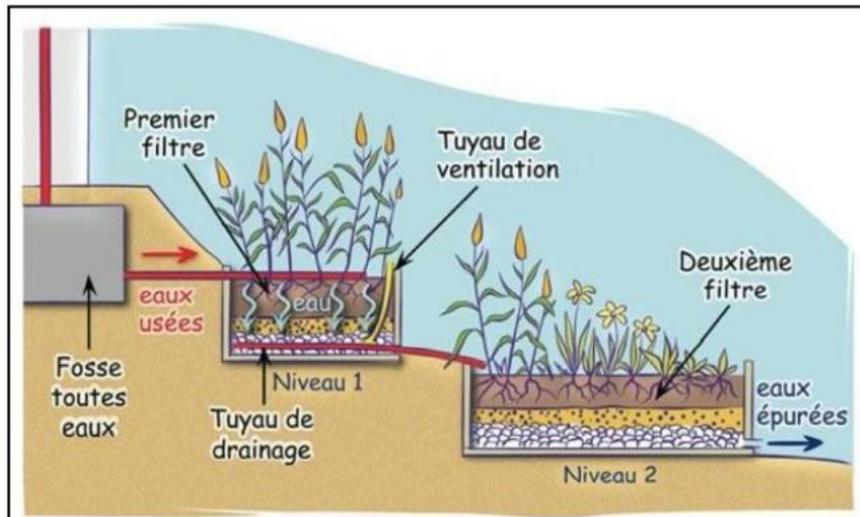
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédé simple à gérer en alimentation gravitaire (pas d'éléments électromécaniques).</li> <li>- Rendements importants sur la dégradation de la matière organique: 90 à 95% sur DCO, DBO5 et MES.</li> <li>- Capacité de décontamination intéressante.</li> <li>- Nitrification importante des composés azotés.</li> <li>- Surface nécessaire bien moindre que pour un lagunage naturel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité d'un ouvrage de décantation primaire efficace.</li> <li>- Risque de colmatage à gérer.</li> <li>- Nécessité d'avoir à disposition de grandes quantités de sables, ce qui peut engendrer des investissements importants.</li> <li>- Adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.</li> </ul>

### I.7.3. Traitement biologique par la phytoépuration (filtre planté de macrophytes):

Les filtres plantés de roseaux se classent parmi les filières de traitement biologique à culture fixée sur supports fins (sable, gravier), rapportés et alimentés à l'air libre, au même titre que « l'infiltration-percolation ».

Il y'a différents termes pour nommer ce type de filière de traitement à cultures fixées:

- Lits à macrophytes (macrophytes = végétaux supérieurs ou roseaux).
- Rhizosphères (c'est ainsi qu'est appelé le milieu biologique et physico-chimique existant autour des racines des roseaux).
- Filtres plantés de roseaux.



**Figure I.7:** Schéma du traitement biologique par phytoépuration.

**Tableau I.6:** Les principaux avantages et inconvénients du traitement biologique par phytoépuration.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilité et faible coût d'exploitation.</li> <li>- Aucune consommation énergétique si la topographie est suffisant.</li> <li>- Possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes.</li> <li>- Gestion réduite au minimum des boues.</li> <li>- Bonne adaptation aux variations saisonnières de population.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risque de présence d'insectes ou de rongeurs.</li> <li>- Exploitation régulière, faucardage annuel de la partie aérienne des roseaux.</li> <li>- Désherbage manuel avant la prédominance des roseaux.</li> <li>- Nécessité d'un dessableur en tête sur réseau unitaire.</li> </ul>

#### **I.7.4. Traitement tertiaire:**

Appelés aussi les traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée ainsi que la pollution biologique des eaux usées domestique, ayant déjà subi au préalable des traitements primaires et secondaire qui s'avèrent insuffisants pour arriver au bout de ces polluants. Pour cela les traitement tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires, afin de garantir une meilleure protection des milieux naturels récepteurs.

Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. On y distingue généralement les opérations suivantes:

- La nitrification-dénitrification et déphosphatation biologique ou mixte (biologique et physico-chimique).
- La désinfection bactériologique et virologique.

#### **I.7.4.1. Nitrification-Dénitrification:**

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires ou tertiaires doivent être mis en place.

L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologique, de « nitrification-dénitrification » ou par échange d'ions.

Le suivi de l'évolution de l'azote au cours du traitement ne peut être effectué qu'à partir d'une base commune: le nombre de moles d'azote ou les masses d'azote mises en jeu. C'est la raison pour laquelle les charge et concentrations de  $\text{NH}_4^+$  donnent les équivalentes suivantes:

- 1.29 mg  $\text{NH}_4^+$  sont équivalents à 1mg d'azote ammoniacal N- $\text{NH}_4^+$  .
- 3.29 mg  $\text{NO}_2^-$  - sont équivalents à 1mg d'azote nitreux N- $\text{NO}_2^-$  - .
- 4.43 mg  $\text{NO}_3^-$  - sont équivalents à 1mg d'azote nitrique N- $\text{NO}_3^-$  - .

#### **I.7.4.2. Déphosphatation:**

La déphosphatation biologique consiste à extraire l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et de nitrates présent dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejet requis.

La technique la plus utilisée pour l'épuration du phosphore consiste en la précipitation chimique par adjonction de sels métalliques (fer ou aluminium), ou de chaux.

Les phosphores précipitent sous forme de sels métalliques ou d'hydroxydes et sont séparés de la phase liquide par décantation.

#### **I.7.4.3. Désinfection:**

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation, les eaux usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration classiques ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable. On peut donc supposer qu'ils constituent l'aménagement technique minimum d'une station d'épuration en vue d'une réutilisation.

#### **I.8. Conclusion:**

Pour améliorer les traitements et les rendements d'épuration ainsi que leur efficacité, un effort constant de recherche est réalisé pour mettre au point de nouveaux procédés de traitement. L'élimination des nuisances diverses des mauvaises odeurs, la diminution de bruit et l'intégration des stations d'épuration dans le paysage participent aussi à la protection de l'environnement.

L'épuration des eaux usées comporte plusieurs étapes. L'étape primaire est constituée par un prétraitement et une décantation primaire. L'étape secondaire associe l'épuration biologique et la décantation secondaire. Lorsqu'il y a nécessité, un étage tertiaire est ajouté.

Tous ces procédés produisent des déchets (boues) qui grâce à la chaîne de traitement des boues seront utilisés ou rejetés. Le chapitre suivant traitera la présentation de la zone d'étude.

***Chapitre II :***  
***Présentation de la zone***  
***d'étude***

### **II.1. Introduction:**

Le paysage traditionnel du Souf est marqué par une beauté spécifique, car l'originalité du Souf (établissement humain créé dans un erg) est grande. Mais sa splendeur n'est pas seulement dans le mouvement des dunes ocres ou blanches de l'erg, elle est aussi dans une création humaine inattendue.

El Oued: la ville aux mille coupoles, capitale du Souf, son architecture s'y distingue de celle des autres villes sahariennes. Au lieu des terrasses, ce sont des coupoles qui couvrent les maisons. Ses efforts ne sont pas vains car l'ensoleillement est maximum.

### **II.2. Situation géographique:**

La région de Oued Souf appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de la faible altitude est située au Sud-Est du pays. Elle forme une wilaya depuis 1984 et couvre une superficie totale de 4 458 68 km<sup>2</sup>, divisée en 30 communes avec une population de 990000 habitants, soit une densité de 22.20 hab/ km<sup>2</sup>.

Les limites de la wilaya sont :

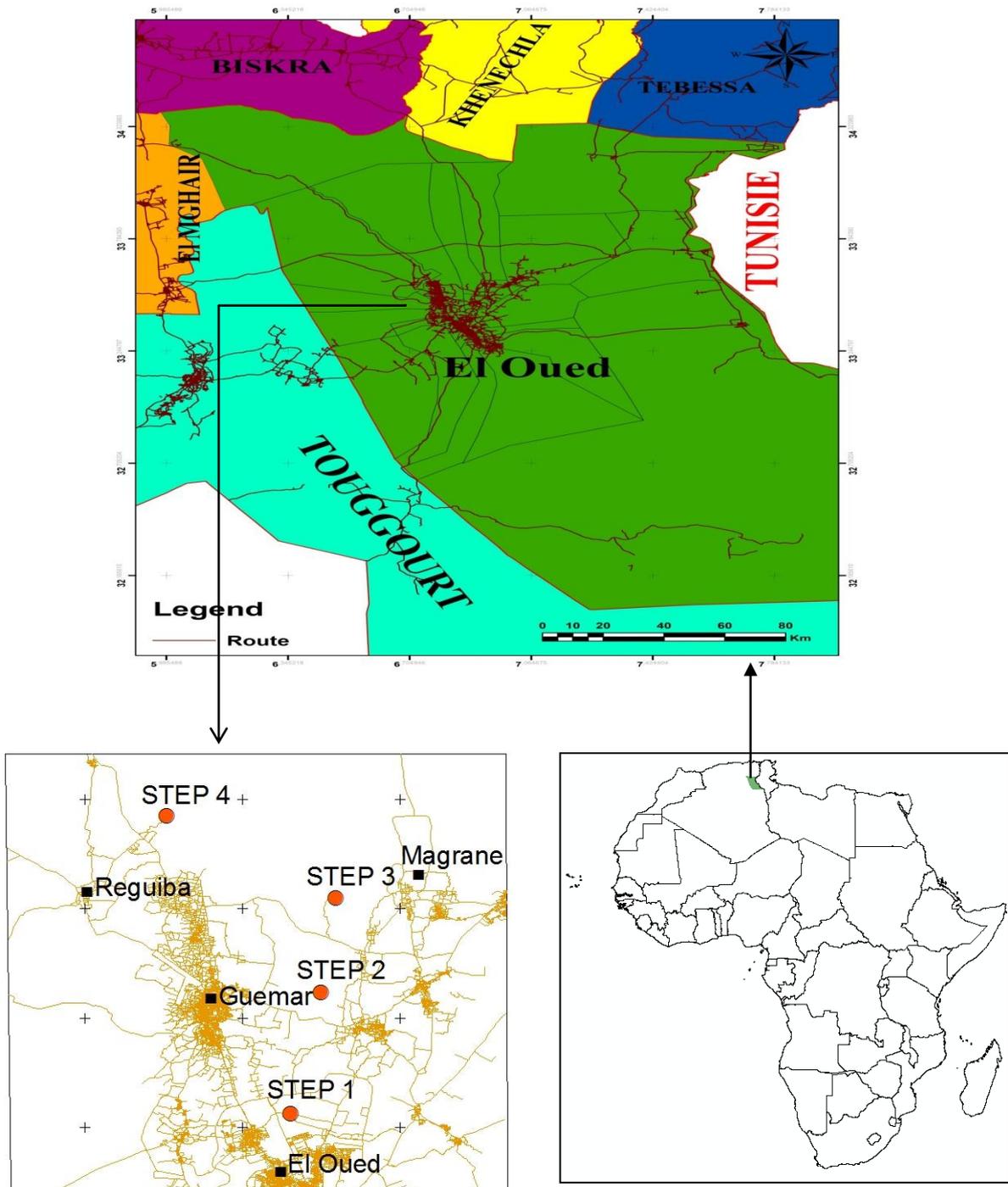
- Les Wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa au nord,
- La Tunisie à l'est,
- Les Wilayas d' El Meghair et Touggourt à l'ouest,
- La Wilaya de Touggourt au Sud.

Notre zone d'étude présente la vallée d'Oued Souf, à 7° E et 33.5° N. Cette dernière n'est pas un bassin versant mais une unité de ressources en eau qui est délimitée par :

- Le grand arg orientale au sud,
- Une série de chotts au nord et à l'est,
- Oued Righ et ligne de palmeraie de Biskra à Touggourt à l'ouest.

