

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Faculté Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Science Nutrition and Technologie Agriculture



**Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master académique**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences agronomique**

**Spécialité : Science de sol**

**Présenté par :**

**Mohammed Emin Hameurlaine**

*Thème*

**Cartographie de la sensibilité à la dégradation des terres en milieu semi-aride, Cas de région de Sud de Tiaret (Zmalet El Emir Abdelkader)**

**Soutenu publiquement le 26/09/2021**

**Jury :**

**Président: Mr. Safa Omar**

**Encadrant: Mr. Bouacha Mohamed Islem**

**Examinatrice 1: Mme. Arabi Zohra**

**Examineur 2 : Mr. Aibout Farid**

**Grade**

**MCB**

**MCB**

**MCB**

**MCB**

**Année universitaire 2020-2021**

# *Remerciement*

Tous d'abord je tiens a remercié le bon Dieu tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener a bien ce modeste travail.

Je tiens a exprimer ma profonde gratitude et ma parfaite reconnaissance a mon encadrant Monsieur Mohamed Islam Bouacha pour son encadrement, conseils et sacrifices afin de donner le meilleur et pour son suivi durant la période de préparation de mon mémoire d'afin d'étude.

Mes vifs remerciements vont aux membres du jury ***Dr. Safa Omar, Dr Arabi zohra*** ainsi que ***Monsieur Aibout Farid*** pour l'honneur qui me font en en acceptant d'examiner et de discuter le travail effectue dans le cadre de ce memoire.

J'adresse mes sincerés remerciements a tous les professeurs qui par leurs conseils et leurs efforts durant tous les années passées a apprendre à leurs côtes, je tiens a les remercier du fond du creur pour les efforts consentis durant tout notre cursus universitaire.

# *Dédicace*

En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce modeste travail avec une grande fierté à tous ceux qui me sont chers :

Ma très chère mère Aicha Gusseb, qui a rouverte pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

Mon très cher père Aek Hameurlaine, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

Que Dieu vous protège et que la réussite soit toujours à ma portée pour que je suis puisse vous combler de bonheur.

Mon chère oncle Aek Guessab mon modèle merci pour tous

Je remercie aussi ma chère sœur Fatiha Ammi et cher frère AEK Ammi et toute ma famille en plus les amis Mhamed koura et Ghali karkoub , tout qui reste avec moi pour cette travaille.

## Table des matières

Liste des Figures-----	I
Liste des Tableaux-----	II
Liste des Abréviations-----	III
Introduction générale-----	1

### Partie I Synthèse Bibliographique

#### Chapitre I Dégradation des sols en milieu semi-aride

I.1	Dégradation des sols.....	5
I.2	Cause et conséquence.....	5
I.2.1	Erosions.....	5
I.2.2	Surpâturage.....	7
I.2.3	Dégradation des structures.....	7
I.2.4	Salinisation des sols.....	8
I.2.5	Acidification.....	8
I.2.6	La pollution.....	9
I.2.7	Formation et évolution des Sols.....	11

#### Chapitre II Modélisation des processus de dégradation

II.1	Modelés et modélisations.....	13
II.2	Rappels sur l'approche conceptuelle de la modélisation.....	13
II.3	Différentes approches en modélisation.....	14
II.3.1	Approches non approximatives.....	14
II.3.2	L'approche empirique.....	14
II.3.3	L'approche mécaniste.....	14
II.3.4	L'approche systémique.....	15
II.3.5	Approches approximatives.....	16
II.4	Types des modelés.....	16
II.4.1	Modelés linéaires.....	16
II.4.2	Multivariée adaptives régressives spline.....	17
II.4.3	L'analyse discriminante flexible.....	17
II.4.4	Les forets Aléatoires.....	18

#### Chapitre III Télédétection et l'intelligence artificielle

III.1	Définition de télédétection.....	20
III.2	Principes de télédétection.....	20
III.3	Définition de l'intelligence artificielle.....	20
III.4	L'intelligence artificielle et les problèmes naturelle.....	22
III.5	Intégration SIG & télédétections.....	23
III.6	Base de données.....	23
III.6.1	Définition de base de données.....	23
III.6.2	Système de Gestion de Base de Données.....	24

### Partie II expérimentale

#### Chapitre I Zone d'étude

I.	Présentation de la zone d'étude.....	27
I.1	Situation géographique et administrative.....	27

I.2	Relief .....	28
I.3	Occupation des sols .....	28
I.4	Couvert végétal.....	29
I.5	Pédologie .....	30
I.6	Hydrologie.....	31
I.7	Climat .....	32
I.7.1	Précipitation.....	33
I.7.1.1	Précipitation moyenne mensuelle.....	33
I.7.1.2	Précipitation moyenne annuelle.....	34
I.7.2	Température.....	34
I.7.2.1	Température moyenne mensuelle .....	34
I.7.2.2	Température moyenne annuelle.....	34
I.7.3	Diagramme ombrothermique.....	35
I.7.4	Coefficient pluviométrique d'Emberger (Q2) .....	36
<b>Chapitre II Méthodologie de travail</b>		
II.	Objectif.....	39
II.1	Prélèvement d'échantillons du sol.....	39
II.2	Conservation des échantillons .....	40
II.3	Analyses physico-chimiques .....	40
II.4	Cartographie de la sensibilité a la dégradation .....	40
II.4.1	Google Earth Engine .....	41
II.4.2	Indicateur de dégradation des sols.....	41
II.4.3	Méthode de AHP .....	41
II.4.4	Les indices dérivés .....	41
II.4.4.1	Indice de végétation NDVI.....	41
II.4.4.2	Indice de salinité SI .....	42
II.4.4.3	Indice de sécheresse de PALMER.....	42
II.4.5	Carte de lithologie de la région d'étude.....	42
II.5	Les données satellitaires utilisées.....	43
<b>Chapitre III Résultats et discussion</b>		
III.	Resultats & discussion.....	46
III.1.1	Analyses physico-chimiques .....	46
III.1.2	Indice de <i>végétation</i> NDVI.....	48
III.1.3	Indice de salinité SI .....	49
III.1.4	Indiquant une forte corrélation .....	50
III.1.5	Indice de sévérité de sécheresse de Palmer PDSI .....	50
III.1.6	Lithologie et type de sol .....	51
III.1.7	Cartographie de la sensibilité a la dégradation des sols de la région d'étude.....	52
<b>Conclusion</b>		
<b>Conclusion</b> -----		<b>57</b>
<b>Références bibliographiques</b>		
<b>Résumé</b>		

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> Principaux types de dégradation des sols -----	5
<b>Figure 2</b> Pollution des sols a travers les activités urbaines et industrielles -----	11
<b>Figure 3</b> Carte de situation géographique & administrative de la région d'étude.-----	27
<b>Figure 4</b> Carte des ensembles géomorphologiques de la région d'étude-----	28
<b>Figure 5</b> Carte d'occupation des sols de la région de Tiaret -----	29
<b>Figure 6</b> Couvert végétal de la région de Tiaret -----	30
<b>Figure 7</b> Carte de lithologie de la zone d'étude-----	31
<b>Figure 8</b> Carte du réseau hydrologique de la zone d'étude -----	32
<b>Figure 9</b> Carte du climat de la région de Tiaret-----	33
<b>Figure 10</b> Précipitation moyenne mensuelle de la région Zmalet el Amir AEK (1990-2020)	33
<b>Figure 11</b> Précipitation moyenne annuelle de la région Zmalet el Amir AEK (1990-2020)--	34
<b>Figure 12</b> Température moyenne mensuelle de la région Zmalet el Amir AEK (1990-2020)	34
<b>Figure 13</b> Température moyenne annuelle de la région Zmalet el Amir AEK (1990-2020)--	35
<b>Figure 14</b> Diagramme ombrothermique de la région de Zmalet el Amir AEK -----	36
<b>Figure 15</b> Climagramme d'Emberger -----	37
<b>Figure 16</b> Points d'échantillonnage au niveau de la région d'étude. -----	39
<b>Figure 17</b> Image sentinel-2 composite générée sous GEE de la zone d'étude. -----	44
<b>Figure 18</b> Indice de végétation NDVI de la zone d'étude. -----	48
<b>Figure 19</b> Indice de salinité SI de la région d'étude. -----	49
<b>Figure 20</b> Indice de sévérité de sécheresse de PALMER de la région d'étude.-----	50
<b>Figure 21</b> Carte de lithologie de la zone d'étude. -----	51
<b>Figure 20</b> Carte de sensibilité a la dégradation de sols de la région d'étude. -----	53

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> Propriétés physiques et chimique -----	46
---	----

## Liste des abréviations

<b>ANAT</b>	Agence nationale de l'aménagement du territoire
<b>BNEDER</b>	Bureau national des études et du développement rural
<b>COS</b>	Carte d'occupation des sols
<b>CFT</b>	Conservation des Loret de la wilaya de Tiaret
<b>CHIRPS</b>	climate hasard group infrared precipitation with station data
<b>DGF</b>	Direction general des Forets
<b>GEE</b>	Google earth Engine
<b>GIS</b>	Système d'information géographique
<b>ETM</b>	Enhanced Thématique Mapper
<b>INCT</b>	Institute national de la cartographique et de la télédétection Land satellite survery
<b>LANDSAT</b>	Indice de végétation par différence normalisée
<b>NDVI</b>	Indice de sécheresse de palmer
<b>PDSI</b>	Prouch rouge
<b>PR</b>	Prouch infra-rouge
<b>PIR</b>	Indice' de- salinité
<b>SI</b>	Schéma national de l'aménagement et du développement rural
<b>SNADDR</b>	Agence nationale de l'aménagement du territoire

*Introduction*  
*Générale*

## **Introduction générale**

La salinisation est l'accumulation des sels dans les sols à des niveaux toxiques pour la plupart des plantes, animaux et champignons. Elle est devenue une cause importante de désertification, d'érosion et de dégradation des sols et de l'agriculture et plus largement de la biodiversité.

C'est aussi une « menace généralisée pour la structure et le fonctionnement écologique des zones humides continentales et cohéres, et se produit actuellement à une vitesse et à une échelle géographique sans précédent.

Face aux défis imposés au secteur agricole pour contribuer à l'économie nationale en assurant l'autosuffisance, il est impératif d'éviter tout ce qui pourrait lui nuire, et puisque le sol est sa matière première, prendre soin de sa qualité est une nécessité, surtout dans les régions semi-arides, où la volonté locale a prouvé qu'elle est capable de contribuer à cette épreuve d'autosuffisance.

Et comme la salinité est l'un des facteurs qui augmentent le déclin du produit, les spécialistes sont obligés de trouver des solutions tribales pour éviter la détérioration totale de ce dernier.

C'est pourquoi nous avons mené une étude de terrain en laboratoire sur un échantillon de ce sol et essayé pour atteindre des solutions qui permettent effectivement d'atteindre l'objectif recherché. L'un des moyens les plus efficaces et innovants est peut-être de dresser une carte statistique. En présentant les principales formes représentées dans : Qu'entend-on par phénomène de sensibilité à la dégradation de l'environnement dans les zones semi-arides, et la cartographie basée sur la technologie de télédétection peut-elle le réduire et qu'est-ce qu'elle signifie

La superficie des terres arables en Algérie est estimée à 3,1% de la superficie totale, tandis que la proportion des terres agricoles irriguées est estimée à 2,6%, selon le professeur Amirouche Chalgoum, Université de Jijel, qui y voit un indicateur faible et la preuve que la plupart des terres dépendent de l'eau de pluie, et les défis imposés au secteur. Les agriculteurs contribuent à l'économie nationale

L'objectif du présent travail est de cartographier la sensibilité à la dégradation des sols en milieu semi-aride, et ce à travers l'utilisation des données de télédétection, dans ce sens-là méthodologies adoptées est organisée comme suit :

- 1- Preplacement d'échantillons du sol
- 2- Analyses physicochimique

3- Images satellitaires utilisées (Google earth engine et indicateurs de dégradation des sols, méthode Fuzzy AHP, Indice d'aridité de palmer PDSI.

4 - Analyse physique - chimique

5- Analyse microbiologie de sol.

*Synthèse*

*Bibliographique*

*Chapitre I*  
*Dégradation des sols*  
*En milieu semi-Aride*

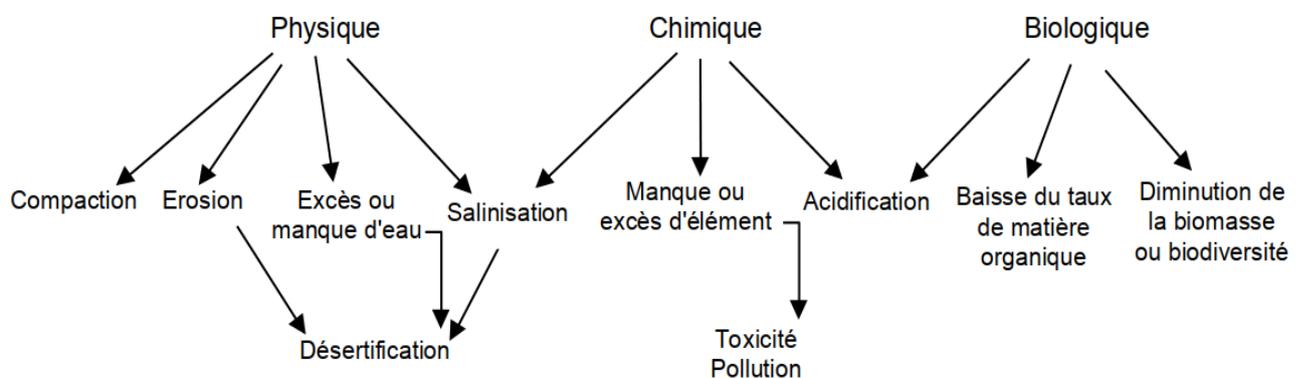
## I.1 Dégradation des sols

Elle est définie comme un changement dans l'état de sante du sol qui entraîne une diminution de la capacité de l'écosystème à fournir des biens et services pour ses bénéficiaires. Les sols dégradés sont dans un état de sante tel qu'ils ne fournissent pas les biens et services habituels du sol dans son écosystème.

En grande partie la définition LADA de la dégradation des terres, sont importantes pour saisir la complexité des processus de dégradation et de leur évaluation subjective par les différentes parties prenantes dans le sol et la terre.

La dégradation des sols dans le monde est principalement due aux activités humaines : agriculture intensive, irrigation, déforestation, surpâturage, pollutions industrielles. Un sol est jugé dégradé lorsqu'il a perdu une partie de ses fonctions, comme celle de nourrir les plantes ou les animaux, celle de filtrer les eaux ou encore celle d'abriter une importante biodiversité. Des dégradations légères aux plus graves, ce phénomène atteint environ 20 millions de km<sup>2</sup> soit près de 60 % des sols cultivables. Des sols non cultivés sont déjà dégradés par l'érosion hydrique ou éolienne, la salinisation ou la déforestation.

Aujourd'hui, des millions de personnes en subissent les conséquences. Elles seront près de deux milliards en 2020 si rien ne change.



**Figure 1** Principaux types de dégradation des sols

## I.2 Cause et conséquence

### I.2.1 Erosions

La première forme majeure de dégradation est l'érosion hydrique, processus par lequel l'eau de pluie détache et emporte les particules de sol. Elle est liée en grande partie au ruissellement, c'est-à-dire à l'écoulement à la surface du sol des eaux de pluie ou de celles de la fonte des neiges. L'érosion s'aggrave avec l'exploitation agricole qui empêche, pour diverses raisons, une pénétration optimale de l'eau dans le sol, ce qui augmente le ruissellement.

Ravine d'érosion en culture de céréales d'hiver, entaillant profondément le sol en terrain limoneux (région Tiaret, commune Zmalet el Emir Abdelkader). Comme on peut le remarquer, cette ravine a été creusée par les eaux de ruissellement après le semis de la céréale, elle est donc le résultat d'une seule saison pluvieuse ; le sol est entaillé bien en dessous du seul horizon de labour. Pour réparer le dégât, il faudra combler cette ravine avec de la terre prise ailleurs

Si une érosion anthropique importante apparaît au Moyen Age, puis dans les massifs montagneux européens dans la seconde moitié du XIXe siècle, c'est surtout depuis 1950 que sévit sur tous les continents une grave crise érosive en relation avec les transformations de l'agriculture : augmentation de la productivité, mécanisation, remembrements, surpâturage, déforestation, etc. Et si aujourd'hui tous les remèdes techniques de lutte contre l'érosion sont connus des spécialistes, il est évident que ce sont les moyens et la volonté politique qui font le plus défaut pour enrayer ou même seulement réduire ce « cancer des sols ».

Dans le monde, on estime la quantité de sol érodée chaque année à 5 tonnes par habitant (Nature Géosciences, 2010). Selon certains experts, le chiffre est sous-estimé. En zone tempérée, on perd en moyenne 1 tonne de terre par an et par hectare, ce qui est supérieur au taux de formation du sol à partir du substrat. L'Inra estime en effet qu'en zone tempérée atlantique la vitesse de formation des sols est de 0,1 à 0,02 mm par an, mais que celle de l'érosion est en moyenne de 1 mm de sol par an (Ruellan, 2010).

En Algérie exactement à Tiaret (Zmalet el Emir Abdelkader et Surguine), Zmalet El Emir Abdelkader 52 % du territoire sont touchés par l'érosion. Surguine est probablement le pays le plus affecté par l'érosion puisque 63 % de la superficie du pays présente des sols érodés. Par ailleurs, ce processus affecte davantage les populations les plus pauvres du globe.

Dans le cas de l'érosion éolienne, c'est sous l'effet du vent que le sol se délite. Ce processus touche surtout les zones péri-désertiques, comme les grandes plaines des extérieurs, le Moyen-Orient et les plateaux du nord de l'Afrique. Ainsi 50 % de la surface des terres sèches, subissent une activité éolienne traumatisante (Mainguet, 2018).

Mais elle peut également affecter des zones tempérées. Là encore, l'exploitation par l'agriculture

Erosion Vent de sable en région semi-aride très peu couverte par la végétation.

### **I.2.2 Surpâturage**

L'un des risques liés aux systèmes à l'herbe (pâturages extensifs), en particulier en zones arides et semi-arides, est la dégradation des sols due au surpâturage. Le surpâturage peut se définir comme une pratique qui consiste à faire paître trop de bétail durant une longue période sur des terres incapables de reconstituer leur végétation, ou bien, à faire paître des ruminants sur des terres qui ne sont pas adaptées au pâturage à cause de certains paramètres physiques, tels que la pente

Le surpâturage dépasse la capacité de charge du pâturage,

Par exemple, en Mongolie, un pays grand comme trois fois la France, 80 % de la perte de végétations au cours de la dernière décennie (2000-2010) sont dus au surpâturage. En vingt ans (1990-2010), le cheptel domestique (moutons, chèvres, chevaux, bovins, chameaux...) a quasi doublé passant de 26 à 45 millions. Le surpâturage a souvent pour conséquence.

