

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي بل والبحث العلمي يم
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة موالى الطاهر، سعيدة
Université MOULAY Tahar, Saida



كلية علوم طبيعية و الحياة
Faculté des Science nature et vie
قسم الفلاحة و علوم التغذية
Département d'agronomie et sciences de la nutrition

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master
En Sciences Agronomie
Spécialité: Protection des écosystèmes

Thème

Apport d'un S.L.G pour l'étude de la gestion des ressources en eau de la willaya de Saida

Présenté par:

- ZERAGUET Rekia
- BOUAZZA Meriem

Soutenu: 13/06/2024

Devant le jury composé :

Président	Mr. TERRAS Mohamed	Pr Université Dr MOULAY TAHAR Saida
Examineur	Mr. HENI Mostapha	MCB Université Dr MOULAY TAHAR Saida
Rapporteur	Mr. ANTEUR Djamel	MCA Université Dr MOULAY TAHAR Saida

Année universitaire 2023/2024

Remerciements



Nous remercions tout d'abord ALLAH tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à présenter nos profondes gratitudee à notre promoteur Mr ANTEUR DJAMEL pour son aide, son encouragement, qui nous a fait bénéficier de son savoir, de son expérience et de ses précieux conseils afin de perfectionner ce travail et d'avoir accepté l'encadrement de ce mémoire.

Nous remercions les membres de jurée Mr TERRAS Mohamed et Mr HENI Mostapha

Enfin nous devons remercier beaucoup toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail: Aux les plus chères au monde, **ma mère** et **mon père** source intarissable d'amour, de tendresse et de sacrifice, qui n'ont jamais cessé de témoigner leur affection, leur confiance et qui m'ont apporté leurs soutien et encouragements depuis toujours.

A mes chères sœurs **Fatima Nabila anfel**

Et mon unique chère frère **Mokhtar**

. A toute ma famille. A tous mes chers amis





DÉDICACE



*Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs
Années d'étude à : **Mes chers parents** en récompense
de leurs sacrifices et leur clairvoyance qui m'a servi et me
servirait tout au long de ma vie Mes chers frères: **Khaled**
.Younce*

*Mes sœurs: **Nacira Rachida***

*Tous mes amis du travail, tout en leur souhaitant la
réussite dans tout ce qu'ils entreprennent A toutes les
personnes que j'aime et qui m'aiment A moi-même.*



Résumé

L'eau est indissociable à l'activité humaine. Il est la plus vitale au même titre que l'air. Elle est indispensable à la survie des êtres vivants. C'est une ressource porteuse de beaucoup de spécificités, à la fois abondante et rare. La gestion des ressources en eau en Algérie évolue en ordre politique, social, économique, culturel et environnemental qui entrave fortement sa mise en œuvre.

Dans cette étude on va discuter l'utilisation et l'exploitation des techniques des Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour l'étude de la gestion des ressources en eaux dans la région de Saïda à travers la réalisation d'une base de données thématiques et spatiales. Les avantages des S.I.G sont multiples surtout dans le domaine de planification et de gestion des ressources naturelles tel que l'eau. Ils offrent la possibilité de description des organisations spatiales suivant des modèles qui peuvent évoluer avec les progrès des connaissances. Ils favorisent aussi la mise à jour des données, les changements d'échelles et la restitution des cartes thématiques.

La région de Saïda apparaît comme un cas d'étude exemplaire des difficultés que pose la problématique du système eau» et répond à notre avis à ce souci d'analyse d'un espace qui présente la triple caractéristique de consommation industrielle importante, de consommation ménagère en expansion et de besoins agricoles appelés forcément à augmenter, vu la nécessité, à moyen terme, d'une intensification agricole.

Mots-clés: Wilaya de Saïda; Gestion de ressources en eau. SIG.

Abstract

Water is inseparable from human activity. It is as vital as air. It is essential for the survival of living beings. It is a resource with many specificities, both abundant and rare. The management of water resources in Algeria evolves in a political, social, economic, cultural and environmental order that strongly hinders its implementation.

In this study, we will discuss the use and exploitation of Geographic Information Systems (GIS) techniques for the study of water resources management in the Saida region through the creation of a thematic and spatial database.

The advantages of GIS are multiple, especially in the field of planning and management of natural resources such as water. They offer the possibility of describing spatial organisations according to models that can evolve with the progress of knowledge. They also facilitate the updating of data, changes of scale and the restitution of thematic maps.

The region of Saida appears to be an exemplary case study of the difficulties posed by the problem of the "water system" and, in our opinion, responds to this concern for the analysis of a space that presents the triple characteristic of significant industrial consumption, expanding household consumption and agricultural needs that are bound to increase, given the need, in the medium term, for agricultural intensification.

Keywords: Wilaya of Saida. Water resources management. GIS.

ملخص

الماء ضروري للنشاط البشري وهو مهم مثل الهواء. إنه لا غنى عنه لبقاء الكائنات الحية. الماء مورد يحمل العديد من الخصائص، حيث يكون وفيرًا ونادرًا في نفس الوقت. يتأثر إدارة موارد المياه في الجزائر بالعوامل السياسية والاجتماعية والاقتصادية والثقافية والبيئية، مما يعيق بشدة تنفيذها.

تناقش هذه الدراسة استخدام واستغلال تقنيات أنظمة المعلومات الجغرافية (SIG) لدراسة إدارة موارد المياه في منطقة سعيدة من خلال تطوير قواعد بيانات موضوعية ومكانية. توفر أنظمة SIG مزايا متعددة، خاصة في التخطيط وإدارة الموارد الطبيعية مثل المياه. إنها تسمح بوصف التنظيمات المكانية باستخدام نماذج يمكن أن تتطور مع التقدم في المعرفة. كما أنها تسهل تحديث البيانات وتغيير المقاييس وإنشاء خرائط موضوعية.

تعتبر منطقة سعيدة دراسة حالة مثالية للتحديات التي تواجه قضية نظام المياه. إنها تتميز بالخصائص الثلاثية للاستهلاك الصناعي الكبير والاستهلاك المحلي المتزايد واحتياجات الزراعة التي يتوجب زيادتها، نظرًا لضرورة تكثيف الزراعة في المدى المتوسط.

الكلمات الرئيسية: ولاية سعيدة؛ إدارة موارد المياه؛ نظم المعلومات الجغرافية.

Table des matières	
Résumé	
VI Abstract	
VII VIII	
ملخص	
Table des matières	
IX Liste des figures	
Liste des tableaux	
XI Liste des abréviations	
XII Introduction1	
Partie bibliographique	

Chapitre I: Les ressources en eaux superficielles et eaux souterraines

I.1Introduction.....	6
I .2Définition de l'eau.....	6
I.3Le cycle de l'eau.....	7
I.4l'importance de l'eau.....	7
I.5Notion de ressources en l'eau.....	9
I.5.1Les eaux superficielles.....	10
I.5.2les eaux souterraines.....	10
I.5.2.1les puits	11
I.5.2.2les forages.....	11
I.5.2.3les sources.....	12
I.6Relation eau souterraine-eau superficielle.....	13
I.7Fonctions et usage de l'eau	14
I.7.1usage agricole.....	14
I.7.2usage industriel.....	15
I.7.3Usage domestique.....	17
I.8L'importance de l'eau dans le développement socio-économique et Environnementale	18
I.8.1Dans l'aspect social.....	18
I.8.2Surledeveppment economique.....	19
I.8.3Sur le plan environnemental.....	19
I.9Les défis qui pèsent sur les ressources en eau (Hydriques).....	20
I.9.1Le changement climatique et la de fore station.....	20
I.9.2La croissance démographique et l'urbanisation.....	20
I.9.3La pollution.....	21
I.10Solutions aux défis des ressources en eau.....	22
I.10.1Gestion intégrée des ressources en l'eau.....	22
I.10.1.1Définition de GIRE.....	22
I.10.1.2L'objectif de GIRE.....	22
I.10.2Dessalement de l'eau de mer.....	23
I.10.2.1Définition de dessalement de l'eau de mer.....	23
I.10.2.2les étapes de dessalement de l'eau de mer.	24
I.10.3le traitement des eaux usées.....	24
I.10.3.1Définition des eaux usées.....	24
I.10.3.2Les étapes de traitement.....	25
I.10.3.2.1Prétraitement.....	25

I.10.3.2.2	Floculation et coagulation.....	25
I.10.3.2.3	Clarification.....	25
I.10.3.2.4	Adoucissement.....	22
5 I.10.3.2.5	Filtration	25
I.10.3.2.6	Désinfection.....	26
I.10.3.2.7	Stockage	26
I.11	Conclusion.....	27

Chapitre II: Système Informatique Géographique SIG

II.1	Introduction.....	29
II.2	Définition.....	29
II.3	Histoire d'un SIG.....	30
II.4	Lavocation d'un SIG.....	30
II.5	Les principales composantes d'un SIG.....	32
II.6	Fonctionnalités d'un SIG.....	33
II.7	Domaines d'application du SIG.....	34
II.8	Les avantages du SIG.....	35
II.9	Les contraintes du SIG.....	35
II.10	Information géographique.....	36
II.10.1	Informations localisées.....	36
II.10.2	Mode de représentation des données.....	39
II.10.2.1	Mode raster	39
II.10.2.2	Mode vecteur.....	41
II.10.3	Donnée alphanumérique (sémantique).....	45
II.10.4	3 èmedimension.....	46
II.10.5	Méta donnée.....	47
I.11	Conclusion.....	48

Chapitre III: présentation de la région d'étude

III.1	Introduction	50
III.2	situation géographique de la wilaya de Saida.....	50
III.3	Données naturelles de site.....	51
III.3.1	Topographie.....	51
III.3.2	Géologie.....	51
III.3.3	Sismcite.....	52
III.4	Lescaractéristique physique du relief.....	52
III.4.1	le milieu montagnard.....	53
III.4.2	les plateau.....	54
III.4.3	les milieu steppique.....	54
III.5	Situationclimatique.....	55
III.5.1	Leclimat.....	55
III.5.2	La température.....	56
III.5.3	humidité relative.....	57
III.5.4	Lesvents.....	57
III.5.5	Lesprecipitations.....	58
III.5.5.1	les précipitation moyennes mensuelles.....	58
III.6	Presentationdu bassin versant de oued Saida.....	59
III.6.1	réseau hydrographique.....	60

III.7Lavégétation.....	61
III.7.1Les forets de la wilaya de Saida.....	61
III.7.2patrimoine forestières.....	61
III.7.3Compositiondes essences forestières.....	61
III.8Situation démographique.....	62
III.8.1Structure de la population.....	62
III.9Conclusion.....	63

Chapitre IV: Matériels et méthodes

IV.1Objectif de l'étude.....	65
IV.2Les données.....	65
IV.2.1 Les carte.....	65
IV.2.2 Model Numérique de Terrain.....	65
IV.3Moyen de travail.....	65
IV.4Méthodologie.....	66
IV.4.1Collecte des données.....	66
IV.4.1.1Collecte des cartes.....	66
IV.4.1.2Traitement des cartes.....	66
IV.5Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale.....	66

Chapitre V: Résultats et discussion

V.1Source.....	68
V.2Puits	73
V.3.Fourage.....	74
V.4.Plan d'eau.....	82
V.5.Station de pompage	84
V.6.Les Ressources en Souterraine	84
V.6.1.La Nappe Karstique.....	85
V.6.2.la Nappe de Chott Chergui	85
V.6.3.La Nappe de Djebel Rémailia.....	

Liste des figures

Figure 01: Le cycle de eau.....	7
Figure 02: Puits maçonné de 2m de diamètre.....	11
Figure 03: Un forage en cours de réalisation.....	12
Figure 04: Source naturelle.....	13
Figure 05: Usage de l'eau agriculture dans le monde.....	15
Figure 06: Usage de l'eau dans l'industrie dans le monde.....	16
Figure 07: Usage domestique de l'eau dans le monde.....	17
Figure 08: Schéma général d'une installation de dessalement.....	24
Figure 09: Les différentes étapes de traitement.....	26
Figure 10: La vocation d'un SIG.....	31
Figure 11: Principales composantes d'un SIG.....	32
Figure 12: Les fonctionnalités du SIG.....	34
Figure 13: Domaines d'application des SIG.....	35
Figure 14: Représentation de l'objet géographique.....	36
Figure 15 : le géoïde.	36
Figure 16: L'ellipsoïde.	37
Figure 17: Différents systèmes de projection.....	38
Figure 18: Représentation de l'espace en mode Raster.....	39
Figure 19: Photographie aérienne.....	40
Figure 20: Carte scannée.....	40
Figure 21: Image satellitaire.....	40
Figure 22: Image radar.....	41
Figure 23: Objet ponctuel dans le mode vecteur.....	42
Figure 24: Objet linéaire dans le mode vecteur.....	42
Figure 25: 1ère interprétation de la « réalité ».....	43
Figure 26: 2ème interprétation de la « réalité ».....	44
Figure 27: Topologie de réseau.....	44
Figure 28: Topologie de voisinage.....	45
Figure 29: La photo aérienne a été drapée sur un MNT.....	46
Figure 30: Visualisation d'un projet immobilier à partir d'un MNE.....	47

Liste des figures

Figure 31: la carte Situation géographique de la wilaya de Saïda.....	51
Figure 32 : La carte géologique de la wilaya de Saïda.....	52
Figure 33 : La carte hypsométrique de la wilaya de Saïda.....	53
Figure 34 : Températures moyenne mensuelle minimales et maximales de la wilaya de Saïda.....	56
Figure 35: Répartition mensuelle de l'humidité relative	57
Figure 36 : Valeurs du rapporte (P/T) Saïda (1986_2018).....	59
Figure 37 : La carte du sous bassin versent de la wilaya de Saïda.....	60
Figure 38 : la carte de réseau hydrographique de la wilaya de Saïda.....	61
Figure 39 : Organigramme méthodologique de travail	67
Figure 40: Carte des Sources dans la wilaya de Saïda.....	72
Figure 41: Carte de localisation des forages dans la wilaya de Saïda.....	82
Figure 42: La carte de Plan d'eau dans la wilaya de Saïda.....	83
Figure 43: la carte des Stations de Pompage dans la wilaya de Saïda.....	84
Figure 44: Carte de Ressources en eau Souterraine dans la wilaya de Saïda.....	86

Tableau 01: Évolution en % de l'utilisation de l'eau en Algérie.....	17
Tableau 02 : Températures moyennes mensuelles minimales et maximales de la zone d'étude (1983_2012).....	56
Tableau 03 : Humidité relative (1983_2012).....	57
Tableau 04 : La vitesse de vent moyenne annuelle et le nombre de jours sirocco moyen de la région étude (1983_2012).....	58
Tableau 05 : D'érection en fréquence du vent de la région d'étude (1986_2012).....	58
Tableau 06 : Les précipitations moyennes mensuelles de Saïda (1986_2018).....	59
Tableau 09 : Représente la composition des essences forestières de la wilaya de Saïda.	60
Tableau 10 : Importance des forêts Dans la wilaya de Saïda (2008).....	60
Tableau 11: Sources dans la wilaya de Saïda.....	68
Tableau 12: les puits dans la wilaya de Saïda.....	72
Tableau 13: des forages dans la wilaya de Saïda.....	73

Liste d'abréviation

% : Pourcentage

AEP: Alimentation en eau potable

BD: Base des Données

CAO: Conception Assisté par Ordinateur

DAO: Dessin Assisté par Ordinateur

FAO: Food and Agriculture Organisation

ISO: International Standardisation Organisation

MNE: Modèle Numérique d'Élévation

MNT: Modèle Numérique de Terrain

ONU: Organisation des Nations Unis

SIG: Système Informatique Géographique

UTM: Universal Transverse Mercator

Introduction générale

Le développement durable et la gestion efficace des ressources naturelles sont des enjeux cruciaux pour les régions et les collectivités à travers le monde. Parmi ces ressources essentielles, l'eau occupe une place prépondérante. Dans de nombreuses régions, l'eau est une ressource limitée, et sa gestion adéquate est indispensable pour répondre aux besoins croissants des populations tout en préservant l'environnement.

La wilaya de Saida, située en Algérie, est confrontée à des défis majeurs en matière de gestion des ressources en eau. Cette région connaît une pression démographique croissante, une augmentation des besoins en eau agricole et industrielle, ainsi que des problèmes liés à la disponibilité et à la qualité de l'eau.

Dans ce contexte, l'utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG) peut jouer un rôle crucial dans l'étude et la gestion des ressources en eau de la wilaya de Saida. Un SIG est un outil informatique permettant de collecter, d'organiser, d'analyser et de visualiser des données géographiques. Il permet de cartographier et de modéliser les caractéristiques physiques, environnementales et socio-économiques d'un territoire.

L'objectif de ce mémoire est d'explorer l'apport d'un SIG dans l'étude de la gestion des ressources en eau de la wilaya de Saida. En utilisant des données géographiques, des modèles hydrologiques et des outils d'analyse spatiale, le SIG peut permettre de mieux comprendre les caractéristiques des ressources en eau de la région, d'identifier les zones à risque de pénurie ou de pollution, de proposer des mesures d'adaptation et de planifier la gestion durable de l'eau.

Ce mémoire se concentrera sur différentes étapes, telles que la collecte et l'analyse des données géographiques, la modélisation des flux d'eau, l'évaluation des besoins en eau des différents secteurs, la cartographie des ressources en eau, l'identification des zones à risque et la proposition de mesures de gestion intégrée de l'eau.

Dans ce mémoire en présenteles les cinq chapitres suivants:

Chapitre I: Les Ressources en aux Superficielles et Eaux Souterraines

Chapitre II: Système Informatique Géographique

Chapitre III: La Présentation de la région étude

Chapitre IV: Matériel et méthodes

Chapitre V: Résultats et discussion

partie bibliographique

Chapitre I:

Les Ressources en Eaux Superficielles et Eaux Souterraines

I.1. Introduction

Les ressources en eaux superficielles et eaux souterraines sont des éléments essentiels pour la vie sur Terre. Elles jouent un rôle crucial dans la satisfaction des besoins en eau des êtres vivants, de l'agriculture, de l'industrie et de nombreux autres secteurs.

Les eaux superficielles se réfèrent aux cours d'eau, aux lacs, aux réservoirs et aux autres formations d'eau visibles à la surface de la Terre. Elles sont généralement alimentées par les précipitations, les rivières et les sources souterraines. Les eaux superficielles sont facilement accessibles et peuvent être utilisées directement pour de nombreuses activités.

D'autre part, les eaux souterraines se trouvent sous la surface de la Terre, dans les pores et les fissures des roches et des sols. Elles sont alimentées par l'infiltration de l'eau de pluie et peuvent être stockées pendant de longues périodes. Les eaux souterraines sont souvent utilisées grâce à des puits et des pompes pour l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation agricole.

Il est important de comprendre que les ressources en eaux superficielles et eaux souterraines sont interconnectées et peuvent être influencées par divers facteurs tels que le climat, la géologie, l'utilisation des terres et les activités humaines. La gestion durable de ces ressources est essentielle pour prévenir l'épuisement, la pollution et les conflits liés à l'eau.

Dans ce chapitre, nous explorerons en détail les caractéristiques, les avantages et les défis liés aux ressources en eaux superficielles et eaux souterraines. Nous examinerons également les différentes techniques de gestion et de conservation de ces ressources afin de garantir leur disponibilité à long terme pour les générations futures.

I.2. Définition de l'eau

L'eau, élément vital à toute forme de vie, constitue une part significative de la composition de tous les êtres vivants. La molécule d'eau, symbolisée par H₂O, se compose d'un atome d'oxygène lié à deux atomes d'hydrogène. En tant que liquide, l'eau est reconnue comme un solvant universel, capable de dissoudre de nombreuses substances. Sa température de congélation est fixée à 0°C, tandis qu'elle peut se transformer en vapeur à 100°C, présentant ainsi un éventail de phases essentielles à son rôle dans les processus biologiques et environnementaux (Hamed *et al.*, 2012).

I.3. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (fig 1) est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie sur terre. En effet, l'eau ne reste pas dans un état donné, ses mouvements, accompagnés de ses changements d'état, constituent le cycle de l'eau, appelé aussi cycle hydrologique.

Le cycle de l'eau est le résultat des échanges entre les différents réservoirs d'eau: les océans, les fleuves, les lacs, les glaces, l'atmosphère, etc.

L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère. Elle s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts. Elle

Devient, par la suite, condensée sous forme de nuage et elle est transportée dans le ciel par les vents. Les nuages précipitent sous forme de pluie, neige ou grêle sous l'action de phénomènes météorologiques complexes, où interviennent surtout les vents et les différences de températures (Bouziani, 2000).

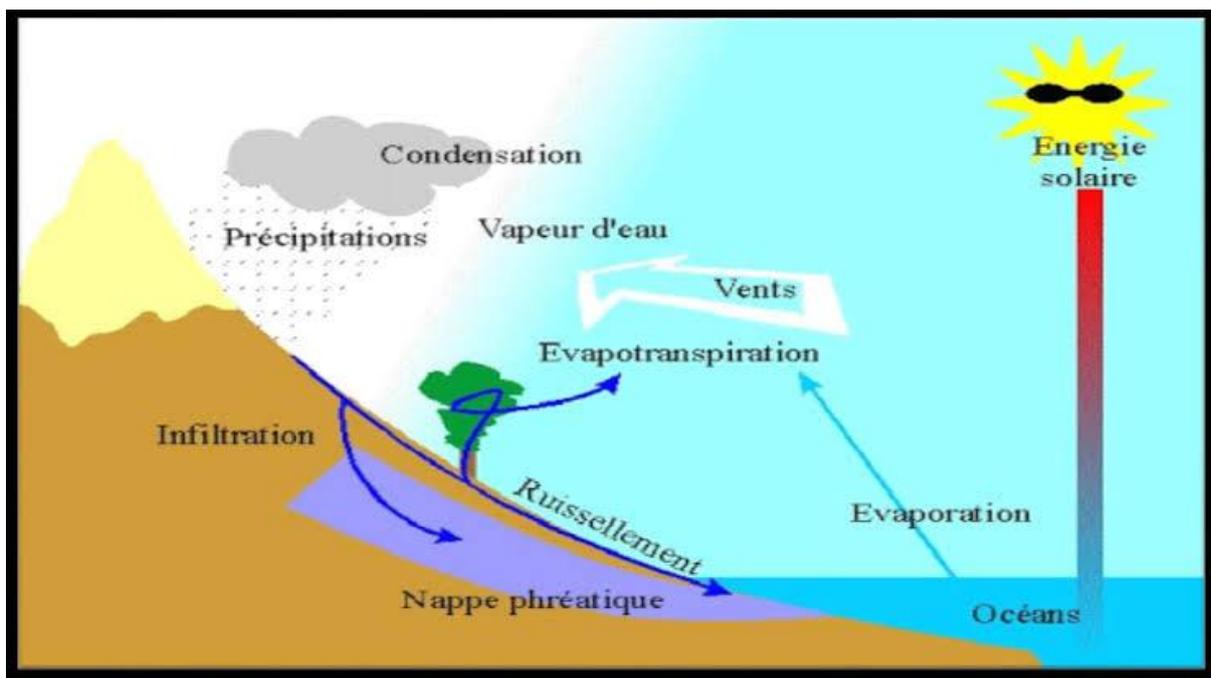


Figure1: Le cycle de eau (Mouffok, 2008).

Dans l'atmosphère, l'eau est surtout présente à l'état de vapeur. Puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état de vapeur à l'état liquide.

Une fois que l'eau a atteint le sol, son cycle va se dérouler de façon essentiellement liquide. Seule, une toute petite partie de cette eau est en mouvement, la grande majorité étant stockée dans les nappes souterraines. Une partie de l'eau est utilisée par les plantes, le reste est drainé vers les rivières ou dans les nappes. Les racines des plante sont capter l'eau, qui

s'évaporeront ensuite par le système de transpiration des feuilles. Cette transpiration constitue la vapeur d'eau. Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, c'est cette dernière qui entraîne les changements d'état de l'eau: la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère (Maurel, 2006).

Ce cycle, entre le ciel et la terre, suit son cours selon cinq étapes qui sont l'évaporation, la condensation, les précipitations, l'infiltration et le ruissellement (Selhi & Smail, 2004).

I.3.1. L'évaporation

Est le processus par lequel l'énergie solaire entraîne la conversion de l'eau liquide en gaz, tout en favorisant également la transpiration des êtres vivants. Cette transformation permet à l'eau de passer de l'état liquide à l'état gazeux. Par la suite, le vent transporte cette vapeur d'eau, qui peut se condenser pour former des nuages, résultant de la condensation ou de la solidification de la vapeur d'eau.

I.3.2. La condensation

Se produit lorsque la vapeur d'eau, qui retourne dans l'atmosphère, se refroidit et se transforme en petites gouttelettes d'eau, formant ainsi les nuages.

I.3.3. Les précipitations

Surviennent lorsque les gouttelettes qui composent les nuages atteignent une masse critique et retombent sur terre sous forme de pluie, de neige ou de grêle.

I.3.4. L'infiltration

Se produit lorsque certaines précipitations restent piégées dans le sol, fournissant ainsi de l'eau à la végétation, tandis que le reste s'infiltré plus profondément jusqu'à atteindre un niveau imperméable.