### II.3. Répartition administratif et démographique:

La zone d'étude occupe une superficie d'environ de 1001 Km<sup>2</sup> qui représente une partie de 10 communes administratives et englobe un nombre de population de 310185 habitants selon le recensement de 2016 (tableau I.01, D.P.S.B W. d'El Oued



**Figure II.1:** Situation géographique de la zone d'étude.

Cette région d'étude à été sélectionnée pour selon les critères suivants :

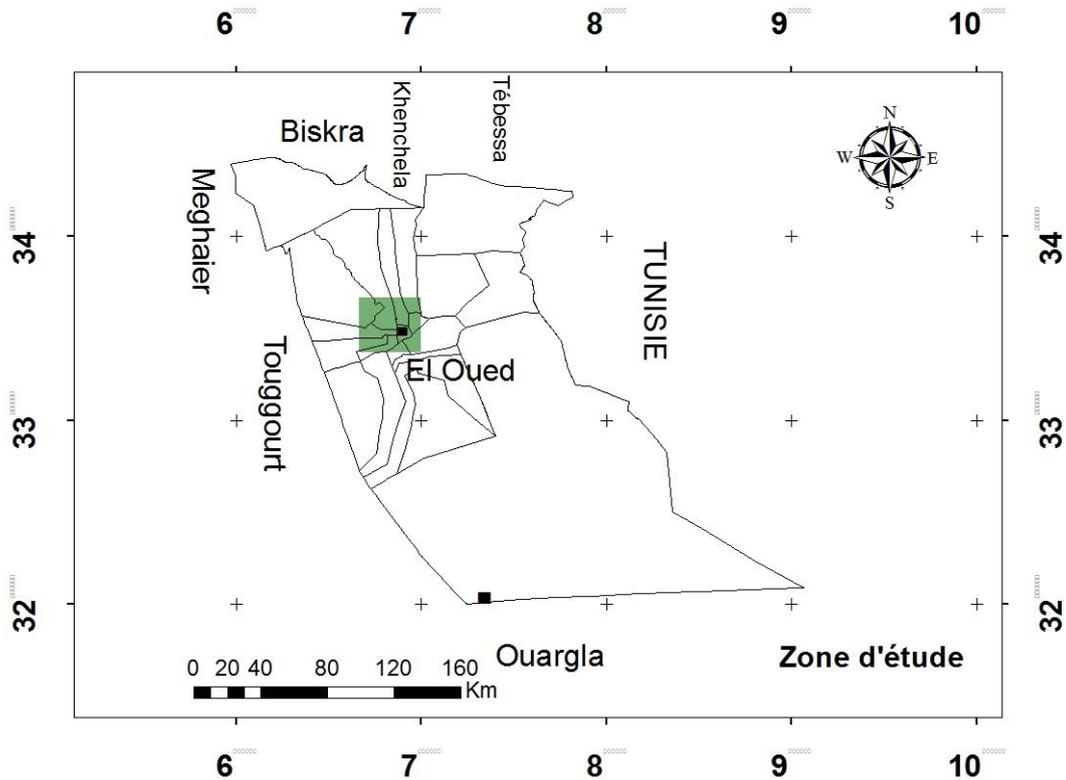
- Englober les quatre STEP existantes ;
- Assurer une seule couverture spatiale par une seule image satellitaire, pour éviter le mosaïquage ;
- Rester dans la même aire géographique, afin de faire une étude critique loyale.

**Tableau II.1:** Surface et population de la région d'étude par commune.

N°	Commune	Population (hab)	Surface(km <sup>2</sup> )	Densité populaire(hab/km <sup>2</sup> )
1	Guemar	51315	1264	40,59
2	Reguiba	52445	1966	26,67
3	Taghzout	17145	539	31,80
4	Ourmes	6820	443	15,39
5	Kouinine	13115	116	113,06
6	El oued	169345	77	2199,28
TOTAL		310185	4405	70.41

**(D.P.S.B W. d'ElOued, 2016)**

Selon le tableau I.1, nous constatons que la commune la plus peuplée est d'El Oued (2199,28hab/km<sup>2</sup>), suivie par la commune de Reguiba (26,67 hab/km<sup>2</sup>), sachant que la commune d'Ourmes a la moindre densité populaire (15,39hab/km<sup>2</sup>). La zone d'étude touche une grande partie des communes suivantes : El Oued, Kouinine, Hassani Abdelkrim, Magrane, Débila, Hassi Khalifa, Taghzout, Guemar, Reguiba et Sidi Aoun (figure II.2).



**Figure II.2:** Répartition administrative de la zone d'étude.

#### **II.4.Géologie de la région d'étude:**

La géologie est un moyen d'investigation très utile en hydrogéologie car elle permet la détermination des horizons susceptibles être aquifères.

La région d'étude est exactement dans la partie Nord de la plat forme saharienne caractérisée par des formations détritiques particulièrement sableuses, elles apparaissent sous forme de dunes et anti dunes. Car le sous-sol de la région étant sableux et assurant l'infiltration et la circulation souterraines des eaux, est essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du Continental Intercalaire, et des accumulations sableuses fluvio-lacustres de tertiaire continental.

Sur l'ensemble de la région d'EL-Oued, les formations Mio-pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts Quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand erg oriental.

### II.4.1. Stratigraphie régionale:

D'après (Cornet 1964, Bel 1968) et les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre. Sur la base des logs de forage de l'Albien faite par l'ANRH(1993) sur la région d'Oued Souf, nous citons les principales strates répétées dans cette région, en allant de la plus ancienne vers la plus récente.

#### II.4.1.1. Formation de l'ère Secondaire:

##### a) Crétacé inférieur :

###### Le Barrémien:

Cet étage est capté par tous les forages du Continental Intercalaire réalisés dans cette région ; il présente une lithologie d'alternance de grès avec passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire dolomitique, on rencontre également des sables avec présence de silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 mètres

###### L'Aptien:

Comme le Barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marno-calcaires. D'après les coupes géologiques des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas les 30 mètres.

###### L'Albien:

Cet étage est constitué par une alternance de marnes, de grès de sables et par des calcaires avec passages de silex et d'argile. La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres ; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.

###### Vraconien:

C'est en fait, une zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argilo carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argilo dolomitiques. On montre aussi des argiles sableuses et de rares passées degrés à ciment calcaire. Dans la zone d'étude, l'épaisseur de cet étage varie entre 250

et 300 mètres. En raison de l'importance de ses niveaux argileux, il constitue une importante couverture de l'Albien.

**b) Crétacé moyen:**

❖ Le Cénomaniens:

Tous les forages réalisés dans cette région ont montré que cet étage est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Cet étage joue le rôle d'un écran imperméable.

Quant aux limites de cet étage, on peut dire que la limite inférieure est caractérisée par l'apparition d'évaporites et de dolomies qui la distingue nettement, la limite supérieure caractérisée par l'apparition d'évaporites et de calcaires correspondants à la limite inférieure du Turonien.

❖ Le Turonien:

Cet étage représente la base du complexe terminale. Il est généralement carbonaté et constitué par des calcaires dolomitiques et des dolomies micro cristallines compactes avec des intercalations de calcaires Turoniens et parfois de marnes. Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois 650 mètres.

**c) Crétacé supérieur:**

➤ Le Sénonien:

La plupart des études géologiques effectuées à travers le Sahara algérien montrent que le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès : l'un correspond au Sénonien lagunaire situé à la base et l'autre au Sénonien carbonaté

**- Sénonien lagunaire:**

La limite de ce sous étage est bien distinguée. Le Sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporé avec des argiles où ces derniers sont aisément différenciés de ceux du Turonien. Il est constitué également d'anhydrites, de calcaires dolomitiques d'argiles et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur avoisine 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncide avec le toit de la dernière intercalation anhydride.

**- Sénonien carbonaté:**

Ce second sous étage est constitué par des dolomies, des calcaires dolomitiques avec des intercalations marno-argileuses et en grande partie par des calcaires fissurés. Son épaisseur dépasse parfois les 300 mètres. Il faut mentionner par ailleurs l'existence

d'une continuité lithologique entre le Sénonien carbonaté et l'Eocène, qui présentent des calcaires de même nature avec présence de nummulites.

#### **II.4.1.2. Formations de l'ère Tertiaire:**

➤ L'Eocène:

Il est formé par des sables et des argiles, parfois on rencontre des gypses et des graviers. Dans cette région, l'Eocène est carbonaté à sa base, sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire. L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 et 200 mètres.

➤ Le Miopliocène:

Il repose en discordance indifféremment sur le Primaire d'une part et sur le Crétacé inférieur, le Turonien, le Cénomaniens et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément Complexe Terminale (C.T). La plupart des coupes de sondages captant cet horizon, montrent que le Miopliocène est constitué par un empilement de niveaux alternativement sableux, sablo argileux avec des intercalations gypseuses et des passées de grès. Sur toute l'étendue du Sahara oriental, Bel et Demargne séparent cet horizon en 4 niveaux :

**- Niveau argileux:**

Il est peu épais et existe uniquement dans la zone centrale du Sahara oriental. Avec l'Eocène lagunaire, les argiles de la base du Mi- pliocène constituent une barrière peu perméable entre les nappes du Sénono-Eocène carbonatées et celle du Pontien sableux.

**- Niveau grès sableux:**

C'est le plus intéressant sur le plan hydrogéologique, son épaisseur reste presque régulière sur toute l'étendue du Sahara oriental. A sa base, on trouve parfois des graviers alors que le sommet se charge progressivement d'argiles. C'est à ce niveau que se rattache le principal horizon aquifère du Complexe Terminal.

**- Niveau argileux:**

Il ne présente pas un grand intérêt du point de vue hydrogéologique, ce niveau renferme des lentilles sableuses qui peuvent former le quatrième niveau (sableux) du Mi -pliocène.

**- Niveau sableux:**

Ce niveau constitue le deuxième horizon aquifère du complexe terminal, du point de vue hydrogéologique, ces niveaux sableux présentent un grand intérêt car ils correspondent à la nappe des sables du Complexe Terminal.

**II.4.1.3. Formations du Quaternaire:**

Elles se présentent sous forme des dunes de sable dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours. Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara, ils sont formés d'un matériel alluvial et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses.