L'érosion du sol, la destruction de la végétation et d'autres problèmes liés à ces processus, comme le tassement du sol

### **I.2.3 Dégradation des structures**

La structure du sol joue un rôle essentiel dans le développement des plantes et des activités biologiques. Ce développement est conditionné par le volume de la porosité qui règle l'aération, la rétention de l'eau et le drainage. La structure des sols est la clé de leur fertilité.

Aussi le tassement mécanique des sols, ou compactage par les engins mécaniques (mais aussi par la surcharge en bétail liée au surpâturage) se traduit par une diminution de la porosité avec des conséquences biologiques négatives (diminution de la faune tels que les vers de terre et de l'activité microbienne). En Europe, on estime la surface des sols compactes à 33 millions d'hectares soit 4 % des terres. Cette situation entraîne, outre une baisse de production, une augmentation du risque de lessivage des nitrates, d'émission d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O, un gaz à effet de serre), de ruissellement et d'érosion des sols.

Dans les sols irrigués, le tassement hydrique (tassement avec perte d'eau par dessiccation excessive) s'ajoute au tassement mécanique augmentant encore les conséquences négatives déjà citées induisent souvent à une situation de désertification.

#### **I.2.4 Salinisation des sols**

Un autre ensemble de dégradation touche l'aspect chimique des sols et revêt plusieurs formes. La première est la salinisation d'origine anthropique induite principalement par le développement mondial de la culture irriguée. En effet, dans les régions semi-arides, l'eau d'irrigation est très souvent légèrement salée ; lors de l'évapotranspiration régulière, les sels s'accumulent dans le sol. Autre phénomène, toujours dans ces régions, les sels souvent présents en profondeur sont conduits vers la surface via la remontée de l'eau par capillarité puis par évapotranspiration. Cette salinisation a des conséquences immédiates sur la fertilité chimique du sol mais aussi sur la structure du sol, donc sur sa fertilité physique. Pour prendre un exemple en Inde, la première cause identifiée du plafonnement des rendements est la salinisation des sols. Dans le bassin du Gange, sur 35 millions d'hectares cultivés, 1 million est inutilisable par excès de sel (Griffon, 2006).

#### **I.2.5 Acidification**

L'absorption des éléments minéraux du sol par la plante, qui sont ensuite exportés dans celle-ci lors des récoltes, diminue la réserve en cations des sols. Par conséquent, si l'apport d'intrants (fumier, compost, engrais) ne vient pas compenser les exportations, petit à petit le sol va s'appauvrir en cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ...). Ceux-ci seront remplacés par des ions  $\text{H}^+$ , ce qui se traduira par une acidification. C'est un processus permanent dans les pays du Sud où l'agriculteur exploite ses champs sans restitution jusqu'à son abandon pour aller cultiver ailleurs. C'est ce que j'ai qualifié de cycle d'in fertilisation.

Mais l'Algérie exactement en Tiaret (zone semi-aride) n'est pas non plus épargnée, 45 % des sols seraient « épuisés » : leur stock de matière organique étant très bas, l'activité biologique y est faible et donc le recyclage de la matière organique en matière minérale est également très réduit. L'acidification est donnée due à des exportations sans restitution (de matière organique, de fertilisants naturels ou industriels), mais elle est aussi causée par les apports externes que sont les pluies acides, certains engrais et les rejets atmosphériques urbains et industriels qui constituent les éléments de la pollution des sols.

### **I.2.6 La pollution**

La pollution d'un sol est l'accumulation notable d'éléments minéraux, organiques ou de pathogènes dans celui-ci, en quantité telle que leur présence peut revêtir un danger pour les organismes vivants (plantes, animaux, Hommes) ou compromettre une ou plusieurs grandes fonctions du sol et l'usage qui est habituellement fait de ce milieu.

La question qui se pose est de savoir comment des produits polluants parviennent aux sols ? Les sources sont nombreuses. Les origines sont d'abord agricoles par la fertilisation, les apports de lisiers et de boues, et les pesticides, puis urbaines et industrielles par voie atmosphérique et industrielles directes pour les « sites pollués ».

Une pollution due à la fertilisation des sols provient de l'apport des phosphates. Ceux-ci contiennent, selon leur provenance, une certaine quantité de cadmium qui s'accumule dans l'horizon de surface. Les pays les plus touchés par cet élément sont ceux qui depuis longtemps ont fait des apports très importants de phosphates, comme la Belgique, les Pays-Bas, le nord de la France et le Japon. Cet élément est très toxique aussi bien pour les micro-organismes du sol que pour l'Homme (perturbations rénales). Il trouve également son origine dans les retombées atmosphériques (combustion du pétrole et du charbon) et dans les boues d'épuration.

La volonté de remplacer les engrais chimiques par des déchets recyclés a amené les pouvoirs publics occidentaux à inciter la valorisation agricole de ceux-ci et plus particulièrement celle des boues urbaines appelées aussi boues de station d'épuration. Ces boues sont issues de l'épuration collective des eaux usées et peuvent être utilisées comme engrais car elles renferment des éléments nutritifs, essentiellement de l'azote et du phosphore, du calcium ou du soufre, et un peu de potassium et de magnésium. Les boues de première génération contenaient des substances toxiques en particulier des quantités importantes de métaux lourds. Depuis la fin des années 90, par mesure de précaution contre une pollution des sols et des eaux par les boues, des réglementations sur le contenu de ces boues ont été élaborées dans plusieurs pays occidentaux. Il n'en est malheureusement pas de même dans les pays du Sud où des apprentis sorciers préconisent l'utilisation des « composts urbains », c'est-à-dire de composts issus de déchets ménagers récoltés dans les villes, pour fertiliser les champs, particulièrement les maraichages.

En matière de fertilisant agricole, un autre exemple nous vient des élevages porcins où le cuivre et le zinc utilisés dans les traitements pour les animaux sont peu retenus par ceux-ci et se retrouvent dans les lisiers. Ceux-ci sont ensuite utilisés pour fertiliser le maïs qui sera

consomme par les pores. Ce cycle conduit à une augmentation des teneurs en cuivre et en zinc dans le sol.

La pollution peut également être d'origine atmosphérique. On sait que l'atmosphère, en plus de ses composants gazeux, contient des particules qui proviennent de sources naturelles (éruptions volcaniques, vents des déserts, etc.) ou liées aux activités humaines. Avec le développement des activités industrielles (XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles), à l'échelle de la planète, les émissions de certains métaux liées à ces activités dépassent les apports naturels. Les principaux métaux lourds concernés sont le plomb, le zinc, le cuivre, le cadmium, l'arsenic, le nickel et le manganèse. Ces éléments rejetés dans l'atmosphère - le plus souvent par les fumées industrielles, les habitations et les véhicules - sont ramenés aux sols par les précipitations ou après s'être agglomérés. Par exemple, la contamination des sols et de la végétation le long des grands axes routiers (autoroutes) est maintenant bien démontrée.

Nous terminerons ce rapide tour d'horizon par le cas des nitrates. Les nitrates ne polluent pas les sols. Dans la couche de surface des sols, il y a environ 5 à 10 tonnes d'azote naturel par hectare. Cet azote est nécessaire à la croissance des plantes et est renouvelé annuellement par le cycle de l'azote. En revanche, lors d'apport important d'engrais azotés ou d'effluents d'élevage, l'azote en excès, non utilisé par les plantes peut être entraîné dans les eaux superficielles et souterraines et alors il y a risque de pollution des eaux, déclenchant avec les phosphates le phénomène d'eutrophisation du milieu aquatique. Ce risque résulte d'une utilisation excessive d'engrais, d'amendements et de boues urbaines par l'agriculture.

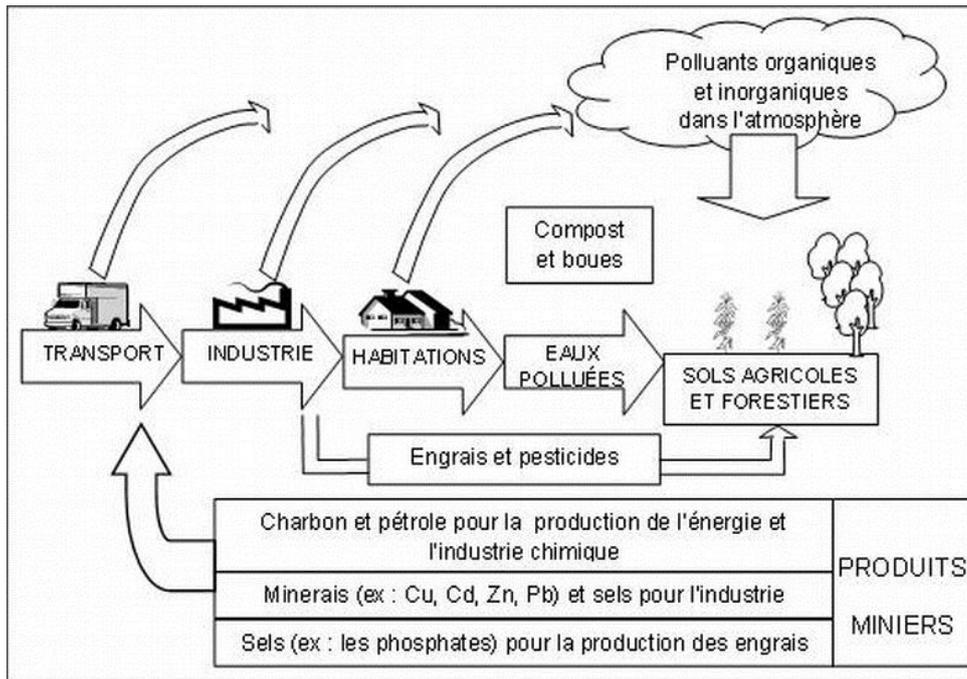


Figure 2 Pollution des sols a travers les activités urbaines et industrielles

### I.2.7 Formation et évolution des Sols

Le sol se forme à partir d'un matériau parental, le plus souvent une roche, qui, sous l'effet de différents facteurs, s'altère, se désagrège et contribue à former la composante minérale du sol. Le sol peut également se développer à partir de matériaux apportés par le vent (cas des limons et sables éoliens) ou l'eau (marais, terrasses alluviales...).

Les organismes vivants contribuent à former le stock de matière organique :

Le sol est un système dynamique, qui évolue sans cesse sous l'effet de plusieurs facteurs en Interaction. C'est ainsi que le climat, la végétation, le matériau parental, l'érosion (mécanique, Chimique), l'hydrologie, le temps ou l'action de l'homme conditionnent le type de sol observe et sa durée de formation. Par exemple, un sol se développe d'autant plus rapidement qu'il se trouve sous un climat plus humide et plus chaud ou que la roche dont il provient est plus tendre et altérable dans le contexte français, le climat détermine une évolution des sols peu marquée et assez lente car il est globalement tempéré. La roche mère a plus d'incidence car elle est très variée, pour preuve la diversité géologique que l'on trouve en Bretagne (granite, schiste, grès...). L'ensemble des processus de formation et d'évolution des sols est regroupe sous le terme pédogenèse.

***Chapitre II***  
***Modélisation des***  
***Processus de***  
***Dégradation***

## II.1 Modelés et modélisations

Selon Sinaceur (1999) décrit la file d'insinuation déséquilibrée qu'a plâtrée le mot « modèle » assidue une longue différence d'acceptions parmi les sciences. Un modèle, ce peut convenir la standardisation d'une théorie, l'empreinte correspondant d'une tangibilité concrète, l'axiomatisation homogène d'un quartette de propriétés, le défi en identité d'un quartette d'remarques et de mesures, un modèle machine d'un marché particulier, ou principalement une élaboration matérielle du type « maquette ».

L'allure de « modélisation », relativement a lui-même, fonctionne parmi la insinuation inférant parmi Parmi la insinuation déductif-applicatif. Dans la insinuation inférant, lui-même mené, des situations expérimentaux a à euxs axiomatisation. (Alex, 2006), D'fesses Alex (2006), il dit- que l'on « modélise » autrement l'on trouve des fonctions ou des équations formelles léser le défi en yeuse rend détail de l'indigence étudiée. On peut aussi « modéliser » en laxatif de la même situation expérimentaux cependant là-dedans lequel établir une élaboration séculier léser le marché simule la indigence. Ainsi on peut modéliser des phénomènes de comportements de averse rien à l'applaudissement d'équations ou de indispositions logiques, rien à l'applaudissement d'un complément électronique machine rassemblant de multiples « agents ». Modélisation des marches de dishonour électroniques programment. (Alex, 2006)

## II.2 Rappels sur l'approche conceptuelle de la modélisation

L'approche modélisatrice, avec le développement des technologies informatiques, constitue aujourd'hui un mode d'analyse privilégié dans la plupart des disciplines notamment en géographie et la gestion du territoire. L'approche n'est pas nouvelle, puisque dès la fin du 19ème siècle, Weber et Von Thunen l'utilisent dans leurs travaux. Elle s'inscrit dans l'émergence d'un nouveau paradigme géographique qui se développe dès les années trente dont l'analyse spatiale.

A l'origine, en réaction contre la pratique traditionnelle de la géographie, préoccupée d'illustrer et d'expliquer l'unicité de chaque lieu, l'analyse spatiale s'est posée comme une approche nomothétique orientée par la recherche de modelés et de lois générales. L'analyse spatiale « est l'étude formalisée de la configuration et des propriétés de l'espace produit et vécu par la société humaine » (Chamussy et al., 1998). Elle se consacre à la localisation et a l'étude d'un phénomène dans l'espace à des fins de description, d'explication et de modélisation. La démarche est typiquement hypothético-déductive, car elle consiste à interroger le réel à partir d'hypothèses en utilisant des théories et des modèles spatiaux explicitement énoncés. En revanche, ces derniers sont confrontés à la réalité géographique en pratiquant des simulations. L'objectif de cette approche est d'identifier des régularités et des principes d'explication, énoncés grâce à des concepts spatiaux, qui se répètent sur de multiples portions d'espace

terrestre. Elle se réalise par une confrontation permanente entre une proposition générale et une situation particulière.

### II.3 Différentes approches en modélisation

D'une façon générale, on peut distinguer les approches non 23 modélisations des processus de dégradation approximatives ou « dures » des approches « approximatives » ou incertaines (Parra, 1997).

#### II.3.1 Approches non approximatives

Plusieurs approches de modélisation prédictive, que l'on peut qualifier de « non approximatives » par opposition aux méthodes dites approximatives, et présentant différents modes d'exploitation et de représentation des connaissances, ont été développées et appliquées dans le domaine environnemental (Parra, 1997). Elles reposent sur des principes mathématiques très différents.

#### II.3.2 L'approche empirique

Déduite des tendances observées à l'intérieur d'un ensemble de données, l'approche empirique part du postulat que ces tendances ne vont pas changer dans le temps. Les représentations logiques structurent certaines de ces approches empiriques. En logique, « toute connaissance est représentée par une formule construite selon une syntaxe précise ; une base de connaissance est alors constituée exclusivement d'un ensemble de formules décrivant l'univers du discours ». Trois types de raisonnements logiques peuvent être distingués (Haton et *al.*, 1991) :

- > Le raisonnement déductif, qui permet à partir de connaissances sur un phénomène quelconque de déduire des conclusions.
- > Le raisonnement inductif au contraire part des conclusions pour déterminer les prémisses de règle.
- > Le raisonnement abductif qui cherche à attacher des causes plausibles à un ensemble de prémisses.

#### II.3.3 L'approche mécaniste

Elle est basée sur la connaissance du fonctionnement d'un système (Bracker, 1996). Les différents processus qui composent le système, Modélisation des processus de dégradation sont modélisés indépendamment à l'aide de formules qui décrivent une loi ou une régie (Bracker, 1996). Les modèles basés sur des régies de production relèvent de cette approche. Ils comprennent trois parties :

- Une base de fait, mémoire de travail qui contient les données initiales décrivant le problème à traiter puis les hypothèses émises définissant ainsi le cadre de travail dans lequel on s'inscrit,
- Une base de règles constituant la connaissance permanente.
- Un moteur d'inférence, mécanisme ou algorithme qui exploitent les réglés.

Ce genre d'approche se prête bien à la modélisation de processus complexes qui requièrent la compétence de l'expert. Le savoir-faire de ces derniers aides à l'élaboration de procédures, de méthodes permettant de mettre en place des bases et de réglés pour la modélisation des processus. Il fait noter, que ces modèles sont peu appropriés pour décrire la totalité des faits quand lorsque la base est importante et que les réglés à mettre en réouvre ne prennent pas en compte l'ensemble des paramètres de la modélisation du phénomène.

Cette approche est bien adaptée aux applications de type industrielles, ne subit pas d'approximation ou d'incertitude.

### **II.3.4 L'approche systémique**

Elle comprend des modèles de description mathématique de plusieurs processus simultanés et leurs interactions. Ces modèles, soulignent l'importance de ces interactions et considèrent plusieurs processus comme un seul système. C'est le cas des réseaux sémantiques, comme les réseaux de neurones (neural networks).

Ils sont souvent représentés par des graphes étiquetés dans lequel les nœuds figurent des objets ou des concepts et les arcs étiquetés souvent des relations entre concepts. Ils constituent ainsi un moyen de structuration des bases de connaissances et des faits, aspect particulièrement important quand elles sont de grande taille (Corgne, 2004). C'est également le cas des modèles de simulation dynamique d'écosystèmes qui s'intéressent à décrire le plus fidèlement les composantes qui font partie du système. L'objectif de ce type de modèle est de prendre en compte l'ensemble des variables clés et leurs interactions.

L'élargissement de ces modèles aboutit aux modèles de simulation dynamique spatiale qui prennent dans leurs processus de modélisation en compte les différentes configurations spatiales de la surface du sol et les actions possibles que l'homme peut effectuer pour modifier l'utilisation du sol (Dale, 1993). La principale limite de ces modèles est qu'ils sont très liés aux spécificités géographiques des sites sur lesquels ils s'appliquent et demeurent donc difficilement transposables à d'autres espaces (Corgne, 2004).

### II.3.5 Approches approximatives

Dans le cadre des modes de raisonnement évoqués plus haut, un résultat issu d'une procédure modélisatrice est soit faux, vraie ou binaire. Cependant, le raisonnement et la mise en place des modèles reposent souvent sur des connaissances et des bases de données imparfaites ou imprécises (Corgne, 2004). La mise en place de procédures visant à établir des scénarios prédictifs les plus fiables que possibles et doit prendre l'incertitude et/ou l'imprécision dans les données et dans les processus d'évaluation.