I.3. 5. Le ruissellement

Se produit lorsque l'eau, incapable de s'infiltrer dans le sol, circule à sa surface et s'accumule en flux qui se dirigent exclusivement par voie de surface, comme l'écoulement des eaux à la surface de la terre, notamment sur les sols, vers les fleuves et les rivières.

I.4. Importance de l'eau

L'eau représente une ressource naturelle essentielle pour la survie de l'humanité, ainsi que de toutes les espèces animales et végétales sur Terre, et pour l'environnement dans son ensemble. Aucune autre substance liquide ne peut remplacer son rôle vital. En effet, l'eau possède plusieurs caractéristiques uniques parmi les autres substances minérales. À l'état liquide, elle constitue un support indispensable à la vie, agissant comme un solvant pour les composants et facilitant les réactions chimiques en transportant des molécules clés. En tant que molécule polaire, elle se compose d'une terminaison positive (hydrogène) et d'une terminaison négative (oxygène), permettant à ses atomes d'hydrogène de former des liaisons avec d'autres molécules. Aucun autre liquide n'est capable de former un réseau aussi flexible et résistant, ni d'agir comme solvant pour autant de substances acides ou basiques ([http://www.greenkiss.fr/que les le rôle de l'eau dans notre environnement/Consulter Le 27/05/2019](http://www.greenkiss.fr/que-les-le-rôle-de-l'eau-dans-notre-environnement/Consulter-Le-27/05/2019)).

I.5. Notion de ressources en eau

Le concept de ressources en eau est apparu en Occident au début du 20ème siècle, suite à une prise de conscience croissante de la rareté de cette ressource, du risque de pénurie qui en découle, et de la nécessité d'évaluer précisément ces ressources afin de les gérer de manière efficace. Cette évaluation précise était nécessaire pour permettre la mise en place d'infrastructures de prélèvement, de stockage et de transport de cette ressource vitale.

Les ressources en eau se réfèrent à la quantité d'eau disponible pour répondre aux besoins d'un individu ou d'un groupe d'utilisateurs. L'eau de la planète se trouve naturellement sous différentes formes : dans l'atmosphère, sur et sous la surface de la Terre, ainsi qu'au sein des océans. Les ressources en eau sont définies comme étant "une source potentielle d'approvisionnement en eau permettant de satisfaire des besoins en eau liés à certaines activités humaines, par l'intermédiaire d'actions de prélèvements réalisés à partir d'ouvrages de prélèvement" (Brun & Lasserre, 2006).

L'eau sur terre provient de deux sources principales à savoir :

- Les eaux superficielles.
- Les eaux souterraines.

I.5.1. Les eaux superficielles

Les ressources en eau comprennent toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents, provenant soit des eaux de ruissellement, soit des nappes profondes. Ces eaux se regroupent en cours d'eau, caractérisés par un mouvement continu de la surface de contact eau-atmosphère et une circulation rapide. Elles peuvent être stockées dans des réserves naturelles telles que les étangs et les lacs, ou des réserves artificielles comme les retenues et les barrages, qui présentent une surface d'échange eau-atmosphère presque immobile, une profondeur considérable et un temps de rétention élevé.

Bien que cette ressource soit facilement accessible, elle est malheureusement fragile et vulnérable à la pollution, ce qui la rend souvent improbable à l'utilisation sans traitement préalable (**B.Dussart, 1992**).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau pendant son parcours à travers les bassins versants. Au fil du temps, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains, se chargeant en gaz dissous par échange à la surface de l'eau avec l'atmosphère (**F.Bontoux, 1993**).

I.5.2. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent des réserves d'eau situées dans les profondeurs de la Terre, dans des zones saturées, et proviennent de l'infiltration et de la percolation des eaux de surface dans le sol, où elles sont stockées par les aquifères et les nappes. La composition chimique des eaux souterraines dépend de la nature des aquifères traversés par l'eau lors de l'infiltration. Lorsque l'eau circule sous-sol, un équilibre s'établit entre la composition du terrain et celle de l'eau.

Les eaux souterraines répondent généralement aux normes de potabilité, mais parfois elles peuvent contenir des éléments dépassant les normes de potabilité, nécessitant ainsi un traitement avant leur distribution pour la consommation. Enfouies dans le sol, les eaux souterraines sont généralement protégées des sources de pollution. Les ouvrages utilisés pour capter les eaux souterraines, également connus sous le nom de points d'eau, comprennent généralement des forages, des puits ou des sources (**Degremont, « Mémento Technique De L'eau », Livre Pdf Page 21.32**).

I.5.2.1. Les puits

Les puits sont des ouvrages verticaux peu profonds à parois maçonnées et réalisés en gros diamètre (voir Figure 2). Traditionnellement, ils traversent les niveaux d'altération des formations du socle sur quelques mètres de profondeur et atteignent le toit de la nappe. Les débits sont alors généralement faibles et l'exploitation de l'eau repose sur l'effet capacitif de l'ouvrage. Les puits sont très sensibles aux variations saisonnières, avec un débit maximal en hiver et minimal en automne, ainsi qu'aux variations climatiques, marquées par une baisse des niveaux des nappes en période de sécheresse prolongée, pouvant conduire à l'assèchement temporaire de l'ouvrage et à la pollution de l'eau, principalement par les nitrates et les pesticides (sigesrm.brgm.fr).



Figure 2: Puits maçonné de 2m de diamètre.

I.5.2.2. Les forages

Les forages sont une technique ou une opération visant à creuser des trous généralement verticaux (voir Figure 3). L'eau provenant d'un forage est purifiée par un long parcours à travers le sol, ce qui réduit les possibilités de pollution, surtout si l'extraction de l'eau se fait au moyen d'une pompe. C'est pourquoi l'eau provenant des forages est généralement de meilleure qualité pour la consommation humaine.

La première et la plus importante étape dans la conception d'un bon forage est de réaliser une coupe de forage, qui consiste à déterminer avec précision la localisation des couches perméables (aquifères) ainsi que la présence de toute couche imperméable dans le forage. À

partir de cette coupe de forage, il est possible de déterminer précisément la profondeur et la longueur de la crépine, ainsi que la profondeur et l'épaisseur du massif filtrant et du joint d'étanchéité sanitaire (Khaled Deffa, 2020).



Figure 3: Un forage en cours de réalisation

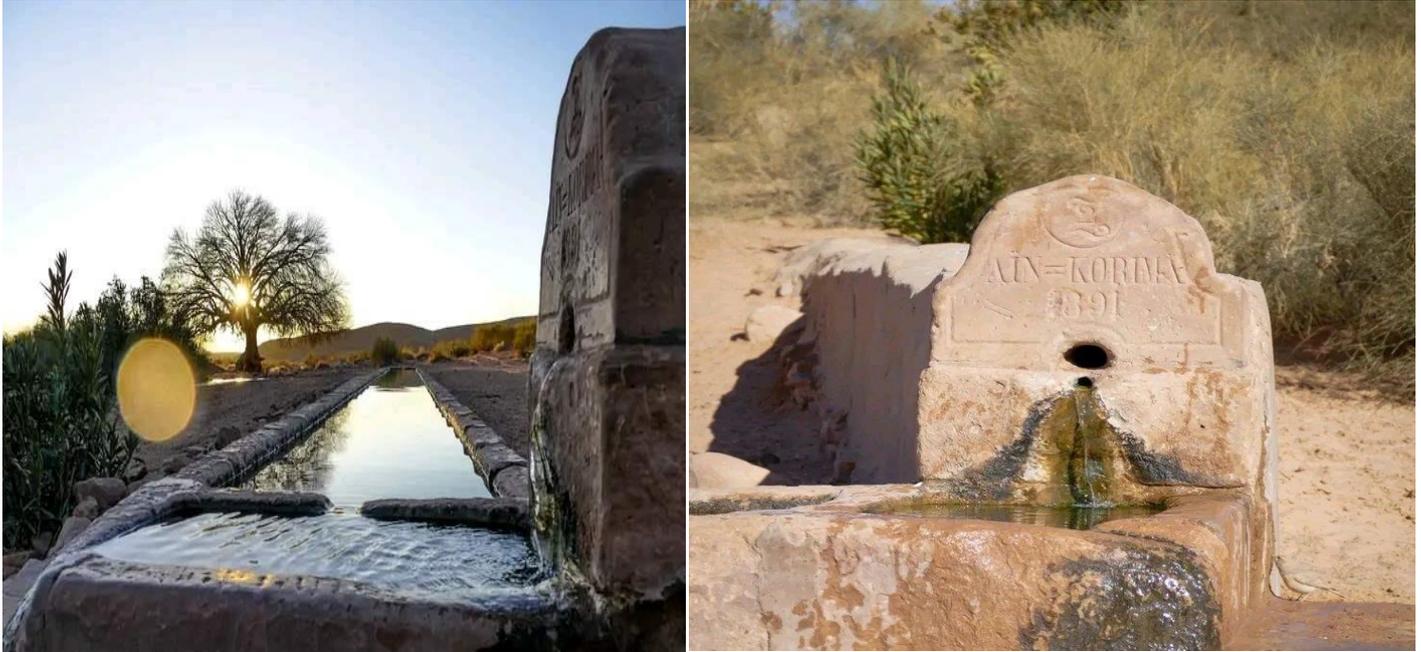
I.5.3.3. Les sources

Une source est un point où l'eau souterraine émerge à la surface du sol, généralement associée à l'existence d'une nappe et pouvant être située au mur ou au toit du réservoir aquifère (voir Figure 4).

Les sources ont généralement les mêmes qualités que l'eau souterraine, tout en permettant un accès plus facile. Leur présence est intimement liée à la géologie du terrain. Par exemple, un substrat rocheux imperméable, comme un gisement d'argile, situé sous une couche

de sol ou de roche saturée, peut conduire à l'émergence d'une source là où la couche d'argile affleure. Les roches plutoniques, bien qu'imperméables à l'eau, sont souvent fracturées, et les sources apparaissent généralement là où ces fractures atteignent la surface (**Khaled Deffa, 2020**).

Figure 4:Source naturelle



I.6. Relation eau souterraine-eau superficielle

Aux limites amont, aval, latérales et supérieures d'un aquifère, des échanges significatifs peuvent se produire avec les eaux de surface. Ainsi, dans tout point d'un aquifère libre et dans les zones amont d'un aquifère captif, l'infiltration des eaux de pluie et de ruissellement permet la recharge de la nappe aquifère. De même, l'infiltration des eaux provenant des rivières et des lacs peut contribuer de manière significative à cette recharge. Sur le plan latéral, d'autres aquifères peuvent également alimenter la nappe en eau. En revanche, les écoulements de la nappe en aval peuvent fournir de l'eau aux sources, aux rivières, aux lacs, voire directement aux océans, ainsi qu'à d'autres aquifères. L'ensemble de ces échanges constitue des conditions aux limites dont la quantification est nécessaire pour comprendre la dynamique du système hydrogéologique (**Sbadjji, 1997**).

I.7. Fonctions ou usages de l'eau

L'eau, essentielle à la vie et au développement, a été à l'origine de brillantes civilisations traditionnelles agraires. Avec l'augmentation de la population et le développement des activités économiques, elle est devenue un bien économique précieux pour les agriculteurs, les

industriels et les collectivités urbaines. Cependant, la surexploitation et le gaspillage menacent cette ressource vitale, tout comme la pollution qui la contamine.

Pourtant, la gestion de l'eau est une pratique ancienne. Entre l'irrigation, l'industrie et les usages domestiques, l'eau est un maillon indispensable de l'économie. Elle est au carrefour de diverses disciplines et suscite de nombreuses convoitises, parfois même à l'origine de conflits entre nations, comme en témoigne le cas de l'Égypte et des pays riverains du Nil.

L'eau, surnommée "l'or bleu", est aujourd'hui aussi disputée que le pétrole. Ses usages sont variés, touchant les secteurs primaire, secondaire et tertiaire. La consommation d'eau douce est étroitement liée à la population et au niveau de développement industriel. En Europe et en Amérique du Nord, où l'industrialisation est avancée et la croissance démographique faible, la consommation tend à se stabiliser. En revanche, elle est en hausse en Asie, où se trouve la majeure partie des terres irriguées, et devrait connaître une augmentation significative en Afrique et en Amérique du Sud **(Diop Salif & Rekacewicz Philippe, 2003)**

I.7.1. Usage agricole

L'irrigation agricole utilise diverses sources d'eau douce, telles que les rivières, les barrages, les puits, ainsi que les eaux recyclées ou épurées. Les ressources hydriques sont cruciales pour l'agriculture, permettant d'arroser les champs et d'élever les animaux, et leur disponibilité influence directement la sécurité alimentaire.

La superficie cultivée dans le monde s'élève à environ 1,5 milliard d'hectares, dont 800 millions dans les pays en développement et 700 millions dans les pays industrialisés. Sur cette superficie, environ 280 millions d'hectares sont irrigables, trois fois plus qu'il y a quarante ans. L'irrigation améliore les rendements agricoles et atténue les effets des aléas climatiques.

Les Nations Unies et la FAO prévoient d'augmenter la surface des terres irriguées de 250 à 330 millions d'hectares d'ici 2025 pour répondre à la demande croissante. Cependant, les cultures nécessitant beaucoup d'eau peuvent exercer une forte pression sur les ressources hydriques disponibles **(Georges Didier & Lirrico Xavier, 2002)**.

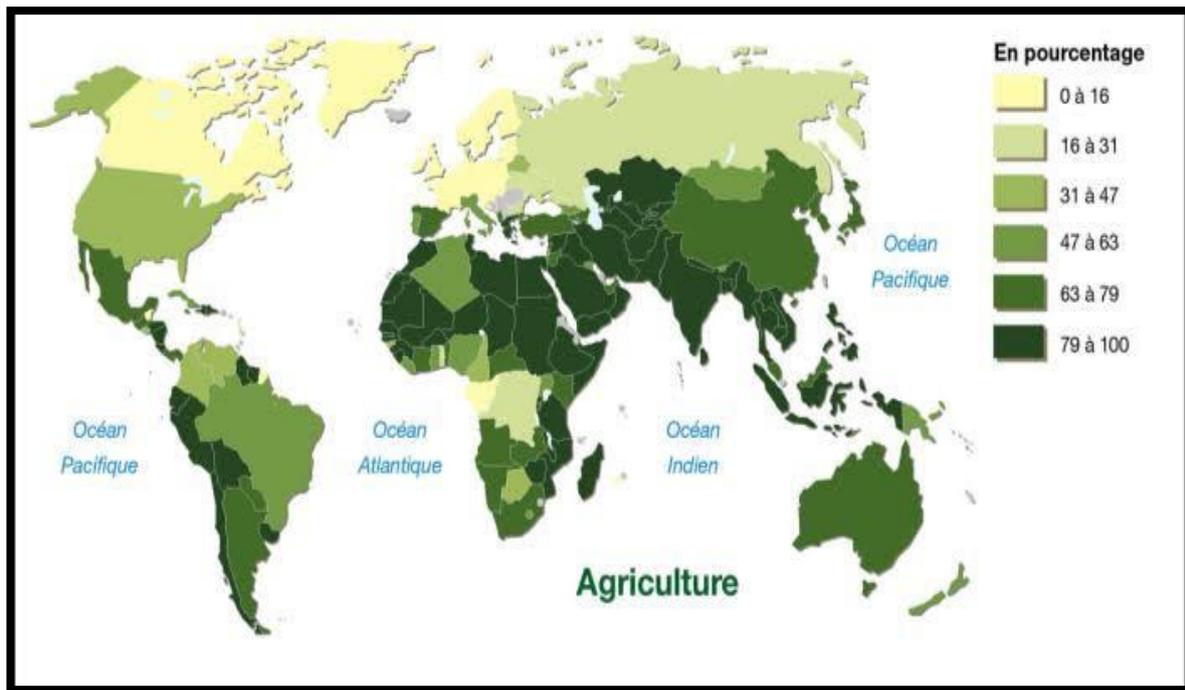


Figure 5: Usage de l'eau agriculture dans le monde (World Ressources 2000-2001, people and écosystèmes: The Fraying Web of life. World Ressources Institute, Washington DC, 2000, Aqumat, 2008).

Des techniques d'irrigations comme l'aspersion olé goutte à goutte sont des choix techniques plus appropriés au niveau de l'agriculture. Le choix de techniques fortement intensives en eau dans des pays à climat aride ou semi-aride tel que les pays du Maghreb, comme l'Algérie, n'est pas judicieux.

Cette irrigation permet d'augmenter les rendements agricoles et de diminuer l'impact des aléas ou des déficiences climatiques. L'Organisation des Nations Unis (ONU) et la Food and Agriculture Organisation (FAO) prévoient d'augmenter la surface des terres irriguées de 250 millions d'hectares à 330 millions d'hectares en 2025 en raison de leur insuffisance. Au niveau de l'agriculture, les cultures fortement consommatrices d'eau peuvent exercer une grande pression sur les capacités en ressources hydriques.

Des techniques d'irrigations comme l'aspersion ou le goutte à goutte sont des choix techniques plus appropriés au niveau de l'agriculture. Le choix de techniques forte maintintes sirènes eau dans des pays à climat aride ou semi-aride tel que les pays du Maghreb, Comme l'Algérie, n'est pas judicieux.

I.7.2. Usage industriel

L'eau est omniprésente à tous les stades de la chaîne de production industrielle. Elle constitue une matière première essentielle dans la fabrication de produits tels que les boissons et les produits laitiers. En outre, elle est utilisée dans divers processus industriels, servant à la fois de moyen de refroidissement et de solvant pour l'élimination des déchets.

Dans une multitude d'applications, de l'industrie textile à celle des produits alimentaires, l'eau est indispensable pour imbiber, rincer, cuire et tempérer différents matériaux tels que les textiles, les peaux, les pâtes à papier et les produits alimentaires. Même dans des secteurs sensibles comme les centrales nucléaires, l'eau sous pression est exploitée pour refroidir le cœur des réacteurs. Ainsi, la quantité d'eau nécessaire à une nation pour son industrie est étroitement liée à son niveau d'industrialisation.

La consommation reste très variable d'un pays à un autre comme le montre la carte qui suit:

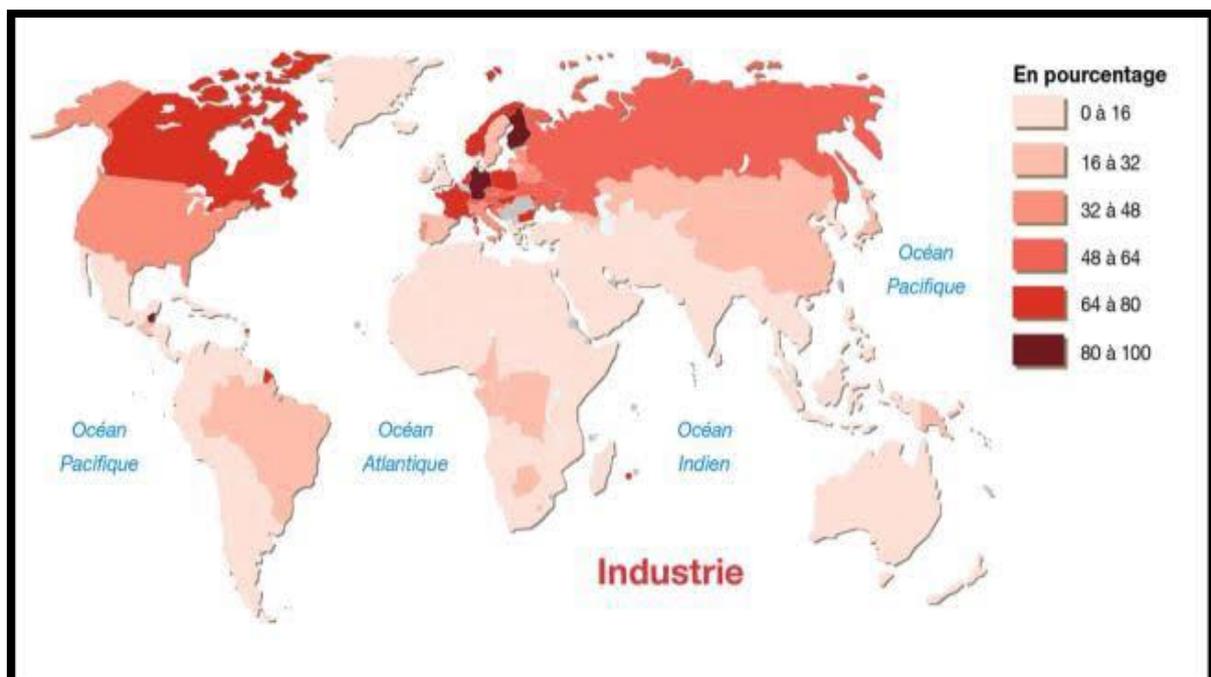


Figure 6: Usage de l'eau dans l'industrie dans le monde.

(World Resources 2000-2001, people and écosystèmes: The Fraying Web of Life. World Resources Institute, Washington DC, 2000, Aquistat, 2008).

L'eau en mouvement détient un potentiel énergétique significatif, capable de faire tourner des turbines. Ainsi, les barrages construits le long des cours d'eau exploitent cette force motrice pour générer de l'énergie. Cependant, la problématique traditionnelle des techniques nécessitant des investissements capitalistiques élevés ou une forte intensité de main-d'œuvre

est progressivement remplacée par celle des technologies nécessitant une intensité en eau, qu'elle soit forte ou faible (Djefflat Abdelkader, 2001).

I.7.3. Usage domestique

L'eau est omniprésente dans nos foyers. Les ménages représentent les deuxièmes plus gros Consommateurs d'eau douce après l'agriculture. Contrairement à cette dernière, l'eau chez les Ménages a plus que doublés en l'espace de 25 ans, tandis qu'en irrigation, on est passé de 80 millions de m³ en 1975 à 55 millions de m³ En 2002 (tableau ci-dessous):

Tableau 01: évolution en % de l'utilisation de l'eau en Algérie

	1975	1980	1985	1992	2002
Domestique	16	21	25	34	39
Irrigation	80	75	70	62	55
Industrie	3	4	5	3,5	6

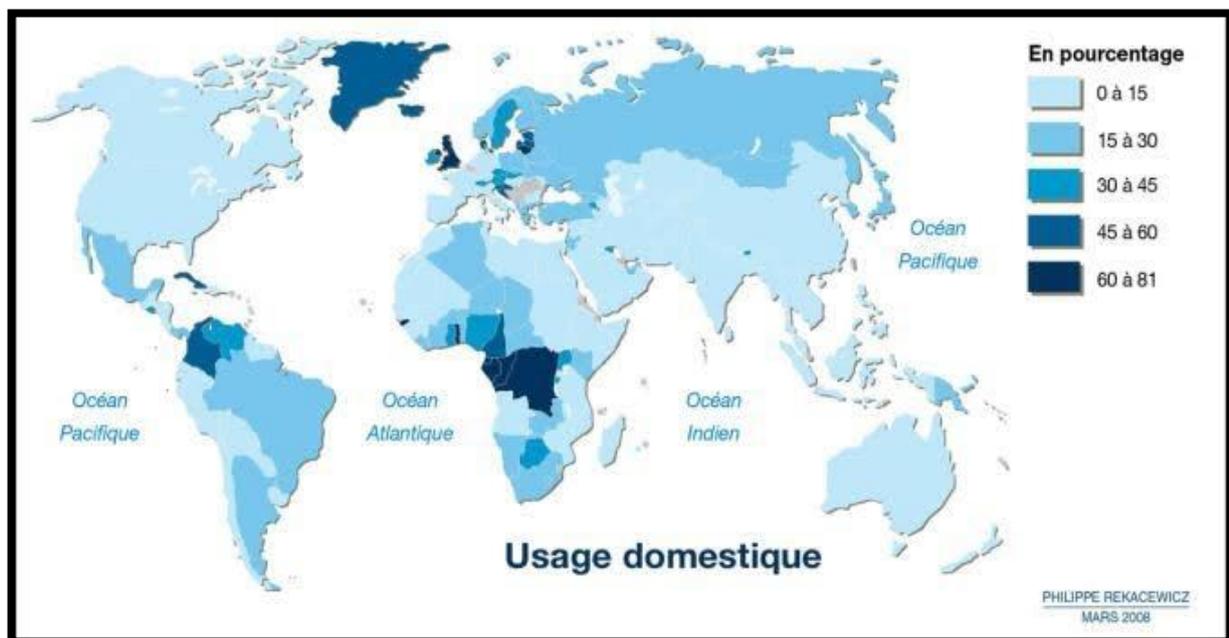


Figure 7: Usage domestique de l'eau dans le monde

(Source: World Resources 2000-2001, people and écosystèmes: The Fraying Web of Life. World Resources Institute, Washington DC, 2000, Aquistat, 2008).

À travers le monde, la consommation quotidienne d'eau par habitant pour les besoins domestiques varie considérablement d'un pays à l'autre. Elle atteint 600 litres aux États-Unis, entre 250 et 300 litres en Europe, seulement 30 litres en Afrique subsaharienne, (Maurel Alain, 2006). Et moins de 178 litres en Algérie (Genève, 2011).

Dans l'ensemble, la consommation d'eau potable par personne augmente dans la plupart des pays, exception faite de l'Égypte et d'Israël, où la rareté physique de l'eau pose déjà un problème préoccupant. Les progrès technologiques dans les appareils ménagers et l'utilisation d'énergie ont été significatifs. Les lave-vaisselles et les machines à laver sont beaucoup plus économes en eau. Les toilettes sont équipées de systèmes permettant de réguler la quantité d'eau évacuée en fonction des besoins. De plus, l'énergie solaire est de plus en plus présente dans les foyers, que ce soit sous forme de panneaux solaires ou de chauffe-eau solaires.