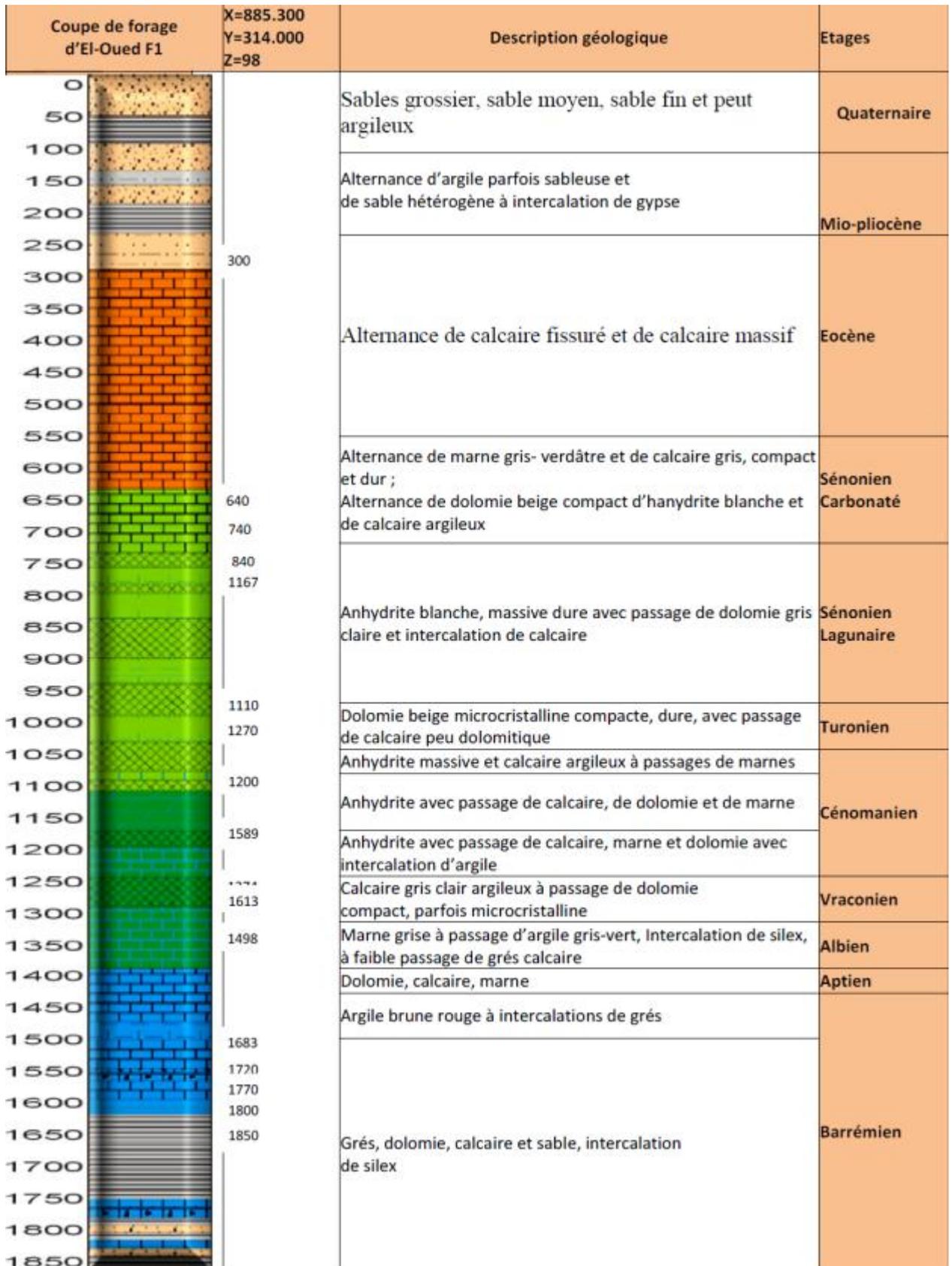
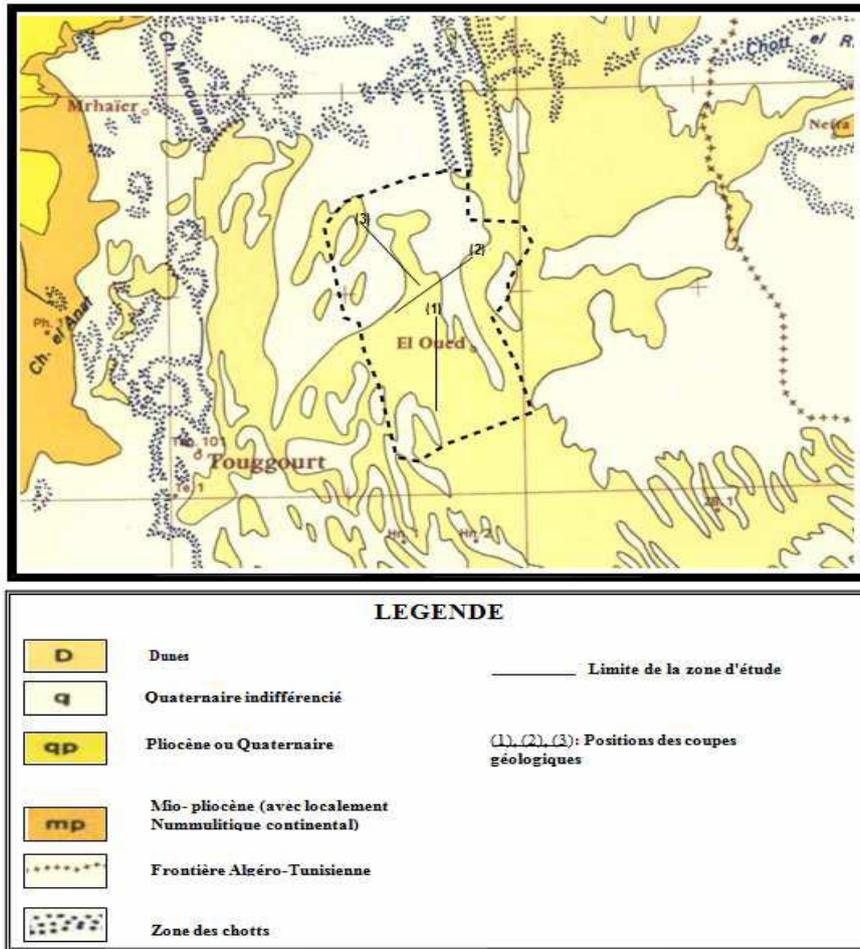


Figure II.3: Log de forage F1 l'Albien (ANRH, 1993)



**Figure II.4:** Carte géologique de la zone d'étude (ANRH, 2010)

#### II.4.2. Géomorphologie:

Le sous-sol présente des contrastes frappants. C'est ainsi qu'au Sud, à 6 kilomètres d'El-Oued et jusqu'à El-Ogla à 24 Km plus loin, on remarque l'absence totale de (Tefza), tandis que sur un autre axe allant de El-Oued à Ghamra (en passant par Tiksebt, Kouinine et Guemar) la « Tefza » y occupe tous les terrains. Ainsi deux bandes de terrains sédimentaires, de formations différentes, renfermant des roches dissemblables dont dépend la qualité de la nappe aquifère. Dunes Frontière algéro-tunisienne zone des chotts Quaternaire indifférencié Mio-pliocène Pliocène ou Quaternaire

##### II.4.2.1. Tercha:

Formé de fins cristaux qui lui donnent un aspect de grès se rencontre en plaques continues ou en bancs extrêmement durs, il est composé de cristaux en fer.

#### **II.4.2.2. Louss:**

Le Louss est fait de cristaux de gypse en fer de lames imbriqués, il se rencontre sous forme de couches continues, très dures de réseaux mélangés au sable, de bancs isolés ou de colonnes qui semblent être constituées autour d'anciennes racines gypseuses.

#### **II.4.2.3. Salsala ou Smida:**

Se trouve en plaques continues ou en bancs extrêmement durs, il est composé de cristaux en fer comme le Louss, mais c'est plus fins et plus serrés.

#### **II.4.2.4. Tefza:**

C'est un grès blanc assez dur, et constitue la pierre à chauffer qui donnera le plâtre. (Tercha, Louss, Salsala, Smida et Tefza sont les appellations locales, utilisés pour les différentes couches géologiques).

### **II.5. Le relief:**

Le relief de la wilaya d'El Oued est caractérisé par l'existence de trois principales formes:

Les accumulations sableuses: qui se présente sous un double aspect l'Erg et le Sahara.

❖ **Une forme de plateaux rocheux:** qui s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses

❖ **Une zone de dépressions :**

Caractérisée par la présence d'une multitude de chotts qui plongent vers l'Est. Il est à signaler que l'altitude diminue du Sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est pour devenir négative au niveau des chotts.

La variation de côte est relativement faible, le point le plus bas correspond à la cote 130m alors que le plus haut atteint la 60m.

### **II.6. Situation topographique:**

#### **II.6.1. Nature topographique de la région d'étude:**

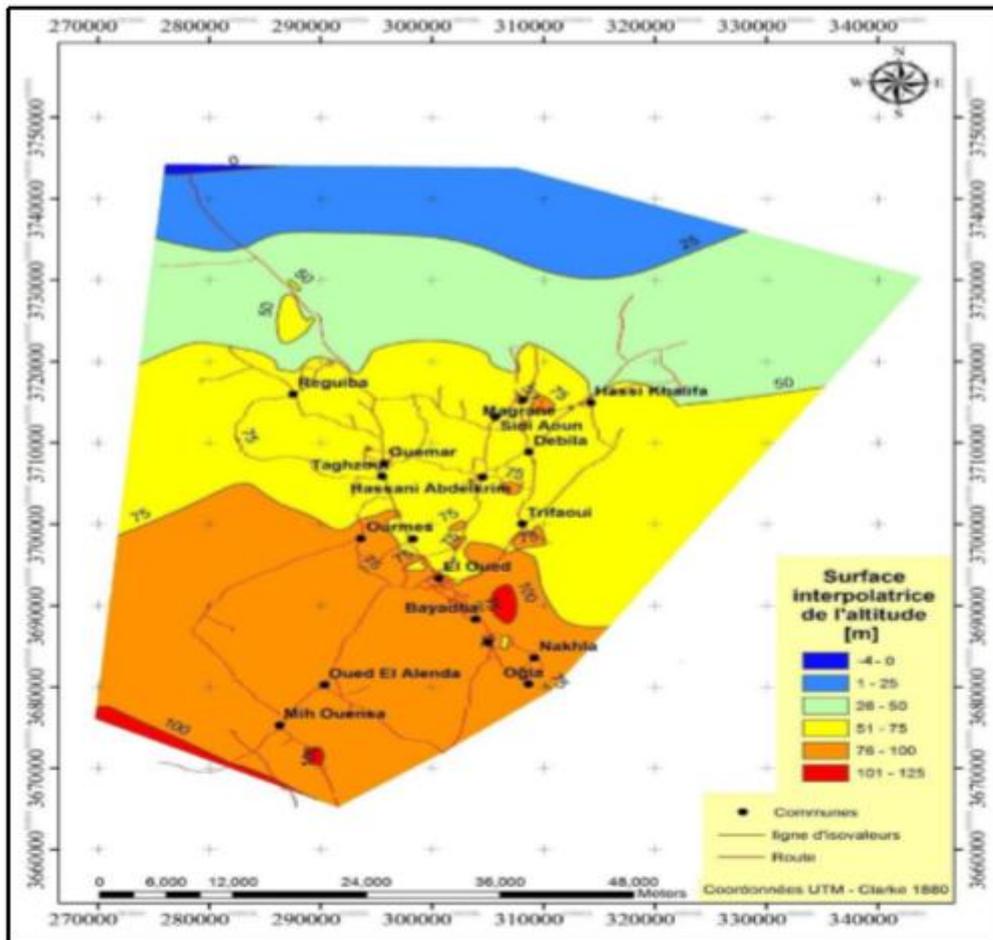
La région d'El-Oued Souf appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de la faible altitude est située au Sud-Est du pays- Le point le haut se trouve à la cote 125m à la

commune de Bayadha (Soualah) alors que le point le plus bas se trouve à la cote 29m à la commune de Réguiba (Foulia).

L'altitude moyenne de la région est de 80 mètres et accuse une diminution notable du Sud vers le Nord pour être de 25 mètres au-dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts qui occupent le fond de l'immense bassin du bas Sahara. (ANRH 2005).

### II.6.2. Pente de terrain:

Le pendage général de la zone d'étude est orienté Sud/Nord, avec une pente moyenne très faible (au mieux de l'ordre de 0,002 m/m à 0,003 m/m) et des incidents liés à la présence des dunes (ANRH, 2005).



**Figure II.5:** Carte topographique de la région du Souf (ANRH, 2005)

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

A partir de cette étude, nous constatons que la région d'étude a une particularité spécifique de point de vue géologique, ainsi que les conditions paléogéographiques ont permis la mise en place d'une série sédimentaire avec une lithologie variée dans le temps, régulière et homogène dans l'espace.

Ces conditions ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara de plusieurs formations aquifères à comportement variable en fonction de leurs faciès. La stratigraphie de la région est caractérisé par des séries sédimentaires allant de Crétacé inférieur jusqu'aux dépôts de Quaternaire.

Les formations du Quaternaire récentes forment l'aquifère détritique de il est surtout sableux à gréseux avec parfois du gypse et des argiles localisées particulièrement dans la partie Nord-Est où il se termine par une croûte gypseuse, son substratum est argileux imperméable parfois très peu sableux à son sommet ou alors gypsifère en totalité. Le chapitre suivant, chapitre III, nous exposons les principes des systèmes d'information géographique, et leur apport dans l'étude des phénomènes environnementaux.

***Chapitre III : Le système  
d'information  
géographique(SIG)***

### **III.1. Introduction:**

L'avènement du SIG a été bénéfique pour les utilisateurs de données référencées spatialement ; Cet événement a même provoqué une perturbation dans les méthodes de travail, ce qui a facilité la démarche et accéléré la diversité des solutions.

Dans ce chapitre, nous présenterons quelques généralités sur les SIG. Qu'est-ce qu'un SIG ? De quoi est-il fait ? Quels sont ses domaines d'application ?

### **III.2. Définitions et principales fonctions:**

#### **III.2.1 Définitions :**

Différentes définitions peuvent être utilisées pour définir un Système d'informations géographiques. Elles utilisent toute la notion d'information géographique. Nous en citerons quelques-unes :

- Un type particulier de base de données permettant de gérer des objets associant des données descriptives à une entité physique localisée.
- un outil de stockage, de gestion et d'exploitation des informations spatialisées.
- un outil informatique permettant la production de cartographie à partir d'une base de données spatialisée.
- une approche intégrant un ensemble technologique (logiciel), informatif (données géographiques) et une méthodologie (www3).

#### **III.2.2. Principales fonctionnalités:**

Un système d'information géographique a comme principales fonctionnalités :

- Saisie et stockage de plans et de cartes numérisés : Ces plans et cartes devront être calibrées pour pouvoir y référencer des objets avec précision.
- Schématisation, organisation, structuration, archivage de l'information géographique : plusieurs couches peuvent être utilisées et chacune contient des informations géographiques de natures différentes.
- Gestion de collections d'objets localisés et non localisés : Les objets localisés (contenant une adresse) peuvent être mêlés à des objets non localisés.