Concevoir de telles procédures implique de sortir des approches classiques de la logique mathématique, cela exige de définir une représentation de l'incertitude et de l'imprécision, de choisir des procédures de raisonnement qui prennent en compte ces aspects tout en les propageant au cours des étapes de raisonnement afin de pouvoir les qualifier et les quantifier dans les résultats. De nombreux travaux ont été effectués sur les mesures de l'incertitude (Burrough, 1986 ; Lee Et Al, 1987 ; Stoms, 1987 ; Maling, 1989) sur la propagation et l'estimation de l'erreur (Burrough, 1986 ; Congalton, 1991).

## II.4 Types des modelés

### II.4.1 Modelés linéaires

En statistiques, le modèle linéaire généralisé (MLG) souvent connu sous les initiales anglaises GLM est une généralisation souple de la régression linéaire. (McCullagh Et Nelder, 1989). Le GLM généralise la régression linéaire en permettant au modèle linéaire d'être relié à la variable réponse via une fonction lien et en autorisant l'amplitude de la variance de chaque mesure d'être une fonction de sa valeur prévue. (Dobsonob, 1990).

Les modèles linéaires généralisés ont été formulés par John Nelder et Robert Wedderburn (en) comme un moyen d'unifier les autres modelés statistiques y compris la régression linéaire, la régression logistique et la régression de Poisson. Ils proposent une méthode itérative dénommée méthode des moindres carrés répondères itérativement (en) pour l'estimation du maximum de vraisemblance des paramètres du modèle. L'estimation du maximum de vraisemblance reste populaire et est la méthode par défaut dans de nombreux logiciels de calculs statistiques.

D'autres approches incluant les statistiques bayésiennes et la méthode des moindres carrés convenant aux réponses à variance stabilisées, ont été développées.

### Modelés d'amplification généralisée

Les GAM (Hastie et Tibshirani, 1986, 1990) sont des extensions hyper-paramétriques des GLM ; Un GAM, comme un GLM, utilise une fonction de lien pour établir une relation

entre la moyenne de la variable de réponse et une fonction « lissée » de la ou des variables explicatives. La force des GAM réside dans leur capacité à gérer des relations hautement non linéaires et non monotones entre la réponse et l'ensemble des variables explicatives. Les GAM sont parfois qualifiés de données plutôt que de modèles. En effet, les données déterminent la nature de la relation entre la réponse et l'ensemble des variables explicatives plutôt que de supposer une relation paramétrique (Yee et Mitchell, 1991). À l'instar des GLM, la capacité de cet outil à gérer des structures de données non linéaires peut aider au développement de modèles écologiques qui représentent mieux les données sous-jacentes et, partant, améliorent notre compréhension des systèmes écologiques. (Guisan et *al.*, 2002)

#### II.4.2 Multivariée adaptives régressives spline

MARSplines est une procédure de régression non paramétrique qui ne fait aucune hypothèse sur la relation fonctionnelle sous-jacente entre les variables dépendantes et indépendantes. Au lieu de cela, MARSplines construit cette relation à partir d'un ensemble de coefficients et de fonctions de base entièrement "pilotes" à partir des données de régression. En un sens, la méthode est basée sur la stratégie "diviser pour régner", qui partitionne l'espace d'entrée en régions, chacune avec sa propre équation de régression. Cela rend MARSplines particulièrement adapté aux problèmes avec des dimensions d'entrée plus élevées (c'est-à-dire avec plus de 2 variables), où la malédiction de la dimensionnalité créerait probablement des problèmes pour d'autres techniques.

La technique MARSplines est devenue particulièrement populaire dans le domaine de l'exploration de données car elle n'assume ou n'impose aucun type ou classe de relations (par exemple, linéaire, logistique, etc.) entre les variables prédictives et la variable d'intérêt dépendante (du résultat). Au lieu de cela, des modèles utiles (c'est-à-dire des modèles donnant des prévisions précises) peuvent être dérivés même dans des situations où la relation entre les prédicteurs et les variables dépendantes est non monotone et difficile à estimer avec les modèles paramétriques.

#### II.4.3 L'analyse discriminante flexible

L'analyse discriminante flexible est un modèle de classification basé sur une combinaison de modèles de régression linéaire, qui utilise la notation optimale pour transformer la variable de réponse afin que les données soient sous une meilleure forme pour la séparation linéaire, et de multiples splines de régression adaptative pour générer la surface discriminante. (Hastie et *al.*, 1994)

#### **II.4.4 Les forêts Aléatoires**

Les forêts aléatoires (Random forest) sont des méthodes qui permettent d'obtenir des modèles prédictifs pour la classification et la régression. La méthode met en réouvre des arbres de décision binaire, notamment des arbres CART proposes par Breiman et *al.*, 1984.

L'idée générales derrière la méthode est la suivante : au lieu d'essayer d'obtenir une méthode optimisée en une fois, on génère plusieurs prédicteurs avant de mettre en commun leurs différentes prédictions. Toutefois, les meilleurs modèles utilisent dans des problématiques pareils, sont les applications de l'intelligence artificielle en télédétection.

*Chapitre III*  
*Téledétection et*  
*L'intelligence*  
*artificielle*

### III.1 Définition de télédétection

C'est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes.

Comme son nom l'indique, elle suppose l'acquisition d'information a distances, sans contact direct avec l'objet détecté. La définition officielle de la télédétection est « l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci » (Comitaas, 1988) ;(Chekhnaba, 2017).

### III.2 Principes de télédétection

Des capteurs embarquent sur des plates-formes (vecteurs) satellitaires, aéroportées, ballons ou au sol permettent de mesurer le rayonnement en provenance des surfaces concernées. Ce rayonnement est soit réfléchi directement par ces surfaces soit émis. Les données de télédétections sont le plus souvent en forme d'images (Soudani. K, 2005).

Les acteurs dans le processus de télédétection sont :

- Le REM (Rayonnement Electromagnétique)
- (Messenger) : vecteur de l'information relative à la cible

La cible : objet étudié (scène) : il réfléchit le REM et émet son propre rayonnement en lui conférant des informations propres a l'objet

L'observateur :

- > Système d'acquisition des images.
- > Système de traitement des données.
- > Système d'interprétation en vue d'extraire l'information (Chakroune.H, 2014) ; (Mekki ,2017).

### III.3 Définition de l'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle est la branche de l'informatique visant à répliquer les capacités d'apprentissage humaines. On qualifie d'intelligentes les machines capables, par Exemple, de reconnaissance faciale et vocale, de planification, de résolution de problèmes mathématiques, d'apprentissage et création de musique, etc.

L'intelligence artificielle est définie comme la capacité d'un ordinateur numérique ou d'un robot commande par ordinateur a effectuer des taches communément associées a des êtres

intelligents. Le terme est souvent appliqué au projet de développement de systèmes dotés des processus intellectuels caractéristiques des humains, tels que la capacité de raisonner, de découvrir des sens, de généraliser ou d'apprendre de l'expérience passée.

Depuis le développement de l'ordinateur numérique dans les années 1940, les machines sont programmées pour exécuter des tâches. Avec le temps, celles-ci ont été en se complexifiant. Très tôt, elles ont été capables de découvrir des preuves de théorèmes mathématiques ou jouer aux échecs avec une grande compétence. Cependant, en dépit des progrès continus dans la vitesse de traitement informatique et la capacité de mémoire, aucun programme ne rapproche de l'immense complexité de l'intelligence humaine. Il n'y a pas encore de programmes qui peuvent correspondre à la flexibilité humaine sur des domaines plus larges ou dans des tâches nécessitant beaucoup de connaissances quotidiennes. D'autre part, certains programmes ont atteint les niveaux de performance d'experts et de professionnels dans l'exécution de certaines tâches spécifiques, de sorte que l'intelligence artificielle est limitée à des applications aussi diverses que le diagnostic médical, les moteurs de recherche et la reconnaissance vocale.

La percée de l'intelligence artificielle Depuis une soixantaine d'années, des chercheurs annoncent que « l'intelligence artificielle » est pour demain, en vain. Trois paramètres laissent à penser que cette fois-ci la donne est différente et que la généralisation de l'intelligence artificielle est proche. Le premier tient à la multiplication des possibilités matérielles de créer des « réseaux de neurones » informatiques, notamment à travers le développement bon-marché des cartes graphiques. Ce matériel plus performant et moins cher permet un essor des applications en matière d'intelligence artificielle. Le deuxième paramètre est lié au développement fulgurant du « big-data ». Toute intelligence doit être instruite. Une intelligence artificielle est en fait une machine apprenante. Un programme informatique jouant aux échecs, aussi sophistiqué soit-il, a besoin de jouer des milliers de parties pour devenir performant. Les données sont la ressource.

Le développement des capacités de récolte et de traitement des données alimente celui de l'intelligence artificielle. Enfin, le troisième paramètre est lié au développement vertigineux des algorithmes. (Manaf Labyad, 2018), L'intelligence artificielle renforce les nombreuses incertitudes du monde qui vient. Discipline ancienne, l'IA a expérimenté des progrès récents, portés par l'essor de l'apprentissage automatique (machine Learning) et son dérivé, l'apprentissage profond (deep learning), reposant lui-même sur la combinaison de l'augmentation des puissances de calcul, d'algorithmes nouveaux et surtout de la multiplication

des jeux de donnée traitées. L'IA n'est pas un programme informatique banal : elle s'éduque plus qu'elle ne se programme -la clé du succès étant moins la longueur du code informatique que la taille des bases de données. (Julien Nocetti ;2018)

#### **III.4 L'intelligence artificielle et les problèmes naturelle**

Soutien en cas de catastrophe naturelle l'une des toutes premières applications de l'IA dans le contexte du développement a été le soutien à la planification et à l'atténuation dans l'éventualité d'une catastrophe naturelle. Les heures qui suivent un événement catastrophique comme un tremblement de terre ou un ouragan sont chaotiques, et le flux de l'information est énorme et difficile à filtrer. Deux projets représentent les efforts réalisés en vue de tirer parti du soutien participatif et du déluge en temps réel des médias sociaux. Artificial Intelligence for Disaster Responsa (AIDR) est un projet de logiciel ouvert qui explorée.

Conservation de la faune en Afrique, de nombreuses especes sont à la merci de braconniers. Tigres, elephants, rhinoceros, et autres grands mammiferes qui sont essentiels à la sante des écosystèmes et qui représentent des attractions majeures pour le tourisme sont exposés au dépeuplement régional et a l'extinction pure et simple. Afin d'améliorer l'efficacité de la lutte contre les braconniers, des chercheurs de l'Université du Sud de California ont mis au point un outil d'IA destine aux patrouilles de rangers. Mise au point a l'origine en partenariat avec l'Uganda Wild life Authority, le logiciel utilise l'AA forme à partir de données chronologiques sur les activités de braconnage locales pour produire des itinéraires de patrouille menant vers des endroits où les braconniers sont le plus susceptibles de se trouver.

Surveillance des maladies des cultures la surveillance des maladies des cultures est une entreprise couteuse en temps qui requiert souvent des connaissances approfondies qui ne sont pas toujours disponibles localement en temps utile. Voici un exemple d'application de l'IA qui sont capables de détecter les maladies et les infestations dans les plantes cultivées en analysant des photos prises avec des téléphones cellulaires. En Afrique, le manioc est un aliment de première nécessité dont les rendements sont appelés a diminuer en raison de maladies virales. Une enquête approfondie pour produire un diagnostic sur les cultures atteintes et pour cartographier l'ampleur de la propagation de la maladie peut prendre des mois et exige des déplacements importants de la part des enquêteurs. Les chercheurs spécialises en IA de l'Université de Makerere ont également mis au point une méthode pour optimiser ce processus habituellement réalise sur papier en recueillant des images d'échantillons — prises avec des téléphones cellulaires — en vue d'en faire l'analyse et la classification à l'aide d'un système d'IA. Les images des symptômes de la maladie, comme les dommages causés aux racines et

l'accumulation de mouches blanches sur les feuilles, sont introduits dans un algorithme d'AA pour produire un diagnostic rapide et une rétroaction, et une fonction de cartographie peut être utilisée pour évaluer et prévoir la propagation au fil du temps. (Matthew Smith et al ... ;2018)

### III.5 Intégration SIG & télédétections

« Le processus d'interprétation, qu'il soit visuel ou automatique, transforme les données contenues dans l'image en éléments d'information rattachés à une localisation géographique. De l'a intégrer les informations recueillies par la télédétection a des systèmes d'informations a références spatiales il n'y a qu'un pas, car ces informations peuvent alors être utilisées dans un processus de gestion des ressources, en combinaison avec des données d'autres sources, socio-économiques ou écologiques par exemple » (Bonn Et Rochon, 1993). Cependant, le transfert des données de l'un a l'autre n'est pas simple et s'effectue par des systèmes de transformations complexes.

En matière de création et de collecte des données, la télédétection fournit au SIG les données à traiter. Elle se trouve en amont des SIG et crée des données géographiques. Les SIG eux, complètent les données de la télédétection ; l'information géographique permet de géo référencier l'image traitée, d'intégrer le résultat du traitement numérique de l'image avec les résultats du traitement de l'information géographique.

Cette intégration permet aussi de faire la mise a jour des cartes préexistantes par l'exploitation des données récentes à partir des images satellite. Cette mise à jour est aussi possible par l'utilisation du GPS qui utilise les potentialités de positionnement des satellites pour identifier des points à la surface du globe. Ces positions seront générées en points, arcs ou polygones dans un système d'informations afin de lever les objets ou éléments nouveaux créés, (Ouédraogo, 1999).

### III.6 Base de données

#### III.6.1 Définition de base de données

Base de données est une entité dans laquelle il est possible de stocker des données de façon structurée et avec le moins de redondance possible. Ces données doivent pouvoir être utilisées par des programmes, par des utilisateurs différents.

Ainsi, la notion de base de données est généralement couplée a celle de réseau afin de pouvoir mettre en commun ces informations d'où le nom de base. On parle généralement de système d'information pour désigner toute la structure regroupant les moyens mis en place pour pouvoir partager des données.

Une base de données permet de regrouper des données au sein d'un même enregistrement. Cela est d'autant plus utile que les informations sont stockées sur différentes machines et accessibles par un réseau.

L'avantage majeur de l'utilisateur de base de données est la possibilité de pouvoir être accède par plusieurs utilisateurs simultanément, (Zafindravita, 2005).

### III.6.2 Système de Gestion de Base de Données

Afin de pouvoir contrôler les données ainsi que les utilisateurs, le besoin d'un système de gestion s'est vite fait ressentir. La gestion de la base de données se fait grâce à un système appelé « S.G.B.D ».

Le « S.G.B.D » est un ensemble de services permettant de gérer la base de données c'est-à-dire :

- > Permettre l'accès aux données de façon simple
- > Autoriser un accès aux informations a des multiples utilisateurs
- > Manipuler les données présentes dans la base de données.

Un « S.G.B.D » doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Indépendance physique : on peut changer le schéma physique sans remettre en cause le schéma conceptuel. On peut modifier l'organisation physique des fichiers, rajouter ou supprimer des méthodes d'accès.
- Indépendance logique : on peut changer le schéma physique sans remettre en cause le schéma externe ou les programmes d'applications
- Manipulation : des personnes ne connaissant pas la base de données doivent être capables de décrire leur requête sans faire référence a des éléments techniques de la base de données.
- Données partageables : le « S.G.B.D » doit permettre l'accès simultané a la base de données par plusieurs utilisateurs
- Sécurité des données : le « S.G.B.D » doit présenter des mécanismes permettant de gérer les droits d'accès aux données selon les utilisateurs limitation de redondance : le « S.G.B.D » doit pouvoir éviter dans la mesure du possible des informations redondantes, afin d'éviter d'une part un gaspillage d'espace mémoire mais aussi des erreurs, (Zafindravita, 2005)

*Partie*  
*Expérimentale*

# *Chapitre I*

## *Zone d'étude*

## I. Présentation de la zone d'étude

### I.1 Situation géographique et administrative

La wilaya de Tiaret, d'une superficie de 20050.05 Km<sup>2</sup>, est localisée au Nord-Ouest de l'Algérie, sur les hauts plateaux Ouest entre la chaîne Tellienne au Nord et la chaîne Atlasique au Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces steppiques au Sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0°.34' à 2°.5' de longitude Est et 34°.05' à 35°.30' de latitude Nord. Administrativement, la wilaya dispose de 14 Daïras et 42 Communes dont 24 communes rurales. Elle est délimitée par les wilayas de Tissemsilt et Relizane au Nord, les wilayas d'El-Bayad et Laghouat au Sud, les wilayas de Mascara et Saida à l'Ouest et par la wilaya de Djelfa à l'Est.

Notre travail consiste à étudier la région de Zmalet el Amir Abdelkader qui s'étend sur 960 km<sup>2</sup>, soit 96000 ha de superficie. Elle se situe à environ 145 km au Sud-est du chef-lieu de wilaya, sur les coordonnées géographiques 35°24' 9" Nord et 1°58'24" Est. Elle est délimitée :

- > Au Nord par Kasr Chellala et Rechaïga.
- > A l'Est par Hassi Fedoul.
- > A l'Ouest par Faidja.
- > Au Sud par la wilaya de Djelfa.



**Figure 3** Carte de situation géographique & administrative de la région d'étude.

La population résidant sur ce territoire est estimée à environ 15881 habitants dont 4567 habitants en zone éparses avec une densité de 16 hab. /km<sup>2</sup> (Sayadi *et al.*, 2004)

## I.2 Relief

Le relief se caractérise par les djebels de Rechaiga de Nador au Nord-Ouest et djebels Zerga Metales et de Ksar Chellala qui forment sa limite Sud-Ouest-Est.