Le choix des technologies et des sources d'énergie utilisées reste crucial. Face à ces divers besoins, l'eau devient un élément indispensable de la vie économique et sociale.

I.8. L'importance de l'eau dans le développement socio-économique et Environnementale

L'eau est une ressource essentielle pour la production de biens et de services, pour l'énergie, l'industrie manufacturière, ainsi que pour la production alimentaire et sa durabilité. Le développement durable comprend trois dimensions : sociale, économique et environnementale. Dans chacune de ces dimensions, le progrès est entravé par la disponibilité limitée et souvent la vulnérabilité des ressources en eau, ainsi que par la manière dont ces ressources sont gérées pour fournir des services et des avantages. Par conséquent, l'eau joue un rôle crucial dans le développement d'un pays, tant sur le plan social, économique que environnemental. Ces trois piliers nous permettent de mieux comprendre l'importance de l'eau dans la vie quotidienne des êtres humains.

I.8.1. Dans l'aspect social

Le statut intrinsèque de l'eau en tant que ressource naturelle essentielle à la vie lui confère une valeur et une utilité sociale qui se mesure à la capacité des systèmes de gestion de l'eau à répondre aux besoins de bien-être des communautés. L'eau est à l'origine de la vie et est indispensable à celle-ci ; pour cette raison, elle doit être considérée comme un bien commun, plus précisément un bien public mondial. C'est un bien vital dont l'accès doit être garanti à tous, contribuant ainsi à améliorer le bien-être social, la santé et une croissance équitable, impactant les moyens de subsistance de milliards d'individus.

Dans certains pays, le manque d'accès suffisant à l'eau peut avoir des conséquences sur le niveau d'éducation des personnes et réduire considérablement leurs perspectives de développement. Le défi actuel dans le domaine de l'eau et de l'assainissement représente également une opportunité sociale. Correctement abordé, ce défi peut libérer un immense

potentiel et transformer de nombreuses vies (**Marie Tsanga Tabi** « L'eau : marchandise ou bien commun », <https://www.libération.fr>, janvier 2017).

I.8.2. Sur le développement économique

La gestion de l'eau est cruciale pour améliorer les conditions de vie des populations défavorisées et stimuler la croissance des pays en développement. L'eau est une ressource essentielle pour la production de divers biens et services, notamment l'alimentation, l'énergie et l'industrie manufacturière.

Les investissements dans les infrastructures liées à l'eau facilitent les progrès dans de nombreux secteurs productifs de l'économie, ce qui entraîne une augmentation des sources de revenus permettant davantage de dépenses en santé et en éducation, renforçant ainsi la dynamique du développement économique. Sur le plan économique, l'eau a un coût de gestion, notamment en termes de transport et de traitement pour la rendre potable. Le secteur de l'eau nécessite d'importants investissements en infrastructure, avec une grande partie des coûts attribuée à l'amortissement et à la maintenance des équipements, ainsi qu'à l'exploitation.

Dans les pays industrialisés, l'accès et la gestion de l'eau ont contribué à leur croissance économique. Cependant, la qualité de l'eau est devenue un problème majeur en raison de la pollution croissante, ce qui nécessite des investissements importants dans le traitement de l'eau. Ces pays ont les moyens financiers et les technologies nécessaires pour utiliser l'eau de manière plus efficace, notamment par le traitement de l'eau saumâtre et de l'eau de mer (**Programme mondial des Nations Unies «Rapport mondial des Nations Unies sur la Mise en valeur des ressources en eau 2015** ». <http://www.unesco.org/water/wwap>).

I.8.3. Sur le plan environnemental

L'eau est non seulement un milieu de vie, mais aussi un bien environnemental crucial. Elle est un élément capital de la biosphère et des écosystèmes, tant terrestres que marins, y compris ceux de l'humanité. Contrairement à la plupart des ressources naturelles, les ressources en eau sont renouvelées par le cycle de l'eau. Cependant, les ressources en eau renouvelable peuvent être épuisées si les prélèvements dépassent les apports naturels dans une région et pendant une période donnée.

Le rôle primordial de l'eau dans le développement économique, social et environnemental d'un pays souligne son importance cruciale. Sans elle, il serait difficile pour l'homme d'atteindre ses objectifs de développement (**Le Post Archives** « L'eau Estelle un

bien économique comme les autres ? », Le HUFFINGTON Post BLOGEAUSPHERE 2011. P 1. <http://www.agoravox.fr>).

I.9. Les défis qui pèsent sur les ressources en eau (Hydriques)

Multiplés situations sont sources de menaces pour les ressources en eau, ils engendrent de grandes pénuries d'eau dans le monde.

I.9.1. Le changement climatique et la déforestation

L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre résultant de l'activité humaine est largement responsable du réchauffement climatique et des perturbations climatiques qui en découlent (**Assouline Janine & Samuel, 2007**). Ces perturbations peuvent avoir de nombreuses conséquences, notamment :

Une grave pénurie d'eau due à la réduction des précipitations, en particulier en Afrique. De plus, la fonte accrue des glaciers et des sols gelés contribue à perturber la circulation océanique et à accroître le niveau moyen des océans, entraînant des phénomènes tels que les inondations, les dégâts causés par une érosion plus intense et la diminution des précipitations.

Les changements climatiques induisent également de nombreux effets directs et indirects sur les systèmes agricoles et écologiques, pouvant conduire à la perte d'environnements fragiles. Les forêts jouent un rôle crucial dans le cycle de l'eau en favorisant l'évapotranspiration et en facilitant l'infiltration vers les nappes phréatiques. Elles influent également sur la pluviométrie en contribuant davantage que toute autre végétation à l'évaporation. La déforestation a un impact significatif sur la qualité de l'eau, tant dans le bassin versant que dans les nappes souterraines.

En agissant comme une "éponge", les forêts absorbent les eaux de pluie des orages tropicaux tout en stabilisant les sols et en régulant le débit d'eau.

I.9.2. La croissance démographique et l'urbanisation

L'augmentation de la population et le développement économique ont entraîné un déplacement massif des individus (**Assouline Janine & Samuel, 2007**) créant ainsi une pression sur les villes de toutes tailles, qu'elles soient grandes, moyennes ou petites. Ce phénomène est particulièrement prononcé en Asie et en Afrique, où la forte croissance démographique a entraîné une urbanisation rapide. En conséquence, de nombreuses villes ont connu une croissance démographique spectaculaire.

Cette expansion urbaine se traduit par une augmentation des surfaces imperméables, une altération des réseaux hydrographiques naturels et une augmentation du risque de crues et d'inondations. En outre, elle entraîne une surexploitation des ressources en eau et une dégradation de leur qualité, notamment en raison de la demande croissante en eau potable pour répondre aux besoins domestiques et industriels.

I.9.3. La pollution

Les activités humaines sont à l'origine de la pollution de l'eau, ce qui a des effets néfastes sur la qualité des ressources en eau. Après leur utilisation, les déchets riches en sels, bactéries, produits toxiques, produits chimiques, matières organiques et métaux lourds sont rejetés dans la nature, entraînant ainsi la pollution des eaux et la propagation de nombreuses maladies. Dans les pays sous-développés, ces eaux usées non traitées sont souvent déversées dans les mers, les fleuves, les lacs et peuvent contaminer les nappes souterraines. L'agriculture est responsable de près de 70% de cette pollution de la ressource en eau, souvent surexploitée, accélérant ainsi sa dégradation.

Les ménages contribuent également à la pollution des eaux en rejetant leurs déchets dans les barrages, les fleuves et les rivières. L'augmentation des superficies irriguées pose un problème non seulement quantitatif mais aussi qualitatif, affectant les propriétés de l'eau et du sol. Cette pollution peut avoir des conséquences graves sur la santé humaine et rendre l'eau inutilisable pour les usages prévus.

Pour préserver cette ressource face à ces différentes menaces, il est nécessaire d'adopter une gestion appropriée et adaptée afin de protéger l'humanité contre les pénuries d'eau. Les pays, en particulier les pays développés, doivent mettre en place des systèmes de gestion de l'eau appropriés pour faire face à ces menaces pesant sur les ressources en eau (**Olivia Montero, 2012**).

I.10. Solutions aux défis des ressources en eau

I.10.1. Gestion intégrée des ressources en l'eau

I. 10.1.1. Définition de GIRE

La GIRE est un processus qui implique l'attribution de fonctions aux systèmes d'eau, l'établissement de normes, la mise en œuvre (surveillance) et la gestion. Elle englobe la collecte de données, l'analyse des processus physiques et socio-économiques, la prise en compte des différents intérêts et la prise de décisions concernant la disponibilité, l'exploitation et l'utilisation des ressources en eau (**Hofwegen & Jaspers, 1999**).

I.10.1.2. Les objectifs de la GIRE

L'objectif principal de la GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau) est de parvenir à un équilibre entre, d'une part, l'utilisation de l'eau comme fondement pour la subsistance d'une population en pleine expansion et, d'autre part, sa protection et sa conservation afin de garantir la pérennité de ses fonctions et caractéristiques. Cela implique :

- La promotion d'une approche dynamique, interactive, itérative et multisectorielle de la gestion des ressources en eau ;
- La planification de l'utilisation, de la protection, de la conservation et de la gestion durable et rationnelle des ressources en eau en fonction des besoins et des priorités des collectivités, dans le cadre des politiques de développement économiques nationales ;
- La conception, la mise en œuvre et l'évaluation de projets et de programmes socialement adaptés et économiquement rentables, basés sur des stratégies clairement définies et fondées sur la pleine participation du public ;
- Le renforcement ou la création, selon le cas, de mécanismes institutionnels, juridiques et financiers appropriés, notamment dans les pays en développement, pour garantir que la politique de l'eau et son application jouent un rôle de catalyseur du progrès social et d'une croissance économique durable;
- Le Conseil Mondial de l'Eau fixe trois principaux objectifs pour une gestion intégrée des ressources en eau;
- Donner aux individus et aux collectivités le pouvoir de décider de leur accès à l'eau potable et à des conditions de vie hygiéniques, de choisir le type d'activités économiques adaptées à l'utilisation de l'eau qui leur convient, et de s'organiser pour y parvenir ;
- Accroître la production alimentaire, concevoir des moyens d'existence durables par unité d'eau utilisée et garantir que toute la population puisse se procurer la nourriture nécessaire pour vivre de manière saine et productive ;
- Gérer l'utilisation de l'eau afin de préserver le nombre et la qualité des écosystèmes terrestres et d'eau douce qui fournissent des services aux êtres humains et à tous les organismes vivants ;

Pour atteindre ces objectifs, la vision rationnelle de l'eau propose cinq principaux moyens d'action :

- Impliquer toutes les parties prenantes dans la gestion intégrée ;
- Instituer la tarification de tous les services d'eau en fonction des coûts totaux ;

- Augmenter le financement public pour la recherche et l'innovation dans l'intérêt de la population ;
- Reconnaître la nécessité de coopérer à la gestion intégrée des ressources en eau dans les bassins fluviaux internationaux ;
- Accroître massivement les investissements dans le domaine de l'eau.

La gestion intégrée signifie que toutes les différentes utilisations des ressources en eau sont prises en compte ensemble. Les attributions et les décisions de gestion de l'eau tiennent compte des effets de chaque utilisation sur les autres, et sont en mesure de prendre en compte les objectifs sociaux et économiques globaux, y compris la réalisation du développement durable. En outre, la prise de décision politique logique est liée à tous les secteurs, et le concept de GIRE a été élargi pour inclure la prise de décision participative. Différents groupes d'utilisateurs peuvent influencer les stratégies de gestion et de mise en valeur des ressources en eau, apportant ainsi des avantages supplémentaires grâce à une autorégulation locale plus efficace en matière de conservation de l'eau et de protection du bassin que la réglementation et la surveillance centralisées ne peuvent réaliser.

I.10.2. Dessalement de l'eau de mer

I.10.2.1. Définition du dessalement de l'eau de mer

Le dessalement, également appelé dessalage ou désalinisation, est le processus de séparation de l'eau et des sels à partir d'une source d'eau brute, pouvant être de l'eau de mer ou une eau saumâtre d'origine continentale (**Dunglas, 2014**).

I.10.2.2. Etapes de dessalement de l'eau de mer

Quel que soit le procédé de séparation du sel et de l'eau envisagée, toutes les installations de dessalement comportent 4 étapes : (Figure 8)

- 1- Une collecte d'eau de mer avec une pompe et une filtration grossière ;
- 2- Un prétraitement avec une filtration plus fine, l'addition de composés biocides et de produits anti-tarte.
- 3- Le procédé de dessalement proprement dit.
- 4- Le post-traitement avec une éventuelle reminéralisations de l'eau produite. A l'issue de ces 4 étapes, l'eau de mer est rendue potable ou utilisable industriellement, elle

Doit alors contenir moins de 0,5g de sels par litre (Alain Maurel, 2011).

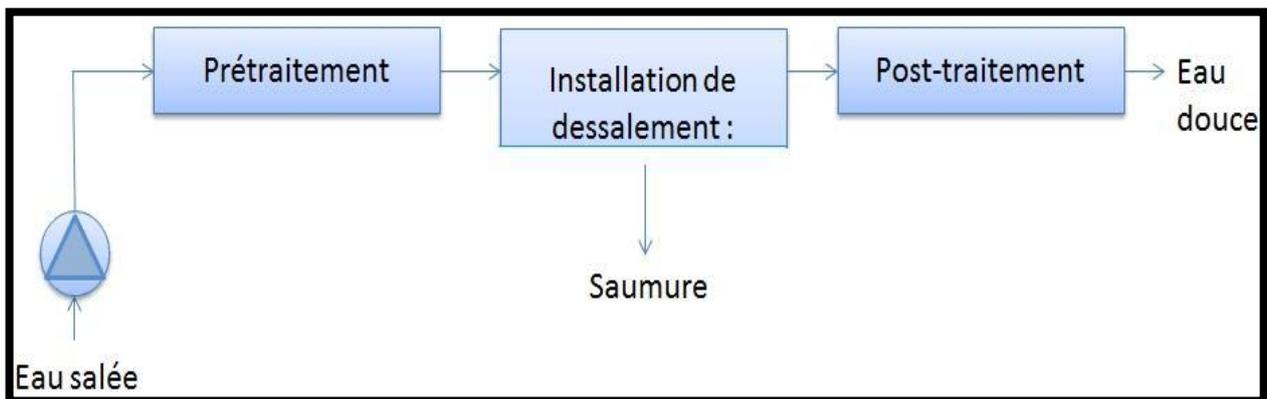


Figure 8 : Schéma général d'une installation de dessalement.

I.10.3. Le traitement des eaux usées

I.10.3.1. Définition des eaux usées

L'eau usée non traitée fait référence aux eaux usées qui n'ont pas été soumises à un processus de traitement physique ou chimique visant à éliminer les déchets solides et les contaminants. Ces eaux peuvent entraîner des problèmes de pollution tels que la propagation de produits chimiques toxiques, de bactéries pathogènes et la prolifération d'algues.

L'eau usée est synonyme d'eau résiduaire. Les eaux usées domestiques se composent des eaux de vidange des toilettes, des eaux ménagères provenant des cuisines et des salles de bains (Dictionnaire de l'environnement», Dictionnaire Environnement, 2010. <https://www.dictionnaireenvironnement.com/eauuseenontraiteeID5307.html> (consulté le juin 14, 2020).

I.10.3.2. Les étapes de traitement

I.10.3.2.1. Prétraitement

Avant de procéder au traitement proprement dit, l'eau va subir différents prétraitements (physiques, chimiques ou Mécaniques). Il s'agit, par exemple, de :

- retenir à l'aide de grilles des déchets solides plus ou moins volumineux tels que des pierres, branches, Feuilles, etc. ;
- ajouter des produits chimiques pour prévenir ou limiter la croissance d'algues ;

- effectuer une sédimentation de matériaux légers tels que sable, gravier.

I.10.3.2.2. Flocculation et coagulation

Pour la faire débarrasser des matières légères en suspension telles que les Microorganismes, on procède à un traitement chimique .On ajoute des produits chimiques comme l'alun ou le Chlorure de fer puis on procède à une agitation rapide de l'eau dans un grand bassin. Les particules légères coagulent en plus grosses particules appelées floc. Lors de la Coagulation, une partie du floc va se déposer. Puis, assez lentement, ce processus va se Poursuivre : c'est la flocculation.

I.10.3.2.3. Clarification

En laissant couler l'eau lentement dans de grands Bassins, un résidu de boues et d'eau s'accumule au fond. Ce Résidu est ensuite recueilli et éventuellement stocké. Ce Processus est également appelé décantation.

I.10.3.2.4. Adoucissement

Une eau dure (c'est à dire assez riche en calcium, en magnésium, ...) peut à la longue causer des problèmes aux canalisations (dépôt de calcaire) ou, encore, diminuer l'efficacité des savons et détergents. Par contre, les canalisations peuvent être corrodées par une eau trop douce. L'établissement d'un juste équilibre entre ces deux excès est le but de cette étape.

I.10.3.2.5.Filtration

Arrivée à ce stade, l'eau peut paraître trouble (on parle de Turbidité) à cause de la présence de matières encore en Suspension (algues, microorganismes, fer, substances utilisées Dans les processus précédents, ...). L'eau est alors filtrée par Passage à travers des couches de matériaux divers (sable, gravier, Charbon,...).

I.10.3.2.6. Désinfection

Il est communément admis que le fluor protège l'émail des Dents. Son apport alimentaire étant insuffisant, on y supplée en l'ajoutant dans l'eau de distribution. En ajoutant du chlore (efficace et économique) dans l'eau, on détruit les organismes pathogènes.

I.10.3.2.7. Stockage

Finalement, l'eau propre à la consommation sera stockée dans le but de satisfaire la demande (**Edeline, 1988**).

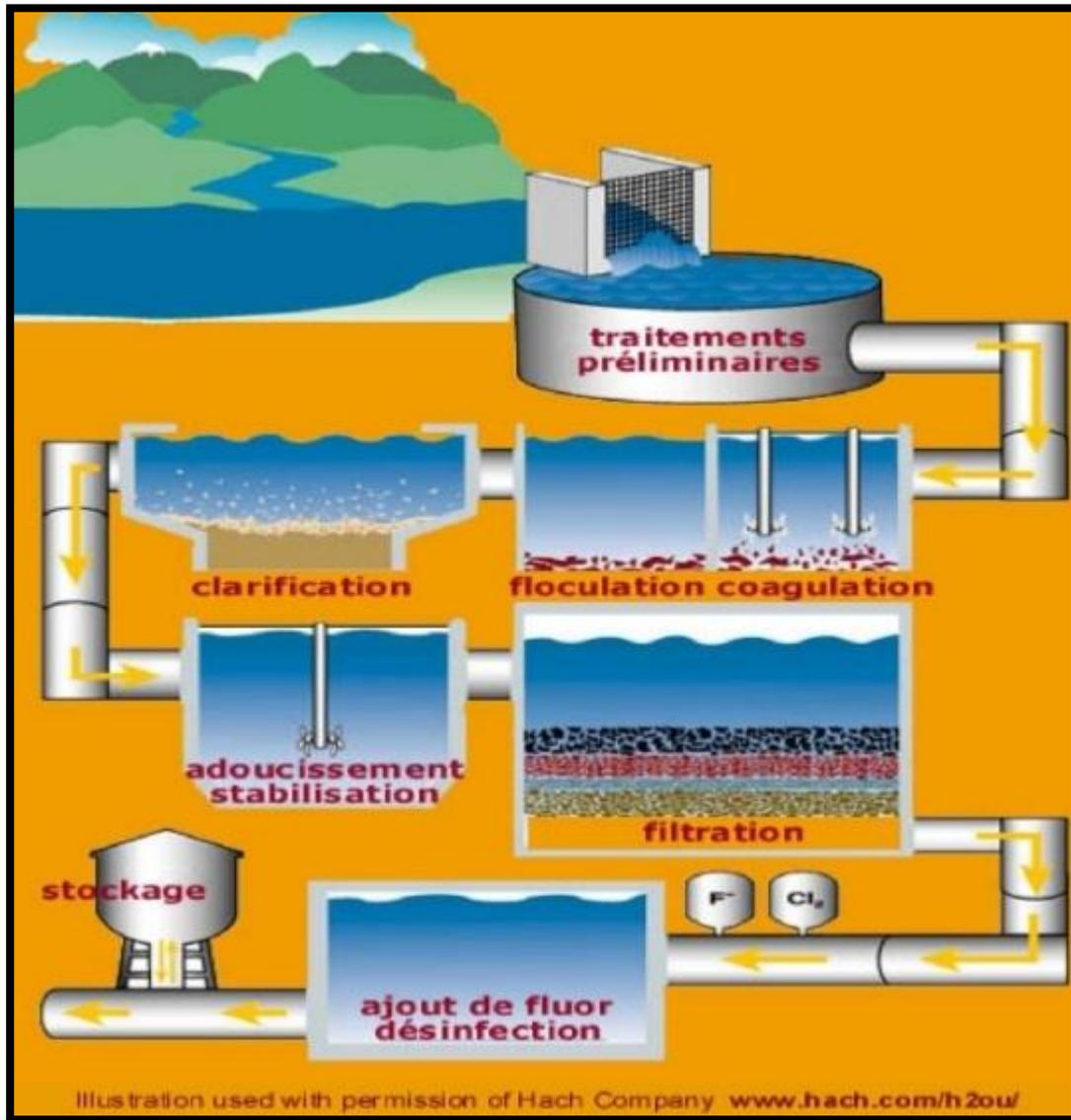


Figure 9 : Les différentes étapes de traitement.

I.11.Conclusion

En conclusion, les ressources en eaux superficielles et souterraines sont essentielles à la survie de la planète, répondant aux besoins en eau des populations, de l'agriculture, de l'industrie et de l'environnement. Alors que les eaux de surface comme les rivières et les lacs sont facilement accessibles mais vulnérables aux changements climatiques et à la surexploitation, les eaux souterraines offrent une stabilité accrue mais requièrent une gestion prudente pour éviter leur épuisement. La gestion durable de ces ressources est cruciale pour assurer leur disponibilité à long terme et préserver les écosystèmes aquatiques, d'où l'importance de mettre en œuvre des mesures de conservation, de surveiller les prélèvements et de promouvoir une utilisation responsable de cette ressource précieuse.

Chapitre II:

Systeme Informatique Géographique

II.1. Introduction

Les méthodes traditionnelles de gestion des données environnementales sont devenues de plus en plus inadaptées face aux rythmes rapides des changements des indicateurs tels que l'alimentation en eau potable, l'assainissement, le forage, l'occupation du sol et la pluviométrie. Ces méthodes sont lourdes à mettre en œuvre et ne peuvent suivre le rythme des études et du suivi des forages, ce qui les rend relativement inefficaces.

Pour combler cette déficience, l'utilisation de nouveaux outils d'investigation, tels que la télédétection, la cartographie numérique et les techniques des systèmes d'information géographique, est nécessaire.

Dans ce chapitre, nous abordons les systèmes d'information géographique (SIG), débutant par des définitions essentielles, suivi d'un bref historique sur leur évolution et quelques exemples de logiciels utilisés dans la prise de décision. Ensuite, nous examinons l'architecture et les fonctionnalités d'un SIG, explorons leurs domaines d'application, ainsi que leurs avantages et contraintes, pour finalement conclure sur leur importance dans la prise de décision contemporaine.

II.2. Définition

Les systèmes d'information géographique tirent leur spécificité des liens qu'ils établissent entre informations caractéristiques des composants d'un territoire et ce territoire.

La définition de chacun des composants, système d'information et information géographique contribue à en préciser le contour :

Système d'information

ensemble de composants inter reliés qui recueillent de l'information, la traitent, la stockent et la diffusent afin de soutenir la prise de décision et le contrôle au sein de l'organisation.

Information géographique

L'information est dite géographique lorsqu'elle se rapporte à un ou plusieurs lieux de la surface du globe terrestre. Cette information possède la caractéristique d'être localisée, repérée ou géocodée (Isri, 2007).

Système d'information géographique (SIG)

est un ensemble de logiciels permettant de créer, organiser, analyser des données géoréférencées et de produire des plans ainsi que des cartes.

Pratiquement toutes les industries, avec des centaines de milliers d'organisations dans le monde entier, utilisent le SIG pour communiquer à travers des cartes, effectuer des analyses, partager des informations et résoudre des problèmes complexes (Alexander Ducaux, 2015).

II.3. Histoire d'un SIG

Pendant les années 60 et les années 70, de nouvelles pratique accordèrent une place croissante à l'utilisation des cartes pour la gestion des ressources naturelles, Suite à la prise de conscience de l'interrelation entre les différents phénomènes qui se déroulent à la surface de la terre, la nécessité de développer des outils de gestion global et pluridisciplinaire, s'est rapidement imposée.

A la fin des années 70, la technologie de cartographie assistée par ordinateur avait fait néanmoins de grands progrès, avec la disponibilité de plus d'une centaine de système sur le marché. En parallèle, de nouvelles techniques se développaient dans des domaines proches : pédologie, hydrographie, topographie, photogrammétrie et télédétection. Le rythme soutenu du développement de ces nouvelles techniques, ainsi que l'absence de maturité de ce secteur s'est traduit dans un premier temps par la duplication d'efforts, dans les disciplines proches sans une réelle concertation. Mais au fur et à mesure que les systèmes se multipliaient et que l'expérience se gagnait, le potentiel de lien entre les processus différents de traitement des données spatiales émergeait. C'est ainsi que naissait un nouveau domaine : celui des systèmes d'information géographique, universelle utilisé de nos jours.

Au début des années 80, alors que l'information devenait à la fois sophistiquée (par la miniaturisation et l'augmentation des capacités de calcul), et plus populaire (par l'apparition des ordinateurs à des prix abordables), les SIG profitaient de cette généralisation des plateformes informatiques. Aujourd'hui, les SIG sont utilisés par tous les acteurs de l'aménagement du territoire (**Benachour Houcine, 2011**).

II.4. La vocation d'un SIG

Rassembler au sein d'un outil informatique des données divers.

- Localisées dans le même espace géographique, relatives à la terre et à l'homme, à leurs évolutions respectives.
- La finalité d'un SIG est l'aide à la décision
- La complexité du monde réel est si grande que l'on crée des modèles de la réalité qui ne sont que des représentations de cette complexité du monde réel.
- Le contenu d'une base de données (BD) à référence spatiale présente donc une vue partielle du monde (représentation particulière).
- Les mesures et les échantillons de la base de données doivent représenter le monde de manière aussi exhaustive et consistante que possible.
- Un SIG centralise un très grand nombre d'information
- Un SIG facilite l'accès à ces informations.
- Un SIG permet de mieux gérer toutes sortes d'enjeux. (Benachour Houcine, 2011).

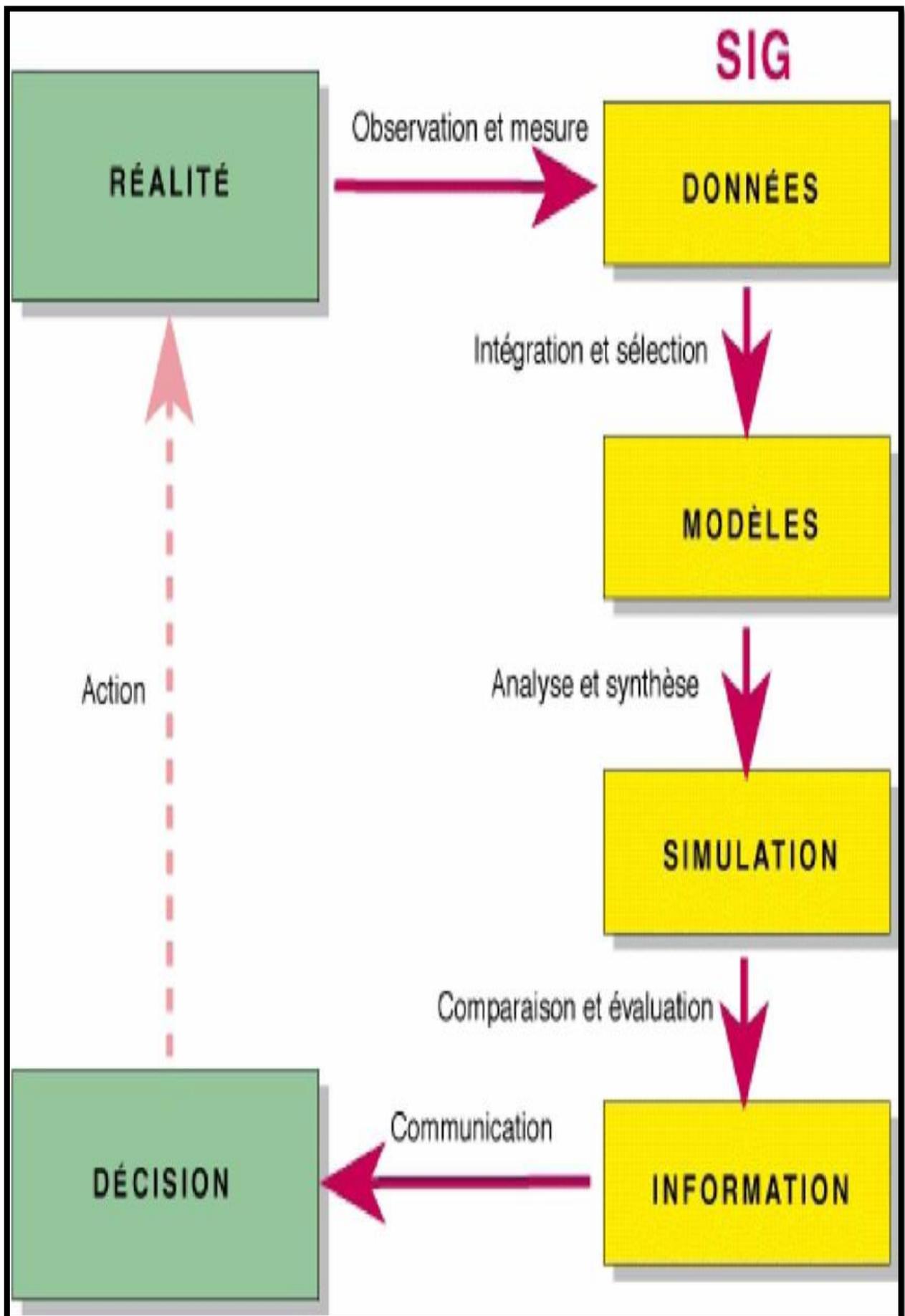
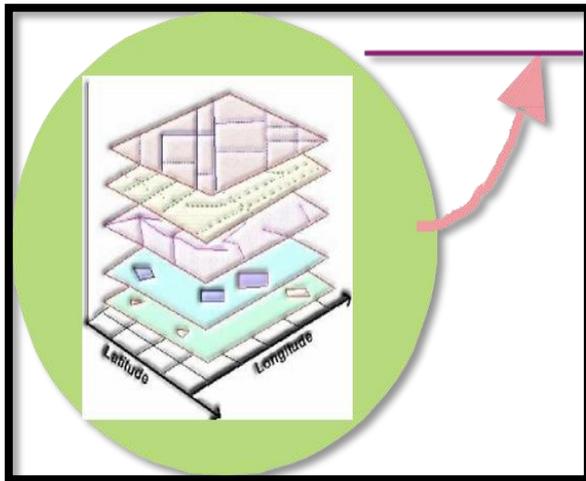


Figure 10 :La vocation d'un SIG.

II.5. Les principales composantes d'un SIG

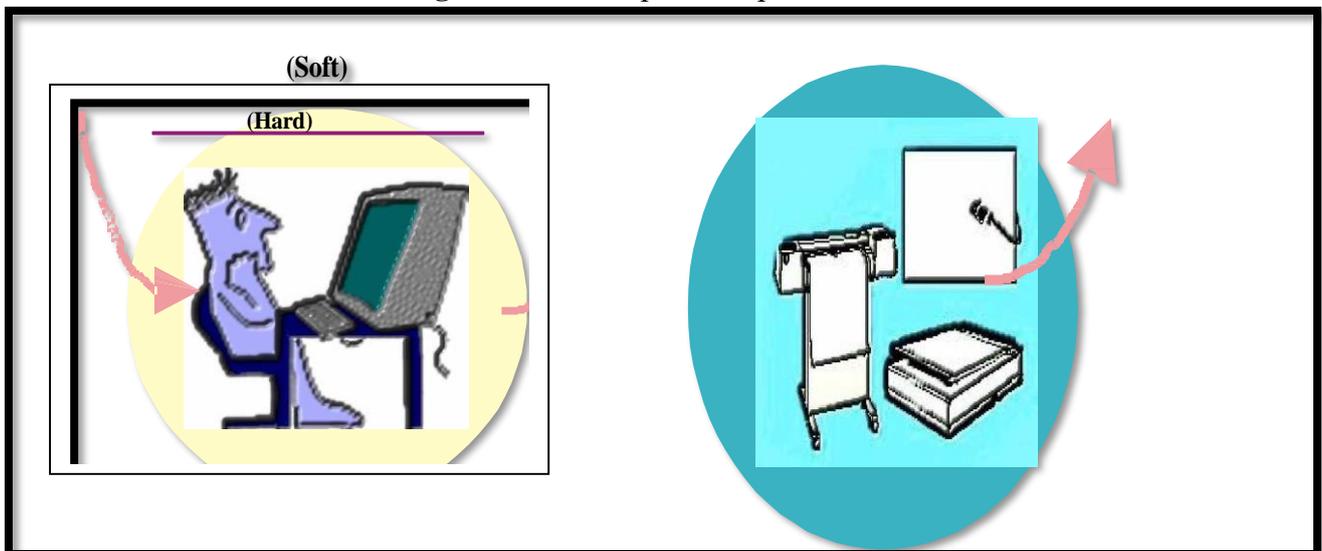


Données Données

Personnel formé Logiciels

Matériel informatique

Figure 11 : Principales composantes d'un SIG



Un SIG comporte au moins sept composantes :

- Une base de données à caractère spatiale et thématique ;
- Un système de représentation cartographique ;
- Un système de saisie numérique ;
- Un système de la base de données géographique ;
- Un système d'analyse spatiale ;
- Un système de traitement d'images ;
- Un système d'analyse statistique (Luisberardo Borda, 2003).

II.6. Fonctionnalités d'un SIG

Un SIG est un ensemble puissant d'outils pour saisir, conserver, extraire, transformer et Afficher les données décrivant le monde réel .Cette définition Résume parfaitement les cinq fonctionnalités (les cinq A) d'un système d'information Géographique qui sont : Abstraction,Acquisition, Archivage, Analyse et Affichage de données à Caractère spatial (**Luis Berardo Borda, 2003**).

II.6.1. Abstraction

Abstraire Revient à concevoir un modèle qui organise les données par Composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi que l'établissement des relationsentre les objets, les outils de définition des données et de conception du schéma conceptuels des données peuvent y être intégrées. Le découpage en couche est une solution envisagée pour un regroupement des objets géographiques homogènes .

II.6.2. Acquisition

Acquérir revient à alimenter le SIG par les données. Les fonctions D'acquisition consistent à entrer d'une part, la forme géométrique des objets et d'autre part leurs Attributs et relations. Ce module intègre deux types d'outils, un pour l'importation de données de différentes sources, et l'autre pour la numérisation.

II.6.3. Archivage

Archiver consiste à sauvegarder les données manipulées d'une manière bien Organisée et structurée, au sein d'une base de données, et ce pour y faciliter l'accès quand il y Aurabesoin. Ce module s'appuie sur le support de stockage d'informations utilisé lors de L'acquisition.

II.6.4. Analyse

Ce module permet de répondre aux questions que l'on pose à un SIG, donc un SIG devient alors un tableau débord cartographique et un outil d'aide à la décision.

II.6.5. Affichage

Afficher pour percevoir les relations spatiales entre objets et pour visualiser Les données tout en faisant lien avec leurs localisations spatiales, un mode hyper texte peut être retenu (**Belhadef Hacene Islam, 2014**).

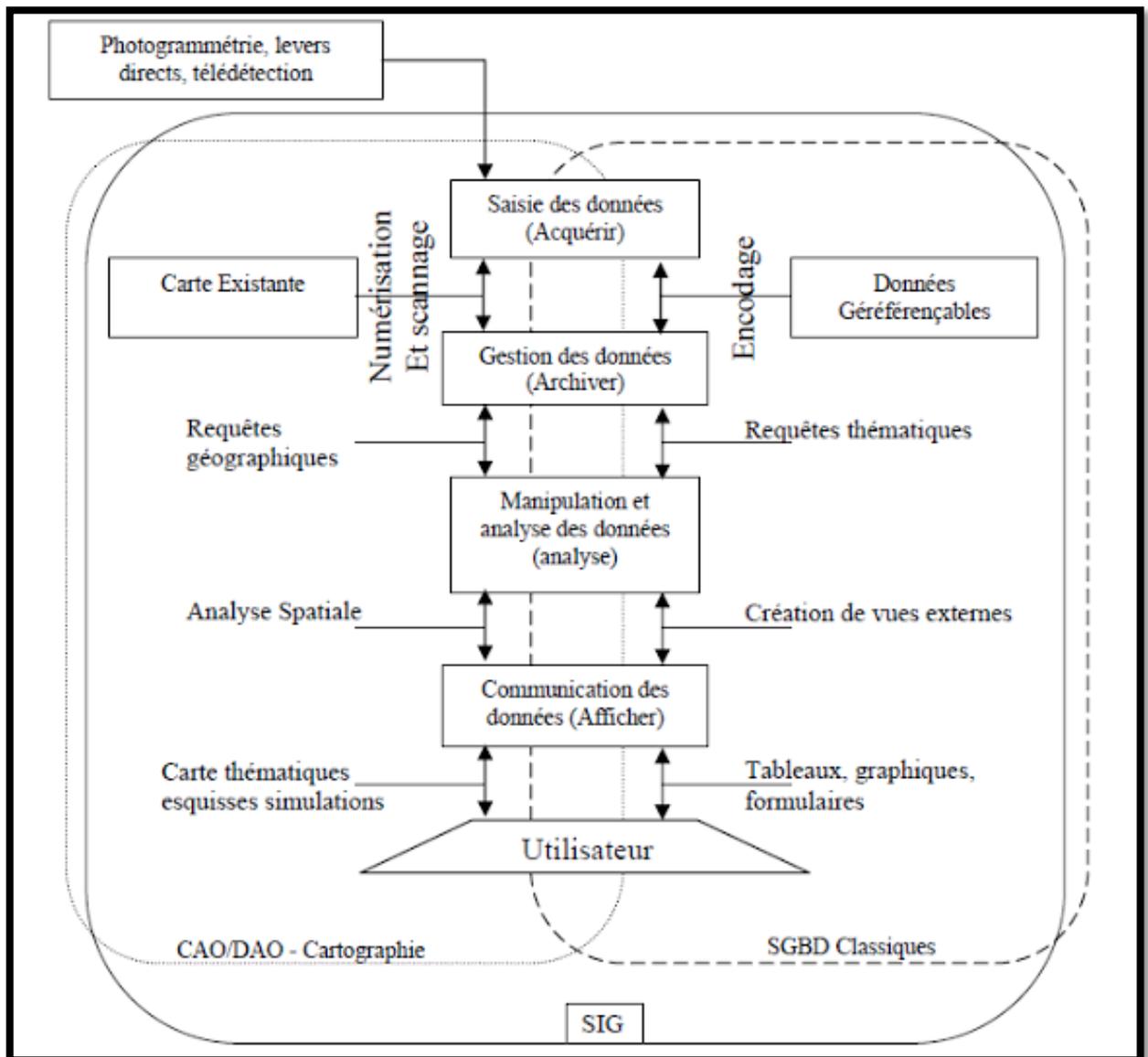


Figure 12 : Les fonctionnalités du S.I.G. (Nottet, 2002).

II.7. Domaines d'application du SIG

II.7.1. Pour les grandes échelles

- Gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces) ;
- Planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement) ;
- Gestion des transports (voies de circulation, signalisation routière) ;
- Gestion des réseaux (assainissement, AEP, gaz, électricité, téléphone) ;
- Gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins) ;
- Applications topographiques (travaux publics et génie civil) .
-

II.7. 2. Pour les échelles moyennes et petites

- Études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école) ;
- Études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes) ;
- Applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques) ;
- Gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement, études géologiques Climatologiques ou hydrographiques) (Yacine Kouba ,2018).

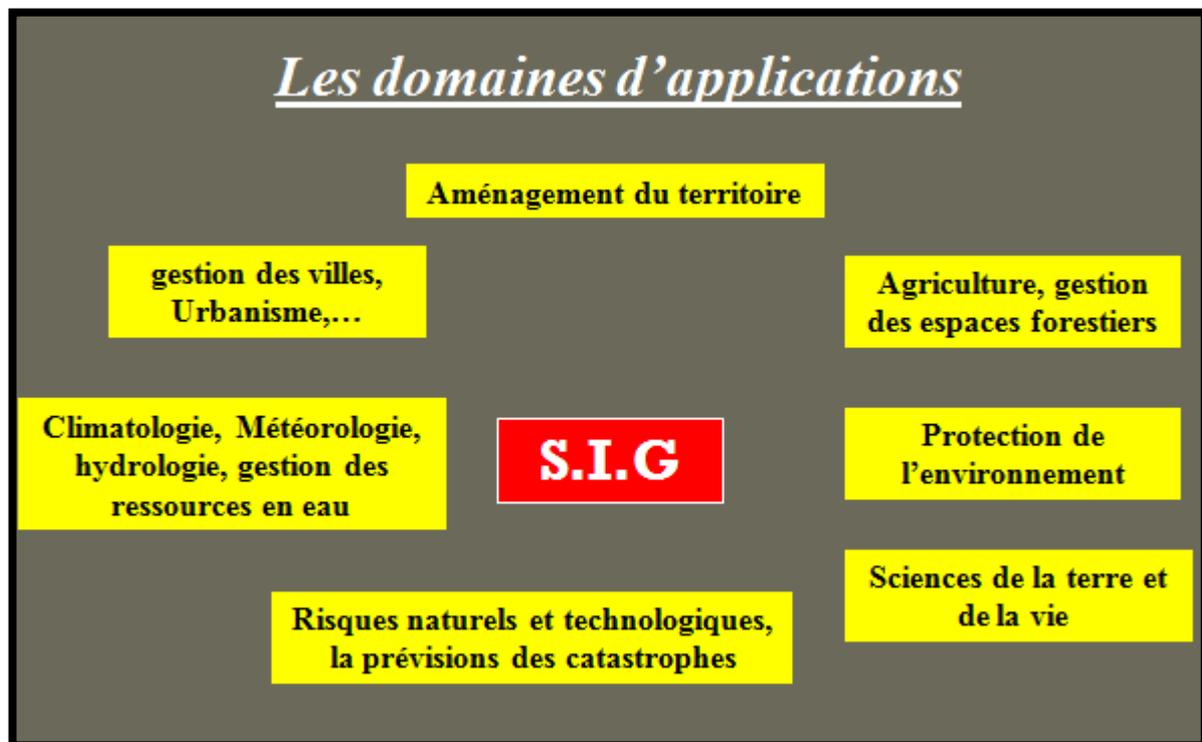


Figure 13: Domaines d'application des SIG.

II.8. Les avantages des SIG

- Capacité et fiabilité de stockage ;
- Rapidité de restitution des données (gain de temps) ;
- Intégration et combinaison de données de sources différentes ;
- Précision des processus cartographiques ;
- Facilité de mise à jour (Outils de suivi) ;
- Analyse des relations spatiales (Intégration, requête spatiale, Combinaison et superposition de carte) ;
- Production de carte (bon rapport qualité/prix).

II.9. Les contraintes des SIG

- Le manque de personnel spécialisé et compétent.
- Coût élevé et problèmes techniques pour l'acquisition de données fiables.
- Non-standardisation des formats de données.
- Nécessité d'une mobilisation soutenue des acteurs

II.10. Information géographique

II.10.1. Informations localisées

II.10.1.1. Informations localisées

Il est à la base du SIG, et est le support d'autres données et / ou le référentiel permettant de positionner d'autres objets.

La donnée est géographique dès lors qu'elle est localisable directement par des coordonnées, ou indirectement par des données littérales de type adresse, numéro de commune, numéro de borne kilométrique, code postal, numéro de parcelle cadastrale, ...etc.

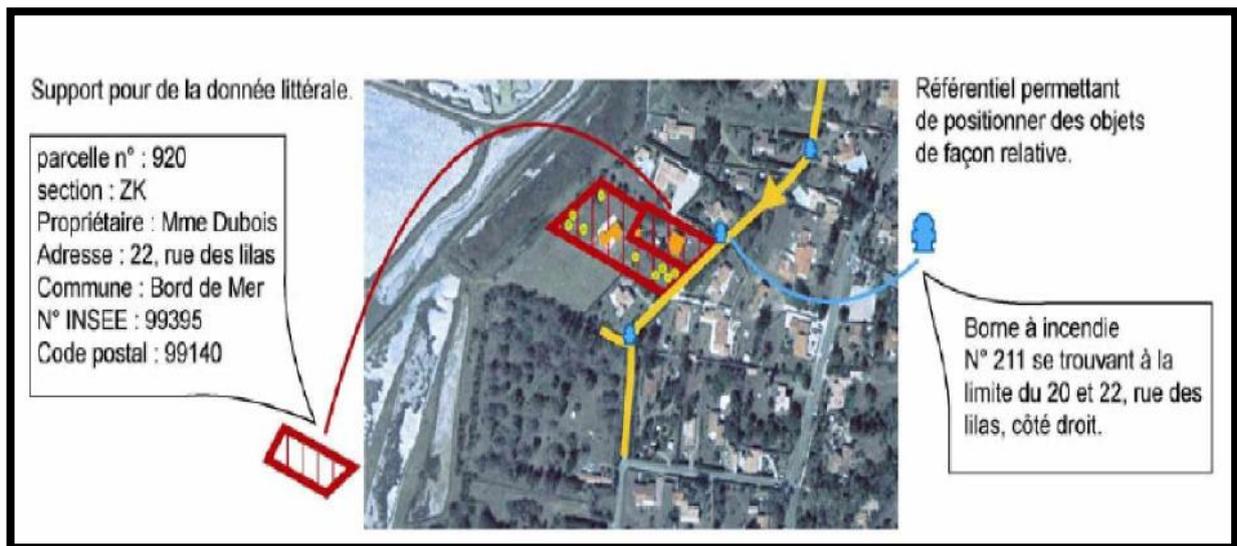


Figure 14 : Représentation de l'objet géographique

La question qui reste à poser, l'information est localisée sur quoi ?

II.10.1.2. Coordonnées terrestres

La terre est une sphère, mais une sphère imparfaite :

Le Géoïde est la forme théorique qui se rapproche le plus de la surface réelle de la terre c'est-à-dire le niveau moyen des mers. Il sert de référence pour déterminer les altitudes.

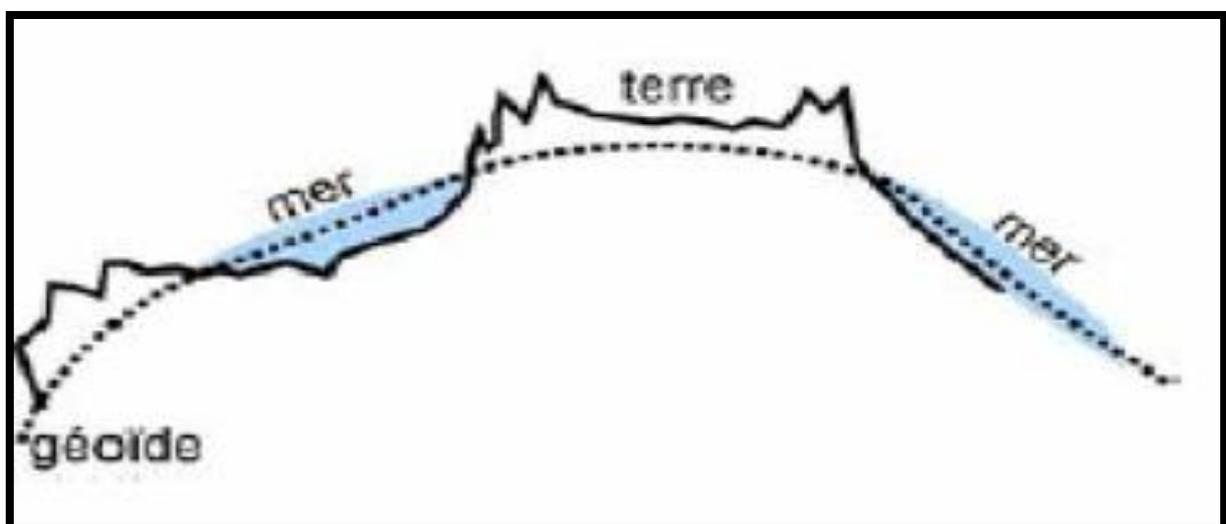


Figure 15 : le géoïde

L'ellipsoïde est la surface mathématique qui se rapproche le plus de la forme du géoïde ; grâce à ce dernier, on peut calculer les coordonnées géographiques en « longitude » et en « L'altitude ».



Figure 16: L'ellipsoïde.

- Le procédé mathématique qui permet le passage de l'ellipsoïde au plan se nomme : système de représentation plane ou système de projection ;
- Cette transformation ne va pas sans déformation (linéaire, surfacique, angulaire) Classement des projections d'après les altérations ;
- La déformation linéaire : aucune projection ne conserve sur la carte toutes les longueurs ;
- La déformation angulaire : les projections conformes conservent les angles au détriment des surfaces. Elles sont utilisées pour des données à grande échelle de type topographiques ;
- La déformation surfacique : les projections équivalentes conservent les surfaces mais pas les angles. Elles sont utilisées pour le cadastre et pour des données à petite échelle ;
- Les projections dites phylétiques ne conservent ni les angles ni les surfaces mais sont un compromis compensant au mieux les altérations, utilisées pour les représentations de type planisphère ;
- Classement des systèmes d'après la surface de projection ;
- Projection azimutale, conique, cylindrique. Elle peut être tangente ou sécante, directe, transverse ou oblique.

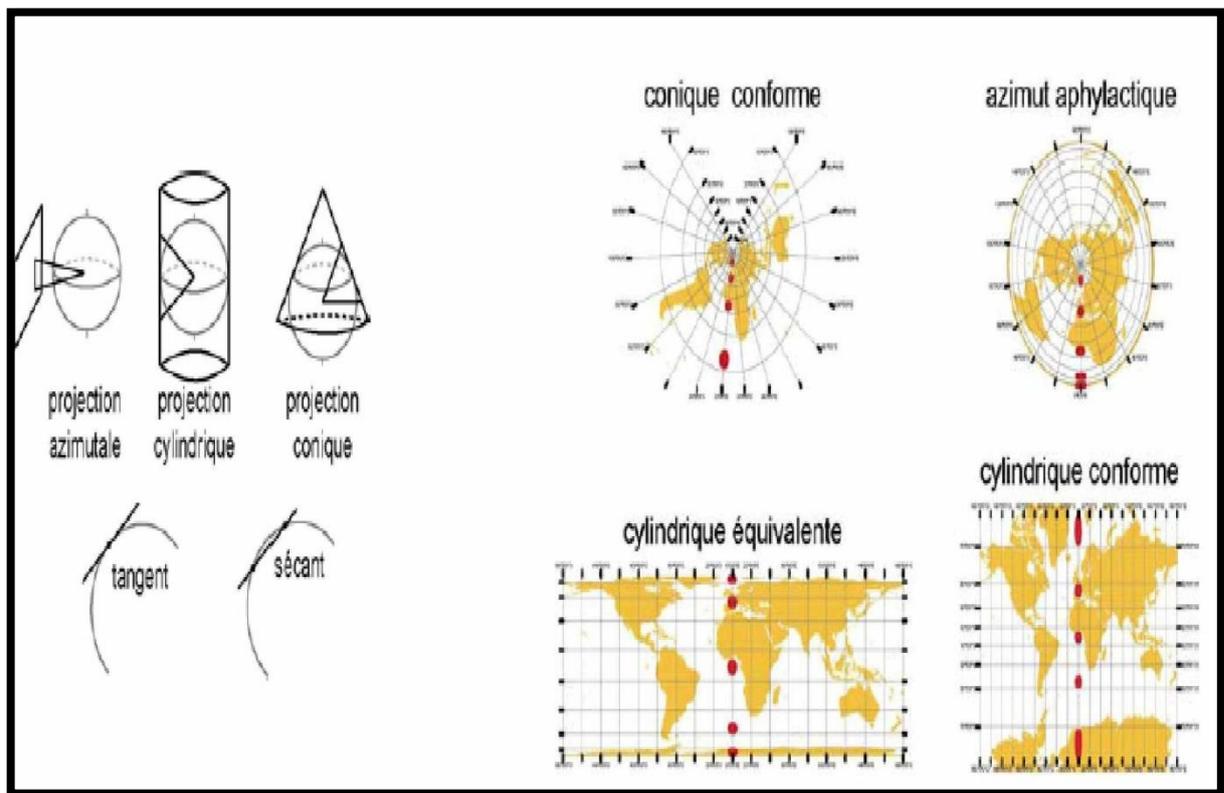


Figure 17 : Différents systèmes de projection.

La projection légale en Algérie est la projection Lambert Voiron de type 1960 de l'ellipsoïde Clark 1880. Elle a été définie pour le système géodésique nord Sahara. Ou la projection UTM (Universal Transverse Mercator) de l'ellipsoïde Clark 1880.

II.10.1.3.Géo-référencement

Les données produites par la télédétection et la saisie directe doivent être modifiées pour correspondre parfaitement au modèle et au référentiel géodésique. A cet effet, le SIG possède des fonctions de déformation qui permettent, à partir du recalage d'une partie des informations sur des points d'appui, de recalculer l'ensemble de l'image. Le géo-référencement se décompose en une déformation de l'image et un rééchantillonnage de celle-ci.

II.10.1.4.Notion d'échelle

L'échelle est le « rapport existant entre une longueur réelle et sa représentation sur la carte », « rapport entre les dimensions ou distances marquées sur un plan avec les dimensions ou distances réelles ».

La donnée numérique et les outils de zoom des logiciels permettent une grande liberté dans les échelles de visualisation de la donnée.

Avec les SIG, on parle plutôt d'échelle d'utilisation, c'est à dire le ratio entre l'échelle à laquelle la donnée a été numérisée et les limites de son exploitation (Mohamed Touate, 2005).

II.10.1.4.Notion d'échelle

L'échelle est le « rapport existant entre une longueur réelle et sa représentation sur la carte », « rapport entre les dimensions ou distances marquées sur un plan avec les dimensions ou distances réelles ».

La donnée numérique et les outils de zoom des logiciels permettent une grande liberté dans les échelles de visualisation de la donnée.

Avec les SIG, on parle plutôt d'échelle d'utilisation, c'est à dire le ratio entre l'échelle à laquelle la donnée a été numérisée et les limites de son exploitation (Mohamed Touate, 2005).

II.10.2. Mode de représentation des données [ESRI, 07]

II.10.2.1. Mode « Raster »

Donnée où l'espace est divisé de manière régulière en ligne et en colonne; à chaque valeur ligne / colonne (pixel) sont associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace. Chaque pixel porte une information identifiant sa couleur et l'entité à laquelle il est rattaché. Ainsi une ligne ou une surface sont elles-mêmes définies par l'ensemble des pixels contigus dont la valeur de rattachement est identique. Plusieurs couches d'information composées de pixels peuvent être superposées représentant chacune un thème particulier.

Il existe plusieurs sources de données qui fournissent l'information géographique en mode Raster.

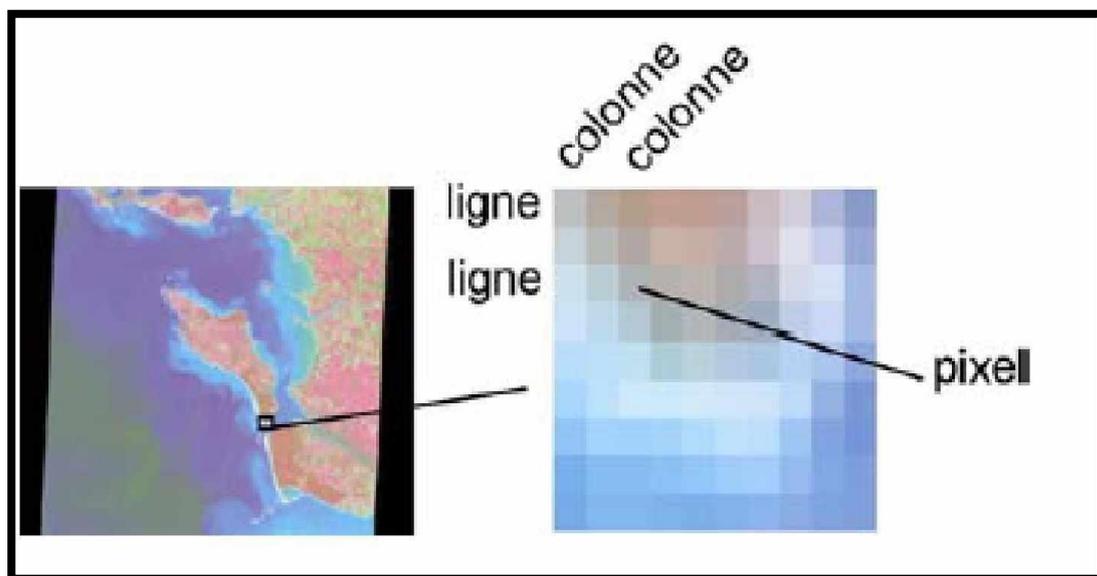


Figure 18: Représentation de l'espace en mode Raster

II.11. Photo aérienne

La photo est la base de nombreuses données géographiques. A partir d'appareil photo ou de caméra aéroportée (avion, ballon, ...) il est possible d'avoir de nombreux détails de la surface de la terre. Elle peut être :

- Scannée ;
- Numérique (directement intégrable sur un disque dur) ;
- Ortho rectifiée (corrigée des déformations d'échelle dues aux différentes altitudes, à l'assiette de l'avion. Le résultat sera une ortho photographie) ;

- La précision de la photo aérienne dépend de la dimension du plus petit détail visible (notion de résolution).



Figure 19 : Photographie aérienne.

II.12. Plan scanné ou carte scannée

C'est la représentation d'une information déjà interprétée. Ceci montre ses limites. Par contre, la carte scannée est un bon référentiel visuel car elle est souvent issue de carte papier destinée au grand public (Carte au 25 000ème de l'INCT, plan cadastral, carte routière).

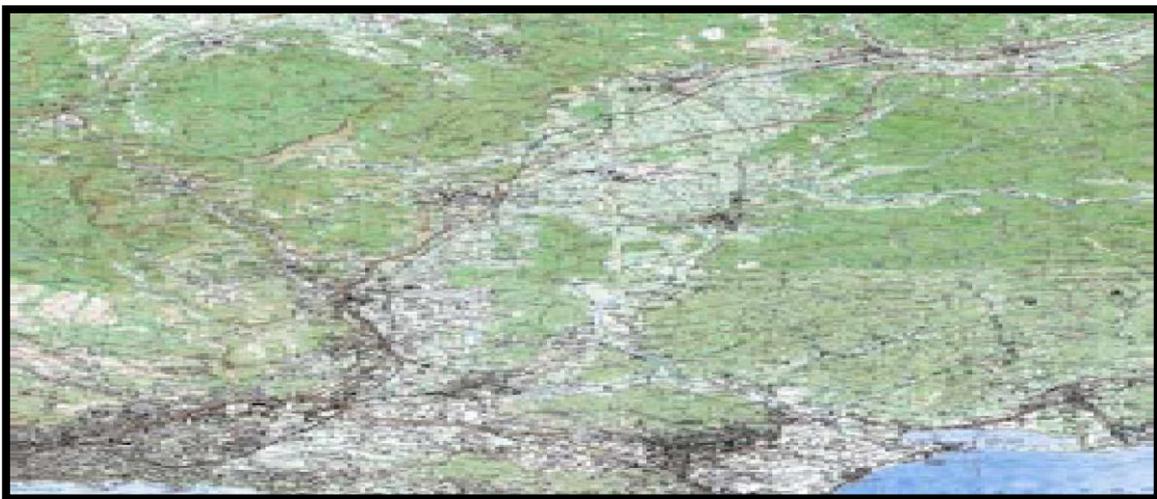


Figure 20: Carte scannée.

II.13. Imagesatellitaire

Image issue de capteurs embarqués dans des satellites d'observation placés sur des orbites de 500 à 36000 km d'altitude. L'image représente le rayonnement solaire réfléchi par les objets au sol

dans le domaine visible ou proche infrarouge. Elle doit subir plusieurs traitements radio métriques et géométriques avant d'être utilisable dans un SIG. Cette source de donnée sera bien développée dans la partie concernant la télédétection.



Figure 21 :Image satellitaire

II.14. Image satellitaire radar

Image enregistrée par des capteurs embarqués dans des satellites d'observation, elle représente la réponse du sol à l'onde envoyée par le capteur (principe du flash ou du sonar).



Figure 22: Image radar

II.10.2.2. Mode « vecteur »

Pour représenter les objets à la surface du globe, les SIG retiennent trois primitives de base qui permettent de recomposer la géométrie des objets qui sont le point, la ligne et la surface.

II.10.2.2.1. Le point

L'objet le plus simple, un objet ponctuel sera localisé par un seul triplet de coordonnées. Il peut représenter à grande échelle des arbres, des bornes d'incendie, des collecteurs d'ordures,... Mais à des échelles plus petites de type carte routière au 1/1 000 000ème, il représente une capitale régionale.



Figure 23 :Objet ponctuel dans le mode vecteur

II.10.2.2.2. La ligne

Un objet linéaire est une suite cordonnée de points. Chaque point est relié au suivant par un segment de ligne définie mathématiquement. La ligne représente les réseaux de communication, d'énergie, hydrographiques, d'assainissement,...etc. Elle peut être fictive, en représentant l'axe d'une route, ou virtuelle en modélisant des flux d'information, d'argent,etc.

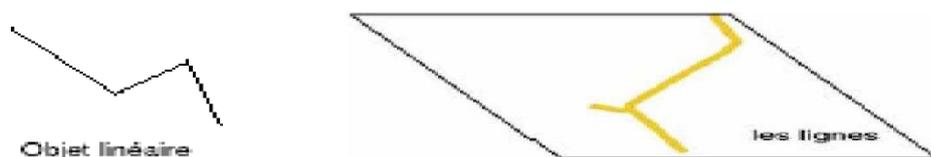


Figure 24 : Objet linéaire dans le mode vecteur.

II.10.2.2.3. La surface

Un objet surfacique est défini comme étant l'intérieur de son contour. Il est donc délimité par un objet linéaire fermé sur lui-même. On peut par extension définir des spécialisations d'objet surfacique. Par exemple un objet surfacique à trou est défini comme un objet surfacique dont une partie intérieure est délimitée par un objet linéaire fermé. Elle peut matérialiser une entité abstraite comme la surface d'une commune ou des entités ayant une existence géographique comme une forêt, un lac, une zone bâtie, ...

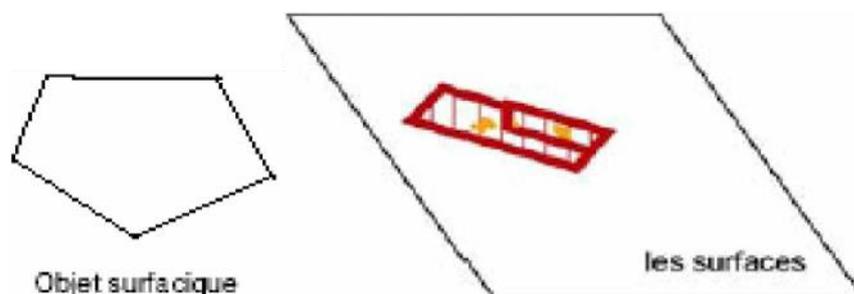


Figure 25 :Objet surfacique dans le mode vecteur.

II.10.2.2.1. Model de representation des doneness vector

Il existe deux types de modèle :

- Le modèle métrique ou spaghetti

- Le modèle topologique.

II.10.2.2.1.1. Modèle métrique (spaghetti)

Ce modèle est utilisé par les logiciels de dessin ou de conception assisté par ordinateur (DAO ou CAO). Chaque objet, segment ou polygone est indépendant l'un de l'autre ce qui ne permet pas de décrire la réalité mais de la dessiner.

On voit souvent dans les fichiers smart structurés des problèmes additionnels :

- Des chevauchements ou des interstices parmi les polygones adjacents,
- Des boucles dans les lignes ou les contours de polygones,
- Des dépassements ou des raccords manqués entre lignes,
- Des polygones non fermés.

Soit chaque segment est décrit indépendamment l'un de l'autre (voir figure) : le segment S1 a pour sommets A et B qui sont décrits par deux coordonnées chacun, le segment S2 a pour sommets B et C.

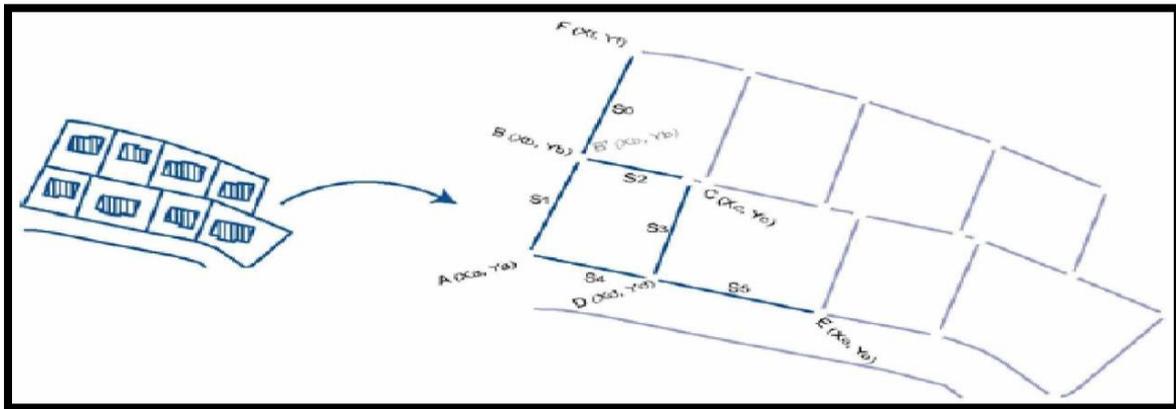


Figure 26: 1^{ère} inter prestation de la «réalité».

Soit les objets sont décrits par polygones (voir figure qui suit) : le polygone P1 est constitué de quatre sommets A, B, C et D qui sont décrits par deux coordonnées chacun. Le polygone P3 est aussi constitué de quatre sommets mais dont deux (C' et D') se superposent avec les sommets C et D du polygone P1.

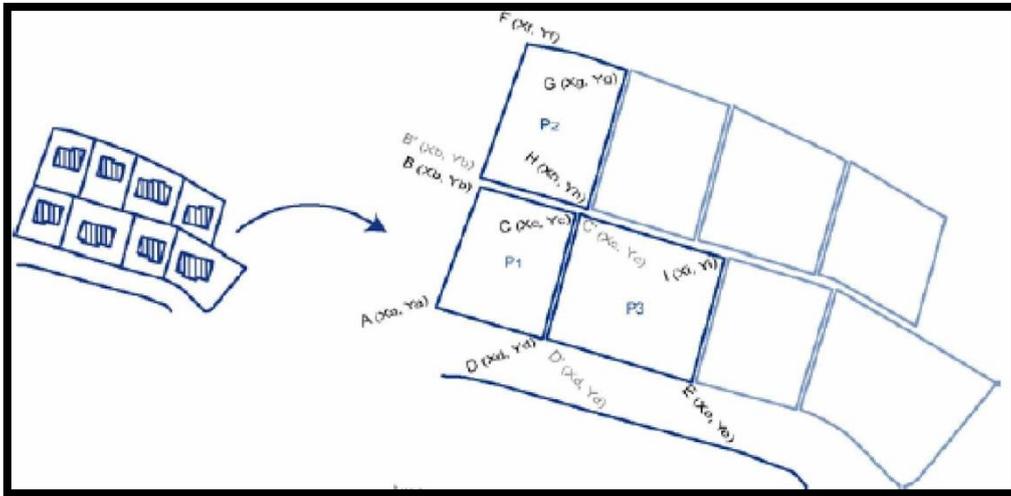


Figure 27: 2^{ème} inter prestation de la «réalité».

II.10.2.2.1.2. Modèle topologique

Il existe deux niveaux topologiques :

La topologie de réseau, décrit la relation entre des ensembles linéaires (poly lignes) par leurs extrémités qui sont les nœuds. Chaque arc possède un nœud de départ et un nœud d'arrivée permettant de connaître la relation entre deux arcs, ainsi que son sens (figure ci- après). A partir de ces éléments nous pouvons calculer des itinéraires, des zones d'attractivités.

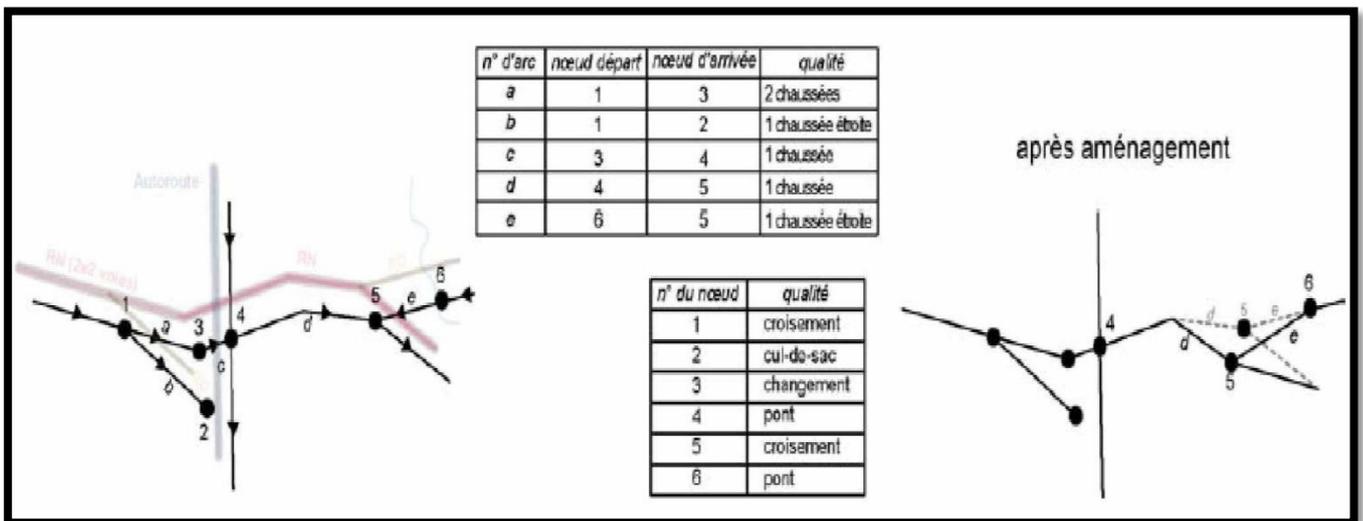


Figure 28 : Topologie de réseau

La topologie de voisinage permet à partir des arcs constituant le polygone de connaître les voisins de chaque surface (figure ci-après).

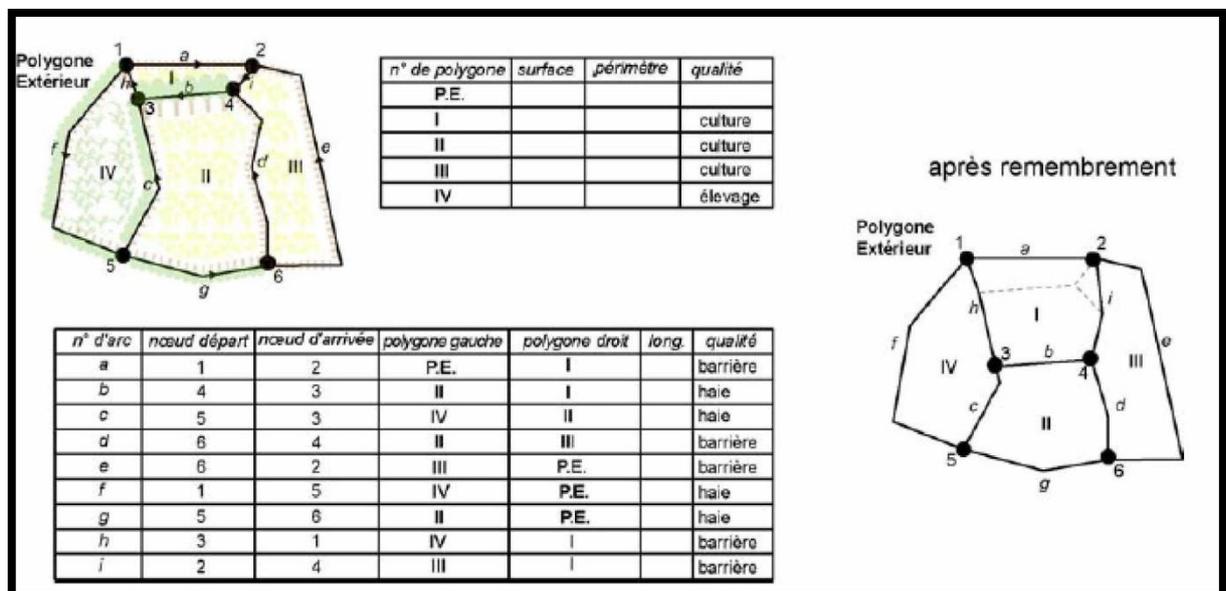


Figure 29: Topologie de voisinage.

La structuration topologique implique en général que :

- On trouve un nœud à l'intersection des lignes qui se croisent ;
- Une ligne ne s'intersecte pas elle-même ;
- Les polygones sont correctement fermés.

Il existe une seule limite entre deux polygones (pas de micro-vides entre deux surfaces), tous les arcs qui doivent être connectés le sont.

L'autre avantage de la topologie permet lors d'une modification géométrique d'un objet de modifier aussi la forme de ses voisins (Esri,2007).

II.10.3. Donnée alphanumérique (sémantique)

La donnée alphanumérique, aussi appelée attributaire ou sémantique, est une information textuelle, qualitative ou quantitative, qui décrit un objet géométrique.

Elle peut être de diverses natures :

- Démographique :(recensement de la population, etc.) ;
- Administrative : (numéro officiel de la commune, etc.) ;
- Économique : (nombre de salariés, types d'entreprises, etc.) ;
- Sociale : (nombre de places en crèche, etc.) ;
- Commerciale :(adresse des commerces, etc.).

Ces données permettent de mettre en évidence la répartition spatiale d'un objet, en répondant à des questions telles que :

- Où ?
- Où cet objet ou phénomène se trouve-t-il ?
- Où se trouvent tous les objets d'un même type ou les phénomènes présents sur un territoire donné ?
- Quoi ?
- Que trouve-t-on à cet endroit ? Cela permet une analyse spatiale.

- Comment ?
- Quelles relations existent ou non entre les objets et les phénomènes ?

Pour l'analyse temporelle, elles répondent à :

- Quand ?
- À quel moment des changements sont intervenus ?
- Quel est l'âge et l'évolution de tel objet ou phénomène ?

Ces données peuvent être gérées par un logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) ou par un logiciel de gestion de données.

II.10.4. 3ème dimension

La 2D

Tous les logiciels ne « lisent » pas la 3ème dimension, on peut pallier cette situation en travaillant sur la sémantique et mettre ainsi en évidence des objets suivant leur hauteur. Ce n'est pas une représentation en 3D mais une discrétisation à partir d'un renseignement.

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT)

A chaque couple x et y est associé un z ce qui permet de créer un « squelette » du relief sur lequel on peut draper des images satellites ou des photos aériennes où les objets du sursol, maisons, arbres, ...seront plats.

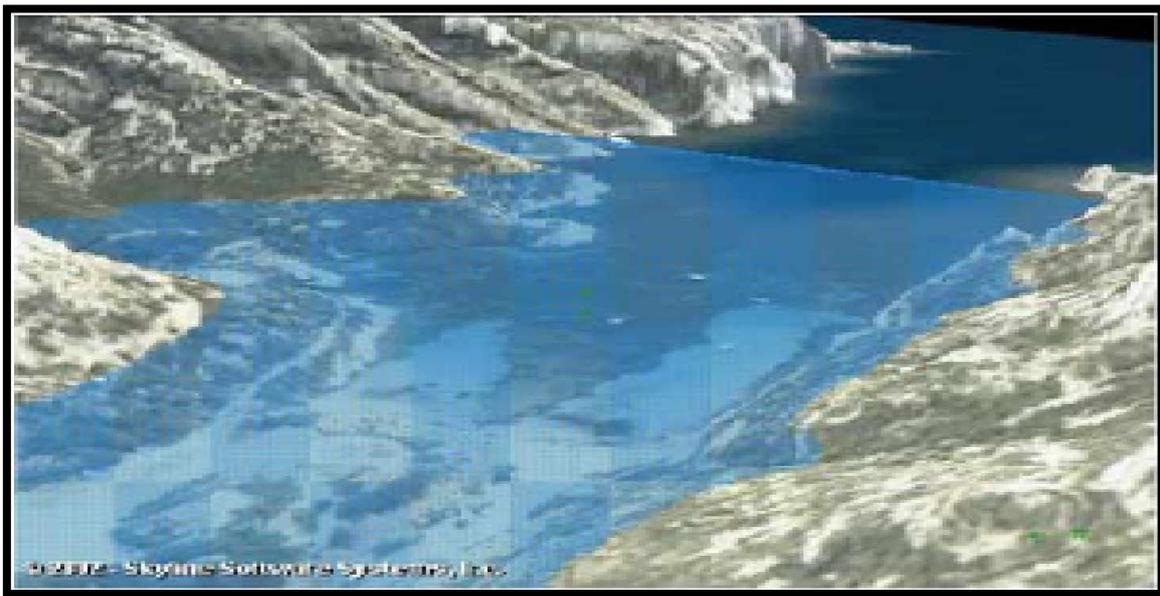


Figure 30 :La photo aérienne a été drapée sur un MNT.

Des modèles, plus élaborés prennent en compte les objets du sursol en intégrant un 2ème z, ce sont les Modèle Numérique d'Élévation (MNE).



Figure 31: Visualisation d'un projet immobilier à partir d'un MNE

A partir des MNT, on peut créer des produits dérivés tels que les courbes de niveau, les classes d'altitude, les cartes de pente, les calculs panoramiques, les cartes d'inter visibilité, les profils de terrain.

II.10.5.Méta donnée

La méta donnée est l'étiquette de la base de données.

Exemple :

Un pot de mayonnaise	Le réseau routier
<u>Ingrédients :</u> Huile végétale Jaune d'œuf Moutarde Vinaigre Sel et poivre	<u>Description des objets :</u> Arcs polygones ou points modèle topologique ou non précisions de la saisie (m dm, ...) source de la saisie ...
<u>Date de péremption</u>	<u>Date de la donnée</u> <u>Périodicité de la mise à jour</u>
<u>Poids net</u>	<u>Taille de la donnée (octet)</u> <u>La couverture géographique (Monde, Europe, région Poitou-Charentes, ...)</u>
<u>A conserver de préférence au frais</u>	<u>Système de projection</u>

Sans être exhaustif, les métas données comprennent des informations sur le producteur de la donnée, ses conditions de création ou de diffusion (interdiction, restriction, accès libre) sa qualité, son extension géographique, ...

Ces renseignements ont pour but de favoriser l'utilisation et la diffusion de la donnée en précisant les caractéristiques et les précautions d'emploi à respecter.

Le méta donné doit être correctement renseignée pour qu'elle soit accessible au plus grand nombre.

Des travaux sur la normalisation sont en cours (Comité technique 211 de l'ISO – International Standardisation Organisation).

II.11. On distingue trois types de méta données

II.11.1. Méta données pour la découverte

un minimum d'information permettant d'identifier les données pouvant correspondre à ses besoins.

II.11.2. Méta données pour le catalogage

renseignement plus précis permettant de servir de spécification, de contrôle lors d'une livraison.

II.11.3. Méta données pour l'exploitation

permet à l'utilisateur d'appréhender la donnée et de mieux connaître ses limites d'exploitation.

II.12. Conclusion

L'information géographique est avant tout, une information, manipulée au sein d'un système pour apporter une aide à l'utilisateur (aide à la gestion ou à la décision). Cependant, elle possède cette particularité d'être « spatiale », et ceci nécessite un peu plus d'attention dans sa collecte, sa modélisation, sa conception et enfin sa présentation.

chapitre III:

Présentation De La Région d'étude

III.1. Introduction

L'assainissement d'une agglomération est un problème complexe pour se prêter à une solution uniforme suivant des règles rigides. L'étude du site s'impose avant toute étude de projet, afin de déterminer les caractéristiques physiques du lieu ainsi que les facteurs influençables sur la conception du projet. Cette étude nécessite les données naturelles du site (pluviométrie, topographie, hydrographie et géologie), les données relatives à la situation actuelle des agglomérations existantes (nature des agglomérations, importance de l'agglomération et modes d'occupation du sol) et les données relatives au développement futur de l'agglomération (conditions de transport des eaux usées et d'exploitation du réseau). C'est ainsi, que consacrons ce premier chapitre à la présentation de région d'étude sur le plan géographique, topographique, géologique et hydraulique)

III.1.1 Situation géographique de la wilaya de Saida

La wilaya de Saida couvre une superficie totale de 6765 km², localisée au Nord-ouest de l'Algérie, elle est limitée au Nord par la wilaya de Mascara, au Sud par celle d'El Bayadh, à l'Est par la wilaya de Tiaret et à l'Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbas (Fig.31). La wilaya de Saida est constituée de six daïras et de seize communes, qualifiée de territoire hybride, ni franchement steppique, ni franchement tellien. Le territoire de la wilaya se distingue par une palette d'entités géologique, géomorphologique, hydrogéologique, bioclimatique, pédologique et sociale en plus des richesses naturelles importantes et variées.

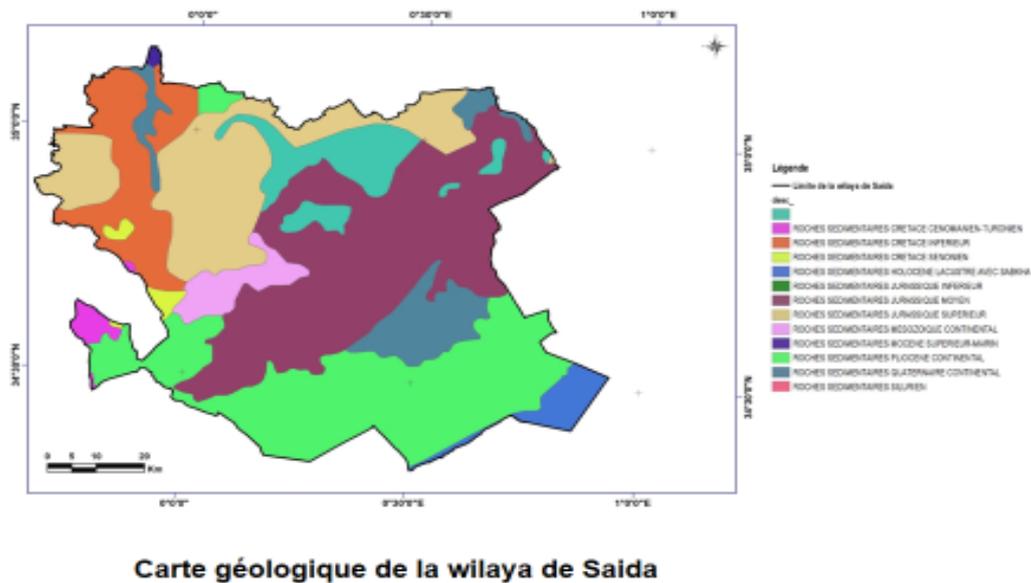


Figure 32 : Carte géologique de la wilaya de Saïda. . (Dr ANTEUR Dj.2024)

III.2.3. Sismicité

Selon le degré des intensités maximales observées dans la wilaya de Saïda sur l'échelle MERCAL, la ville est classée en zone sismique I et est considérée parmi les régions sismiques qui présentent une intensité sismique faible (<https://www.researchgate.net>).

III.2.4. Les caractéristiques physiques du relief

À l'exception du Sud de la wilaya où le paysage s'ouvre sur les hautes plaines steppique, l'on se trouve partout ailleurs dans un domaine relativement montagneux, Constitué par les Djebels des Monts de Daïa et de Saïda. Il s'agit donc d'un contraste bien net entre le Sud et le Nord de la wilaya. La limite entre les deux milieux (nord, montagneux et sud steppique) se situe un peu au sud de la latitude de Moulay Larbi ; toute fois une limite plus nette se distingue et correspond à la ligne de partage des eaux de petits djebels au nord de Moulay Larbi et du djebel Sidi Youssef. De part et d'autre part de cette ligne l'écoulement des eaux se fait au nord dans le milieu montagneux et le régime hydrographique est de type endoréique ; et

vers le sud dans le milieu steppique où le régime hydrographique est ici, de type exoréique. Ce territoire n'a donc pas de caractère homogène : il se caractérise par une alternance de milieux très contrastés dont les grands ensembles sont au nombre de trois milieux (Amar *et al.*, 2021).

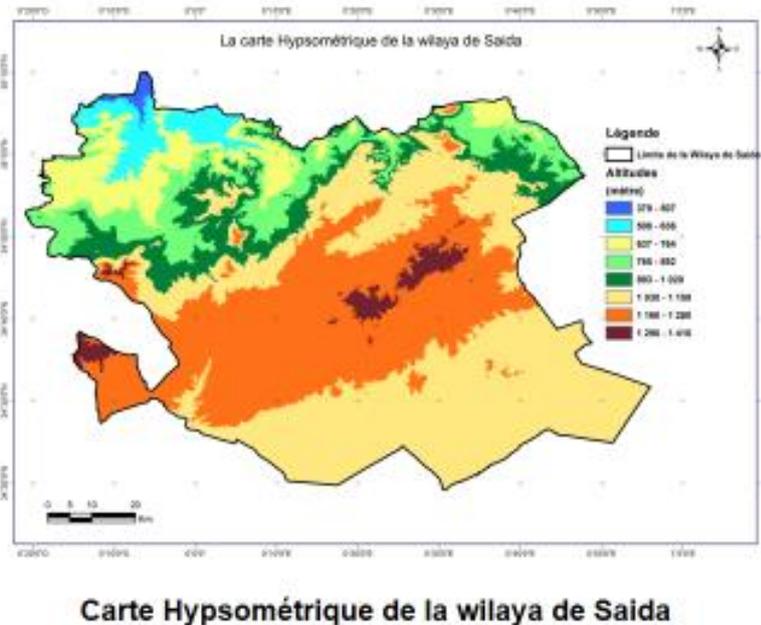


Figure 33 : Carte hypsométrique de la wilaya de Saida. (Dr ANTEUR Dj.2024)

III.2.1. Le milieu montagnard

Il est constitué par une série de djebels généralement orientés vers sud-ouest nord-est, peu accentués et aux dénivellations peu importantes conférant à l'ensemble orographique une allure tabulaire ondulée. Ces plateaux ondulés sont incisés par une série d'oueds pérennes courants dans des fonds de vallées plus au moins aérées : il s'agit d'Ouest en est des vallées de l'oued Mellala qui rejoint celle de l'oued Sefioun, et de l'oued Berbour. Oued Tala Amrane qui à la confluence de l'oued Sefione devient la vallée de l'oued Hounet, de l'oued Saida qui est la plus importante, de l'oued El Khachba et de l'oued Tifrit qui devient la vallée de Sidi Mimoune plus au nord et de l'oued El Abd qui débouche sur la plaine de Beranis au nord-est. Les altitudes sont élevées (1000 m en moyenne) et déclinent progressivement des sommets à la base ; les

dénivellements sont en moyenne de l'ordre de 300 m et les points les plus élevés au culminants se trouvent sur le djebel Sidi Youcef (Koudiat Si El kbir-1339 m).

Au sud de ces plateaux ondulés se trouve une zone de contact avec les hautes plaines steppiques. C'est la plaine des Maalifs (ou plaine de Hassasna- Moulay Larbi) se situant à des altitudes très peu variables d'une moyenne de 1100 m (Amar *et al.*, 2021).

III.2.2. Les plateaux

Ils se localisent dans la partie sud de la wilaya et concernent la région de la commune de Sidi Ahmed et Maarmora. Le premier plateau se localise à l'Est de Aïn-El-Hadjar et distingue par une altitude qui varie entre 900 et 1300 m. Le deuxième au Sud de la wilaya présente des affleurements rocheux, il est occupé par une garrigue ou une erme claire à Doumou Palmier nain (*Chamaerops humilis*) et de broussailles basses clairsemé à genévrier oxycèdre, indicateur de conditions de froid et de forte amplitude thermique (*Juniperus oxycedrus* ». Un troisième plateau (la plaine des Maalifs) constitué par un assez vaste replat au sud-ouest de la daïra d'Ain El Hadjar et Bourached. Ce plateau est caractérisé par des sols profonds riches à vocation céréalière encore sous utilisée malgré les potentialités édaphiques.

Les plateaux ondulés sont incisés par une série d'Oueds. Ils constituent un véritable espace de transition entre la montagne et la steppe. A 1000 mètres d'altitude, ce vaste plateau était à l'origine un lieu de passage des pasteurs-nomades faisant la transhumance entre le sud et le nord. Il est aujourd'hui une véritable aire de sédentarisation de nombreuses populations nomades et montagnardes qui cultivent désormais céréales et fourrages et qui élèvent d'importants troupeaux de moutons (Sahli, 1997).

III.2.3. Le milieu steppique

Est caractérisé par des altitudes élevées (1100 m en moyenne), les plus hautes atteignent 1200 m et les plus basse oscillent entre 1000 et 1100 m, ce qui signifie que les dénivellations sont ici encore, peu importante, soit moins de 200 m. Cet espace est caractérisé par l'aridité du climat, la faiblesse des précipitations, leur irrégularité et les effets néfastes du sirocco. Le substrat est à dominance calcaire relativement encroûté générant que de faibles horizons. Ces derniers sont mis à rude épreuve par l'érosion éolienne dernière.

Les ressources forestières de la wilaya de Saida est une wilaya de l'ouest algérien. Sa superficie globale est : 676.540 Ha dont plus de 159.525 Ha de forêt soit un taux de boisement

de 23,6 % (**données de la conservation des forêts, 2017**). Un taux qui se rapproche de la moyenne nationale imposant une vocation sylvicole.

La superficie forestière (159.925 Ha) se répartit comme suit : les forêts 27,445%, les maquis arborés 8, 819 % et les maquis 63,3% (**la conservation des forêts, 2017**). Elle relève juridiquement à 61,409% du domaine forestier national, 29,506% du domaine privé de l'état et 9,085% du domaine privé (**la conservation des forêts, 2017**). Sa richesse en faune et en flore représente des ressources importantes à développer. Le potentiel faunistique et floristique La wilaya de Saida se caractérise par sa richesse faunistique et floristique

III.3. situation climatique

III.3.1. Le Climat

Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère : humidité, Pluit, température vents. C'est l'élément naturel sur lequel l'homme n'a aucune influence directe (sauf le cas particulier des irrigations). C'est un facteur essentiel du développement des plantes, de la formation et de l'évolution des sols .ses principales composantes ont une influence importante sur l'érosion (**Greco, 1966**).

Donc Le facteur climatique est toujours important dans n'importe quelle étude (agriculture, paysage, utilisation des sols...), il constitue un élément déterminant dans le développement de cette zone du point de vue agriculture, paysage et activités humaines. Les données utilisées sont celle de la de stations météorologique de Rebahia (Saida).

Le climat dans la région de Saida est sec et chaud en été et froid en hiver, avec Une pluviométrie faible et irrégulière (353 mm) avec un régime pluviométrique du type Semi-aride et une grande irrégularité interannuelle et inter-saisonnière.

La saison sèche s'étale sur environ 6 mois, et avec un étage bioclimatique semi-aride frais. Des températures fortes en saison estivale et basse en saison hivernale.

Le climat dans la région de Saida est sec et chaud en été et froid en hiver, avec Une pluviométrie faible et irrégulière (353 mm) avec un régime pluviométrique du type Semi-aride et une grande irrégularité interannuelle et inter-saisonnière. La saison sèche s'étale sur environ 6 mois, et avec un étage bioclimatique semi-aride frais.

Des températures fortes en saison estivale et basse en saison hivernale.

III.3.2. La température

Les données thermométriques caractérisant la région d'étude durant la période (1992_2017) recueillis dans la station météorologique de Saida, sont représentées dans le tableau

Tableau. N°II.2: Températures moyennes mensuelles minimales et maximales de la zone d'étude (1992_2017) (Station de Saida, 2017).

Mois	Sep	Oct	Nov	dece	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	MA
T°MIN	15.2	10.9	7.4	4.2	3.6	2.9	5.11	6.6	9.9	14.2	17.7	18.3	9.67
T°MAX	30.3	23.9	18.4	14.5	13.4	15.1	17.9	20.4	25.2	31	35.7	35.3	23.42
T°MOY	22.4	17.2	12.5	8.9	7.6	9.11	11.3	13.3	17.4	22.6	26.6	22.7	16

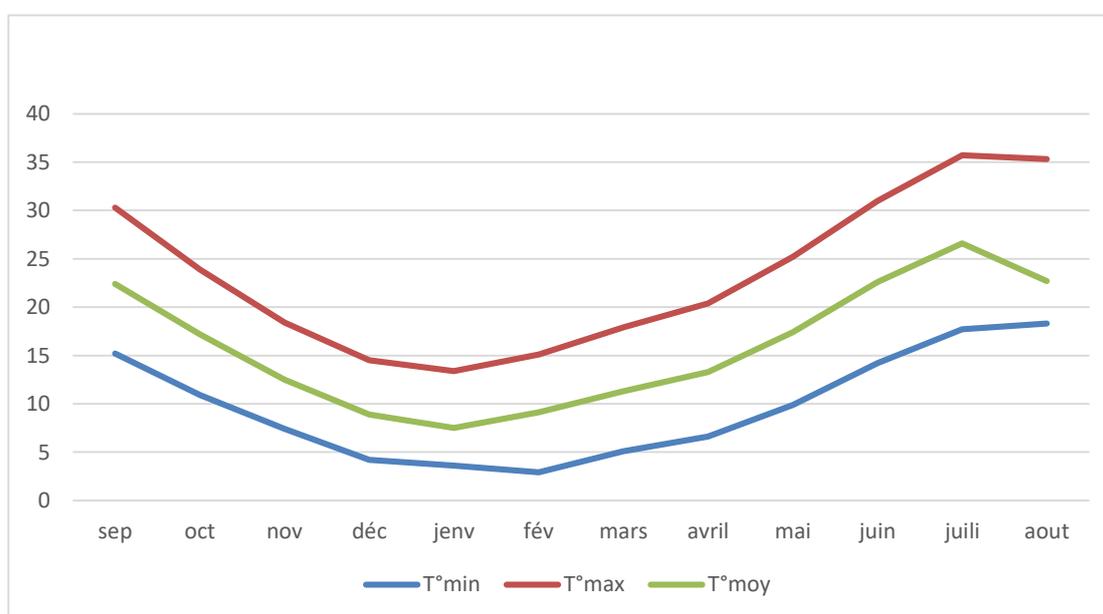


Figure 34 : Températures moyennes mensuelles minimales et maximales de la wilaya de Saida

D'une manière générale, les températures moyennes mensuelles varient d'une saison à l'autre révélant ainsi la présence de deux saisons :

- Une saison chaude s'étalant de Mai à Octobre dont les mois les plus chauds sont :

Juillet et Août M = 35 °C.

- Une saison froide s'étalant de Novembre jusqu'à Avril dont la température la plus

Basse m = 6.6°C durant le mois de Janvier et Février.

III.3.3. Humidité relative

C'est le rapport de la tension de vapeur réelle (observée) (e)à la tension de vapeur saturante à la même température, exprimé en pourcentage (%).

$$\varepsilon = 100$$

E: La tension de vapeur réelle (observée).

E: La tension de vapeur saturante a la même température en pourcentage.

Elle indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation, l'humidité relative est à l'origine de toutes précipitations en outre, elle régit l'évaporation de l'eau sur la végétation, le sol ou les nappes d'eau. D'après la figure N°04 et le tableau N°03, Le totale d'humidité maximale enregistré est de 71% (décembre), le totale d'humidité minimale enregistré est de 32% (avril)

sep	oct	Nov	Déc	janv	Fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout
54	61	67	71	70	67	35	32	58	47	40	41

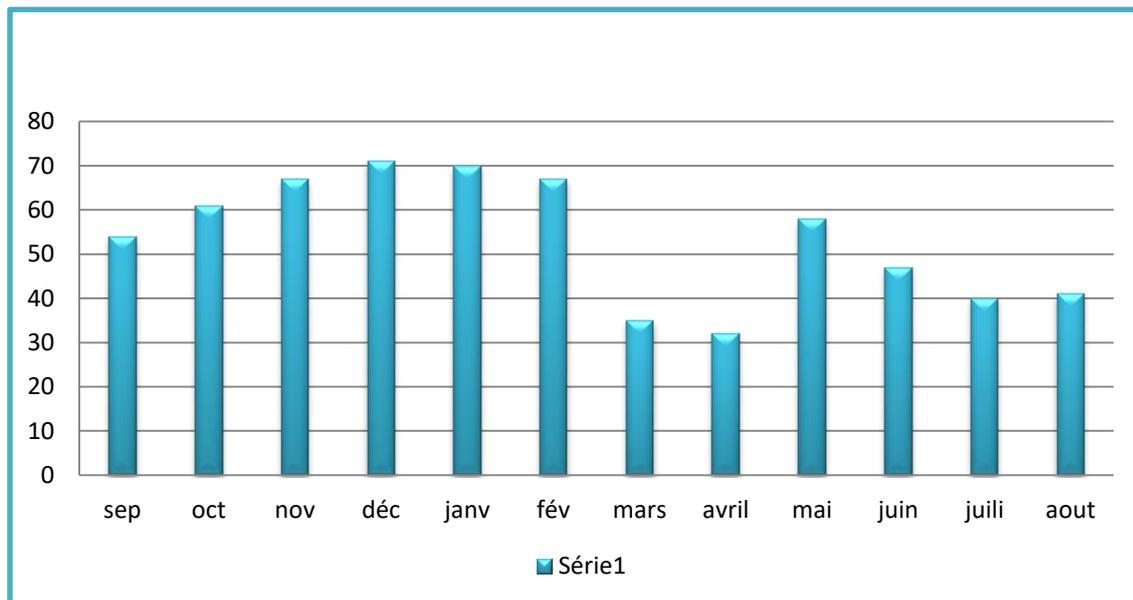


Figure 35: Répartition mensuelle de l'humidité relative. Station de Saida (1984/2013).

III.3.4. Les vents

Le vent et un déplacement d'air né des différences de pression entre deux points d'une même plante horizontale (Tabeaud, 1998).

Dans la région d'étude, la valeur de la vitesse du vent n'est pas constante tout au long de l'année mais sa variation mensuelle reste très peu prononcée.

Tableau 4: La vitesse du vent moyenne annuelle et le nombre de jours sirocco moyen de la région d'étude (1983-2012).

Mois	sep	Oct	nov	Déc	janv	Fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout
Vent	2.3	2.3	2.6	2.6	2.8	2.8	2.8	3	2.8	2.8	2.6	2.6
Moye(m/s)												
Siroco	1	2	0	0	0	0	1	1	3	3	3	3

(Station Météorologie Rebahia, Saida, 2013).

Tableau. N°I.05: Direction et fréquence du vent de la région d'étude (1983-2012).

Direction	N	N.E	E	S.E	S	S.O	O	N.O
Fréquence	14.7	2.2	1.4	2.9	10.4	3.2	7.2	8.9

(Station Météorologie Rebahia, Saida, 2013).

Les vents bénéfiques sont ceux de l'Ouest et du Nord-ouest (avec respectivement% et 8.9 % des fréquences), ces vents déplacent des masses d'air instable charge d'humidité laquelle se transforme en précipitations au contacts des massifs. Par contre des vents violant et chauds sévissent dans le désert appelé sirocco, se déplacent vers le Nord en période de basse pression en méditerranée (en été et printemps avec une fréquence de 10.6).

III.3.5. Les précipitations

Les précipitations peuvent avoir lieu sous forme liquide ou solide ce sont la pluie la neige, la grêle, la rosée et le givre. Elles constituent le facteur primordial dans le comportement hydrologique du bassin. Ce facteur indispensable pour l'estimation quantitatif de l'écoulement d'eaux.

III.3.5.1. Les Précipitations moyennes mensuelles

L'analyse des données pluviométriques moyennes mensuelles permet de mieux approcher la distribution des quantités d'eau enregistrées pour tous les mois de l'année. Les précipitations

moyennes mensuelles de la période (1986-2018) dans la station Saida représentées sur le tableau ci-dessous :

Tableau : Les Précipitations moyennes mensuelles de Saida (1986-2018).

mois	sep	oct	nov	jan	fev	mar	avr	mai	juin	Juili	aou	Tot
P MOY Mensuelle en(mm)	20,88	40,33	39,73	32,66	40,08	32,52	37,26	37,34	25,82	10,08	2,65	10,36

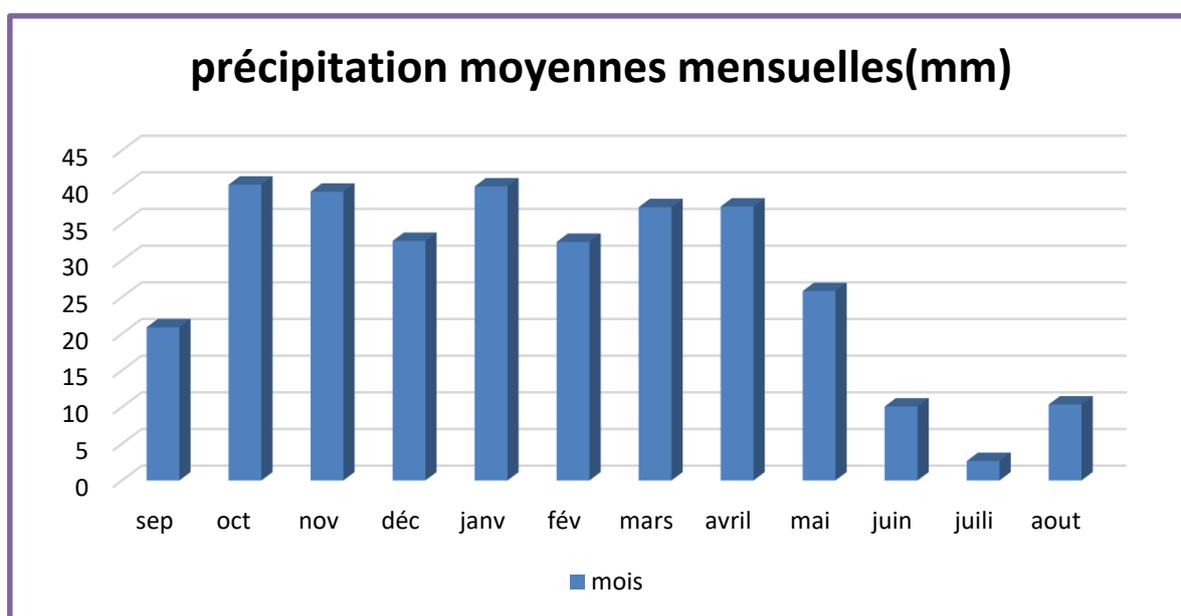


Figure 36: Histogrammes des précipitation moyennes mensuelles(mm) de la station de Saida (1986-2018).

D'après l'histogramme de la précipitation moyenne mensuelle, nous remarquons que : Le mois octobre a eu le plus de précipitations par rapport aux autre mois. → Le mois juillet a eu le moins les précipitations par rapport aux autre mois

III.4. Présentation Du Bassin Versant De L'oued Saida

L'hydrographie du territoire de la Wilaya est constituée de plusieurs bassins superficiels où l'écoulement se fait généralement du sud vers le nord, à l'exception du bassin du Chott Chergui qui draine les eaux vers le sud.

Cependant, c'est dans l'analyse plus fine des milieux que l'on peut distinguer des sous-unités homogènes présentant de réelles potentialités. Parmi celles-ci, on peut citer la plaine des Maalif, les plateaux de Balloulet Ain Soltane, la dépression de Berbour et la vallée de l'oued Saida.

Ce territoire, potentiellement riche et naturellement diversifié, n'a pas toujours été exploité à sa juste valeur. Il est donc nécessaire de réformer l'approche pour exploiter pleinement les ressources et les potentialités de cette région.



la carte de bassin versant de la wilaya de Saida

Figure 37: Carte de bassin versant de la wilaya de Saida . (Dr ANTEUR Dj.2024)

III.4.3. Réseau hydrographique

Une forte densité du réseau hydrographique qui se justifie par l'existence des pentes plus fortes et une formation superficielles moins perméables, accroissant les grandes exportations des terres qui sont liées aux ruissellements. Les grandes exportations sont liées aux ruissellements exceptionnels qui sont enregistrés en automne ou les conditions optimales du ruissellement sont réunis (pluies abondantes et relativement intenses, sol nu, croute de battance). Ces ruissellements qui génèrent beaucoup de griffes et de rigoles surtout les sols argileux sont à l'origine de dégradations spectaculaires qui marquent souvent le paysage pour plusieurs années. Cette présentation des différents facteurs physico-géographiques permet d'émettre les conclusions suivantes : Les facteurs morpho métriques sont très favorables à l'écoulement superficiel, les facteurs lithologiques sont favorables à l'infiltration des eaux, la végétation est favorable au ruissellement et par conséquent à l'érosion et au transport solide.



Carte de réseau hydrographique de la wilaya de Saïda

Figure 38 :Carte de réseau hydrographique de la wilaya de Saïda (Dr ANTEUR Dj.2024)

III.5. La végétation

III.5.1. Les forêts de la wilaya de Saïda

La wilaya compte l'un des grands potentiels forestiers de l'ouest algérien avec Sidi Bel Abbès et Tlemcen. En effet, son patrimoine forestier couvre une superficie globale de 156.401 Ha toutes formations végétales confondues. A cela, il faut ajouter une zone steppique de 120.000 ha dont 29.000 ha de nappes alfatières potentiellement exploitables pour les besoins industriels et artisanaux.

La wilaya de Saïda couvre trois grands ensembles écologiques assez distincts qui constituent les centres d'intérêt en matière de développement forestier, IL s'agit :

- De la zone écologique du chêne vert (chênaie d'El Hassasna) ;
- De la pineraie de Saïda ;
- De la zone steppique (D.P.A.T, 2008).

III.5.2. Patrimoine forestier

Selon la conservation des forêts (2003), les formations forestières couvrent une superficie de 156.401 ha, représentant un taux de couverture de 23 %. Juridiquement, cette superficie se subdivise en :

- Domaine public (domaniale) =91.612 ha ;
- Domaine privé de l'état =57.657 ha ;
- Privé (Melk) =7.987 ha.

III.5.3. Composition des essences forestières

Selon la conservation des forêts (2003), la composition de ce patrimoine par essence est représentée par suivant :

Tableau : Représente la Composition des essences forestières De la willaya de Saïda

Types d'espèces	Superficie	Le pourcentage
Pin d'Alep	54 740 ha	35%.
Chêne vert	46 920 ha	30%.
Thuya de Béribérie	15 640 ha	10%.
Chêne Kermès	7 820 ha 5%.	7 820 ha 5%.
Genévrier Oxycèdre	7 820 ha	5%.
Autres (Eucalyptus...)	23 000 ha	15%.

Sur cette distribution, la majorité de ces essences est constituée de maquis clair à dense (arboré) à un taux de 65%. Approximativement ; 35% de cette superficie constitue essentiellement de pin d'Alep, qui représente la forêt proprement dite.

Tableau. N°10. : Importance des forêts dans la wilaya de Saïda.) Source : B.N.D.E.R (2008)

Type de formation	Superficie	Pourcentage
Forêts denses	130.77	7,50
Forêts claires	270.41	15,50
Maquis denses	145.37	8,30
Maquis clair	112.673	64,62
Reboisement	703.0	4,08

L'espace forestier dans sa composition et sa physionomie laisse apparaître la prédominance du matorral clair et dense arboré sur environ 65% et seuls 35% de la superficie forestière est constituée de forêts de pin d'Alep. Il y a lieu de noter la dominance des espèces

III.6. Situation démographique

III.6.1. Structure de la Population

La population totale de la wilaya est estimée à 350 766 habitants, soit une densité de 200 habitants par Km².

La population ayant un Age inférieur à 15 ans représentant 25% du total de la population, constitue dans les années à venir une importante ressource humaine.

- Total population 350 766
- Population active 151 180
- Taux d'activité 25 %
- Population active occupée 252 280
- Taux de chômage 16 %

Rustiques caractéristiques de l'étage bioclimatique semi-aride.

L'espace forestier occupe la deuxième place en surface et n'arrive pas à jouer le rôle socio-économique qui devrait lui incomber (**D.P.A.T, 2011**).

III.7. Conclusion

En conclusion, et à travers ce premier chapitre consacré à la présentation de la région d'étude, nous retenons que la région de Saida implantée en zone de faible sismicité est constituée principalement par des grés. Aussi, elle est caractérisée par de faibles pentes (en moyenne 10%), par été chaud ($T_{\max} = 35^{\circ}\text{C}$) et un hiver froid ($T_{\min} = 2^{\circ}\text{C}$) et une pluviométrie mensuelle moyenne de 37.21 MM. La population de la région Oued Sidi Makhloof, faisant l'objet de notre étude fait partie de la commune de Oued Brahim, wilaya de Saida. Cette localité est composée 138 habitants en 2008, avec un taux d'accroissement de 1.95%

Partie expérimental

chapitre IV:

Matériels et méthodes

IV.1. Objectif de l'étude

Cette étude vise à cartographier et de délimiter des zones de potentiel en sources d'eau superficiel et souterraines dans la wilaya de Saida, en superposant les facteurs d'influence tels que l'exposition des versants, l'altitude, la pente, la courbure du plan, la courbure du profil,

IV.2. Les données

IV.2.1. Les cartes

- des cartes topographiques de la zone étude (échelle 1/50000) ;
- Carte Lithologique (échelle 1/500000)

IV.2.2. Model Numérique de Terrain

Le MNT permet une description de la topographie du terrain et constitue une base de donnée altimétrique à partir de laquelle on peut dériver une multitude de produits : les courbes de niveau, les cartes de pentes, d'exposition ou d'inter visibilité, les vues en perspective (3D)...etc.

Dans ce travail nous avons utilisé pour élaborer les cartes thématiques (carte de pente, hypsométrique, exposition et carte des réseaux hydriques) le MNT (modèle numérique de terrain, d'une résolution de 12 m avec une projection géographique, Datum **WGS 84**, un MNT obtenu par stéréoscopie radar du satellite Terra Aster (Japon-Nasa) d'une résolution spatiale de 12 m, ce produit numérique a été téléchargé à partir du site: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>

IV.3. Moyen de travail

La réalisation de cette étude à besoin le micro-ordinateur, GPS (Géographique, positionnement, système) pour le relevés des coordonnées géographique, des puits, forages, sources repéré sur terrain et un appareil photo numérique.

Le logiciel **ArcGIS 10.3** qui est un suite de [logiciels d'information géographique](#) (ou logiciels [SIG](#)). Le support cartographique qui représenté au major par la topographique.

IV.4. Méthodologie

La méthodologie consiste à pondérer les facteurs cités, en se basant sur la distribution spatiale des sources, et les puits aussi les forages qui ont été identifiées, répertoriées et cartographiées dans un système d'information géographique (SIG). Pour produire la carte de potentiel en source d'eau dans la zone d'étude.

IV.4.1. Collecte des données

IV.4.1. 1. Collecte des cartes

Les cartes qui ont été utilisées dans ce travail, ainsi que d'autres cartes thématiques, carte de bassin versant et aussi carte des sous bassin versant de nord Algérie et carte de réseau hydrographique de la wilaya de Saida obtenu a partir d un modèle numérique du terrain et cartes des eaux souterraines de nord Algérie.

IV.4.1.2. Traitement des cartes

Pour, le traitement des cartes, le logiciel Arc GIS 10.8.1 a été utilisé. Les données hydrométriques et topographiques en relation avec l'hydrologie de la région de la wilaya de Saida ont été extraites après traitement approprié des cartes.

IV.5 .Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale :

On commencé par intégrer les données relatives à tout les points d'eau disponibles dans la zone étudiée (les coordonnées, le régime d'exploitation, la piézométrie,...suite à un inventaire systématique de tout les points d'eau existants).

Ces données mémorisées dans une base de données sous Microsoft Excel sont importées par Arcmap pour être combinées avec les données cartographiques digitalisées sous ArcMap.

Ensuite toute cette masse de données est combinée avec les différents programmes utilisés à travers la réalisation des interfaces de manipulation SQL. Le but et de faire un croisement entre ces différents types de données pour pouvoir faire une analyse plus globale.

La création de projet dans ArcGIS est thématique. Pour ce faire, il est indispensable d'utiliser un système de gestion de base de données (SGBD) qui facilitera le stockage, l'organisation et la gestion des données. Par conséquent, chaque sujet sera accompagné d'un SGBD pouvant lier des données géographiques et des données tabulaires.

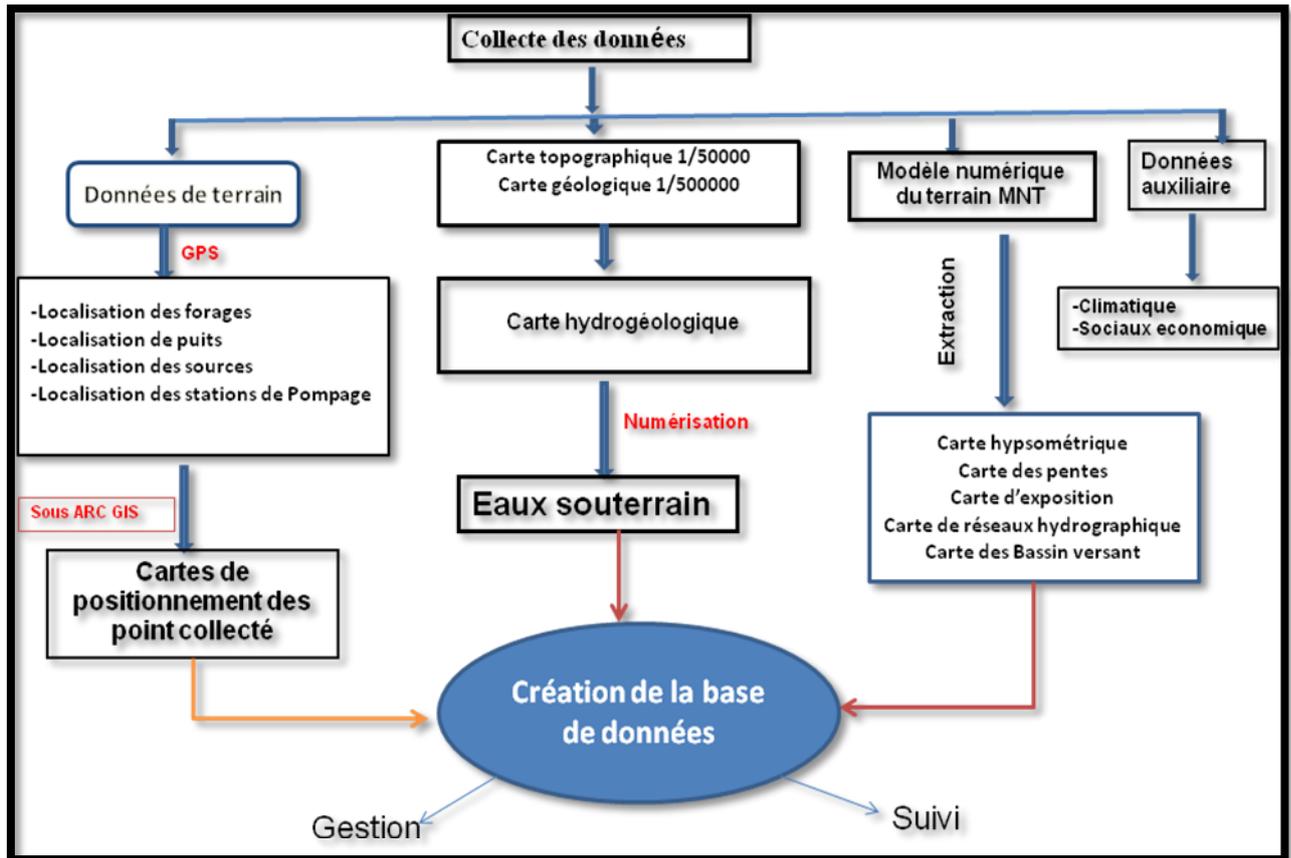


Figure 39 : Organigramme méthodologique de travail.

Chapitre V:

Résultats et discussion

V.1. Source

Les sources représente l'émergence des eaux souterrains, elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions, montagneuse.

En la wilaya de Saida il ya 113 Sources qui La plupart d'entre eux sont situés au centre de la région d'étude

Tableau 11: Sources de la wilaya de saida.

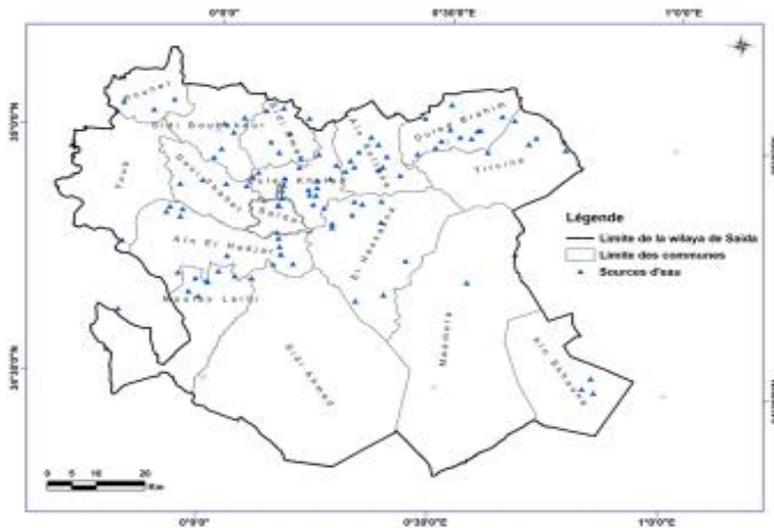
N°sources	NOM	X	Y	Carte
1	AIN SAMIR	233,5	196,55	273
2	AIN MRIRHIA	234,7	198,7	273
3	AIN TEGSUEDET	240,75	197,1	273
4	AIN BEN MEDJEHED	244,75	199,5	274
5	AIN BOU NEDJROUF	266,5	198	274
6	AIN KACHAOUA	263,1	197,35	274
7	AIN SIDI BOUBEKEUR	258,75	195,65	274
8	AIN MELLAL	254,8	194,25	274
9	AIN OULED BOUZIANE	256,7	192,35	274
10	AIN EL BAHRI	254,35	188,55	274
11	AIN RAS EL MA	252,9	186,6	274
12	AIN TERSINE	264,2	190,35	274
13	AIN STIT	267,9	192,3	274
14	AIN EU REBOUCH	271,65	195,8	274
15	AIN TAHMAMINA	270,2	186,7	274
16	DJ AIN EL BAIDA	250,8	181,5	274
17	AIN DJEBEL TIBRGUENT	260,8	182,35	274
18	AIN EL FOULAT	261,85	183,35	274
19	AIN GUELMOUNA	265,85	188	274
20	AIN HALLOUF	267,15	182,2	274
21	AIN HAMMAM RABI	269,95	184,7	274

22	AIN SI AOUNALLAH	273,75	187,8	274
23	AIN EL DJORF	273,4	181,8	274
24	AIN MATTRIA	276,15	182,3	275
25	AIN SIDI CHEIKH	277,3	185,45	275
26	AIN EL AROUM	279,15	184,1	275
27	AIN MRIR	280,9	185,1	275
28	AIN KASFAKHI	280,1	186,55	275
29	AIN SOLTANE	281,7	188,55	275
30	AIN CHEGGA	284,1	191,9	275
31	AIN KOUSSA	285,5	190,3	275
32	FERTAS	287,25	187,7	275
33	AIN YAHIA	286,5	185,25	275
34	AIN EL HARRECH	285,65	184,6	275
35	AIN TIFFRIT	290,05	183,45	275
36	AIN EL KOOB	299,9	199,65	275
37	AIN ARKET	294,7	196,45	275
38	AIN SEFRA	293,35	188,4	275
39	AIN BALLOUL	296,9	189,95	275
40	AIN BOU AMAR	298,05	191,45	275
41	AIN OUM TASSALET	299,75	194,05	275
42	AIN EL AOUIA	301,75	192,4	275
43	AIN EL OGAB	304	192,2	275
44	AIN DOUAR TOUTA	305,15	193,9	275
45	AIN BETIDJENE	305,75	194,1	276
46	AIN KRIRATE	307,35	189,2	276
47	AIN SIDI BELLIL	310	197,3	276
48	AIN EL ASSA	312,5	196,45	276

49	AIN AOUIDJA	316,9	192,65	276
50	AIN TEFRASSET	322,35	192	276
51	AIN MIKEBIB	322,8	190	276
52	AIN OUZEZER	315,45	191,25	276
53	AIN RHARABIA	235,1	167,5	303
54	AIN BEN DJEBIRA	266,95	180,65	304
55	AIN EL KERMOUD	266,6	179,4	304
56	AIN OUM SOUALEF	266,55	177,7	304
57	AIN ABID BELABENE	266,75	177,8	304
58	AIN TALEB	286,5	177,6	304
59	AIN AIN TEMESHOUN	273,6	180,25	304
60	AIN DECHRA	271,9	179,75	304
61	SOURCE POIRIER	272,1	178,6	304
62	AIN TAGOURARELT	273,4	178,55	304
63	AIN KERMA	272,95	176,5	304
64	AIN EL HALLOUF	246,35	180,5	304
65	AIN MOUSSA	255,5	180,7	304
66	AIN RAS EL MA	259,6	180,35	304
67	SOURCE EAU CHAUDE	265,95	176,2	304
68	SOURCE TAIDA	266,15	175,95	304
69	AIN EL SOLTANE	286,2	1773,3	304
70	AIN TOUTA	276,8	172,25	304
71	AIN ZOURAA	244,4	175,35	304
72	AIN KEBIRA	243,75	174,15	304
73	AIN MERDJA	246,95	174,85	304
74	AIN ELASSA	246,55	173,15	304
75	AIN EL GUETTAR	256,1	164,5	304

76	AIN MESSAOUD	266,05	169,95	304
77	AIN ASSGHARIT	266,2	168,65	304
78	SOURCE ROUDE	266,45	166,8	304
79	AIN ELHDJAR	266,8	165,1	304
80	AIN MEKNASSI	266,8	165,05	304
81	AIN TBOUDA	265,35	162,75	304
82	AIN BOURACHED	269,25	163	304
83	AIN ZERGA	275,1	175,75	305
84	AIN ELBAIDA	276,8	171,4	305
85	AOUINET TMEIDA	280,75	174,3	305
86	AIN SEBA	281,1	177,35	305
87	AIN BRAHIDA	282,7	176,8	305
88	AIN FOULAT	286,55	172,85	305
89	AIN EL HOUMA	291,65	164,25	306
90	AIN DEZ	313,4	166,35	331
91	AIN EL HADJAR	332,45	151,5	331
92	AIN CHEGARA	234,65	152	331
93	AIN BOUALOULA	239,65	154,3	333
94	AIN OULED MEDJENE	246,4	160,5	333
95	AIN TANAZERA	249,9	159,25	333
96	AIN NESSISSA	248,6	156,3	333
97	AIN TAMETIT	250,55	155,25	333
98	AIN NESSISSA	252,3	158,4	333
99	AIN OULED AISSA	252,3	158,7	333
100	AIN MEDLES	254,45	161	333
101	AIN SEFAH	257,8	159,9	333
102	AIN EL ABID	261,1	159,5	333

103	AIN TAOUZARA	281,9	154,9	334
104	AIN HEMAR	287,5	156,45	334
105	AIN OUZINA	304	159,65	334
106	AIN BEIDA	264,45	235,1	361
107	AIN TEDLES	232,6	142,95	363
108	AIN TEDES	232,5	141,3	363
109	AIN EL KORB	333,5	241,1	363
110	AOUINET EL MELLAH	329,3	138,7	363
111	AIN HAMIET ES SOUF	327,6	136,3	363
112	AIN SKHOUNA	329,9	135,5	363
113	AIN CHERQUIA	335,2	143	363



Carte des Sources d'eau dans la wilaya de Saïda

Figure 40: Carte des Sources dans la wilaya de Saïda.(MERIEM-ROKIA_2024)

V.2. Puits

Un puits est un procédé de captation des eaux d'une nappe Phréatique de moyenne profondeur (Bernard Rio, 2006).

Tableau 12: les puits de la wilaya de Saida

Commune	Dénomination	Nappe	X	Y	Z	Date mise en service	Profondeur	Débit Exploité	Type usage	Etat Puit	Qualité Eau
Rebahia	Hamam rabi						22	4	AEP	Exploité	BONNE
Youb	Hassi el Abed		226.800	189.350			20	1	AEP	Exploité	BONNE
Youb	Maata						18	1	AEP	Exploité	BONNE
Youb	S M'hamed						18	5	AEP	Exploité	BONNE
Youb	Zerrouki						16	2	AEP	Exploité	BONNE
Ain el hadjar	S M'ebarek		246.400	162.700			18	1	AEP	Exploité	BONNE
O/brahim	Balloul						18	2	AEP	Exploité	BONNE
O/brahim	Balloul						18	3	AEP	Exploité	BONNE
O/brahim	Balloul						20	2	AEP	Exploité	BONNE
O/brahim	Ras gurcif						16	2	AEP	Exploité	BONNE
O/brahim	Ouled Ali						20	3	AEP	Exploité	BONNE
Tircine	Tircine						19	1	AEP	Exploité	BONNE
Tircine	Taourouit						18	2	AEP	Exploité	BONNE
Tircine	Tagdoura						16	3	AEP	Exploité	BONNE
Ain Soltane	Ain Soltane						20	3	AEP	Exploité	BONNE
Ain Soltane	Sidi Mimoun		289.100	196.100			18	3	AEP	Exploité	BONNE
Ain Soltane	Guerroudj zahza h						17	2	AEP	Exploité	BONNE
Ain Soltane	Bouchikhi miloud						22	1	AEP	Exploité	BONNE

V.3. Fourage

Un tableau représentant le nombre des forages répartis sur 16 communes, qui existent environ de 131. Nous les avons dessinés sur la carte suivante afin de connaître leur localisation.

Tableau13 : des forages dans la wilaya de Saïda.

DAIRA	NOM DE FORAGE	Coordonnées	
		X	Y
SAIDA	C.D.T MEJDOUB	266.000	173.500
SAIDA	BORDJ	266.700	172.800
SAIDA	F48	266.800	178.400
SAIDA	F /STADE	269.600	253.200
SAIDA	Protection civile	266.400	175.800
SAIDA	Centre reeducation belkeir	267.400	172.950
Doui THABET	AIN EL BEIDA	251.700	184.400
DOUI THABET	AYATA II	254.700	275.500
DOUI THABET	FIDJEL	247.100	180.950
DOUI THABET	BENADOUANE	262.300	168.600
DOUI THABET	AYATA I	257.200	172.900
DOUI THABET	OULED AEK	253.500	180.580
YOUB	F49 F1	234.800	184.100
YOUB	DAOUD F2	234.500	187.900
YOUB	BERBOUR	243.000	176.500

YOUB	BOURICHE	238.000	191.000
YOUB	HASSI EL ABD	225.700	190.700
YOUB	SIDI DOUMA	229.800	176.800
YOUB	MAATA	242.500	187.500
YOUB	EL BEGGAR	235.200	169,40
OULED KHALED	F27	266.800	179.410
OULED KHALED	F62	267.000	179.700
OULED KHALED	F4	267.600	180.000
OULED KHALED	OULED AMRI	269.000	182.750
OULED KHALED	HAMMAM RABI	271.900	185.950
OULED KHALED	EL AIOUN	280.000	182.500
OULED KHALED	Graridj	277.900	178.300
OULED KHALED	AIN TGHAT	266.600	181.700
MOULEY LARBI	F63	245.600	152.900
MOULEY LARBI	OUM DOUD	250.500	136.200
MOULEY LARBI	M/LARBI	256.200	154.950
MOULEY LARBI	OUEDE FALETTE	254.900	145.000
MOULEY LARBI	OULED DJELLOUL	260.700	148.200
MOULEY LARBI	SARL AZZOUZ	250.950	434.500
MOULEY LARBI	EL GAADA	257.800	157.500
HOUNET	BRAHMA	234.200	203.800
HOUNET	AIN MRIGHIA	234.450	199.200
HOUNET	HOUNET	243,00	205,70
SIDI AMAR	DAALLIL	276.650	191.100
SIDI AMAR	SIDI MERZOUG	263,60	194,70
SIDI AMAR	SIDID AISSA	268.600	188.000
SIDI AMAR	OULED ZAID	261.600	188.200
SIDI AMAR	SFALA	270.800	187.850

SIDI BOUBEKEUR	NOUASSEUR	250.200	201.200
SIDI BOUBEKEUR	SIDI BOUBEKEUR	259.200	195.200
SIDI BOUBEKEUR	MOULEY TOUHAMI	247.500	193.900
SIDI BOUBEKEUR	TELL	255.950	200.550
SIDI BOUBEKEUR	SIDI BOUBEKEUR	259.200	195.200
SIDI BOUBEKEUR	OUIZERT	253.000	197.700
HASSASNA	TAMESNA	294.800	174.800
HASSASNA	NEDJAOUIA	283.000	148.800
HASSASNA	OUED CHIKH	277.800	166.900
HASSASNA	CHAIF	282.500	174.000
SIDI AHMED	FERME AISSANI	272.500	144.800
HASSASNA	TAGOURAYA	291.700	168.800
HASSASNA	BENTRIF	275.500	159.100
HASSASNA	TIGHIRINE	285.500	159.800
HASSASNA	OTHMANI	281.800	171.900
HASSASNA	HASSI EL GHOUTI	275.200	166.800
MAAMORA	SIDI GHIAT	295,90	151.600
MAAMORA	REJM EL OGAB	307.200	154.700
MAAMORA	EL MEKMENE	305.200	144.400
MAAMORA	SEBDOU		
MAAMORA	F1.SIDI YUCEF	306.200	167.800
HASSASNA	SNMC	284.200	168.800
HASSASNA	F 112	281.900	174.800
SKHOUNA	C3	327.000	131.000
SKHOUNA	C5	328.500	137.000
SKHOUNA	C2	330.000	135.500
SKHOUNA	C6	322.600	137.000
SKHOUNA	Lakraa	315.500	147.000

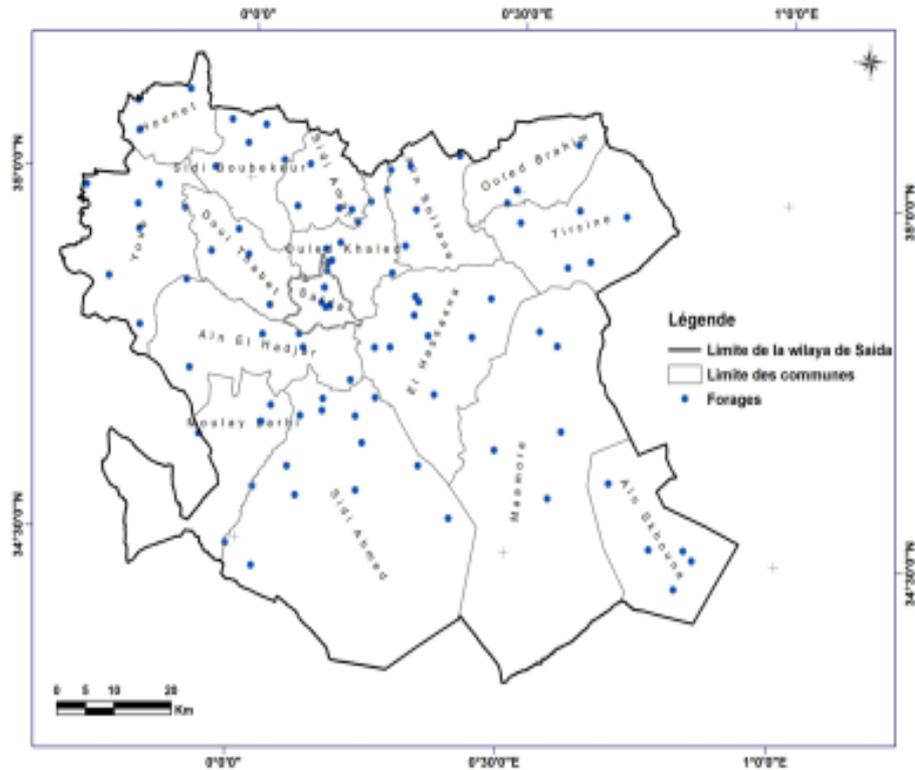
AIN EL HADJAR	ITGC	263.050	166.500
AIN EL HADJAR	F1.AIN EL HADJAR	271.200	161.700
AIN EL HADJAR	SIDI MBAREK	243.800	163.000
AIN EL HADJAR	AIN MANAA	256.100	168.400
SIDI AHMED	EL HAMRA	270.100	228.800
SIDI AHMED	CSD	266.500	156.900
SIDI AHMED	SIDI KHALFALLAH	272.200	156.200
SIDI AHMED	MORGHAD	288.400	140.900
SIDI AHMED	SFID	255.000	132.800
SIDI AHMED	TIMETLAS	262.200	143.800
SIDI AHMED	SIDI KHALED	273.400	152.100
SIDI AHMED	EL KELIA	262,80	156.000
OULED BRAHIM	KHOURICHFA	309.100	198.800
OULED BRAHIM	AIOUN BRANIS	303.200	170.000
OULED BRAHIM	BALLOUL II	297.100	189.550
OULED BRAHIM	BALLOUL III	299.500	186.600
OULED BRAHIM	BOUAMAR	298.700	191.600
TIRCINE	TOUAHRIA	317.500	188.000
TIRCINE	OUCIT	309.500	188.700
TIRCINE	TAOUROUIT	311.500	180.900
TIRCINE	TIRCINE	307.700	179.900
AIN SOLTANE	BOUCHIKHI MILOUD	277.250	194.100
AIN SOLTANE	AIN SOLTANE	281.700	188.100
AIN SOLTANE	KHELLIL MILOUD	274.000	189.200
AIN SOLTANE	GUERNIDA	280,600	194.750

prof	Débit	Type Usage	Etat du	Qualité Eau
(m)	exp (L/s)	AEP /AEI/IRR	FORAGE	
222	5	AEP	Exploite	Bonne
283.5	5	AEP	Exploite	Bonne
169,70	10	EI (Mise en bouteill	Exploite	Bonne
240	2	IRR	Exploite	Bonne
100	1	lutte contre incendie		Bonne
55	4	AEP	Exploite	Bonne
295	7	AEP	Exploite	Bonne
300				
200	5	AEP	Exploite	Bonne
250	7	AEP	Exploite	Bonne
130	7	AEP	Exploite	Bonne
235		AEP		Bonne
331.7	7	AEP	Exploite	Bonne
250	6		ARRET	eau impropre
250	5	AEP	Exploite	Bonne
300	20	AEP	Exploite	Bonne
400	8	AEP	Exploite	Bonne
120		AEP		Bonne
200		AEP		Bonne
220		AEP		Bonne
200	30	AEP/AEI	Exploite	Bonne
180	90	AEP/AEI	Exploite	Bonne
320	15	AEP	Exploite	Bonne
150		AEP	Exploite	Bonne

140		AEP		Bonne
75	5	AEP	Exploite	Bonne
250			Exploite	Bonne
428	3	AEP	Exploite	Bonne
303	10	AEP	Exploite	Bonne
203	12	AEP		Bonne
240		AEP		Bonne
180	12	AEP	Exploite	Bonne
250	5	AEP	Exploite	Bonne
200	15			Bonne
300	7	AEP	Exploite	Bonne
210				Bonne
350	13	AEP	Exploite	Bonne
190				
290	18	AEP	Exploite	Passable
313		Thermalisme		
103		AEP		Bonne
98				Mauvaise
400	7	AEP	Exploite	Bonne
150	10	AEP	Exploite	Bonne
350	15	AEP		Passable
160	5	AEP	Exploite	Bonne
400				
306	8	AEP	Exploite	Bonne
130	4	AEP	Exploite	Bonne

150	2	AEP	Exploite	Bonne
111	12	AEP	Exploite	Bonne
400	1			
250	4	AEP	Exploite	Bonne
150	7	AEP	Exploite	Bonne
230				
300				
350				
250				
283	11	AEP	Exploite	Bonne
253	3	AEP	Exploite	Bonne
321.5				
300				
250				
216	5	AEI	Exploite	BONNE
151,50	2	AEP	Exploite	BONNE
130	250	AEP		PASSABLE
120	250	AEP		PASSABLE
100		IRRIGATION		PASSABLE
100		IRRIGATION		PASSABLE
330	16	AEP ZRAGUET	Exploite	PASSABLE
145	30	AEP	Exploite	BONNE
240	17	AEP/AEI	Exploite	BONNE
5		a été réhabilité		
89	7		Exploite	BONNE
308		a été réhabilité		BONNE

200	10	AEI	Exploite	BONNE
190	9	AEP	Exploite	BONNE
135	15	AEP	Exploite	BONNE
230	10	AEP	Exploite	BONNE
210	10	AEP	Exploite	BONNE
205	8	AEP	Exploite	BONNE
330	2	AEP		BONNE
300	5	AEP	Exploite	BONNE
400	4	AEP	Exploite	BONNE
275				BONNE
353				BONNE
400	11	AEP	Exploite	BONNE
400	5	AEP	Exploite	BONNE
355				BONNE
352	8	AEP	Exploite	BONNE
300				
150	4	AEP	Exploite	BONNE
168	5	AEP	Exploite	BONNE
350				MEDIOCRE
200				



Carte des Forages dans la wilaya de Saïda

Figure 41: Carte de localisation des forages dans la wilaya de Saïda. (MERIEM-ROKIA_2024)

V.4. Plan d'eau

Un plan d'eau est une masse d'eau, plus ou moins permanente, qui peut être douce, salée ou saumâtre, souvent caractérisée par des courants qui ne suivent pas la pente du fond et une stratification thermique de la densité.

En la wilaya de Saïda en voir un grande plan d'eau qui existant en la nappe de Chott Chergui (sud-est) de la région d'étude.

étages géologiques restent largement méconnues. Les études réalisées pour évaluer les ressources en eau souterraines de la wilaya ont néanmoins identifié les unités hydrogéologiques suivantes :

V.6.1. La Nappe Karstique

Il est limité par la Plaine de Ghriss au nord, les Monts de Tiaret à l'est, les Monts de Daïa à l'ouest et le bassin du Chott Chergui au sud. Le Plateau de Saida renferme deux nappes aquifères d'intérêt hydrogéologique certain

La Plaine de Saida il s'agit d'une nappe karstique contenue dans les sédiments carbonatés du Jurassique inférieur et moyen. Ce réservoir karstique, souvent constitué de dolomies, présente un potentiel en eau d'environ 38,50 à 50 hm³/an, couvrant une superficie de 2246 km². La nappe karstique est libre, tandis que dans les compartiments effondrés de la vallée de Saida, elle est captive.

La vallée de l'Oued Saida il s'agit d'une nappe superficielle généralement libre, située dans les horizons supérieurs de la formation de Saida et les dépôts plio-quaternaires (sables argileux, argiles calcaires et conglomérats). D'une épaisseur de 10 à 15 mètres, cette nappe renferme un potentiel estimé à environ 5 hm³/an et couvre une superficie de 228 km².

V.6.2. la Nappe de Chott Chergui

Il s'agit d'une vaste étendue plate de 27 000 km², salée en surface et constamment humide. Il constitue la zone des points bas généralement à moins de 1000 m, d'un immense bassin hydrographique fermé d'environ 49 000 km² portant le même nom. Le Chott Chergui est limité au nord par les Monts de Saida et de Frenda, au sud par les Monts des Ksour, à l'est par le Djebel Amour et à l'ouest par le Chott El Gharbi.

V.6.3. La Nappe de Djebel Rémailia

est une avancée de la nappe qui est en grande partie contenue dans la wilaya de Sidi Bel Abbès, mais qui pénètre également dans le nord-ouest de la wilaya de Saida, dans la zone de Youb. Cette formation calcaire n'a pas fait l'objet d'études approfondies et mérite donc d'être mieux connue.

Conclusion générale

En conclusion, l'utilisation d'un Système d'Information Géographique (SIG) présente un apport considérable dans l'étude et la gestion des ressources en eau dans la wilaya de Saida. Grâce à ses fonctionnalités de collecte, de gestion, d'analyse et de visualisation des données géographiques, un SIG permet d'obtenir une meilleure compréhension de la situation et d'élaborer des stratégies de gestion plus efficaces et durables.

Le SIG facilite la collecte et la gestion des données géographiques liées à l'eau, ce qui permet d'avoir une base solide d'informations pour prendre des décisions éclairées. En combinant ces données avec d'autres sources d'informations pertinentes, le SIG permet d'effectuer des analyses spatiales approfondies, ce qui permet d'identifier les zones à risque de pénurie d'eau, d'évaluer l'efficacité des infrastructures existantes et de planifier de nouvelles infrastructures en fonction des besoins.

De plus, le SIG facilite la visualisation des données géographiques sous forme de cartes, ce qui permet une meilleure compréhension des informations. Les cartes produites par le SIG peuvent être utilisées pour repérer les tendances et les schémas, identifier les problèmes potentiels et communiquer les résultats de manière claire et concise.

Enfin, le SIG favorise la collaboration et la communication entre les différents acteurs impliqués dans la gestion de l'eau. Les cartes et les analyses produites par le SIG peuvent être partagées et discutées, ce qui facilite la prise de décision collective et améliore la communication avec les décideurs, les responsables locaux, les scientifiques, les agriculteurs et la société civile.

En somme, l'utilisation d'un SIG dans l'étude et la gestion des ressources en eau dans la wilaya de Saida permet d'optimiser les efforts de gestion, de favoriser une utilisation plus efficace des ressources en eau et de contribuer à une gestion plus durable de ces ressources précieuses.

- Alain. Maurel, Dessalement De L'eau De Mer Et Des Eaux Saumâtres, Edition Technique Et Documentation, 2011.
- Alexander Ducaux ,Guide De Mise En Place D'un Sig Pour La Gestion De L'éclairage Public Dans Les Communes Marocaines, ,2015.
- Alexander Ducaux ,Guide De Mise En Place D'un Sig Pour La Gestion De L'éclairage Public Dans Les Communes Marocaines, ,2015.
- Assouline Janine Et Samuel, Géopolitique De L'eau : Nature Et Enjeux, Ed Studyrama, France 2007.P55-58.
- Ateur Djamel."« Intégration des données multi-sources dans un Système d'Informations Géographiques (SIG) pour le diagnostic du milieu et l'aménagement hydro- agricole de la Région steppique ouest-algérienne »."thèse de doctorat 2019. Université Abdelhamid Ibn Badis De Mostaganem,
- B.Dussart, Limnologie, L'étude Des Eaux Continentales, 2ème Edition, Boubée 1992, P736.
- Belhadef Hacene. Islam ,2014 «Système D'information Pour L'aide A La Décision Spatiale Basé Sur Une Ontologie». Mémoire De Fin D'étude 18/06/2014.
- Belhadef Hacene. Islam ,2014: «Système D'information Pour L'aide A La Décision Spatiale Basé Sur Une Ontologie». Mémoire De Fin D'étude 18/06/2014.
- Benachour houcine : « Initiation Au Système D'information Géographique »2011
- Bouziani M. (2000). L'eau, De La Pénurie A La Maladie. Ed. Ibn Khaldoun. Algérie.195p.
- Brun A. Et Lasserre F., « Politique De L'eau : Grands Principes Et Réalités Locales », Presse De L'université Du Québec, 2006, P8.
- Communication Du Ministère Algérien Des Ressources En Eau, Genève, Janvier 2011.
- Degremont, « Mémento Technique De L'eau », Livre Pdf Page 21.32
- Dictionnaire De L'environnement», Dictionnaire Environnement, 2010.<https://Www.Dictionnaire Environnement.Com/Eau Useenontraitee Id 5307.Html> (Consulté Le Juin 14, 2020).
- Diop Salif& Rekeawicz Philippe, « Atlas Mondial De L'eau », Edition Autrement, Collection Atlas/Monde/Pn Ue, Paris, 2003, P 14.
- Djeflat Abdelkader, « Eau Et Technologie : Nouveaux Défis Pour Le Maghreb », Série Maghtech Eau Et Technologie Au Maghreb,Publisud, France, 2001, P 36.

- Dunglas J, Le Dessalement De L'eau De Mer, Une Nouvelle Méthode Pour Accroître La Ressource En Eau. Groupe Eau, Académie D'agriculture De France, 2014.
- - **Djamel, Anteur., Abdelkrim, B., Youcef, F., Djillali, B.** 2021. Zakour Forest fire risk map assessment in the commune of Mamounia (Mascara, Algeria) *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, Vol. 63 (1), 21–35.
- Edeline. (F). L'épuration Physicochimique Des Eaux Résiduaire. Théorie Et Technologie. Co-Edition cebedoc (1988).
- Esri, 07] [Http://Www.Esri.fr](http://www.esri.fr) Site Officiel Des Produits Esri France
- F.Bontoux, Introduction A L'étude Des Eaux Douces, Eaux Naturelles, Eaux Usées, 2ème Edition Cebedoc, Diffusion Lavoisier 1993, P170.
- Georges Didier Et Lirrico Xavier, « Automatique Pour La Gestion Des Ressources En Eau », Edition Lavoisier, Paris, 2002, P 17-18.
- Greco J, 1966: L'érosion. La défense Et La Restauration Des Sols. Le Reboisement En Algérie. Alger. 393p
- Hofwegen, P.J.M Van, Jaspers, F.G.W. (1999). Analytical framework For Integrated Water Resources Management : Guidelines For Assessment Of Institutional frameworks. (He Monograph). Deft, Pays-Bas, Ihe.
- Houci, 11 Benachour houci : « Initiation Au Système D'information Géographique » 2011
- [Http://Sigesbre.Brgm.fr/Qu-Est-Ce-Qu-Un-Aquifere.Htm](http://sigesbre.brgm.fr/qu-est-ce-qu-un-aquifere.htm).
- [Http://Www.Esri.fr](http://www.esri.fr) Site Officiel Des Produits Esri France
- [Http://Www.Green. Kiss.fr/Que Les Tlerole De Leau Dans Notre Environnement/Consulter Le 27/05/2019.](http://www.green.kiss.fr/que-les-terroirs-de-leau-dans-notre-environnement/)
- [Https://Www.Researchgate.Net](https://www.researchgate.net)).
- Khaled. Deffa. Mémoire master. Périmètres De Protection De La Nappe Alluviale De Oued Besekra. 2020".
- Le Post Archives « L'eau Estelle Un Bien Economique Comme Les Autres ? », Le Huffington Post Blogueosphere 2011. P 1. [Http://Www.Agoravox.Fr](http://www.agoravox.fr)
- Luis Berardo Borda : « Apports Des Systèmes D'information Géographique Et L'évaluation De La Qualité Des Eaux Côtières. Une Contribution A La Gestion Intégrée De La Zone Côtière Colombienne ». Thèse Pour L'obtention Du Grade De Docteur En Sciences Techniques 2003 Ecole Polytechnique Fédérale De Lausanne.
- Luis Berardo Borda : « Apports Des Systèmes D'information Géographique Et L'évaluation De La Qualité Des Eaux Côtières. Une Contribution A La Gestion Intégrée De La Zone Côtière

Colombienne ».Thèse Pour L'obtention Du Grade De Docteur En Sciences Techniques 2003 Ecole Polytechnique Fédérale De Lausanne.

- Marie Tsanga Tabi « L'eau : Marchandise Ou Bien Commun », <https://www.libération.fr> , Janvier 2017.
- Maurel Alain, « Dessalement De L'eau De Mer Et Des Eaux saumâtres Et Autres Procédés Non Conventionnels D'approvisionnement En Eau Douce », Edition Lavoisier, France, 2006, P 5.
- Mohamed Touate : « Système D'information Géographique (Sig) Et Télédétection Au Service Du Métier De L'eau »,2005.
- Mohamed Touate : « Système D'information Géographique (Sig) Et Télédétection Au Service Du Métier De L'eau »,2005.
- Narayan,L.,(1999).Remosensing And Itsapplication,India :Universitypress.
- Olivia Montero « Eau Du Robinet : 70% De La Pollution Provient De L'agriculture », <https://www.bioaddict.fr> . Mars 2012
- Programme Mondial Des Nations Unies «Rapport Mondial Des Nations Unies Sur La Mise En Valeur Des Ressources En Eau 2015 ». <http://www.unesco.org/water/wwap>
- Sahli, 1997 : Risques Et En Jeux Dans Les Agricultures Familiales Cas Des Zones Montagneuses ;Arides Et Semi-Arides ;Option Méditerrané En Nes ;Série N°12.1997.
- Sbabdji M, 1997 .Contribution A L'étude De La Perte De Croissance De Cedrusatlanticamanetti Suite Aux Attaques De La Processionnaire Du Pin Thaumetopoeapityacampaschiff. Mémoire De Magistère. Ina.Alger.
- Selhi S. Etsmail T. (2004).Analyse Physico-Chimique Des Eaux De Consommation De La Ville De Bejaia. Mémoire D'ingénieur. Université Abderrahmane Mira Bejaia. Spécialité Génie Des Procédés.93p.
- Site:
- Tabeaud M, 1998) : La Climatologie Général.Paris.955p
- Yacine Kouba, Cours De Système D'information Géographique, Hal Id : Cel01878296, 20 Sep 2018 P5.
- Yacine Kouba, Cours De Système D'information Géographique, Hal Id : Cel01878296, 20 Sep 2018 P5.