- Gestion administrative (ex: cadastre) et partage de données entre utilisateurs
- Calculs métriques (distances, surfaces, périmètres, volumes), positionnement et projections géographiques
- Calculs techniques et d'ingénierie (visibilité, parcours optimaux, etc.)
- Analyse spatiale, statistique et classifications, géostatistique
- Télédétection aérienne et spatiale
- Géo-référencement, gestion et traitement d'images
- Simulation et modélisation
- Modèles numériques de terrain, géomorphologie, hydrologie, écoulements
- Édition cartographique, cartographie automatique, cartographie statistique Internet et interrogation distante
- Un atout principal : en regroupant dans un même ensemble différentes collections d'objets localisés, un SIG permet la mise en relation d'objets de collections différentes mais se trouvant « au même endroit » D'une manière générale, un SIG utilise la localisation pour mettre des objets en relation
- Facilite les réponses à des questions du type « pourquoi ici et pas ailleurs » (www2).

### **III.2.3. Données dans un SIG:**

Les données géographiques possèdent quatre composantes :

- les données géométriques renvoient à la forme et à la localisation des objets ou phénomènes ;
- les données descriptives (qui font partie des données attributaires) renvoient à l'ensemble des attributs descriptifs des objets et phénomènes à l'exception de la forme et de la localisation ;
- les données graphiques renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de trait, couleur...) ;
- les métadonnées associées, c'est-à-dire les données sur les données (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition...) (www3)

### **III.2.3.1. Les données attributaires :**

Il s'agit de données associées à un objet ou une localisation géographique, soit pour décrire un objet géographique, soit pour localiser des informations : nom d'une route, type d'un bâtiment localisé par son adresse, nombre d'habitants d'un immeuble localisé par ses coordonnées Lambert, débit d'un cours d'eau, tension d'une ligne de transport d'énergie, type d'arbres dans un verger localisé par sa parcelle, etc. Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet (www2).

### **III.2.3.2. Les objets géographiques :**

Trois types d'entités géographiques peuvent être représentés :

- le point (x,y) ou ponctuel ;
- la ligne ((x1,y1), ..., (xn, yn)) ou linéaire ;
- le polygone.

### **III.2.3.3. Relation Objets/Données attributaires :**

Le géo-référencement est la technique de mise en relation organisée des objets géographiques et des données attributaires. Il suppose la mise en place dans le SIG d'un système de repérants normés, dont le rôle est l'équivalent des dépendances fonctionnelles dans les bases de données relationnelles. Ainsi des données alphanumériques, issues de fichiers externes au SIG lui-même, pourront être croisées avec les informations géographiques du SIG, donnant lieu à des usages de géoanalyse (www3).

### **III.2.3.4. Les métadonnées :**

Les données manipulées par un SIG viennent de sources et bases de données diverses. Une organisation qui se dote d'un tel système doit maîtriser ces sources, de façon à s'assurer :

- qu'elle est bien au fait de l'ensemble des couches de données disponibles dans l'organisation,
- qu'elle peut se fier aux résultats obtenus lors de leur utilisation,
- qu'elle en maîtrise la gestion interne,

- qu'elle en maîtrise les coûts d'acquisition et de mise à jour
- qu'elle est en mesure, le cas échéant, de fournir tout ou partie de ses données à des tiers, en donnant une visibilité suffisante sur la qualité de la fourniture.

C'est pourquoi toute source de données géographiques ne se limite pas à son contenu attributaire et géographique, mais est accompagnée d'informations caractérisant la source elle-même, c'est à dire de données sur les données (on les appelle métadonnées) (www3).

Quelques exemples de métadonnées (parmi beaucoup d'autres) :

#### **III.2.3.4.1. Description générale :**

- description et nature des données
- système de projection et étendue géographique
- organisme producteur

#### **III.2.3.4.2. Qualité des données :**

- date de saisie ou de validité - si une donnée est ancienne par rapport aux évolutions des entités qu'elle représente, on peut toujours la faire intervenir dans des calculs, mais les résultats seront à interpréter avec prudence ;
- précision de la saisie - croiser des données de qualité centimétrique avec des données de qualité hectométrique ne donne jamais que des résultats d'une précision hectométrique !

L'ensemble de ces informations doit pouvoir être facilement accessible et partageable par tous les acteurs intervenant à quelque niveau que ce soit dans le cycle de vie des données au sein de l'organisation.

### **III.3. Historique:**

Depuis la première application, souvent citée, de l'analyse spatiale en épidémiologie, le développement vertigineux de l'informatique a permis un développement continu des systèmes d'informations géographique :

### **III.3.1. Les années 1960-1970 : les débuts**

- Applications militaires, études des ressources naturelles, systèmes d'information urbains
- Développement de systèmes en mode raster
- Développement de la géométrie algorithmique
- Montée en puissance des ordinateurs
- Systèmes de dessin industriel en mode vecteur
- Développement de systèmes de cartographie automatique
- Développement de la télédétection spatiale

### **III.3.2. Les années 1980 : la consolidation**

- Larges bases de données et développement de la théorie des bases de données (modèle relationnel)
- Développement de l'interactivité graphique et des stations de travail (SUN, APOLLO)
- Développement des SIG (vecteur-raster, statistique, cartographie, etc)

### **III.3.3 Les années 1990 : la diffusion**

- Industrialisation et diffusion de la technologie SIG
- Les micro-ordinateurs remplacent les stations
- Développement du matériel graphique à bas prix
- Intégration de données de sources différentes (télédétection aérienne et spatiale, GPS)
- Applications dans tous les domaines ayant des liens avec la localisation

### **III.3.4. Aujourd'hui :**

- Logiciels légers sur ordinateurs personnels : cartographie statistique, systèmes raster, cartographie automatique élémentaire
- Systèmes plus sophistiqués dédiés à l'édition cartographique (Intergraph, MicroStation, Autocad...)
- SIG généralistes (Mapinfo, ArcGIS, Arc/Info, SavGIS, Illwis,...)

- SIG spécialisés dans un domaine (géologie, hydrologie, océanographie, télédétection...)

L'ordinateur personnel et la saisie sur écran ont remplacé les stations de travail et les tables à digitaliser (www3).

#### **III.4. Les domaines d'application :**

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Citons cependant:

- **Santé :**

Toute gestion de services de soins et de santé qui se veut efficace fait appel à un SIG non seulement pour indiquer quelles ressources et quels besoins existent, mais également où les trouver. En outre, les experts de la santé se sont équipés de SIG pour surveiller l'épidémiologie et la santé publique. Ils peuvent suivre géographiquement les indicateurs de santé à différentes échelles (Monde, Continent, Région, Pays, Région d'un pays, Wilaya, Commune, Quartier) , identifier les sites épidémiologiques et rechercher les sites à risques écologiques.

- **Prévention / Sécurité :**

Un SIG est un outil efficace dans la lutte contre la criminalité. Il permet la planification et la modélisation d'événements, la planification tactique et stratégique et la cartographie des lieux d'incidents. Des programmes dirigés par des services de police offrent à tous leurs officiers un accès aux informations sur les délits commis dans toute la ville et déterminer les quartiers à forte criminalité par exemple et par type de criminalité.

- **Incendies/Services médicaux d'urgence/Désastre :**

Un SIG permet aux responsables chargés de la sécurité publique de planifier efficacement les interventions d'urgence, de déterminer les priorités, d'analyser les événements passés et de prévoir les événements futurs. De nombreux services d'incendie ont adopté un SIG pour fournir des informations critiques aux équipes d'intervention, dès le départ des véhicules ou pendant le trajet jusqu'aux lieux de

l'urgence, afin d'apporter une assistance dans la planification tactique en éclairant entre autres une description détaillée du terrain.

➤ **Commerce/Finance :**

Les analystes financiers ont recours à des SIG pour cibler leurs marchés en visualisant les besoins en services financiers.

➤ **Défense :**

La défense utilise les SIG pour les services de renseignements, l'analyse de terrain, la planification de mission et la gestion d'infrastructures.

➤ **Océans :**

Un SIG marin utilise des données sur les océans et les mers pour représenter des phénomènes survenant dans les eaux littorales et des grands fonds, comme les courants, la salinité, la température, la masse biologique et écologique et la densité.

➤ **Terres et sols :**

Des informations précises sur le paysage local sont indispensables dans la prise de décision sur ce qu'il faut protéger et comment le protéger. Les cartes numériques de sites peuvent être liées à des bases de données relationnelles qui stockent des données topographiques, à des données de base, de la documentation sur les sites et à des photographies numériques aériennes.

➤ **Faune :**

Un SIG est un outil important dans la gestion et la protection des habitats et des espèces.

Un SIG permet d'étudier les populations animales à diverses échelles et fournit des outils analytiques pour étudier les corridors d'habitats, les schémas de migration et l'influence des parcs et réserves naturelles sur la préservation de la faune.

➤ **Végétation :**

Un SIG représente l'outil idéal pour cartographier et inventorier la végétation et mieux comprendre pourquoi certaines espèces sont-elles menacées ou en danger.

➤ **Sécurité civile :**

Un SIG est utilisé aux niveaux local, régional et national, pour les interventions d'urgence dans les domaines suivants : la détection, l'évaluation des risques, la prévention et l'aide à la décision en contexte de crise. Exploité à la fois dans le cadre d'événements naturels ou provoqués par l'homme, le SIG fait désormais partie des procédures communes dans les activités de sécurité civile et d'intervention d'urgence. Les communes et l'Etat ont recours à un SIG qui leur sert de cadre de travail commun pour organiser et partager les données dans un monde numérique.

➤ **Transports :**

En ce qui concerne les transports, un SIG répond à trois besoins différents, la gestion des infrastructures, la gestion des parcs et de la logistique et la gestion des transits.

Un SIG fournit des informations sur l'analyse et la planification des réseaux, le suivi et l'acheminement des véhicules, le suivi des stocks et l'analyse de la planification des itinéraires.

➤ **Télécommunications :**

Un SIG offre aux sociétés de télécommunications un éventail de solutions, qui permettent l'analyse des relations entre la couverture des signaux, l'édition de résultats de tests, la gestion des dossiers d'incidents et le suivi des requêtes clients.

➤ **Agriculture :**

Un SIG fournit des capacités analytiques qui sont au cœur de tout système agricole de précision réussi.

Un SIG permet aux agriculteurs d'effectuer des analyses spatiales, propres aux sites, sur des données agronomiques.

➤ **Assurances :**

Un grand nombre de compagnies d'assurance ont fait de leur SIG l'élément central de leurs activités en l'utilisant pour visualiser, analyser et répartir les risques.

➤ **Commerce de détail :**

Les entreprises conservent des informations sur les ventes, les clients, les stocks, les profils démographiques et les listes de diffusion, qui sont autant d'éléments associés à des localisations géographiques. De ce fait, les directeurs, stratèges marketing, analystes financiers et gestionnaires utilisent de plus en plus des SIG pour organiser, analyser et présenter leurs données d'entreprise.

➤ **Gestion de l'énergie :**

Le processus d'acheminement de l'énergie repose largement sur des informations géographiques. De la conception des réseaux à la gestion des interruptions de service, plus de 80 % de la gestion des données réalisée par les services publics porte sur des composants spatiaux et profitent donc pleinement des potentialités des SIG.

➤ **Eau et eaux usées :**

Dans des services ressources hydrauliques, les cartes de haute résolution détaillent la localisation géographique des pipelines souterrains, bassins versants, réservoirs et installations hydroélectriques.

La base de données d'informations permet au service d'évaluer les possibilités de développement.

➤ **Foresterie :**

Les services de foresterie se servent d'un SIG comme composant clé permettant de gérer les ressources de gros bois d'œuvre et de maintenir une gestion durable des forêts.

Ces organismes tirent partie des fonctionnalités SIG pour des applications très diverses : estimation des sols, analyse du marché de gros bois d'œuvre, planification des itinéraires des récoltes et visualisation du paysage rural.

➤ **Eau :**

Un SIG est utilisé à l'échelle mondiale dans les laboratoires d'écologie, les services de planification, les parcs, les agences et les organismes à but non lucratif pour promouvoir un développement durable.

Des comités sur les bassins versants ont recours à un SIG pour la mise en carte et la planification des habitats, des terrains marécageux et de la qualité de l'eau.

Ils exploitent un SIG pour cartographier les eaux, y compris les bassins versants en amont, les caractéristiques des canaux, le flux saisonnier, l'utilisation des terres adjacentes et les caractéristiques naturelles de l'habitat existant (www3).