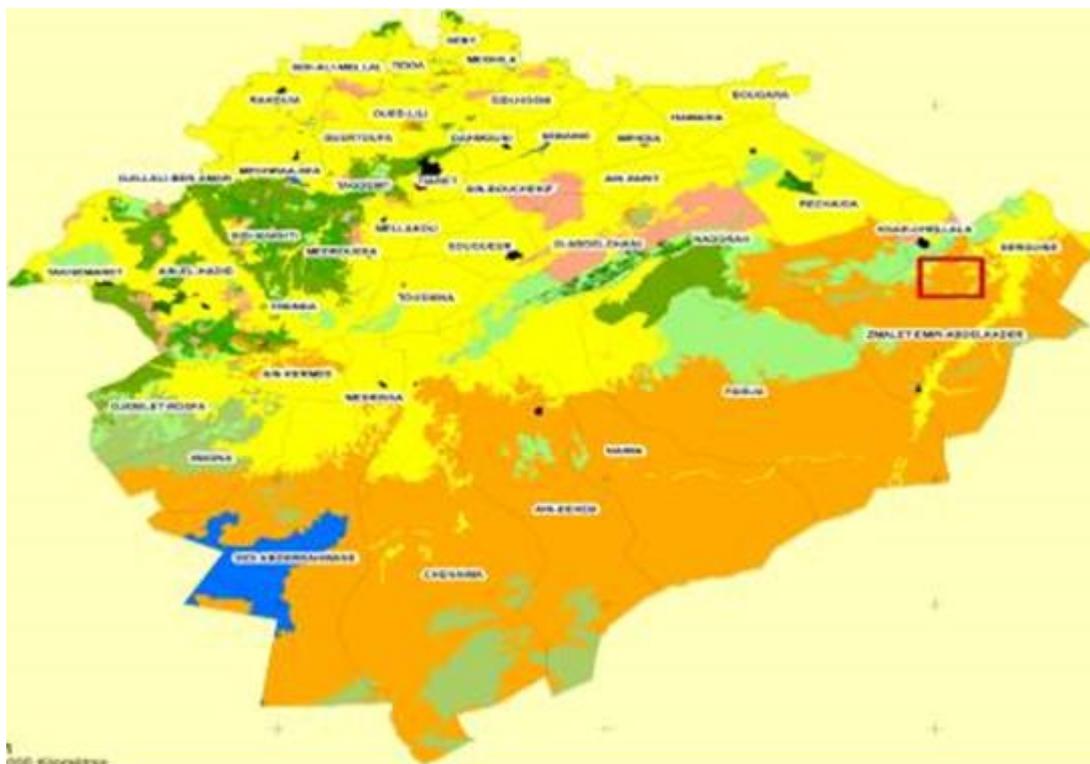
Les surfaces plus ou moins planes se localisent au pied des reliefs regroupant les glacis d'Age et les épandages alluviaux. Les dépressions où se concentrent les eaux de ruissellement (dayas) sont traversées par l'Oued Smir qui rejoint plus loin Oued Touil (Benkhetou, 2003)



**Figure 4** Carte des ensembles géomorphologiques de la région d'étude

## I.3 Occupation des sols

La région de Tiaret est une région à vocation agro Sylvopastorale, une lecture de la carte d'occupation des sols (figure N°10) fait ressortir une dominance de la classe agriculture, notamment dans la partie Nord de la wilaya, les formations forestières sont constituées essentiellement de maquis dégradés, la présence de quelques peuplements constitués de vieilles futaies de chêne liège et de pistachier de l'Atlas est à noter. Au niveau de la région de Zmalet el Amir Abdelkader, la végétation dominante est une végétation steppique, formée essentiellement par de vastes étendues de parcours à base d'alfa et de sparte. L'Agriculture constitue aussi une autre entité paysagère des plus importantes avec de grandes superficies de maraichage tout au long du lit d'Oued Touil.



**Figure 5** Carte d'occupation des sols de la région de Tiaret

L'agriculture et l'élevage constituent dans cette région la principale source de revenu des ménages. L'occupation totale des terres S.A.T est de 88.396 HA,

Sur les 44.092 HA de SAU il y a que 2.148 HA en irrigue dont 98% (culture maraichères) et 2% plantation fruitière, le reste étant des parcours exploitées en grandes cultures associées à la pratique de la jachère et de l'élevage des cheptels. Les terres incultes sont de l'ordre de 500 HA. (Benaissa.S 2004)

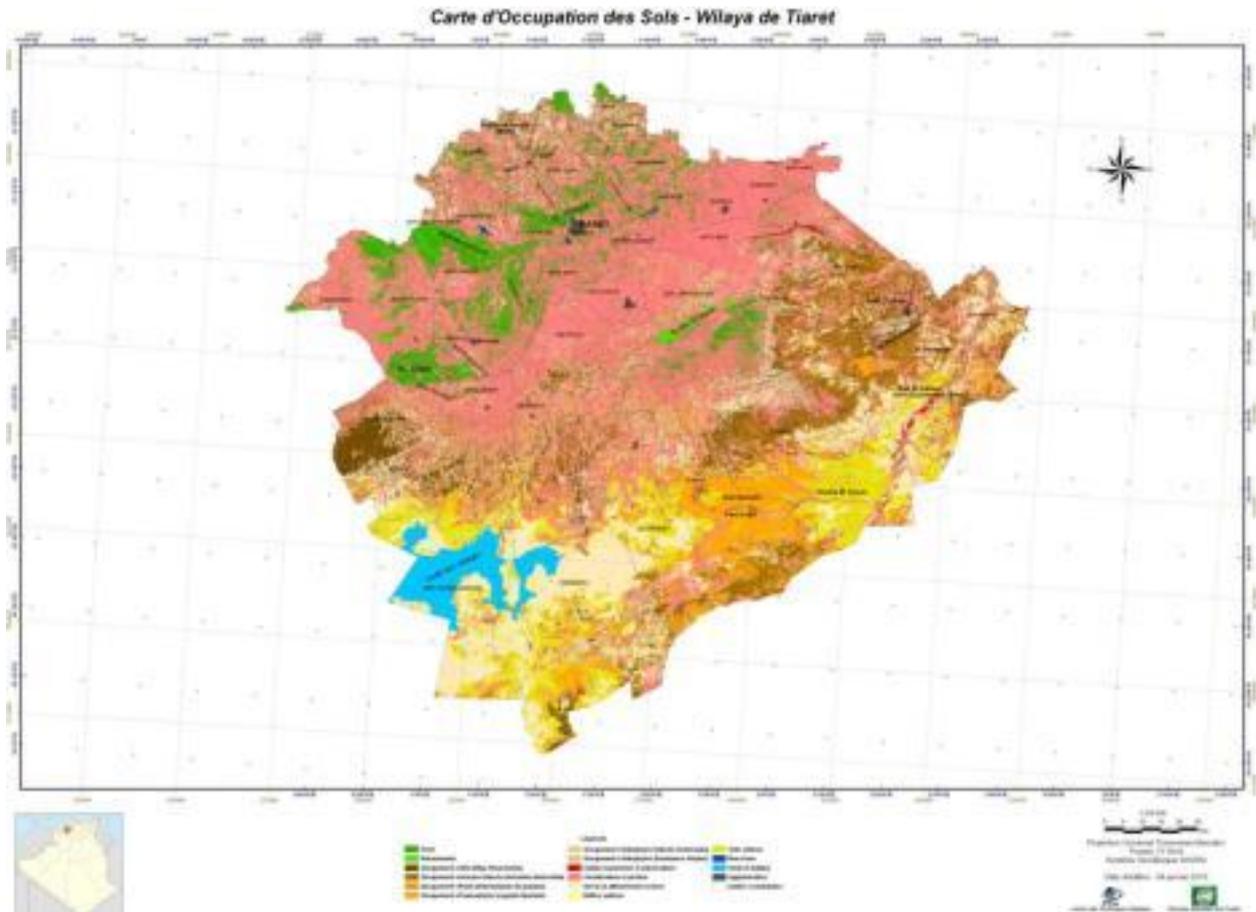
#### **I.4 Couvert végétal**

La végétation rencontrée au niveau des parcours steppiques dans la région de Tiaret est typique des écosystèmes semi-arides, en effet on y rencontre divers groupements végétaux, c'est ainsi que l'on identifie, les steppes d'alfa, les steppes d'armoise, une végétation sporophytes. La végétation de la région de Zmalet el Amir AEK recensée dénote d'une présence adaptative vis-avis du relief et des sols. La croute calcaire au niveau des piedmonts est de faible profondeur. Comme type de végétation on trouve : espèces arborées, arbustives et herbacées.

> Sous-arbrisseaux : Armoise blanche, Salsola, Atriplex.

> Espèces vivaces : Alfa, Sparte, Peganum hermala.

Comme la région se trouve localisée sur l'un des principaux couloirs de transhumance, la végétation naturelle demeure des lors très dégradée. (Meziou. R et al., 2017).



**Figure 6** Couvert végétal de la région de Tiaret

### I.5 Pédologie

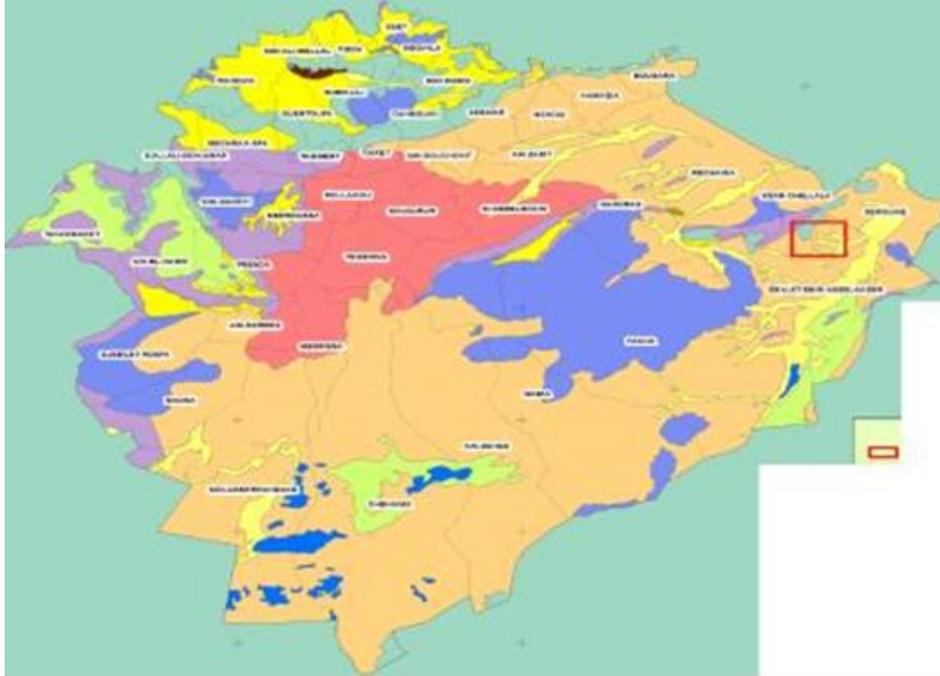
Les sols les plus répandus sur les monts de Tiaret sont : (CFT, 2014)

- > Les sols marneux.
- > Les sols calcaires et dolomites dures.
- > Les sols calcaires friables.
- > Conglomérat, alluvions et sables.
- > Conglomérat. (Nouar, 2016)

La région de Zmalet el Amir AEK est une région qui se caractérise par des sols steppiques plus ou moins pauvres et squelettiques à dominance calcaire. Ils font partie de la sous-classe de sols à pédoclimat frais pendant la saison froide, appartenant au groupe Sierozems comportant trois sous-groupes :

- 1) Modaux : composés de sables siliceux, d'alluvions calcaires à texture grossière à moyenne, d'alluvions anciennes plus ou moins noircies et de sables siliceux sur marne.

- 2) A nodule ou granules calcaire : constitués d'alluvions calcaire à texture moyenne à fine, d'argile sableuse rouge, alluvions plus ou moins noircies, de sables siliceux sur marne et enfin d'alluvions, colluvions de piedmont plus ou moins caillouteux.
- 3) Encroutés (à encroutement calcaire) : en plus des éléments qui se retrouvent dans le sous-groupe précédent, il existe des alluvions et colluvions sur dalle calcaire. (Benaïssa.S 2004).

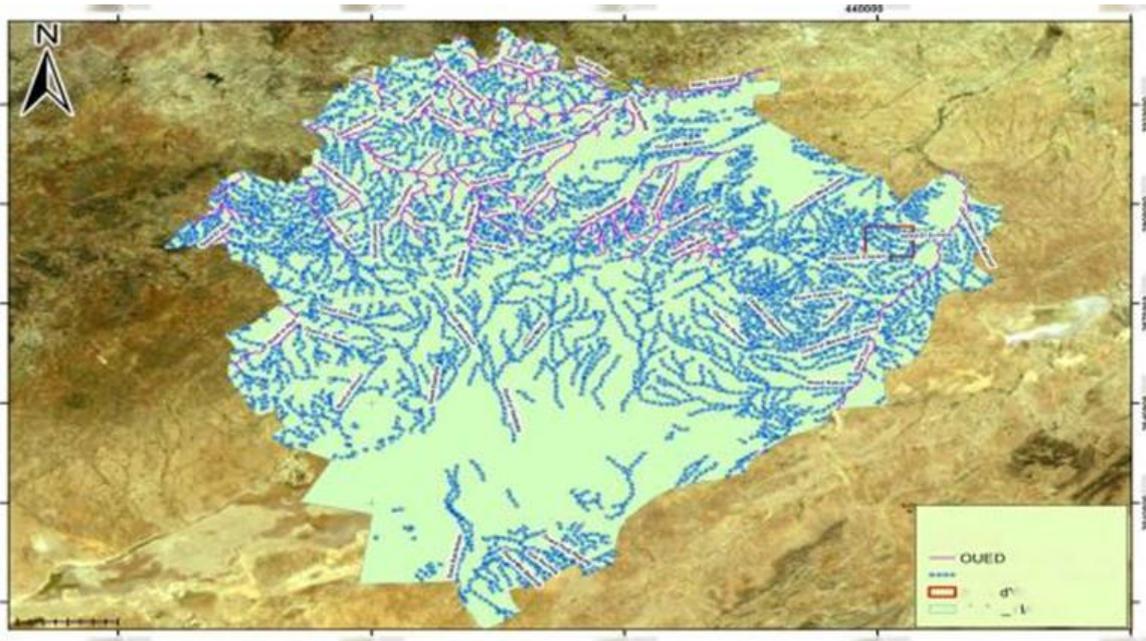


**Figure 7** Carte de lithologie de la zone d'étude

## I.6 Hydrologie

La nappe phréatique du Sersou qui s'étend jusqu'au niveau de l'ouest Sousselem et oued magrounet, constitue une réserve hydrique importante. Elle est située à quelques mètres de profondeur, favorise l'exploitation à partir de puits de surface. Toutefois, Dix ans après le lancement de l'opération de l'accession à propriété foncière agricole, 1200 puits ont été recensés. On compte actuellement environ 2500 puits (Benkhettou, 2003).

L'eau de surface est caractérisée par les crues d'oued Sousselem qui sont très rares et généralement se perdent dans les zones d'épandages et plus loin au niveau de l'Oued Touil.



**Figure 8** Carte du réseau hydrologique de la zone d'étude

### I.7 Climat

Le climat de la région de Tiaret est de type Semi-aride a hivers froids, les précipitations annuelles moyennes, qui s'élèvent à 350 mm se produisent essentiellement en hivers et au printemps. Durant ces saisons, les écoulements sont permanents ; cependant, l'été et l'automne sont secs. Ce déficit en eau est aggravé par une forte évaporation durant la période de l'été ou la température moyenne est de l'ordre de 15°C en hivers et de 27°C en été. Les températures connaissent de grandes fluctuations dans la région (en descend a de 0°C jusqu'à 40°C), cette influence de la température freine quelque peu le processus d'alimentation des nappes souterraines qui en fait ne s'opère que sur une période assez courte (janvier à Avril). (Laidani et al., 2009).

Le climat de la zone d'étude est de type aride frais avec une pluviométrie qui peut atteindre 300 mm/an.

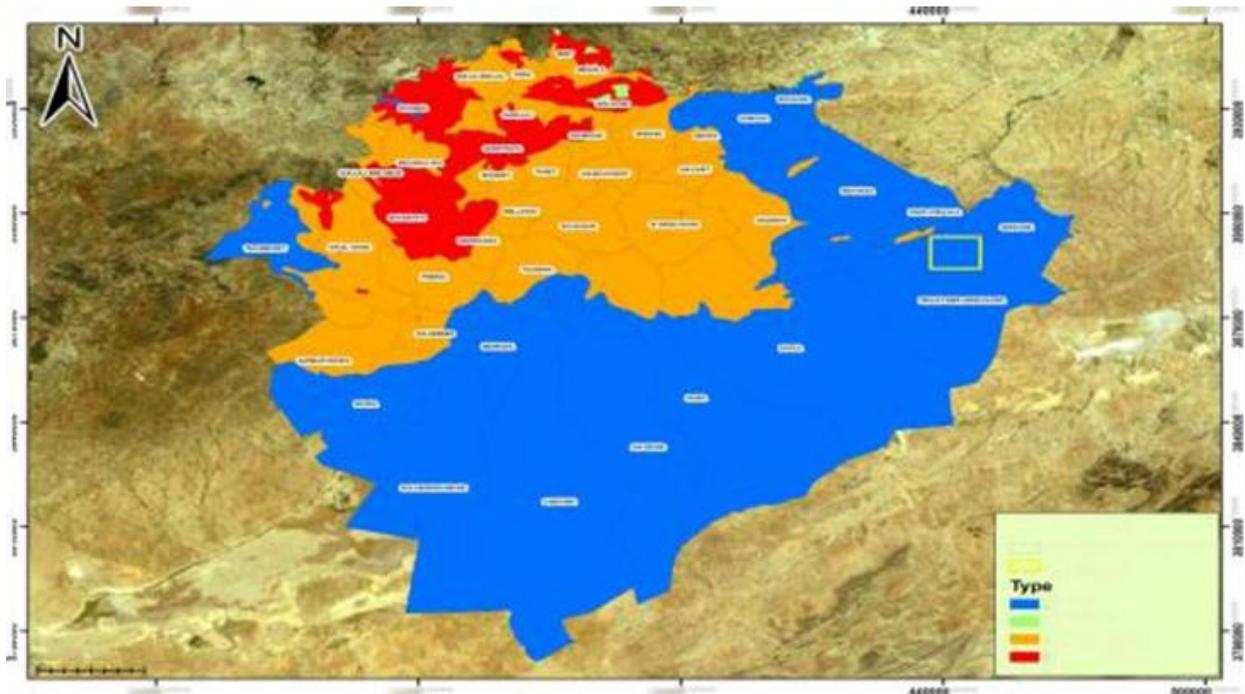


Figure 9 Carte du climat de la région de Tiaret

### I.7.1 Précipitation

#### I.7.1.1 Précipitation moyenne mensuelle

La figure n°15 représente l'évolution des précipitations mensuelle durant la période 1990-2020 dans la région de Zmalet el Amir AEK a travers le graphe on observe le mois MARS est le mois le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne 58.38mm, par contre le mois JUIELLET est le plus moins pluvieux avec moyenne 10.99mm.

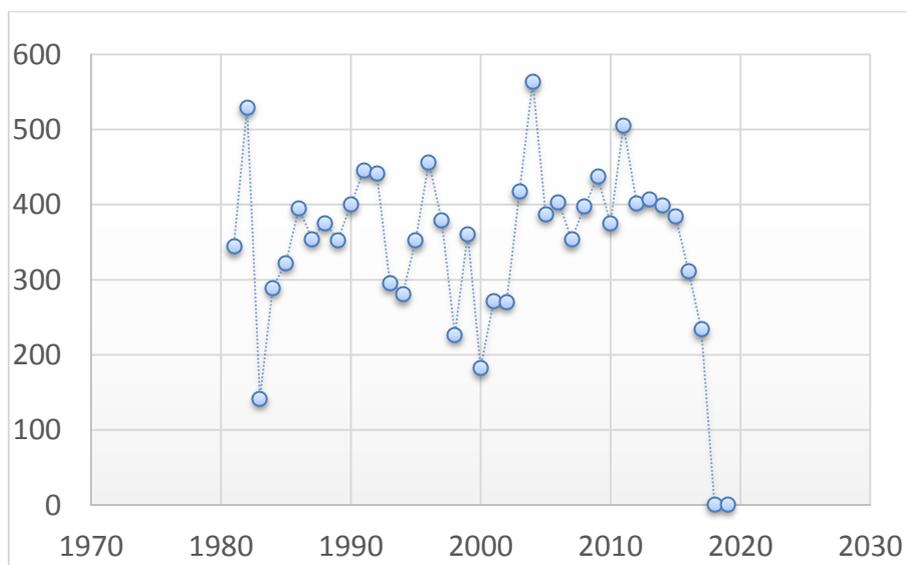
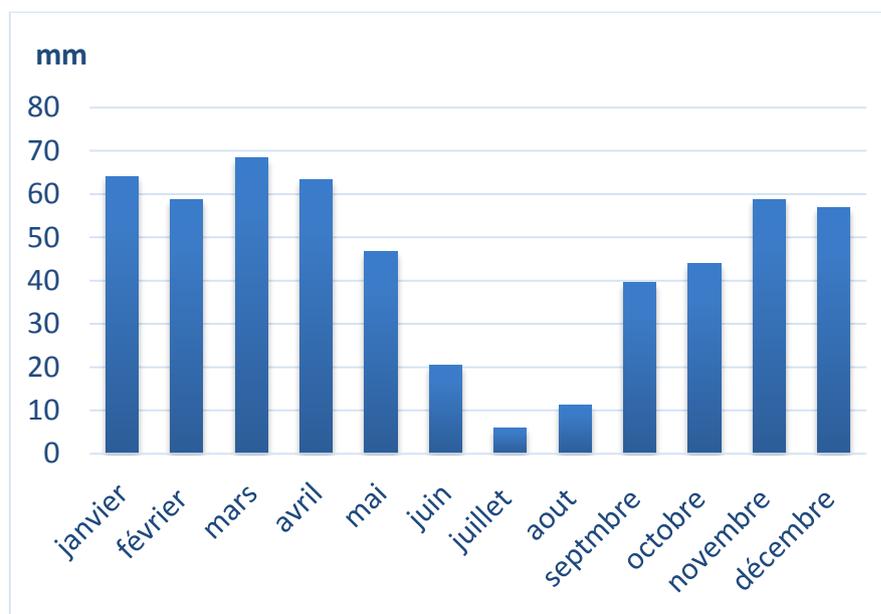


Figure 10 Précipitation moyenne mensuelle de la région Zmalet el Amir AEK (1990-2020)

### I.7.1.2 Précipitation moyenne annuelle

La figure n°16 présente le régime pluviométrique annuelle de la région de Zmalet el Amir AEK durant la période 1990-2020 on remarque l'année 1996 est la plus pluvieuse avec une moyenne de précipitation 27.44mm et l'année 2016 c'est la plus sèche avec une moyenne 9.04mm.



**Figure 11** Précipitation moyenne annuelle de la région Zmalet el Amir AEK (1990-2020)

### I.7.2 Température

La température joue un rôle de facteur limitant dans la répartition et la survie des êtres vivants.

#### I.7.2.1 Température moyenne mensuelle :

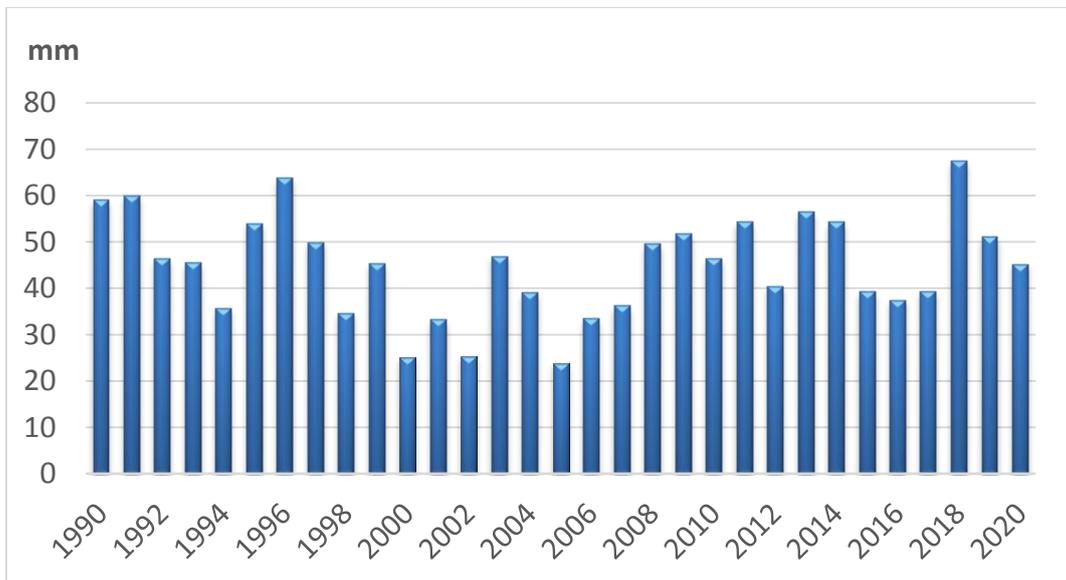
Le graphique dans la figure n°17 présente que le mois le plus chaud c'est le mois de JUILLET avec une température moyenne 27.9 °c et le mois le plus froid c'est le mois de JANVIER avec une température moyenne de 5.24 °c.

■ température (°c)

**Figure 12** Température moyenne mensuelle de la région Zmalet el Amir AEK (1990-2020)

#### I.7.2.2 Température moyenne annuelle

La figure n°18 présente que l'année 2001 c'est la plus chaude avec une température moyenne de 16.12 °c et l'année la plus froide c'est l'année 1992 avec une température moyenne 13.9 °c.



**Figure 13** Température moyenne annuelle de la région Zmalet el Amir AEK (1990-2020)

### I.7.3 Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet de déterminer la durée de la saison sèche. En établissant une relation entre les précipitations moyennes mensuelles et la température moyenne des mois.

La figure n°20 représente la période sèche ; on observe 5 mois de sécheresse période sèche durent l'année (juin jusqu'à septembre).

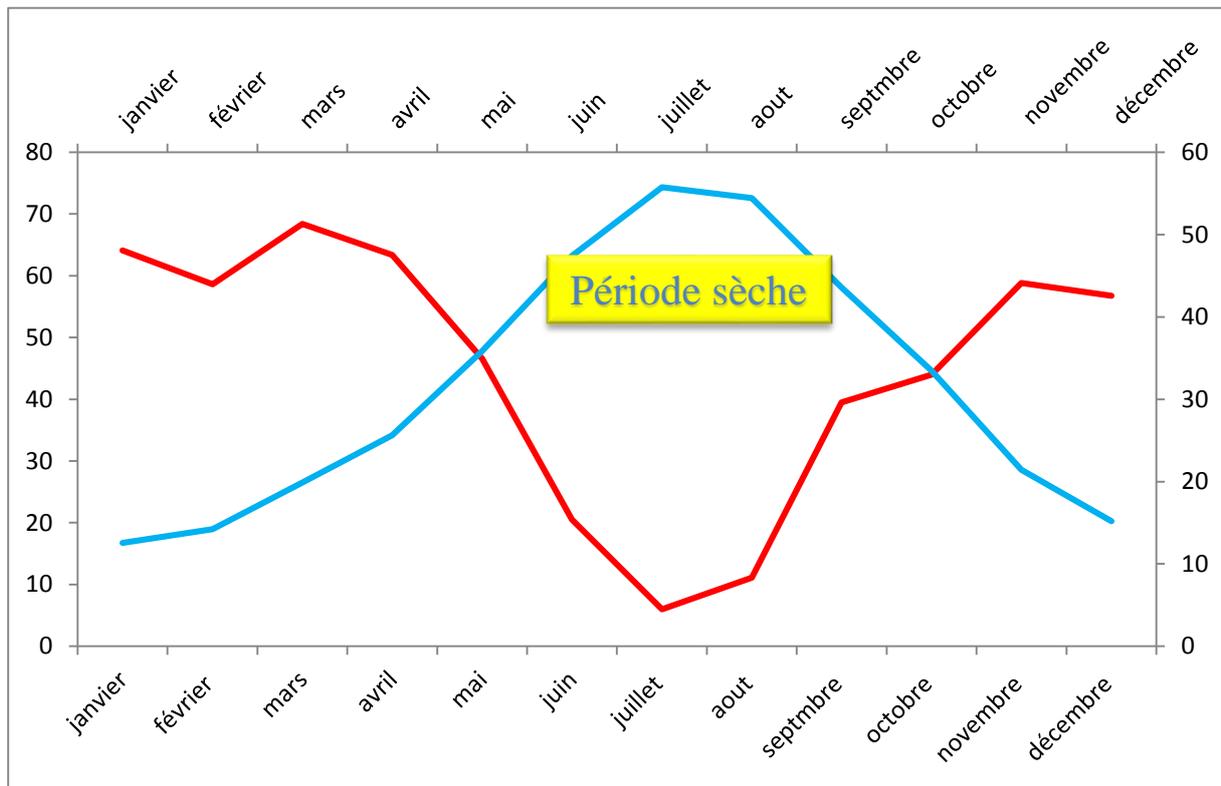


Figure 14 Diagramme ombrothermique de la région de Zmalet el Amir AEK

#### I.7.4 Coefficient pluviométrique d'Emberger (Q2)

L'étage bioclimatique de la zone d'étude est déterminé sur la base du quotient pluviométrique d'EMBERGER « Q2 »

2000P

Mz-mz

P : moyenne des précipitation annuelles (MM).

M : moyenne des maximal de moins le plus chaud (K°). m : moyenne des minimal de moins le plus froid (K°).

Q2 RECHAIGA=35

Par application numérique la zone d'étude est retenue à l'étage bioclimatique Semi-aride a hiver frais.

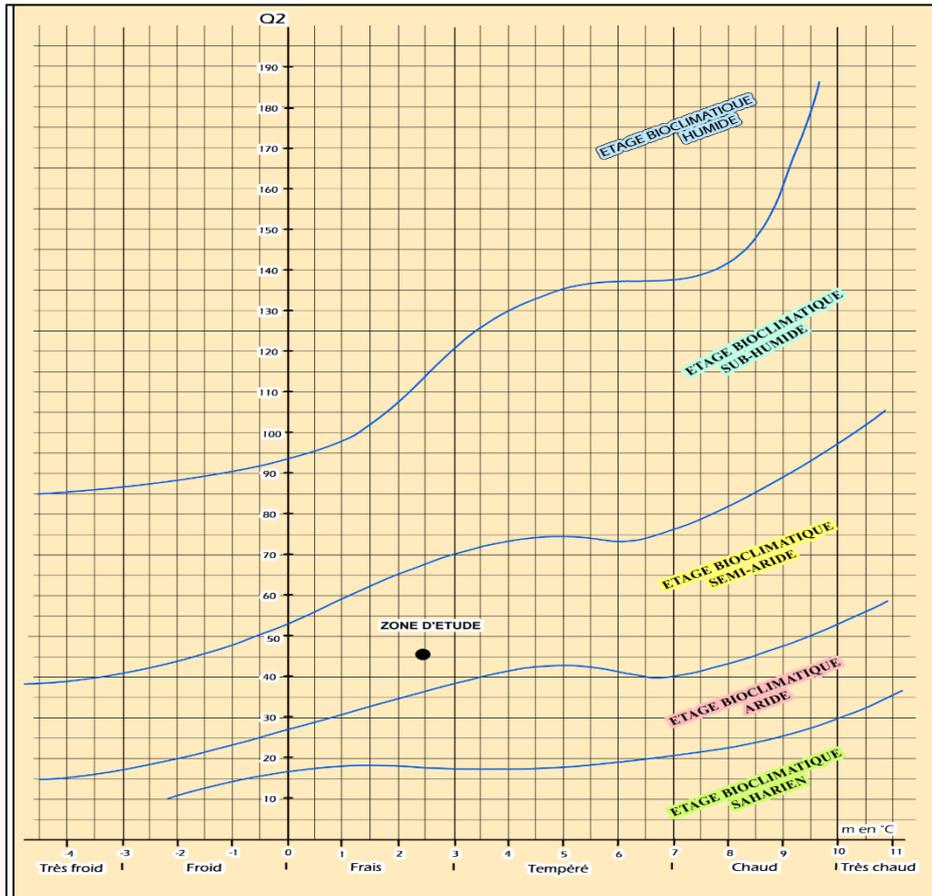


Figure 15 Climagramme d'Emberger

*Chapitre II*  
*Méthodologie*  
*De travail*

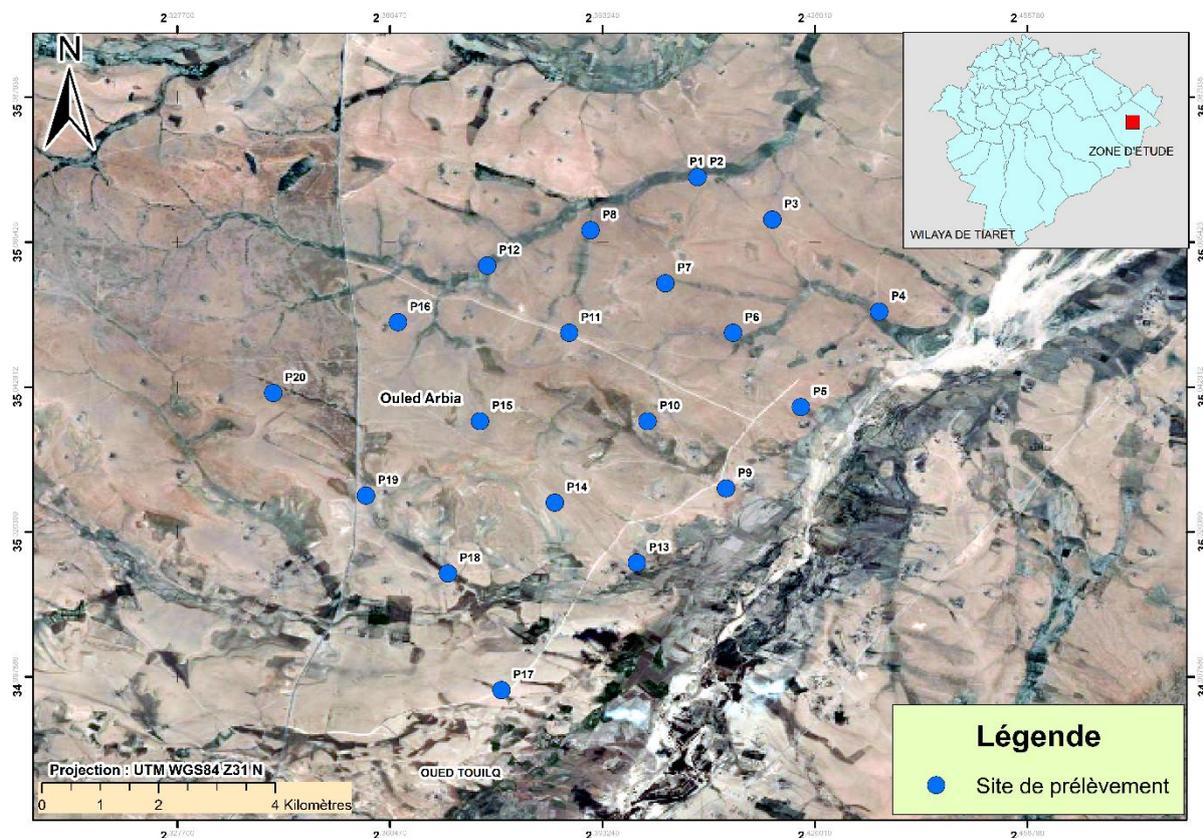
## II. Objectif

L'objectif du présent travail est de cartographier la sensibilité à la dégradation des sols en milieu semi-aride, et ce à travers l'utilisation des données de télédétection, dans ce sens-là méthodologie adoptée est organisée comme suit :

### II.1 Prélèvement d'échantillons du sol

Une mission de prospection et de prélèvement a été effectuée dans la région de Zmalet El Emir Abdelkader Pour un travail de prélèvement d'échantillons de sol, Dans ce sens 19 points ont été retenus (figure n°21).

Un échantillonnage systématique a été adopté.



**Figure 16** Points d'échantillonnage au niveau de la région d'étude.

Le prélèvement d'échantillons de sols a été effectuée durant la saison sèche, vers la fin du mois de mai, de manière à caractériser la problématique durant la période où la dégradation s'accroît.

Les échantillons ont été prélevés dans la couche superficielle du sol (0-40 cm). Etant donné que l'activité biologique est maximale dans l'horizon de surface et décroît plus ou moins

rapidement avec la profondeur. De plus considération faite de la région steppique, il ne peut y avoir possibilité d'aller au-delà de la profondeur mentionnée.

## **II.2 Conservation des échantillons**

Pour la caractérisation microbiologique, elle s'applique obligatoirement à des échantillons de sol "frais". Il convient donc de considérer l'échantillon de sol comme un être vivant, qui après son prélèvement a été entouré avec soins afin que les mesures biologiques qui seront réalisées au laboratoire soient aussi proches que possible de l'état in situ, les échantillons de sols ont été conservés au frais (4°C) et en aérobiose. Par ailleurs. Les échantillons des sols sont séchés à l'air libre et à l'ombre ; puis tamisés à 2mm. Pour avoir un maximum d'appréciation quant aux variables physico-chimiques à étudier,

## **II.3 Analyses physico-chimiques**

Les échantillons prélevés ont été soumis à une série d'analyse physico-chimique devant permettre une connaissance exacte, de la nature du sol, ainsi que de différents paramètres nécessaires et préalables à la réalisation de la cartographie du risque de dégradation. Dans ce sens, les principales variables mesurées sont :

La conductivité électrique CE : variable essentielle liée et caractéristique de la salinité des sols, qui représente un phénomène de dégradation important auquel se trouve confronté les sols en milieu semi-aride.

Le pH : le pH d'un sol permet d'apprécier les différents échanges et interactions chimiques susceptibles d'intervenir.

Le calcaire totale et calcaire actif.

La matière organique

L'humidité

La granulométrie.

## **II.4 Cartographie de la sensibilité à la dégradation**

L'objectif de notre étude est de produire un support cartographique permettant d'apprécier la sensibilité des sols de la région d'étude et leur vulnérabilité à la dégradation, dans ce sens la méthodologie adoptée est basée sur l'utilisation de la télédétection et de système d'information géographique comme moyen d'investigation.

Dans le cadre de notre étude, nous avons jeté notre dévolu sur une plate-forme de Cloud Computing, qui permet de visualiser et de traiter des images satellitaires sans nécessité de télécharger Google earth Engine.

### II.4.1 Google Earth Engine

Google Earth Engine est une plate-forme cloud pour l'analyse géospatiale à l'échelle planétaire qui met les énormes capacités de calcul de Google à contribution sur une variété de problèmes sociaux à fort impact, notamment la déforestation, la sécheresse, les catastrophes, les maladies, la sécurité alimentaire, la gestion de l'eau, la surveillance du climat et protection environnementale. Il permet aux utilisateurs de calculer des pétaoctets de données à la volée sans avoir à naviguer dans les complexités de la parallélisation basée sur le cloud. L'amélioration de l'accès inclusif a stimulé la croissance de l'observation de la Terre à des échelles auparavant inimaginables.

Depuis la mise en ligne de GEE, plusieurs études révolutionnaires ont émergé qui démontrent la puissance de l'informatique à grande échelle pour résoudre les problèmes environnementaux et sociaux. Les trois exemples suivants montrent les ensembles de données, les publications à fort impact et les explorateurs de données Web qui ont été générés à partir des recherches menées dans GEE.

### II.4.2 Indicateur de dégradation des sols

Pour la cartographie de la sensibilité à la dégradation des sols, nous avons opté pour une méthode d'analyse basée sur la logique floue, il s'agit entre autres de combiner différentes variables en entrée de les classer de manière hiérarchique et avoir en sortie une carte de sensibilité à la dégradation.

### II.4.3 Méthode de AHP

La méthode AHP est une méthode adaptée aux problèmes de décision multicritères c'est-à-dire comportant plusieurs solutions satisfaisant un ensemble de critères. L'approche de la méthode consiste à simplifier le problème en le décomposant en un système hiérarchique. Thomas Saaty est à l'origine de cette méthode et l'a créé dans les années 1970. Pour les besoins de notre étude, nous avons utilisé un nombre d'indices spectraux et autres produits dérivés sur différents types d'imagerie.

### II.4.4 Les indices dérivés

#### II.4.4.1 Indice de végétation NDVI

L'indice de végétation par différence normalisée, appelé aussi NDVI est construit à partir des Canaux rouge (R) et proche infrarouge (PIR). L'indice de végétation normalisée met en valeur

la différence entre la bande visible du rouge et celle du proche infrarouge.  $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$  Cet indice est sensible à la vigueur et à la quantité de la végétation.

Les valeurs du NDVI sont comprises 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 réflectance 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.

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

#### II.4.4.2 Indice de salinité SI

La salinité des sols est l'illustration parfaite de la dégradation des sols en milieu semi-aride, notamment au niveau des parcours steppiques en Algérie (Bouacha, 2019), à cet effet nous avons jugé utile d'intégrer un indice de salinité dans notre démarche adoptée.

Plusieurs études ont évalué la salinité du sol avec les données de télédétection (Metternicht et Zinck, 2003 ; Gherina et *al.*, 2009 ; Douaoui et Lepinard, 2010 ; Barbouchi et *al.*, 2013 ; Azabdaftari A et Sunar, 2016). En outre, un certain nombre d'indices spectraux de salinité du sol ont été développés pour détecter et cartographier les gisements de sels minéraux dans le cadre de notre étude nous avons choisis de travailler avec l'indice de salinités SI développé par (Douaoui et *al.*, 2006). C'est un indice approprié aux sols des régions semi-aride avec de fortes valeurs de réflectance dans le domaine du visible. Il est donné selon la formule suivante :

$$SI = VG \times R$$

Où G correspond au canal vert de l'image satellitaire et R correspond au canal rouge.

#### II.4.4.3 Indice de sécheresse de PALMER

L'indice de sévérité de sécheresse de Palmer Ou PDSI (Palmer Drought Severity Index). Indice imaginé par Wayne Palmer (Etats-Unis) en 1965 mesurant la sécheresse d'une région et prenant en compte à la fois les quantités d'eau apportées (par les précipitations et par les cours d'eau) mais aussi la manière dont elle est absorbée. C'est un principe d'offre et de demande, qui fait intervenir par exemple l'humidité des sols et l'évapotranspiration.

L'indice s'obtient à l'aide d'un algorithme intégrant ces différents paramétrés. On obtient un nombre positif (climat humide), négatif (sécheresse) ou nul, entre -4 et +4.

#### II.4.5 Carte de lithologie de la région d'étude

Une carte de lithologie de la région d'étude au format vecteur est utilisée pour identifier l'appartenance de chaque point de prélèvement à un type de sol, il est important d'identifier les différents types de sols susceptibles d'être rencontrés au niveau de la zone d'étude dans la mesure où la possibilité d'une évolution différente de chaque type de sol est envisageable, dans ce sens les principaux types de sols identifiés au niveau de la zone d'étude sont les sols calcaires, les alluvions et les alluvions sableux, caractéristiques des parcours steppiques en Algérie (figure n°12).

## **II.5 Les données satellitaires utilisées**

Dans la perspective de calculer les différents indices illustres, différents types d'imagerie a été utilisée pour les besoins de notre étude, avec entre autres les images satellitaires des capteurs Sentinel-2 pour le calcul des indices de végétation NDVI et indice de salinité SI, mais aussi des images des données de précipitations et température CHIRPS. Les données utilisées non pas été téléchargées mais plutôt directement utilisées sur la plate-forme google earth engine. Les images sentinel-2 correspondent à la période de prélèvement, à savoir le mois de mai 2021, dans un sens un nombre de 05 images couvrant la période a été utilisé pour générer une seule image pour tout le mois, ou ce qu'on appelle une image composite. Les images des capteurs sentinel-2 disponibles sur la plate-forme google earth engine sont directement prêtes à l'utilisation et ne nécessitent aucune correction.

Pour les données de climatologie CHIRPS, une série temporelle correspondant à dix ans d'observation a été utilisée pour calculer l'indice PDSI. Les données CHIRPS sont des produits dérivés réalisés à partir de la combinaison d'observations in situ (Stations météorologiques) et satellites en orbites autour de la terre à une résolution de 0.5 ARC. Aucun traitement n'a été appliqué ce sont des données disponibles et directement prêtes à l'emploi.

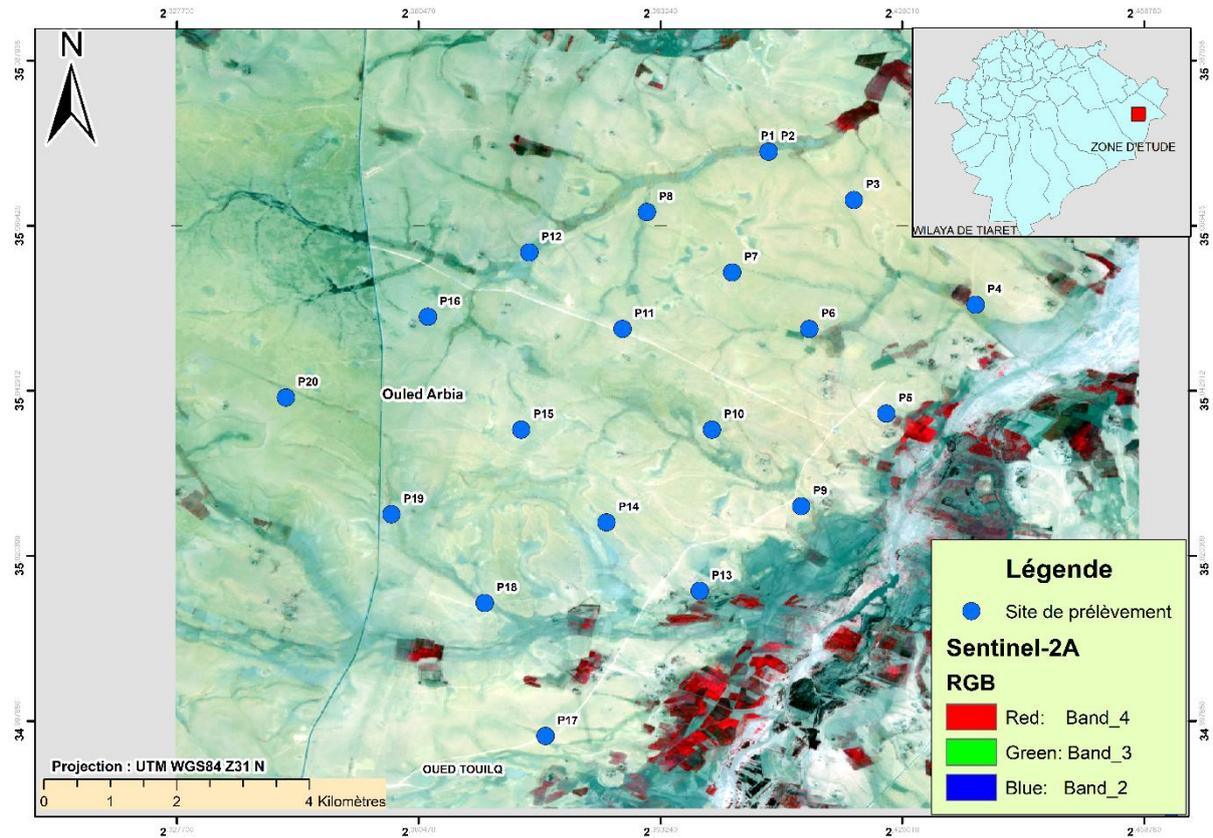


Figure 17 Image sentinel-2 composite générée sous GEE de la zone d'étude.

# *Chapitre III*

## *Résultats et discussion*

### III. Resultats & discussion

#### III.1.1 Analyses physico-chimiques

Tableau 1 Propriétés physiques et chimique

<b>POI</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>PH</b>	<b>Ce(MO(mlg))</b>	<b>AV</b>	<b>Apres</b>	<b>Calca</b>	<b>Résulta</b>	<b>M.O %</b>	
P 1	35.075	2.40789	7.2	1.56	15.82	5	93	23.52	Calcair	27.21
P 2	35.068	2.41943	7.16	2.59	17.49	5	74	18.91	Calcair	30.0828
P 3	35.054	2.43592	7.59	0.47	17.22	4.5	48	40.68	Calcair	29.61
P 4	35.039	2.42383	7.3	1.57	17.63	5	64	19.83	Calcair	30.3236
P 5	35.051	2.41338	7.29	1.69	35.33	10	49	73.84	Calcair	60.7(76
P 6	35.059	2.40294	7.7	0.13	28.83	4	100	24.68	Calcair	49.5876
P 7	35.067	2.39140	7.4	0.25	14.41	5	84	26.20	Calcair	24.78 5
P 8	35.027	2.41228	7.48	0.33	19.57	6	75	38.26	Calcair	33.6604
P 9	35.037	2.40019	7.46	0.48	18.44	5	93	28.97	Calcair	31.7168
P 10	35.051	2.38810	7.26	0.8	16.19	10	95	21.88	Calcair	27.84
P 11	35.061	2.37546	7.42	0.88	14.82	6	68	31.20	Calcair	25.4904
P 12	35.015	2.39854	7.26	0.86	13.92	5.5	70	21.39	Calcair	23.94
P 13	35.024	2.38590	7.66	0.33	11.28	4	50	49.23	Calcair	19.4(16
P 14	35.037	2.37436	7.36	0.44	12.71	4.5	80	32.58	Calcair	21.8612
P 15	35.053	2.36171	7.71	0.28	15.17	8	90	15.91	Calcair	26.0924
P 16	34.995	2.37766	7.33	0.57	17.35	4.5	48	26.89	Calcair	29.812
P 17	35.013	2.36941	7.34	0.66	14.45	10	49	45.38	Calcair	24.8 54
P 18	35.026	2.35677	7.5	0.59	16.21	5	64	29.49	Calcair	27.8812
P 19	35.042	2.34248	7.63	0.63	15.17	10	68	0	Calcair	26.09

Le tableau n°01 est un état récapitulatif des résultats obtenus de l'analyse physico-chimiques réalisées sur un total de 19 échantillons sur 20 prélèvements. D'après les résultats obtenus, il apparaît clairement que la configuration édaphique de la zone d'étude est typique des régions semi arides steppiques, dans ce sens, les résultats obtenus démontrent que le pH au niveau de la zone d'étude oscille aux alentours de 7, avec un minimum de 7.16 pour le point n°02 et un maximum de 7.71 pour le point n°15. Les mesures de pH réalisées nous permettent de conclure que le sol au niveau de la zone d'étude est légèrement alcalin, ce qui peut être expliqué par une présence d'ions alcalins au niveau du sol, notamment le calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) dont les analyses démontrent que le sol au niveau de la région d'étude est de type calcaire, ce qui est typique et caractéristique des régions steppiques.

Aussi, les résultats obtenus après mesures de la conductivité électrique démontrent que la salinité des sols au niveau de la région d'étude est très faible, en effet il s'agit de sols non salinisés les valeurs de  $\text{Ce}$  varient de 0.13 pour le point n°06 à 2.59 pour le point n°02. Ce constat peut être expliqué du fait notamment que la région de prélèvement soit une zone de parcours non exploitée à des fins agricoles, hormis le pastoralisme, sachant que la cause principale de la salinisation des sols en milieu steppique est due notamment à l'agriculture et à de mauvaises pratiques d'irrigation. Aussi ; les résultats obtenus pour la salinisation sont dus au fait que la zone de prélèvement soit aussi une zone de crue et d'épandage à la limite du lit d'Oued Touil, qui lors de périodes d'inondations va recueillir au lessivage du sol et par conséquent une perte de sa charge ionique. Ceci indique que le sol au niveau de la zone d'étude est sujet à une forte activité érosive par effet de l'eau notamment lors des intempéries.

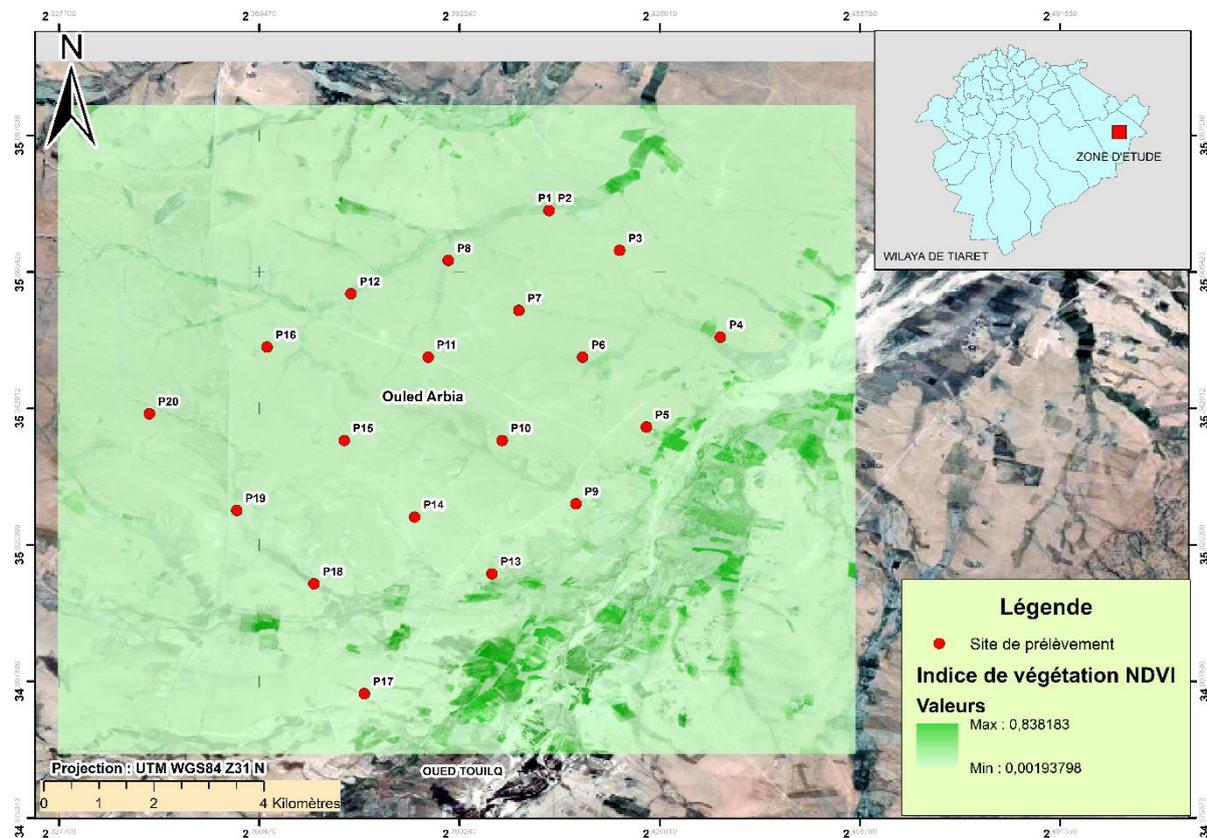
La caractérisation de la matière organique dans le sol permet d'avoir une appréciation sur la fertilité la richesse des sols de la région d'étude, en effet d'après les résultats obtenus, il apparaît qu'une fluctuation est remarquable au niveau des différents points de prélèvement, en effet on peut identifier deux zones distinctes : le lit d'Oued ou le pourcentage de matière organique est élevé ce qui laisse présager une bonne fertilité et activité biologique au niveau du sol. Ceci s'explique par le fait que la région située aux abords du lit d'oued est une zone constamment approvisionnée par les charges ioniques et autres débris de matières organiques transportées par l'eau lors d'inondation ou période de crue. Une deuxième zone un peu éloignée est identifiée où les pourcentages de matière organique sont moyens à faible, indiquant de ce fait le potentiel limite de ces zones ainsi que leur vulnérabilité à la dégradation.

Durant notre travail, nous avons porté une attention particulière à la réalisation d'analyses physico chimiques des échantillons prélevés, en effet, il ne peut y avoir possibilité

de se référer uniquement aux données de télédétection pour une meilleure appréciation de la problématique étudiée. Les mesures au ; laboratoire des différentes variables décrites précédemment nous servirons essentiellement à donner une explication et trouver une relation avec les résultats obtenus des différents indices calculés.

### III.1.2 Indice de végétation NDVI

Le calcul de l'indice de végétation par différence normalisée a permis la réalisation de la figure n°23



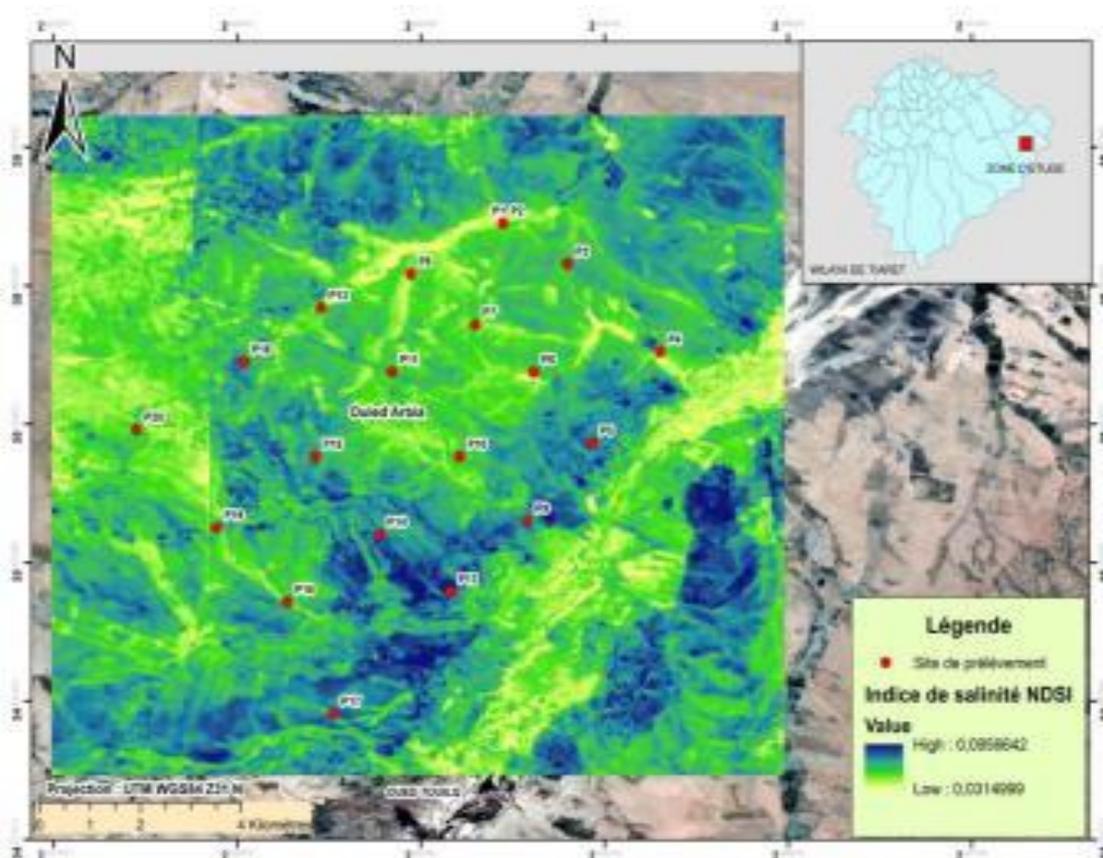
**Figure 18** Indice de végétation NDVI de la zone d'étude.

La lecture des résultats obtenus permet d'identifier une fluctuation et une répartition hétérogène de la couverture végétale au niveau de la zone d'étude, en effet les valeurs de l'indice de végétation oscillent entre 0.001 correspondant à une très faible couverture végétale sur pratiquement toute la zone d'étude, ce qui permet de conclure que la région est très vulnérable aux actions érosives du vent et de l'eau. Les valeurs maximales de l'indice de végétation sont de l'ordre de 0.83, correspondant à une végétation très dense que l'on rencontre essentiellement au niveau du lit d'Oued, cela est dû notamment à la profondeur du sol au niveau de la cette zone Ainsi que de l'humidité plus ou moins élevée par rapport à la première zone.

L'indice de végétation NDVI nous permet d'avoir une bonne appréciation quant à un indicateur biologique important, la disponibilité d'un couvert végétal dense en milieu semi-aride est très importante, car elle renseigne sur la fertilité de la station, mais aussi sur la sensibilité d'une région à l'action de l'érosion, pour le cas du site d'étude, il apparaît clairement que la région est très dénudée et dépourvue d'une couverture végétale susceptible de limiter l'action érosive du vent et de l'eau, de ce fait, il apparaît clairement en premier lieu que la région d'étude est une zone vulnérable et des plus menacée par les différents processus de dégradation.

### III.1.3 Indice de salinité SI

Le calcul de l'indice de salinité sous la plate-forme google earth engine a permis d'obtenir le résultat illustre sur la figure °24.



**Figure 19** Indice de salinité SI de la région d'étude.

D'après la lecture de la carte obtenue, il apparaît que l'indice de salinité calculé est parfaitement corrélé avec les mesures de conductivité électrique effectuées sur les prélèvements réalisés. En effet les valeurs de l'indice de salinité varient de 0.03 (valeur minimale) que l'on trouve essentiellement dans la zone située sur le lit d'Oued et sur les ravines formées par effet

de l'eau dans la partie Nord, ainsi que des valeurs de 0.08 (valeur maximale) dominante sur pratiquement toute la zone d'étude.

Les valeurs minimales et maximales rapprochées de l'indice de salinité et qui oscillent aux alentours de 0 indiquent que la région d'étude ne subit pas un phénomène de salinisation, la salinité est très faible dans la quasi-totalité de la zone d'étude, constat déjà établi lors des analyses et mesures de la conductivité électrique, le coefficient de corrélation entre les mesures de salinité par conductivité électrique et par indice de salinité SI est de l'ordre de  $R=0.8$ .

### III.1.4 Indiquant une forte corrélation

Ce résultat nous permet de conclure à une bonne représentativité de l'indice SI dans pareil situation mais aussi, nous laisse entrevoir la possibilité de cartographier directement la problématique abordée sans pour autant se poser de question sur la pertinence des résultats de cet indice.

### III.1.5 Indice de sévérité de sécheresse de Palmer PDSI :

La figure n°25 est la carte obtenue après calcul de l'indice de sévérité de sécheresse PDSI de palmer.

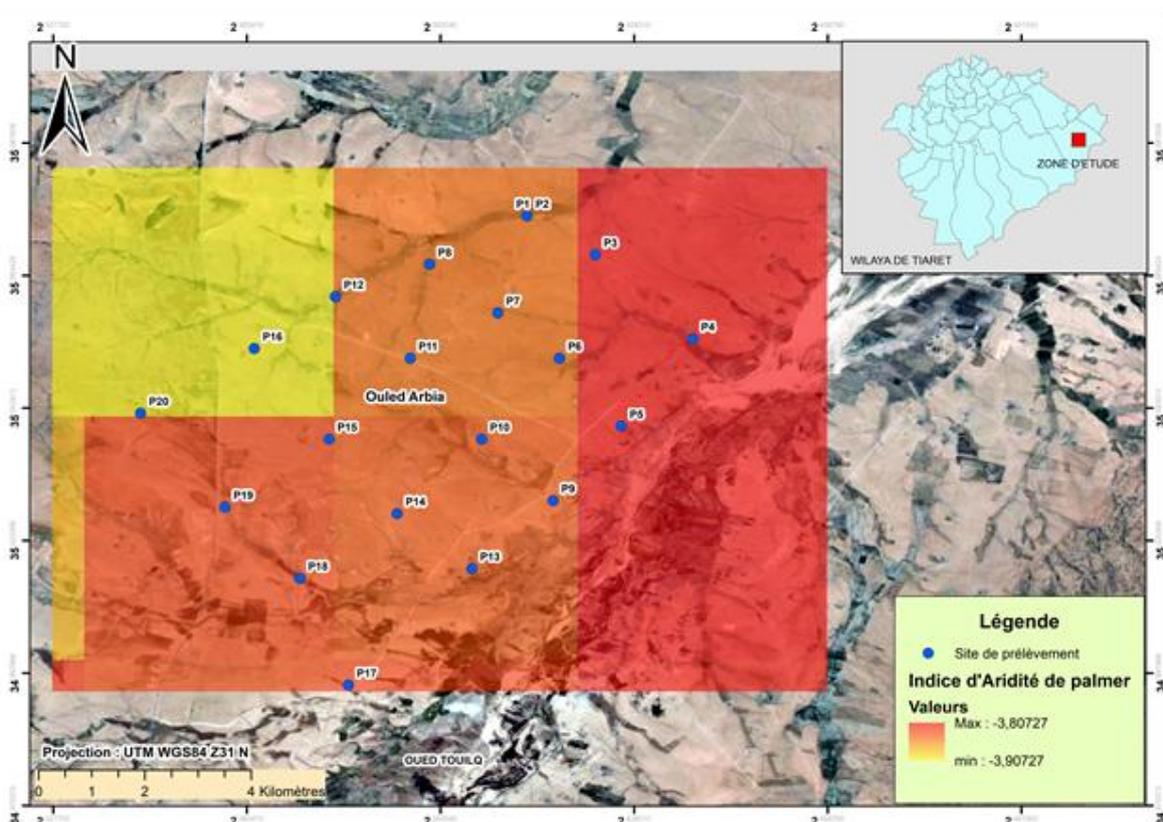


Figure 20 Indice de sévérité de sécheresse de PALMER de la région d'étude.

En climatologie, l'indice de palmer est un indicateur de sécheresse, il permet d'apprécier un phénomène implique dans les différents processus de dégradation des sols. Dans ce sens, l'indice de PALMER aboutit à deux situations : région sèche, région humide.

Les valeurs de l'indice de PALMER pour les régions secs varient de -5 (sécheresse extrême) à -2 (sécheresse moyenne à faible). Pour le cas de notre région d'étude, les valeurs de l'indice varient de -3.90 à -3.80 correspondant à la classe de sécheresse sévère. Sur une période de 10ans, il apparait clairement que la zone d'étude est une région à très faible apport de pluviométries et qui se caractérise par des pluviométries de types orageux, celles-ci sont le plus souvent le facteur causal d'un fractionnement des particules de sol et de ce fait une situation érosive extrême. Bien que la région d'étude soit bordée dans sa partie Sud par un cours d'eau, il n'en demeure pas moins que le bilan hydrique soit déficitaire. Ce qui est pour amplifier la sensibilité à la dégradation mais aussi indiquer un degré de sensibilité élevée.

### III.1.6 Lithologie et type de sol

La figure n°26, est un extrait de la carte de lithologie présentée précédemment lors du chapitre de description de la zone d'étude, à travers une lecture de la carte, on peut identifier trois classes distinctes

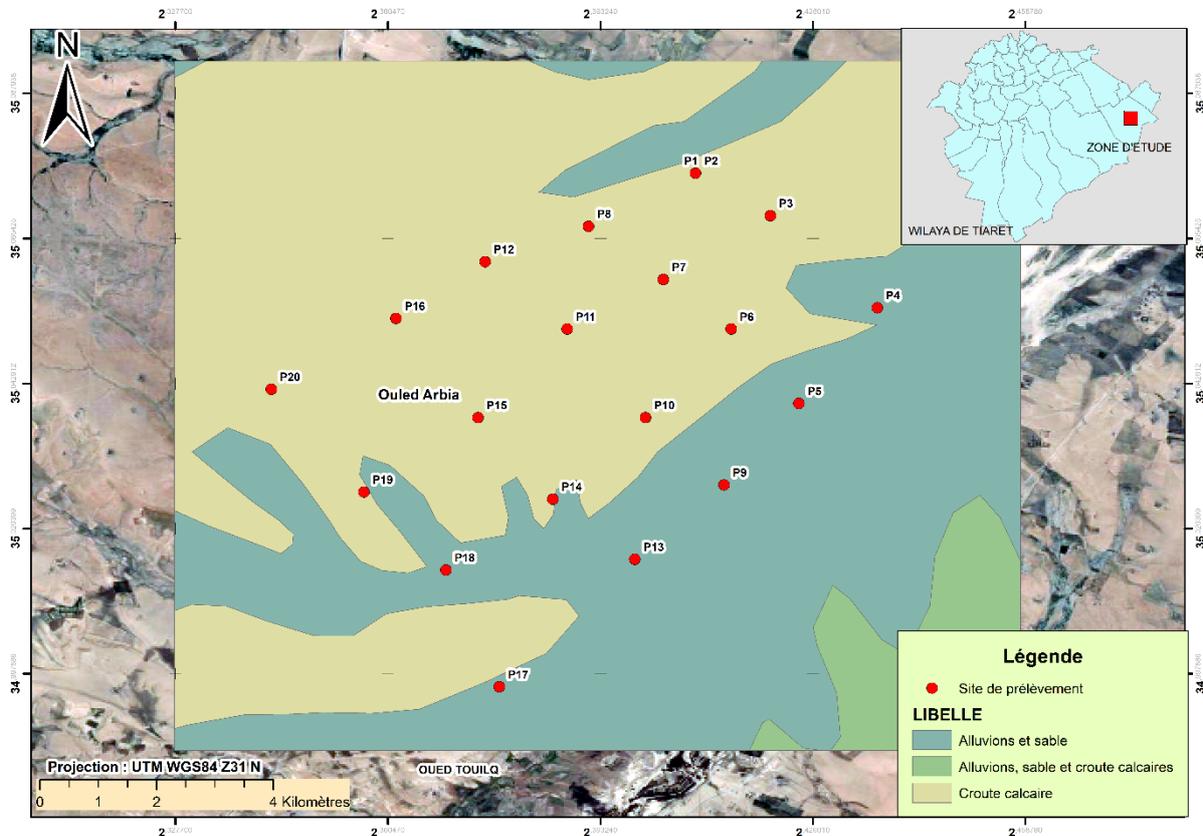


Figure 21 Carte de lithologie de la zone d'étude.

D'après la figure n°26, il apparaît que la classe dominante soit celle des sols calcaires occupant la partie Nord et centre de la zone d'étude, nous constatons la présence d'alluvions sableux sur calcaire, ce qui dénote d'une action érosive par effet du vent et de l'eau notamment sur le lit d'Oued dans la partie Sud et dans les ravines formées à l'intérieur de la zone d'étude. Il est à noter aussi que la partie centrale du lit d'oued est formée d'alluvions sableux résultat du déplacement des charges sédimentaires par effet du courant d'eau notamment en saison de crue. Pour les besoins de la cartographie finale, nous avons attribués à chaque classe de sol, une valeur allant de 01 à 03 suivant leurs vulnérabilités à la dégradation :

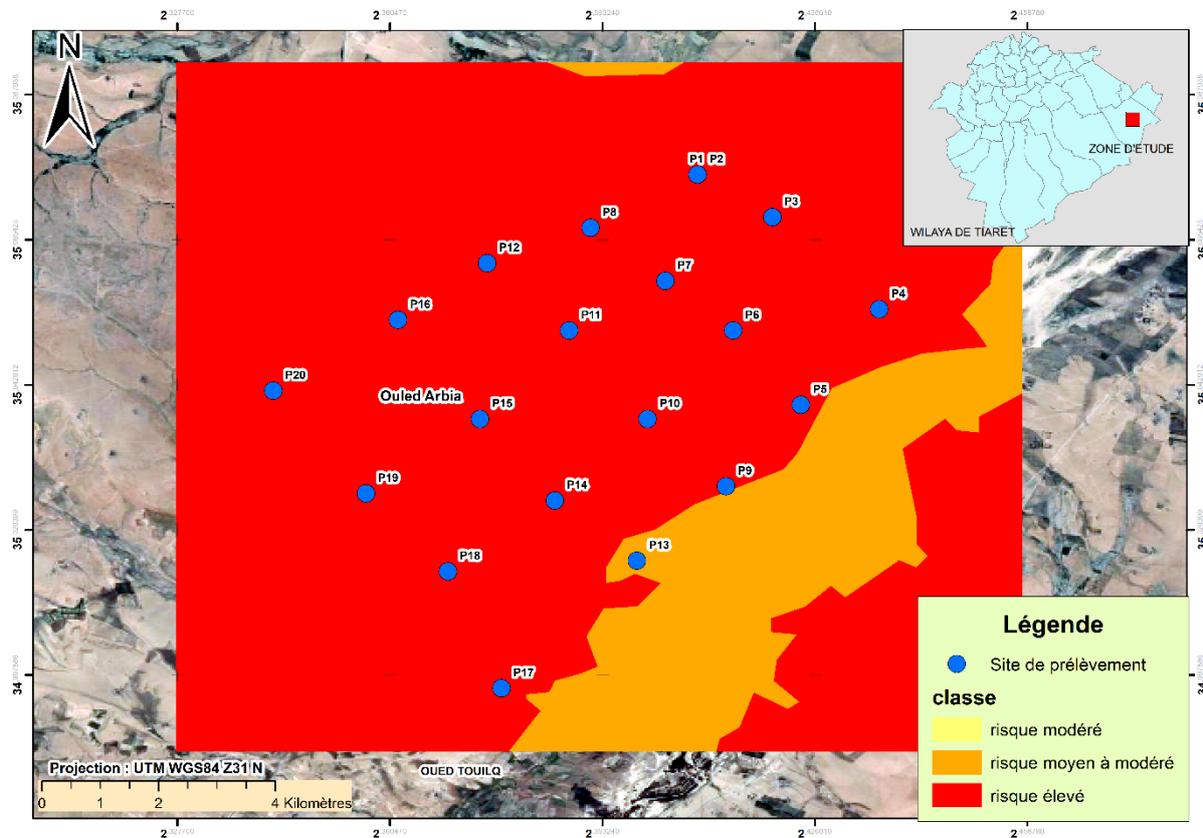
- > Alluvions (code A01)
- > Alluvions, sable et croute calcaire (code 02)
- > Croute calcaire (code 03)

Cette classification répond à un besoin pratique d'uniformiser les données en entre pour la cartographie de la sensibilité à la dégradation dans la mesure où les indices calculés précédemment sont des rasters avec des valeurs numériques, il est essentiel de ce fait d'utiliser la carte de lithologie en tant qu'un raster avec des valeurs numériques. Pour ce qui est de l'attribution des valeurs, elle s'est faite de manière hiérarchique allant du plus sensible à la dégradation vers le moins sensible.

### III.1.7 Cartographie de la sensibilité à la dégradation des sols de la région d'étude

La cartographie de la sensibilité à la dégradation des sols de la région d'étude a été réalisée sur la plate-forme google earth engine à travers la combinaison des différents indices calculés, par la méthode AHP qui consiste à reclassifier chaque indice en classes modérée et identifier le degré de pondération de chaque indice à part. En temps normal cette méthodologie nous aurait pris beaucoup de temps pour la mise en œuvre de la carte en sortie, cependant sous la plate-forme google earth engine, il est plus facile de travailler d'autant plus que l'algorithme de la méthode d'analyse est disponible sur l'API de la plate-forme et de ce fait ne nécessite aucune action de croisement de couches.

La figure n°27 représente la carte de sensibilité à la dégradation obtenue pour la zone d'étude.



**Figure 22** Carte de sensibilité à la dégradation de sols de la région d'étude.

La carte de sensibilité à la dégradation des sols obtenus pour la région d'étude fait ressortir trois classes de risque : risque modère, risque moyen a modérée et risque élevé. Nous constatons qu'au niveau de la zone d'étude, deux classes sont identifiables seulement, la classe de risque moyen a modère et classe de risque élevé.

La zone d'étude démontre une forte sensibilité à la dégradation dans les parties Nord notamment 72% de la zone d'étude connaît un risque élevé de dégradation, la classe de risque moyen a modère est localisée sur le lit d'Oued dans la partie Sud de la zone d'étude.

Les résultats obtenus suite a la cartographie de la sensibilité a la dégradation corroborent avec la configuration de la région d'étude, les parcours steppiques en Algérie sont sujet a différentes formes de dégradations (Ensablement, érosion, désertification). Les indicateurs utilisés comme données en entre sont des variables qui traitent différents aspects de la sensibilité, avec notamment l'aptitude à être éroder par action du vent (absence de couvert végétal), par l'action de l'eau mais aussi du fait notamment de la composition même du sol (salinité, type de sol).

Les résultats obtenus s'orientent vers des conclusions similaires dans différents travaux réalisés partout en Algérie, notamment ceux en rapport avec la dégradation des parcours steppiques, en effet plusieurs auteurs s'accordent à dire que les parcours steppiques en Algérie sont très vulnérables à la dégradation (Aidou,1994 ; Boukhobza,1996 ; El Zerey ,2006 ; Benmessaoud,2006). Cette vulnérabilité est le plus souvent la conséquence de l'interactions de plusieurs facteurs : le climat notamment ou les fortes périodes de sécheresse facilitent la fragmentation des particules de sols et par conséquent facilitent leurs transports. Le couvert végétal est aussi un facteur déterminant, la végétation steppique contribue au maintien du sol en place mais aussi à sa fertilité et au maintien de l'humidité des sols ( Bouacha,2019), une faible couverture végétale voir totalement absente favorise le fractionnement physique du sol par effet de forte température et période de chaleur, ce qui accentue sa dégradation.

Par ailleurs, l'action de l'homme peut aussi accélérer la dégradation des terres en milieu semi-aride, avec entre autres l'utilisation des terres fragilisées pour l'agriculture, ce qui a pour conséquence de favoriser la salinisation des sols.

# *Conclusion*

## **Conclusion**

Les régions arides dans le monde se trouvent confrontées aujourd'hui à de graves problématiques de dégradations le plus souvent irréversibles nécessitant de meilleures approches d'identification et de connaissance des facteurs de causalité, et des possibilités de protection.

En Algérie, les régions semi-arides, en milieu steppique notamment connaissent des processus de dégradation diversifiés, les facteurs déterminants le sont tout autant et il est urgent de pouvoir traiter la problématique de manière technique, et ce en vue d'apporter des solutions d'urgence à moyen et long terme.

A travers l'étude que nous avons menés, l'accent a été mis sur les possibilités offertes par les nouvelles technologies de télédétection et systèmes d'information géographique dans l'établissement de diagnostics temporelles à différentes échelles.

Les résultats obtenus pour la région Sud de Tiaret font état d'une grande vulnérabilité à la dégradation des terres, du fait notamment de l'absence de couverture végétales suffisante à même de protéger le sol contre l'érosion, mais aussi en conséquence des grandes périodes de sécheresse que connaît la région.

Les résultats de l'étude démontrent le potentiel offert par la combinaison de différents indices générés sur différents produits spatiaux : l'indice de végétation par différence normalisée NDVI s'est avéré être un très bon indicateur quant à la couverture végétales en surface, de plus la disponibilité de données météorologiques sous forme cartographique permet de générer différents indices. L'indice de sévérité de sécheresse de PALMER nous a permis d'avoir une appréciation sur le phénomène au niveau de la région d'étude mais au-delà, d'avoir une idée sur le potentiel hydrique de la région.

La salinité, le plus souvent mentionnée comme étant un facteur résultant de l'activité anthropique, implique dans la dégradation des terres en milieu semi-aride, a été traitée à travers le calcul d'un indice spectral de salinité.

Les conclusions de cette étude aboutissent vers une nouvelle perspective : l'emploi des nouvelles technologies de cloud computing et d'intelligence artificielle est une alternative d'avenir dans l'étude et la caractérisation des problématiques environnementales, dans le cadre du développement durable des ressources naturelles en Algérie

*Références*

*Bibliographiques*

Références bibliographiques

A

\_Arabi, M., 1991. Influence de quatre systemes de production sur le ruissellement et l'erosion en milieu montagnard mediterraneen Medea Algerie. These Doctorat, universite de Grenoble, 272 p.

\_Arabi, M. & Roose, E., 1989. Influence de quatre systemes de production de moyenne montagne mediterraneenne algerienne. *Bull. Reseau Erosion*, 9: 39-51.

B

\_Baret, F. & Guyot, G., 1991. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35: 161-173

\_Bastiaanssen W.G.M., 2000. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, 229: 87-100.

\_Bastiaanssen W. G. M., M. Menenti, R. A. Feddes & A. A. M. Holtslag, 1998. Remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, 213 :198212.

\_Benchetrit, M., 1972. L'erosion actuelle et ses consequences sur l'amenagement en Algerie. Paris : PUF, 216 p.

\_Beneder (Bureau d'etude National d'Etudes pour le developpement Rural), 2008. Etude d'inventaire forestier national. Rapport sur la caracterisation des formations forestieres, wilaya de Mascara, 11p.

\_Boer, M.M. & Puigdefabregas, J., 2003. Predicting potential vegetation index values as a reference for the assessment and monitoring of dryland condition. *International Journal of Remote Sensing*, 24: 1135-1141.

\_Boer, M.M. & Puigdefabregas, J., 2005. Assessment of dryland condition using spatial anomalies of vegetation index values. *International Journal of Remote Sensing*, 26: 4045-4065.

\_Bonn, F., 1998. La spatialisation des modeles d'erosion des sols a l'aide de la teledetection et des SIG : possibilites, erreurs et limites. *Secheresse*, 9 (3) : 185-192.

\_Bou Kheir, R., Cerdan, O. & Abdallah, C., 2006. Regional soil erosion risk mapping in Lebanon. *Geomorphology*, 82 : 347-359

\_Bou Kheir, R., Girard, M.-C., Khawlie, M. & Abdallah, C., 2001. Erosion hydrique des sols dans les milieux mediterraneens : une revue bibliographique. *Etude et gestion des sols*, 8 (4) : 231-245.

\_Bouchetata, A. & Bouchetata, T., 2006. Propositions d'aménagement du sous-bassin-versant de l'oued Fergoug (Algérie) fragilisé par des épisodes de sécheresse et soumis à l'érosion hydrique. *Secheresse*, 17: 415-24.

\_Brutsaert, W., 1982. *Evaporation into the atmosphere*, D. Reidel Publishing Company, 299 p.

### C

\_Chakroun, H., 1993. Intégration d'un modèle hydrologique conçu pour la télédétection et d'un modèle de perte de sol dans un système d'information géographique. Département de géographie et télédétection, Université de Sherbrooke. Sherbrooke, 93 p.

\_Crago, R.D., 1996. Conservation and variability of the evaporative fraction during the daytime. *Journal of Hydrology*, 180 : 173-194.

### D

\_Demmak, A., 1982. Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de docteur-ingénieur, Paris VI, 323 p.

\_Desbois, N. & Vidal, A., 1995 . La télédétection dans la prévision des incendies de forêts. *Ingenieries-EAT*, 1 : 21-29.

\_Dolman, A. J., Gash, J. H. C., Goutorbe, J. P., Kerr, Y., Lebel, T., Prince, S. D. & Stricker, J. N. M., 1997. The role of the land surface in Sahelian climate: HAPEX-Sahel results and future research needs. *Journal of Hydrology*, 189: 1067-1079.

\_Duffie, J.A. & Beckman, W.A., 1991. *Solar Engineering of Thermal Processes*. Edition 2, Wiley - Interscience, New York, 944p.

\_Dahmani.W.2010, étude de la variabilité morphologique du pistachier de l'atlas (PISTACIA ATLANTICA Desf) dans les zones steppiques de la région de TIARET. Diplôme de magister en biodiversité végétale méditerranéenne de l'Algérie occidentale. Université d'Oran. P03-P08

\_Degdag.H.2018, Effet de la provenance et des prétraitements des graines sur la levée des plants du pistachier de l'Atlas (PistaciaatlanticaDesf). Mémoire de master en foresterie. Université de Tlemcen.P07

### F

\_Fid A, 1991. Fonds International de Développement Agricole, Projet pilote de développement des monts de Beni-Chougrane. Exploitation et conservation des ressources naturelles. Rapport final, 54 p.

**G**

- \_Gao, B. C., 1996. NDWI-A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 5: 257-266.
- \_Garcia, M., Oyonarte, C., Villagarcia, L., Contreras, S., Domingo, F. & Puigdefabregas, J., 2008. Monitoring land degradation risk using ASTER data: The non- evaporative fraction as an indicator of ecosystem function. *Remote Sensing of Environment*, 112 : 37203736.
- \_Ghazi, A. & Lahouati, R., 1997. Algérie 2010, sols et ressources biologiques. Alger : Institut national des études de stratégie globale (INESG), 39 p.
- \_Guyot, G., 1996. Agriculture et statistiques agricoles, in *Precis de teledetection: Tome 2, Applications thematiques*, edited by F. Bonn (Sainte Foy (Quebec)) : Presses de l'universite de Quebec), 269-316 p.

**H**

- \_Haddouche, I., Benhanifia, K. & Gacemi, M., 2011. Analyse spatiale de la regeneration forestiere post-incendie du foret de Fergoug a Mascara, Algérie. *Bois et forêts des tropiques*, 307 : 23-31.
- \_Hamimed, A., Mederbal, K. & Khaldi, A., 2001. Utilisation des donnees satellitaires TM de Landsat pour le suivi de l'état hydrique d'un couvet vegetal dans les conditions semi-arides en Algérie. *Teledetection*, 2 : 29-38.
- HEDDADJ, D., 1997. La lutte contre l'érosion en Algérie. *BullReseau Erosion*, 17 : 168-75.
- \_Hiernaux, P. & Justice, C. O., 1986. Suivi du developpement vegetal au cours de l'ete 1984 dans le Sahel malien. *Int. J. Remote Sensing*, 7: 1515-1531.
- \_Holm, A., M., Cridland, S., W. & Roderick, M., L., 2003. The use of time-integrated NOAA NDVI data and rainfall to assess landscape degradation in the arid shrubland of Western Australia. *Remote Sensing of Environment*, 85: 145-158

**K**

- \_Kustas, W. P. & Norman, J. M., 1996. Use of remote sensing for evapotranspiration monitoring over land surfaces. *Hydrological Sciences Journal - Journal des Sciences Hydrologiques*, 41 : 495D516.
- \_Kustas W.P., Perry E.M., Doraiswamy P.C. & Moran M.S. 1994. Using satellite remote sensing to extrapolate evapotranspiration estimates in time and space over a semiarid rangeland basin. *Remote sensing of environment*, 4: 275-286.

L

\_Le Houerou, H. N., 1996. Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environments*, 34: 133-185.

\_Lee, S., 2004. Soil erosion assessment and its verification using the universal soil loss equation and geographic information systems: a case study at Boun Korea. *Environmental Geology*, 45: 457-465.

\_Ludwig, J. A. & Tongway, D. J., 2000. Viewing rangelands as landscape systems. In O. Arnalds, & S. Archer (Eds.), *Rangeland Desertification*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 39-52.

M

\_Madr, 2011. Rapport du Ministère de l'Agriculture et du Développement rural. 85p.

\_Mildrexler, D. J., Zhao, M. S., Heinsch, F. A. & Running, S.W., 2007. A new satellite-based methodology for continental-scale disturbance detection. *Ecological Applications*, 17 : 235-250.

\_Monnier, G., Boiffin, J. & Papy, F., 1986. Reflexions sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées : cas des systèmes de grande culture de l'Europe de l'Ouest. *Cah ORSTOM, Ser Pedol*, 22 : 123-31.

O

\_ONS, 2006. Office National des Statistiques, bilan de 2006.

P

\_Paruelo, J. M., Sala, O. E. & Beltran, A. B., 2000. Long-term dynamics of water and carbon in semiarid ecosystems: a gradient analysis in the Patagonian steppe. *Plant Ecology*, 150: 133-143.

\_Penuelas, J., Filella, I., Biel, C., Serrano, L. & Save, R., 1993. The reflectance at the 950-970 nm region as an indicator of plant water status", *International Journal of Remote Sensing*, 14: 1887-1905.

\_Plateau, H., 1976. La défense et la restauration des sols du Maroc. *Rev. Forestière Française (Paris)*, 28 : 231-8.

\_Prospert-Laget, V., 1998. A Satellite Index of Risk of Forest Fire Occurrence in Summer in the Mediterranean Area. *The International Journal of Wildland Fire*, 8 (4) : 173-182.

\_Puech, C., 1993. Détermination des états de surface par télédétection pour caractériser les écoulements des petits bassins versants. Thèse de doctorat, Université J.Fourier, 202p.

**\_Puigdefabregas, J. & Mendizabal, T., 1998.** Perspectives on desertification: western Mediterranean. *Journal of Arid Environments*, 39: 209D224.

## R

**\_Rahman, H. & Dedieu, G., 1994.** Smac: a simplified method for the atmospheric correction of satellite measurements in the solar spectrum. *International Journal of Remote Sensing*, 15 : 123-143.

**\_Ramade, F., 1993.** Dictionnaire encyclopedique de l'ecologie et des sciences de l'environnement, Edisciences International, Paris, 822 p.

**\_Reynolds, J.F., Smith, D.M.S., Lambin, E.F., Turner, B.L., Mortimore, M., Batterbury, S.P.J., Downing, T.E., Dowlatabadi, H., Fernandez, R.J., Herrick, J.E., Huber- Sannwald, E., Jiang, H., Leemans, R., Lynam, T., Maestre, F.T., Ayarza, M. & Walker, B., 2007.** Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316: 847-851.

**\_Roerink, G.J., Su, B. & Menenti, M., 2000.** S-SEBI A simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance. *Physics and chemistry of the Earth*, 25: 147-157.

**\_Roose, E., 1977.** Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest : vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. *Travaux et Documents*, éditions ORSTOM, n° 78 : 230 p.

**\_Roose, E., Arabi, M., Brahmia, K., Chebani, R., Mazour, M. & Morsli, B., 1993.** Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification de la production agricole par la GCES : Synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion. *Cah ORSTOM Ser Pedol*, 28: 289-308.

**\_Roose, E., Chebbani, R. & Bourougaa, L., 2000.** Ravinement en Algérie : typologie, facteurs de contrôle, quantification et réhabilitation. *Secheresse*, 11: 317-32

**Roose, E., Sabir, M. & De Noni, G., 2002.** Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen. *Bull. Réseau Erosion*, 21 : 524 p.

**\_Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W. & Harlan, J. C., 1974.** Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation», NASA / GSFCT Type III Final Report, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 371p.

**\_Roy, B. & Bouyoussou, D., 1993.** Méthodes multicritères d'aide à la décision. Economica, Paris, 423 p.

## H

**\_**<https://eos.com/find-satellite/sentinel-2/>

[https://www.google.com/intl/fr\\_in/earth/education/tools/google-earth-engine/](https://www.google.com/intl/fr_in/earth/education/tools/google-earth-engine/)

**S**

\_Sari, D., 1977. L'homme et l'érosion dans l'Ouarsenis (Algerie). These doctorat. Alger: editions SNED, 621 p.

\_Shrimalil, S.S., Aggarwalz, S.P. & Samra, J.S., 2001. Prioritizing erosion-prone areas in hills using remote sensing and GIS - a case study of the Sukhna Lake catchment (Northern India). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 3: 54-60.

\_Souidi, Z., 2001. Application de la teledetection et des SIG pour l'aménagement des terres de montagne : cas des monts de Beni-Chougrane (Mascara). These magister en science forestiere, Faculte des sciences, Universite de Tlemcen, 169 p.

\_Souidi, Z. & Hamimed, A., 2010. Evapotranspiration forestiere : Estimation de l'evapotranspiration reelle d'un convert forestier a partir des donnees de teledetection. Editions Universitaires Europeennes, 208 p.

\_Souidi Z., Hamimed, A., Mederbal, K. & Frederic, D., 2009. [Mapping latent heat flux in the western forest covered regions of Algeria using remote sensing data and a spatialized model](#). *Remote Sensing*, 1: 795-817

**T**

\_Tucker, C. J., Holben, B. N., Elgin, Jr., J. H. & McMurtrey, J. E., 1981. Remote sensing of total dry-matter accumulation in winter wheat. *Remote Sensing Environ*, 11: 171-189.

**U**

\_Unccd, 1996. United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. U.N.Doc., A/AC.241/27, 71 p.

**V**

\_Vita-Finzi C., 1969. The mediterranean valleys : geological changes in historical times. Cambridge : CUP. 143 p

**W**

\_Wachal, D.J. & Hudak, P.F., 2000. Mapping landslide susceptibility in Travis Country, Texas, USA. *GeoJournal*, (51) : 245-253.

\_Wessels, K. J., Prince, S. D., Frost, P.E. & Van Zyl, D., 2004. Assessing the effects of humaninduced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI time- series. *Remote Sensing of Environment*, 91: 47D67.

[www.cupagis.com](http://www.cupagis.com) / Programme CUPAGIS bourse international avec ERUSMUS +

**Z**

**Zarco-Tejada, P. J., Rueda, C. A. & Ustin, S. L., 2003.** Water content estimation in vegetation with MODIS reflectance data and model inversion methods", *Remote Sensing of Environment*, 85: 109-1

## Résume

La sensibilité de la dégradation de sol semi-aride dans le sud de l'Algérie : est un phénomène qui touche récemment la wilaya de Tiaret précisément commune de Zmelt l'Emir Abdelkader zone Ouled Arbia notre échantillon de travail qui base sur la création de cartographique et ce à travers l'utilisation des données télédétection PDSI.

Mots clés :

NDVI, GIS, Ouled Arbia, dégradation de sol, SI, NDSI, sensibilité. Télédétection.

## Abstract

The sensitivity of the degradation of semi-arid soil in the south of Algeria: is a phenomenon that recently affects the wilaya of Tiaret, precisely the municipality of Zmelt the Emir Abdelkader Ouled Arbia area our working sample, which is based on the creation of Mapping and this through the use of remote sensing PDSI remote sensing data

Keywords: NDVI, GIS, Ouled Arbia, Land degradation, SI, NDSI, The sensitivity, Remote sensing.

## ملخص

حساسية تدهور التربة شبه القاحلة في جنوب الجزائر: ظاهرة أثرت في الأونة الأخيرة على ولاية تيارت ، وبالتحديد بلدية زملت الأمير عبد القادر أولاد العربية ، وعينة عملنا مبنية على إنشاء رسم الخرائط و هذا من خلال استخدام بيانات الاستشعار عن بعد.PDSI

الكلمات الدالة:

NDVI ،GIS ،Ouled Arbia ، تدهور التربة ، SI ،NDSI ، الحساسية. الاستشعار عن بعد.