

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS**

**MOSTAGANEM**



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

**Département d'agronomie**

**Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de master**

**Spécialité:** Gestion conservatoire des eaux, des sols et de l'environnement

**Intitulé :**

**Appréciation des risques d'érosion hydrique dans le bassin versant dans la région d'El bayadh (cas d'oued Deffa ) par la télédétection**

Réalisé par

**SEHLI Hadjer**

*Devant le jury :*

*Président : M' HADDAD.A*

*Pr U. Mostaganem*

*Examineur: M' BOUALEM .A.E.K*

*MCB U. Mostaganem*

*Encadreur : M' HARTANIA*

*MAA U. Mostaganem*

**Année universitaire : 2016/2017**

# Remerciements

*Avant tous, je remercie allah tout puissant qui m'a guidé tout au long de ma vie, qui m'a permis de m'instruire et d'arriver aussi loin dans mes études, qui m'a donné courage et pour passer tous les moments difficiles, et qui m'a permis d'achever ce travail.*

*Je tiens à présenter mes humbles et sincères remerciements ainsi que toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude à mon promoteur Monsieur **M HARTANI AHMED**, pour tout son dévouement lors de mon encadrement, pour tout son aide et ses précieux conseils et ses encouragements incessants, et surtout pour sa patience et sa compréhension.*

*Je tiens aussi à remercier les membres de jury **M. HADDAD**, pour avoir Accepté de présider le jury et **M. BOUALLEM** pour avoir bien voulu me faire Honneur d'examiner mon mémoire.*

*Ma reconnaissance et gratitude envers tous les enseignants, les responsables et les agents du Département d'Agronomie de l'Université Abd El hamide Ibn Badis de Mostaganem sans exception.*

*Je tien aussi à remercier tous ceux qui m'ont facilité le long travail nécessité par cette étude à savoir :*

*Les cadres du haut commissariat de développent de la steppe de la wilaya d'El bayadh, mes spécial Chaleureux remerciements à **M.ROUISSAT A.E.K** pour leur précieux consiels.*

***M. guerroudj abd el halim** docteur à université de laghwat*

*Les cadres de la direction des ressources en eau de la wilaya d'El bayadh, et surtout mes oncles **GUARAOUI Djellali** et **AMEUR Moulay ahmed**.*

*Les cadres de la direction de l'agriculture et surtout **M.BOUNIF A.E.K**.*

*Et j'aimerais adresser mes sincères remerciement à mes très chers parents mon oncle **SEHLI Benomrane**, mes frères et mes seours.*

*Je ne sais comment exprimer ma gratitude à **M.DJELLOULI Boulafa** ,*

***M.MAAMERI Chiekh** et mes amis de **GCESE**.*

*En fin je tiens à exprimer, mes remerciements à toutes les personnes qui ont Participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail .*

**SEHLI HADJER**

# *Dédicace*

*A Mes êtres les plus chers, mes parents dont le rêve était toujours de  
Me voir réussir. Qu'ils sachent que leur place dans mon cœur et ma  
Pensée, reste et demeure immense.*

*A Mes adorables frères et sœurs pour leurs amours, leurs  
Patiences et leurs encouragements, Que dieu les protège.*

*A mes chers Oncles **Benomrane** et **Djellali**.*

*A tout les membres de la famille, grands et petits, Que ces modestes  
Lignes leur servent de témoignage à mon attachement indéfectible  
Au lien sacré de la famille.*

*A mes chères amies **Asma**, **Fatima**, **Houda**, **Imane**, **Malika**, **Nassima**,  
**Noura** et **Soumia** pour sa patience et  
Son énorme soutien moral tout au long de mes études*

*A mes amis qui sont toujours là près de moi dans les bons moments  
Mais aussi dans les mauvais.*

*A Tous ceux qui ont pensé à moi.*

***Hadjer***

## **Résumé**

Dans le présent travail on essaye d'étudier la dégradation du sol et l'érosion hydrique via la télédétection et les systèmes d'information géographiques (SIG) pour cartographier les zones à risque d'érosion hydrique dans une région semi-aride (cas du bassin versant d'Oued Deffa wilaya d'El Bayadh), et de produire une carte d'érosion qui peut être utilisée comme document de référence d'aide à la décision.

La méthodologie présentée consiste à intégrer, dans un SIG, les facteurs contrôlant l'érosion l'érodabilité des sols, l'érosivité des pluies, et la pente selon la méthode BONFILS.

La carte de risque d'érosion dérivée montre trois zones de vulnérabilité à l'érosion hydrique.

**Mots clés :** érosion hydrique, érodabilité, érosivité, SIG, télédétection, Oued Deffa , El Bayadh.

## ملخص

في هذا العمل نحاول دراسة تدهور التربة و انجرافها بفعل المياه باستخدام أداة الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية على خريطة المناطق المعرضة للانجراف في المنطقة شبه جافة ( حالة مستجمعات المياه في وادي دفة لولاية البيض) و إنتاج خريطة لمخاطر الانجراف التي يمكن استخدامها كوثيقة مرجعية للمساعدة في اتخاذ القرار و المنهجية المقدمة في دمج نظم المعلومات الجغرافية.

العوامل المؤثرة على انجراف التربة , وهطول الأمطار و المنحدر وفقا لطريقة BONFILS خريطة خطر الانجراف المستمدة توضح لنا ثلاثة مناطق معرضة للانجراف منخفضة, متوسطة و عالية.

**الكلمات المفتاحية :** انجراف التربة , نظم المعلومات الجغرافية , وادي دفة ,

## **Abstract**

In this work we're trying to study the degradation of soil using remote sensing and geographical information systems (GIS) to map areas at risk of erosion in a semi-arid region (in the case of the watershed of oued Deffa ,wilaya of El Bayadh). And produce a map of erosion that can be used as a document of reference for decision support.

The methodology is to integrate into a geographic information system factors controlling erosion the erodibility of the rains ,and the slope method BONFILS derived erosion risk map shows three areas of vulnerability to erosion by water.

**Keywords :** erosion , erodability , erosivity ,GIS, El Bayadh , oued Deffa.

## Liste abrégiation

**HCDS** Haut commissariat au développement de la steppe.

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

**ANDI** : Agence nationale au développement de l'investissement.

**DPSB** : Direction de Programmations et Suivi Budgétaires.

**FAO** : Food and Agriculture Organisation.

**DGF** : Direction Générale des Forêts.

**UNED** : Université Nationale d'Enseignement à Distance.

**UVED** : Université Virtuelle Environnement et développement Durable.

**ANAT** : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.

**DSA** : Direction des Services Agricole.

**NDVI** : Normalized Difference Vegetation Index.

## Liste des figures

- Figure I.1. La carte de localisation de la zone d'étude (**HCDS D'EL BAYADH 2017**)
- Figure I.2. Limites administrative de la Wilaya d'El Bayadh (**DPAT ,2010**)
- Figure I.3. Population occupé par branche d'activité (**ANDI ,2013**)
- Figure I.4. Répartition de la pluviométrie mensuelle de la station d'el bayadh (**1971-2009**)
- Figure I.5. Précipitation moyennes annuelles de la station d'el bayadh période (**2003-2014**).
- Figure I.6. Répartition des températures moyennes mensuelles (**1971-2010**).
- Figure I.7. Température moyennes annuelle de la station de d'el bayadh (**2003-2014**) pour les températures et (**1975-2007 pour les pluviosités**)
- Figure I.9. Carte réseau hydrographique wilaya d'El Bayadh (**HCDS D'EL BAYADH 2017**)
- Figure I.10. Réseaux Hydrographiques **du BV de la zone d'étude (HCDS d'El Bayadh)**
- Figure II.1. Diagramme de Hjulstrom (1935)
- Figure II.2. Mécanisme d'érosion hydrique
- Figure II.3. Image représente les différents types de l'érosion hydrique
- Figure II.4. carte de profil de model numérique du terrain de la zone d'étude
- Figure II.5. la carte des pentes de la zone d'étude (**HCDS d'El Bayadh 2017**)
- Figure III.1. Localisation du bassin du Chott Chergui en Algérie
- Figure III.2 . carte d'occupation de terre (HCDS 2017)
- Figure I.1. Télédétection à l'aide des satellites (**UVED, 2008**).
- Figure I.2. La détection stéréoscopique par SPOT
- Figure I.3. Le satellite SPOT-5
- Figure I.4. Aperçu de la partie Nord de la scène d'El Bayadh.
- Figure I.5. Aperçu de la partie sud de la scène d'El Bayadh.
- Figure I.6. Extrait de la spatiocarte SPOT5 de la zone d'étude
- Figure I.7. Etapes de délimitation des bassins versants
- Figure II.1. Triangle des textures des sols
- Figure II.3. La carte d'érosivité des pluies (**HCDS d'El Bayadh 2017**)
- Figure II.2. La carte d'érodabilité de sol (**HCDS d'El Bayadh 2017**)
- Figure III.1. Carte de risque d'érosion de la zone d'étude (Bassin Versant Oued Deffa)

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I.1. Outil de télédétection

Tableau I.2. Outils et matériels utilisés lors des traitements des données

Tableau I.3. Donnée spatiale utilisée

Tableau I.4. Bandes spectrale de SPOT-5

Tableau I.5. Caractéristiques de la partie Nord de la scène SPOT-5.

Tableau I.6. Caractéristiques de la partie sud de la scène SPOT-5

Tableau II.1 : des propriétés et des classes d'érodabilité des sols de chaque unité spatial

Tableau II.2 : les précipitations moyennes mensuelles, la moyenne annuelle, et de  $\frac{(Pi)^2}{P}$

Tableau II.3. l'indice xéothermique (p) de la période sèche

Tableau II.4. les classes des pentes.

Tableau III.1. Risques d'Erosion des Sols

*Remerciement*

*Dédicace*

*Résumé*

Liste illustration

**INTRODUCTION GENERALE.....01**

## **PREMIERE PARTIE**

**Chapitre I :**

<b>I).Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.1 Définition du bassin versant .....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.2 Morphométrie .....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.2.1La surfaces.....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.2.2 Le périmètre .....</b>	<b>03</b>
<b>I.1.3 Caractéristiques de forme .....</b>	<b>04</b>
<b>I.2situationgéographique et cadre socio-économique.....</b>	<b>05</b>
<b>I.2.1 situation géographique .....</b>	<b>05</b>
<b>I.2.2 cadre socio-économique.....</b>	<b>06</b>
<b>I.2.2.1 démographie .....</b>	<b>06</b>
<b>I.2.1.2 Economie de la région.....</b>	<b>06</b>
<b>I.3 milieu physique.....</b>	<b>06</b>
<b>I.3.1 Les Hautes Plaines.....</b>	<b>06</b>
<b>I.3.2 L'Atlas saharien.....</b>	<b>07</b>
<b>I.4 Cadre climatique.....</b>	<b>07</b>
<b>I.4.1 Précipitation .....</b>	<b>08</b>
<b>I.4.2 .Température .....</b>	<b>09</b>
<b>I.4.3 humidité relative .....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.3.1 synthèse bioclimatique .....</b>	<b>10</b>
<b>I.5 Le cadre géologique .....</b>	<b>11</b>
<b>I.6 La géomorphologie .....</b>	<b>12</b>
<b>I.7 L'hydrogéologie.....</b>	<b>12</b>
<b>I.8 La pédologie.....</b>	<b>13</b>

<b>II.1 Erosion hydrique des sols .....</b>	<b>14</b>
<b>II.2 Mécanisme de l'érosion hydrique.....</b>	<b>14</b>
<b>II.2.1 Le détachement.....</b>	<b>14</b>
<b>II.2.2 Le transport.....</b>	<b>15</b>
<b>II.2.3 La sédimentation.....</b>	<b>16</b>
<b>II.3 LES FORMES DE L'ÉROSION HYDRIQUE .....</b>	<b>16</b>
<b>II.3.1 L'érosion en nappe.....</b>	<b>16</b>
<b>II.3.1.1 L'importance de l'érosion en nappe dépend à la fois de .....</b>	<b>16</b>
<b>II.3.2 L'érosion linéaire (micro-Channel ou Rill Erosion) .....</b>	<b>17</b>
<b>II.3.3 L'érosion en masse.....</b>	<b>18</b>
<b>II.4 Facteurs naturels.....</b>	<b>18</b>
<b>II.4.1 Climat.....</b>	<b>18</b>
<b>II.4.2 Couvert végétal.....</b>	<b>19</b>
<b>II.4.3 Lithologie.....</b>	<b>19</b>
<b>II.4.4 Topographie.....</b>	<b>19</b>
<b>II.4.5 Facteurs anthropique.....</b>	<b>22</b>
<b>III.Choix de l'entité spatiale d'intégration.....</b>	<b>23</b>
<b>III.1 Identification du bassin versant du Chott chergui.....</b>	<b>23</b>
<b>III.2 Végétation et occupation des sols.....</b>	<b>24</b>
<b>III.2.1 La végétation.....</b>	<b>24</b>
<b>III.2.1.1 Des formations steppiques non salées.....</b>	<b>25</b>
<b>III.2.1.2 Les formations végétales des sols salés.....</b>	<b>25</b>
<b>III.2.1.3 Des jachères et des cultures.....</b>	<b>25</b>

**DEUXIEME PARTIE :OUTILS, METHODES D'APPROCHES ET APPLICATION**

## Chapitre I :Télédétection conception et application

<b>I.1. Définitions.....</b>	<b>26</b>
<b>I.1.1. L’outil de télédétection .....</b>	<b>27</b>
<b>I.1.2. Traitement des données satellitaires .....</b>	<b>28</b>
<b>I.2.1.1.La source d’énergie .....</b>	<b>29</b>
<b>I.2.1.2.Les interactions du rayonnement avec l’atmosphère.....</b>	<b>29</b>
<b>I.2.1.3.Les interactions du rayonnement avec la surface terrestre .....</b>	<b>29</b>
<b>I.2.1.4.L’enregistrement du signal par le capteur satellitaire.....</b>	<b>29</b>
<b>I.2.1.5.La transmission et la réception de données.....</b>	<b>29</b>
<b>1.2.2. Les traitements .....</b>	<b>29</b>
<b>I.2.2.1 Classification.....</b>	<b>29</b>
<b>I.2.2.1.a Classification non supervisé.....</b>	<b>30</b>
<b>I.2.2.1.b Classification supervisé.....</b>	<b>30</b>
<b>I.2.3 Principaux indices de végétation.....</b>	<b>31</b>
<b>I.3 SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) .....</b>	<b>31</b>
<b>I.3.1 Définition d'un SIG .....</b>	<b>31</b>
<b>I.3.2 Les données d'un système d'information géographique.....</b>	<b>32</b>
<b>1I.3.3 Objet géographique ou données spatiales .....</b>	<b>32</b>
<b>I.3.3.1 Le format raster .....</b>	<b>32</b>
<b>I.3.3.2 Le format vectoriel.....</b>	<b>33</b>
<b>I.4 Données attributaires.....</b>	<b>33</b>
<b>I.5 Les fonctionnalités d'un SIG .....</b>	<b>33</b>
<b>I.6 Utilisations des SIG pour la cartographie du risque d'érosion .....</b>	<b>34</b>
<b>I.7 Application .....</b>	<b>35</b>

<b>I.7.1 Données utilisées.....</b>	<b>35</b>
<b>I.8 Acquisition et préparation des données.....</b>	<b>35</b>
<b>I.8.1. Données spatiales.....</b>	<b>35</b>
<b>II.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>42</b>
<b>II.2 Méthodologie de la méthode .....</b>	<b>42</b>
<b>II.3 Appréciation du risque potentiel d'érosion des sols.....</b>	<b>42</b>
<b>II.3.1 Classe d'érodabilité des sols ( K).....</b>	<b>42</b>
<b>II.3.2 Classes d'érosivité des pluies (R).....</b>	<b>44</b>
<b>II.3.2.1 Indice de FOURNIER.....</b>	<b>44</b>
<b>II.3.3 Indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI).....</b>	<b>44</b>
<b>II.3.4 Importance de la pente (S).....</b>	<b>45</b>
<b>II.4 L'appréciation du risque potentiel d'érosion .....</b>	<b>45</b>
<b>II.5 Evaluation du risque actuel d'érosion.....</b>	<b>46</b>
<b>II.6 APPLICATION DE LA METHODE BONFILS.....</b>	<b>46</b>
<b>II.6.1 APPRECIATION DU RISQUE D'EROSION DES SOLS (R.E.S).....</b>	<b>46</b>
<b>II.6.1.1 Classe d'érodabilité des sols (K).....</b>	<b>46</b>
<b>II.6.1.1.a La texture .....</b>	<b>46</b>
<b>II.6.1.1.b La profondeur.....</b>	<b>46</b>
<b>II.6.1.2 Classe d'érosivité de pluies ( R ).....</b>	<b>48</b>
<b>II.6.1.2.a Indice de FOURNIER (IF).....</b>	<b>49</b>
<b>II.6.1.2.b Indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI).....</b>	<b>49</b>
<b>II.6.1.3 Classe des pente (S).....</b>	<b>50</b>
<b>II.6.1.4 Appréciation du risque potentiel d'érosion.....</b>	<b>51</b>
<b>II.7 Résultat et discussion .....</b>	<b>52</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>54</b>

**Liste bibliographie**

# Introduction générale

---

## Introduction générale

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 au l'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**).

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**).

Beaucoup des moyens ont été consentis mais persiste encore les risques de dégradation du sol par l'érosion hydrique, d'en l'intérêt d'une analyse approfondis des techniques et aménagements existent à travers note d'étude « bassin versant d'oued Deffa ».

L'analyse du profil en long, réalisé en suivant le lit d'oued Deffa, contribue à déterminer les lieux d'accumulation des sédiments qui constituent des endroits possibles de débordement d'eau sur les zones de proximité.

Le bassin versant d'Oued Deffa est menacé par le transport des particules ce qui en pose des questions suivantes :

Que ce que c'est le potentiel de risques d'érosion dans ce bassin ?

Est-ce que la Télédétection peut êtres réaliser et décrire ces risques?

# Introduction générale

---

La méthode BONFILS antiérosif utilisée a permis d'identifier des zones à risque faible, moyen ou fort d'érosion du bassin versant de oued Deffa sous forme d'un document cartographique, c'est une méthode d'évaluation des risques à l'aide des paramètres fiable, a fin de reconnaître les terrains les plus exposés et les plus sensible au problèmes de l'érosion hydrique est pour obtenir la carte des risques d'érosion des sols par la télédétection.

Le but : est obtenir la carte des risques d'érosion des sols par la télédétection

Pour atteindre cet objectif, nous avons structuré le travail, en cinq chapitres:

**Chapitre 1** : Généralités sur la télédétection, ce chapitre est une présentation de l'importance de l'outil télédétection dans l'étude de ressources naturelles,

**Chapitre 2** : Choix de l'entité spatial d'intégration, ce chapitre résumé localisation de chott chergui par rapport à la zone d'étude.

Chapitre 3 : généralité sur l'érosion hydrique, ce chapitre présenté, facteur et les types l'érosion hydrique .

**Chapitre 4** : présentation de la zone d'étude.

**Chapitre 5** : présentation et application de la méthode de BONFILS ce chapitre explique le la méthodologie et l'application de méthode de BONFILS et les résultats et les discussions de la carte.