### **III.5. La théorie de l'information géographique :**

#### **III.5.1. L'information géographique :**

##### **III.5.1.1. L'information :**

En acquérant des données, on acquit des informations qui nous permettent des connaissances. Les données sont faciles à partager, un peu moins les informations et encore plus difficiles les connaissances. On les définit comme suit :

- Données : Ce sont les nombres, les textes, et les symboles et qui sont en général indépendants du contexte (mesures brutes sans interprétation)
- Information: Elle est différenciée des données car elle est dédiée à un sujet ou soumise à un certain degré d'interprétation
- Connaissance : C'est l'information interprétée par rapport à un contexte particulier, à l'expérience, ou à un objectif donné (www4).

##### **III.5.1.2. Données ou information ?**

Comme l'ordinateur traite et partage des données, il est impératif de pouvoir transformer des informations en données. Nous devons alors répondre aux points suivants :

- Comment appréhender et représenter la réalité pour la traiter avec un ordinateur ?
- Vision universelle ou vision contextuelle ?
- Comment définir les critères de description de la réalité sans problème spécifique posé au départ ?
- Précision, échelle et description, modélisation de la réalité : l'approche du géographe.

### **III.5.1.3. Modèles de données :**

Un modèle de données, c'est un ensemble de règles pour représenter des objets et des comportements du monde réel dans le cadre logique d'un ordinateur.

On distingue quatre niveaux d'abstraction de la réalité :

- Le monde réel (aucune abstraction)
- Le modèle conceptuel (modélisation conceptuelle de la réalité)
- Le modèle logique (organisation du modèle liée à l'informatique)
- Le modèle physique (organisation interne à l'application)

### **III.5.1.4. La donnée géographique :**

- Enregistrement de mesures prises à un certain endroit à un certain moment dans le monde réel
- Associe lieu, instant, et attributs descriptifs
- Difficile à manipuler dans les systèmes classiques de gestion de données, qui ne sont pas outillés pour les données de dimension supérieure à 1.

#### **III.5.1.5.1 L'objet géographique :**

- Un objet en théorie de l'information, c'est un ensemble encapsulé d'attributs et de méthodes, permettant de décrire la connaissance et le comportement pour une vision contextuelle de la réalité.
- Un objet géographique a trois composantes principales : localisation, description, comportement.

#### **III.5.1.6. La modélisation du monde réel : de la réalité à la géographie :**

- Description et précision de localisation, méthodes, attributs, pour la définition d'un objet géographique.
- Liens entre attributs descriptifs et précision de l'attribut de localisation pour la définition de l'objet géographique. Exemple : la généralisation cartographique?
- L'objet géographique : relation entre définition sémantique (attributs descriptifs) et précision de la description de la géométrie de la localisation.

### **III.5.1.7. De la géographie à la géométrie : schématiser la localisation :**

- Le modèle de schématisation cartographique classique en zones, lignes, points (dans un espace continu, 2D ou 3D).
- Le pixel : une zone ou un point ?

### **III.5.2. Les limites du modèle cartographique :**

#### **III.5.2.1 Les limites de la géométrie et du modèle cartographique :**

- On suppose que la géométrie classique permet de décrire la localisation des objets géographiques. On introduit donc des discontinuités dans la réalité en utilisant la schématisation en zone, ligne, point pour définir les objets géographiques. La précision ou l'incertitude ne sont pas traitées par ces modèles de description. L'espace n'est pas traité de façon continue, la définition géographique des objets est discontinue et simplifie fortement la réalité.
- La description géométrique en zone, ligne, point est-elle suffisante pour décrire de manière satisfaisante les objets géographiques ?

#### **III.5.2.2. Représentation Raster :**

Le format raster des données représente la réalité par des cellules de grille uniformes d'une résolution spécifique. Chaque carré (ou cellule de grille) couvre une aire géographique donnée et une valeur d'attribut est assignée à la cellule. La cellule de grille est la plus petite unité géographique dans un SIG raster, elle est connue comme 'l'unité cartographique minimale'. La résolution dépend de la taille de la cellule de la grille, Plus la cellule est grande, moins l'information est précise, plus la grille est petite, plus la résolution est grande et plus la base de données est grande parce qu'il y a plus de détails.

Visuellement, les formes et objets géographiques sont représentés par la combinaison de cellule de grille. Ceci signifie que les formes complexes (limites administratives) ou les objets linéaires (traits de côtes) peuvent apparaître non naturel. La plupart des données de télédétection sont collectées dans le format raster, ce qui veut dire qu'on n'a pas besoin de les convertir avant de les utiliser dans un SIG en format raster.

### **III.5.2.3. Représentation Vecteur :**

Un système basé sur le mode vectoriel affiche les données graphiques comme étant des points, des lignes, des courbes, ou des surfaces (aires) avec des attributs. Ceci voudrait dire qu'il est plus facile de représenter les formes complexes ou linéaires dans le format vectoriel. La plupart des cartes produites à partir des SIG le sont dans le format vectoriel. Les données de télédétection doivent être converties avant utilisation dans un SIG en format vectoriel

### **III.5.2.4. Les modèles internes :**

Un modèle interne est la manière de stocker de façon interne, dans des fichiers, la description logique d'un ensemble d'objets géométriques, en assurant une certaine cohérence.

Par exemple, pour un modèle logique vecteur, un ensemble de zones peut être stocké de plusieurs façons :

- En décrivant les coordonnées du contour pour chaque zone
- En décrivant un ensemble d'arcs par leurs coordonnées et par leurs relations frontalières avec les zones dont elles forment le contour

### **III.5.2.5. Les principales sources de données :**

- Acquisition de l'information par création de données
- Acquisition de l'information par importation de données
- Relevés de terrain ou levés topographiques, GPS
- Enquêtes et recensements, registres administratifs, état civil
- Photographies aériennes et photogrammétrie
- Télédétection spatiale
- Cartes scannées et/ou vectorisées
- Modèles numériques de terrain

L'acquisition de données peut représenter plus de 80% du coût d'un projet SIG

### **III.6. Méthodes d'analyse dans un SIG :**

L'analyse des données a pour but de les interpréter pour élaborer de nouvelles informations sur la zone traitée. Elle met en œuvre des méthodes quantitatives, souvent statistiques, d'interprétation des données.

Les logiciels peuvent utiliser le langage SQL (Structured Query Language) qui est un langage de requête permettant de rechercher dans une base de données des informations répondant à des critères spécifiques. L'analyse thématique aboutit souvent à de la cartographie thématique.

Il existe un grand nombre de fonctions qui permettent d'analyser un ensemble de données géographiques.

- Requêtes et interrogation
  - Interrogation, exploration, statistique
- 2. Mesures et calculs métriques
  - Propriétés métriques des objets : longueur ou périmètre, surface, etc.
  - Relations entre objets : distance, orientation
- 3. Transformation de données
  - Création de nouveaux attributs descriptifs
  - Basée sur des règles arithmétiques, logiques, géométriques
- 4. Synthèse de l'information
  - Transferts d'échelle
  - Géostatistique et interpolation
  - Changements d'implantation spatiale
- 5. Techniques d'optimisation
  - Localisations optimales
  - Plus courts chemins, recherche opérationnelle

### **III.7. SIG et cartographie :**

A travers un SIG, nous pouvons :

- Afficher une carte qui est le résultat d'une requête  
Exemple : Afficher tous les quartiers de la ville de Mostaganem qui sont

inondables et connaissent une forte concentration de malades atteints de diarrhées.

- Choisir une projection cartographique  
Exemple : projection UTM
- Définir l'association attribut descriptif - attribut graphique (figuré, implantation, variables visuelles)  
Exemple : Pour chaque symbole représentant un cabinet médical, on lui fait correspondre des informations textuelles (nom, adresse, ect..).

### **III.8. Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons introduit des généralités sur les systèmes d'information géographique, qui affirment que les SIG sont une science basée sur des connaissances interdisciplinaires (géographie, cartographie, informatique, mathématiques, traitement d'images, etc.) et comprend de nombreuses technologies, et est généralement utilisées ; matériel, logiciel, données et ressources humaines, afin de pouvoir traiter des données et extraire des informations. Le chapitre quatre, chapitre suivant, nous allons présenter une étude spatiale en utilisant les SIG, permettant d'extraire les endroits favorables et adéquats pour l'installation des futures STEP.

***Chapitre IV: L'analyse  
spatiale***

#### **IV.1. Introduction:**

Dans ce chapitre nous exposons les différentes étapes de l'analyse spatiale (*Geoprocessing*), dans le but de sélectionner l'endroit favorable pour l'installation des STEP, sur le territoire de la zone d'étude.

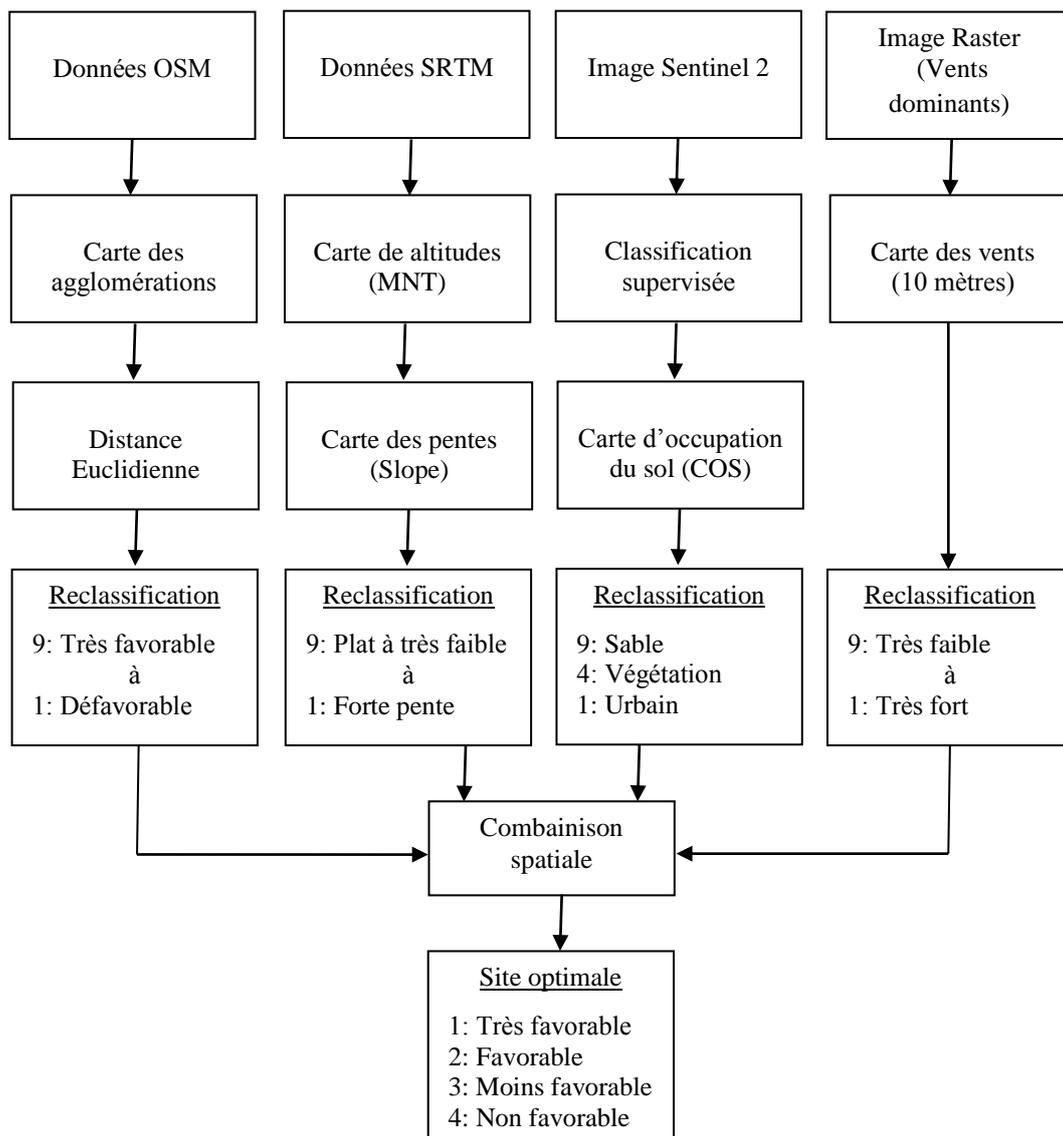
#### **IV.2. Critères de sélection:**

La station d'épuration des eaux usées reste un outil fondamental pour la protection des milieux naturels. La valorisation de l'image de la station passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dès l'élaboration du projet en commençant par le choix de l'emplacement du site. A cet égard, quelques règles doivent être rappelées:

- Éviter les zones inondables entraînant parfois des dysfonctionnements pendant de longues périodes ; sinon veiller à mettre les équipements électriques hors d'eau ;
- Éviter de construire à proximité d'habitations, de zones d'activités diverses (sportives, touristiques, industrielles, ...). Dans la pratique, et pour éviter tout contentieux avec le voisinage, on réserve une distance minimale de 200 m en tenant compte de la dominance des vents (si possible) ;
- S'éloigner le plus possible des zones de captage même si le périmètre de protection est respecté ;
- Réaliser des études géotechniques (vérification de l'imperméabilité par exemple pour un lagunage). La portance du sol (tenue des ouvrages et des canalisations de liaison) et les qualités de sol conditionnent beaucoup le coût du génie civil ;
- Prendre des précautions particulières lorsqu'un aquifère se situe à faible profondeur (clapets en fond de bassins, ...) ;
- Ne pas implanter les ouvrages dans les zones plantées d'arbres à feuilles caduques (lit bactérien, lagunage, bassin d'aération...) ;
- Penser aux extensions ou aux aménagements futurs (disponibilité et réservations de terrains.

