

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Dr. Tahar MOULAY – Saïda  
Faculté des Sciences  
N° : / DB / FS / UTM / 2014

ET

Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen  
Fac. Scie.de la vie et des Scie. Terre et de l'Univers  
N° : / DEE / FSNVTU / UABB / 2014

Département de Biologie



Département d'Ecologie  
et Environnement



## Mémoire

Présenté par : **REMMAS HICHEME**

Pour l'Obtention du Diplôme de :

**Master en Ecologie et Environnement**

**Filière:** Ecologie et Environnement

**Spécialité :** Ecologie et Environnement

## Thème

# **Contribution à l'étude et à la cartographie des zones sensibles à l'érosion hydrique du sous bassin versant de Oued Saïda**

Soutenu le : 19 /06 / 2014

**Devant le jury composé de :**

Président : Mr Terras Mohamed M.C.B Univ. Dr Tahar Moulay-Saïda  
Examineur : Mr Anteur Djamel M.A.A Univ. Dr Tahar Moulay-Saïda  
Examineur : Mr Menad Abdelkader M.A.A Univ. Dr Tahar Moulay-Saïda  
Encadreur : Mr Labani abdelrahman M.C.A Univ. Dr Tahar Moulay-Saïda

**Année universitaire 2013/2014**

## *Remerciements*

*Nous remercions le DIEU, le tout puissant de nous avoir accordé la santé et le courage pour accomplir se modeste travail.*

*Au terme de ce travail, Nous sommes reconnaissantes à notre encadreur Monsieur « LABANI ABDELRAHMAN » et nous lui offrons un grand respect et l'appréciation, et nous tenons à le remercier pour son aide, sa disponibilité de tous les instants pour ses orientations et ses précieux conseils qu'il nous a prodigués tout du long de notre travail de recherche.*

*Nos remerciements anticipés vont également aux membres du jury :*

*Monsieur le président « TERRAS MOHAMED » qui nous a fait l'honneur de présider notre jury de thèse*

*Monsieur « ANTEUR DJAMAL » et Monsieur « MENADE » pour nous avoir fait l'honneur de prendre part de notre jury de thèse.*

*Je tien par la même à remercie Me LABANI NORA pour son inestimable aide et soutien.*

*A la fin, on présente nos remerciements à tous les personnes qui ont rendu possible la présente étude qui ont contribué à son élaboration sous quelque forme que ce soit.*

*Dédicace :*

*JE dédie ce modeste travail à :*

*Ma très chère et douce mère, Mon très cher père à  
qui m'adresse au dieu les vœux les plus ardents pour  
la conservation de leur santé et de leur vie.*

*Pour mes chers frères*

*Pour ma chère sœur.*

*Pour mes très chers amis*

*a toutes la promotion de la 2 ème année master  
écologie végétal et environnement 2013-2014*

---

# TABLE DES MATIERES

---

## TABLE DES MATIERES

Dédicace

Remerciement

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des termes et sigles

### INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

### CHAPITRE I RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Généralités sur l'érosion ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2 facteurs de l'érosion hydrique..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.1. Le climat ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.2. Le sol : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.3. Couvert végétal ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.4. Facteur topographique..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.5. Facteur humain : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3. Différentes formes d'érosion : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3.1 L'érosion en nappe : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3-2 Erosion linéaire ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3-2 -1 Formes liés à l'érosion linéaire : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

A Les griffes ..... **Erreur ! Signet non défini.**

B. *Les sillons* : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

C. *Les rigoles*..... **Erreur ! Signet non défini.**

D *Les ravins*..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-3.3 Erosion en masse ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-3.3 .1 .Les formes d'érosion en masse..... **Erreur ! Signet non défini.**

A *Les glissements lents* ..... **Erreur ! Signet non défini.**

B *Les glissements rapides*..... **Erreur ! Signet non défini.**

C *Les versants moutonnés* ..... **Erreur ! Signet non défini.**

D *Les coulées boueuses* ..... **Erreur ! Signet non défini.**

---

# TABLE DES MATIERES

---

<i>E. Les glissements rotationnels en «coups de cuillère</i> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.3-4 érosion de berger.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>I.4 Mécanisme de l'érosion hydrique :</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I-4.1 Détachement : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.2 Transport : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.3 Dépôt : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>I.5. conséquence de l'érosion hydrique.....</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.1 L'envasement des barrages : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.2 Dégradation du bilan hydrique : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.3 Appauvrissement du sol : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.4 Autres conséquences : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>I.6 SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) :.</b>	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.6.1 Définition d'un SIG : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.6.2 Composantes d'un SIG : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.6.3 Les fonctionnalités d'un SIG : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.6.4 Utilisations des SIG pour la cartographie du risque d'érosion : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## CHAPITRE II CARACTERISTIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

<b>II.1. Cadre physique</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1.1. Situation géographique et administrative de Saïda .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1.2. Présentation du sous bassin versant de l'oued Saïda .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>II.2. Caractéristique physiographique</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1. Caractéristiques géométriques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1.1. Caractéristiques de forme .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
A. Surface.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
B. Périmètre.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
C. Forme.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1.2. Topographie .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1.3. Altitudes Caractéristiques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
A. Altitudes maximale et minimale.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
B. Altitude moyenne.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
C. Altitude médiane.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1.4. La pente .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

---

## TABLE DES MATIERES

---

A. La pente moyenne.....	Erreur ! Signet non défini.
B. Indice de pente globale $I_g$ .....	Erreur ! Signet non défini.
C. Indice de pente de Roche $I_p$ .....	Erreur ! Signet non défini.
E. Dénivelée spécifique ( $D_s$ ): .....	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2 Synthèse :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3- Situation géologique :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1. Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2 Stratigraphie.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2.1 Primaire.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2.2 Secondaire : .....	Erreur ! Signet non défini.
a / Le Trias :.....	Erreur ! Signet non défini.
b / Le Jurassique :.....	Erreur ! Signet non défini.
c / Le Plio-Quaternaire : .....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.3 Tectonique .....	Erreur ! Signet non défini.
Période.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4 Cadre hydrogéologique.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.1 Le Trias.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2 Le Bajo-Bathonien.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3 Le Callvo-Oxfordien.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.4Lusitanien .....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.5Le Kimméridgien.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.6 Plio-Quaternaire.....	Erreur ! Signet non défini.
II.5 Synthèse.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6. Etude socioéconomique :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.1. La population :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.2 L'élevage : .....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.3 AGRICULTURE : .....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.4 Synthèse :	
.....	
.....	Erreur ! Signet non défini.

## CHAPITRE III ETUDE CLIMATIQUE

III.1. étude climatique : .....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1 Les précipitations : .....	Erreur ! Signet non défini.
a/ Précipitation Mensuelles : .....	Erreur ! Signet non défini.

---

## TABLE DES MATIERES

---

b/. Précipitations saisonnières : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.2. Etude des températures : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.3 Le GEL : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.4 Evaporation : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.5 Les vents : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2. Synthèse climatique : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.1 Diagramme ombro-thermique .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.2 Indice d'aridité de De Martonne : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.3 Indice d'EMBERGER : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Synthèse de la première partie .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>CHAPITR IV CARTOGRAPHIE DES ZONE SENSIBLES A L'EROSION</b>	
IV.1 méthodologie.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.1.1. Couvert végétal : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
a/ Le couvert végétal permanent comprend : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
B/ Le couvert végétal temporaire comprend : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.1.2.Les pentes.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.1.3.La lithologie .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.2. Résultat : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.2.1.Carte de fragilité des terres.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.2.2.Carte de sensibilité des sols à l'érosion hydrique.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.3. Synthèse : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4 Types de protection proposées.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.1Mesures techniques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.1.1 Stabilisation des ravines .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.1.2. Amélioration des systèmes de production.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.2. Mesures biologiques.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.2.1.Reboisement.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.2.2. Plantations fruitières.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.3.Amélioration des parcours : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
CONCLUSION GENERAL .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Référence bibliographique .....	74

---

# TABLE DES MATIERES

---

---

### Conclusion

L'érosion hydrique dans le sous bassin versant de l'oued Saida résulte de la conjonction de différents facteurs : crédibilité des sols, érosivité des pluies, raideur du relief et faiblesse du couvert végétal. Les facteurs analysés à l'aide du SIG montrent bien la sensibilité du sous bassin versant de l'oued Saida à l'érosion. Cette sensibilité est particulièrement aggravée par le ruissellement provenant des versants l'étude réaliser a partir de SIG montrer que les zone fortement sensible a l'érosion représente 9.45% de la surface total soit 58.74 km<sup>2</sup> de la superficie total du sous bassin vessant de oued Saïda et les zone moyennement sensible représente 246.6 km<sup>2</sup> soit 39.85% de la surface de la zone d'étude donc les zone sensible a l'érosion représente presque 50% de la zone d'étude.

Cette érosion a des conséquences socioéconomiques et environnementales désastreuses. La prise de conscience de la nécessité d'une prise en charge de ce phénomène est ancienne. Cependant, les différentes stratégies adoptées ont montré leurs limites ; elles restent en deçà de l'ampleur du phénomène. Malgré les interventions techniques successives, les sols continuent à s'éroder et les barrages à s'envaser. La présente contribution permet de régler deux des aspects de l'amélioration de la gestion raisonnée et efficace du phénomène : la localisation des zones les plus fragiles et la détermination des zones nécessitant une action prioritaire. Par ailleurs, un certain nombre d'aménagements ont été proposés visant à la fois le développement rural et l'amélioration de la production grâce à une meilleure gestion de la biomasse et de la fertilité des sols par une diversification des espèces végétales. Il a été démontré que l'on pouvait intensive l'agriculture en montagne (augmenter les revenus des paysans) tout en améliorant l'environnement rural à condition que le problème soit abordé d'emblée avec les paysans dans le cadre d'un travail de planification participative sur leurs parcelles dispersées dans le paysage. Ainsi, l'ampleur du phénomène appelle une approche méthodique et une stratégie d'intervention tenant compte du facteur anthropique. L'homme se situe, en effet, au centre de toute action d'aménagement ou de mise en valeur dont il constitue à la fois l'indispensable artisan et le principal bénéficiaire. Dans ces conditions, il s'agit d'abandonner les approches top down dirigistes et technicistes et d'adopter une approche résolument participative. Celle-ci offre l'avantage d'intégrer pleinement le facteur anthropique en associant l'homme avec son savoir local, ses attentes et ses besoins. La période actuelle est caractérisée par la mise en œuvre du Plan national de développement agricole (PNDA). Les appuis multiformes apportés à ceux qui adaptent leurs systèmes de

## *CONCLUSION GENERAL*

---

production aux conditions du milieu physique et adoptent une approche participative, constituent autant de facteurs porteurs d'espoir.

### **Introduction générale :**

L'érosion hydrique constitue la principale cause de la dégradation du sol en plus de la détérioration de la qualité géochimique de l'eau qu'elle entraîne, elle n'est pas limitée à la région du Maghreb, en effet, ailleurs dans le monde, on note aussi que des terrains fertiles sont partiellement ou totalement dégradés à cause de ce phénomène, cédant la place à des terrains squelettiques complètement appauvris. En Amérique latine, l'érosion hydrique touche 14.3% du territoire d'Amérique du sud et 26% de l'Amérique centrale (UNITED NATION, 2002 ; in Yousef 2011). En Europe selon l'agence européenne pour l'environnement (AEE), le phénomène affecte approximativement 17% de la surface du territoire à différents degrés et s'observe localement, soit directement sous l'effet des activités humaines, soit indirectement suite aux changements climatiques (institut français de l'environnement, 2005 ; in Yousef 2011), en Afrique du nord, le phénomène de l'érosion hydrique est également très répandu à la majorité des bassins versants étant caractérisés par de fortes dégradations spécifiques dépassant 2000T/KM<sup>2</sup>/an ce qui entraîne un engorgement moyen annuel de retenues des barrages à raison de 125 millions de m<sup>3</sup> (REMINI W, ET REMINI B, 2003).

En Algérie, l'érosion hydrique en zones montagneuses, écosystèmes fragilisés par les épisodes de sécheresse et par l'activité anthropique, est un phénomène aux conséquences désastreuses pour les milieux en raison des nuisances qui lui sont associées.

L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays méditerranéens (BOU KHEIR ET ALI. 2001). Elle continue à prendre des proportions considérables, en particulier sur les pentes, à cause de la nature torrentielle des pluies, de la forte vulnérabilité des terrains (roches tendres, sols fragiles, pentes fortes et dégradation du couvert végétal) et de l'impact défavorable des activités humaines (déforestation, incendies, mauvaise conduite des travaux agricoles, urbanisme chaotique, surexploitation des carrières, etc.). D'après une étude de la FAO (1990), la situation continue à se détériorer : 45 % des terres en Algérie sont menacées par l'érosion hydrique.

En Algérie, les conditions physiques des sols, ainsi que celles géomorphologiques, hydro-climatiques, et socio-économiques, sont toutes favorables à l'accélération du processus de l'érosion. Les écarts climatiques interannuels et intersaisons, la fréquence des précipitations maximales instantanées ainsi que l'existence d'autres facteurs précisés antérieurement accélérant l'érosion, font que 85 % de la surface totale des terres cultivables est soumise à une dégradation élevée intéressant 6 millions d'hectares (SAIDI, 1991, in YLES, 2010).

En dépit de sa petite taille, la région étudiée est parfaitement représentative de l'évolution observée dans les bassins versant en Algérie, le sous bassin-versant de l'oued Saida est confronté à un grave problème de dégradation du sol, comme pratiquement toute la région du Tell occidental algérien. Ce problème provoque l'envasement du barrage d'Ouizert et affecte négativement l'agriculture locale en entraînant des pertes énormes en terres arables (YLES,2010)

Les conséquences socioéconomiques de ces pertes sont très importantes. Le sous bassin-versant de l'oued Saida présente une forte sensibilité à l'érosion hydrique, particulièrement linéaire

Ce processus érosif est provoqué par :

- Des pluies agressives et concentrées pendant de courtes périodes ;
- Une lithologie fragile, représentée par des roches souvent tendres ;
- Un relief escarpé et fortement disséqué, présentant souvent de fortes pentes ;
- Une couverture végétale profondément dégradée par l'homme

En effet, Le sous bassin versant de l'oued Saida caractérisé par un climat semi-aride. Des pluies irrégulières, le plus souvent à caractère orageux, combinées à une pression anthropozoogènes (déforestation, urbanisation, surpâturage) provoquent une érosion sévère. Selon l'Agence national des ressources hydriques, les apports solides (sédiments issus de l'érosion) sont estimés à **29 667 t/an**, les sédiments contribuent à l'envasement du barrage d'Ouizert.

D'une manier général l'état de dégradation de sous bassin versant de oued Saida nécessite une cartographie de la zone les plus vulnérable a l'érosion pour une meilleur intervention pour protège le sous bassin conter l'érosion du sol.

La télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) sont de plus en plus utilisés pour l'étude des phénomènes de surface et forment des outils essentiels dans les systèmes interactifs d'aide à la décision et opérationnels pour des opérations de gestion du risque (WACHAL AND HUDAK, 2000 ; SHRIMALIL ET ALI., 2001 ; LEE, 2004 ; BOU KHEIRET et ALI., 2006). L'exécution des mesures efficaces de conservation de sol doit d'abord être précédée par une évaluation dans l'espace du risque d'érosion (MOUSSA ET ALI. 2002 ; SOUCHERE ET al., 2005).

Pour estimer le taux ou l'état de l'érosion, plusieurs méthodes sont adoptées, dont les plus utilisées sont : l'équation universelle de perte de sol (WISCHMEIER and SMITH, 1978), sa version modifiée (Foster et al. 1996 ; in Bahija et al 2007) et la technique de prédiction de l'érosion hydrique (LAFLEN et Al., 1991). Le choix du modèle dépend de la variabilité de la surface du bassin, de la disponibilité des données ponctuelles et des données de précipitations (Bonn, 1998). Cependant, lorsque ces méthodes de calcul des pertes de sol, qui sont établies sur une base parcellaire, sont extrapolées à des échelles plus englobantes, il en résulte généralement certaines contraintes d'utilisation qui ne sont pas toujours respectées (CHAKROUN, 1993).

Depuis quelques années, les méthodes de calcul des pertes de sol sont associées aux SIG et à la télédétection. Il est vrai, qu'avec ces méthodes modernes, on découvre progressivement l'intérêt de la spatialisation des méthodes de calcul des pertes de sol, de la cartographie pour représenter les résultats des pertes de sol sur de grandes étendues et de la création de scénarios pour les interventions humaines sur le milieu (BONN, 1998).

Dans ce travail, nous proposons une approche méthodologie pour la cartographie des zones vulnérables à l'érosion hydrique, en se basant sur des données de terrain, des données de télédétection et des données topographiques.

En effet, Il s'agit d'abord de recueillir les données de base nécessaires à l'utilisation d'un système d'information géographique (SIG) permettant d'élaborer une série de cartes thématiques devant aboutir à l'élaboration de la carte des zones fortement ravinnées avec priorités d'intervention pour entreprendre les aménagements antiérosifs adéquats à travers un programme d'actions tenant compte de la diversité des situations. Enfin, nous insisterons sur l'aspect anthropique en précisant que ce travail d'aménagement n'aura d'efficacité que s'il s'inscrit dans le cadre d'une stratégie adaptée.

---

# TABLE DES MATIERES

---

## TABLE DES MATIERES

Dédicace

Remerciement

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des termes et sigles

### INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

### CHAPITRE I RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Généralités sur l'érosion ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2 facteurs de l'érosion hydrique..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.1. Le climat ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.2. Le sol : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.3. Couvert végétal ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.4. Facteur topographique..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.5. Facteur humain : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3. Différentes formes d'érosion : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3.1 L'érosion en nappe : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3-2 Erosion linéaire ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I.3-2 -1 Formes liés à l'érosion linéaire : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

A Les griffes ..... **Erreur ! Signet non défini.**

B. Les sillons : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

C. Les rigoles..... **Erreur ! Signet non défini.**

D Les ravins..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-3.3 Erosion en masse ..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-3.3 .1 .Les formes d'érosion en masse..... **Erreur ! Signet non défini.**

A Les glissements lents ..... **Erreur ! Signet non défini.**

B Les glissements rapides..... **Erreur ! Signet non défini.**

C Les versants moutonnés ..... **Erreur ! Signet non défini.**

D Les coulées boueuses ..... **Erreur ! Signet non défini.**

---

# TABLE DES MATIERES

---

<i>E. Les glissements rotationnels en «coups de cuillère</i> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.3-4 érosion de berger.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>I.4 Mécanisme de l'érosion hydrique :</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I-4.1 Détachement : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.2 Transport : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.4.3 Dépôt : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>I.5. conséquence de l'érosion hydrique</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.1 L'envasement des barrages : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.2 Dégradation du bilan hydrique : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.3 Appauvrissement du sol : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.5.4 Autres conséquences : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>I.6 SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) :</b> ..	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.6.1 Définition d'un SIG : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.6.2 Composantes d'un SIG : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.6.3 Les fonctionnalités d'un SIG : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.6.4 Utilisations des SIG pour la cartographie du risque d'érosion : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

## CHAPITRE II CARACTERISTIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

<b>II.1. Cadre physique</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1.1. Situation géographique et administrative de Saïda .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.1.2. Présentation du sous bassin versant de l'oued Saïda .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>II.2. Caractéristique physiographique</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1. Caractéristiques géométriques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1.1. Caractéristiques de forme .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
A. Surface.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
B. Périmètre.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
C. Forme.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1.2. Topographie .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1.3. Altitudes Caractéristiques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
A. Altitudes maximale et minimale.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
B. Altitude moyenne.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
C. Altitude médiane.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
II.2.1.4. La pente .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

---

# TABLE DES MATIERES

---

A. La pente moyenne.....	Erreur ! Signet non défini.
B. Indice de pente globale $I_g$ .....	Erreur ! Signet non défini.
C. Indice de pente de Roche $I_p$ .....	Erreur ! Signet non défini.
E. Dénivelée spécifique ( $D_s$ ): .....	Erreur ! Signet non défini.
II.2.2 Synthèse :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3- Situation géologique :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1. Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2 Stratigraphie.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2.1 Primaire.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2.2 Secondaire : .....	Erreur ! Signet non défini.
a / Le Trias :.....	Erreur ! Signet non défini.
b / Le Jurassique :.....	Erreur ! Signet non défini.
c / Le Plio-Quaternaire : .....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.3 Tectonique .....	Erreur ! Signet non défini.
Période.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4 Cadre hydrogéologique.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.1 Le Trias.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2 Le Bajo-Bathonien.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3 Le Callvo-Oxfordien.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.4Lusitanien .....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.5Le Kimméridgien.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.6 Plio-Quaternaire.....	Erreur ! Signet non défini.
II.5 Synthèse.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6. Etude socioéconomique :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.1. La population :.....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.2 L'élevage : .....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.3 AGRICULTURE : .....	Erreur ! Signet non défini.
II.6.4 Synthèse :	
.....	
.....	Erreur ! Signet non défini.

## CHAPITRE III ETUDE CLIMATIQUE

III.1. étude climatique : .....	Erreur ! Signet non défini.
III.1.1 Les précipitations : .....	Erreur ! Signet non défini.
a/ Précipitation Mensuelles : .....	Erreur ! Signet non défini.

---

## TABLE DES MATIERES

---

b/. Précipitations saisonnières : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.2. Etude des températures : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.3 Le GEL : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.4 Evaporation : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.1.5 Les vents : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2. Synthèse climatique : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.1 Diagramme ombro-thermique .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.2 Indice d'aridité de De Martonne : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.2.3 Indice d'EMBERGER : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Synthèse de la première partie .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>CHAPITR IV CARTOGRAPHIE DES ZONE SENSIBLES A L'EROSION</b>	
IV.1 méthodologie.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.1.1. Couvert végétal : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
a/ Le couvert végétal permanent comprend : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
B/ Le couvert végétal temporaire comprend : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.1.2.Les pentes.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.1.3.La lithologie .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.2. Résultat : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.2.1.Carte de fragilité des terres.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.2.2.Carte de sensibilité des sols à l'érosion hydrique.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.3. Synthèse : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4 Types de protection proposées.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.1Mesures techniques .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.1.1 Stabilisation des ravines .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.1.2. Amélioration des systèmes de production.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.2. Mesures biologiques.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.2.1.Reboisement.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.2.2. Plantations fruitières.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
IV.4.3.Amélioration des parcours : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
CONCLUSION GENERAL .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Référence bibliographique .....	74

---

# TABLE DES MATIERES

---

---

## **Synthèse de la première partie**

Le diagnostic écologique du sous bassin versant a révélé que la région est marquée par:

- Une situation socioéconomique dominée par l'agriculture et l'élevage comme principal « moteur » économique de la région et où la population est complètement rurale avec une densité parmi les plus élevées de la wilaya de Saida, ce qui explique la pression à laquelle sont soumises les ressources édaphiques.
- Une occupation des sols caractérisée par l'extension des grandes cultures et une grande pression anthropique sur son milieu naturel (pâturage direct dans les forêts, etc.).
- Une structure lithologique caractérisée par des affleurements de roches plastiques et cohérentes et une structure marneuse de la majorité des sols de la région.
- Une structure topographique très accidentée présentant un relief fort.
- Un climat semi-aride contrasté avec des hivers froids et des étés chauds et secs, marqués par des périodes de sécheresse et précipitations orageuses en automne qui se traduisent par des ruissellements très agressifs.
- Une situation hydrologique alarmante où l'aridité est très marquée surtout pendant l'été, période où les eaux deviennent rares et très précieuses.
- Une mauvaise gestion des ressources en sols caractérisée par une inadéquation entre les potentialités et l'occupation des sols

Ce diagnostic a pu mettre en évidence que la présence de tous ces facteurs du milieu de la région de la vallée de Saida rend la situation favorable à l'accélération du phénomène de la dynamique érosive et confère une grande fragilité aux ressources édaphiques de la région. Afin de remédier relativement à cette situation et sauvegarder les ressources naturelles (sols, etc.), une stratégie intégrée de conservation des eaux et des sols a sans doute un grand rôle et permet de :

- Maintenir les sols, améliorer leur fertilité et leur productivité;
- Réduire l'agressivité des précipitations et des eaux des ruissellements en diminuant leurs forces érosives et en favorisant leur infiltration;
- Améliorer le bilan hydrique;
- Maintenir les sédiments en amont du bassin versant et minimiser ainsi l'envasement et le colmatage des infrastructures hydrauliques du barrage d'Ouzert;
- Améliorer la situation socioéconomique et environnementale de la région;
- et enfin assurer une gestion durable des ressources naturelles, notamment des sols

## **I.1 Généralités sur l'érosion :**

L'érosion est l'ensemble des actions chimiques, physiques et organiques qui aboutissent à la destruction des roches et au nivellement progressif du sol. C'est essentiellement l'usure superficielle de l'écorce terrestre. L'eau et le vent sont les principaux agents (GRECO, 1966).

Les agents de l'érosion sont l'eau et le vent, chacun provoquant une perte importante de sol chaque année. L'érosion peut être un processus lent et insoupçonné ou encore il peut prendre des proportions alarmantes, entraînant une perte énorme de sol arable. L'érosion du sol peut engendrer une réduction du potentiel de production et de la qualité de l'eau de surface.

Le climat, la lithologie, le sol, la pente, le couvert végétal et les techniques culturales sont les facteurs qui régissent l'érosion du sol (ROOSE et SARRAILH, 1990, IN AOUADJ.S ET GASEM.A 2009). Les causes de la dégradation du milieu naturel sont variées et l'importance de chaque facteur diffère d'un domaine à un autre (AMIRECHE, 1984 ; IN AOUADJ.S ET GASEM.A 2009)

## **I.2 facteurs de l'érosion hydrique :**

### **I.2.1. Le climat :**

Le climat est un facteur important qui conditionne d'une façon directe le mécanisme de l'érosion, en plus de l'influence du vent et de la température, la pluie représente le facteur climatique le plus déterminant de l'érosion hydrique.

L'intensité des pluies doit être considérée lors d'évaluation du problème de l'érosion hydrique, l'impact des gouttes de pluie peut briser les agrégats et disperser les particules de sol. Les particules les plus fines, limons, argiles et la matière organique peuvent facilement être emportées lors de l'éclaboussement des gouttes et par le ruissellement ; des gouttes de pluies plus fortes (dissipant plus d'énergie) et un plus grand ruissellement seront nécessaires pour déplacer les plus grosses particules de sable et de gravier.

L'éclaboussement du sol par les gouttes de pluie est habituellement le plus fort et le plus évident lors des orages de courte durée et de grande intensité, même si l'érosion causée par des pluies de faible intensité et de longue durée n'est pas aussi spectaculaire ni aussi visible que celle produite par les orages, la perte de sol occasionnée peut être significative après un certain temps.

Le ruissellement se produit lorsque l'eau sur une pente ne peut pas s'infiltrer assez vite dans le sol ou peut être interceptée par des obstacles naturels.

### **I.2.2. Le sol :**

Les sols influent sur les processus de ruissellement et d'érosion essentiellement par leurs propriétés hydrodynamique et structurales. L'infiltrabilité d'un sol donné dépend de la succession et les caractéristiques physiques des horizons qui le constituent. D'une manière générale plus le sol présente une succession d'horizons aux caractéristiques physiques contrastées, avec de faibles conductivités hydrauliques et de faible capacité de rétention en eau, plus l'infiltration sera limitée (BENCHAOUI ET AL., 2006 ; IN AOUADJ.S ET GASEM.A 2009) L'érodabilité d'un sol est sa résistance en tant que matériaux plus au moins cohérent à deux sources d'énergie d'une part la battance des gouttes de pluie à la surface du sol et d'autre part le cisaillement du ruissellement entre les mottes dans les griffes ou les rigoles.

Lorsque les matériaux terreux sont plus fins se développe une forte cohésion par simple frottement entre la surface des argiles. Elle devient faible lorsque les matériaux sont plus grossiers ils deviennent de plus en plus lourds et par conséquent plus difficiles à transporter.

### **I.2.3. Couvert végétal :**

Pour arrêter l'érosion, un couvert végétal est d'autant plus efficace qu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, qu'il recouvre une forte proportion du sol durant des périodes où les pluies sont les plus agressives de l'année, qu'il ralentit l'écoulement, il est difficile d'évoquer l'action protectrice d'un couvert végétal sans préciser les techniques culturales au sens le plus large.

Parmi les facteurs conditionnels de l'érosion, le couvert végétal est certainement le facteur le plus important. Il faut encore ajouter le rôle frein joué par les racines et surtout par les litières sur les nappes ruisselantes. En diminuant la vitesse de ruissellement on augmente le temps d'infiltration et aussi son volume. Ce freinage par les végétaux est cependant plus efficace sur le piégeage de la charge solide que sur la réduction du volume ruisselé (BENABDELI et SITAYEB, 2007, IN AOUADJ.S ET GASEM.A 2009)

Quelle que soit la pente, les techniques culturales, la fragilité du sol et l'agressivité climatique un couvert végétal complet assure une excellente conservation de l'eau et du sol son influence

prime sur celle de tous les autres facteurs. C'est donc aux méthodes biologiques favorisant ce couvert qu'il faut s'adresser en priorité pour assurer l'économie de l'eau, améliorer l'infiltration et la production et évidemment, la conservation du sol.

#### **I.2.4. Facteur topographique :**

La pente influence puissamment l'importance de l'érosion, mais l'existence d'érosion et de ruissellement intense sur des pentes douces indique par contre qu'il n'est pas besoin d'une forte pente pour déclencher ce phénomène : l'action pluviale suffit. (FAUCK, 1960 ; FOURNIER, 1967 ; in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009).

La pente intervient dans les phénomènes d'érosion du fait de sa forme, de son inclinaison et de sa longueur. Le facteur de la forme est trop souvent négligé ce qui explique pour une large part la divergence des résultats trouvés par d'autres auteurs. En effet, à mesure que les parcelles d'érosion vieillissent et sont soumises à une forte érosion, elles deviennent de plus en plus concaves puisque la base de la parcelle reste fixe (canal de ruissellement) et que le centre s'érode plus vite que le haut. D'où la nécessité de réajuster chaque année la pente des parcelles pour ne pas fausser les résultats par défaut (ARABI et ROOSE, 1989 ; in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009)

Lorsque l'inclinaison de la pente augmente, l'énergie cinétique des pluies reste constante mais le transport s'accélère vers le bas car l'énergie cinétique du ruissellement augmente et l'emporte sur l'énergie cinétique des pluies sur des pentes de 15%.(MERZOUK et al, 2000 ;in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009) ont montré que les pentes en terre croissent de façon exponentielle avec l'inclinaison de la pente.

En théorie, plus la pente est longue, plus le ruissellement s'accumule prend de la vitesse et acquiert une énergie propre qui se traduit par une érosion en rigoles puis en ravines plus importantes (NAHAL et TOUHRI, 2001, in DAHMANI 2012).

#### **I.2.5. Facteur humain :**

L'érosion est devenue essentiellement une conséquence directe de l'activité humaine qui représente maintenant le principal facteur de la dégradation des sols (Fig.I.1). L'homme peut être à l'origine du déclenchement et de l'accélération de l'érosion par ses actions de défrichement des forêts(Fig.I.2), incendies et surpâturages et pratiques culturales. De plus, les aménagements routiers et urbains, en augmentant les surfaces imperméables, exacerbent les

inondations, favorisent le ruissellement et donc constituent un facteur d'entraînement du sol (YVIO, 2010, in YOUSSEF 2011).

L'explication anthropique est souvent invoquée pour interpréter l'état dégradé du milieu et l'exagération actuelle des phénomènes érosifs des postulats sont avancés faisant état d'un rythme d'évolution rapide, ou catastrophique.

En milieu méditerranéen l'espace subit de fortes pressions de la part de l'homme notamment dans les zones montagneuse (PRASUHN et GRUENIG, 2001, in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009).

Les aspects socio-économiques et l'effet des pratiques culturelles ont un grand impact sur l'érosion et la conservation des sols. Les enquêtes ont révélé que la densité de certain bassins versants est trop élevés pour un système de production très extensif (100 habitants/ha de SAU)(PRASUHN et MOHNI,2003, ;in AOUADJ.S ET GASEM.A 2009) ces fortes densité localisées s'explique par la relative richesses des potentialité de ses bassins . La densité joue un rôle non négligeable sur l'érosion par la masse humaine qui doit tirer sa subsistance d'un terroir dont l'exigüité et les lacunes sont évidentes.

A ce sujet BENABDELI (1998) note que la mauvaise occupation du sol et le choix des cultures se traduit par une érosion des terrains en pente évaluée entre 10 et 16 m /ha/an soit l'équivalent de 30 à 65000 ha de terres arables plus de 13 million d'hectares (soit 45 pourcent de la zone tellienne) de terre agricoles sont menacées par l'érosion de notre pays. Quatre millions sont déjà à un stade assez avances seuls 1 millions d'hectare a été traité depuis l'indépendance.

La nécessité de produire plus sans intensifier a poussé les paysans à cultiver de grandes surfaces dans des zones de plus en plus fragiles. Le paysan a une stratégie basée sur le cout terme qui se conçoit aisément lorsque l'on considère ses conditions de vie. Le souci d'en tirer le plus vite possible de revenus sans investissement contraste avec le souci de la préservation et de l'adaptation des modes d'exploitation des ressources plus adéquats (CALVET, 2003,).

Les sols labourés son mis à nus au début de la saison pluvieuse et sont livrés à l'agressivité des pluies, surtout ceux des pentes qui sont continuellement érodées par les eaux de ruissellement. Le travail du sol ressenti parfois comme un moyen efficace contre l'érosion

La vigne et l'arboriculture sont des cultures influant positivement sur la préservation et la valorisation des terres, non seulement par les profits attendus et la couverture qu'elles

procurent au sol, mais aussi par les soins dont les parcelles plantées font l'objet et aussi par les cultures intercalaires qui améliorent beaucoup le recouvrement du sol surtout pendant lequel le couvert des arbres est quasi-nul (CALVET, 2003).



Fig.I.1 : photo représente certain pratique agricole qui favorise l'érosion hydrique(REMMAS ET LATRECH, 2014)



Fig.I.2 : photo représente l'action de l'homme par le défrichement du foret (REMMAS ET LATRECH, 2014)

### **I.3. Différentes formes d'érosion :**

#### **I.3.1 L'érosion en nappe :**

Elle se traduit par un appauvrissement de l'horizon humifère (blanchissement du sol). L'écoulement et le transport des particules s'effectuent sur toute la surface. Son action reste néanmoins faible et ne fait que décaper le sol de façon sensiblement uniforme. Les horizons supérieurs qui sont en général de couleur foncée sont érodés les premiers, les horizons inférieurs plus clairs, apparaissent en surface.

#### **I.3.2 Erosion linéaire :**

Lorsque l'intensité des pluies dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol, il se forme d'abord des flaques ; ensuite ces flaques communiquent par des filets d'eau et lorsque ces filets d'eau vont atteindre une certaine vitesse de 25 cm par seconde d'après Hjulström (1935), ils acquièrent une énergie propre qui va créer une érosion limitée dans l'espace par des lignes d'écoulement. Cette énergie n'est plus dispersée sur l'ensemble de la surface du sol, mais elle se concentre sur des lignes de plus forte pente. L'érosion linéaire est donc un indice que le ruissellement s'est organisé, qu'il a pris de la vitesse et acquis une énergie cinétique capable d'entailler le sol et d'emporter des particules de plus en plus grosses : non seulement des argiles et des limons comme l'érosion en nappe sélective, mais des graviers ou des cailloux et des blocs lorsqu'il sera organisé en ravines. Le traitement de l'érosion linéaire fait l'objet de manuels très documentés (HUDSON, 1973; GRAY ET LEISER, 1982; CEMAGREF, 1982,1988; GEYIK, 1986; HEUSCH, 1988) et de très nombreux articles spécialisés (BOIFFIN ET AL., 1986; WATSON ET AL., 1986; GOVERS ET AL., 1987; LAFLEN, 1987; MEUNIER, 1989; POESEN, 1989; DEYMIER ET COMBES, 1992).

##### **I.3.2.1 Formes liés à l'érosion linéaire :**

Plusieurs systèmes érosifs se manifestent selon l'état de surface, la morphologie des sols et l'intensité des pluies. Un sol ameubli soumis à une pluie intense donne de l'érosion diffuse (Le Bissonnais, 1996) Un sol déjà battu émet un ruissellement peu chargé qui produit de l'érosion linéaire. Sur les parcelles cultivées, le ruissellement concentré donne naissance à des formes de taille modeste qui se creusent généralement lorsque le sol est dépourvu de végétation. La terminologie est basée soit sur la profondeur des chenaux, soit sur la comparaison des profils des chenaux avec le terrain avoisinant. On distingue ainsi les griffes, rigoles et les ravineaux qui ne sont pas comblés par les agriculteurs avant la récolte.

**A .Les griffes :**

Sont des micros formes éphémères qui entaillent les microreliefs formés par les lignes de semis (Fig. I-3) : leur profondeur est inférieure au lit de semence, leur largeur n'excède guère 10 cm (Tab.I.1) et leur longueur ne dépasse le mètre que lorsqu'elles s'allongent parallèlement aux rangs et aux inters rangs. Elles correspondent le plus souvent à des bandes en dépression plus ou moins marquée, créées par les empreintes de roues ou le modelé de surface laissée par les outils de travail. Elles ont donc toujours un caractère périodique. En fait, elles ne représentent vraisemblablement, et malgré leur caractère diffus qu'une part modeste de l'ensemble des pertes en terre globales (BOIFFIN ET AL., 1986, in YOUSSEF 2011) même si leur évaluation est négligée car difficilement quantifiable.



Fig I-3 : photo représente l'érosion en griffes (Djbele sidi ahmad zagai wilaya de saida)

**B. Les sillons :**

Sont des formes stables, rectilignes parallèles les unes aux autres dans le sens de la pente et qui présentent des profils en long identiques à celui du versant (figI-4). Ces incisions ont une profondeur qui s'adapte au volume d'eau à écouler, sans toutefois excéder une profondeur de 10 cm. Toujours plus larges (de 5 à 70 cm) que profondes (3 à 10 cm) (Tab.I.1), (HEUSCH, 1988, IN YOUSSEF 2011).



figI-4 photo représentative des petits sillons parallèles d'environ 10 cm de profondeur (REMMAS ET LATRECH, 2014)

**C. Les rigoles :**

Sont prolongées à l'aval par les ravines dont la profondeur atteint la semelle de labour et qui sont trouvées dans les régions de grande culture, en général localisées dans les zones de concentration du ruissellement, c'est à dire dans des dépressions ou des talwegs, même faiblement marqués. Leur tracé s'adapte à la topographie et le profil transversal présente la forme d'un U dans les sables. Fig I-5 (LE BISSONNAIS, 1996).



Fig I-5 Photo représentative de rigol (Ain Tebouda wilaya de Saida)

**D.Les ravins :**

Dont la profondeur peut atteindre deux mètres. Ces deux dernières formes ne sont pas toujours comblées par le travail du sol effectué par l'agriculteur alors que les griffures peuvent être effacées par une simple pluie. Cette érosion par ruissellement concentré ou érosion de talweg peut se produire même dans des régions à faible pente (de l'ordre de 1% dans les talwegs et 2% sur les versants qui les alimentent) et pour des épisodes pluvieux de faible intensité (Souchère, 1995 ; in Dahmani.A 2012). Fig I-6



**Fig I-6** Photo érosion par ravinement (REMMAS ET LATRECHE 2014)

**Tableau I-1** : les formes d'incision dues à l'érosion chronique (Boiffin et al., 1986 ; in yousef 2011)

Forme	Tracé	Langueur	Largeur	Profondeur
Griffe	Sinueux	< 1m	<10cm	5-6 cm
Rill	Rectiligne	Centaine de m	10–20 cm	5-10 cm
Rigole	Sinueux	Dizaine de m	5-70 cm	3-10 cm
Ravine	Peu sinueux	Centaine de m	50 cm a 1 m	30-50 cm
Petit ravin	Peu sinueux	Centaine de m	50 cm a 1 m	50-200c m

A l'échelle d'un bassin-versant, toutes les formes d'érosion peuvent se combiner. Le ruissellement, à l'origine d'une érosion diffuse peut provoquer quelques mètres plus loin une érosion de type rigole inter-rigole puis, après concentration entraîner l'érosion du talweg. En

outre, il existe des synergies entre les différents systèmes érosifs. Ainsi, un réseau de rigoles initialement constitué dans le paysage par l'érosion concentrée facilite l'exportation ultérieure des eaux chargées issues de l'érosion diffuse. PAPY (1992) émet l'hypothèse qu'un réseau de rigole, même partiellement effacé par les façons culturales, continue de faciliter les exportations d'eau boueuse hors du territoire agricole. La localisation des formes d'érosion et d'accumulation ne se fait jamais de façon aléatoire. On ne rencontre jamais de ravineaux sur les prairies, par contre, les atterrissements débordent fréquemment sur ces dernières. Les dommages importants ne concernent que les secteurs pentus mais c'est plus la microtopographie que les fortes pentes qui conditionne les dégâts.

### **I.3.3 Erosion en masse**

Alors que l'érosion en nappe s'attaque à la surface du sol, le ravinement aux lignes de drainage du versant, les mouvements de masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique. Nous ne présenterons ici que les principes généraux de prévention et de lutte contre les mouvements de masse à portée des paysans. Nous pensons que seul l'état dispose des moyens techniques, financiers et légaux, pour maîtriser les problèmes de glissement de terrain, souvent catastrophiques, et pour imposer des restrictions d'usage aux terres soumises à des risques majeurs de mouvement de masse.

#### **I.3.3 .1 .Les formes d'érosion en masse :**

Les phénomènes de mouvement de masse sont très nombreux mais on peut les regrouper en six groupes principaux :

##### **A .Les glissements lents :**

C'est un glissement plus ou moins lent des couches superficielles de la couverture pédologique, généralement sans décollement, qui s'observe assez généralement sur les pentes fortes grâce à la forme couchée des jeunes plants forestiers et à la forme en crosse de la base des arbres adultes. Dans les zones sylvopastorales ; la circulation des animaux le long des versants peut également entraîner la formation d'escaliers encadrés par des réseaux de fissures (MOEYERSONS, 1989, in 2011 YOUSSEF).

##### **B.Les glissements rapides :**

Les glissements de terrain en planches sont des décollements d'une couche plus ou moins épaisse de sol, glissant sur un horizon plus compact (souvent de la roche altérée), servant de

plan de glissement. Ce phénomène est très courant sur les schistes dont le pendage est parallèle à la topographie (pendage conforme) sur les gneiss et sur les marnes en voie d'altération.

**C. Les versants moutonnés :**

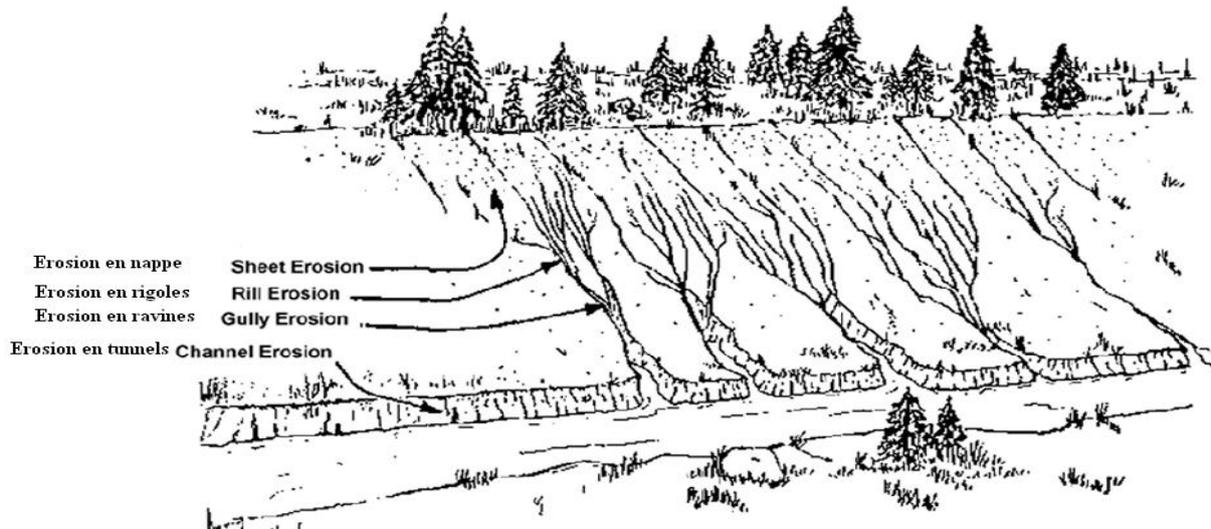
Formes molles apparaissant dans des conditions humides lorsque les horizons superficiels dépassent le point de plasticité et progressent lentement, comme une pâte dentifrice, entre la trame de racines qui retient l'horizon de surface et l'horizon compact imperméable que représente l'altérité des marnes ou des argilites par exemple.

**D. Les coulées boueuses :**

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité ayant dépassé le point de liquidité et qui emportent à grande vitesse des masses considérables de boue et de blocs de roches de taille imposante. Lorsqu'elles viennent de se produire, elles se présentent sous forme d'un canal terminé par une langue de matériaux de texture très hétérogène (cône de déjection). Les matériaux fins sont repris ultérieurement par l'érosion hydrique en nappe ou en rigole, laissant en place une masse de cailloux et de blocs de taille très hétérogène. Elles apparaissent souvent à la suite d'un glissement en planche ou dans une ravine lors d'une averse exceptionnelle nettoyant les altérites accumulées depuis quelques années (RAPP, 1972, in Dahmani 2012).

**E. Les glissements rotationnels en «coups de cuillère» :**

Ce sont des glissements où la surface du sol et une partie de la masse glissent en faisant une rotation, de telle sorte qu'il apparaît une contrepente sur le versant. Il s'agit souvent de toute une série de coups de cuillère, laissant au paysage un aspect moutonné. Au creux du coup de cuillère, on observe généralement une zone humide où croît une végétation adaptée à l'hydromorphie. Il arrive couramment qu'après des périodes très humides, il s'installe un ruissellement sur les bords de la contrepente et ce ravinement fait progressivement disparaître la contrepente, ne laissant qu'un creux dans le versant qu'il est difficile de dissocier d'un ravinement ordinaire.



**Fig I-7** : image représente les différents types de l'érosion (1)

### I.3-4 érosion de berger

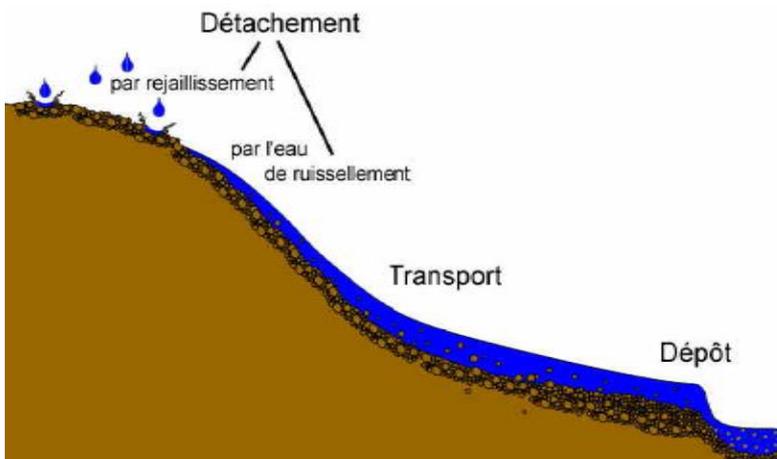
Phénomène naturel, généralement provoqué par le courant, participant au transport de la charge solide et à la recharge sédimentaire du cours d'eau . Les érosions de berges sont à l'origine des migrations de méandres, et garantissent le fonctionnement dynamique du cours d'eau (Fig I-7 ). Il existe cependant des érosions de berge d'origine non naturelle : piétinement de la rive par le bétail (affaiblie la berge et supprime la végétation), plantation non adaptée en rive (résineux et peupliers), terriers de ragondins et écrevisses exotiques. Ces érosions de berges d'origine non naturelles ont un impact grave sur le fonctionnement du cours d'eau quand il s'agit de linéaires importants.(2)



**Fig I-8** : érosion du berger oued Saida (2013)

## I.4 Mécanisme de l'érosion hydrique :

L'érosion hydrique résulte de divers processus que sont le détachement, le transport et le dépôt ou la sédimentation. (Fig.I.9)



**Figure I-9 :** Mécanisme de l'érosion hydrique(1)

### I-4.1 Détachement :

Le détachement des particules se produit à la surface du sol lorsque, sous l'action des gouttes de pluie, des agrégats s'éclaboussent ou lorsque la force de cisaillement du ruissellement devient supérieure à la résistance au détachement du sol (LTHE, 2007 in 1).

#### **Impact de gouttes de pluies sur le sol :**

Les sols subissent un martèlement considérable causé par les gouttes de pluie. Les premières gouttes s'infiltrent dans le sol d'autant plus aisément qu'il est meuble et que sa porosité est élevée. Cette première phase s'accompagne d'un déplacement des particules et d'un tassement du sol (**Figure I-10**). Lorsque la couche superficielle s'humidifie, trois processus se développent simultanément:

La dégradation de la structure, la formation d'une pellicule de battance, l'érosion par splash ou érosion par rejaillissement



**Figure I-10 :** Effet « splash » (rajaillissement) des gouttes tombant au sol (2)

#### I.4.2 Transport :

Les particules issues de la dissociation, grossières ou fines, sont ultérieurement déplacées vers l'aval sous l'action de la gravité. Certains, comme les cailloux d'éboulis et les blocs d'éboulement, tombent directement. D'autres, les plus fins, sont véhiculés par un agent de transport, généralement l'eau. La force du véhicule règle naturellement la taille des sédiments; (DEMANGEOT, 2000 ; in 3).

#### I.4.3 Dépôt :

Il s'effectue lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement, diminue ou s'annule (DEMANGEOT, 2000 in (3)). Les particules arrachées se déposent entre le lieu d'origine et les mers. Elles se déposent en général dans l'ordre suivant : Sable, sable fin, limon.

Les argiles et l'humus colloïdal sont généralement transportés jusqu'à l'embouchure du cours d'eau où ils se déposent soit après évaporation de l'eau, soit après floculation

### I.5. conséquence de l'érosion hydrique

#### I.5.1 L'envasement des barrages :

le processus de l'envasement influe sur le volume d'eau utile emmagasiné dans les barrage entrainant une diminution de capacité de stockage de ces dernier. Ce problème de

sédimentation est liée aux phénomènes de l'érosion hydrique dans le bassin versant qui lui-même est conditionné par certains paramètres tels que la nature du sol, la couverture végétale, la pente du versant, la quantité de précipitation et leur intensité (MEDJBER, 2011).

### **I.5.2 Dégradation du bilan hydrique :**

Il s'agit de l'effet le plus important. Une culture pluviale soumise à l'érosion voit son déficit hydrique s'accroître suite à :

- la réduction de la pluie efficace. En effet, une fraction importante de la pluie ruisselle et n'est plus utilisable par la plante.
- la réduction du volume de sol exploitable pour les racines et donc de la réserve utile du sol. Le départ du sol prive, dans ce cas, la culture d'une réserve en eau indispensable.

### **I.5.3 Appauvrissement du sol :**

L'appauvrissement du sol se manifeste de la manière suivante :

- La teneur en humus et en éléments nutritifs du sol décroît.
- La capacité de rétention en eau du sol diminue.
- La stabilité structurale du sol décroît.

Cet appauvrissement est lié au double effet de décapage des horizons supérieurs habituellement les plus fertiles et de sélectivité de l'érosion.

### **I.5.4 Autres conséquences :**

Les autres conséquences de l'érosion hydrique sont récapitulées :

- Déchaussements, des plantes emportées ou recouvrement de la culture
- Hétérogénéité croissante des parcelles
- diminution du drainage profond induisant une moindre réalimentation des nappes.
- Destruction des routes et infrastructure hydraulique (Fig.I-10)



**Fig I-11 :** Destruction des ouvrages (pont du quartier commando Mejdoub wilaya de .Saida, 2013)

## **I.6 SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) :**

### **I.6.1 Définition d'un SIG :**

La Société française de photogrammétrie et télédétection (1989), définit le système d'information géographique comme étant un Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. YEMEFACK (2005) ; in BICO.M 2012 va dans le même sens en assimilant le SIG à un système informatique capable de collecter, conserver, manipuler et visualiser les données spatiales du monde réel afin de satisfaire un ensemble particulier d'objectifs.

L'information géographique étant l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre.

## **I.6.2 Les données d'un système d'information géographique**

les données géographiques possèdent quatre composantes :

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

### ***a./ Objet géographique ou données spatiales :***

Les données spatiales sont généralement sous forme de couches d'information issues de carte thématique, qui peuvent décrire entre autres: la topographie, la disponibilité en eau, la nature du sol, le couvert végétal, le climat, la géologie, la population, etc. (FAO, 1998). Selon Habert (2000) un objet géographique peut être représenté soit en format raster (maillé en français) soit en format vectoriel.

#### **Le format raster**

Ici la réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille (Pixel) de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique.

#### **Le format vectoriel**

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs, et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est repéré par des coordonnées (X, Y) et doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

- ✓ **Les points** : Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

- ✓ **Les lignes** : Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.
- ✓ **Les polygones** : Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols...

### **b./ Données attributaires**

Selon la FAO(1998), La donnée attributaire ou descriptive se présente sous forme de statistiques ou de données alphanumériques telles que la pente, le type de sol, le couvert végétal, etc. Cette information est structurée sous forme de table attributaire.

### **I.6.3 Composantes d'un SIG :**

La FAO (1998), décompose le système d'information géographique en trois éléments essentiels :

- Le matériel informatique** (ordinateur central, disques magnétiques, et autres périphériques),
- **Les logiciels du SIG** qui ont pour fonctions principales :
- L'entrée des données** par la numérisation ou le scan et saisie des données attributaires à partir du clavier.
- **La gestion des bases de données** qui comprend la structuration, la requête, l'analyse et l'enregistrement des données attributaires.
- **L'analyse et le traitement des données** travers la préparation des données par l'élimination d'erreurs ou la mise à jour et l'analyse des données pour fournir des réponses aux questions que l'utilisateur pose au SIG.
- **Interaction avec l'utilisateur** (correction cartographique)
- **Sortie de données et présentation** (traçage)
- **Les ressources humaines et organisation** : la composante humaine est la seule capable de faire fonctionner et piloter le système d'information géographique de manière pertinente et efficace. Elle nécessite une expertise pointue tant dans la phase de collecte de données sur le terrain que dans l'utilisation des SIG.

### **I.6.4 Les fonctionnalités d'un SIG :**

LONGLEY ET AL. (2005) repris par BON (2011) identifie 5 grandes fonctionnalités des SIG :

- **L'acquisition** pour la collecte des données grâce à des fonctions de saisie des données sous forme numérique ;
- **L'archivage** grâce à un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) ;

- **L'affichage** pour la restitution des résultats par des fonctions de mise en forme et de visualisation ;
- **L'analyse** par des fonctions de manipulation, croisement et transformation des données spatiales au moyen de requêtes dans le SGBD ;
- **L'abstraction** par des fonctions rendant compte de la modélisation de la réalité ;
- **L'anticipation** (lorsqu' on parle de « 6A »).

### **I.6.5 Utilisations des SIG pour la cartographie du risque d'érosion :**

Les SIG sont des outils rapides d'exécution, flexibles et très puissants capables d'intégrer un grand nombre de facteurs et de les présenter sous une forme facilement interprétable (ZURAYKET AL., 1999, in Biko.M 2012). L'utilisation des techniques de télédétection associées aux SIG permet l'estimation quantitative de l'érosion ainsi que sa distribution spatiale à des moindres coûts et avec un degré de précision appréciable pour de vastes superficies ; surtout que les décideurs politiques sont beaucoup plus intéressés par la distribution du risque d'érosion que par sa valeur absolue (LU ET AL., 2004, in BASSOGLOG 2012). L'estimation quantitative de l'érosion se fait en appliquant des modèles empiriques ponctuelles, qui nécessitent comme paramètres d'entrée, des données spatialisées (Pentes, texture du sol, hauteur de pluies, etc.) caractérisant les facteurs de l'érosion hydrique (topographie, érodibilité, l'érosivité, etc.) (LE BISSONNAIS ET AL., 2004, in BIKO.M 2012). Les SIG permettent d'appliquer des modèles ponctuelles cellule après cellule sur tout un espace géographiquement étendu (LU ET AL., 2004 ; in BIKO.M 2012). Les données spatialisées de chaque paramètre sont traitées séparément sous forme de couches d'informations et intégrées (superposition des couches) dans le SIG pour en ressortir la carte de distribution du risque d'érosion (MUTUA ET AL., 2005 ; in BIKO.M 2012). Grace aux SIG, on résout le problème d'intégration des cartes analogiques, car sa plateforme permet de superposer différentes couches d'informations caractérisant des phénomènes dépendants ou indépendants, et qui aboutit à l'élaboration des cartes relationnelles très utiles comme outil d'aide à la décision.

## II.1. Cadre physique

### II.1.1. Situation géographique et administrative de Saïda

C'est dans l'ensemble géographique des hauts plateaux telliens que se situe la wilaya de Saïda (Algérie occidentale) qui est limitée naturellement 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 Abbès. (Fig.II.1).

Cette position lui donne un rôle de relais entre les wilayas steppiques au Sud et les wilayas telliennes au Nord, elle correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saïda sur deux domaines naturels bien distincts, l'un est atlasique Tellien au Nord et l'autre est celui des hautes plaines steppiques au Sud.

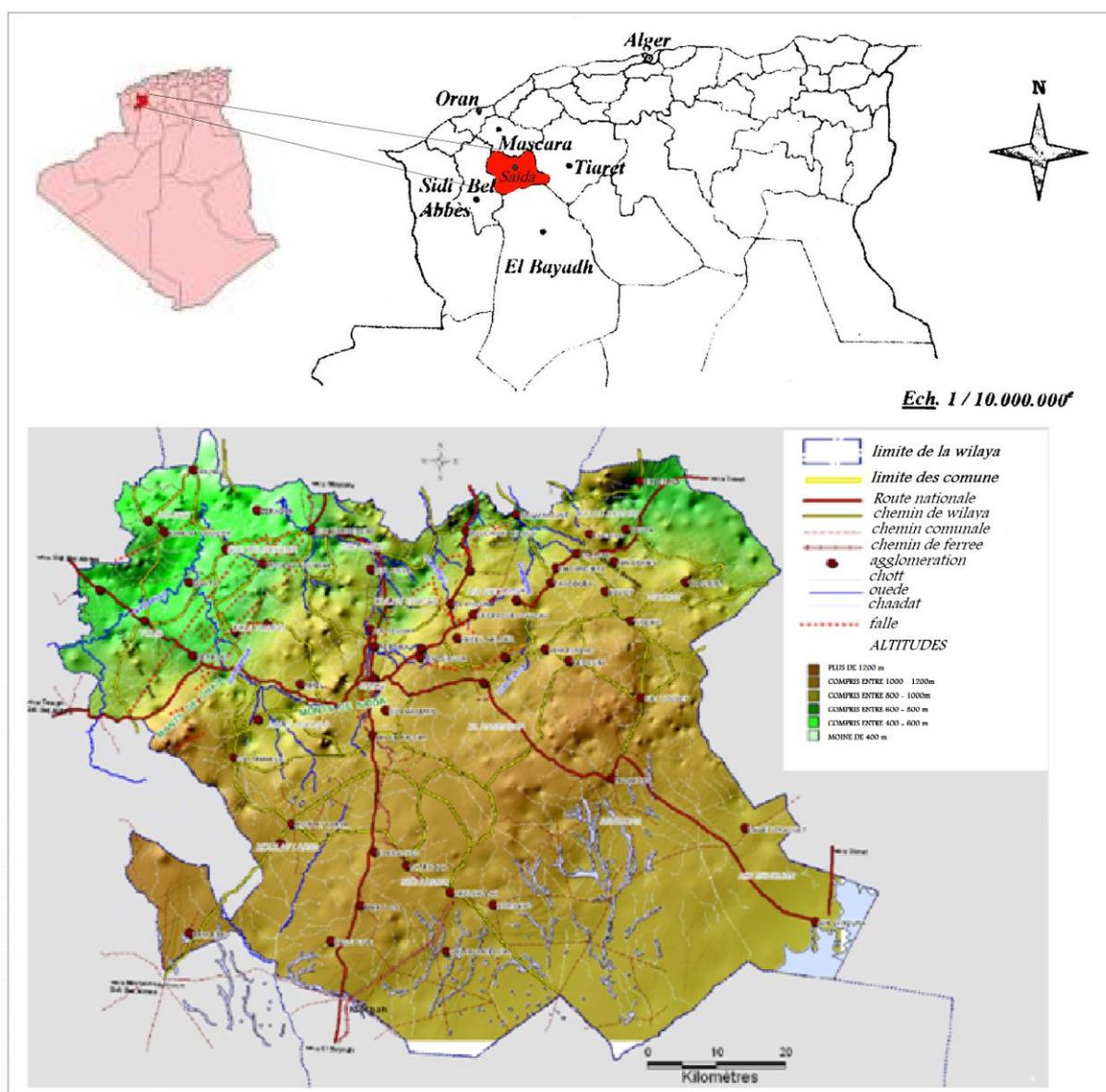


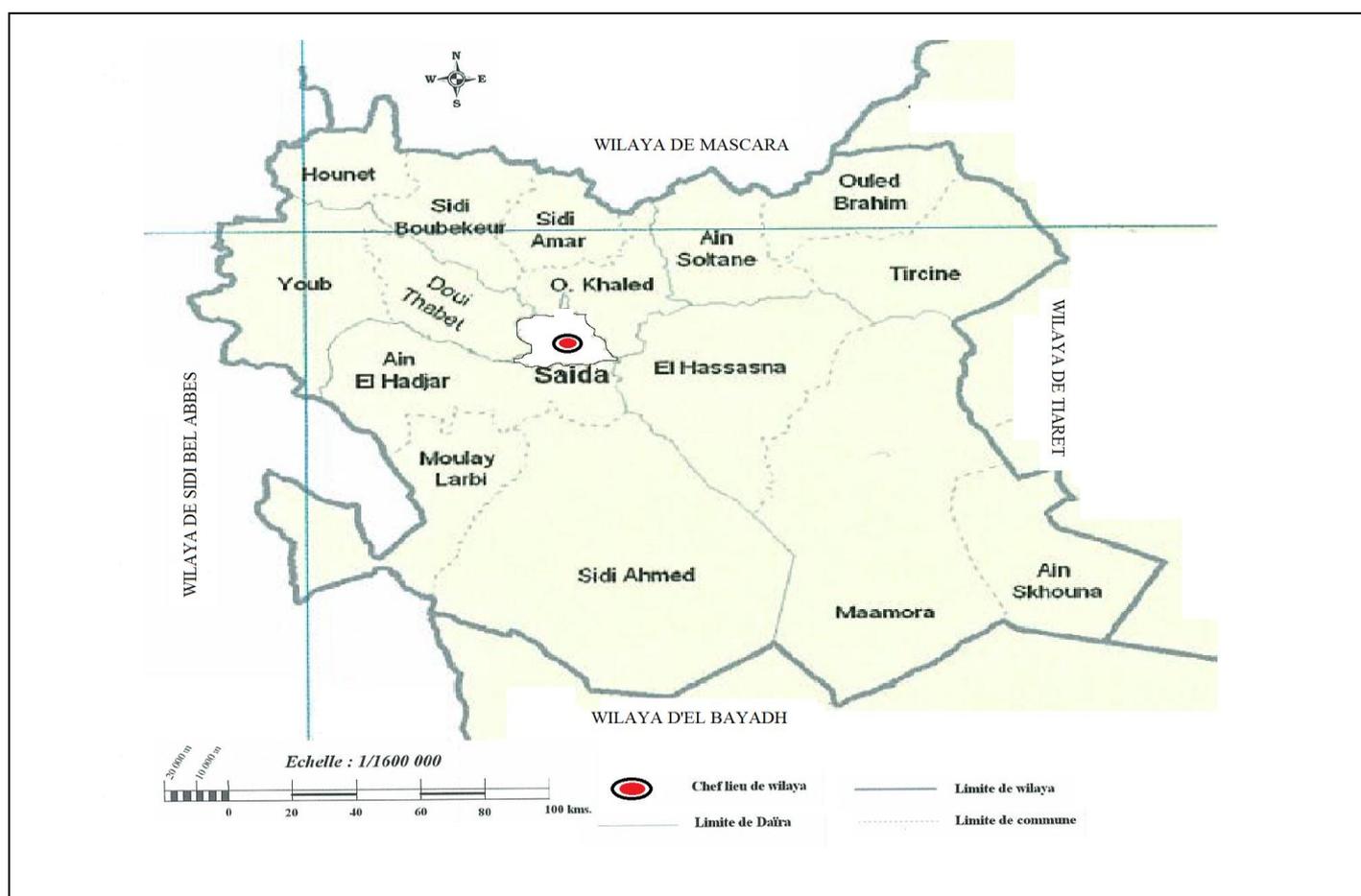
Fig.II-1-Situation géographique de la wilaya de Saïda (P.A.T.W.S, 2005)

Dans les temps historiques, cette position de contact a fait vivre la région d'échanges avec la steppe et les régions présahariennes. Cette économie d'échange, très largement ouverte sur le Sud, convenait parfaitement au type de ressources qu'offre le territoire de la wilaya.

D'une superficie de 6613 km<sup>2</sup> ; La wilaya regroupe six daïras coiffant 16 communes (Fig.II.2), elle est caractérisée par un espace Agro-sylvo-pastoral.

Le chef-lieu (commune de Saïda) est limité au Nord par la commune d'Ouled khaled, au Sud par celle d'Ain El Hadjar, à l'Est par la commune d'El Hassasna et à l'Ouest par la commune de Doui Thabet.

La ville de Saïda est localisée dans l'Algérie du Nord-Ouest, à environ 180 Km au Sud d'Oran et 70 km de Mascara. Elle est desservie par la RN 6 et la RN 94, la population de la ville de Saïda est estimée à 363775 habitants (2013), elle est surnommée la ville des eaux, à cause de ses sources, et la qualité de ses eaux.



**Fig.II.2-** Carte des limites administratives de la wilaya de Saïda

### II.1.2. Présentation du sous bassin versant de l'oued Saïda

Le sous bassin versant de l'oued Saïda fait partie du bassin hydrographique de la Macta (code 11 au répertoire de L'ANRH). Le bassin versant de la Macta est subdivisé en 16 sous bassins.

Celui de l'oued Saïda porte le code 11-11, il se trouve entre les parallèles  $34^{\circ} 41' N$  -  $35^{\circ} 6' N$  et les méridiens  $0^{\circ} 5' W$  -  $0^{\circ} 18' E$ .

La structure du bassin versant de l'oued Saïda (Fig.II.3) est celle d'une vallée entaillée du Sud au Nord, en exceptant la partie la plus au Nord qui est de direction (SE-NW).

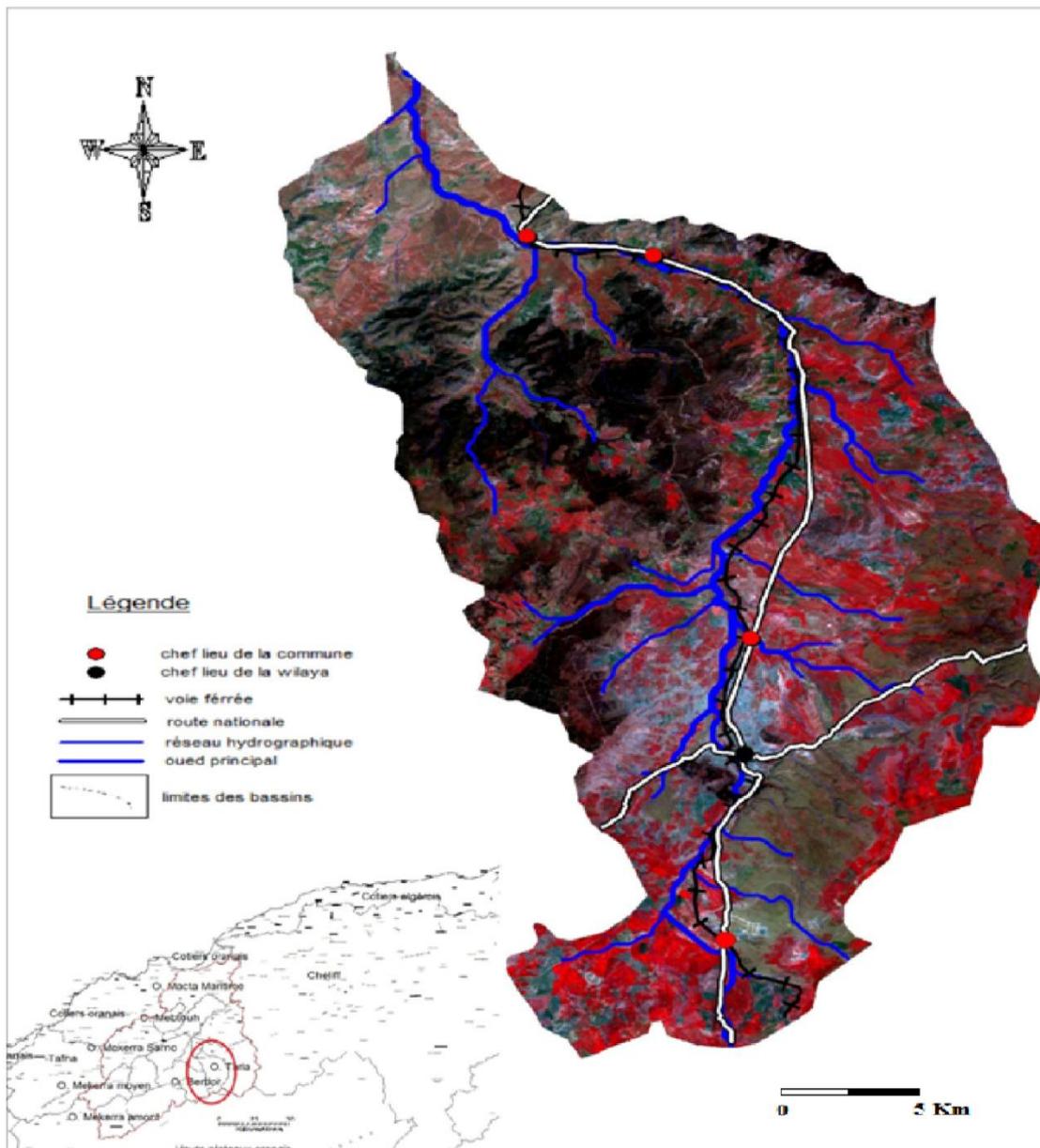


Fig.II.3 Localisation du bassin versant de l'oued Saïda (LAND SAT 2009)

## II.2. Caractéristique physiographique

Les caractéristiques physiographiques d'un bassin versant influencent fortement sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Ces facteurs, d'ordre purement géométrique ou physique, s'estiment aisément à partir de cartes adéquates ou en recourant à des techniques digitales et à des modèles numériques.

Les principaux facteurs qui influencent la réponse hydrologique des bassins versants sont d'une part les caractéristiques morphométriques telles que la taille du bassin (sa surface), sa forme, son élévation, sa pente et son orientation et, d'autre part, les caractéristiques liées au réseau hydrographique. Enfin, à ces facteurs s'ajoutent encore le type de sol du bassin et la nature de la couverture du sol.

La tentative d'expliquer le comportement hydrologique d'un bassin versant par le biais de mesures quantitatives de sa morphométrie constitue un aspect essentiel des progrès de la géomorphologie. Les bases de la morphométrie reposent sur les travaux anciens de Gravelius (vers 1914). Bien qu'ils datent des années 1920, les premiers travaux de Norton ont permis des progrès significatifs par le biais d'analyses statistiques visant à déterminer quels étaient les facteurs physiographiques les plus corrélés avec la réponse hydrologique. Enfin, ce sont toujours les travaux de Horton qui marqueront, en 1945, la naissance véritable d'une théorie de la morphologie par le biais de l'étude du réseau hydrographique. (MUSY ET HUGY, 2004, in BOUDJEMAA 2012)

### II.2.1. Caractéristiques géométriques

#### II.2.1.1. Caractéristiques de forme

L'étude des propriétés géométriques du relief appelée aussi orométrie vise à donner une expression quantitative ou numérique du relief. Si l'orométrie se bornait par le passé à la description des altitudes maximales et moyennes ainsi qu'à l'établissement de courbes représentant la répartition de la surface d'un bassin en fonction de l'altitude, celle-ci et plus largement la morphométrie, bénéficient aujourd'hui de toute une série d'indices plus ou moins pertinents.

##### A. Surface

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface.

La surface du bassin versant peut être mesurée par superposition d'une grille dessinée sur papier transparent, par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux, par des techniques de digitalisation.

La superficie du bassin de l'oued Saïda est :

$$A=621,2 \text{ km}^2$$

##### B. Périmètre

Il représente la longueur du pourtour fermé du bassin, l'intérêt essentiel du périmètre est de pouvoir déterminer l'indice de Gravelius ( $K_c$ ) et le rectangle équivalent. Il est estimé pour le bassin de l'oued Saïda à :

$$P=131,7 \text{ Km}$$

### C. Forme

Elément essentiel d'un bassin versant, la forme influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire de celui-ci. Par exemple, une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants. A l'inverse, les bassins en forme d'éventail présentant un temps de concentration plus court, auront des débits de pointe plus importants, toute chose étant égale par ailleurs (Fig.II.4).

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser les écoulements, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. Citons à titre d'exemple l'indice de compacité de Gravelius  $K_c$ , défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface (M. Roch.1963).

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

D'où :

P: périmètre du bassin versant.

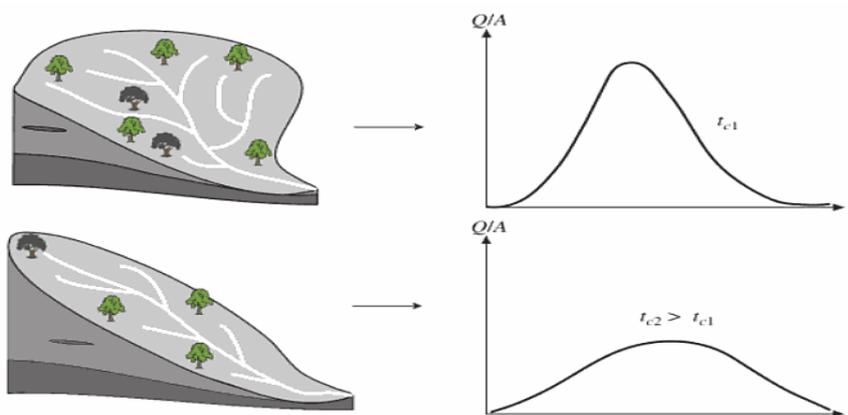
A: périmètre d'un cercle.

Cet indice de compacité indique que :

- $K_c=1$              $\longrightarrow$  le bassin versant est circulaire.
- $K_c \geq 1$          $\longrightarrow$  le bassin versant est allongé.

$$K_c=1,48$$

Le bassin versant est donc de forme **allongée** ce qui va influencer sur le régime d'écoulement.



**Fig.II.4** - Influence de la forme du bassin versant sur l'hydrogramme de crue. (Musy Et Hugu, 2004, , In Boudjemaa 2012)

**II.2.1.2. Topographie**

L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de courbes caractéristiques telle que la courbe hypsométrique. (Fig. II-6)

**a/ Courbe hypsométrique**

L'étude statistique permet de tracer la "courbe hypsométrique". Cette courbe donne la surface A (en km<sup>2</sup> ou en % de la surface totale) où les altitudes sont supérieures à une cote (h) donnée. (Fig. II-6)

Cette courbe est établie en planimétrant pour différentes altitudes, les surfaces situées au-dessus de la courbe de niveau correspondante. Cette méthode est précise mais fastidieuse.

Une autre consiste à échantillonner les altitudes selon un maillage carré.

On admet alors que l'altitude au centre d'une maille est égale à l'altitude moyenne de la maille.

**Tableau n°II.1** : La répartition altimétrique du sous bassin de l'oued Saïda

Altitude (m)	Surface partielle (Km <sup>2</sup> )	Surfaces cumulée s (Km <sup>2</sup> )	% de surface partielle	% de la surface cumulée
423-500	11,91	11,91	1,917	1,917
500-600	54,31	66,22	8,742	10,659
600-700	96,18	162,4	15,483	26,142
700-800	114	276,4	18,351	44,493
800-900	107,2	283,6	17,257	61,75
900-1000	116,6	500,2	18,77	80,52
1000-1100	88,22	588,42	14,201	94,721
1100-1200	31,99	620,41	5,145	99,866
1200>	0,79	621,2	0,134	100

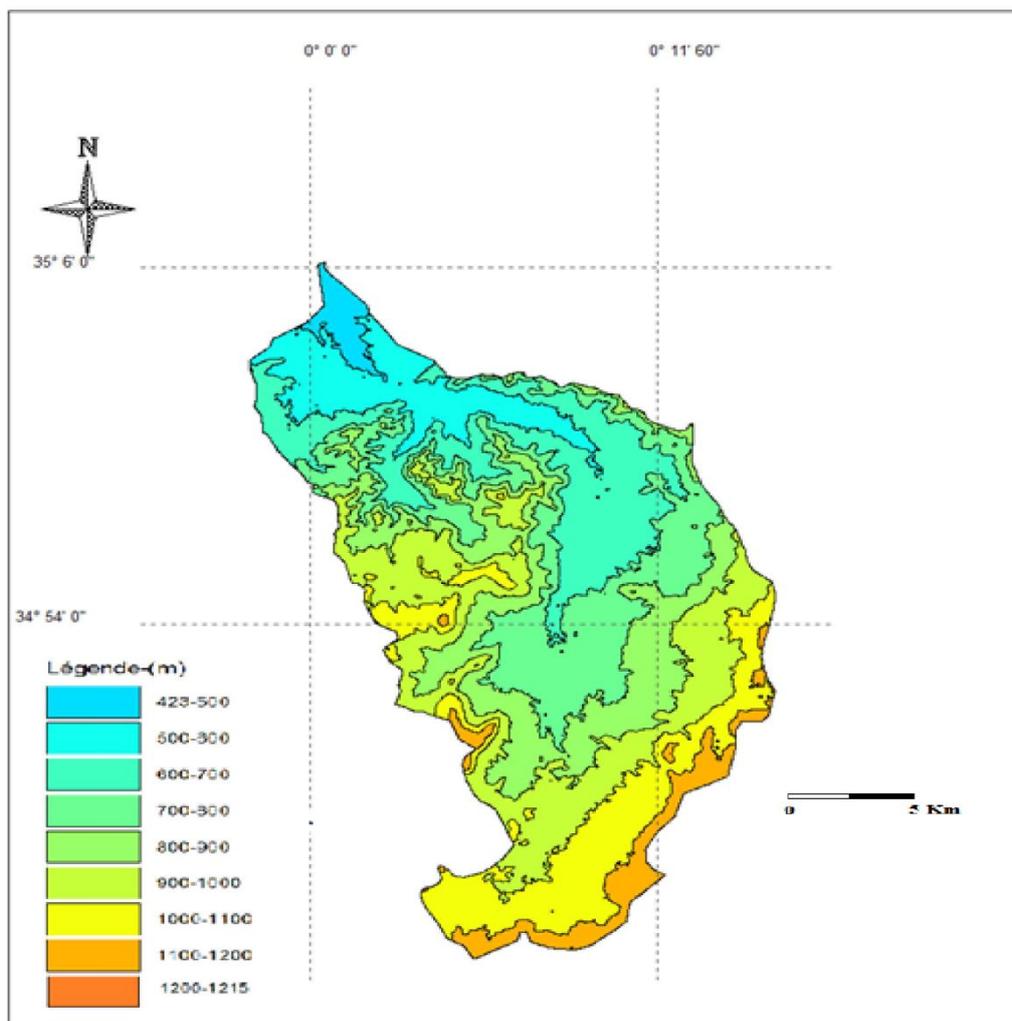


Fig.II.5-La carte altimétrique du bassin de l’oued Saïda

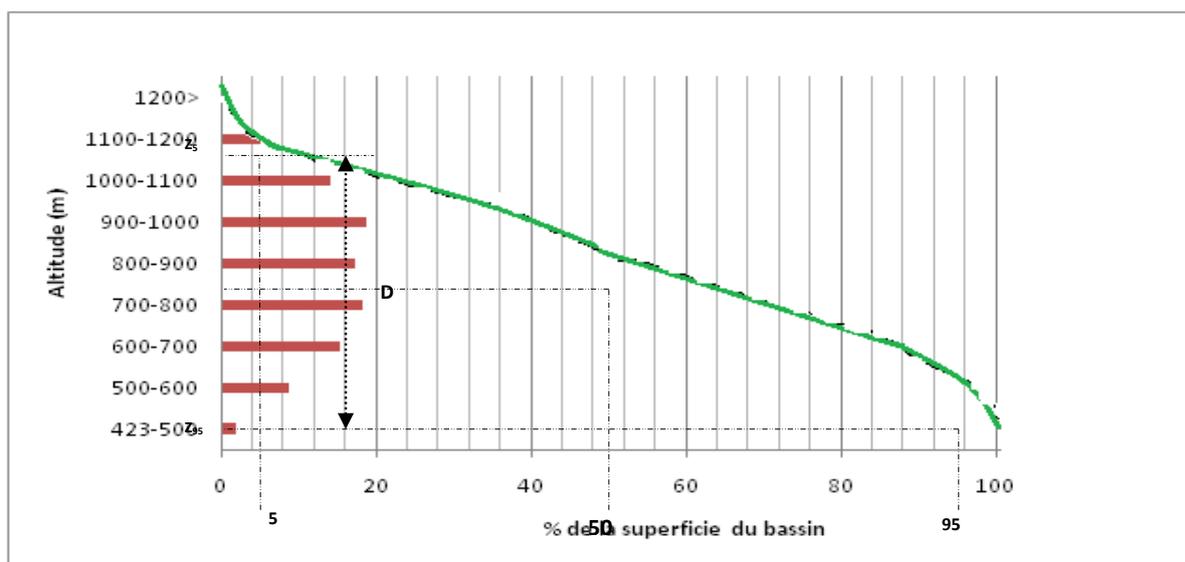


Fig.II-6 Courbe hypsométrique et diagramme de fréquences altimétrique du bassin versant de l’oued Saïda

Bien souvent, on définit la "dénivelée D" comme étant la différence de cote entre  $H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$  :

$$D = H_{5\%} - H_{95\%}$$

$$H_{5\%} = 1110 \text{ m} \quad H_{95\%} = 520 \text{ m}$$

$$D = 590 \text{ m}$$

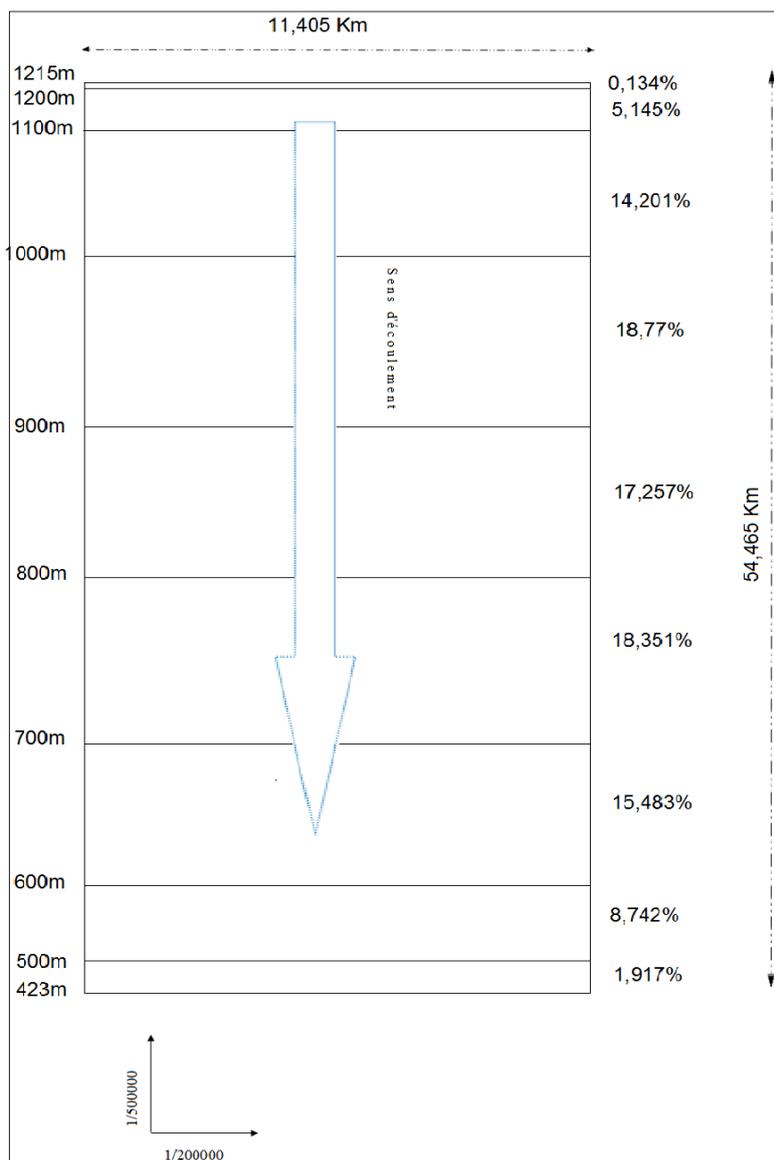
### ***B. Rectangle équivalent***

La notion de rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius, introduite par ROCHE (1963), permet de comparer facilement des bassins versants entre eux, en ce qui concerne l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement. Le bassin versant rectangulaire résulte d'une transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve la même superficie, le même périmètre (ou le même coefficient de compacité) et donc par conséquent la même répartition hypsométrique. Si L et l représentent respectivement la longueur et la largeur du rectangle équivalent, on a :

$$L = \frac{Kc\sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{Kc} \right)^2} \right]$$

$$L = 54,465 \text{ Km}$$

$$l = \frac{A}{L} = 11,405 \text{ Km}$$



**Fig.II.7 :** Représentation schématique du rectangle équivalent du bassin de l'oued Saïda

### II.2.1.3. Altitudes Caractéristiques

Dans l'optique de décrire le bassin versant mais aussi de comprendre son comportement hydrologique. L'altimétrie joue un rôle essentiel puisque la force motrice des écoulements de surface est gravitaire. De fait, plusieurs processus dépendent directement des caractéristiques altimétriques telle que la pente moyenne par exemple. L'altitude du bassin versant joue aussi un rôle sur le contrôle des sollicitations (précipitations) de par sa relation avec les conditions climatiques du milieu. (MUSY ET HUGY, 2004, BOUDJEMAA 2012)

#### A. Altitudes maximale et minimale

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire. Ces deux données deviennent surtout importantes lors du développement de certaines

relations faisant intervenir des variables climatologiques telles que la température, la précipitation et le couvert neigeux. Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente.

$$H_{\max} = 1215\text{m}$$

$$H_{\min} = 423\text{m}$$

#### B. Altitude moyenne

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit:

$$H_{\text{moy}} = \sum \frac{A_i \cdot h}{A}$$

Où

$H_{\text{moy}}$  l'altitude moyenne du bassin (m),

$A_i$  l'aire comprise entre deux courbes de niveau ( $\text{km}^2$ ),

$h$  l'altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m),

$A$  la superficie totale du bassin versant ( $\text{km}^2$ ).

$$H_{\text{moy}} = 830,16\text{m}$$

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologiques.

#### C. Altitude médiane

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique (Fig. II-6). Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière, c'est-à-dire si la densité de probabilité des pentes du bassin versant se présente selon une distribution symétrique.

$$H_{\text{méd}} = 820\text{m}$$

#### II.2.1.4. La pente

La carte des pentes (Fig. II.8), constitue un des éléments de base pour l'analyse des caractéristiques physiques qui déterminent l'aptitude des diverses zones. En effet, la potentialité et les limites d'utilisation du territoire dépendent dans leur majeure partie de la pente puisque celle-ci contribue à la détermination des possibilités d'érosion en relation avec d'autres facteurs de mécanisation des cultures, des modalités d'irrigation, des possibilités de pâturage, de l'installation et le développement de la végétation de reforestation.

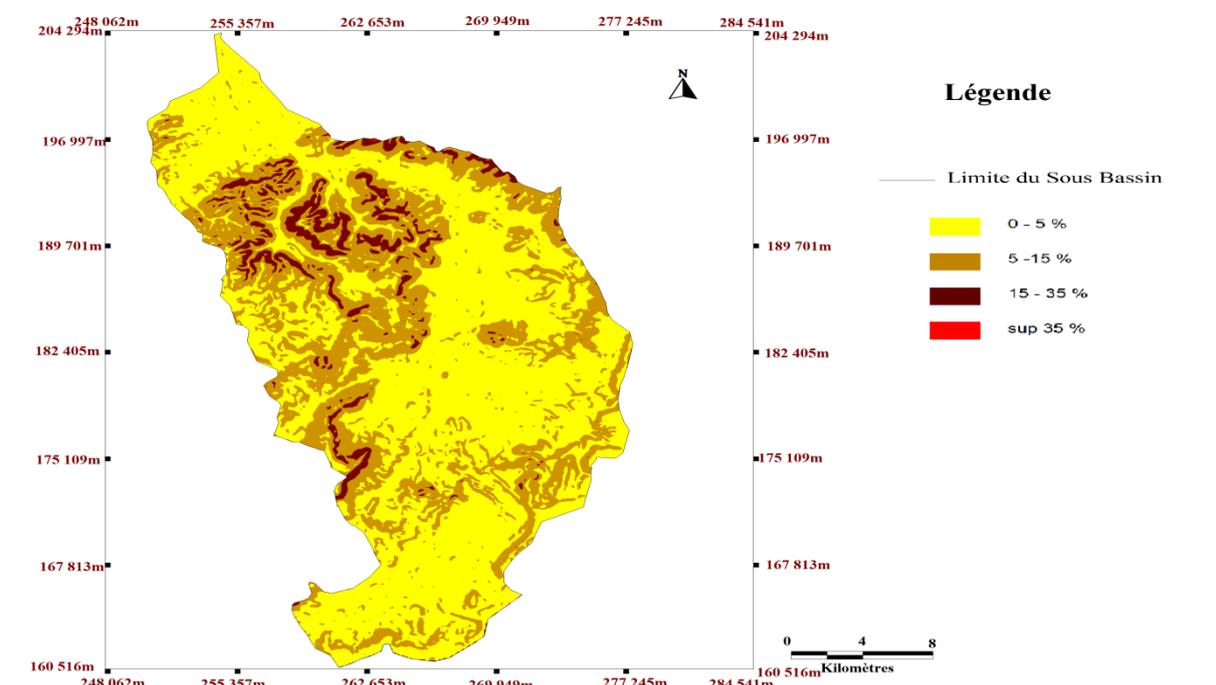
Cette carte est établie sur la base du modèle numérique de terrain, la carte subdivise le territoire d'étude en quatre classes de pente :

Classe 1 = pentes 0-5%: caractérise l'ensemble des terrains où la topographie est généralement plane. Ce sont les fonds de vallées, les plaines et les plateaux.

Classe 2 = pentes 5-15% : caractérise généralement un relief vallonné, qui peut être des plateaux ou de collines.

Classe 3 = pentes 15-35% : caractérise le plus souvent les zones de piémonts qui sont le prolongement des massifs montagneux.

Classe 4 = pentes >35% : caractérise les hauts piémonts.



**Fig. II.8-** Carte de pente du sous bassin de l'oued Saïda

Dans le tableau ci-dessous, il a été reporté les superficies estimées de chaque classe de pente.

Tableau n°.II.2 : Superficies de chaque classe de pente

Classe de pente (%)	0-5%	5-15%	15-35%	>35%
Superficie (Km <sup>2</sup> )	376.6	214.2	30.08	0.025

#### A. La pente moyenne :

Plusieurs méthodes ont été développées pour estimer la pente moyenne d'un bassin.

La méthode proposée par Carlier et Leclerc dans les années 1960 consiste à calculer la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires comprises entre deux altitudes données. (MUSY ET HUGY, 2004, BOUDJEMAA 2012)

Une autre façon de procéder à la détermination de la pente moyenne est de recourir au rectangle équivalent.

Dans ce cas:

$$I_{\text{moy}} = \frac{\Delta H}{L}$$

Où

$i_m$  : la pente moyenne

$\Delta H$  : la différence d'altitude maximale sur le bassin (m)

L : la longueur du rectangle équivalent (m).

$$I_{\text{moy}} = \frac{1215 - 423}{54,465}$$

$$I_{\text{moy}} = 1,45 \%$$

### B. Indice de pente globale $I_g$

Un autre indice, toujours basé sur la fonction de répartition des altitudes du bassin versant (courbe hypsométrique), est l'indice global de pente défini par:

$$i_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

Où

$H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$  représentent respectivement les fractiles 5% et 95% de la courbe hypsométrique du bassin versant.

L : la longueur du rectangle équivalent.

$$i_g = 0.0108$$

### C. Indice de pente de Roche $I_p$

M. ROCHE a proposé un indice de pente plus facile à calculer que le précédent :

$I_p$  est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurées sur le rectangle équivalent, et pondérée par les surfaces.

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{a_i d_i}$$

Ou bien

$$I_g = 0,8 I_p^2$$

$I_g$  : Indice de pente globale.

$I_p$  : Indice de pente de roche.

$L$  : longueur du rectangle équivalent.

$a_i$  : surface partielle entre deux courbes de niveau par rapport au totale (%).

$d_i$  : l'équidistance entre deux courbe de niveaux.

$$I_p = 0,116$$

### E. Dénivelée spécifique ( $D_s$ ):

La valeur de  $I_g$  diminue quand  $L$  augmente (donc en général quand la surface du bassin versant augmente); il sera donc difficile de comparer deux bassins versants de taille différente, on définit donc une grandeur qui ne présente pas cet inconvénient :

$$D_s = I_g \sqrt{S}$$

$$D_s = 269,17 \text{ m}$$

## II.2.2 Synthèse :

Les facteurs morphométriques sont très favorables à l'écoulement superficiel, les facteurs lithologiques ne sont pas favorables à l'infiltration des eaux, l'occupation des sols est favorable au ruissellement et par conséquent à l'érosion et au transport solide.

## II.3- Situation géologique :

### II.3.1. Introduction

Entre l'Atlas Tellien au Nord, d'âge tertiaire et les Hauts Plateaux oranais au Sud, d'âge également tertiaire, se dessine une unité géologique d'âge secondaire, orientée sensiblement Est-Ouest et constituant, les Monts de Saida, les Monts de Frenda et les Monts du Djebel Nador. Dans toute cette zone, le substratum secondaire profondément enfoui sous la dépression des Chotts, se relève progressivement avant de disparaître de nouveau, brusquement cette fois au Nord, contre l'Atlas Tellien.

### II.3.2 Stratigraphie

Le plateau de Saida–Oum Djerane qui fait partie des Monts Saida, est constitué essentiellement de terrains jurassiques. Quelques terrains primaires ainsi que des terrains éruptifs qui apparaissent seulement dans la région de Tiffrit–Balloul.

Enfin, dans les dépressions ainsi que les vallées et lits d'Oueds, on trouve des terrains d'origine continentale (fluviales et éoliens) d'âge tertiaire souvent indifférencié : Mio-Pliocène et Quaternaire. La continentale est également caractérisée par la présence de tufs et travertins calcaires plus ou moins récents et correspondants à d'anciens griffons de sources (DESCHAMPS 1973, in BOUDJEMAA 2012).

### II.3.2.1 Primaire

Il est constitué essentiellement de schistes et quartzites et affleure dans les vallées de l'oued Tiffrit–Sidi Mimoun et ses affluents, dans la vallée d'Oued Guernida ainsi que dans la région du Djebel Modzbab à proximité des « eaux chaudes », (G.PITAUD.1973).

Cet ensemble ancien (Silurien), très plissé, affleure dans la vallée de l'Oued Tiffrit et les vallées affluentes. Il dépasse certainement 100 m d'épaisseur et l'on ne connaît pas son substratum c'est à l'intérieur de cet ensemble que l'on peut noter la présence d'intrusions granitiques, ainsi que des coulées de laves basaltiques. Les schistes et quartzites de Tiffrit constituent un substratum imperméable. (DESCHAMPS 1973, in BOUDJEMAA 2012).

### II.3.2.2 Secondaire :

#### a / Le Trias :

Il repose en discordance sur les terrains primaires et affleure en constituant une frange qui suit le bord sinueux des vallées creusées dans les terrains paléozoïque. L'ensemble de Trias est formé de trois membres :

- 1- Membre inférieur (faciès carbonaté).
- 2- Membre basaltique (supérieur).
- 3- Membre supérieur.

Dont deux sont sédimentaires et le troisième qui est le plus important est basaltique. Les formations à gypse sont relativement peu importantes. L'ensemble, de nature Volcano-Détritique est imperméable et a une épaisseur d'environ 100 m. (G.pitaud.1973).

#### b / Le Jurassique :

La couverture jurassique peut être subdivisée en un certain nombre de formations agencées au sein des trois grands groupes sédimentaires superposés bien distincts (G.pitaud.1973).

- 1- Membre carbonaté inférieur constitué du Jurassique inférieur et moyen dolomitique.
- 2- Membre détritique intermédiaire constitué du Callovo-Oxfordien argileux gréseux et du Lusitanien gréseux.
- 3- Membre carbonaté supérieur constitué du Kimméridgien dolomitique. (G.pitaud.1973).

#### b.1 Le Jurassique inférieur et moyen :

Il est largement répandu et constitue l'aquifère le plus important. Cette formation est mieux connue sous le nom de « dolomies de Tiffrit », plusieurs membres peuvent être distingués :

- La formation carbonatée de Bouloul (Hétangien - Plienbachien)
- La formation des marnes d'Es Safeh (Toarcien)
- La formation carbonatée d'Ain Dez (Aaléno- Bajocien)
- La formation des argiles bigarrées de Sidi Youssef (Bajocien)

- La formation carbonatée de Zerzour (Bathonien)
- La formation des marnes de Modebab (Bajo-Bathonien)..

L'épaisseur de cet ensemble est très variable. Elle atteint 400 m (*G.pitaud.1973*) au sud de la région pour s'annuler vers le Nord au contact du Trias.

### **b.2 Callovo-Oxfordien et Lusitanien :**

Cette formation est constituée par les « Argiles de Saida » qui comportent quelques bancs gréseux. Elle est très répandue dans les vallées et principalement dans celle de l'Oued Saida. En outre, cette formation apparaît en reliefs non plus ou moins isolés sur le plateau et les flancs des vallées. Son épaisseur totale est de 250 m environ (*G.pitaud.1973*).

Le Lusitanien est représenté par les « Grés de Franchetti » qui dominent les vallées au Nord de Guernida et Sidi Mimoun et sur le flanc Ouest de la vallée de l'Oued Saida jusqu'à la latitude de cette ville. Cette formation est perméable. (*G.pitaud.1973*).

### **b.3 Le Kimméridgien :**

Il est très peu représenté dans la région et constitué par les « Dolomies de Tlemcen » qui dominent toutes les autres formations, seulement au Nord-Ouest où cette formation, comme le Lusitanien, est complètement drainée.

### **c / Le Plio-Quaternaire :**

Ces sédiments apparaissent par faibles épaisseurs dans les creux des vallées et dans les dépressions du plateau. Ils sont constitués de conglomérats, d'argiles, de limons de croûtes calcaires. Des massifs de travertins apparaissent au bord de certaines falaises dolomitiques (Tiffrit, Saida) et constituent des témoins produits par l'ancien ruissellement superficiel sur les terrains carbonatés avant la karstification.

L'ensemble de ces formations est argileux et vraisemblablement peu perméable.

Cette stratigraphie est reconstituée par les coupes géologiques construites, sur la base de tous les renseignements apportés par la géologie de surface, la géophysique et les forages.

### **II.3.3 Tectonique :**

Les très nombreuses failles reconnues par la géologie et la géophysique mettent en évidence la tectonique cassante des terrains carbonatés avec constitution des blocs dolomitiques des dimensions et des formes extrêmement variées, décalés les uns par rapport aux autres dans tous les plans. Ces failles sont réparties selon des lignes tectoniques qui traduisent les lignes de force qui ont joué. Certaines zones tectoniques plus riches en failles peuvent être dégagées. Elles ont une forme générale allongée Nord-Sud dans la vallée de Saida et Sud-Ouest - Nord-Est sur le reste de la région. Ces alignements sont reliés entre eux par des zones tectoniques secondaires orientées perpendiculairement avec notamment un plexus important au niveau de la région d'Oum Djerane. (*G.pitaud.1973*).

Certains ensembles de blocs dolomitiques sont effondrés. Il est possible de distinguer principalement par ordre d'importance :

- Le fossé d'effondrement de la vallée de Saida
- Le relatif affaissement de la région située entre la ligne tectonique Saida–Oum Djerane–Tiffrit et l'axe du djebel Sidi Youssef.

Au Nord apparaît le horst de Tiffrit constitué par un butoir Paléozoïque limité au Nord par une importante faille en forme d'arc de cercle orienté Est- Ouest et au Sud par les affleurements du Trias.

Vers le Nord, ce horst est en contact direct avec le Jurassique supérieur et il plonge vers le Sud selon un pendage mal déterminé sous le trias volcano-détritique et la dolomie du Jurassique inférieur et moyen.

Cette tectonique paraît traduire les mouvements du support en profondeur et l'effet ultérieur du plissement Tellien contre le horst de Tiffrit : Les formations du Jurassique inférieur et moyen de nature carbonaté constituent un ensemble rigide qui n'a réagi aux mouvements sous-jacents et aux pressions latérales que par cassures et ondulations à très grand rayon de courbure. La masse dolomitique du plateau de Saida paraît donc subir en son milieu la poussée profonde du support qui constitue plus au Nord le horst de Tiffrit. Ce horst retient en provenance du Nord la poussée des plissements Telliens. Cette poussée sub-verticale du support avec une faible inclinaison vers le Sud provoque la surélévation de la « dalle » dolomitique avec un effondrement d'axe Nord-Sud au niveau de la vallée de l'Oued Saida et apparition de deux axes principaux tectoniques plus ou moins perpendiculaires orientés Sud – Ouest - Nord – Est et de façon moins nette - Nord – Ouest – Sud – Est. Ces deux axes se croisent au Sud du horst de Tiffrit dans la région d'Oum Djerane et s'appuient vers le Nord sur les bords Est et Ouest de ce horst.

L'ensemble de la région est donc formé d'un plateau pourvu de deux axes principaux tectoniques riches en failles formant un plexus au centre. L'inclinaison générale des formations est orientée vers le Nord et vers le Sud à partir de l'axe du Djebel Sidi Youssef. Le système de faille du plateau est en communication avec le réseau de faille de la zone effondrée de la vallée de Saida au niveau de la région de Nazereg (Rebahia).

L'ensemble de cette tectonique détermine la karstification et le fonctionnement du système hydraulique de la région.

Dans le cadre de la présentation de ce présent mémoire nous avons pris en considération la nappe karstique. De ce fait, la carte, géologique de cette dernière, est exposée dans ce cas. (Planche 01)

ERES	Période	Coupe géologique	Description des formations	
quaternaire	Plio-Quaternaire		Limons de croûte calcaire	
			Argiles	
			Conglomérats	
« Mésozoïque »	kimméridgien		Dolomies de Tlemcen	
	Callovo-Oxfordien et Lusitanien		Argiles de Saïda « bancs gréseux »	
	Jurassique et moyen inférieur		Formation de marne (Bajo-Bathonien)	
			Formation carbonatée (Bajocien)	
			Formation des argiles (Bajocien)	
			Formation carbonatée (Aaléno-Bajocien)	
			Formation de marne (Toarcien)	
			Formation carbonatée (Hettangien-Pliensbachien)	
	Secondaire	Trias		Membre supérieure
				Membre supérieure basaltiques
				Membre inférieure
	« Paléozoïque »	Primaire		Quartzites
			Schistes	
			Laves basaltiques	
			Incursions granitiques	

Fig.II.9 : Log stratigraphique de la vallée de Saïda

## II.4 Cadre hydrogéologique

L'étude géologique associée à l'étude des conditions et de mobilisation des eaux souterraines d'une région donnée constitue l'approche fondamentale pour la préservation et l'utilisation rationnelle de ces ressources naturelles.

La région de Saïda est caractérisée par la présence de deux types de nappes, une nappe superficielle et une nappe Karstique. La seule formation présentant une grande importance est celle de la nappe des dolomies de Bajo - Bathonien. La présence de faille et de fissuration ajoutées à la forte perméabilité de cet aquifère, qu'ils aident la contamination des nappes par les différents rejets soit industriels, urbains ou agricoles.

Du point de vue hydrogéologique, la vallée de Saïda est caractérisée par la présence de deux grands types de nappes aquifères qui présentent un intérêt pratique :

- La nappe superficielle.
- La nappe Karstique.

L'écoulement souterrain est orienté en général du Sud et Sud- Est au Nord et au Nord- Ouest.

Les eaux souterraines jouent un rôle important dans toutes activités humaines et servent pour alimenter les villes, les industries et l'agriculture.

La vallée de Saïda est constituée par des terrains dont la perméabilité est très variable et joue un rôle très important dans la qualité des eaux souterraines.

Presque toutes les formations géologiques (fig.II.10) de la région renferment des eaux souterraines. On y rencontre des conglomérats, argiles, limons et croûtes calcaires couvrants les formations anciennes.

### II.4.1 Le Trias

C'est une formation sous-jacente imperméable constituant le mur de la nappe du Bajo-Bathonien . Il est formé de marnes avec passage de lits de calcaires argileux imperméable.

Cette formation, avec son épaisseur et son extension, rend impossible la communication de la nappe dolomitique avec celles des aquifères sous - jacentes.

### II.4.2 Le Bajo-Bathonien

Une nappe très importante située à une côte supérieure à 1000 m au Sud-Est et voisine de 900m au Nord-Ouest donnant naissance à de belles résurgences: Ain El Hadjar, Ain Bent

Soltane, Ain Zerga et Ain El Krarba situées dans les dolomies du "causse de Tidernatine" (Sud-Est de Saïda), Elle est limitée à l'Ouest et au Nord par la grande faille de Saïda. D'autres sources : Ain Kerma, Ain Fékroune, sources de poirier et de l'Oued Meriouia constituent des émergences de trop plein de la nappe des dolomies du plateau du Nazereg au Nord du "Causse".

L'Oued de Saïda situe au Nord du vieux Saïda emprunte le fossé d'effondrement d'orientation Sud-Nord dont le centre est caractérisé par la présence d'une nappe artésienne recouverte par les argiles des callovo- oxfordien.

#### **II.4.3 Le Callovo-Oxfordien**

Le Callovo-Oxfordien constitue un affleurement important dans la vallée de l'Oued de Saïda. Dans les plaines, le Callovo-Oxfordien est lui-même partiellement recouvert par des formations Plio-Quaternaire (argile conglomératiques).

L'ensemble est très peu perméable, mais localement des bancs de grès Callovo-Oxfordien plus ou moins en relation avec les dolomies sous-jacentes, à la faveur des failles et de la répartition des blocs entre eux, peuvent faire orifice de drains. Il faut noter que la formation n'est pratiquement pas aquifère, et que cette formation constitue le toit de la nappe du Bajo-Bathonien et le mur de la nappe alluviale. **(Pitaud, 1973)**

#### **II.4.4 Lusitanien**

Le Lusitanien, qui est gréseux et perméable, est placé en altitude au-dessus des vallées, il est drainé complètement. Quand il constitue des reliefs isolés de quelques kilomètres carrés sur la masse dolomitique, il ne donne aucune source pérenne et ne fait que contribuer à l'alimentation des dolomies alentour par ruissellement superficiel au cours de très fortes pluies.

La nappe de cet aquifère devient peu importante au Nord de Saïda du fait de la faible puissance du niveau dolomitique qui croit ensuite à l'Est des monts de Saïda pour renfermer une importante nappe, elle s'écoule dans la même direction (Nord ou Nord-Ouest) sous les niveaux souvent argileux du sommet du Lusitanien et ne peuvent guère être exploitée qu'en bordure des couronnements.

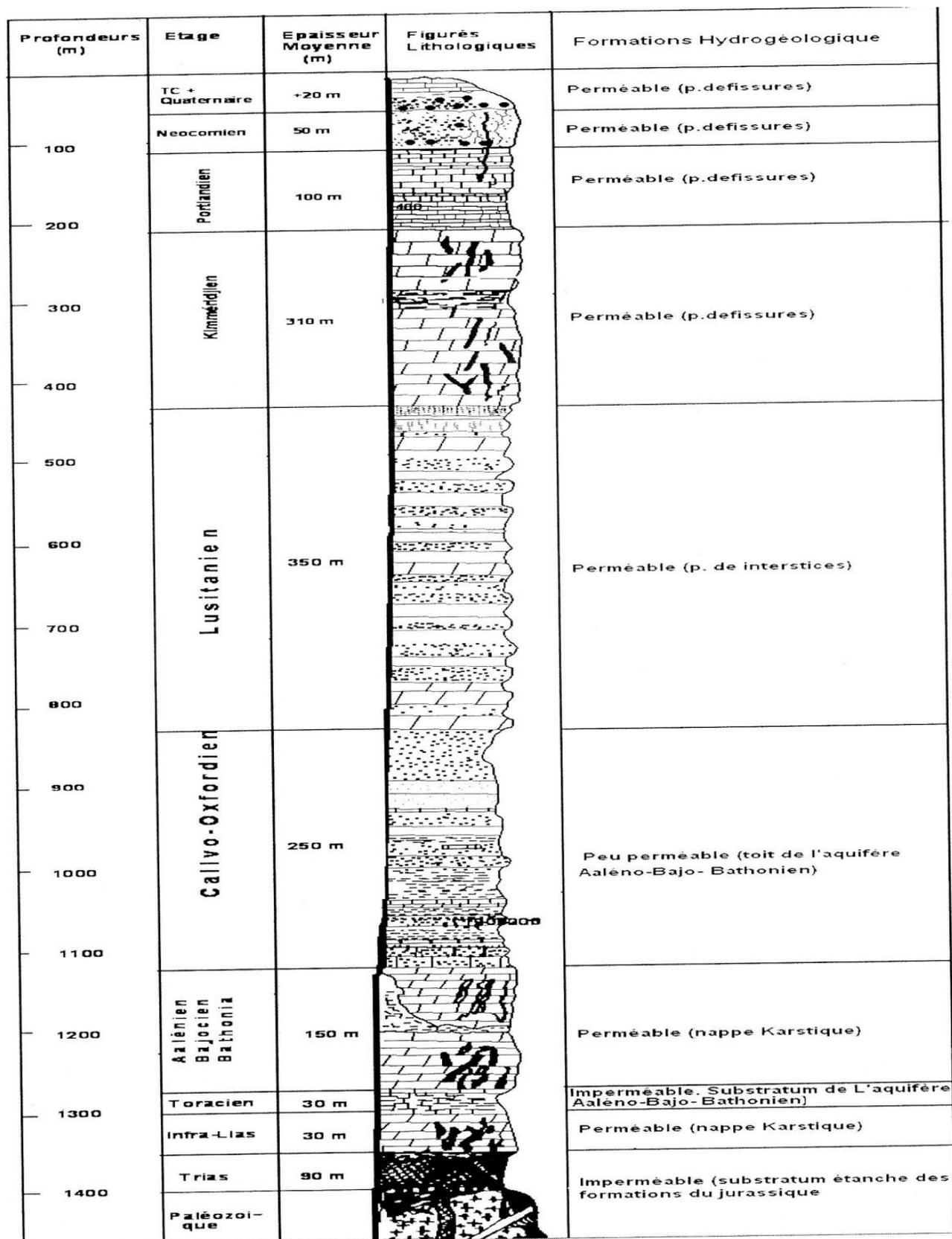


Fig.II.10- Colonne hydrogéologique de la région de Saïda (D.H.W).

#### **II.4.5 Le Kimméridgien**

Le membre carbonaté supérieur du Kimméridgien ou dolomies de Tlemcen forme des dalles posées sur les hauteurs des Djebels constituées de Callovo-Oxfordien et Lusitanien (Fig.3.2).

Ces dalles, complètement drainées, dominent à l'Est et l'Ouest la partie Nord du bassin versant de l'Oued Saïda au niveau de Franchetti.

#### **II.4.6 Plio-Quaternaire**

Il contient un aquifère superficiel de la vallée de l'Oued de Saïda, formé par les couches les plus supérieures des formations et leur couverture Plio-Quaternaire, avec des dépôts alluvionnaires et de terrains d'altération de la partie supérieure (Argilo-Gréseuse). Principalement dans la vallée de l'Oued Saïda aux environs de Ain El Hadjar dans la dépression à l'Ouest d'Oum Djerane et ailleurs, il existe parmi les dépôts plio-Quaternaire des sources représentant des exutoires de la nappe Karstique de l'Aaleno-Bathonien. (Pitaud.1973).

### **II.5 Synthèse**

Le sous bassin versant est caractérisé par :

- Une structure lithologique caractérisée par des affleurements de roches plastiques et cohérentes et une structure marneuse de la majorité des sols de la région.
- Une situation hydrologique alarmante où l'aridité est très marquée surtout pendant l'été, période où les eaux deviennent rares et très précieuses.

## II.6. Etude socioéconomique :

### II.6.1. La population :

L'étude de la répartition de la population des Cinq communes qui se situe à l'intérieur de bassin versant (tableau II.4) permet de montrer que la majorité de la population est concentrée dans le chef-lieu de la commune. Le reste de la population est répartie à travers les agglomérations secondaires et la zone éparse.

**Tableau. II.3** : Répartition de la population par zone d'habitat 2013

COMMUNES	2 013		
	TOTAL	URBAIN	RURAL
SAIDA	140 973	137 214	3 759
AIN EL HADJAR	33 459	24 370	9 089
OULED KHALED	34 996	26 261	8 735
SIDI AMAR	9 820	4 677	5 143
SIDI BOUBEKEUR	20 642	15 748	4 895
WILAYA	363 755	280 138	83 616

Source : (D.P.A.T, 2013).

### II.6.2 L'élevage :

L'élevage est l'ensemble des méthodes mises en œuvre pour produire des animaux, dans le dessein de satisfaire les besoins de l'homme (CLEMENT, 1981, in DJELAILIA 2012).

On constate que l'effectif du cheptel ovin est le plus élevé dans les 4 communes (tableau II.5). Donc l'élevage ovin est la principale activité. Les mouvements de l'élevage sont étroitement liés au système céréalier d'une part, et la présence des maquis et parcours aujourd'hui très dégradés (surpâturage et piétinement due à la surcharge des troupeaux), provoquant un déséquilibre.

Tableau.II.4: Répartition du cheptel de la zone d'étude par commune en 2009.

Commune	Bovins	Ovins	Caprins
Ain El Hadjar	1870	44740	830
Sidi Boubekeur	288	12000	3100
Sidi Amar	372	10280	4200
Ouled Khaled	450	12500	500

Source: (D.S.A, 2009).

### II.6.3 AGRICULTURE :

L'espace qui semble le plus atteint par la fluctuation climatique (essentiellement pluviométrique est la surface agricole utile. L'occupation du sol de cette surface stratégique pour la production céréalière et

l'élevage, en est perturbée. la céréaliculture et la jachère reste les deux principales formes d'occupation de l'espace agricole.

Le ratio de terre agricole par habitant n'est que de 1,00 hectare alors que celui de la moyenne nationale est de l'ordre de 3 hectares, situation inquiétante pour assurer une activité économique et un rôle déterminant dans l'emploi de main d'œuvre.

#### II.6.4 Synthèse :

Une situation socioéconomique dominée par l'agriculture et l'élevage comme principal « moteur » économique de la région et où la population est complètement rurale avec une densité de 23% parmi les plus élevées de la wilaya de Saïda, ce qui explique la pression à laquelle sont soumises les ressources édaphiques.

### Table des matières

#### CHAPITRE II CARACTERISTIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Cadre physique .....	23
II.1.1. Situation géographique et administrative de Saïda.....	23
II.1.2. Présentation du sous bassin versant de l'oued Saïda .....	25
II.2. Caractéristique physiographique .....	26
II.2.1. Caractéristiques géométriques .....	26
II.2.1.1. Caractéristiques de forme .....	26
A. Surface.....	26
B. Périmètre.....	26
C. Forme.....	27
II.2.1.2. Topographie .....	28
II.2.1.3. Altitudes Caractéristiques .....	31
A. Altitudes maximale et minimale.....	31
B. Altitude moyenne.....	32
C. Altitude médiane.....	32
II.2.1.4. La pente .....	32
A. La pente moyenne.....	33
B. Indice de pente globale $I_g$ .....	34
C. Indice de pente de Roche $I_p$ .....	34
E. Dénivelée spécifique ( $D_s$ ): .....	35
II.2.2 Synthèse : .....	35
II.3- Situation géologique : .....	35

---

II.3.1. Introduction.....	35
II.3.2 Stratigraphie.....	35
II.3.2.1 Primaire.....	36
II.3.2.2 Secondaire : .....	36
a / Le Trias : .....	36
b / Le Jurassique :.....	36
c / Le Plio-Quaternaire :.....	37
II.3.3 Tectonique .....	37
Période.....	39
II.4 Cadre hydrogéologique.....	40
II.4.1 Le Trias.....	40
II.4.2 Le Bajo-Bathonien.....	40
II.4.3 Le Calvo-Oxfordien.....	41
II.4.4 Lusitanien .....	41
II.4.5 Le Kimméridgien.....	43
II.4.6 Plio-Quaternaire.....	43
II.5 Synthèse .....	43
II.6. Etude socioéconomique :.....	44
II.6.1. La population :.....	44
II.6.2 L'élevage : .....	44
II.6.3 AGRICULTURE : .....	44
II.6.4 Synthèse : .....	45

### **III.1. étude climatique :**

Selon TRABAUD (1998), le climat est la synthèse des conditions atmosphériques à long terme d'un lieu. Ce concept intègre les moyennes des différents paramètres du temps (les normales de température, de pression, de pluviométrie).

Le climat peut se définir comme étant l'ensemble des états habituels et fluctuants de l'atmosphère qui, dans leur succession saisonnière, caractérisent une région ou un site, l'identification des climats fait intervenir les données atmosphériques, traitées isolément ou combinées entre elles (DE PARCEVAUXET HUBER, 2007, ABDELOUAHAB Saliha 2012).

L'étude bioclimatique de la zone était basée sur les données recueillies au niveau de la station météorologique de Rebahia située dans la daïra de Sidi Boubekeur (commune Ouled khaled).durant de 1983-2012

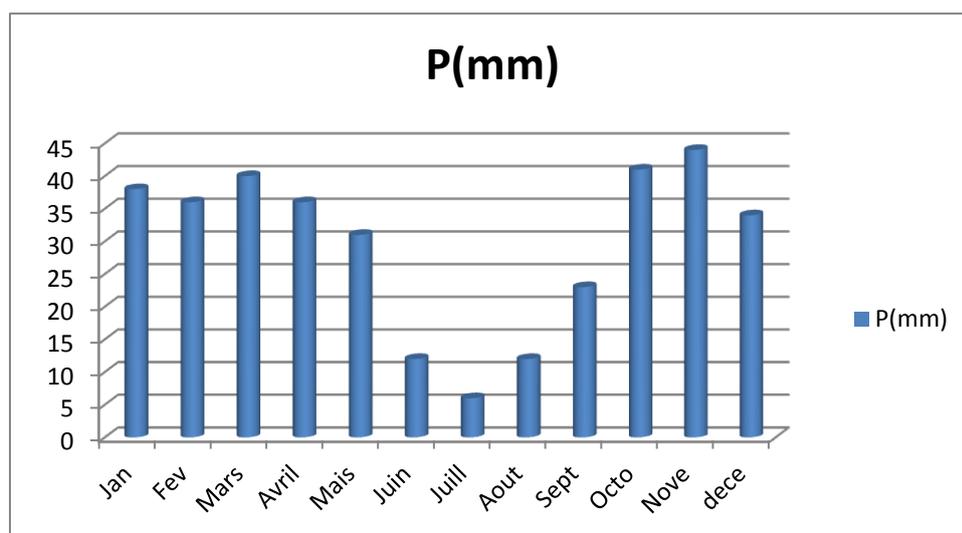
#### **III.1.1 Les précipitations :**

Toutes les précipitations se forment à partir du refroidissement de la vapeur d'eau et de sa condensation. Leur état, solide ou liquide, à leur contact avec le sol, dépend de la température intérieure et extérieure des nuages, de leur teneur en eau ainsi qu'à la vitesse des courants ascendants qui y règnent (ZHONGJIA, 1985 ; in ABDELOUAHAB SALIHA. 2012). Selon GUYOT (1999), les précipitations sont caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon les lieux, les jours, les mois et aussi les années. Les précipitations s'évaluent en hauteur d'eau équivalente (mm) sur une période donnée (ex : mm par an, par mois).

##### **a/ Précipitation Mensuelles :**

La station météorologique de Rebahia a enregistré une moyenne 353 mm d'eau par An, durant la période de 1983-2012

L'étude de la variation saisonnière des pluies indique la période pluvieuse s'étale de Septembre jusqu'à mois de Mai. Les plus grands enregistrements au mois de novembre et les plus bas au mois de Juillet avec 6 mm d'eau (Fig. N°III.1).



**Fig.III.1** : histogramme des précipitations mensuelles de SAIDA (station météorologique de Rbahia)

L'histogramme (Fig. III.1) montre que le mois de novembre le plus pluvieux avec 44 mm tandis que le mois de Juillet est le plus sec avec 06 mm. Le moyen annuel est de 353 mm

#### **b/. Précipitations saisonnières :**

Les quatre saisons de l'année correspondent à :

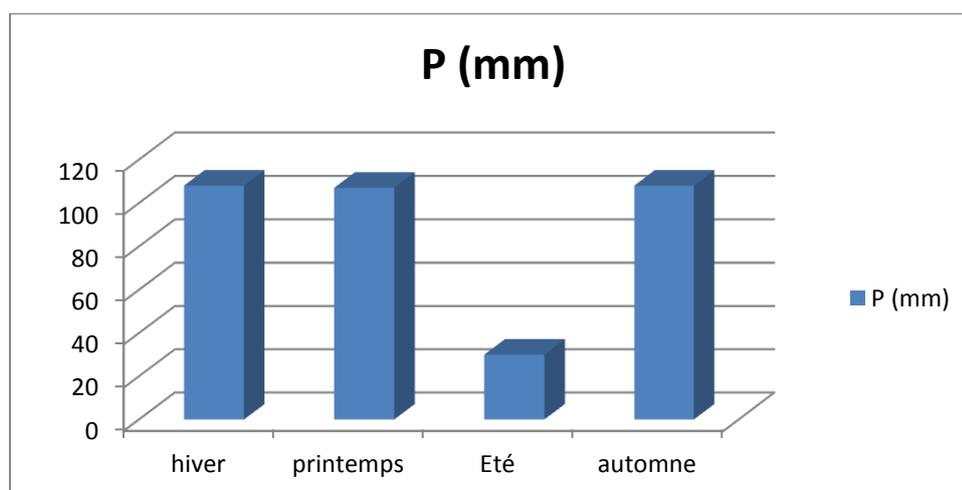
Hiver = Décembre, janvier, Février ( P= 108mm)

Printemps = Mars, Avril, Mai (P=107mm)

Eté = Juin, Juillet, Août (P= 30 mm)

Automne = Septembre, Octobre, Novembre (P= 108mm)

La distribution des précipitations saisonnières (Fig. III.2) montre que automne, l'hiver et le printemps sont les saisons les plus humides et l'Eté la plus sèche.



**Fig.III.2** : histogramme des précipitations saisonnières de SAIDA (station météorologique de Rbahia)

### III.1.2. Etude des températures :

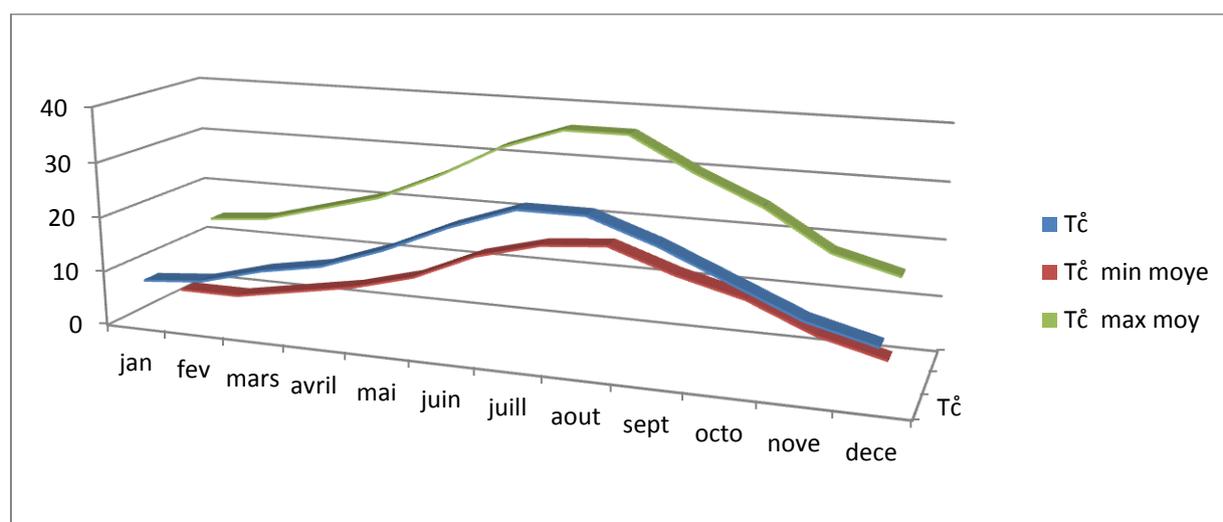
La température atmosphérique est une mesure quantitative physique du degré de froid ou de chaleur de l'air. Elle désigne la quantité d'énergie cinétique moyenne des molécules d'air. Lorsque l'atmosphère reçoit une quantité de chaleur, la vitesse moyenne du mouvement moléculaire s'accroît, l'énergie cinétique moyenne augmente, entraînant l'élévation de température atmosphérique (ZHONGJIA, 1985, ABDELOUAHAB Saliha 2012).

On doit s'intéresser dans l'étude climatique aux températures minimales – maximales et moyennes (1983-2012) pour la station de SAIDA(Fig.III.3).

La valeur la plus faible des températures minimales est de 3°C correspondant au mois de Janvier et février c'est donc le mois le plus froid de la zone d'étude tandis que la valeur la plus élevée est enregistrée en Août 19 °C.

La valeur la plus élevée des températures maximales est enregistrer en Juillet et aout (36°C) c'est donc le mois le plus chaud tandis que la valeur la plus faible est enregistrée (14°C) en Janvier.

Les températures moyennes mensuelles présentent une valeur minimale en janvier (8 °C) et une valeur maximale en juillet et Août (27°C)



**Fig. N° III.3 :** Courbes des températures moyennes, minimales et maximales mensuelles (station météorologique de Rbahia)

### III.1.3 Le GEL :

La période de la gelée est comprise entre le mois de Décembre et mars avec une fréquence de 3.25 jours de gelée par mois.(tableau.III.1)

**Tableau N°III.1** : Période de gel au cours de la période (1983-2012) :

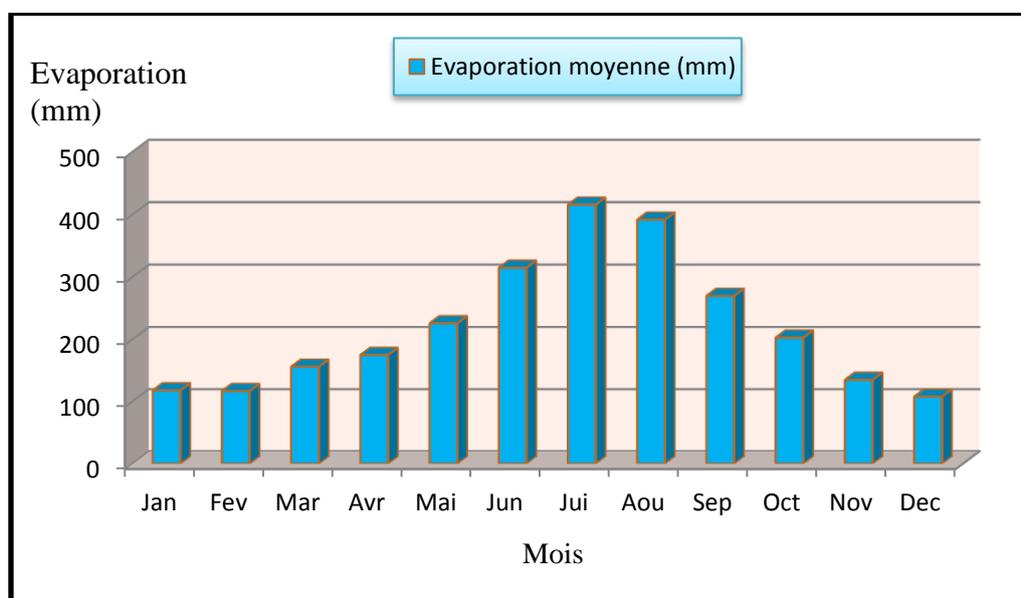
Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	d
Nbr de jours Gel moyen	12	10	4	2	0	0	0	0	0	0	2	9

### III.1.4 Evaporation :

C'est une émission de vapeur par une surface liquide ou un milieu humide (sol, végétal), à une température inférieure au point d'ébullition (DE PARCEVAUX ET AL, 2007, ABDELOUAHAB Saliha 2012).

Suite à l'évaporation, l'eau se transforme en vapeur d'eau, la teneur en vapeur d'eau varie suivant la température, elle est plus importante en été qu'en hiver (ZHONGJIA , 1985, ABDELOUAHAB Saliha 2012).

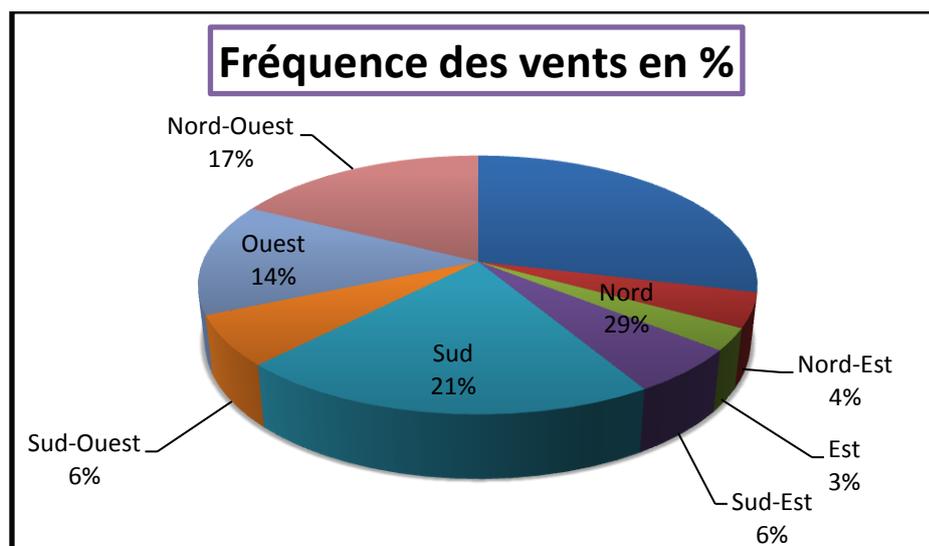
Dans la région d'étude l'évaporation atteint le maximum durant le mois de Juillet (Figure III.4).



**Figure III.4:** Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle (station météorologique de Rbahia 1983-2012).

### III.1.5 Les vents :

Le vent est un déplacement d'air né des différences de pression entre deux points d'un même plan horizontal. Il s'écoule des anticyclones vers les dépressions (TRABEAUD, 1998.). Le vent est un phénomène météorologique très variable en direction et en vitesse, la vitesse du vent est généralement plus forte le jour que la nuit (DE PARCEVAUX ET AL, 2007, ABDELOUAHAB Saliha 2012). La figure III.5 nous permet de constater que le vent souffle souvent d'une direction Nord (14,7 %) ou Sud (10,6%).



**Figure III.5 :** Fréquences des vents selon la direction (station météorologique de Rbahia) 1983-2012).

## III.2. Synthèse climatique :

Les indices climatiques fournissent des variables synthétiques qui combinent généralement des données climatiques moyennes. Ils ont été utilisés historiquement pour classer les climats en fonction de leur aridité par les hydrologues et les géomorphologues, (De Martonne, Gaussen, Moral) puis par les botanistes (EMBERGER, THORNTHWAITE ; in BOUDJEMAA.M 2012), (GUYOT, 1999).

### III.2.1 Diagramme ombro-thermique

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est dit sec si, "le total mensuel des précipitations exprimées en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne, exprimée en degrés centigrades"; cette formule ( $P \leq 2T$ ) permet de construire des diagrammes ombrothermiques traduisant la durée de la saison sèche d'après les intersections des deux courbes.

**Tableau III.2 :** Paramètres ombrothermiques

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
précipitations (mm)	23	41	44	34	38	36	40	36	31	12	6	12
Températures moy (°C)	23	18	13	10	8	9	12	14	18	23	27	27
2 T (°C)	46	36	26	20	16	18	24	28	36	46	54	54

Appliquée à la station de Rebahia, il résulte que la saison sèche s'étend du mois de mai jusqu'à octobre (Fig.III.6).

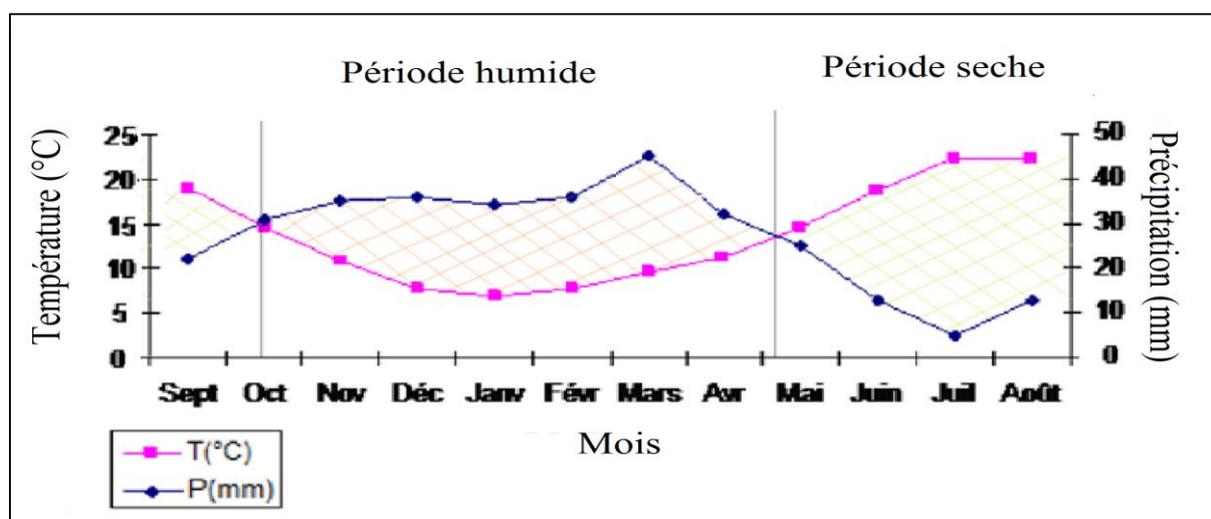


Fig.III.6- Diagramme ombro-thermique de Gausse

### III.2.2 Indice d'aridité de De Martonne :

Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (De Martonne, 1926) :

$$IDM = p/(T+10)$$

P : Précipitations moyennes annuelles (mm),

T : Températures moyennes annuelles (°C).

Pour notre station = P= 353 mm T= 16.83 °C IDM = 13.15

De Martonne a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice qui sont données dans le tableau 14 (Guyot, 1999).

**Tableau.III.3 :** Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne.

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < \text{IDM} < 5$	Hyper-aride
$5 < \text{IDM} < 10$	aride
$10 < \text{IDM} < 20$	Semi-aride
$20 < \text{IDM} < 30$	Semi-humide
$30 < \text{IDM} < 55$	humide

La valeur de l'indice annuel permet de situer le bassin versant se oued saida dans le climat semi-aride

En se référant à l'abaque établi suivant la méthode de DEMARTONE et en projetant les valeurs, on peut déduire que le climat de la région est de type semi-aride.

### III.2.3 Indice d'EMBERGER

Pour classer le climat, EMBERGER propose l'indice  $Q_2$  défini par la relation:

$$Q_2 = \frac{P}{\frac{(M + m)}{2} \times (M - m)} \times 1000$$

Où :

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud en kelvin (k) ;

(1k = 1°C + 273).

m : moyenne des températures minima du mois le plus froid en valeur en kelvin.

$Q_2 = 36.57$

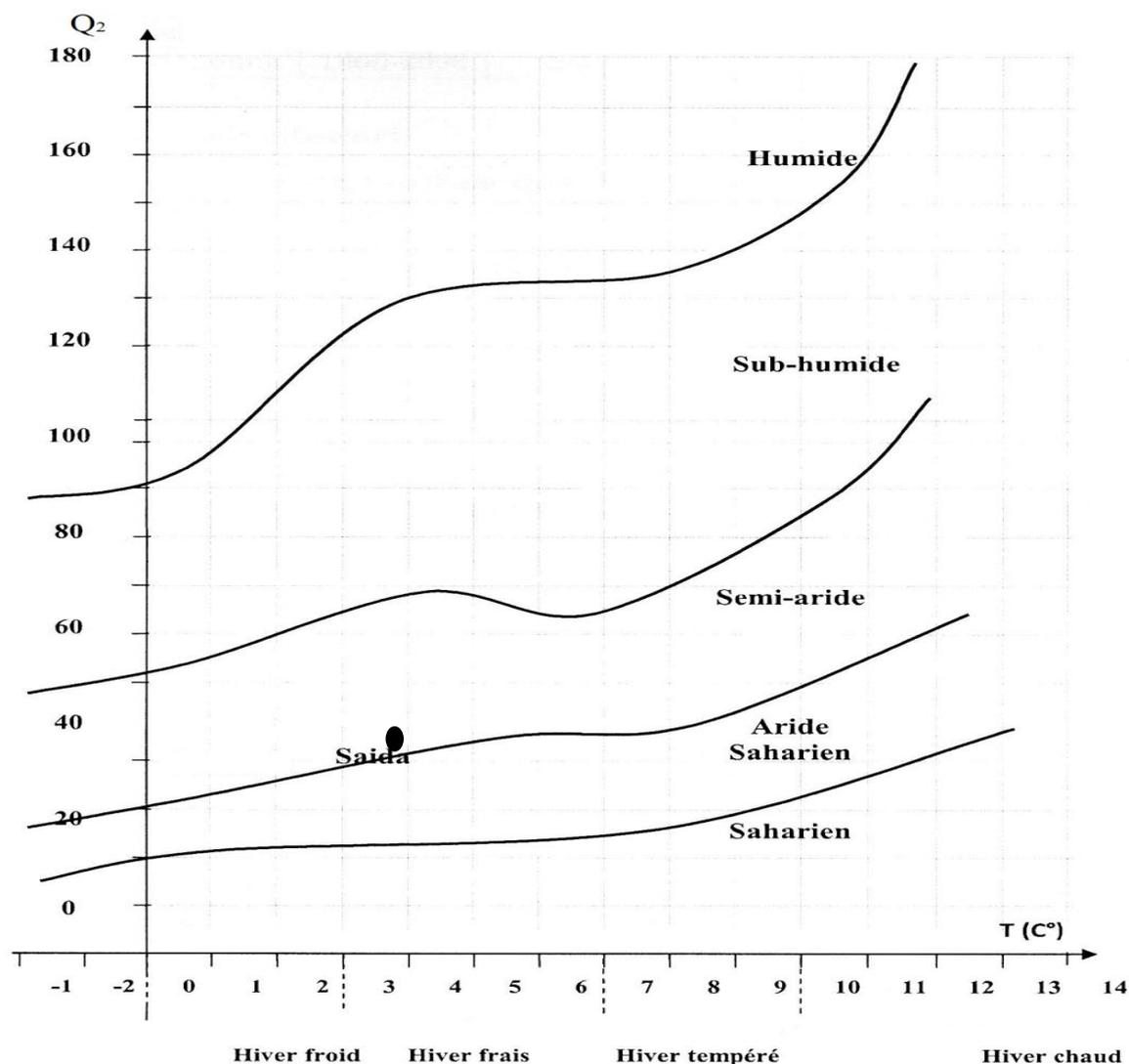


Fig.III.7-Abaque pour l'indice d'aridité annuelle d'après EMBERGER

### Conclusion :

D'après les résultats climatiques, on peut dire que le bassin versant de l'oued Saïda est caractérisé par un climat semi-aride de type méditerranéen qui se traduit par un hiver relativement froid et pluvieux et un été très chaud et sec, la saison humide s'étale depuis le mois d'octobre jusqu'à mai et la saison sèche s'étend sur le restant de l'année. La lame d'eau précipitée sur l'ensemble du bassin versant a été estimée à 353 mm et Les températures moyennes mensuelles présentent une valeur minimale en janvier ( $8^{\circ}\text{C}$ ) et une valeur maximale en juillet et Août ( $27^{\circ}\text{C}$ ) et ce pour la période 1983-2012

## IV.1 méthodologie

La méthodologie suivie au cours de cette étude repose sur des données satellitaires, topographiques, géologiques ainsi que sur des mesures et des observations, ces données sont ensuite intégrées et analysées dans un environnement SIG pour la restitution et la cartographie des zones exposées à l'érosion hydrique (fig.IV.7).

- une image ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiomètre) 1B du satellite TERRA; ce capteur est justement conçu pour les études géologiques (Abrams, 2000) ; il a une résolution spatiale élevée (15 m) dans le visible et le proche infrarouge (VPIR) ainsi que la possibilité d'observation stéréoscopique dans la bande 3 ; il possède aussi une bonne résolution spectrale dans l'infrarouge moyen (IM) .
- Une carte topographique de la région étudiée avec une équidistance des courbes de niveau de 10m ; cette carte a été numérisée et géopositionnée en fonction de la projection.
- Une carte géologique numérisée et géopositionnée en fonction de la projection.
- Une carte de pente numérisée et géopositionnée en fonction de la projection.
- Une carte du couvert végétal numérisée et géopositionnée en fonction de la projection.

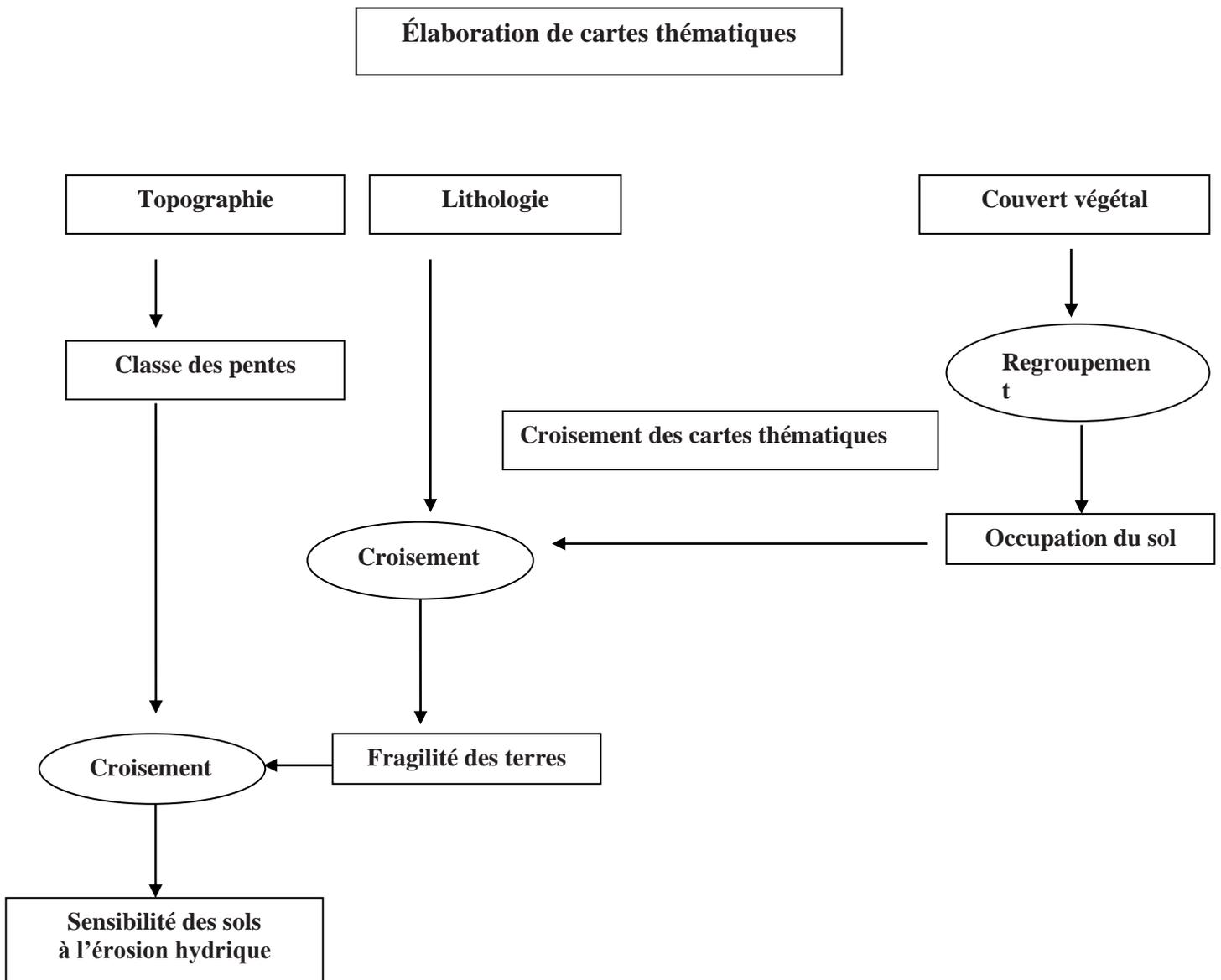
Pour estimer le taux ou l'état d'érosion, plusieurs méthodes sont adoptées dont les plus utilisées sont : l'équation universelle de perte de sol, USLE, (WISHMIEIER ET AL, 1978), la version modifiée, MUSLE, (FOSTER ET AL, 1996 ; in BOUCHTATA 2006) et le projet de prédiction de l'érosion hydrique, WEPP, (LAFLEN, 1991). Le choix du modèle dépend de la variabilité de la surface du bassin, des données ponctuelles et des précipitations (BONN, 1998). Ces modèles nécessitent un échantillonnage très précis à partir de mesures ponctuelles en parcelle et des cartes à échelles supérieure ou égale à 1/50.000. Dans la région d'étude, nous ne disposons que des cartes à 1/100.000. Pour pallier cet inconvénient, nous avons opté pour une méthode qualitative et simplifiée reposant sur la décomposition des inventaires topographiques, des inventaires géologiques et d'occupations des terres qu'on a, par la suite, intégré dans un système d'information géographique.

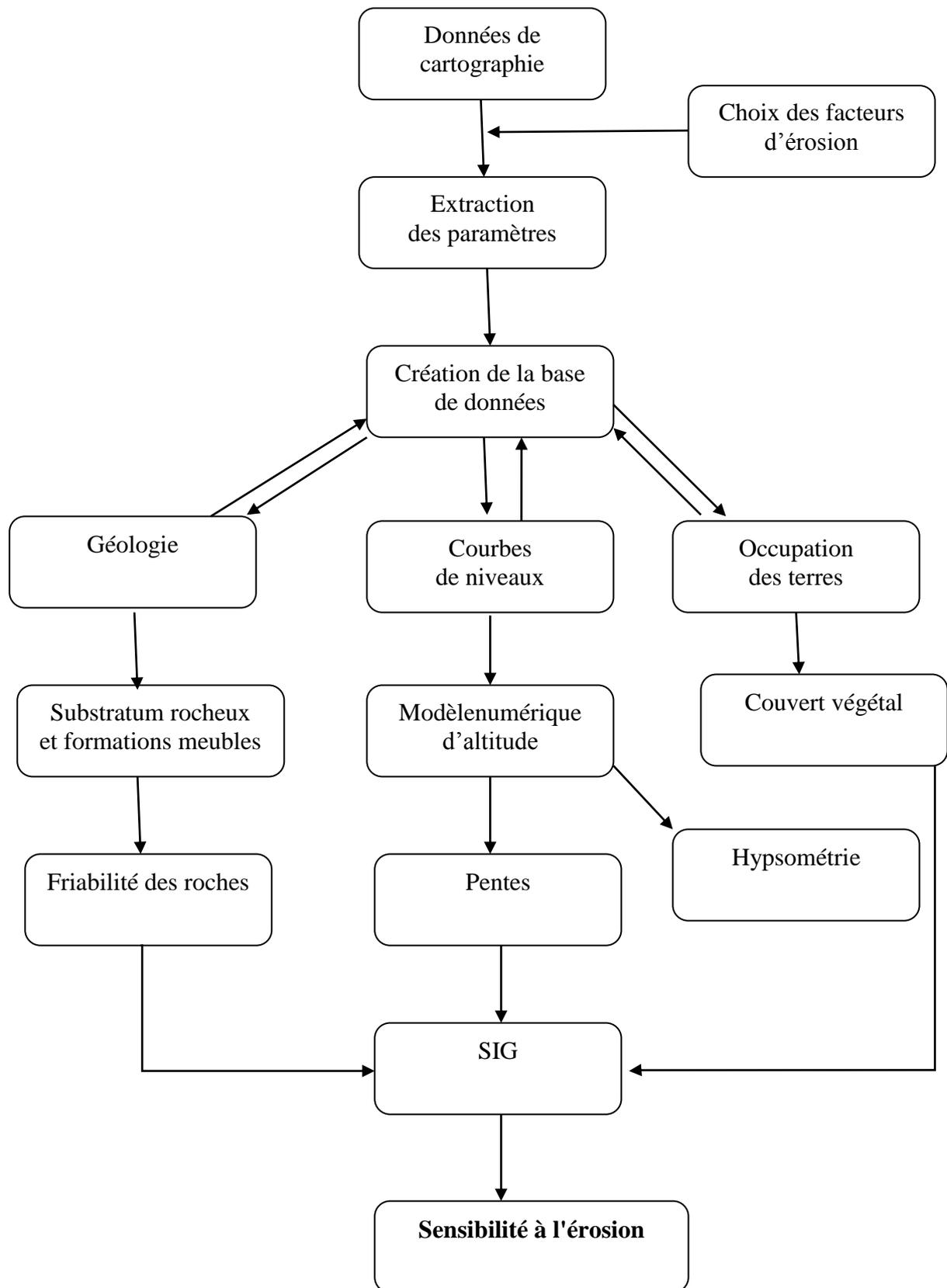
Le modèle numérique d'altitude (MNA) obtenu à partir de la numérisation des courbes de niveau de la carte topographique de la zone d'étude, a permis d'établir une carte d'altitude (hypsométrie) et une carte des classes de pente. Le nombre de classes a été choisi en fonction de nos connaissances du terrain.

L'identification des différents faciès lithologiques a été effectuée à l'aide de la carte géologique et des levés de terrain. Les lithos faciées ont été ensuite classées selon leurs degrés de friabilité (tableau .IV.4).

La carte de répartition des formes végétales est extraite de la carte de l'occupation des terres du bassin versant du l'Oued El hammam (KAMAL ETALI, 1986). Les formations végétales ont été classées en fonction de la densité, de la hauteur et du système cultural (tableau. V.2).

Fig.IV.1 Démarche méthodologique.





**Fig.IV.2.** Structure conceptuelle des étapes de réalisation d'un modèle de Sensibilité à l'érosion fondé sur un système d'information géographique

#### IV.1.1. Couvert végétal :

À partir des images satellitaires et des données recueillies auprès des services agricoles et de la conservation des forêts de la wilaya de Saida, une carte d'occupation de couvert végétal a été élaborée au 1/50 000 pour le sous bassin versant de l'oued Saida

Onze classes de couvertures végétales apparaissent.

À chaque classe, a été affecté un degré de protection contre l'érosion hydrique

- ✓ degré 1 : non protecteur.
- ✓ degré 2 : peu protecteur.
- ✓ degré 3 : moyennement protecteur.
- ✓ degré 4 : fortement protecteur.

La classification de ROOSE (1977) nous a servis pour dégager une classification appropriée.

ROOSE classe les couverts végétaux en trois groupes

- couvert végétal permanent.
- couvert végétal temporaire.
- couvert végétal incomplet.

Ce mode de classification a été détaillé en subdivisant le groupe couvert végétal

Incomplet en deux groupes : pâturage et sols nus.

##### **a/ Le couvert végétal permanent comprend :**

- Le couvert forestier
- Reboisements forestiers.
- cultures pérennes
- Plantation viticole et arboriculture fruitière.

##### **B/ Le couvert végétal temporaire comprend :**

- **les cultures annuelles** Céréales, agriculture extensive et semi intensive et les terres labourables.
- **Les pâturages** regroupent les parcours très dégradés et les moins dégradés

La classification dirigée par la méthode de maximum de vraisemblance, basée sur l'observation directe des catégories d'utilisation des terres, a permis d'obtenir une carte d'occupation des terres. quatre classes sont ainsi identifiées : les terrains cultivés, terrains nus, végétation très dense, végétation éparse ou de densité moyenne.

Chaque classe est assignée à une valeur entre 1 et 4, 4 étant affecté à la classe la moins vulnérable et 1 à la classe la plus vulnérable

**Tableau.IV.1** Occupation des terres et indices attribués

Occupation des terres	Indice Attribués	Affectation
Végétation très dense	4	fortement protecteur
Végétation éparses ou de densité moyenne	3	moyennement protecteur
Terrain cultivé	2	peu protecteur
Terrain nu	1	non protecteur

**Tableau.IV.2** Classes de sensibilité du couvert végétal à l'érosion.

Couvert végétal	Degré de protection
Forêt, Vigne, arboriculture	<b>4</b>
Céréales, Agriculture extensive, Terres labourables, Agriculture semi-intensive	<b>3</b>
Parcours très dégradés, Parcours	<b>2</b>
Sols nus	<b>1</b>

**Fig.IV.3:** Carte du couvert végétal du sous bassin versant de l'Oued Saida

D'après la carte obtenue, la répartition du couvert végétale au niveau du sous bassin versant est respectivement; 16.81% (terres peu et non protecteur), 66.24 % (terres moyennement protecteur) et seulement 16.99% est considéré comme protecteur.

#### **IV.1.2. Les pentes**

À l'aide du logiciel Arc View, la vectorisation des courbes de niveau de la carte topographique a permis de produire un modèle numérique d'altitude (MNA).

Celui-ci a servi à produire la carte des pentes (Fig.V.5), qui a été subdivisée en quatre classes de pentes : 0 à 5°; 5 à 15°; 15 à 35° et 35 à 90°. Pour chaque classe de pente est assigné un indice variant entre 1 et 4 (tableau. V.3), 1 étant affecté aux pentes faibles (< 5°) et 4 aux pentes fortes (>15°).

**Tableau .IV.3.** Classes de pente et indices attribués.

<b>Pentes</b>	<b>Indices</b>
<b>&gt;35%</b>	<b>4</b>
<b>15-35%</b>	<b>3</b>
<b>5-15%</b>	<b>2</b>
<b>0-5%</b>	<b>1</b>

**Fig.IV.4:** Carte des pentes du sous bassin versant de l'Oued Saida

Les terres à pente faible représentent 60.62% de surface, le reste, qui est de 39.37% est réservées aux pentes fortes; notons que ces dernières occupent surtout le sous bassin de Saida

#### **IV.1.3. La lithologie**

La carte lithologique du sous bassin versant de l'oued Saida laisse apparaître une grande diversité des formations superficielles avec prédominance des sols argileux issus des formations marneuses (fig.IV.5).

Les classes de sensibilité des sols pour chaque type de sol sont attribuées à partir des caractéristiques des sols, et de leur sensibilité à la battance et à la fissuration (Tableau .IV.4).

La classification de sensibilité comprend, par ordre décroissant, quatre classes des surfaces du bassin.

- 1 : très fortement sensible
- 2 : fortement sensible
- 3 : moyennement sensible
- 4 : faiblement sensible

**Tableau .IV.4.** Classement des sols en fonction de différentes caractéristiques

Type de sol	Caractéristiques	Sensibilité à la battance	Sensibilité à la fissuration	Classe sensibilité
Sablo-limoneux sur dolomie cristalline ou calcaire Bajo-Bathonien	Moyennement à peu profond – Texture équilibrée – Sols très filtrants – Stables sur croûte calcaire	Faible	Faible	3
Dolomies cristalline Aaléno-Bajocien	Moyennement à peu profond – Texture équilibrée – Sols très filtrants – Stables sur croûte calcaire	faible	faible	3
Alluvions	Texture limono-sablo-argileuse	Limitée	Faible	2
Marnes avec des bancs de grès du collovo-oxofordien	Texture sablo-limono-argileuse	Faible	Faible	4
Argile et conglomérat	Texture sablo-limono-argileuse	Faible	Faible	4
Grès à passages argileux	Texture limono-argileuse	limité	moyenne	1
Dolomies et calcaires	Texture limono-argileuse	limité	moyenne	1
Cailloutis, tufs, travertins	Texture limono-argileuse	limité		1

**fig.IV.5** : carte lithologique du sous bassin versant du oued Saïda

**IV.2. Résultat :**

**IV.2.1. Carte de fragilité des terres**

La carte d'occupation du sol a été croisée avec la carte lithologique pour l'élaboration de la carte de fragilité des terres (figIV.6.). Le croisement s'est fait sur la base d'une matrice appropriée.

Le résultat du croisement met en évidence quatre classes de fragilité des terres :

- 1: terres très fragiles représentent 32970 ha soit 53.07%.
- 2: terres fragiles représentent 16120ha soit 25,95%.
- 3: terres moyennement fragiles représentent 2626ha soit 4,22%.
- 4: terres peu fragiles représentent 10404 ha soit 16,74%

.Les terres très fragiles et fragiles représentent plus de 1.17% de la superficie du sous bassin-versant.

**figIV.6** carte de fragilité des terres à l'érosion hydrique

**IV.2.2. Carte de sensibilité des sols à l'érosion hydrique**

La méthodologie développée dans cette étude utilise des règles qualitatives, des évaluations et une hiérarchisation des paramètres intervenant dans l'érosion hydrique, occupation des terres (fig. IV.3), degré de pente (fig. IV.4) et lithologie. (**fig.IV.5**)

L'ensemble de ces données est intégré dans un SIG pour une meilleure gestion de l'information. La combinaison de ces cartes, suivant la règle de décision mentionnée sur le tableau (IV.5), a permis de produire une carte thématique appelée carte de sensibilité d'érosion (fig.IV.7). Celle-ci comprend trois classes : faible, moyen et fort.

**Tableau IV.5: Règles de décision**

Fragilité \ Pente	1	2	3	4
1	2	1	1	1
2	3	3	2	1
3	3	3	3	2
4	3	3	3	3

La carte de sensibilité des sols à l'érosion hydrique est réalisée par le croisement de la carte de fragilité des terres et la carte des pentes.

Trois classes apparaissent (fig.V.2)

- classe 1 : sensibilité forte à l'érosion représentent 21670 ha soit 34.88 %.
- classe 2 : sensibilité moyenne à l'érosion représentent 15490 ha soit 24.93%.
- classe 3 : sensibilité faible à l'érosion représentent 24960 ha soit 40.18%.

Près de 59.81% des sols sont sujet à l'érosion hydrique.

**fig.IV.7** carte de sensibilité des sols à l'érosion hydrique

Après une description généralisée du milieu physique de notre bassin, nous avons remarqué que la partie sud de notre sous bassin versant est très favorable au phénomène érosif contrairement à la partie sud-ouest Sud. Cette partie est accidentée où on rencontre des terrains à forte pente ( $> 15^\circ$ ) et un couvert végétal presque absent.

Les autres parties où la pente est comprise entre 5 et 15 présentent une vulnérabilité moyenne.

Les zones à vulnérabilité faible (pente  $< 5^\circ$ )

### IV.3. Synthèse :

Les éléments contenus dans les inventaires topographiques, les inventaires géologiques et d'occupation des terres ont été croisés dans un système d'information géographique. L'analyse et la modélisation spatiale de la friabilité du substratum lithologique, du couvert végétal et le degré de pente ont permis d'avoir une idée claire sur la gestion du sous bassin versant du Oued Saida et par conséquent produire un projet plus en harmonie avec la nécessité de protéger les barrages, situés en aval, contre l'envasement et la désertification dans la région.

L'érosion hydrique dans le bassin versant du oued de Saida résulte de la conjugaison de différents facteurs :

- Un climat semi-aride.
- Une lithologie à dominance tendre.
- Une couverture végétale très dégradée.
- Les techniques culturales non adaptées.
- Un relief très fort.
- Une érodibilité des sols.
- Une érosivité des pluies.

Celle-ci offre l'avantage d'intégrer pleinement le facteur anthropique en associant l'homme avec son savoir local, ses attentes et ses besoins.

## **IV.4 Types de protection proposées**

Pour la protection des sols du sous bassin versant d'oued de Saida contre l'érosion hydrique, deux types de mesures sont proposées : des mesures techniques et des mesures biologiques.

### **IV.4.1 Mesures techniques**

Elles se concentrent sur la correction torrentielle, vu l'importance de cette dernière, soit la construction de barrages de tous types et tailles. Ces ouvrages purement techniques ont tout d'abord pour but de diminuer la pente et par conséquent la vitesse d'écoulement le long du talweg. La rétention d'eau et de sédiments engendre une augmentation de l'humidité du sol à l'amont des ouvrages.

Les mesures biologiques peuvent être réalisées sur les sédiments retenus car l'humidité élevée facilite la croissance des plantes, qui sans ces interventions techniques, ne pourraient résister aux vitesses d'écoulement trop importantes dans les ravins.

#### **IV.4.1.1 Stabilisation des ravines**

Trois types de ravines sont reconnaissables : les ravines en V dues au ruissellement, les ravines en U dues au sapement de berges et celles qui sont dues à la suffusion.

Pour l'aménagement hydraulique des ravins, différents types d'ouvrages sont à distinguer :

- le seuil en gabion : ce type d'ouvrage n'est pas nouveau dans la région, il a fait l'objet d'un traitement des ravines du sous-bassin-versant. Du fait de sa robustesse, il est placé en tête de ravine .
- le seuil en pierres sèches : ouvrage simple, sa construction consiste à utiliser des matériaux non poreux, non friables, de préférence des roches éruptives, sédimentaires.
- le seuil en sac plastique : le principe est la superposition de sacs en plastique remplis de sable filtrant ou de terre avec une teneur nulle ou faible en argile.
- le seuil en traverse de bois, en grillage métallique et les digues en terres.

Ces différents types d'ouvrages doivent s'adapter aux différents types de ravines.

La correction des ravines profondes passe d'abord par la stabilisation mécanique du fond et des berges avant de réimplanter la végétation, sauf en milieu marneux trop souple, trop mobile pour supporter des barrages rigides. On fait alors appel à une correction biologique qui

fait intervenir à la fois des lignes d'arbres très serrées et des graminées à croissance rapide supportant d'être couvertes par des séries de sédiments.

Ces seuils doivent être efficaces, moins coûteux et réalisables avec les populations locales car la prise en compte des expériences des populations locales en matière d'aménagement anti-érosive du milieu constitue à la fois un gage de réussite et une manière de rendre hommage au savoir-faire paysan souvent ignoré par les aménagements modernes importants et coûteux mais éphémères. Dans une seconde étape, il faut réfléchir à la stabilisation des sédiments retenus par une fixation biologique. Les espèces à fort enracinement et à fort pouvoir recouvrant sont envisagées ; leur rôle est d'améliorer l'infiltration de l'eau dans le sol et de dissiper l'énergie du ruissellement et sa capacité de transport.

Du fait également du comblement des seuils, les atterrissements sont constitués de terre meuble et fertile. Ils accumulent tout au long de l'année des quantités d'eau relativement importantes. Les plantations d'espèces à développement racinaire dense et profond peuvent contribuer à les stabiliser. Elles doivent être aussi économiquement valorisantes, afin de retenir l'intérêt des paysans qui auront par la suite la charge de les entretenir.

#### **IV.4.1.2. Amélioration des systèmes de production**

La conservation des sols dans les zones dégradées du sous bassin versant de l'oued Saïda, ne doit pas se limiter aux seuls ouvrages de lutte anti-érosives mais doit allier aussi différentes pratiques et techniques agricoles qui permettent d'accroître la production et les revenus des paysans, tout en protégeant le sol et en maintenant sa fertilité. Si, dans le passé, des techniques ont été généralisées, d'autres pratiques qui pourraient être efficaces et rentables n'ont jamais été testées.

Aujourd'hui, les savoir-faire devraient être repensés dans un sens d'efficacité, de rentabilité et de durabilité. Il s'agit de certaines pratiques rentables, moins coûteuses et facilement reproduites par les paysans, et qui consistent à éviter toutes les actions favorisant le développement de l'érosion hydrique telles que l'abandon des terres, le surpâturage, les travaux du sol inadaptés, le labour suivant la ligne de pente.

#### **IV.4.2. Mesures biologiques**

##### **IV.4.2.1. Reboisement**

Le reboisement devrait porter sur le choix d'espèces forestières xériques s'adaptant aux conditions édapho-climatiques de la zone. Le pin d'Alep *Pinus halepensis* est l'unique essence forestière utilisée. Cela s'explique essentiellement de deux façons : la facilité de production de ces plants en pépinières (disponibilité facilitant l'approvisionnement des chantiers) et la bonne reprise de cette essence dans la zone de l'oued Saida.

Cependant une diversification des espèces à introduire est souhaitable car le pin d'Alep présente au moins deux inconvénients : sa sensibilité à la chenille processionnaire *Thaumetopea pytiocampa* Schiff. et sa sensibilité à l'incendie. Cet aspect donne toute son importance au travail des recherches forestières en matière de diversification.

#### **IV.4.2.2. Plantations fruitières**

L'introduction d'arbres fruitiers est recommandée. Ils jouent un rôle de protection du sol contre l'érosion tout en apportant un revenu à la population riveraine.

La plantation et le développement d'arbres fruitiers (oliviers, amandiers) et agroforestiers permettent d'apporter un soutien aux structures d'aménagement et une plus-value économique.

Le choix des essences fruitières doit se faire en fonction des exigences agroclimatiques des espèces et des vœux des riverains. Les espèces proposées en priorité sont les espèces rustiques telles que l'olivier, le figuier, l'amandier, le prunier, le grenadier.

Les espèces non rustiques comme l'abricotier, le pommier, le pêcher et le poirier doivent être localisées dans les zones où l'irrigation est possible.

#### **IV.4.3. Amélioration des parcours**

La protection des sols contre l'érosion ne peut se faire qu'à condition d'entretenir les plantations qui se trouvent au niveau des talwegs et des versants, au moins pendant les premières années et cela dans le but d'assurer la réussite des plantations et d'atteindre une densité et même de diminuer le débit solide.

L'élevage étant la ressource principale pour les riverains, il est donc indispensable d'améliorer les terres de parcours tout en veillant à éviter le surpâturage.

Le cheptel pâture les céréales en cas d'années à faible production agricole et les chaumes ou les parcelles en jachère en années normales. Les forêts et les matorrals, malgré les interdictions de pâturage, fournissent un complément très important pour les troupeaux. C'est la commercialisation des animaux qui fournit les revenus monétaires des paysans .

Le choix des espèces fourragères doit tenir compte de leurs exigences écologiques. L'Atriplex est une espèce fourragère à enracinement très profond, utilisée pour la protection des berges et des talwegs ; la luzerne arborescente *Medicago arborea* est recommandée pour sa richesse en protéines.

Pour les berges, la méthode de fixation biologique est la plus efficace, mais les mesures techniques (procédures mécaniques) sont indispensables afin de réduire la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement.

## Liste des tableaux

---

<b>Table.....</b>	<b>Page</b>
Tableau I.1: les forme d'incision due a l'érosion chronique .....	12
Tableau II.1 : la répartition altimétrique du sous bassin versant d'Oued Saïda.....	28
Tableau II.2 : superficie du chaque classe de pente .....	33
Tableau II.3 : répartition de la population par zone d'habitat 2013.....	44
Tableau II.4: répartition du cheptel de la zone d'étude .....	44
Tableau III.1 : période de gel au cour des années 1983-2012 .....	49
Tableau III.2: paramètre ombrothermique .....	50
Tableau III.3 : classification du climat en fonction de la valeur de l'indice de De Marton ....	51
Tableau IV.1 : occupation des terre et indice attributes .....	59
Tableau IV.2 : classe de sensibilité du couvert végétal a l'érosion .....	59
Tableau IV.3 : classe des pentes et indice attributes .....	61
Tableau IV.4 : classement des sols en fonction des défèrent caractéristiques .....	63
Tableau IV.5 : règle de décision .....	65

---

## Liste des figures

---

<b>Figure :</b> .....	<b>Page</b>
Figure I.1 : photo représente certain pratique agricole qui favorise l'érosion hydrique..	08
Figure I.2 : photo représente l'action de l'homme par le défrichement de foret.....	08
Figure I.3 : photo représente l'érosion en griffe .....	10
Figure I.4 : photo représentatif de petits sillons parallèles d'environ 10 cm de profondeur	11
Figure I.5 : photo représentatif des rigoles .....	11
Figure I.6 : photo représentatif de ravinement .....	12
Figure I.7 : image représente les différents types d'érosion .....	15
Figure I.8: érosion des bergers Oued Saïda.....	15
Figure I.9: mécanisme de l'érosion hydrique .....	16
Figure I.10 : effet splash rajailissement de goutte tombant au sol .....	17
Figure I.11 : destruction des ouvrages (pont du quartier commando Mejdoub w. Saïda	19
Figure II.1 : situation géographique d la wilaya de Saida .....	23
Figure II.2 : carte des limites administratives de la wilaya de Saida .....	24
Figure II.3 : localisation du bassin versant de l'Oued de Saida .....	25
Figure II.4: influence de la forme du bassin versant sur l'hydrogramme de crue .....	27
Figure II.5 : carte altimétrique du sous bassin versant du l'Oued de Saida.....	29
Figure II.6 : courbe hypsométrique et diagramme fréquence altimétrique du sous bassin versant de l'Oued Saïda.....	29
Figure II.7 : répartition schématique du rectangle équivalent du bassin versant de l'Oued Saïda .....	31
Figure II.8 : carte des pentes du sous bassin versant de l'Oued Saïda .....	33
Figure II.9 : log stratigraphique de la vallée de Saïda .....	39
Figure II.10: colonne hydrogéologique de la région de Saïda .....	42
Figure III.1 : histogramme des précipitations mensuelles de Saïda .....	47
Figure III.2 : histogramme des precipitation saisonieres de Saïda .....	47
Figure III.3 : courbe de température moyenne, minimal, maximal mensuelle	48
Figure III.4 : histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle .....	49
Figure III.5 : fréquence de vent selon la direction .....	50
Figure III.6 : diagramme ombrothermique de Gausse .....	51
Figure III.7 : abaque pour l'indice d'aridité d'après EMBERGER .....	53
Figure IV.1 : démarche méthodologique .....	56
Figure IV.2 : structure conceptuelle des étapes de réalisation d'un modèle de	57

---

## Liste des figures

---

sensibilité a l'érosion fondé sur un système d'information géographique	
Figure IV.3 : carte du couvert végétal du sous bassin versant de l'Oued de Saida .....	60
Figure IV.4 : carte du pente du sous bassin versant de l'Oued Saida .....	62
Figure IV.5 : carte lithologique du sous bassin versant de l'Oued Saida .....	64
Figure IV.6 : carte de la fragilité des terres à l'érosion hydrique .....	65
Figure IV.7 : carte des sensibilités des sols à l'érosion hydrique .....	66

---

## LISTE DES TERMES ET SIGLES

---

S.I.G : Système d'information géographique

FAO : Food and agriculture organisation

ANRH : Agence Nationale des Resource Hydrique

DPAT : Directeur de la planification et de l'aménagement des territoires

DSA : Direction de service agricole

ASTER : Advanced spaceborne thermal émission and réfection

VPIR : Visible et le proche infrarouge

IM : Infrarouge moyenne

USLE : Universel soil loss équation

MNA : Model numérique d'altitude

DHWS : Direction hydraulique de la wilaya de Saïda

---

## ANNEXE

### Annexe 1 : les données climatiques de la wilaya de Saida 1983 - 2012

#### 1. Données statistiques des précipitations moyennes (1983-2012) SAIDA

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octo	Nove	dece
P(mm)	38	36	40	36	31	12	6	12	23	41	44	34

#### 2: moyenne saisonnier de précipitation pour la période (1983,2012)

saison	hiver	printemps	Eté	Automne
P (mm)	108	107	30	108

#### 3 :Moyennes mensuelles des températures minimales (m) pour la période (1983-2012)

parametre	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	octo	nove	dece
T <sub>c</sub> min moye	3	3	5	7	10	15	18	19	15	12	7	4

#### 4 : Moyennes mensuelles des températures maximales (1983-2012)

Parametre	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece
T <sub>c</sub> max moy	14	15	18	21	26	32	36	36	30	25	18	15

#### 5 : Moyennes mensuelles des températures

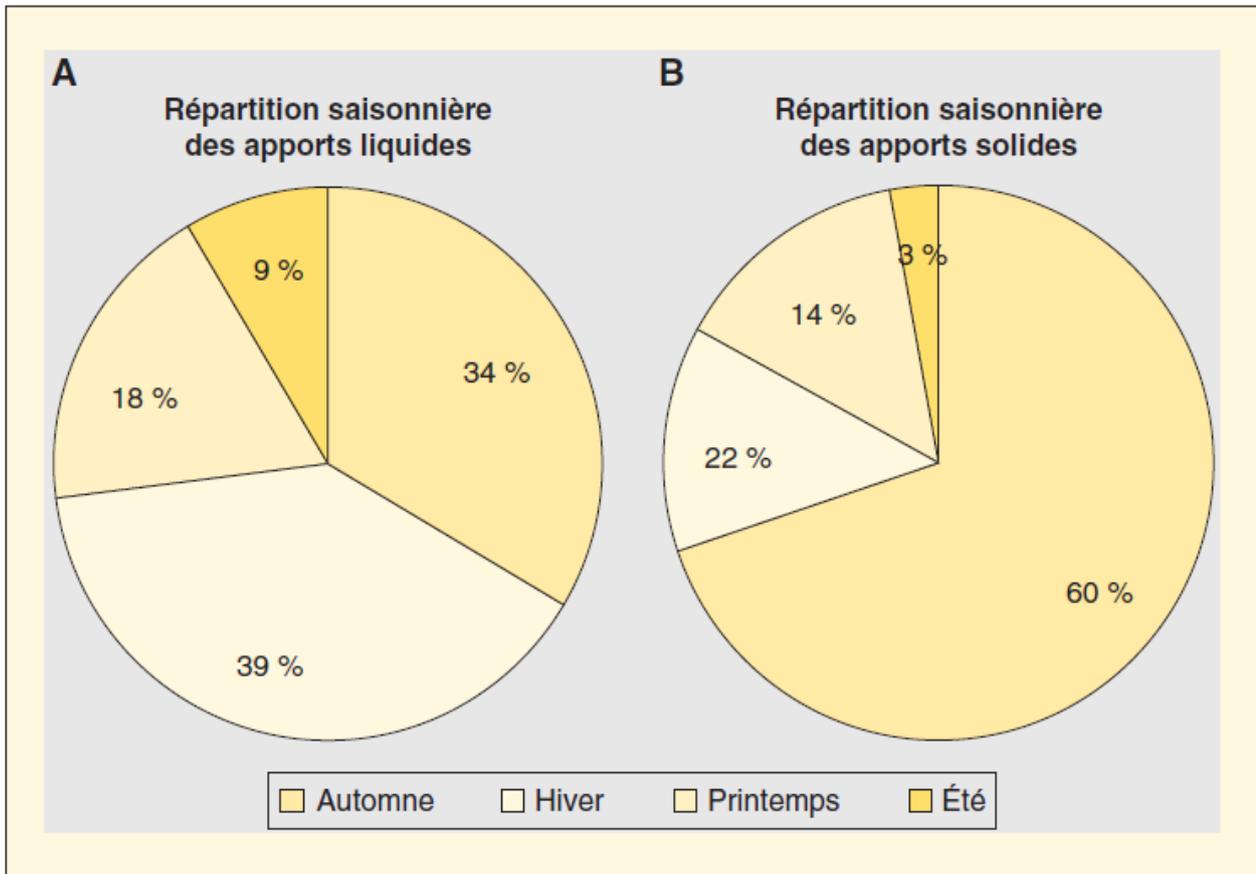
parametre	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	octo	nove	dece
T <sub>c</sub>	8	9	12	14	18	23	27	27	23	18	13	10

### Annexe 2 : estimation du transport solide de oued Saida

#### 1 : estimation des transport solide de oued Saida

Saison	Automne	hiver	printemps	Eté	année
A <sub>l</sub> (Hm <sup>3</sup> )	4.35	5.06	2.33	1.14	12.88
A <sub>s</sub> (t)	17796	6704	4448	706	29654
A <sub>ss</sub> (t/km <sup>2</sup> /an)	32.7	12.3	8.2	1.3	54.5

## ANNEXE



2 : Répartition saisonnière des apports liquides et des apports solides 1980-1981 à 2009-2010 (oued Saïda, station hydrométrique de Sidi-Boubkeur)

**Annexe 3** : les cartes des sous bassin versant d'oued Saïda

## ANNEXE

---

1. Carte hydrologique des sous bassin versant de oued saida
2. Carte d'occupation des sols de 1992



**Référence bibliographique :**

**Abdelouahab Saliha Et Al** 2012 ; vulnérabilité des sols forestiers aux incendies. etude des caracteres physico-chimique des sols de la foret(djaafra cheraga) commune d'Ain el hadjar de la wilaya de Saïda (Algérie) thèse d'ingéniorat en biologie université de Saïda. P 66.

**A.N.R.H** ; agence nationale des ressources hydriques.

**Aouadj.S Et Al** 2009 ; utilisation du SIG pour la cartographie au risque d'érosion hydrique du sol dans la région du Saida thèse d'ingéniorat en biologie université de Saïda 28-39 p.

**Bahija.b et al** 2007 : cartographie des zone à risque d'érosion hydrique exemple du haut atlas marocaine ; revue de télédétection vol 07 n° 1.2.3.4. P 393-404.

**Biko Mbouma Bassoglog** 2012 utilisation d'un système d'information géographique et de l'équation universelle de perte en terre pour prédire le risque d'érosion pluviale dans une monoculture de bananier (musa sapientum) Université De Dschang - Ingénieur Agronome P122.

**Bon** 2011 : système d'information géographique biophysique des terre pour la culture de l'ananas dans la plantation de Haut pendja, mémoire d'Ing agronome, département de science de sol, université de Dshang 98p.

**Bonn**, 1998 la spatialisation de modèle d'érosion des sol a l'aide de la télédétection et de SIG vol 9 n°3 p 185-192.

**Bouchetata.A** 2006 influence de transport solide sur l'envasement du barrage de fergoug article scientifique secheresse 2006 ; vol 17 N°3.

**Boudjema.M** 2012 contribution a l'étude de l'impact de la pollution de l'oued de Saïda sur la qualité des eaux minérales thèse de magister en hydraulique université de Mascara P 164.

**Boukheir.R et al** 2001 érosion hydrique du sol dans les milieux méditerranéen article scientifique étude et gestion des sols vol 08 N°4 p 231-235.

**Calvet** 2003 : le sol, propriété et fonction France Agricole Editions 511p.

**Chakroun.H** 1993 intégration d'un modèle hydrologique conçu pour la télédétection d'un modèle de pert du sol dans un SIG département de géographie et télédétection, université de Sherbrooke 39 p.

**Dahmani.A** 2012 contribution a l'étude de l'érosion et du ruissellement des sols rouges dans les monts de Tlemcen : utilisation de simulation de pluies thèse de magister en foresterie université de Tlemcen p130.

**DH** : direction d'hydraulique de la wilaya de Saïda.

**Djebour.L Et Al** 2010 caractéristique hydrique et physique chimique de point d'eau du bassin versant d'oued Saïda thèse d'ingénieur en hydraulique université de Saida 09-34 p.

**Djelailia Zoubida Et Al** 2012 bilan des incendies et de la dynamique de la végétation dans la forêt de djaafra cheraga et la foret de tafrent (wilaya de saïda) thèse d'ingénieur en biologie université de Saida.p 88.

**DPAT** : direction de la planification et de l'aménagement du territoire.

**D.S.A** : direction des services agricoles.

**Grico** 1966 : l'érosion, la défense et la restauration des sols et le reboisement en Algérie 303p.

**FAO** 1990 conservation des sols et des eaux dans les zones semi-aride – Rome, bulletin pédologique n°57 182p.

**FAO** 1998 : utilisation de système d'information géographique dans le développement durable service de l'environnement et des ressource naturel divisions de recherche, de la vulgarisation et de la formation. Rome.

**Guyot G. 1999** : climatologie de l'environnement. Paris 2 ème Edition, 525 p.

**Lalfen Et Al** 1991 : a new génération of érosion preductinge technologie, journal of soil and water conservation vol 46 P 34-38.

**Le bissonnais 1996** : agregate stability and assecment of crustability and erodability theorie and methodologie, european journal of soil science n°47 p437.

**Maiga. Y,** 1993, contribution a l'étude hydro climatologique du bassin versant de l'oued Saïda. Thèse d'ing. Institut d'agronomie centre universitaire de mascara.

**Medjber** 2011 influence de la variabilité des précipitations sur le taux de sédimentation dans plusieurs barrages algériens revue scientifique et technique LJEE N°19 P 90-99.

**Pitaud. G,** 1973. étude hydrogéologique pour la mise en valeur de la vallée de l'oued Saïda (rapport de synthese).

**Remini Et Al**, 2003 les barrages du Maghreb face au phénomène de l'envasement revue vecteur environnement (canada) .

**Roch M** 1963 : hydrologie de surface édite O.R.S.T.O.M paris.

Station météorologique de la wilaya de Saïda

**Trabaud L.** 1998 : la climatologie. Paris 95 P.

**Wischmeier And Smith**, 1978 : predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planing USDA. Agriculture handbook N 537 washington DC 58p.

**Yles.F Et Al** 2012 ; quantification et modélisation du transport solide dans le bassin-versant de l'oued Saïda (hauts plateaux algériens) article scientifique sécheresse ; vol 23 N°4.

**Youssef.S** 2011 l'érosion hydrique au Maghreb étude d'un cas: le bassin" versant de l'oued Barbara (Tunisie septentrionale) université Québec à Montréal 124 P.

(1) :[http://www.grae.be/index/cariboost\\_files/06-10-13\\_20ucl-geru\\_20-\\_20erosion.pdf](http://www.grae.be/index/cariboost_files/06-10-13_20ucl-geru_20-_20erosion.pdf)

(2) : [http://www.memoireonline.com/06/09/2109/m\\_evaluation-de-lerosion-dans-le-bassin-versant-de-la-riviere-grise-haiti1.html](http://www.memoireonline.com/06/09/2109/m_evaluation-de-lerosion-dans-le-bassin-versant-de-la-riviere-grise-haiti1.html)

(3) : "<http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/ii.formes.html>

## ملخص :

الحوض المائي لوادي سعيدة هو جزء من الحوض المائي للمقطع، يتميز بمناخ شبه جاف، امطار غير منتظمة على مدار السنة مع وجود ضغوطات انسانية وحيوانية في نفس الوقت ( قطع الاشجار الغابية، التوسع العمراني والرعي المكثف مسببتا للانجراف الشديد للتربة، وفقا للوكالة الوطنية للموارد المائية يقدر كمية الرواسب الناتجة عن انجراف التربة ب 66729 طن/سنة مساهمة بذلك في نقص نسبة المياه في سد ويزرت.

اجرينا هذه الدراسة باستخدام نضام المعلومات الجغرافية والتي سمحت لنا باستخراج خريطة اصطناعية لتوزيع المناطق المستهدفة لانجراف التربة مستنتجين بذلك العوامل المؤدية لانجراف التربة والتي هي: الانحدار الشديد، قابلية التربة للانجراف والغطاء النباتي

## Résumé

Le sous bassin versant de l'oued Saida fait partie du bassin de la Macta, est caractérisé par un climat semi-aride. Des pluies irrégulières, le plus souvent à caractère orageux, combinées à une pression anthropozoogènes (déforestation, urbanisation, surpâturage) provoquent une érosion sévère. Selon l'Agence national des ressources hydriques, les apports solides (sédiments issus de l'érosion) sont estimés à 29 667 t/an, les sédiments contribuent à l'envasement du barrage d'Ouizert.

Cette étude a été réalisée à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG), a permis de hiérarchiser les différentes zones du sous bassin versant, en produisant une carte synthétique de répartition des degrés de sensibilité à l'érosion, et d'établir les facteurs décisifs qui contrôlent l'érosion hydrique qui sont, par ordre d'importance, la pente, l'érodibilité des sols et la couverture végétale

## Summary :

Under catchment area of the wadi Saida is a part of the basin of Macta, is characterized by a semi-aride climate. Irregular rains, generally in stormy matter, combined with a pressure anthropogenic (deforestation, urbanisation, overgrazing) cause a severe erosion. According to the Agency national of the water resources, the solid contributions(sediments resulting from erosion) are estimated at 29,667 t/in, the sediments contribute to the silting of the dam Quizlet.

This study was carried out using a Geographical Information system (SIG), made it possible to treat on a hierarchical basis the various zones of under catchment area, by producing a synthetic map of distribution of the degrees of sensitivity to erosion, and to establish the deciding factors which control hydrous erosion which is, by order of importance, the slope, the erodibility of the grounds and the vegetable cover