# LA PREMIERE PARTIE

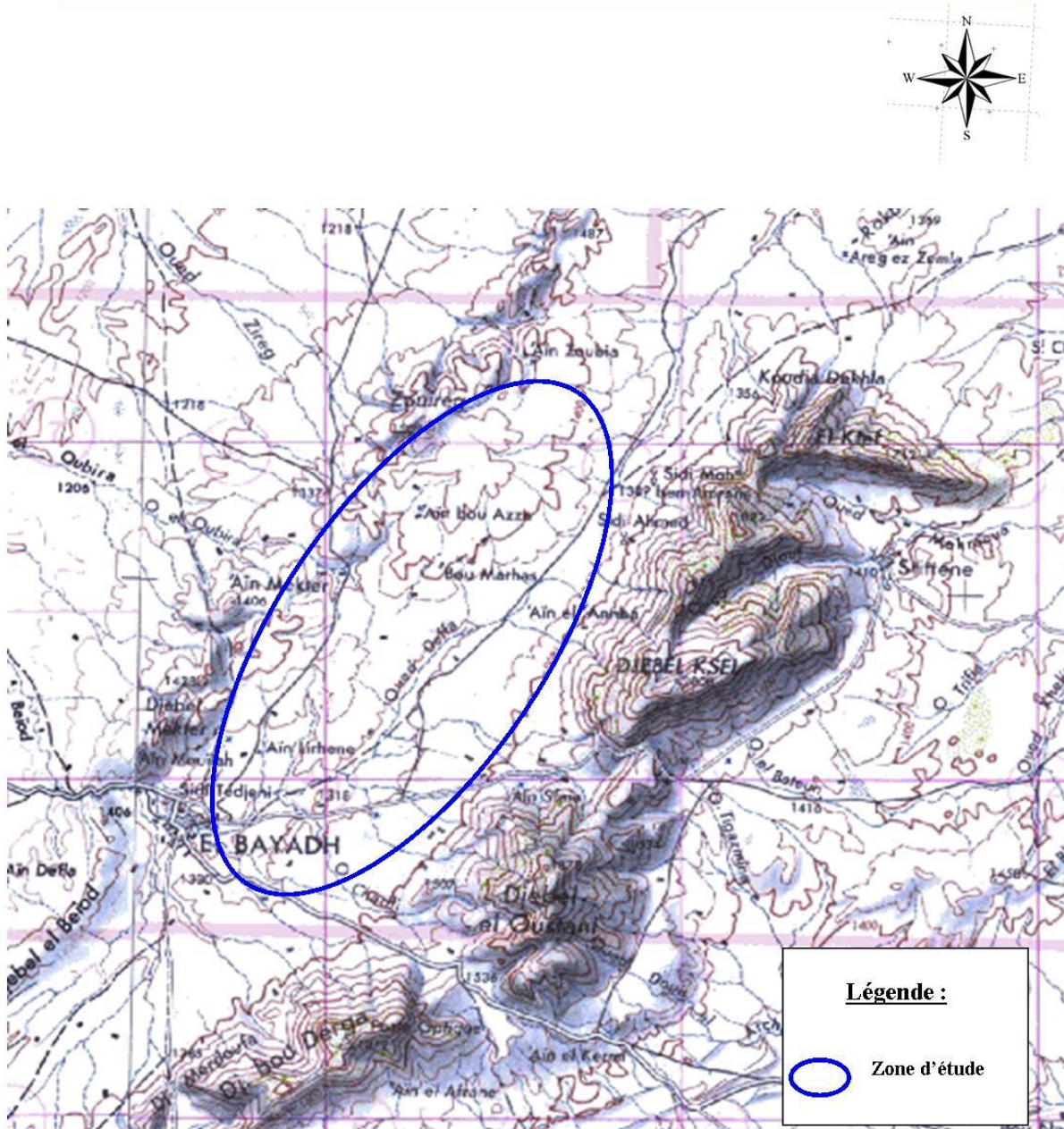
# Chapitre I

---

## Présentation de la zone d'étude

## I). Présentation de la zone d'étude

## I.1.1 Définition du bassin versant

**Carte De localisation de la zone D'étude**

**Figure I.1.** carte de localisation de la zone d'étude (HCDS D'EL BAYADH 2017)

La région d'El Bayadh se trouve dans une zone d'intersection de deux bassins versants qui sont : le bassin versant des hauts plateaux oranais qui occupe la partie nord de la Wilaya et le bassin versant du Sahara qui engendre la partie sud de la région. (M. DAHMANI, 2006).

Oued Deffa situé sur **33°.40'** de latitude Nord, **1°** de longitude Est et d'altitude moyenne de **1310** mètres et vue la situation géographique de la région d'El Bayadh (à 270 Km du littorale) l'action de la Méditerranée se trouve estompée pendant que s'affirment les influences sahariennes. Cette position en latitude constitue un facteur essentiel commandant la climatologie de notre secteur étudié ; car elle coïncide :

- avec la limite méridionale occupé par le front polaire : un courant du Sud – Ouest se développe quant l'isobare (1025) se situe au niveau des hauts plateaux. La température sera anormalement élevée et l'on pourra voir des précipitations de longue durée surtout en Automne et en Printemps.

-avec l'air de stationnement du front Méditerranéen II : il se localise généralement sur des crêtes de l'Atlas, entre l'air méditerranéen et l'aire saharien. Il a une orientation W – E et on le rencontre principalement en Hiver et au début du printemps.

La présence de systèmes perturbés qui en découle entraînera une augmentation du volume des précipitations qui seront relativement plus élevées à El Bayadh que sur les hauts plateaux.

L'étude des phénomènes météorologiques et des caractéristiques climatologiques, permet la visualisation du régime climatique et de prévenir les phénomènes extrêmes.

### **I.1.2 Morphométrie**

Les différents paramètres morpho métriques sont calculés à partir des cartes topographiques 1/50000.

#### **I.1.2.1 La surface**

Le bassin versant de l'Oued de Deffa occupe une superficie de 132,5 Km<sup>2</sup>.

#### **I.1.2.2 Le périmètre**

Le périmètre correspond à la limite extérieure du bassin est de 50,6Km.

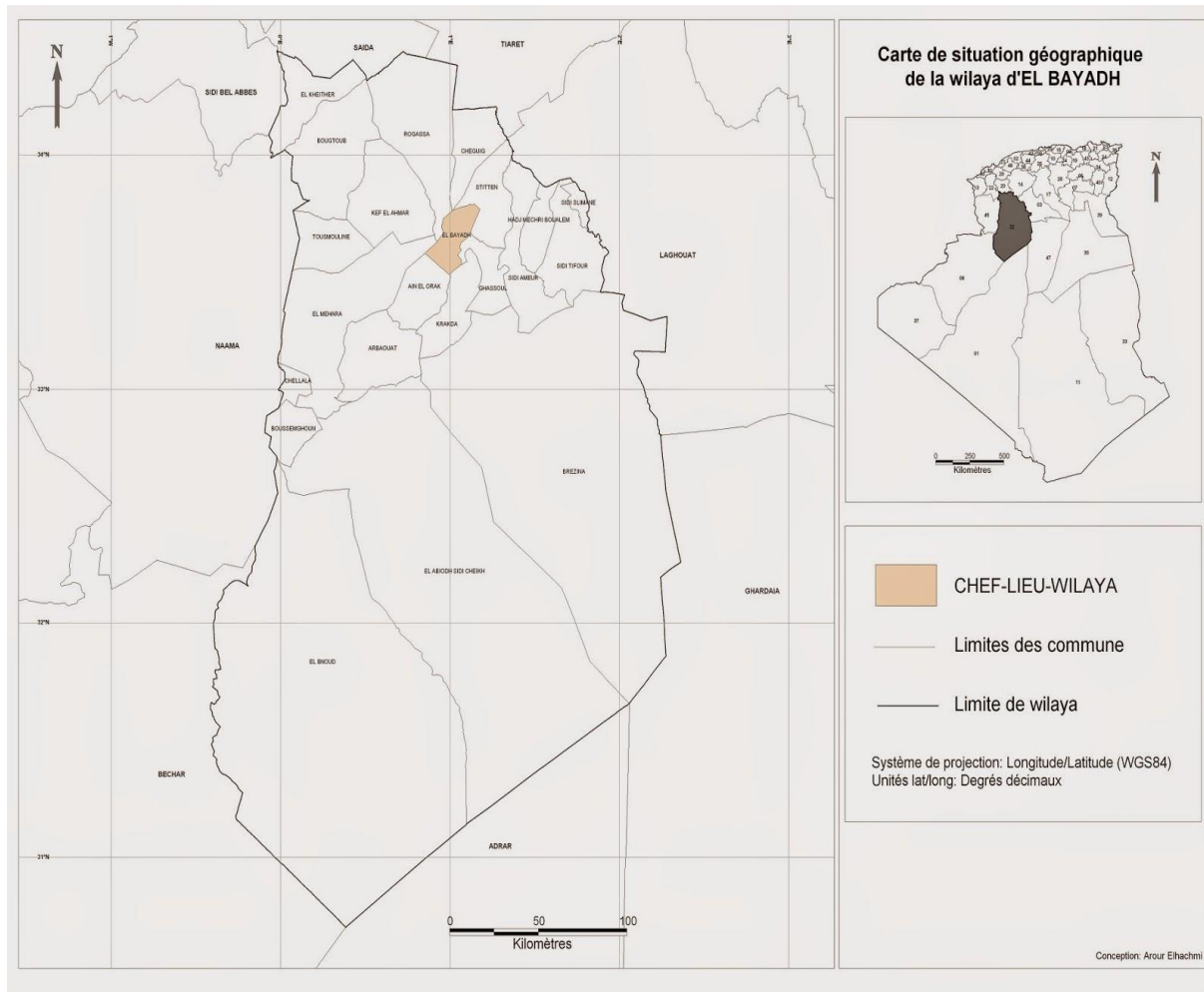
### **I.1.3 Caractéristiques de forme**

La forme du bassin versant influence fortement l'écoulement global et notamment le temps de repense de bassin versant.

Un bassin versant allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin ramassé même s'ils sont placés dans les mêmes conditions météorologiques. Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux.

## I.4 situation géographique et cadre socio-économique

## I.4.1 situation géographique



**Figure I.2.** Limites administrative de la Wilaya d'El Bayadh (DPAT ,2010)

Géographiquement, la Wilaya est comprise entre les parallèles  $30^{\circ} 42'$  et  $34^{\circ} 28'$  de latitude Nord et entre les méridiens de longitude  $0^{\circ} 24'$  à l'Ouest fuseau 30 et  $2^{\circ} 16'$  à l'Est fuseau 31 (DPAT ,2010). Elle s'étend sur une superficie de 71 697 km<sup>2</sup>, soit 3 % du territoire national (ANDI ,2013). Administrativement la Wilaya est constituée de Huit dairates et Vingt Deux communes, elle est délimitée au nord par les wilayas Saida et Tiaret ,et A l'Est et Sud Est par les wilayas de Laghouat , Ghardaïa et Adrar et A l'Ouest et Sud Ouest par les wilayas Sidi Belabbès - Naâma et Bechar (Figure 1) (DPAT ,2010).

## I.4.2 cadre socio-économique

### I.4.2.1 démographie

La population de la wilaya à la fin de l'année 2014 est de 305 600 habitants, par une densité de 4,26 hab / km<sup>2</sup> (DPSB ,2014). cette situation traduit une évolution importante de la population dans la mesure où en 44 ans, elle a doublée à un rythme moyen annuel absolu de 5.167 habitants (DPAT,2010).

### I.4.2.2 Economie de la région

La population active dans la région d'El Bayadh représente 23,8% de la population totale. La répartition de l'emploi par secteur d'activité montre que les secteurs de l'agriculture et de L'élevage détiennent le plus important nombre de personnes (figure 2) ceci explique la vocation pastorale de la région (El Zerey, 2012).

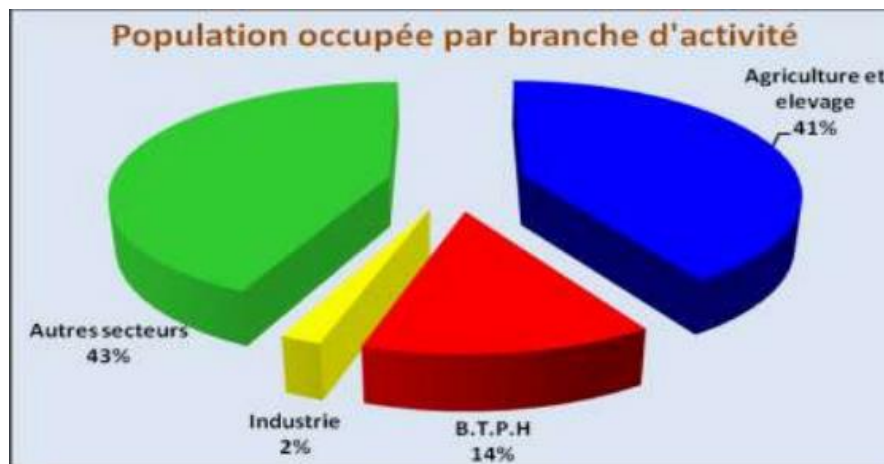


Figure I.3. Population occupé par branche d'activité (ANDI ,2013)

## I.5 milieu physique

Le territoire de la wilaya s'inscrit dans trois grands ensembles:

- Au nord : les hautes plaines steppiques.
- Au centre : l'atlas saharien.
- Au sud : la plate forme saharien (ANAT ,2003).

### I.5.1 Les Hautes Plaines

Des hautes plaines steppiques au Nord qui représentent 22 % de la surface totale de la wilaya : c'est le domaine des grandes étendues de steppe à alfa où seuls les dayas, lits

d'Oued et piémonts enrichis d'alluvions y seraient propices aux cultures (ANAT ,2003). Composées de 06 communes: Bougtob, El Kheiter, Tousmouline, Rogassa, Kef Lahmar, Cheguig et une partie de Mehara. Les altitudes varient entre 900 m à 1.400 m à Hassi Ben Hadjam (Mehara). Cette zone se caractérise par l'amplitude élevée (34 à El Kheiter), la faiblesse et l'irrégularité des précipitations (208 à El Kheiter), la gelée (40 à 60 jour) et la présence de vents chauds (sirocco) avec des périodes sèches. Sur le plan bioclimatique, cette zone fait partie de l'étage aride frais (ANDI ,2013).

### I.5.2 L'Atlas saharien

L'Atlas saharien qui ne représente que 18 % de la surface totale (Figure 14). Cette entité physique la plus peuplée (50 % de la population totale) eu égard aux conditions naturelles relativement meilleures serait à l'origine de la production de la plus grande quantité des déchets ménagers (ANAT ,2003).

Composé de 13 communes : El Bayadh - Boualem - Sidi Amar - Sidi Taiffour - Sidi Slimane Stitten - Ghassoul - Krakda - Ain El Orak - Arbaouet -Chellala -Mehara et Boussemgoun. Elle présente une situation bioclimatique (semi aride froid) relativement plus avantageuse par rapport à celle de la partie Saharienne de la Wilaya.

Elle bénéficie de l'apport en eau et alluvions provenant des sommets et versants des reliefs montagneux dont les altitudes varient entre 1300 mètres et 2000 mètres (2008). Kisel à l'Ouest de la localité de Stitten. Les précipitations sont relativement plus importantes par rapport aux autres zones l'hiver et plus rigoureux et l'enneigement dépasse 10 jours par an (ANDI ,2013).

### I.3 Cadre climatique

L'une des majeures causes de la dégradation et de la détérioration de l'état de la steppe notamment de la région d'El Bayadh, c'est bien la sécheresse. Ce phénomène est dû aux variations de deux principaux facteurs climatiques, d'une part aux températures et d'autre part à la pluviométrie (Le Houerou, 1995).

Le climat méditerranéen est caractérisé dans son ensemble par l'alternance de saisons bien distinctes : l'une chaude et sèche caractérisant la période estivale et l'autre, pluvieuse et Relativement froide durant les saisons Automne et Hiver. le climat des zones steppiques est de type méditerranéen se caractérisant particulièrement par des précipitations plus faibles et présentant une grande variabilité inter mensuelle et interannuelle à des régimes thermiques relativement homogènes et très contrastés de type continental (Pouget, 1980).

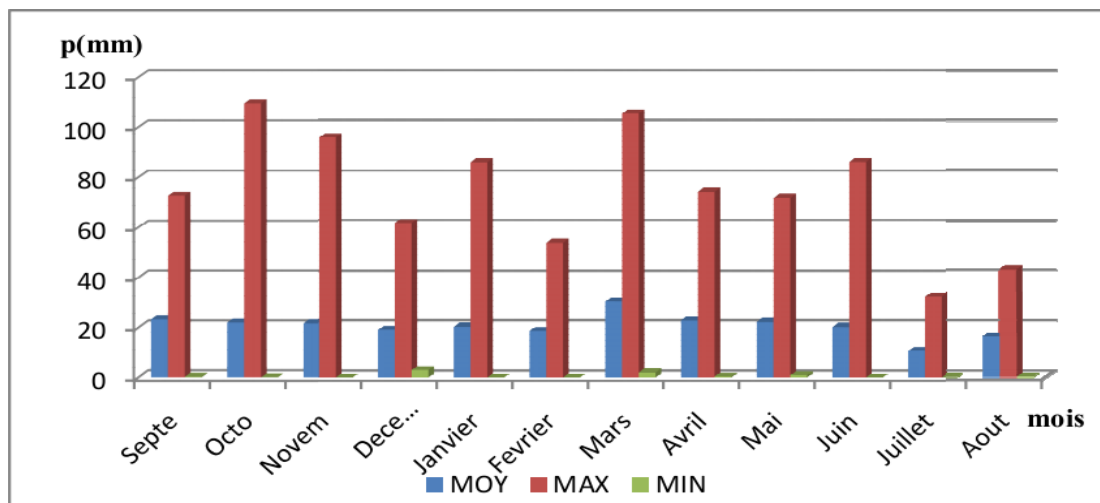
Sur le plan climatologique, la Wilaya est caractérisée par deux périodes principales qui expriment le contraste important durant l'année à savoir :

- Un Hiver rigoureux avec de fréquentes chutes de neige.
- Un Eté chaud et très sec. Ce qui favorise l'apparition des plantes résistantes à la sécheresse (ANDI ,2013).

### I.3.1 Précipitation

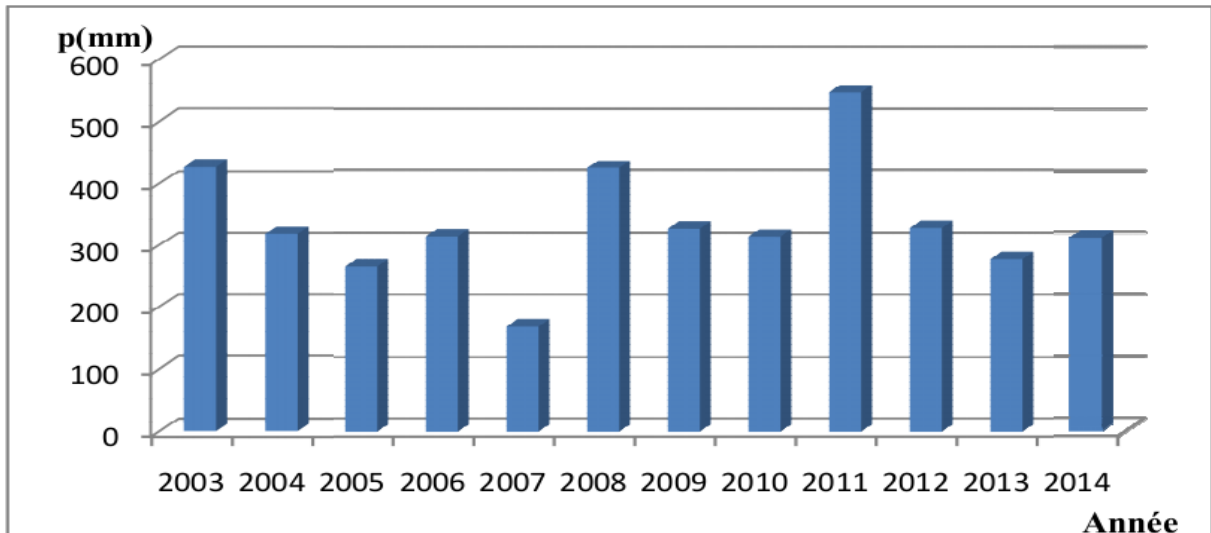
Les précipitations caractérisent la balance climatique d'une région, par leur intensité, leur fréquence et leur irrégularité. Les pluies ont une influence importante sur le modèle de la région (Damagnez, 1975).

Dans la région d'étude la moyenne des précipitations annuelles est égale à 233.82 mm.les mois les plus pluvieux de l'année sont les mois de janvier , février, mars , avril, mai, septembre, octobre, novembre et décembre, avec une moyenne de 50 mm pour les mois de septembre, octobre, décembre. Tandis que les mois de juin, juillet et aout représentent les mois de faible pluviométrie (**figure 4**).



**Figure I.4.**Répartition de la pluviométrie mensuelle de la station d'el bayadh 1971-2009 (station météologique d'El Bayadh).

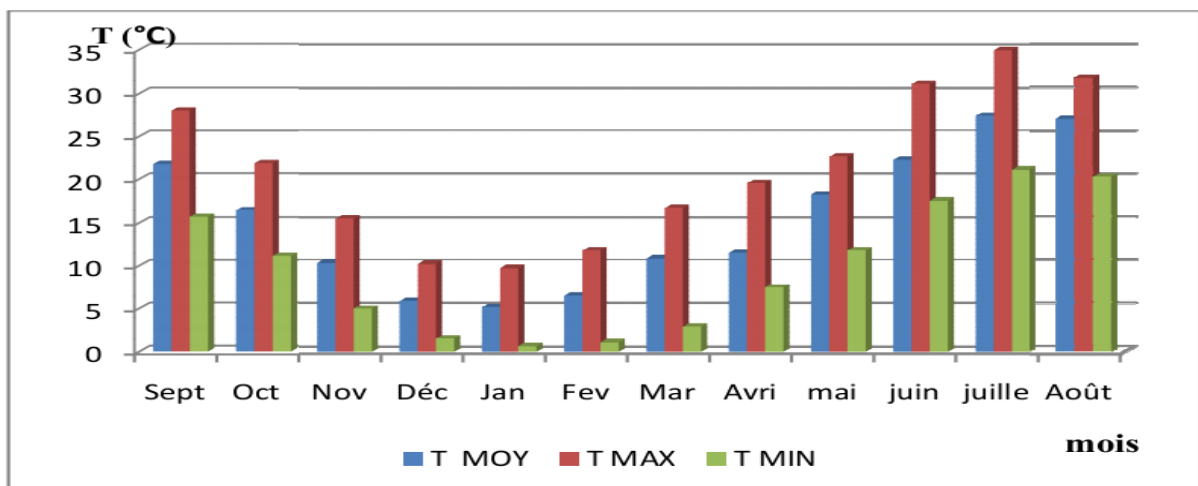
La moyenne annuelle des précipitations est, égale à 335.42 mm, obtenue sur 12 années d'observation complètes comprenant plusieurs cycles climatiques complets permettant l'estimation plus exacte de la pluie annuelle moyenne. Cette valeur est, variable d'une source à une autre suivant l'effectif de la série pluviométrique traitée (figure 4).



**Figure I.5.** Précipitation moyennes annuelles de la station d'el bayadh période 2003-2014(station météologique).

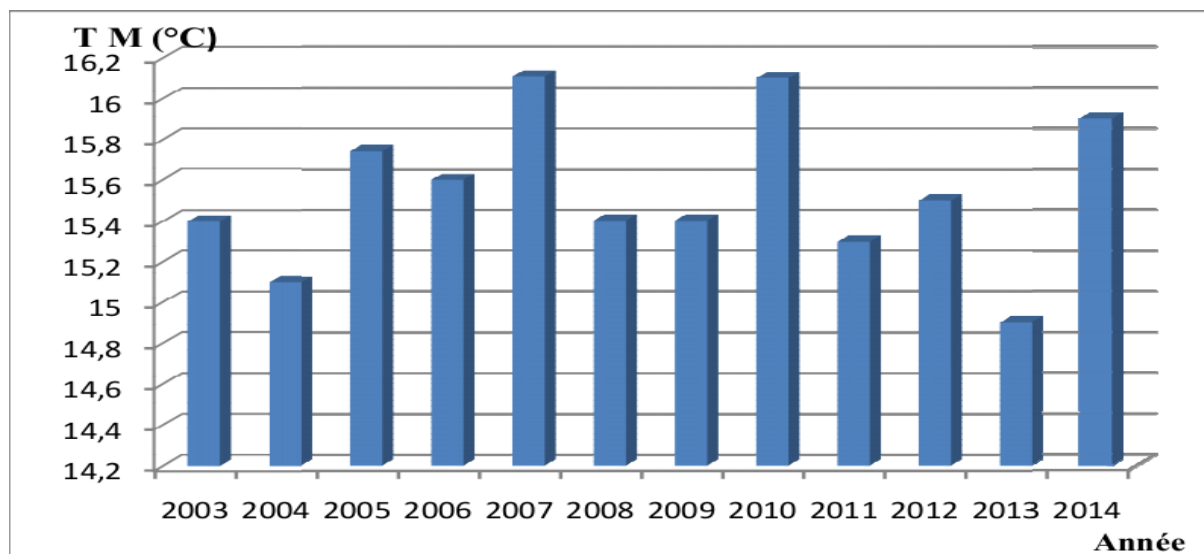
### I.3.2 .Température

Le régime des températures est fortement influencé par l'altitude. Celle –ci renforce les gelées en hiver mais aussi elle adoucit les températures en été (coudere ,1973). La température minimale est enregistrée durant le mois de janvier avec 0.76 °C. La température maximale pointe au mois de juillet avec une moyenne de 35.08 °C caractéristique d'un climat continental. La moyenne annuelle est de 15.68 °C (figure 6).



**Figure I.6.** Répartition des températures moyennes mensuelles 1971-2010 (station météologique d'El Bayah).

Pour les températures moyennes annuelles, on peut noter une variation, de 14.9 °C un minimum durant l'année 2013, et un maximum de 16.11°C pour l'année 2007 (**figure 6**).



**Figure I.7.**Température moyennes annuelle de la station de d'el bayadh 2003-2014 (station météologique d'El Bayah).

### I.3.3 humidité relative

L'humidité relative mensuelle moyenne enregistrée dans la région El Bayadh varie entre 27% pour le mois de juillet (saison sèche) et 70% pour le mois de décembre (saison humide) (**El Zerey, 2012**).

#### I.3.3.4 synthèse bioclimatique

La présente synthèse climatique met en évidence les différentes interactions qui existent entre la température et la pluviométrie. Dans ce but, le diagramme Ombrothermique de **Gausson (1953)** cité par **Dajoz (1970)** et le Climagramme d'Emberger sont retenus. Le diagramme Ombrothermique de **Bagnouls Gausson** permet de caractériser la période sèche et la période humide de la région. La saison sèche est par définition celle où se manifestent, pour la plupart des plantes, des phénomènes de stress hydrique assez intenses et continus. (**Hirche et al ., 2007**).

Le diagramme ombrothermique d'El Bayadh (**Figure 6**) permet de distinguer deux saisons: l'une froide et pluvieuse entre octobre et avril, et l'autre chaude et sèche qui s'étale sur environ six mois. Les valeurs du Q2 (égale à 25,66) et de la température moyenne des minima du mois le plus froid (-0,06°C), situent la station dans l'étage bioclimatique aride supérieur à hiver froid.

#### I.4 Le cadre géologique

La région d'El Bayadh chevauche sur trois domaines géologiques structurellement dominants. du nord au sud, on distingue :

- Le domaine des hautes plaines, de structure tabulaire, constitué essentiellement de formations continentales d'âge miocène, pliocène et quaternaire.
- Le domaine de l'atlas saharien, caractérisé par la structure plissée de direction NE-SW d'âge jurassique et crétacé.
- Le domaine de la plate-forme saharienne, caractérisé par son assise détritique d'âge paléozoïque et la formation continentale "récentes" d'âge pliocène et miocène (El Zerey, 2012)

Les principales formations géologiques, roches mères des sols et sources des alluvionnaires, sont les suivantes :

- Le trias est formé d'argiles schistosités plus ou moins gypseuses et salées. ces formations source de sels solubles, apparaissent en petits massifs érodés surgissant au sein des formations jurassiques.
- Le jurassique constitue des faciès très variés mais à dominance de calcaires durs et dolomitiques, alternant avec des bancs de marnes multicolores.
- Le crétacé comprend des faciès très variés à dominance de roches calcaires tendres fréquemment encroutées.
- Le cénoomanien les roches sont constituées de séries marneuses et marno-calcaire alternant avec des calcaires plus durs. Les marnes sont souvent salées et gypseuses. Le turonien représente la série calcaire compacte et dure formant les falaises et la bordure des synclinaux perchés.
- Le sénonien se caractérise par une série à dominance marneuse et marno-calcaire (El Zerey, 2012).

#### I.5 La géomorphologie

L'occupation de sol dans la région d'El Bayadh, comme pour l'ensemble du territoire algérien, est fortement liée à la géomorphologie. trois formes physiographiques importantes se dégagent en liaison avec la structure géologique et la nature des roches qui constitue le substratum géologique :

- Les djebels, collines et sommets.

- Les surfaces plus ou moins planes.
- Les dépressions (El Zerey, 2012).

La géomorphologie de la région d'El Bayadh est caractérisée par la présence de 2 à 4 glacis d'érosion bien développés et emboîtés, occupant les synclinaux (Le Houerou, 1995).

L'endoréisme est relativement fréquent. La zone steppique correspond également à l'existence de superficies appréciables soumises à l'érosion et à la sédimentation Éolienne. Ces deux facteurs coexistent avec les phénomènes d'érosion et de sédimentation Hydrique. Dans ce contexte la morphologie éolienne ne prend cependant ni l'ampleur, ni la Généralisation qu'elle développe dans la zone hyper-aride (Djelaila, 2008).

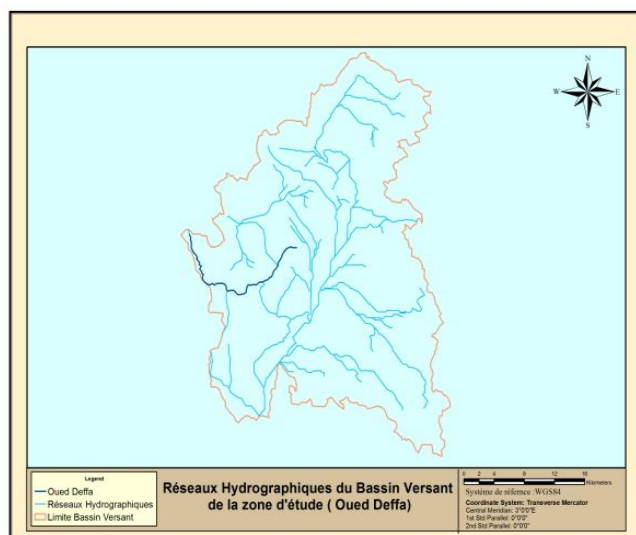
### I.6 L'hydrogéologie

Le réseau hydrographique de la Wilaya est constitué des nappes suivantes :

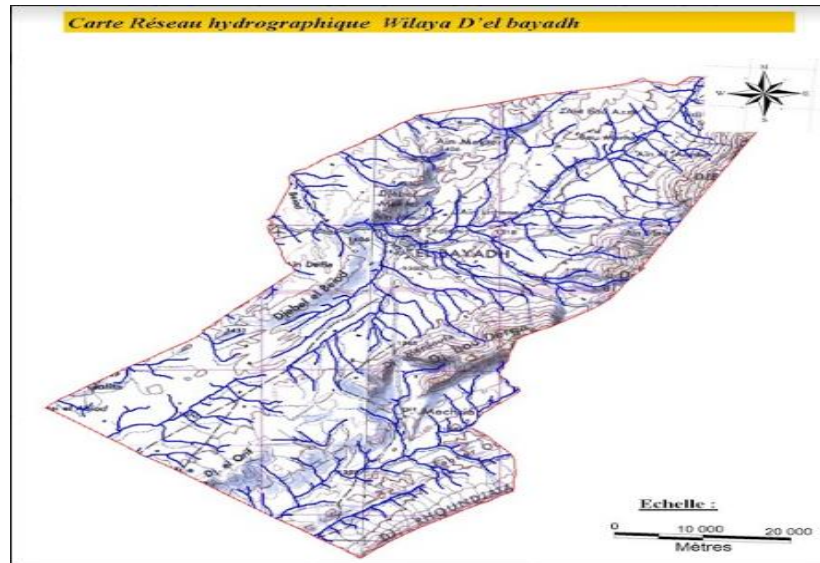
- Les eaux souterraines : Chott Cherguie le Synclinal d'El BAYADH.
- Les eaux superficielles : Mobilisables : 123 hm<sup>3</sup> et 11,5 hm<sup>3</sup> mobilisées.

Le réseau hydrographique est endoréique et de faible importance. les réserves en eaux souterraines sont importantes. Le bassin versant passe par les monts de l'Atlas saharien (ANDI, 2013).

La région d'El Bayadh présente des ressources en eau souterraine moyennes correspondant à 42,72 hm<sup>3</sup>/an localisées en grande majorité dans la chaîne de l'Atlas Saharien (ANAT, 2003). par contre il y a très peu de ressources de surface, soit 14,37 hm<sup>3</sup>/an. la consommation de l'irrigation est relativement faible, ce qui conduit à un bilan équilibré, soit 232 m<sup>3</sup> d'eau par habitant. un potentiel d'eau souterraine peut être réservé pour l'avenir ou pour des transferts vers d'autres régions déficitaires (Fabre, 2007).



**Figure I.10.** Réseaux Hydrographiques du BV de la zone d'étude (HCDS d'El Bayadh)



**Figure I.9.** Carte réseau hydrographique wilaya d'El Bayadh (HCDS D'EL BAYADH 2017)

### **I.7La pédologie**

La nature des sols et leur répartition est en étroite relation avec les unités géomorphologiques. La majeure partie des sols de la région à potentialité agricole est occupée par les sols peu profonds à profil alluvial (daya). Ces sols sont peu pourvus de matière organique, avec un taux inférieur à 2%. Leur texture est généralement grossière et humide. Ils présentent une stabilité structurale relative (El Zerey, 2012).

Les principaux types de sols présents appartiennent aux classes des sols. Minéraux bruts, des sols peu évolués, des sols calcimagnésiques, des sols iso humiques et des sols halomorphes. Les sols minéraux bruts se localisent sur les sommets des djebels. Quant aux sols peu évolués, ils se situent au niveau des substrats géologiques et dans les zones d'apport continu. Les sols calcimagnésiques occupent les versants des djebels et les piémonts. Au sein des glacis d'érosion polygénique du quaternaire récent, les sols iso humiques se retrouvent. Les sols halomorphes se localisent dans le Chott Chergui et dans les Sebkhass (Pouget, 1980).

## Chapitre II

---

### Généralité sur l'érosion hydrique

### II.1 Erosion hydrique des sols

C'est un phénomène de déplacement des matériaux à la surface du sol sous l'action de l'eau, du vent, de l'homme ou simplement de la gravité. Elle contribue aussi à la perte de la couche arable, la plus fertile du sol, diminuant sa productivité et dégradant la qualité des eaux de surface. Par ailleurs, les particules de sol qui rejoignent les oueds et les barrages contribuent, d'une part, à rehausser le lit des cours d'eau entraînant un risque plus élevé d'inondation et, d'autre part, à diminuer la qualité des eaux (**Arabi M., 1991**).

L'érosion hydrique des terres est un processus impliquant le détachement de particules de sol puis leur transport sous l'action de l'eau.

### II.2 Mécanisme de l'érosion hydrique

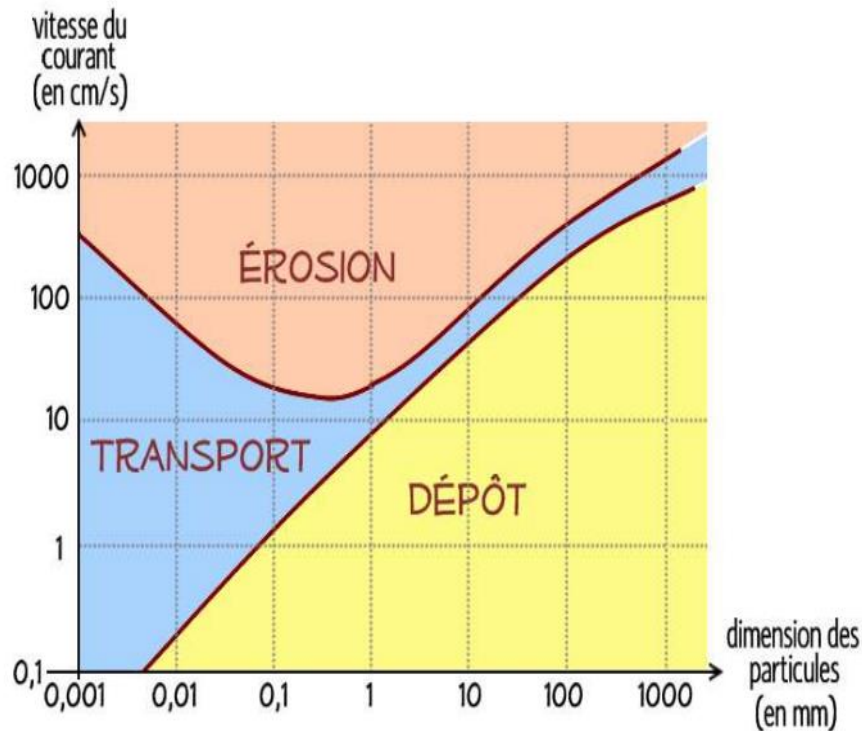
Le mécanisme d'érosion d'un sol passe par 3 étapes : détachement, transport et sédimentation. Cependant, il est à signaler que la pluie et le ruissellement superficiel sont à l'origine du détachement, du transport et du dépôt des particules du sol arrachées.

#### II.2.1 Le détachement

Avant que les sédiments et les matières organiques ne soient transportés, ils doivent d'abord être détachés des forces cohésives présentes dans le sol. Ce détachement peut se faire par :

- humectation par l'impact des gouttes de pluie ; effet splash.
- une combinaison d'impacts des gouttes de pluie et du ruissellement,
- le ruissellement seul.

Pour les particules fines l'énergie requise pour les détacher est plus importante que pour les transporter. Dans un sol cohésif, il faut surmonter l'attraction entre particules (argiles, limons et matières organiques) afin de les mettre en mouvement, tandis que pour des sédiments non-cohésifs, il faut lever les particules contre la gravité avant qu'elles soient mises en mouvement dans l'eau.



**Figure II.1.** Diagramme de Hjulstrom 1935

### II.2.2 Le transport

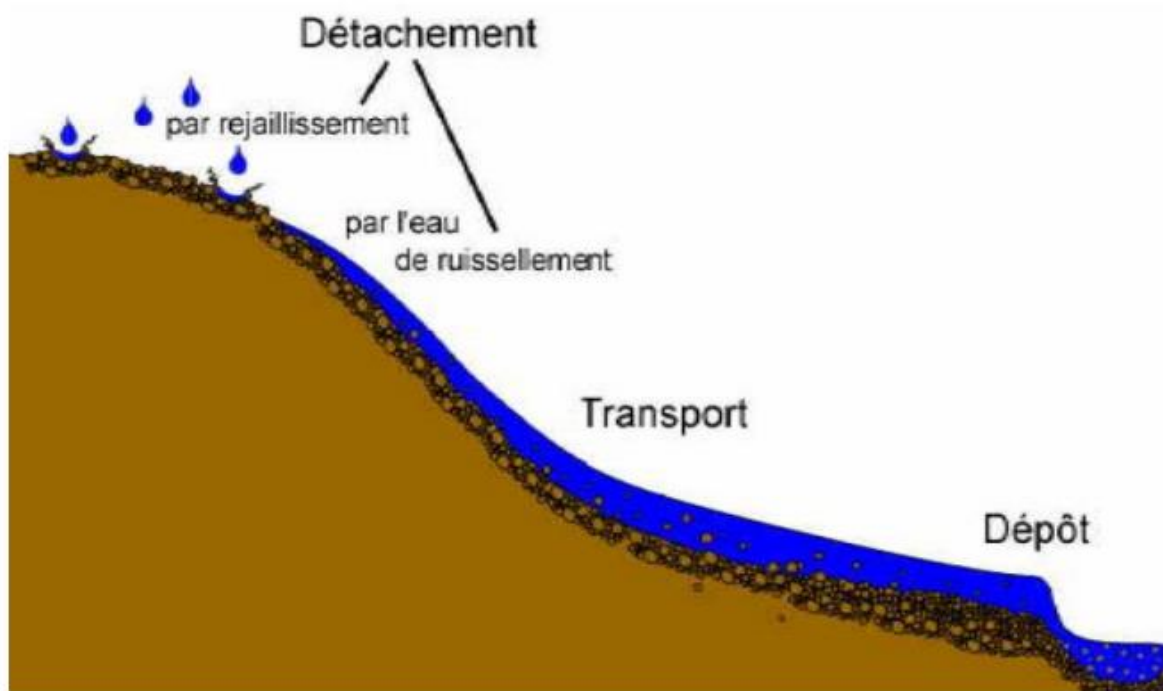
Il correspond au mouvement des sédiments vers l'aval, que ce soit sur un versant ou dans un cours d'eau. Il est dû à la fois aux gouttes d'eau de pluie (par rejaillissement= effet splash) et aux eaux de ruissellement. Ainsi, le transport est assuré par ces eaux. Cependant, il est à signaler que le mode de transport par effet splash est généralement négligeable sauf sur pente forte. Ce sont surtout les eaux de ruissellement qui sont les plus responsables du transport des particules du sol détachées.

L'écoulement de l'eau trie les sédiments par tailles par sa vitesse d'écoulement : plus la vitesse est importante, plus elle peut transporter des sédiments grossiers. Dès que la vitesse commence à diminuer les premiers sédiments qui se déposent sont les plus grossiers ; progressivement, les sédiments de tailles de plus en plus fines sont déposés au fur et à mesure que la vitesse d'écoulement diminue. L'écoulement dans un cours d'eau représente donc une zone de tri sélectif dans laquelle il y a des zones de sédiments grossiers là où la vitesse d'écoulement est rapide et des zones de sédiments fins là où la vitesse d'écoulement est lente.

### II.2.3 La sédimentation

L'agent responsable de la sédimentation est l'eau de ruissellement. Les particules arrachées du sol se déposent entre le lieu d'origine et l'aval en fonction de leur :

- Dimension
- Densité
- la capacité de transport du ruissellement ou du cours d'eau.



**Figure II.2.** Mécanisme d'érosion hydrique (REMMAS HICHEME 2014)

## II.3 LES FORMES DE L'ÉROSION HYDRIQUE

### II.3.1 L'érosion en nappe

C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion. Cette érosion en nappe entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface, autrement dit c'est une forme d'érosion diffuse. De ce fait, elle est peut-être visible d'une année à l'autre. Le signe le plus connu de l'érosion en nappe est donc la présence de plages de couleur claire aux endroits les plus décupés. Il y a, également, un autre symptôme de l'érosion en nappe c'est la remontée des cailloux en surface par les outils de travail du sol, ceci s'explique par une fonte de l'horizon humifère et d'un travail profond du sol qui fait remonter en surface les cailloux.

### II.3.1.1 L'importance de l'érosion en nappe dépend à la fois de :

- L'intensité maximale des pluies qui déclenchent le ruissellement
- L'énergie des pluies qui détachent les particules susceptibles de migrer

Lorsqu'il y a l'érosion en nappe, le déplacement des particules se fait d'abord par effet "splash" à courte distance et ensuite par le ruissellement en nappe. La battance des gouttes de pluie envoie des gouttelettes et des particules dans toutes les directions. En fait, ce n'est qu'après formation des flaques et débordement de l'eau non infiltrée d'une flaque à l'autre, que naît le ruissellement en nappe.

### II.3.2 L'érosion linéaire (micro-Channel ou Rill Erosion)

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 ont atteint une certaine vitesse, 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. Contrairement à l'érosion en nappe qui est sélective des graviers ou des cailloux et même des blocs peuvent être transportés dans le cas de l'érosion linéaire. (**Yacouba.1999**)

L'érosion linéaire est exprimée par tous les creusements linéaires qui entaillent la surface du sol suivant diverses formes et dimensions (griffes, rigoles, ravines, etc.). En fait, L'érosion linéaire apparaît lorsque le ruissellement en nappes organise, il creuse des formes de plus en plus profondes. On parle de :

- Griffes lorsque les petits canaux ont quelques centimètres de profondeur .
- Rigoles lorsque les canaux dépassent 10 cm de profondeur mais sont encore effaçables par les techniques culturales.

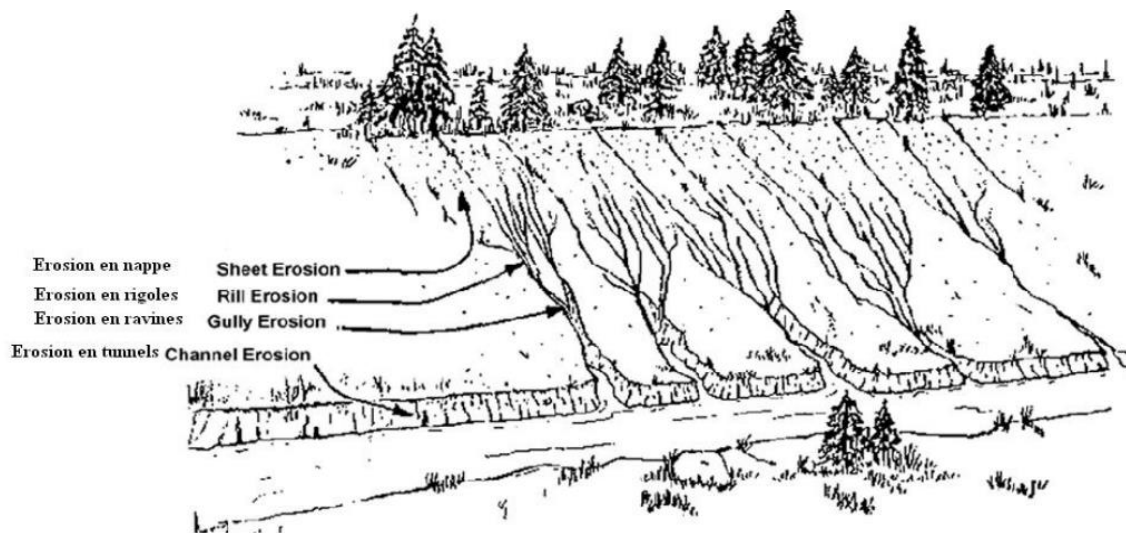
En effet, sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigole succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux. A ce stade, les rigoles ne convergent pas mais forment des ruisselets parallèles.

- Nappe ravinant lorsque les creux ne dépassent pas 10 à 20 cm mais que leur largeur atteint plusieurs mètres.
- Ravines lorsque les creux atteignent plusieurs dizaines de cm (plus de 30 cm) et en particulier, lorsqu'ils ne sont plus effaçables par les techniques culturales.

A l'intérieur des ravines on peut encore distinguer des petites ravines dont le lit est encore encombré de végétation herbacée et surtout arbustive et qu'on pourra fixer rapidement par des méthodes biologiques. Par contre, dans des grandes ravines qui peuvent s'étaler sur plusieurs kilomètres, le canal central comporte des blocs rocheux, témoins d'un charriage important et d'une certaine torrencialité.

### II.3.3 L'érosion en masse

Si l'érosion en nappe s'attaque à la surface du sol, le ravinement s'attaque aux lignes de drainage du versant. Les mouvements de masse concernent un volume à l'intérieur de la couverture pédologique. On attribue à l'érosion en masse tout déplacement de terre selon des formes non définies, comme les mouvements de masse, les coulées de boue et les glissements de terrain. Dans ce cas, seul l'Etat 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.



**Figure II.3.** Image représente les différents types de l'érosion hydrique

## II.4 Facteurs naturels

### II.4.1 Climat

Les précipitations atmosphériques sont la principale cause de l'érosion hydrique, elles sont caractérisées par la hauteur des averses, l'intensité et la fréquence.

La pluie désagrège les agrégats et mottes en éléments fins susceptibles d'être entraînés par le ruissellement favorisant le colmatage et limitant l'infiltration.

L'action de la pluie dépend davantage de son intensité que de sa hauteur, ce qui semble évident : une pluie d'orage de 10mm peut faire plus de dégâts qu'une pluie fine 40mm (**Soltner, 1999**), cela est favorisé par un milieu fragile.

Ainsi le vent peut être déplacé par roulement des particules de 1 à 2mm de  $\varnothing$  et par saltation de 0.1 à 1mm ou en suspension dans l'atmosphère (inférieures à 0.1mm).

En effet lorsque le sol est dépourvu de végétation, le climat prend un caractère agressif et provoque une dégradation rapide des horizons superficiels et de forts ruissellements.

D'après (**Mazour, 2004**) cette agressivité du climat se traduit par deux types d'averse : les orages d'automne peu fréquents de courte durées, mais caractérisées par des intensités élevées (soit un maximum annuel en 10mm atteignant 100mm/heure). Ils peuvent provoquer du ruissellement sur des sols non saturés.

#### **II.4.2 Couvert végétal**

La végétation diminue la capacité érosive de la pluie et permet l'infiltration de l'eau en diminuant le volume d'eau sur la surface du sol.

D'après (**Thomas, 1995 in Boukheir et al., 2001**), l'érosion des sols est contrôlée par la couverture végétale où elle dépend de son type, sa hauteur et son architecture.

#### **II.4.3 Lithologie**

Les divers types de roches et leurs structures donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par les roches et par les sols et en conséquence sur la qualité de sol susceptible d'être érodée (**Demmak, 1982**).

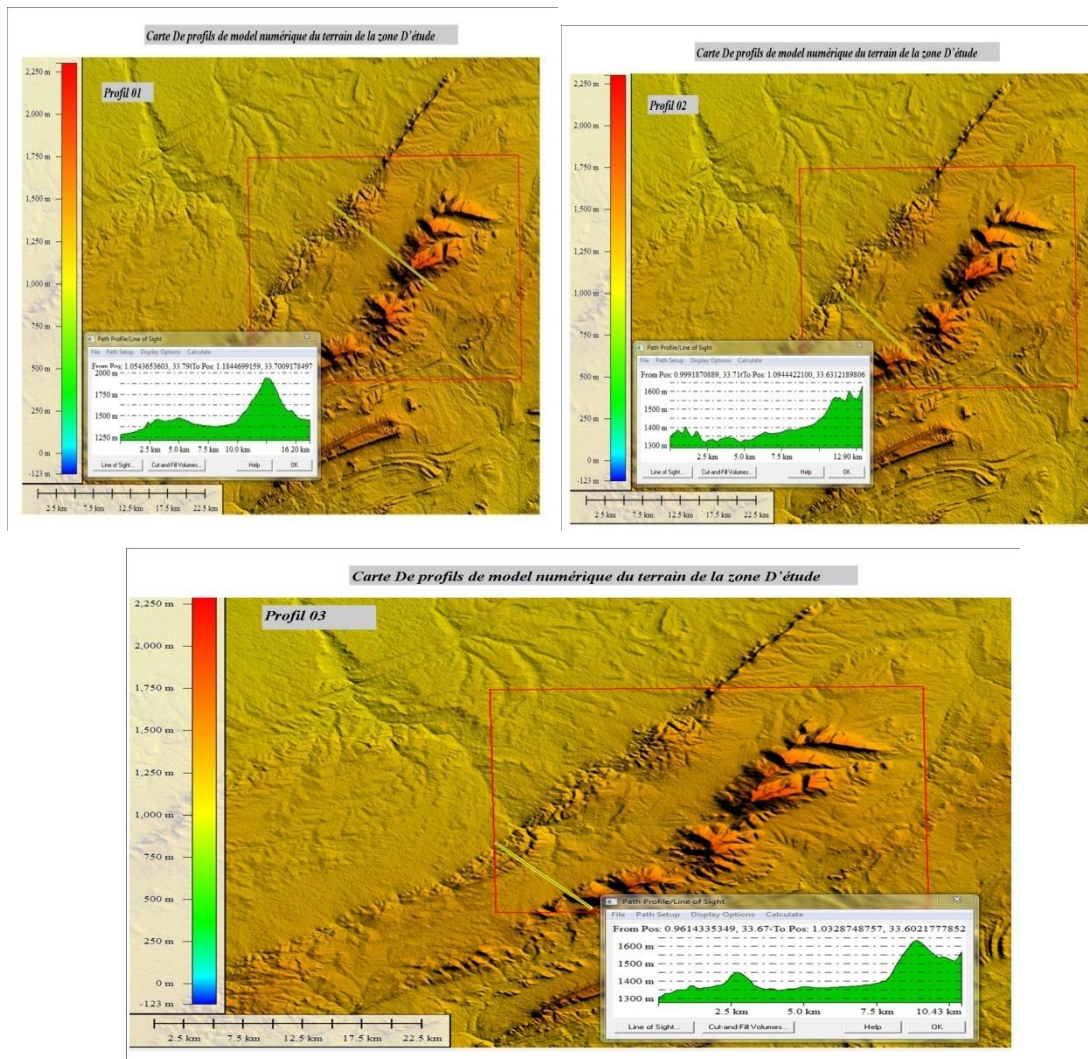
D'après (**Chebbani et al., 1996**) Les sols marneux lorsqu'ils sont secs, restent non érodables mais, dès qu'ils atteignent une certaine humidité, leur sensibilité au détachement et au ruissellement augmente.

#### **II.4.4 Topographie**

Dans les milieux semi-arides et arides, le gradient de la pente est corrélé positivement avec le recouvrement de la surface du sol par des fragments de roches qui agissent en diminuant le ruissellement et la perte des sols (**Abrahamas et Parsons, 1991 in Boukheir et al., 2001**).

Sur les pentes convexes, la perte en terre est plus grande, tandis que les pentes concaves, l'érosion est moins intense (**FAO, 1976**).

La topographie du terrain intervient également dans les phénomènes d'érosion : Le gradient de pente et la surface d'alimentation contrôlent en partie les flux et la vitesse de ces derniers. Toutefois, lorsque la pente est faible, le sens du travail du sol peut également déterminer la direction des flux de ruissellement et favoriser des lieux de concentration des flux d'eau atteignant une énergie suffisante pour déclencher une érosion (Ludwig et al., 1996 ; Souchère et al., 1998).



**Figure II.4** carte de profil de model numérique du terrain de la zone d'étude (HCDS d'El Bayadh 2017).

La pente intervient par son inclinaison, sa forme et sa longueur.

- **Influence de l'inclinaison de la pente :**

Tous les auteurs s'accordent sur le rôle essentiel de l'inclinaison de la pente sur l'érosion, les pertes en terre croissent de façon exponentielle avec l'inclinaison (S%), suivant l'équation de la forme (**Roose, 1977**).

$$E = K.S^n$$

n : varie selon le type d'érosion

E : perte de terre (érosion)

K : coefficient variable

S : pente %

- **Longueur de la pente :**

Plus la pente est long, plus le ruissellement s'accumule et prend de la vitesse et de l'énergie qui se traduit par une érosion importante.

$$LS = \frac{\sqrt{L}}{100} (0,76 + 0,53S + 0,075S^2), (\text{Roose, 1977})$$

Dont :

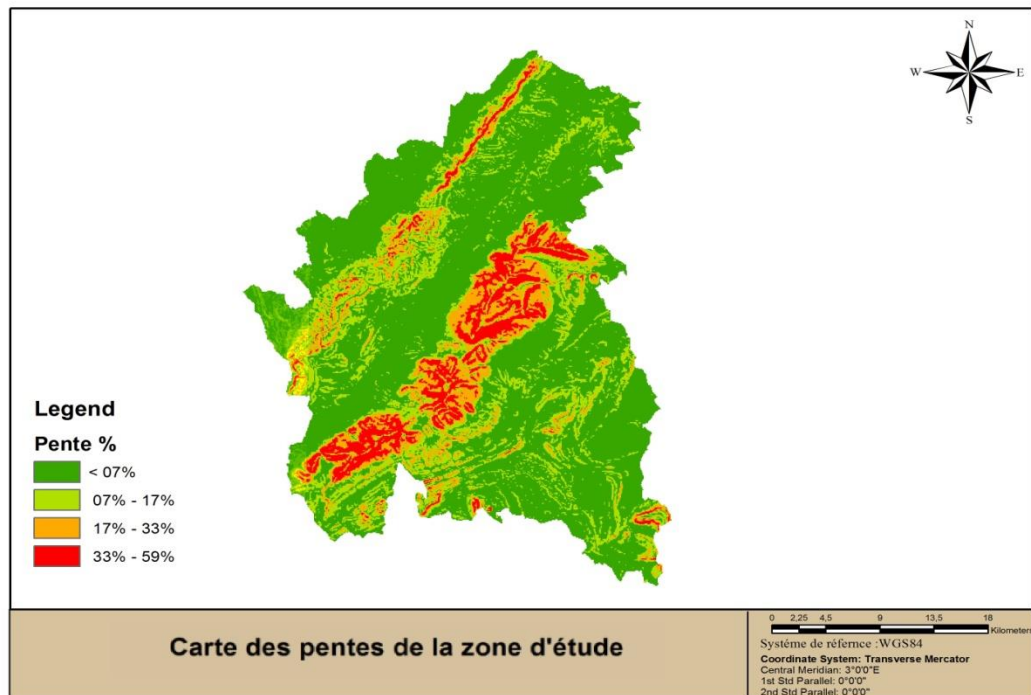
LS: c'est un indice qui prend en compte l'inclinaison et la longueur de pente.