### IV.3. Méthodologie:

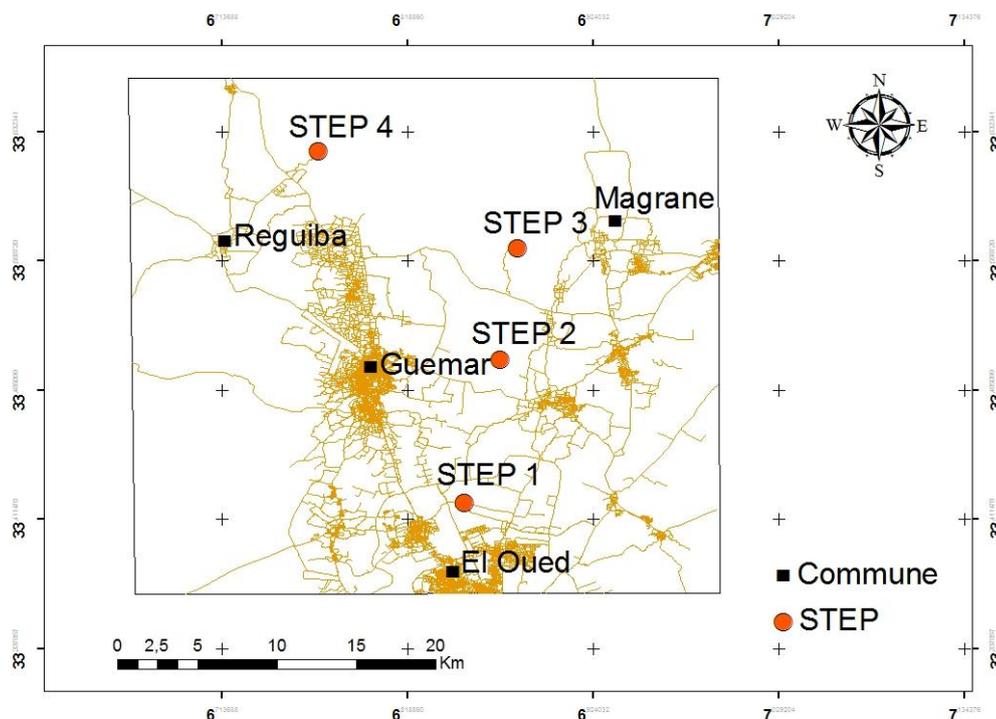
Suivant les critères de sélection, mentionnés dans le paragraphe en dessus, on a retenu quatre critères, qui sont: la carte d'occupation du sol, la carte du périmètre urbain, la carte des pentes et la carte des vents dominants. La carte lithologique n'est pas prise en compte vu le caractère homogène de la zone d'étude. L'organigramme présenté par la figure IV.1, résume les différentes étapes suivies dans l'élaboration de la carte du site optimale.



**Figure IV.1** : Organigramme de l'analyse spatiale

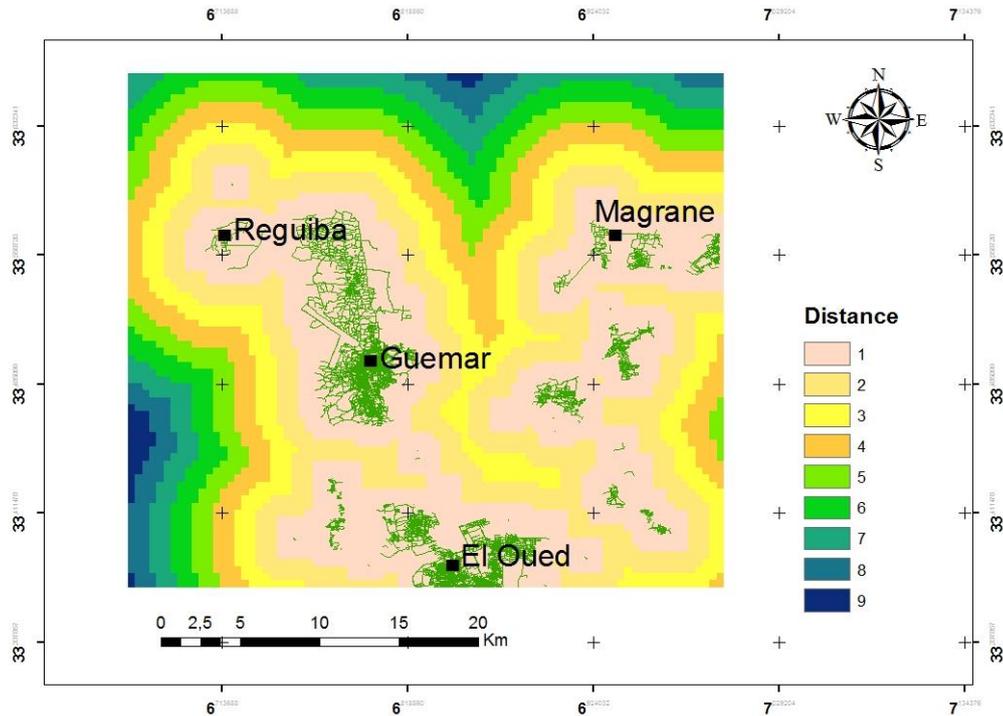
### IV.3.1. La carte des agglomérations

Afin d'obtenir des données à jour et géoréférencées, on a opté l'utilisation des données disponible sur Internet, fournies par *l'Open Street Map* (données gratuites à accès libre). D'autres données disponibles comme les Plans d'Architecture et d'Aménagements Urbains (PDAU), nécessitent des opérations de géoréférencements, afin de les mettre dans un même plan, mais cette opération présente des difficultés techniques (absence des coordonnées dans certains plans, ou même mauvais calage pour les autres). La figure IV.2 présente les différents sites urbains avec les quatre STEP existantes, dans la région d'étude.



**Figure IV.2 :** Carte des agglomérations

Une fois la couche des sites urbains a été créé nous appliquons la Distance Euclidienne, sur les périmètres urbains de chaque agglomération. La Distance Euclidienne permet de distinguer les zones proches à celles les plus éloignées des périmètres urbains. La figure IV.3 illustre le résultat de cette opération.

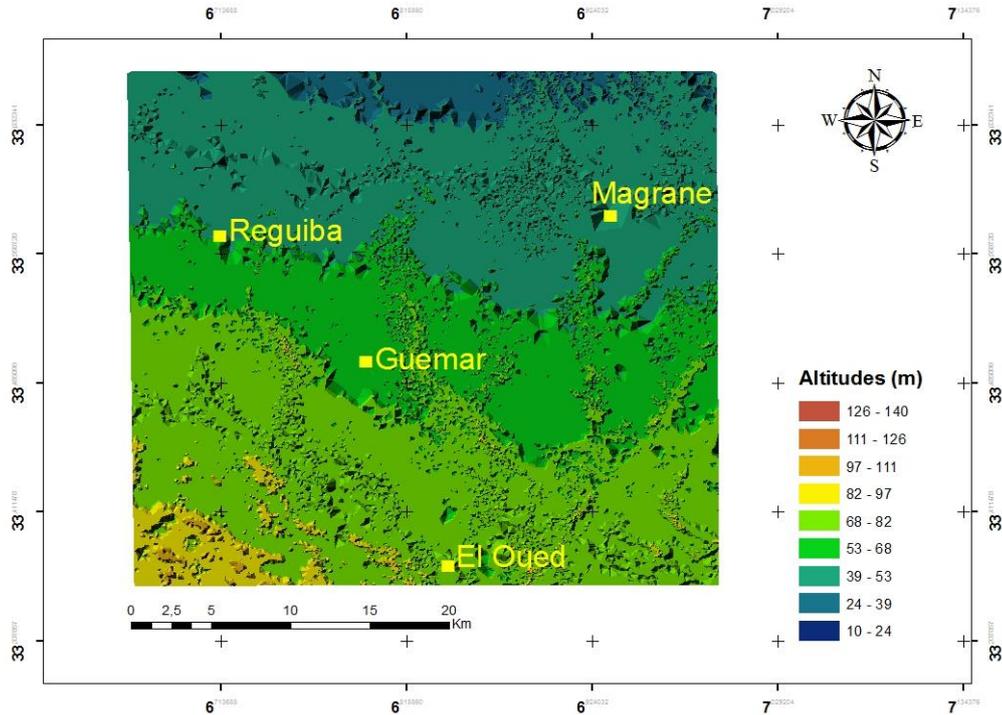


**Figure IV.3 :** Carte des distances

L'échelle des distances présente neuf degrés de portées. Le 1 présente les régions défavorables et qui sont les plus proches aux périmètres urbains, tandis que le 9 présente les régions les plus favorables.

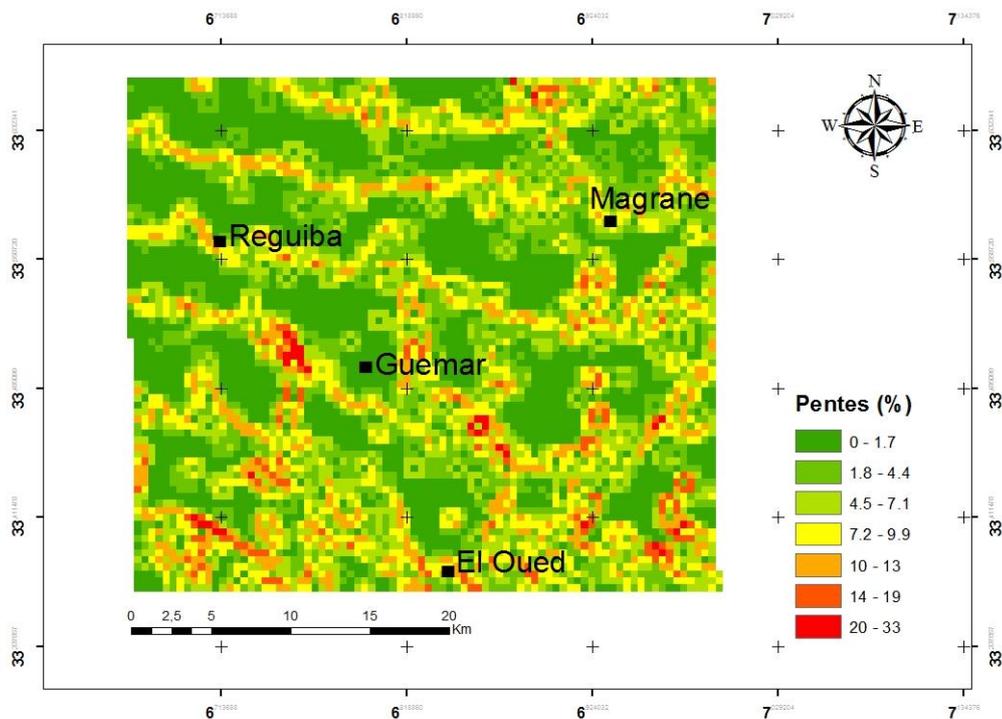
#### IV.3.2. La carte des altitudes

Le terrain plat présente l'endroit souhaité pour l'installation de ce genre d'infrastructures. Pour cela, la carte de topographie de terrain est indispensable pour obtenir la carte des pentes. La solution la moins coûteuse et disponible en libre accès c'est la carte des altitudes livrée par la SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), données matricielles livrées par la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), avec une précision altimétrique de 30 mètres. La figure IV.4 présente la carte des altitudes, de la zone d'étude. Dans cette figure nous remarquons que la dénivelée du terrain se manifeste du Sud vers le Nord de la zone d'étude.



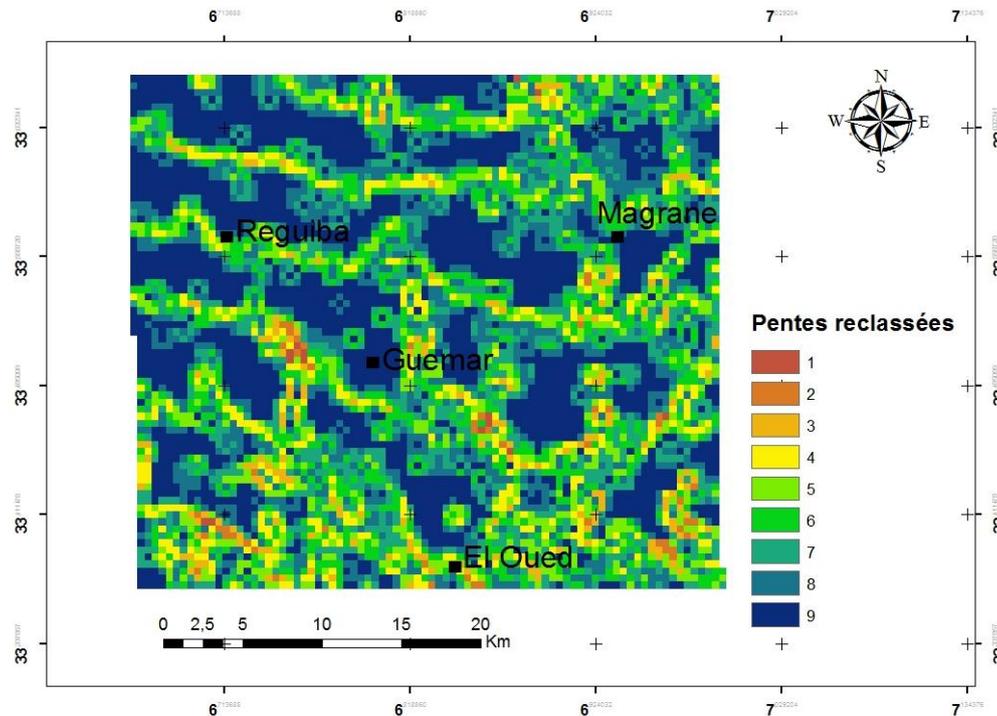
**Figure IV.4 :** Carte des altitudes

Ensuite, l'obtention de la carte des pentes devient une opération automatique. La figure 00 dévoile la carte des pentes (*Slope*) obtenue à partir de la carte des altitudes (modèle numérique du terrain - MNT). La figure IV.5 présente la carte des pentes.



**Figure IV.5 :** Carte des pentes.

Une fois la carte des pentes est obtenue, nous effectuons une reclassification de l'image, afin de classer les zones de pentes suivant le critère de priorité. La figure IV.6 présente la carte des pentes après reclassification.



**Figure IV.6 :** Carte des pentes reclassées.

La classe 1 présente la région la plus défavorable (pente forte), tandis que la classe 9 caractérise les régions les plus favorables (terrains plats ou très faibles pentes).

### IV.3.3. La carte d'occupation du sol

Cette carte nous permet de distinguer les zones favorables pour l'installation des futures STEP, dans la région. Les terrains nus semblent les plus favorables pour cette opération. Pour cela, on a utilisé une image de haute résolution spatiale du satellite européen Sentinel – 2, dont la résolution spatiale est de 10 mètres. La figure IV.7 caractérise cette carte. Trois classes sont établies:

- Urbain ;
- Végétation ;
- Sable.

La carte ne couvre pas la totalité de la région d'étude, dans le but d'éviter de faire des opérations de mosaïquage spatiale (assemblage des images satellitaires), où le résultat ne sera pas tellement fiable.

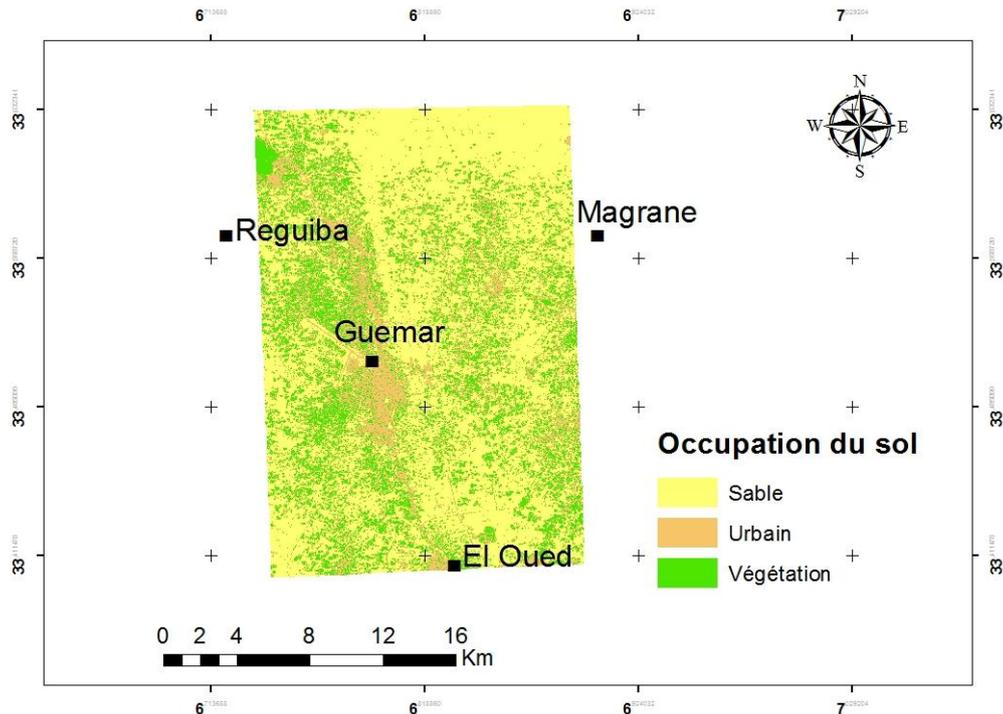


Figure IV.7 : Carte d'occupation du sol.

De la même manière, nous procédons à la reclassification, pour préciser la classe la plus importante dans notre projet. La figure IV.8 présente la carte d'occupation du sol reclassée, suivant la classe d'importance.

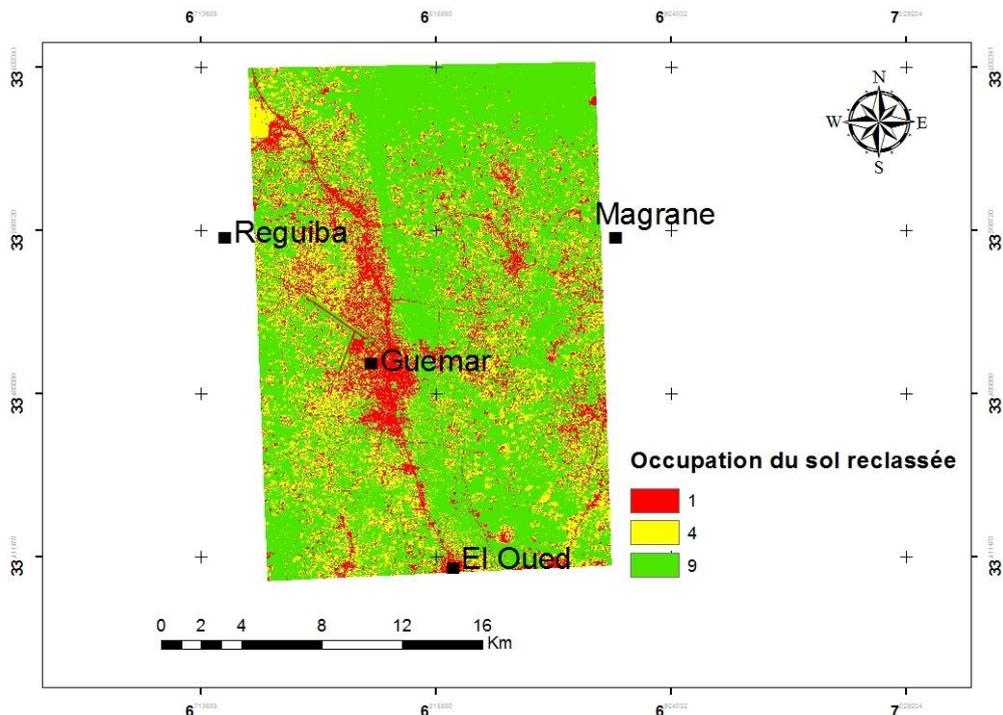


Figure IV.8 : Carte d'occupation du sol reclassée.

La classe 9 présente la classe favorable (sable, terrain nu) et les classes 4 et 1 présentent des classes moins favorable à non favorable (végétation et urbain, respectivement).

#### IV.3.4. La carte des vents dominants

Les vents dominants présentent un facteur important dans la sélection des sites d'installation des STEP. Les mauvaises odeurs et nombreux insectes sont considérés comme nuisibles par les humains (mouches, moustiques,..) peuvent être transportés par les vents forts. Les données climatologiques disponibles pour notre région semblent insuffisantes (une seule station météorologique ne permet pas de faire une analyse spatiale adéquate, avec l'absence de direction du vent de son inventaire). Pour en passer de ce problème, une source de données disponibles sur Internet et à accès libre par le *Global Wind Atlas*, nous a permis d'obtenir une climatologie des vents dans la zone d'étude (une climatologie de 10 ans, de 2001 à 2010, avec une résolution horizontale de 250 mètres, et disponibilité des données de vent pour les altitudes de 10, 50, 100, 150 et 200 mètres). On a sélectionné une carte des vents pour une altitude de 10 mètres (vu le caractère topographique de la région d'étude). La figure IV.9 illustre la carte des vents dominants utilisée.

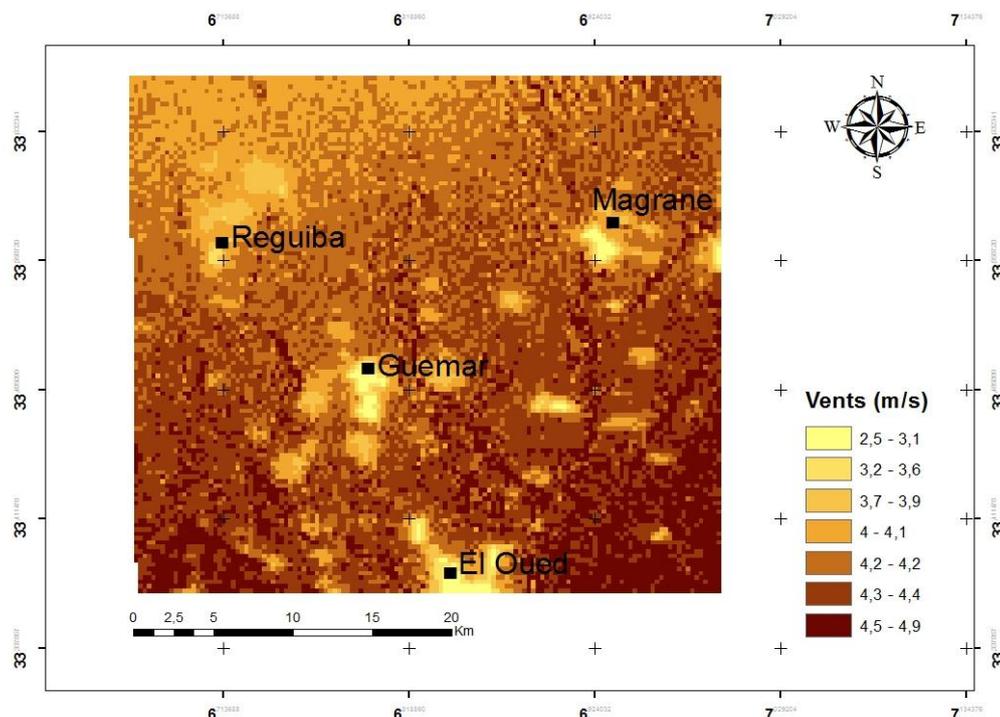
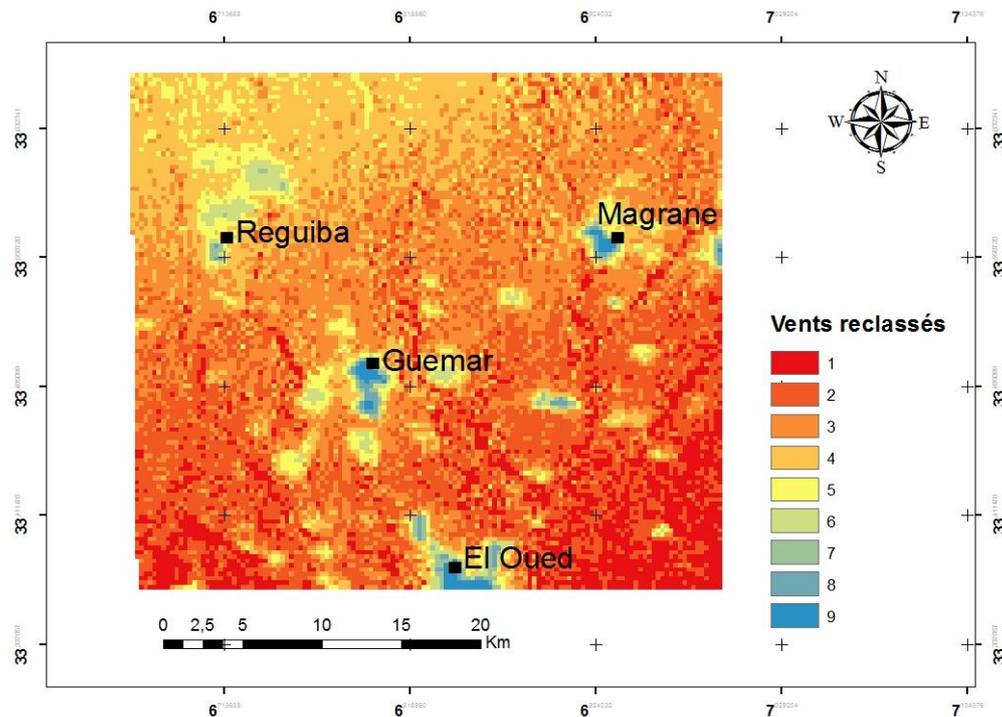