L : longueur de la pente (en pied)

S : inclinaison (%)

- **La forme de la pente :**

Les pentes par leur forme agissent favorablement pour l'installation des processus érosifs. D'après **Wischmeier (1976)**, une pente concave diminue les transports solides par sédimentation locales tandis qu'une pente convexe l'augmente en fonction de l'inclinaison du segment en pente forte.



**Figure II.5.** la carte des pentes de la zone d'étude (HCDS d'El Bayadh 2017)

#### II.4.5 Facteurs anthropique

L'érosion est devenue essentiellement une conséquence directe de l'activité humaine qui représente maintenant le principal facteur de la dégradation des sols. L'homme peut être à l'origine du déclenchement et de l'accélération de l'érosion par ses actions de défrichage des forêts, 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.

## Chapitre III

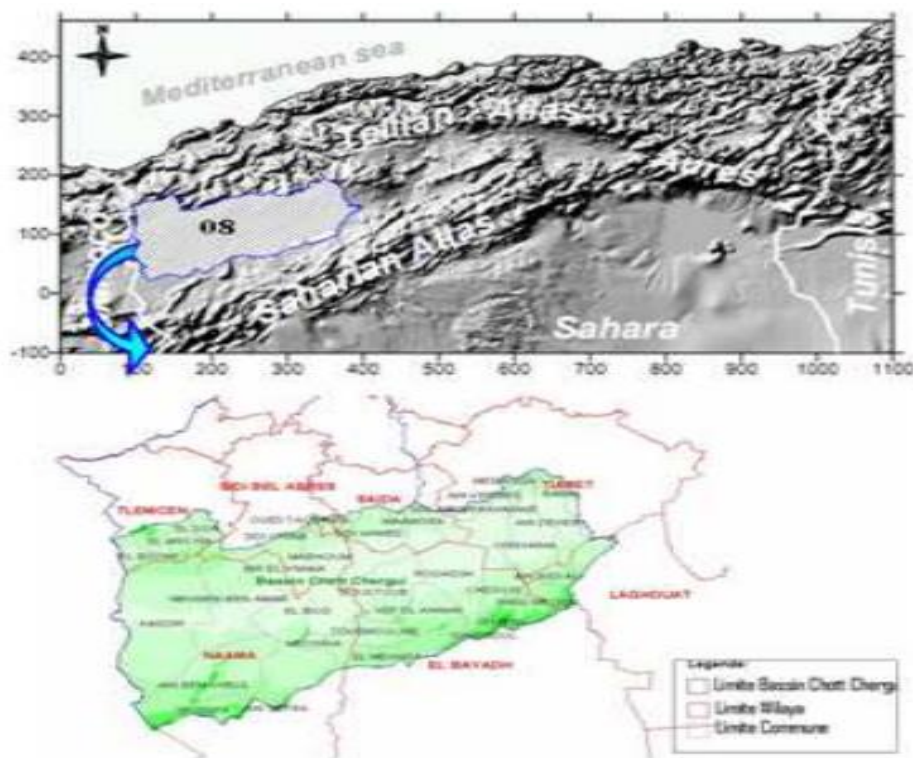
---

### Choix de l'entité spatiale d'intégration

### III.Choix de l'entité spatiale d'intégration

#### III.1 Identification du bassin versant du Chott chergui

Le bassin de chott Chergui (Figure 1), situé dans les hauts plateaux de l'Ouest Algérien, couvre une superficie de 49 704 Km<sup>2</sup>. Il se partage entre sept wilayas Tlemcen, Naama, Sidi-Bel-Abbès, Saida, Laghouat, El Bayadh, et Tiaret. Le bassin du Chott Chergui est caractérisé par une grande zone endoréique où les écoulements convergent vers les Chotts alignés en chapelets où le chevelu hydrographique est très peu développé. Le plus grand nombre de ces oueds localisés au Nord prennent naissance dans les crêtes de l'Atlas Tellien et se déversent au Sud dans le Chott Chergui. Ainsi, ce bassin versant forme un lac correspondant à une vaste étendue de 2 000 Km<sup>2</sup> occupant le centre de la dépression, sa forme allongée à une orientation de Sud-Ouest à Nord- Est. En outre, la pluviométrie du bassin versant du Chott Chergui est spatialement très irrégulière à cause de la topographie de la Chaîne Atlasique et la direction des vents dominants d'Ouest. Les pluies intéressant les zones steppiques sont dues aux vents humides du secteur Nord durant la saison froide, dont l'influence diminue. d'un coté au fur et à mesure tout en s'éloignant de la mer, d'autre part, les pluies orageuses liées aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions sahariennes (Benabadji et al.,2000).



**Figure III.1.** Localisation du bassin du Chott Chergui en Algérie (Brahim Habibi al 2012).

### III.2 Végétation et occupation des sols

Les terres des régions de wilaya d'El Bayadh qui liées de chott chergui sont occupées actuellement par les parcours steppique de couverture végétale ne dépassant pas 5% avec quelques reliques de Sparte et les cultures herbacées en particulier la céréalière.

La carte d'occupation des sols, superposée à l'image satellitaire, et les données recueillies au niveau des services de la DSA renseignent sur l'occupation de la wilaya à savoir :

- Une dominance des parcours dans la wilaya sur une superficie de 5 693 498 ha, représentant 98.75% des terres affectées à l'agriculture. ces parcours dégradés remplacent les nappes d'Alfa qui occupaient jadis le territoire de la wilaya d'El Bayadh. Il en reste encore dans les zones de mise en défens et dans les djebels aux abords du chott chergui. Le recouvrement global actuel n'est que cultures céréalières depuis les années 1970 malgré l'interdiction des labours et l'empiètement causé par la charge animale. Actuellement, la ressource pastorale couvre une charge animale de 5 à 10 ha/mouton.

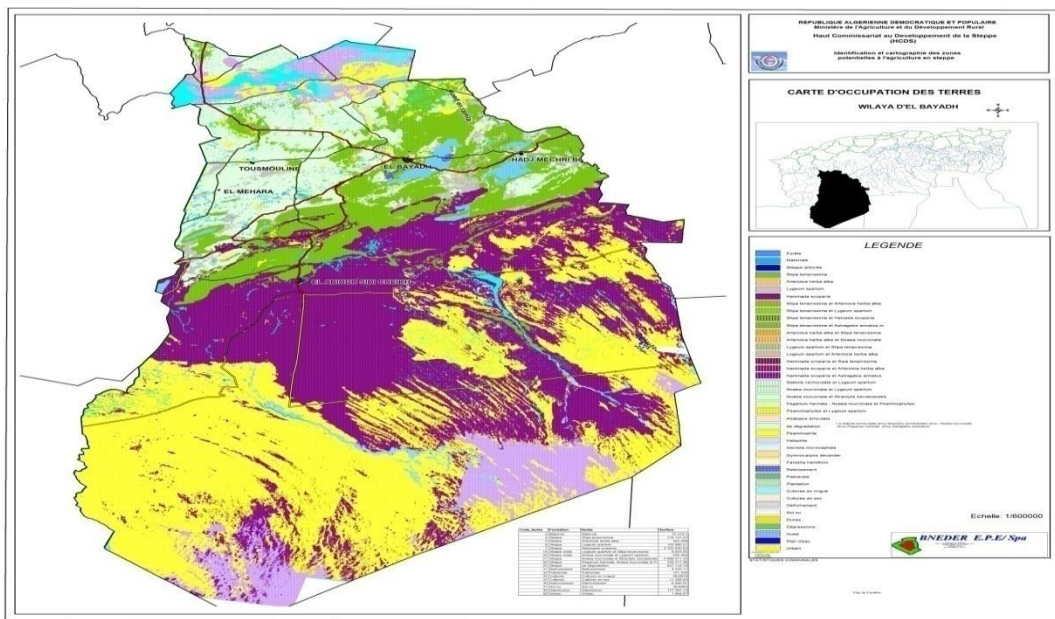


Figure III.2. La carte d'occupation de terre (HCDS 2017)

#### III.2.1 La végétation

Les principales unités de végétation présentes dans la région d'El Bayadh, nous précisons la présence des groupements.

### III.2.1.1 Des formations steppiques non salées

a. La steppe à alfa (*Stipa tenacissima*) : elle occupe les parties du terrain qui sont en relief. Le sol est fortement caillouteux et la terre fine est à prédominance limoneuse.

b. La steppe à sparte (*Lygeum spartum*) : elle occupe essentiellement les alluvions (qui forment à la base des reliefs des glacis à pente faible et régulière), les zones dépressionnaires (Oueds et Dayas) et les accumulations éoliennes.

c. La steppe à armoise blanche (*Artemisia herba alba*): elle occupe les dépressions non salées. Le sol, formé d'éléments arrachés aux pentes par le ruissellement, est plus ou moins argileux.

d. La steppe à drinn (*Aristida pungens*): elle est localisée sur les dunes. La végétation, très clairsemée, est caractérisée par des graminées et un ensemble d'espèces telles que *Retama retam*, les peuplements de Jujubier (*Zizyphus lotus*) et de B'toum (*Pistacia atlantica*) qui se localisent dans les dépressions argileuses et les talwegs (El Zerey, 2012).

### III.2.1.2 Les formations végétales des sols salés

Ces formations végétales forment une frange d'une largeur très variable autour des dépressions salées (Chott). En fonction de la salure (teneur en chlorure décroissante), différentes "zones" peuvent être distinguées:

- Ceinture à *Halocnemum strobilaceum*
- Ceinture à *Suaeda fruticosa*
- Ceinture à *Salsoda vermiculata* et *Atriplex halimus* (El Zerey, 2012).

### III.2.1.3 Des jachères et des cultures

Il s'agit de cultures annuelles (céréales) avec des jachères pâturées plus ou moins anciennes. Certaines jachères se présentent comme des peuplements assez denses à *Peganum harmala* et à *Zizyphus lotus*. D'après les statistiques de DGF (2008). Les nappes alfatières se trouvent, aujourd'hui, en régression; en passant de la superficie de 1400 000 ha en 1975 à 240 251 ha en 2007 et dont 65 500 ha sont exploitables. Les forêts couvrent une superficie de 122 111 ha dont 13 553 ha issue de l'œuvre des travaux du barrage vert (El Zerey, 2012).

# LA DEUXIEME PARTIE

## Chapitre I

---

# **Téledétection conception et application**

**I.1. Définition**

Le mot télédétection (en anglais « remote sensing ») désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'étudier à distance des objets ou des phénomènes. Le néologisme « remote sensing » fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne.

Selon cette définition très vaste, la télédétection peut se pratiquer de la surface de la Terre vers l'atmosphère ou vers l'espace, comme de l'espace vers la Terre, et l'astronomie utilise largement la télédétection. Mais travail concerne plus précisément les techniques de la télédétection aérospatiale, qui a pour but l'étude de la surface de la Terre, des océans et de l'atmosphère à partir d'avions, de ballons ou de satellites, en utilisant les propriétés du rayonnement électromagnétique émis, réfléchi ou diffusé par les corps ou surfaces que l'on étudie.

Le développement des techniques de la télédétection résulte de la conjonction entre l'invention des vecteurs, ballons, avions ou satellites, permettant de s'éloigner de la surface du sol ou de la Terre dans son ensemble, et le constant perfectionnement des capteurs, c'est à dire des appareils permettant d'enregistrer le rayonnement électromagnétique pour reconstituer les caractéristiques de la surface (terre ou océan), ou de l'atmosphère.

Jusqu'il y a environ 30 ans, le principal capteur utilisé était l'appareil photographique, un capteur analogique utilisant des émulsions chimiques photosensibles (sensibles à la lumière visible essentiellement) pour produire des photographies aériennes ; l'utilisation de la télédétection se confondait alors avec la « photo-interprétation », interprétation visuelle des documents photographiques. Les types de capteurs se sont depuis multipliés et perfectionnés : les radiomètres sont des capteurs passifs, qui enregistrent le rayonnement naturel, lumière visible mais aussi infrarouge ou microonde, sous forme numérique ; les capteurs actifs (radars) émettent artificiellement un rayonnement pour en étudier les interactions avec l'objet à étudier. Les capteurs actuels produisent des données numériques, qui peuvent faire l'objet d'une restitution pour fournir des documents à interpréter selon les méthodes de la photo interprétation, mais sont de plus en plus l'objet d'un traitement informatique aboutissant à la cartographie automatique des surfaces, soit enfin de calibrations et de corrections qui permettent d'obtenir des mesures géophysiques telles que des températures ou des réflectances. Ces nouveaux capteurs sont en constant développement depuis leur apparition ; la caractéristique de ces capteurs qui a connu l'amélioration la plus spectaculaire est la

résolution spatiale, c'est à dire leur capacité à discerner des portions de la surface terrestre de plus en plus petites.

Parallèlement, les applications de la télédétection se sont multipliées, dans de nombreux domaines de la météorologie et de la climatologie, de l'océanographie, de la cartographie ou de la géographie. Quel que soit le domaine d'applications considérées, une bonne interprétation des documents de télédétection ou une bonne utilisation des données numériques nécessite la compréhension des principes physiques sur lesquels est fondée la technique de télédétection employée (Claude Kergomard, 2002).

## I.1.1 Outil de télédétection

Si à la base les applications étaient plutôt militaires, de nombreuses disciplines utilisent les images satellites (tableau I).

**Tableau I.1.** outil de télédétection

Domaines	Exemples d'applications
géosciences	Géologie , pédologie , géomorphologie....
météorologie	Vitesse des vents, précipitations , températures, détection des cyclones , orages.....
océanographique	Couleur de l'eau, turbidité, hauteur des vagues, courant marine phytoplancton , pollution marine ..
foresterie	Couverture forestière, santé des forets, impacts après ouragans.....
Cadastre / urbanisme	Couverture du sol , urbanisation , contrôle des autorisations (piscines , zones bâties..)
agriculture	Identification des plantations, évaluation de la production...
Environnement	Etudes d'impact, détection des changements....
Biologie / ecologie	types de végétaux, étude du corail , cartographie des habitats....
Télécommunication	Carte de répartition des antennes de téléphonie

	mobile...
hydrologie	Comportements de l'eau à la surface du sol et dans le sol, cycle de l'eau.....
archéologie	Cartographie des sites archéologiques
santé	Prévision des épidémies, relation avec les changements globaux....
humanitaire	Pré-alerte de famines : réfugiés (camps)....
Catastrophes environnementales	Feux de forêts, éruptions volcanique, sécheresses, marées moires....
Changements globaux	Désertification, variation climatiques, compositions de l'atmosphère....

Source : UNIGE(2004) ,peduzzi(2009).

I.2. Traitements des données satellitaires

D'après UNED (2008), l'observation de la terre par les satellites peut être décomposée en cinq étapes ou processus, depuis la source d'énergie qui éclaire la surface terrestre jusqu'à la réception des données par la station satellite au sol (fig.12).

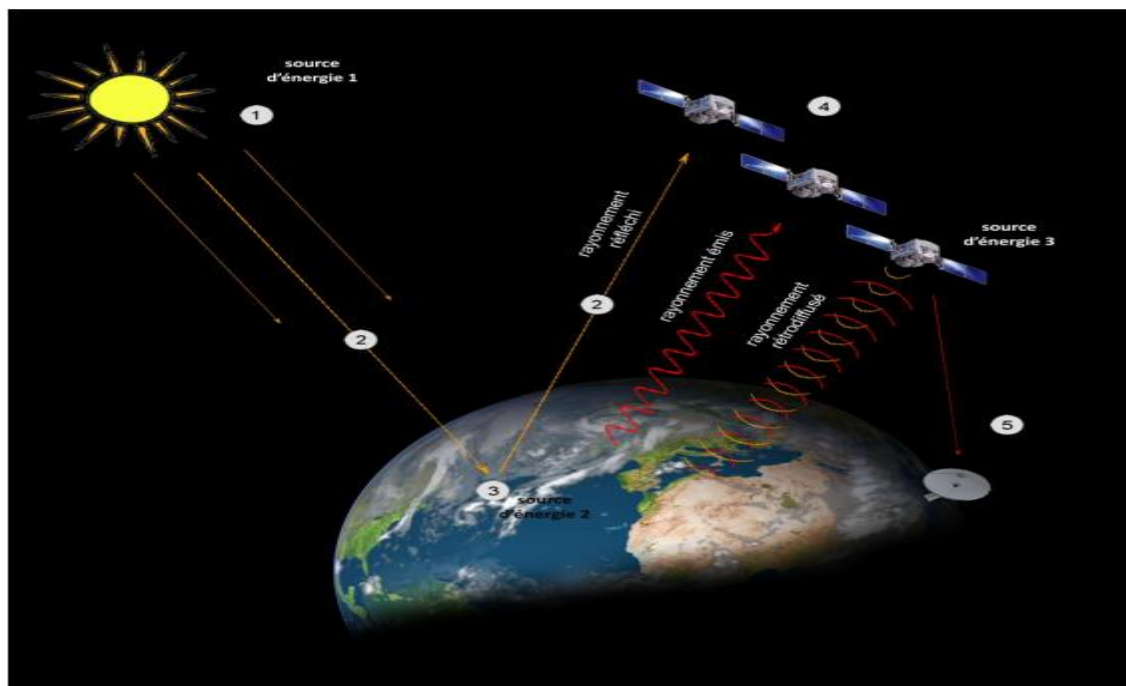


Figure I.1. Télédétection à l'aide des satellites (UNED, 2008).

**I.2.1.1.La source d'énergie**

Trois sources d'énergie sont utilisées en télédétection à savoir le soleil , la surface terrestre (domaine thermique ou celui des micro-ondes passives) et le capteur satellite (domaine des hyperfréquences).

**I.2.1.2.Les interactions du rayonnement avec l'atmosphère**

Lors de son trajet de la source d'énergie vers la surface terrestre, puis de la surface vers le capteur satellitaire, le rayonnement interagit avec l'atmosphère.

**I.2.1.3.Les interactions du rayonnement avec la surface terrestre**

Lorsque le rayonnement parvient à la surface de la terre, il va interagir avec celle-ci . la nature des interactions est fonction à la fois du rayonnement et des propriétés spectrales des surfaces.

**I.2.1.4.L'enregistrement du signal par le capteur satellitaire**

L'énergie réfléchi, émise ou rétrodiffusées par la surface de la terre est captée puis enregistrées et discrétisée au niveau du capteur satellitaire.

**I.2.1.5.La transmission et la réception de données**

Une fois l'énergie reçue par le capteur, elle est transmise vers une station de réception et de traitement ou elle est convertie en donnée numériques (**Caloz R, 1990**).

**I.2.2. Les traitement****I.2.2.1 Classification**

L'étude de la dynamique du couvert végétal est axée sur la bonne représentation des unités principales sur une image. Leur variation hétérogène spatiale, spectrale et temporelle exige de les présenter de façon homogène pour mieux interpréter les objets d'une image et tout un processus de changement observé. Cette représentation dite « classification » est utilisée pour la production de cartes thématiques ou elle offre une analyse plus détaillée de l'image. Elle peut être effectuée sur un ou plusieurs canaux d'une image pour séparer les divers éléments d'une image en fonction de leur caractéristique de rétro diffusion ou de signature spectrale.

En traitement numérique des images, on distingue :

### I.2.3.1. Classification non supervisé

Les classes spectrales sont formées en premier, basées sur l'information numérique des données seulement. Ces classes sont ensuite associées, par un analyste, à des classes d'information utile (si possible). Des programmes appelés algorithmes de classification sont utilisés pour déterminer les groupes statistiques naturels ou les structures des données. Habituellement, l'analyste spécifie le nombre de groupes ou classes qui seront formés avec les données. De plus, l'analyste peut spécifier certains paramètres relatifs à la distance entre les classes et la variance à l'intérieur même d'une classe. Le résultat final de ce processus de classification itératif peut créer des classes que l'analyste voudra combiner, ou des classes qui devraient être séparées de nouveau. Chacune de ces étapes nécessite une nouvelle application de l'algorithme

L'intervention humaine n'est donc pas totalement exempte de la classification non supervisée. Cependant, cette méthode ne commence pas avec un ensemble prédéterminé de classes comme pour la classification supervisée. (**Girard, 1989**)

### I.2.3.2. Classification supervisé

Lors de l'utilisation d'une méthode de classification supervisée, l'analyste identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs de différents types de surfaces (classes d'information). Ces échantillons forment un ensemble de données-tests. La sélection de ces données-tests est basée sur les connaissances de l'analyste, sa familiarité avec les régions géographiques et les types de surfaces présents dans l'image. L'analyste supervise donc la classification d'un ensemble spécifique de classes. Les informations numériques pour chacune des bandes et pour chaque pixel de ces ensembles sont utilisées pour que l'ordinateur puisse définir les classes et ensuite reconnaître des régions aux propriétés similaires à chaque classe. L'ordinateur utilise un programme spécial ou algorithme afin de déterminer la "signature" numérique de chacune des classes.

Plusieurs algorithmes différents sont possibles. Une fois que l'ordinateur a établi la signature spectrale de chaque classe à la classe avec laquelle il a le plus d'affinités. Une classification supervisée commence donc par l'identification des classes d'information qui sont ensuite utilisées pour définir les classes spectrales qui les représentent. (**Boukheir R., al 2001**).

### I.2.4. Principaux indices de végétation

De très nombreux indices de végétation ont été construits et utilisés depuis maintenant une quarantaine d'années (**bannari et al, 1995**).ils prennent la forme soit d'expressions tres basiques (simple différence ou simple ratio), soit de formules beaucoup plus complexes.

On a l'habitude de la classer en familles d'indices selon qu'ils prennent ou non en compte les facteurs externes aux couverts végétaux, tels que l'influence de l'atmosphère, la contribution spectrale des sols, la teneur en eau des végétaux (indices de sécheresse).etc.

#### Exemple

L'indice de végétation par différence normalisé ou indice de tucher (NDVI en anglais) (**Rouse et Haas, 1973 ; Tucker,1979**), le plus connu et le plus utilisé. Son expression est la suivante :

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R} \dots \dots \dots (\mathbf{Rouse\ et\ al\ .,1974}).$$

La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairement. Le NDVI conserve une valeur constante quelque l'éclairement global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairement.

Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1, les valeurs négatives correspondant aux surfaces autres que les couverts végétaux, comme la neige, l'eau ou les nuages, pour lesquelles la réflectances dans le rouge est supérieure à celle du proche infrarouge. Pour les sols nus, les réflectances étant à peu près du même ordre de grandeur dans le rouge et le proche infrarouge, le NDVI présente des valeurs proches de 0. Les formations végétales quant à elles, ont des valeurs de NDVI positives, généralement comprises entre 0.1 et 0.7. L es valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses.

## I.3. SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG) :

### I.3.1. 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.3.2. 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...).

### **I.3.3. 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

#### **I.3.3.1. 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.

### I.3.3.2. 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...

### I.4. 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.5. 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. 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**).


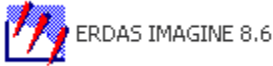

Les SIG permettent d'appliquer des modèles ponctuelles cellule après cellule sur tout un espace géographiquement étendu (**LU ET AL., 2004 ; in BIKO.M 2012**). Les données spatialisées de chaque paramètre sont traitées séparément sous forme de couches d'informations et intégrées (superposition des couches) dans le SIG pour en ressortir la carte de distribution du risque d'érosion (**MUTUAET 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.

I.7 Application

I.7.1 Données utilisées

Le tableau présente le matériel utilisé lors des traitements. Ainsi que les logiciels dédiés à la réalisation des applications de la thématique abordée.

**Tableau I.2.** Outils et matériels utilisés lors des traitements des données

Phases d'application Outils et matériels	Phase de traitement et utilisation des données
<p style="text-align: center;"><b>Matériel informatique</b></p> 	<p><b>PC1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carte graphique 2Go ;</li> <li>- RAM 4Go ;</li> <li>- Lecteur DVD ;</li> <li>- WINDOWS 7 ;</li> <li>- Disque dur 500 Go.</li> </ul> <p><b>PC2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carte graphique 1 Go ;</li> <li>- RAM 4 Go ;</li> <li>- Lecteur DVD ;</li> <li>- WINDOWS 7 ;</li> <li>- Disque dur 500 Go.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Outils de traitements</b></p>	<p>Erdas Imagine pour le calcul de l'indice de végétation et la réalisation de la carte sol d'occupation de sol</p>  <p>Arc GIS version 10 pour les prétraitements et l'analyse spatiale SIG.</p> 

## I.8 Acquisition et préparation des données

Le steppe de la commune d'elBayadh est un milieu complexe qui se caractérise par la présence des types de végétation petits et isolés possédant des réponses spectrales difficilement à signifier à cause de la présence du sol au tour de ces types d'une part ( problème d'ensablement) et d'autre part de la nature de ces types (réflectance faible comparativement aux autres types dans les zones nord ). Ces contraintes exigent pour la réussite de notre application de travailler sur des images de niveau spatiale élevé

### I.8.1. Données spatiales

Notre choix est porté sur une image SPOT5 multi-spectrale qui offrent une meilleur capacité d'analyse en milieu steppique.

**Tableau I.3.** Donnée spatiale utilisée

Donnée	Capteur	Mode	Zone	Résolution spatiale (m)	Date d'acquisition
Image satellitale	SPOT5	Multi-spectral	El-Bayadh	2.5	2006

- **Satellite d'observation de la Terre SPOT5**

Le Système Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT) comporte le satellite. Lancé le 21 février 1986, ce satellite peut opérer dans trois bandes spectrales (vert, rouge et quasi-infrarouge) avec une résolution de 20 mètres.

En outre, SPOT est équipé d'un scanner panchromatique. Autrement dit, il balaye dans une bande qui comporte les plages verte et rouge de la lumière visible. La résolution spatiale de ce capteur est de 10 mètres, la résolution la plus élevée pendant des années pour un capteur non militaire.

SPOT comporte une fonctionnalité spéciale : il peut être programmé pour « regarder de côté » et balayer la même bande deux fois lors de deux survols consécutifs. Les deux angles visuels différents sur la même zone produisent un effet stéréoscopique, qui permet de cartographier les conditions de niveau.

Grâce à ses deux canaux visuels et son canal proche infrarouge, SPOT est l'outil idéal pour la cartographie de la végétation de petites surfaces locales.

- **Troisième génération SPOT-5 :**
  - 2,5 mètres en super mode panchromatique ;
  - 5 mètres en panchromatique ;
  - 10 mètres en couleur.
  - Capacités d'acquisition de couples stéréoscopiques améliorées, grâce à l'instrument HRS (Haute Résolution Stéréoscopique) ;
  - Altitude à l'équateur : 822 km ;
  - Inclinaison sur l'équateur : 98,7° ;
  - Durée du cycle orbital : 26 jours ;
  - Champ de vue : 2x60 km ;

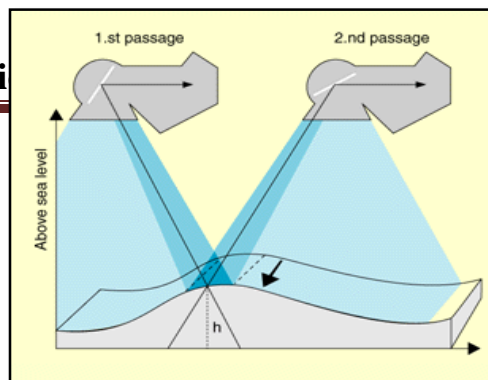


Figure I.2. La détection stéréoscopique par SPOT



Figure I.3. Le satellite SPOT-5

Lancement : Spot-5 a été lancé le 3 mai 2002

Tableau I.4. Bandes spectrale de SPOT-5

Mode	Bande	Bande spectrale	Résolution
Multi spectral	B1	0,50 - 0,59 $\mu\text{m}$ (vert)	10m x 10m
	B2	0,61 - 0,68 $\mu\text{m}$ (rouge)	10m x 10m
	B3	0,79 - 0,89 $\mu\text{m}$ (proche IR)	10m x 10m
	SWIR	1,58 - 1,75 $\mu\text{m}$ (moyen IR)	20m x 20m
M - mono spectral	PAN	0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$	5m x 5m (ou 2,5m en super mode)

L'image SPOT 5 utilisé dans notre application est une spatioscène, Carte dont le fond est une image, et non pas un dessin, obtenue par satellite (mosaïquage de plusieurs scènes brutes, ayant fait l'objet d'une correction géométrique rigoureuse), sur lesquelles ont été rajoutées des informations complémentaires, Pour notre étude, on a utilisé une scène SPOT-5 composée de deux parties, Nord et Sud de la commune d'El Bayadh, super mode de résolution 2,5 m. Les aperçus des images (figures III.3 et III.4) et leurs caractéristiques se résument dans les tableaux suivants (tableau III.2 et III.3) :

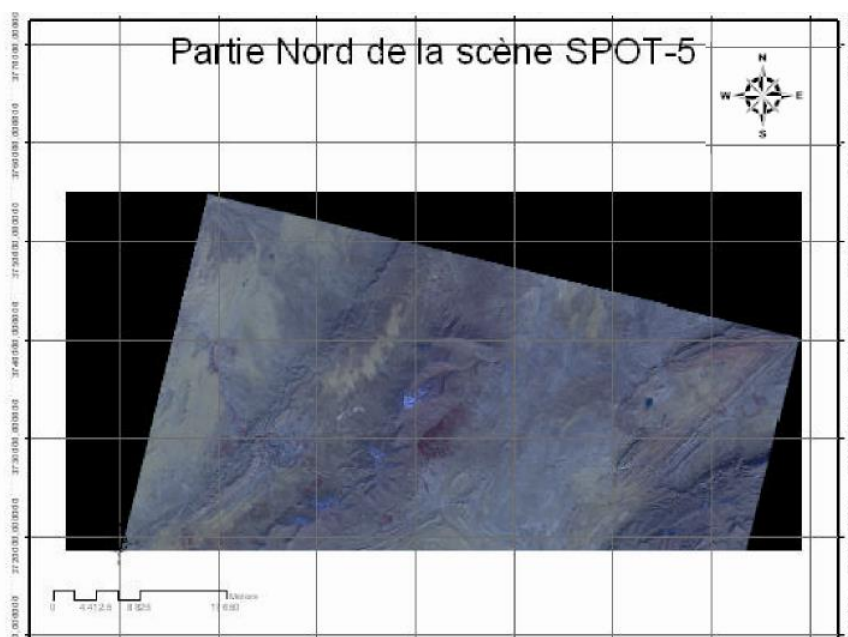


Figure I.4. Aperçu de la partie Nord de la scène d’El Bayadh.

Tableau I.5. Caractéristiques de la partie Nord de la scène SPOT-5.

Partie Nord de la scène	Caractéristiques
Nom de l'image	0 0-Algeria 050109 tx 282 6 spot view
Date	18-09-2006
Niveau de traitement géométrique	Précision 2A
Niveau de traitement radiométrique	BASIC
Nombre de colonnes	29813
Nombre de lignes	14593
Nombre de bandes spectrales	3
Table de géocodage	EPSG
Type de système de coordonnées horizontales	Projected
Nom d'identification de système de coordonnées horizontales	3263 1WGS84/UTM3 1N
Système de coordonnées géographique	WGS1984
Type de produit	SC241V20N
Résolution spatiale (mètre)	2.5*2.5
Fournisseur	SPOT IMAGE
Localisation géographique	min = 1 . 5866 ( DEG )    min = 0 . 8451 ( DEG ) min = 33.9179 ( DEG )    max = 33.5875 ( DEG )

Tableau I.6. Caractéristiques de la partie sud de la scène SPOT-5

Partie Sud de la scène	caractéristiques
Nom de l'image	1 0-algeria 050109 tx 042 282 6 spot
Date	18-09-2006
Niveau de traitement géométrique	Précision 2A
Niveau de traitement radiométrique	BASIC
Nombre de colonnes	29813
Nombre de lignes	14593
Nombre de bandes spectrales	3
Table de géocodage	EPSG
Type de système de coordonnées horizontales	Projected
Nom d'identification de système de coordonnées horizontales	3263 1WGS84/UTM3 1N
Système de coordonnées géographique	WGS1984
Résolution spatiale (mètre)	2.5*2.5
Type de produit	SC241V20N
Fournisseur	SPOT IMAGE
Localisation géographique	min = 1.5866(Deg)    min = 0.8451(Deg) min = 33.9179(Deg) max = 33.5875(Deg)

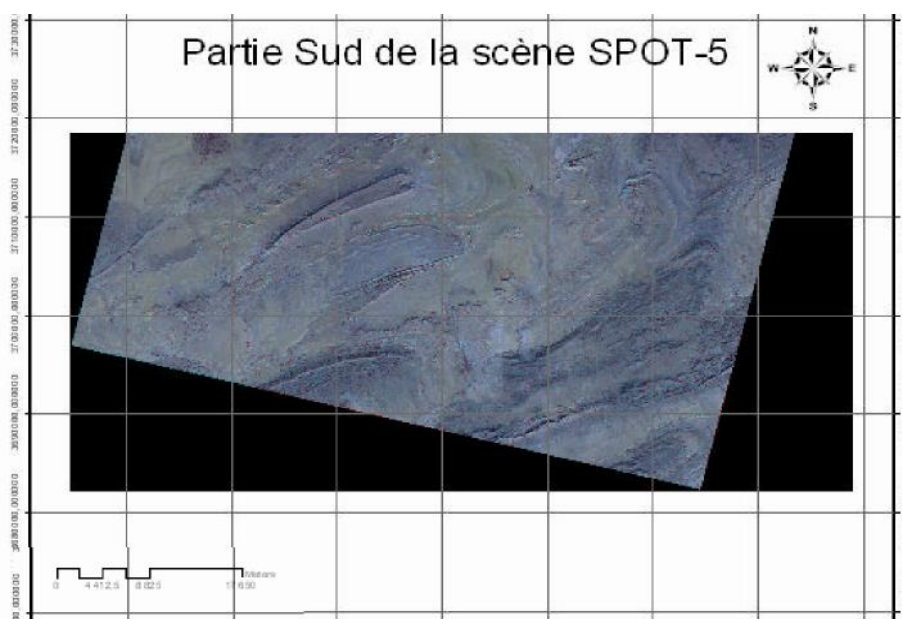
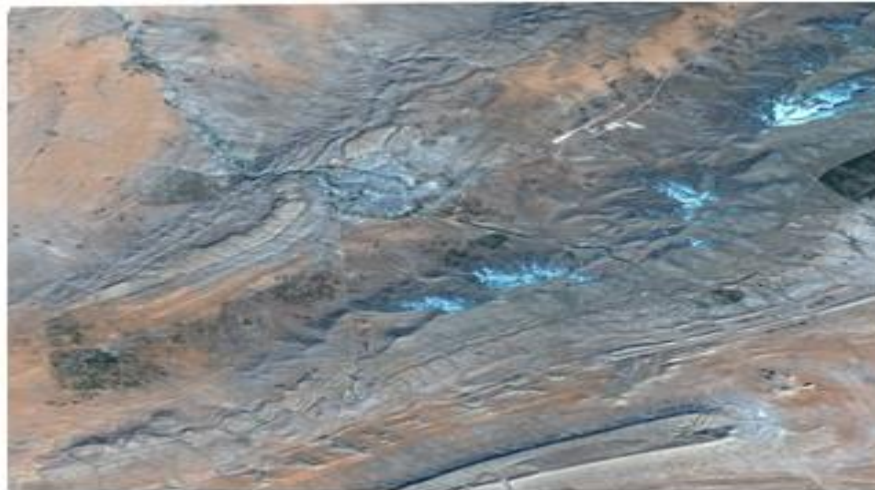


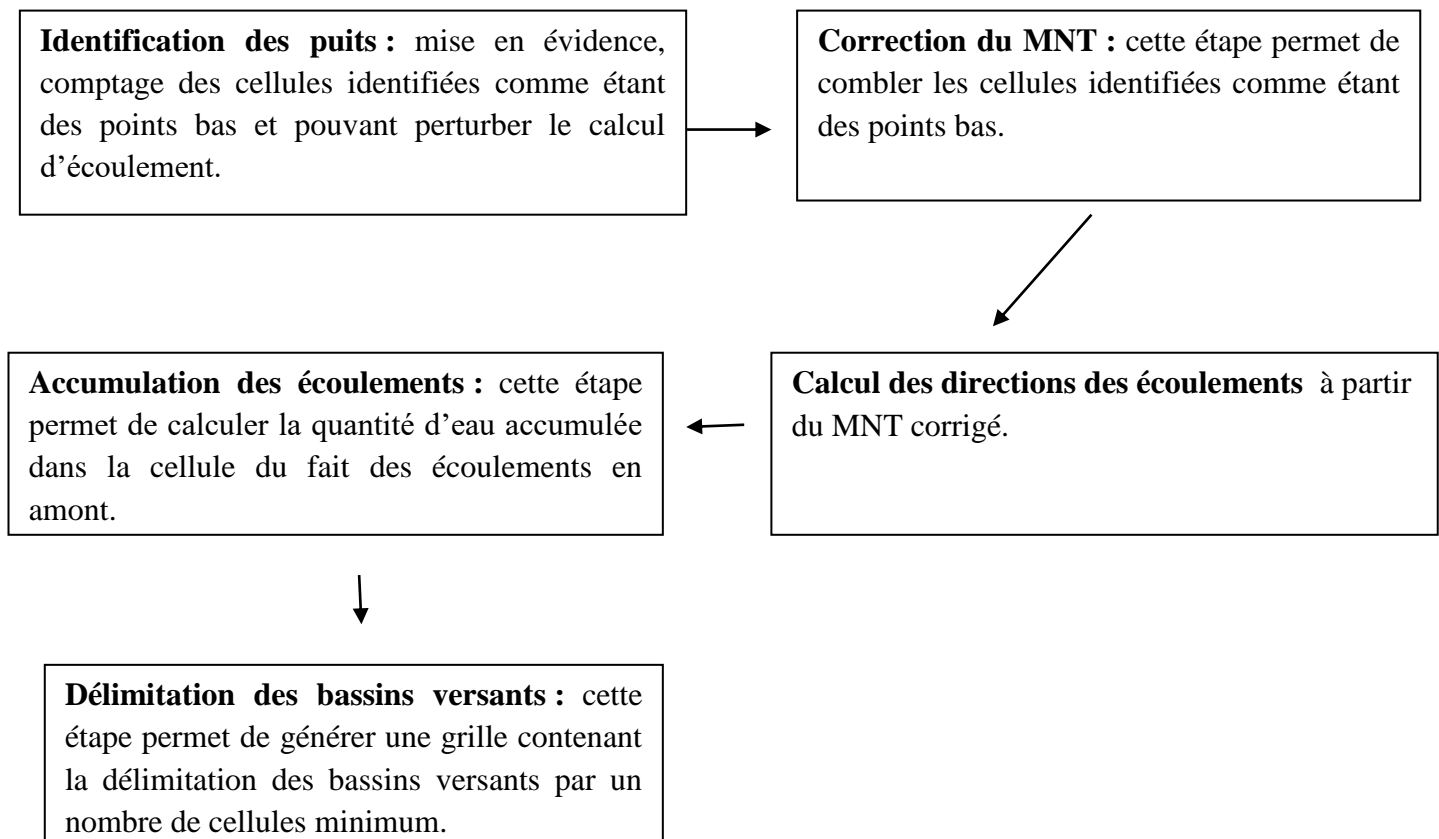
Figure I.5 Aperçu de la partie sud de la scène d'El Bayadh



**Figure I.6.** Extrait de la spatiocarte SPOT5 de la zone d'étude

- **Carte des bassins versants**

Cette carte possède des applications multiples, dans notre cas nous l'avons utilisé pour l'intégration de risque d'inondation selon les bassins versants. Pour arriver à cette délimitation nous devons disposer d'une grille d'altitude (MNT), les étapes suivies sous ArcGIS sont :



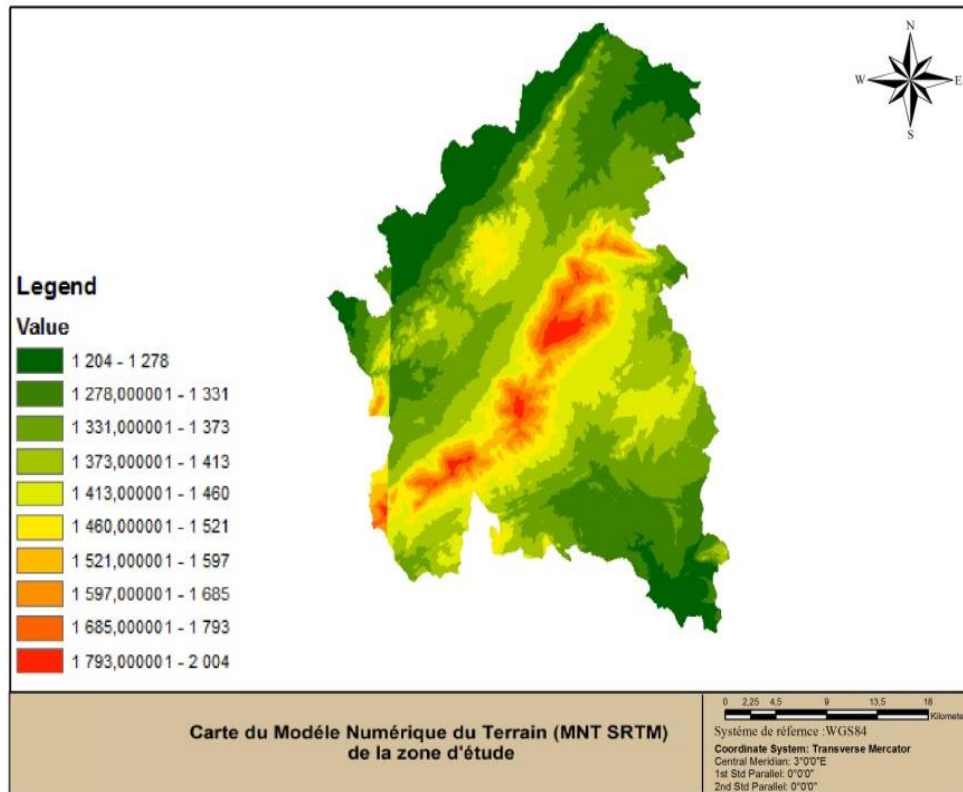


Figure I.7 Etapes de délimitation des bassins versants

## Chapitre II

---

### Présentation et Application de la méthode de BONFILS

## II.1 INTRODUCTION

Selon P.BONFILS « c'est une méthode d'évaluation des risques à l'aide des paramètres fiables et non une méthode expérimentale », et afin de reconnaître les terrains les plus exposés aux problèmes de l'érosion on doit déterminer les paramètres d'évaluation des facteurs d'érosion qui sont les différentes informations qui permettent de caractériser les facteurs de l'érosion.

## II.2 Méthodologie de la méthode

L'opération consiste à évaluer, qualitativement, les risques d'érosion des sols en premier lieu, et en deuxième lieu d'apprécier les risques actuels d'érosion des sols, en se basant sur des données descriptive.

## II.3 Appréciation du risque potentiel d'érosion des sols

L'appréciation des risques potentiels d'érosion se fait en combinant les trois facteurs :

$$A = K * R * S \dots\dots\dots(1)$$

K : Erodabilité des sols.

R : Erosivité des pluies.

S : Importance de la pente.

### II.3.1 Classe d'érodabilité des sols ( K)

L'appréciation de l'érodabilité des sols se fait par la combinaison de trois notes attribuées respectivement à la texture, à la profondeur et à l'importance des éléments grossiers, pour la texture on se réfère au triangle de la FAO sur lequel les 13 classes ont été affectées à une note selon la sensibilité à l'érosion hydrique du matériau correspondant :

La texture : trois notes sont attribuées

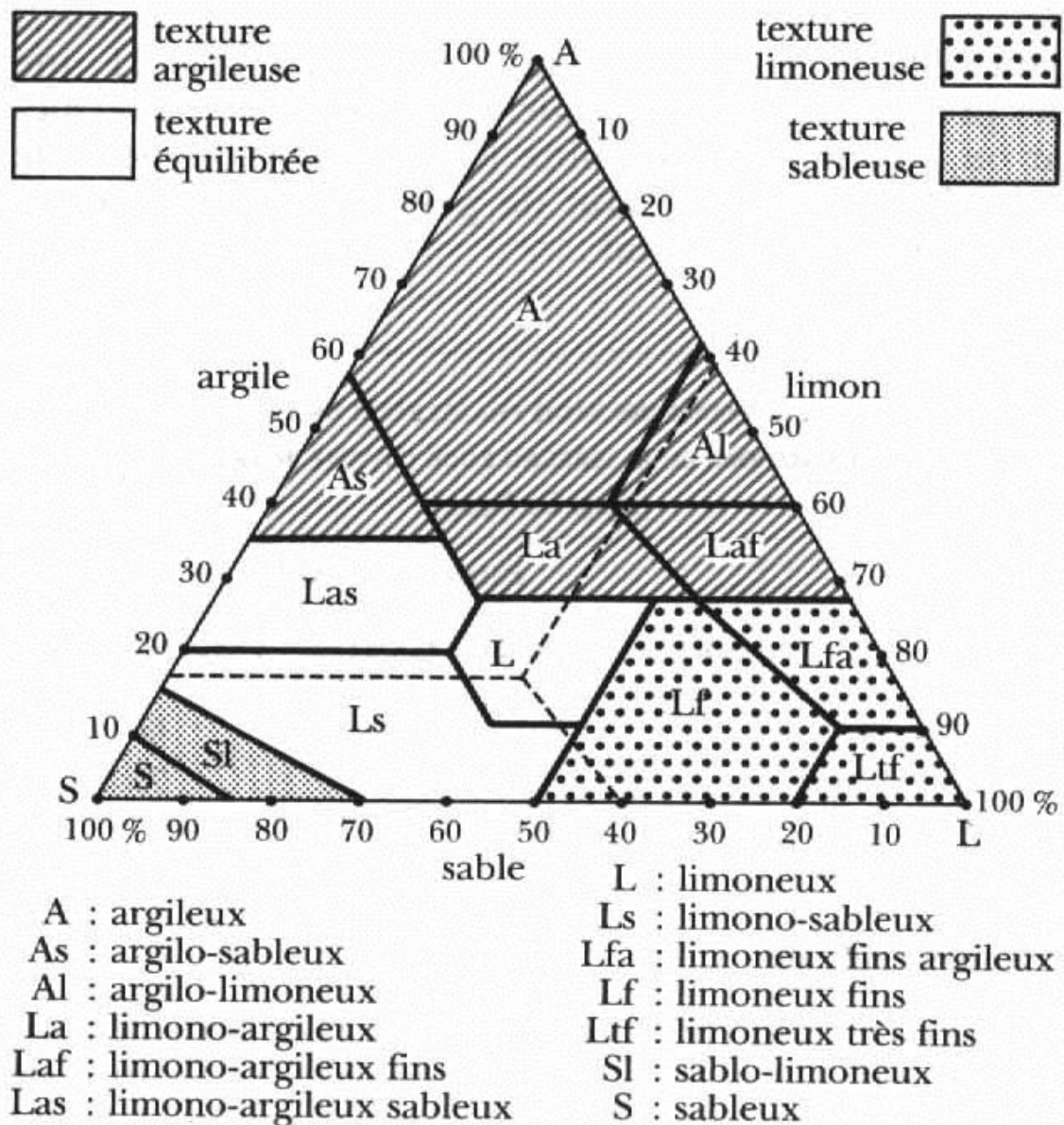
- Note 1 pour les matériaux stables, riches en colloïdes argileux
- Note 3 pour les matériaux les plus sensibles riches en limons
- Note 2 intermédiaires entre les notes précédente

L'érodabilité des sols :

**-peu érodable** : Argile sableuse (A.S), Argile (A), Argile Limoneuse (A.L).

**-moyennement érodable** : Limon Argilo-Sableux (L.A.S), Limon Argileux (L.A),Sable (S), Sable Limoneux (S.L), Limon Argileux fin (L.A.S).

**-fortement érodable** : Limon Sableux (L.S), Limon (L), Limon fin (L.F), Limon très fin (L.T.F).



**Figure II.1.** Triangle des textures des sols (Ritter J., 2012).

La profondeur : trois notes attribuées

- Note 1 : profondeur >75 cm
- Note 2 : profondeur entre 25 et 75 cm
- Note 3 : profondeur <25 cm

La charge de surface ou pierosité :deux notes sont attribuées

- Note 1 : >10 % d'éléments grossiers
- Note 2 : <10 % d'éléments grossiers

Suite à ça , on peut extraire les classes d'érodabilité des sols en combinant d'une manière multiplicative les trois notes de textures, les trois notes de profondeur et deux notes

de pierrosité , en aboutissant sur 18 notes, qui sont par la suite subdivisées en trois classe à savoir :

- **Note de 1 -3 : classe1 : sol peu érodable.**
- **Note de 4-6 : classe 2 : sol moyennement érodable.**
- **Note de 7-18 : classe 3 : sol fortement érodable.**

### II.3.3 Classes d'érosivité des pluies (R)

Selon la méthode BONFILS, l'appréciation de l'érosivité des pluies se base sue la combinaison de deux paramètres qui sont :

#### II.3.3.1 Indice de FOURNIER

$$I_f = \sum_{i=1}^{12} \frac{(p_i)^2}{p} \dots\dots\dots(2).$$

Avec

**P<sub>i</sub>** : pluviométrie moyenne mensuelle

**P** : pluviométrie annuelle

Les classes sont déterminées comme suite :

- Classe 1 : < 60
- Classe 2 : 61-90
- Classe 3 : 91-120
- Classe 4 : 121-160
- Classe 5 : plus de 160

### II.3.4 Indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI)

Cet indice, traduit la durée et l'intensité de la saison sèche, sa détermination consiste à ressortir le nombre des mois secs consécutifs à partir du diagramme ombrothermique.

Au cours de ces mois secs, nous retenons le nombre « p », des jours sans pluies, c'est-à-dire éliminer le nombre des jours pluvieux.

Egalement, les autres jours sans pluie , ne sont pas nécessairement des jours biologiquement secs, il faut compter un rapport d'eau sous une autre forme que les précipitations, telle que l'humidité relative (HR)atmosphérique.

Pour faire intervenir cette norme d'eau, nous convenons de tenir en compte les conditions suivantes, si :

HR<40%, les jours sont sec.

40% <HR<60%, un jour compte pour 9/10.

60%<HR<80%, un jour compte pour 8/10.

HR>80%, un jour compte pour 7/10.

Le nombre « P » de jours sans pluie au cours de la période sèche est appelé l'indice Xérothermique.

L'indice de **BAGNOULS** et **GAUSSEN** (**BGI**) est défini comme suite :

$$\mathbf{BGI} = \sum_i^i (\mathbf{Njm} - \mathbf{Njp}) * \mathbf{p} \dots \dots \dots (3)$$

Ou :

**Njm** : nombre des jours du mois considéré sec.

**Njp** : nombre des jours de pluie.

**P** : indice Xérothermique.

#### Détermination des classes de BGI

- **Classe 1 : BGI=0**
- **Classe 2 : 1-50**
- **Classe 3 : 51-130**
- **Classe 4 : plus de 130**

On peut apprécier l'érosivité des pluies en multipliant les cinq classes de IF et les quatre classes de BGI, les vingt classes résultats seront reclassées en trois classes, comme suivant :

- **Classe 1 : de 1 à 3.**
- **Classe 2 : de 4 à 8.**
- **Classe 3 : plus de 8.**

#### II.3.5 Importance de la pente (S)

Les pentes sont classées en quatre classes :

- **Classe 1 : pente <5%**
- **Classe 2 : pente 5-15 %**
- **Classe 3 : 15-30%**
- **Classe4 : plus de 30%**

#### II.4 L'appréciation du risque potentiel d'érosion

L'évaluation du risque sera faite par la combinaison multiplicative des trois classes d'érosivité, trois classes d'érodabilité, et des quatre classes des pentes, donne des notes comprises entre 1 et 36 qui sont ramenées à :

- Classe 1 : < 5 risques potentiels nuls ou faibles.
- Classe 2 : risques potentiels moyens.
- Classe 3 : +11 risques potentiels élevés.

### **II.5 Evaluation du risque actuel d'érosion**

Pour déterminer les risques actuels d'érosion il est nécessaire d'introduire l'effet du couvert végétal pour le combiner avec le risque potentiel.

Seulement deux classes sont retenues :

- classe 1 : sols couverts de 20% et plus.
- classe 2 : sols couverts de moins de 20%.

## **II.6 APPLICATION DE LA METHODE BONFILS**

### **II.6.1 APPRECIATION DU RISQUE D'EROSION DES SOLS (R.E.S)**

#### **II.6.1.1 Classe d'érodabilité des sols (K)**

L'érodabilité des sols est une mesure de la vulnérabilité ou de la susceptibilité du sol à l'érosion. Elle dépend de la stabilité de la structure du sol, ces propriétés structurales (texture, structure, profondeur, teneur en matière organique...) jouent un rôle important dans la résistance de ce dernier à l'érosion, dont on cite certains qui sont intégrés dans la méthode BONFILS.

##### **II.6.1.1.a La texture**

Caractérise la fiabilité du sol et détermine le type d'érosion, en nappe si elle est argileuse et en rigole si elle est limono sableuse. Les sols limoneux et sableux sont des sols instables et les sols argileux sont plus stables, donc selon le pourcentage de chaque élément on détermine la texture du sol.

Les analyses au laboratoire des échantillons nous ont donné les caractéristiques texturales de chaque sol limitées selon les unités homogènes déterminées.

##### **II.6.1.1.b La profondeur**

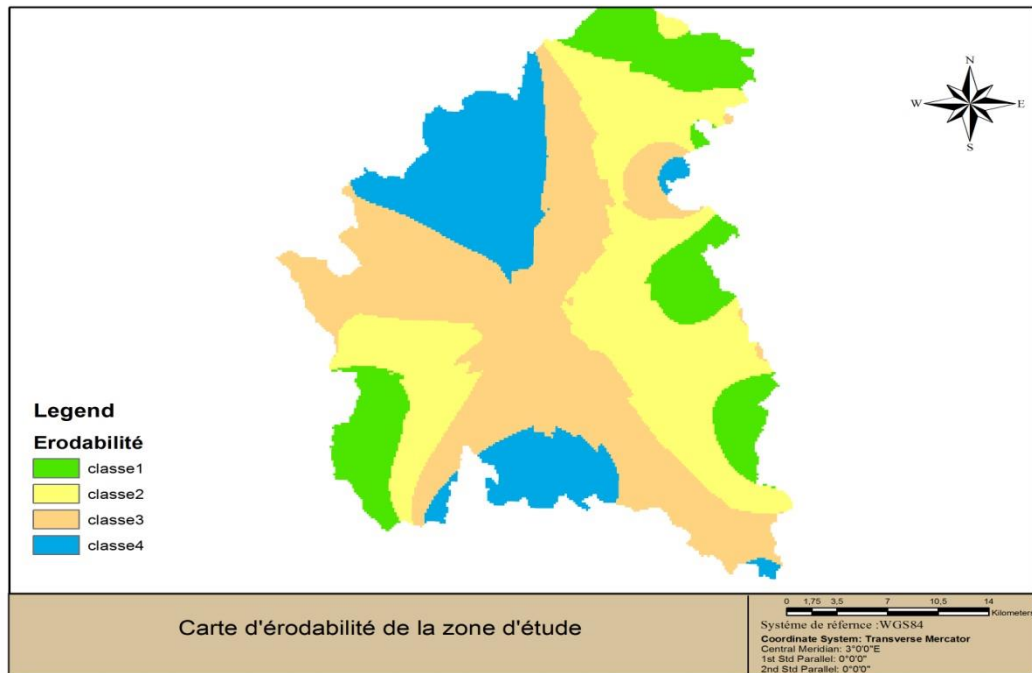
Elle a un rôle très important, les sols les plus profonds et qui se caractérisent par la présence des couches A, B et C sont plus résistants à l'érosion, par contre aux sols qui ne

contiennent que une ou deux couches (couche superficielle A et couche mère C), qui est le cas des sols de notre zone d'étude.

L'appréciation de l'érodabilité des sols se fait par la combinaison des trois notes attribuées respectivement à la texture, profondeur et la pierosité.

**Tableau II.1** Des propriétés et des classes d'érodabilité des sols de chaque unité spatial

	Profondeur (Cm)	note	la texture	note	La pierosité	note	érodabilité	Classe
Sondage 1	<75	2	L	3	<10%	2	12	3
Sondage 2	25-75	2	S.L	2	<10%	2	8	3
Sondage 3	>75	1	A	1	<10%	2	2	1
Sondage 4	>75	1	S.A	2	<10%	2	4	2
Sondage 5	>25	3	S.A.L	2	>10%	1	6	2



**Figure II.2.** La carte d'érodabilité de sol (HCDS d'El Bayadh 2017)

### II.6.1.2 Classe d'érosivité de pluies ( R )

L'érosivité dépend des caractéristiques physiques de la pluie. L'augmentation de l'intensité de la pluie s'accompagne de l'augmentation de la taille, de la vitesse et de l'énergie cinétique des gouttes de pluie. Ainsi, plus l'intensité de la pluie augmente, plus sa capacité érosive augmente.

Deux paramètres ont été retenus : l'index de FOURNIER et l'index xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN, le premier s'obtient par le calcul de la pluviométrie moyenne mensuelle ( $P_i$ ) et le module pluviométrique annuel ( $P$ ) (indice établi par RIQUIER et les pédologues de la FAO), le deuxième (BGI) s'obtient par le calcul de la surface comprise entre les courbes de pluie et de température du diagramme de BAGNOULS et GAUSSEN, c'est un nombre qui traduit la durée et l'intensité de la saison sèche

**II.6.1.2.a Indice de FOURNIER (IF)****Tableau II.2 :** les précipitations moyennes mensuelles, la moyenne annuelle, et de  $\frac{(P_i)^2}{P}$ 

Mois	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec	P
P <sub>i</sub>	1.53	7.11	12.71	50.04	9.13	4.35	5.59	17.52	45.48	20.58	65.28	37.84	259.9
$\frac{(P_i)^2}{P}$	0.09	0.19	0.62	9.63	0.5	0.1	0.12	1.1	7.9	1.62	16.39	5.5	43.76

Source : station météorologique d'El Bayadh 2015

La somme des  $\frac{(P_i)^2}{P}$  sur les douze mois nous donne IF= 43.76 , puisqu'il est inférieur à 60 donc on l'attribu à la première classe  $\longrightarrow$  classe 1.

**II.6.1.2.b Indice de BAGNOULS et GAUSSEN (BGI)**

La saison sèche de la zone d'étude s'étale di mois de janvier au mois de octobre, ce qui explique une longue période sèche (neuf mois)

**Tableau II.3.** l'indice xérothermique (p) de la période sèche

mois	Jan	mar	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct
<b>Humidité relative%</b>	<b>56.6</b>	<b>56</b>	<b>45.3</b>	<b>35.6</b>	<b>27.5</b>	<b>23.3</b>	<b>32.5</b>	<b>42.2</b>	<b>47.1</b>
<b>Nbr de jours de pluies</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
<b>Indice P</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0.9</b>	<b>0.9</b>
<b>le nombre des jours biologiquement secs</b>	<b>25.2</b>	<b>21.6</b>	<b>23.4</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>19.8</b>	<b>26.1</b>

L'indice (BGI) est doc la somme des jours biologiquement secs des neuf mois :

$$I= 25.2+21.6+23.4+26+28+27+24+19.8+26.1=221.1$$

L'indice (BGI) est supérieur à 130, donc on l'attribue à la quatrième classe → classe 4

Pour ressortir la classe d'érosivité, on combine d'une façon multiplicative les deux indices, BAGNAULS et GAUSSEN et de FOURNIER

$$\text{BGI} * \text{IF} = 4$$

Donc, l'érosivité débouche sur la classe 2

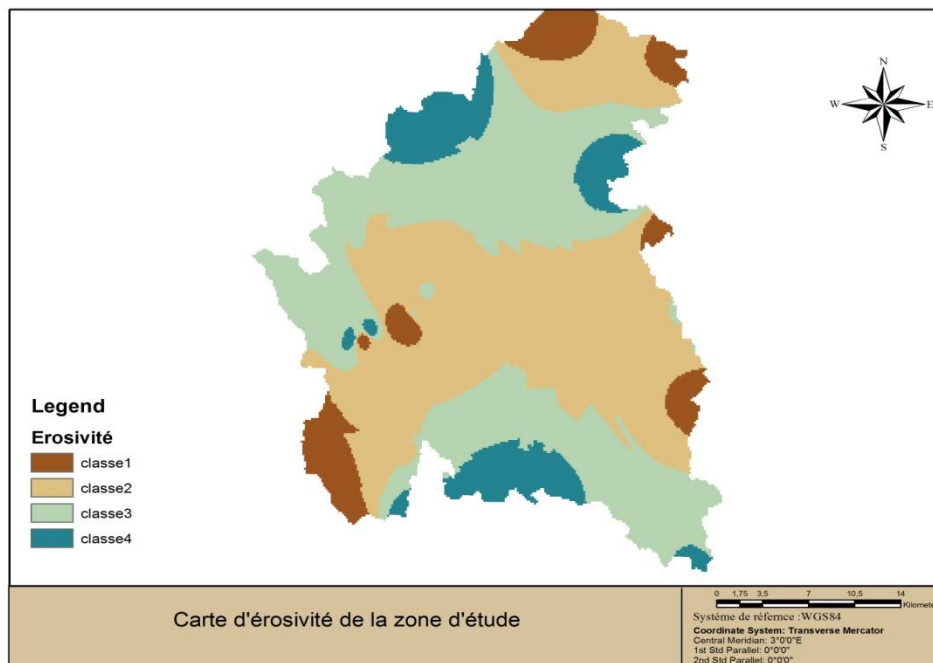


Figure II.3. La carte d'érosivité des pluies (HCDS d'El Bayadh 2017)

### II.6.1.3 Classe des pente (S)

Tableau II.4. Les classes des pentes.

Pente %	<7	7-17	17-33	> 33
Les classes	1	2	3	4

**II.6.1.4 Appréciation du risque potentiel d'érosion**

L'appréciation du risque potentiel d'érosion se fait par la combinaison multiplicative des trois classes données respectivement à l'érosivité, à l'érodabilité et à la pente.

**Classe 1 : < 5 risque potentiel nul ou faible**

**Classe 2 : 6-11 risque potentiel moyen**

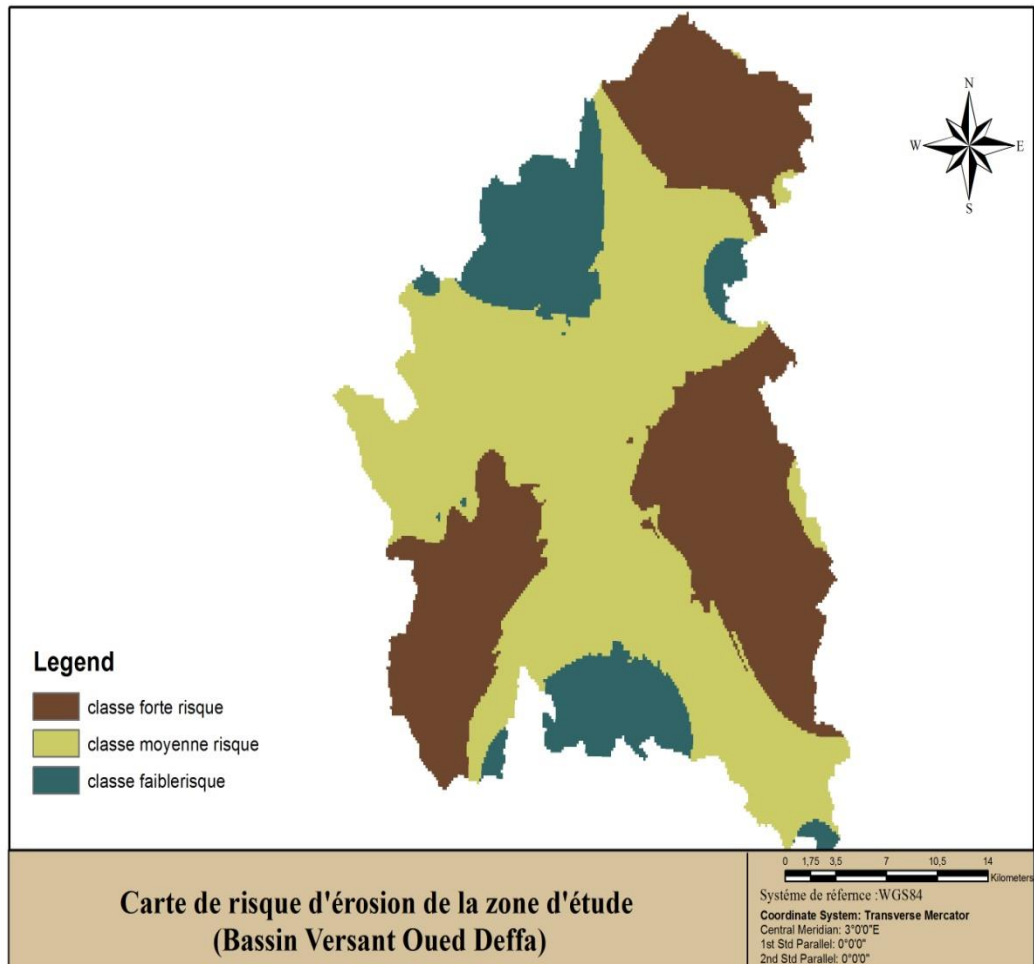
**Classe 3 : +11 risques potentiels élevés**

## II.7 Résultat et discussion

D'après la application de la méthode de BONFILS et l'application de Télédétection on a obtenu les résultats ci dessous :

**Tableau III.1.** Risques d'Erosion des Sols

	Sondage 1	Sondage 2	Sondage 3	Sondage 4	Sondage 5
<b>Erodabilité</b>					
<b>Le profondeur (Cm)</b>	<75	25-75	>75	>75	>25
<b>Note</b>	2	2	1	1	3
<b>La texture</b>	L	S.L	A	S.A	S.A.L
<b>Note</b>	3	2	1	2	2
<b>La piérosité</b>	<10%	<10%	<10%	<10%	>10%
<b>Note</b>	2	2	2	2	1
<b>Erodabilité</b>	12	8	2	4	6
<b>Classe erodabilité</b>	3	3	1	2	2
<b>Erosivité</b>					
<b>IF</b>	43.76	43.76	43.76	43.76	43.76
<b>Note IF</b>	1	1	1	1	1
<b>BGI</b>	>130	>130	>130	>130	>130
<b>Note BGI</b>	4	4	4	4	4
<b>IF*BGI</b>	4	4	4	4	4
<b>Classe d'érosivité</b>	2	2	2	2	2
<b>pentés</b>					
<b>Classe des pentés</b>	1	3	2	3	3
<b>Risques d'Erosion des Sols</b>					
<b>EROD*EROS*PENT</b>	6	18	4	12	12
<b>Classe</b>	2	3	1	3	3
<b>R.E.S</b>	moyen	fort	faible	fort	Fort



**Figure III.1** Carte de risque d'érosion de la zone d'étude (Bassin Versant Oued Deffa)

## CONCLUSION GENERALE

---

### CONCLUSION GENERALE

Les résultats de ce travail sont obtenus grâce à l'utilisation de la technologie de la télédétection et des SIG qui facilite l'évaluation des risques de l'érosion hydrique dans une région semi aride partiellement montagneuse.

La carte du risque d'érosion élaborée pourrait constituer un document de base pour tout aménagement proposé. La méthode utilisée a permis d'identifier des zones à risque d'érosion dans la région d'oued Deffa.

La méthodologie appliquée dans cette étude a permis de réaliser et décrire une carte du risque à travers la méthodologie de BONFILS antiérosif, elle nous a permis de présenter les risques d'érosion sous forme d'un document cartographique, en se basant sur des données de télédétection et de SIG, on a pu réaliser une série de cartes thématiques.

La présente étude pose la problématique de l'érosion et fournit un document de base et apporte quelques réponses notamment en termes de choix des zones prioritaires d'intervention, et construit un document cartographique d'aide à la décision et aux propositions d'aménagement pour des fins de restauration des terres en voie de dégradation.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Abrahamas et Parsons, 1991 in Boukheir et al., 2001** Relation between sediment yield and gradient on debris-covered hillslopes, Walnut Gulch, Arizona, Geol. Soc. Am. Bull., 103, 1109–1113.

**ANAT, 2003** Etude prospective et de développement de la wilaya d'El Bayadh.

**ANDI, 2013** Monographies de la Wilaya D'El Bayadh.

**Arabi M., 1991** Intensification de l'agriculture en Algérie, contraintes et espoirs. Actes du colloque sur l'érosion des sols et l'envasement des barrages, Alger

**Bannari et al, 1995** spectrales et géomorphométriques dans un SIG pour la cartographie des aires exposées à l'érosion, Revue Télédétection, , vol. 7, n° 1-2-3-4, p. 327-342.

**Benabadji et al., 2000** Quelques Modifications Climatiques Intervenues dans le Sud-Ouest de l'Oranie (Algérie Occidentale). Rev. Energ. Ren. Vol.3(2000), pp 117-125.

**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.

**Boukheir R., al 2001 Boukheir R., Girard MC., Shaban A., Khawlie M., Faour G. et Darwich T., (2001)** : Apport de la télédétection pour la modélisation de l'érosion hydrique des sols dans la région.

**Brahim Habibi al 2012,** Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales Cas du Bassin Chott-Chergui p 42

**Caloz R, 1990,** Télédétection appliquée. Notes de cours. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, p57.

**Chebbani et al., 1996** Application de la G.C.E.S dans la région de Tlemcen. Algérie, INRF, p189-197.

**Couderec, 1973** Remarques sur le concept de région appliqué à la steppe de l'Algérie. occidentale. Ed Centre intern. Hautes et Agro.Méd (CIHEAM)- Option Méditerranéennes 23.91.101.

**Claude Kergomard, 2002** LA TÉLÉDÉTECTION AÉRO-SPATIALE, p07

**Dajoz (1970)** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 357 p.

**Damagnez, 1975** Economie de l'eau en zone aride : utilisation des eaux de surface. Options Méditer., 28 : 35 – 41.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- Demmak, 1982** . Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie Septentrionale. Thèse docteur ingénieure, paris, p323. Annexe(s).
- DGF (2008)**. Direction Générale des Forêts., 2004: Rapport National de l'Algérie sur la mise en œuvre de la convention de lutte contre la désertification. DGF, Alger, Septembre 2008, p35.
- Djelaila, 2008** Biosystématique des rongeurs de la région d'El Bayadh. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en sciences agronomiques, Institut national agronomique El Harrach – Alger, 107 p.
- DPAT ,2010** Monographie de la wilaya d'El BAYADH.
- DPSB ,2014** Direction de Programmations et Suivi Budgétaires», Annuaire Statistique
- Le Houerou, 1995** Bioclimatologie et biogéographie des steppes aride du Nord de l'Afrique- Diversité biologique, développement durable et désertisation. Options méditerranéennes. CIHEAM. Montpellier Série B : Etudes et recherches n°10-397p.
- El Zerey, 2012** La désertification : quel impact sur le développement en Algérie ? 198p.
- 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.
- FAO, 1976** La conservation des sols dans les pays en développement. Bulletin pédologique p. 30, 92.
- Gausson (1953)** Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse, 88, 1953, pp. 193 à 240.
- Girard, 1989** Traitement des données de télédétection, 1999. Cours SIG PDF.
- HCDS D'EL BAYADH 2017** Haut commissariat au développement de la steppe d'el bayadh.
- Hirche et al ., 2007** Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes. Sécheresse, 18 (4) : 314 – 320.
- Hjulstrom (1935)** Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris. Bull. Geol. Inst. Uppsala, 25 p.
- LE BISSONNAIS ET AL., 2004, in BIKO.M 2012** Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale. Exemple du département de l'Aisne. Étude et Gestion des Sols, 11, 3, pp. 307 – 321.
- LU ET AL.,2004, in BASSOGLOG 2012** Neural stem cells constitutively secrete neurotrophic factors and promote extensive host axonal growth after spinal cord injury. Exp Neurol. 2004;181:115–129.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

---

- LU ET AL., 2004 ; in BIKO.M 2012** Mapping soil risk in Rondonia braziliانا mazonia :Using RUSLE, remote sensing and GIS.Land degradation and development, 15: 499-512.
- Ludwig et al., 1996 ; Souchère et al., 1998** Gestion durable des sols par laêtitiaciteau, p 31.
- LONGLEYET Al. (2005** Geographic Information Systems and Science. Second Edition. New York: Wiley.
- Mazour, 2004** Etude des facteurs de risque du ruissellement et de l'érosion en nappe et conservatio de l'eau et du sol dans le bassin versant de l'Isser\* Tlemcen, thèse de doctorat d'état, universitéde Tlemcen, 184p.
- M. DAHMANI, 2006:** Estimation de la recharge de la nappe infra-crétacé de la région du DHAR LAHMAR (EL BAYADH, ATLAS SAHARIEN CENTRAL). Mémoire Ingénieur d'Etat en Hydrogéologie. Univ Tlemcen.
- MUTUA ET AL., 2005 ; in BIKO.M 2012** Modelling soil erosion and sediment yield at catchment scale: the case of Masinga catchment in Kenya. Land degradation and development, Vol. 17: 557 - 570.
- Pouget, 1980** Les relations sol-végétation dans les steppes sud algéroises. Trav. Et. Doc. ORSTOM, Paris, 555 p.
- REMMAS HICHEME 2014** Contribution { l'étude et { la cartographie des zones sensibles { l'érosion hydrique du sous bassin versant de Oued Saida Master en Ecologie et Environnement p 16.
- Ritter J., 2012** process geomorphology. Chapitre 5, pp 169. Brown company publishers, Iowa
- Roose, 1977** Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest, Travaux et documents de l'ORSTOM n°78, ORSTOM, Paris.
- Rouse et Haas, 1973 ; Tucker,1979** Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS', *Third ERTS Symposium*, NASA SP-351 I, 309-317. ed and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation', *Remote Sensing of Environment*, **8(2)**,127-150.
- Rouse et al .,1974** monitoring vegetation systems in the Great Plain with ERTS in : Fraden S.C.,Marcanti E.P et Becker Ma (eds).Third ERTD-1 Symposium, 10-14 dec.1973.NAZA SP-351 ?Washington D.C.NASA,pp.309-317.
- Soltner, 1999** Les bases de la production végétale tome 2. Edit. Scien.et Tech. Agricole. Paris.183 P.
- Thomas, 1995 in Boukheir et al., 2001** Cartographie numérique et proposition d'aménagement anti-érosif au sous bassin versant de Mina-Haddad dans la wilaya de

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

---

Relizanemém. Master science Forestière, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El-Harrach, Alger, p.11.

**UNED (2008)** Université nationale d'enseignement à distance (université publique espagnole).

**UNIGE(2004) ,peduzzi(2009)** Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2009, vol. 9, n° 4, p. 1149-1159.

**UVED, 2008** Suivi de l'environnement par satellite UNIVERSITE Université virtuelle environnement et développement durable.

**Wischmeier (1976)** Use and misuse of the universal soil loss equation. *Journal of soil and water conservation* 31, pp 5- 9.

**Yacouba.1999** Effet des techniques traditionnelles de gestion des eaux sur la disponibilité hydrique des sols de glacis ( article à paraître dans les annales de l'université de Niameux) .

**YEMEFACK (2005) ; in BICO.M 2012** Modelling and monitoring soil and landuse dynamics within shifting agricultural landscape mosaic systems in Southern Cameroon. ITC Dissertation 121, ITC Enschede and Utrecht University, the Netherlands. 213 pages.

**ZURAYKET AL., 1999, in Biko.M 2012** A GIS based methodology for soil degradation evaluation. 10<sup>th</sup> International soil conservation organization meeting, Purdue University and the USDA-ARS National soil erosion research laboratory: 1082-1089.