Figure IV.9 : Carte des vents dominants.

Dans cette étude la direction des vents n'est pas prise en compte (absence de l'information). Pour cela le critère de vitesse des vents est pris en considération.

De la même démarche, la figure IV.10 présente la carte des vents dominants reclassés, afin de caractériser les régions favorables (faibles vents dominants).



**Figure IV.10 :** Carte des vents dominants reclassés.

Nous remarquons que la vitesse des vents est très faible dans les centres urbains. La classe 9 présente des régions où les vents sont très faibles, cependant la classe 1 présente les régions où les vents sont forts.

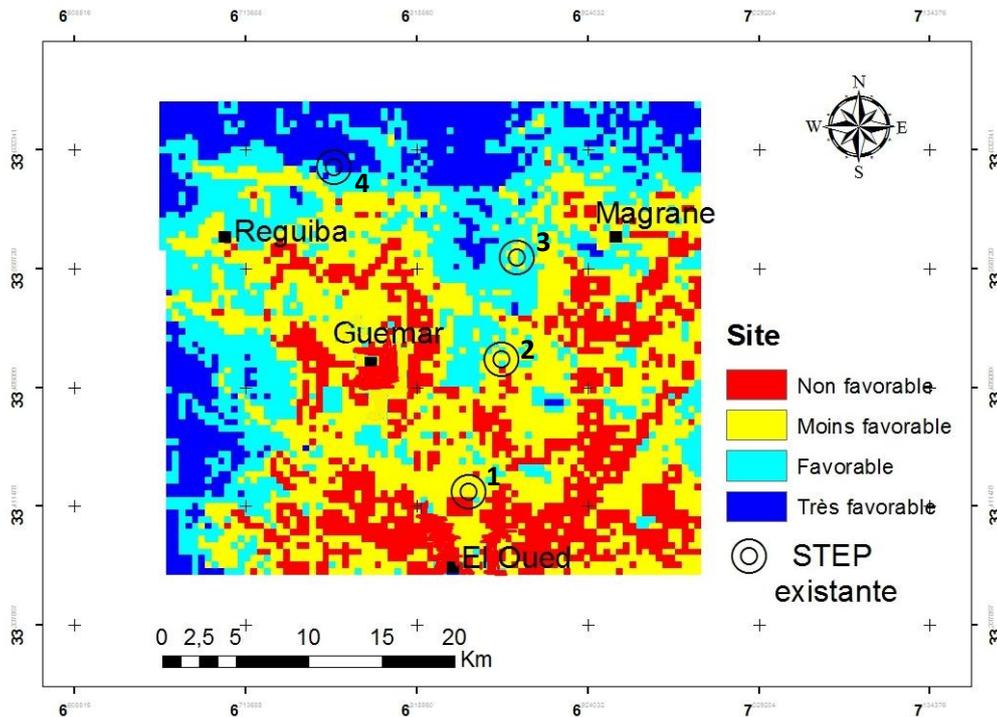
#### **IV.4. L'analyse spatiale:**

Cette opération consiste à combiner les différentes cartes reclassées obtenues dans le but d'obtenir les sites adéquats pour l'installation des futures stations d'épuration des eaux usées. Sous l'environnement SIG (ArcGIS), et avec l'opérateur *Raster Calculator* on a donné des poids égaux pour chaque carte (un poids de 0.25 pour chaque critère). Le tableau IV.1 résume les critères favorables pour notre projet (la classe 1 présente une région non favorable, la classe 9 est la classe la plus optimale).

**Tableau IV.1 :** Résumé des poids et critères de chaque carte.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Urbain (m)	<200	200-400	401-600	601-800	8001-1000	1001-1200	1201-1400	1401-1600	>1600m
Pente (%)	23 - 33	17 - 20	14 - 16	11 - 13	8.0 - 10	5.8 - 7.9	3.6 - 5.7	1.4 - 3.5	0 - 1.3
COS	Urbain	-	-	Végétation	-	-	-	-	Sable
Vents (m/s)	4.5 - 4.9	4.3	4.3	4.2	4.0 - 4.1	3.7 - 3.9	3.3 - 3.6	3 - 3.2	2.5 - 2.9

La figure IV.11 présente le résultat de combinaison des différentes cartes, en quatre classes de convenance (très favorable, favorable, moins favorable et non favorable).



**Figure IV.11:** Les endroits favorables pour l'installation des futures STEP.

#### IV.5. Étude critique:

D'après la carte de convenance obtenue (figure IV.11), on peut dire que la STEP 4 (Reguiba) se situe dans un endroit très favorable, où toutes les conditions favorables sont réunies. De façon moins convenable que la première, se trouve la STEP 3 (Sidi Aoun). Cela est dû à l'endroit où se situ la STEP 3, qui se trouve dans un endroit

exposé à des vents relativement forts. En ce qui concerne la STEP 2 (Hassani Abdelkerim), qui se trouve dans la classe moins favorable, cela est justifié par l'endroit qui est exposé à des vents forts, d'un côté, et d'un autre côté l'endroit est proche du périmètre urbain (agglomération de Doukkar). Pour la STEP 1 (Kouinine), cette station se trouve dans la classe non favorable pour les causes suivantes: a) très proche du périmètre urbain (agglomérations d'El Oued et de Kouinine), b) train relativement en pente, c) endroit exposé à des vents forts et d) proche à la végétation.

#### **IV.6. Limites de l'étude:**

D'après la carte de convenance obtenue on remarque que les quatre STEP existantes montrent un degré de fiabilité assez remarquable. De point de vue topographie (pente), les spécialistes de l'ONA ont réussi à un niveau avancé dans le choix des sites d'installation. Par contre, cette étude nécessite des ajustements en matière des données utilisées ou manquantes. Par exemple:

- La carte des altitudes (MNT) présente une donnée insuffisante sur le plan de la précision altimétrique (30 mètres). Une donnée de haute résolution peut donner un résultat plus précis (une carte des pentes plus précise) ;
- Prendre en considération de la carte de la nappe phréatique peut améliorer la qualité du résultat, afin de préserver la qualité de ses eaux ;
- La direction des vents, une donnée absente, peut aider le décideur à éviter les régions exposées aux vents forts, dans le but d'éviter le flux des odeurs et des insectes nuisibles ;
- Autres sources de données comme le nombre de population, le réseau d'assainissement, réseau routier, et autres, peuvent ajouter un plus dans le résultat.

#### **IV.7. Conclusion:**

La carte de convenance obtenue présente une première tentative dans l'élaboration d'une cartographie thématique de qualité, afin de mettre entre les mains des décideurs un outil fiable et sûr. Dans la présence des données nécessaires et fiables, les systèmes d'information géographique peuvent donner des solutions optimales à des problèmes environnementaux et socio-économiques existants.

# ***Conclusion générale***

## **Conclusion Générale :**

Ce travail comprenait une étude sur la contribution des systèmes d'information géographique à la sélection de sites appropriés pour l'installation de stations d'épuration dans la zone d'El Oued.

Au cours de cette étude, nous avons donné un aperçu du rôle de la station d'épuration dans l'élimination de la pollution afin de s'assurer que le rejet d'eau traitée n'affecte pas le milieu récepteur.

Nous avons également fourni une description de la zone d'étude en termes de nature géologique diversifiée et de la façon dont elle a contribué à former une grande couche d'eau souterraine.

Ensuite, nous avons abordé la définition du SIG et tous ses usages, et avec cela, nous avons commencé à travailler en recueillant toutes les informations nécessaires à l'étude à partir des cartes des agglomérations urbaines, de la tendance et des vents dominants, et de la carte d'occupation du sol, qui ont été reclassés sous l'environnement ArcGIS afin d'obtenir des sites adaptés à l'implantation des stations d'épuration des eaux usées .

Enfin, nous avons obtenu la fiche de commodité qui présente le résultat de la combinaison des différentes cartes, en quatre classes de convenance: très favorable, favorable, moins favorable et non favorable. E sur la base des résultats obtenus nous avons présenté une étude critique des quatre stations d'épuration préexistantes. La carte résultante a montré que la station de Kouinine (STEP 1) présente un caractère non favorable, et cela est du aux critères pente et éloignement du centre des agglomérations urbaines. Ce modeste travail reste une première tentative dans l'introduction des SIG dans l'aménagement et la planification urbaine, la chose qui nécessite l'appel à d'autres sources de données plus fiables et plus sûres, dans le but d'améliorer la qualité des résultats obtenus.

***Références  
bibliographiques***

## Références bibliographiques :

- **Abdeljabar, Oussama, 2019** : Diagnostic de Fonctionnement de la station D'épuration de Kouinine: Solutions Proposées, option: Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement. Université d'El-Oued.
- **BEKKOUCHE M., ZIDANE F, 2004** : Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville d'Ouargla par lagunage. Mem. Ing. Hydraulique saharienne. Univ. D'Ouargla.67p.
- **MANCER Halima, 2010**: Analyse du pouvoir Epurateur De quelques plantes Macrophytes Dans les régions arides. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, option: Agriculture et environnement dans les régions arides. Université KHIDER Mohamed, Biskra.
- **Mohamed EZ-ZAHERY, 2004** : Caractérisation et influence de la hauteur du sable utilisé dans le procédé d'infiltration percolation, DESA, 03 Décembre 2004, univers site Ibn Zohr AGADIR Geomatys 2009.
- **Mohand Saïd Ouali**: Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Place centrale de Ben-Aknoun Alger 05-2001. Lazhar ,Graini, 2011.
- **Mr METAHRI Mohammed Saïd, 2012**: Elimination simultanée de la pollution Azotée et Phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou. Mémoire de Doctorat, option: Génie des procédés. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou .
- **SAGGAI M, 2004** : Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophtes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla.64p.
- **www1** : [http://www.hygiene\\_publique.gov.pdf/spip.php? Article 61](http://www.hygiene_publique.gov.pdf/spip.php? Article 61)
- **www2**:[https://www.researchgate.net/publication/307855423\\_Principles\\_of\\_geographic\\_information\\_systems\\_an\\_introduutory\\_textbook](https://www.researchgate.net/publication/307855423_Principles_of_geographic_information_systems_an_introduutory_textbook)
- **www3**: <http://www.geosource.fr/docs/introduction/introduction.html>
- **www4**:<https://sigea.educagri.fr/theorie>

- **Zeghoud Mohamed seifeddine 2013**: Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra .