



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة زيان عاشور - الجلفة  
Université Ziane Achour – Djelfa  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
قسم العلوم الفلاحية و البيطرية  
Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

## Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Eau et Environnement

Thème :

**Impact des changements des précipitations sur le sol  
et la pédogenèse en steppe centrale (Cas de Djelfa)**

Présenté par :

M<sup>r</sup> HOCINI Salah

M<sup>r</sup> HAOUA Sadek

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

Président :	BAKHTI Mohamed Zaid	MCA	U.Z.A. Djelfa
Promoteur :	GUESMI Boubakeur	MCA	U.Z.A. Djelfa
Examineur :	BOUGHETAIA Youcef	MCB	U.Z.A. Djelfa

Année universitaire : 2021/2022

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail aux âmes de mes  
défunts père et mère, à mes frères et  
sœurs et leurs enfants, à tous mes amis  
de l'école primaire, et de collège, à  
toutes les bonnes personnes que j'ai  
connu.*

*Salah*

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à mon père et ma  
mère, à mes frères et leurs enfants, et à  
tous mes parents et amis.*

*Sadek*

## ***Remerciements***

*Nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la volonté et la patience de terminer les années d'étude, et nous avons pu comprendre facilement ce que nous avons étudié, alors Dieu soit loué et remercié chaque jour.*

*A notre promoteur Mr BOUBAKEUR GUESMI . Docteur Classe A de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université de Djelfa , qui a dirigé nos travaux, peut-être trouvera-t-il ici l'expression de notre gratitude, de notre patience, de notre présence constante, de nos conseils et de notre aide.*

*Nous tenons également à présenter nos sincères remerciement à BAKHTI MOHAMED ZAID Maitre conférence à l'université de Djelfa qui bien voulu présider ce jury et aux BOUGHETAIA YUCEF Maitre conférence à l'université de Djelfa qui ont accepté d'examiner ce modeste travail.*

*A nos professeurs qui ont assuré notre formation durant toutes ces années académiques à l'Université de Djelfa. A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail sur le terrain; Agriculteurs, transporteurs et agents de vulgarisation.*

## الملخص :

تعد ظاهرة التغيرات في التساقط من بين المشاكل البيئية الخطيرة التي تعاني منها دول العالم . و نظرا لما تلحقه من خسائر اقتصادية واجتماعية وذلك من خلال فقدان مساحات واسعة من الأراضي ، فهذا التغير في التساقط ساعد على انتشار ظاهرة التعرية وتآكل الطبقة السطحية من التربة ; و على إثر ذلك جاء موضوع بحثنا تحت عنوان " تأثير التغيرات في التساقط على التربة وتكوينها في السهوب الوسطى (حالة الجلفة) " . هذه الأخيرة الواقعة ضمن النطاق المناخي الشبه الجاف بين السلسلتين الجبليتين الأطلس التلي و الأطلس الصحراوي ، و قد تم التطرق إلى حيثيات الموضوع و معالجته و معرفة الأسباب و النتائج التي تسببها تغيرات التساقط على التربة و تكونها ، اعتمادا على ذلك قمنا بتحليل و تفسير الظاهرة من خلال :

دراسة خصائص السطح من خلال دراسة بيانات المناخ الخاص بالمنطقة للفترة الزمنية من 1975- 2021 ، و إظهار الاختلافات بخصوص الارتفاعات التي حدثت في درجات الحرارة و أيضا إظهار الاختلافات في التغيرات و التذبذبات التي حدثت لكميات التساقط السنوية .

دراسة كميات الجفاف التي تعرضت لها المنطقة خلال الفترة الزمنية من 1975 – 2021 .

دراسة مدى تعرض التربة للتآكل كل سنة خلال الفترة الزمنية من 1975 – 2021 .

دراسة التسلسل الزمني لتحول المظهر العام للمنطقة من خلال خرائط قوئل إيرث و معرفة أولية بكمية المادة العضوية الضائعة بالتمعدن تحت تأثير التغيرات المناخية خلال الفترة الزمنية من 1984 – 2021 .

و للمحافظة على تربة هذه المنطقة أصبح من الضروري اتخاذ الإجراءات و التدابير اللازمة للحد أو التقليل من تآكل التربة و تدهورها ، و لهذا فقط تم اقتراح بعض الحلول لحماية تربة المنطقة من مخاطر تغيرات التساقط و ذلك لأجل تحقيق تنمية مستدامة تضمن الحياة للأجيال المستقبلية .

## Résumé :

Le phénomène de changements des précipitations fait partie des graves problèmes environnementaux dont souffrent les pays du monde. Compte tenu des pertes économiques et sociales qu'elle inflige par la perte de grandes superficies de terres, ces changements des précipitations ont contribué à propager le phénomène d'érosion de la couche superficielle du sol. En conséquence, le sujet de notre recherche s'intitulait « Impact des changements des précipitations sur le sol et la pédogenèse en steppe centrale (Cas de Djelfa). Cette dernière est située dans la gamme climatique semi-aride entre les deux chaînes de montagnes, l'Atlas tellien et l'Atlas saharien, et les mérites du sujet ont été abordés et traités, et les causes et les résultats causés par les changements de précipitations sur le sol et sa pédogenèse, sur la base de quoi nous avons analysé et interprété le phénomène à travers :

L'étude des caractéristiques de surface en analysant les données climatiques de la région pour la période de 1975 à 2021, et montrant les différences concernant les hausses survenues dans les températures, ainsi que les différences dans les changements et les fluctuations qui se sont produits dans les précipitations annuelles.

Une étude des épisodes de sécheresse auxquelles la région a été exposée au cours de la période de 1975 à 2021.

L'étude l'ampleur de l'exposition des sols à l'érosion chaque année pendant la période de 1975 à 2021.

L'étude de l'évolution chronologique de la vue générale de la région à travers des séries chronologique des cartes Google Earth et une connaissance préliminaire à propos de la quantité de matière organique perdue par la minéralisation sous l'effet des changements climatique au cours de la période de 1984 à 2021.

Afin de préserver le sol de cette région, il est devenu nécessaire de prendre les mesures nécessaires pour réduire l'érosion et la dégradation des sols, et pour cela seules quelques solutions ont été proposées pour protéger le sol de la région des dangers de perturbations des régimes des précipitations afin de parvenir à un développement durable qui garantit la vie des générations futures.

**Abstract:**

The phenomenon of rainfall changes is one of the serious environmental problems that the countries of the world are suffering from. Given the economic and social losses it inflicts through the loss of large areas of land. This change in rainfall has contributed in propagating the phenomenon of erosion of the surface layer of the soil. Consequently, the subject of our research was entitled "Impact of changes in precipitation on the soil and pedogenesis in the central steppe (case of Djelfa)". The latter is located in the semi-arid climatic range between the two mountain chains, the Tell Atlas chain and the Saharan Atlas chain. The merits of the subject have been discussed and treated, and the causes and results caused by the changes of precipitation on the ground and its pedogenesis, on the basis of which we have analyzed and interpreted the phenomenon through:

The study of the surface characteristics by studying the climatic data of the region for the period from 1975 to 2021, and showing differences concerning the heights that have occurred in the temperatures, as well as by showing the fluctuations that have occurred in the annual precipitation amounts.

A study of the amounts of drought to which the region was exposed during the period from 1975 to 2021.

Investigation of the extent of soil exposure to erosion each year during the period from 1975 to 2021.

Study the chronological evolution of the region through Google Earth maps and a preliminary knowledge of the amount of organic matter lost by mineralization under the effect of climate changes during the period from 1984 to 2021.

In order to preserve the soil of this region, it has become necessary to take the necessary measures to reduce soil erosion and degradation, and for this purpose only a few solutions have been proposed to protect the soil of the region from the dangers of changes in precipitation in order to achieve sustainable development that guarantees the life of future generations.

## *Sommaire*

### Liste des abréviations

### Liste des figures

### Liste des tableaux

<b>Introduction</b>	01
<b>Chapitre I : Relation entre climat, sol et pédogenèse</b>	
I. 1. Notions du sol.....	03
I.2. Profil du sol.....	03
I.3. Horizon pédologique.....	03
I.4. Pédogenèse des sols.....	04
I.4.1 Processus de la pédogenèse des sols.....	04
I.4.2 Facteurs de la pédogenèse des sols.....	05
I.5. Les précipitations et leurs effets sur la pédogenèse des sols.....	06
I.5.1 Les précipitations.....	06
I.5.2 Offensive des pluies.....	07
I.5.3 Intensité des précipitations.....	07
I.5.3.1 L'effet de l'intensité des précipitations sur le sol.....	07
I.5.3.2 L'effet de l'intensité des précipitations sur l'érosion hydrique.....	08
I.5.4 Erosion hydrique.....	08
I.5.4.1 Processus de l'érosion hydrique.....	09
I.5.4.2 Formes de l'érosion hydrique.....	10
I.5.4.3 Facteurs affectant l'érosion hydrique.....	11
I.6. Les changements climatiques et leurs impacts sur le sols.....	11
I.6.1 Climat.....	11
I.6.2 Les facteurs climatiques affectant les propriétés du sol.....	11
I.6.3 Le changement climatique.....	12
I.6.4 Impacts des changements climatiques sur la formation du sol.....	13
I.6.4.1 Impacts sur les propriétés physiques du sol.....	13
I.6.4.2 Impacts sur les propriétés chimiques du sol.....	14
I.6.4.3 Impacts sur les propriétés biologiques du sol.....	15

## Chapitre II : Matériels et méthodes

<b>Partie I : Zone d'étude.....</b>	17
II.1 Présentation la wilaya de Djelfa.....	17
II.2 La steppe Algérienne.....	18
II.3 La steppe centrale (cas de Djelfa).....	18
II.4 Caractéristiques géographiques de Djelfa.....	19
II.5 Caractéristiques pédologiques de Djelfa.....	19
II.6 Caractéristiques climatiques de Djelfa.....	19
II.6.1 Les précipitations.....	20
II.6.1.1 Les précipitations moyennes mensuelles.....	20
II.6.1.2 Précipitations annuelles.....	21
II.6.1.3 Températures.....	22
II.6.1.4 Humidité relative.....	23
II.6.1.5 La Gelée.....	24
II.6.1.6 Les vents.....	24
II.6.1.7 L'évaporation.....	25
II.7 Synthèse climatiques.....	25
II.7.1 Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls.....	25
II.7.2 Diagramme pluviométrique d'EMBERGER.....	26
II.8 Végétation de la zone d'étude pendant le période (1975-2021).....	28
II.9 Faune de la zone d'étude pendant le période (1975-2021).....	28
<b>Partie II : Méthodologie et méthodes de l'étude pratique .....</b>	28
II.10 Les étapes méthodologiques.....	28
II.10.1 l'enquête avec des habitants de la zone d'étude .....	28
II.10.2 l'indice d'aridité de chaque année de la zoné d'étude.....	29
II.10.3 Valeurs d'érosivité de chaque année .....	29
II.10.4 étude de l'évolution du sol de la zone par les séries des cartes Google Earth.....	30
<b>Chapitre III : Résultats et discussion</b>	
III.1 Les résultats de l'enquête.....	36
III.2 Calcule de l'indice d'aridité de chaque année de la zoné d'étude.....	37
III.3 Calcule la valeur annuelle d'érosivité chaque année de la zone d'étude.....	40
III.4 Résultats d'étude de l'évolution du sol par les cartes Google Earth.....	41
III.5 Discussion générale sur les opérations expérimentales qui ont été menées sur la	

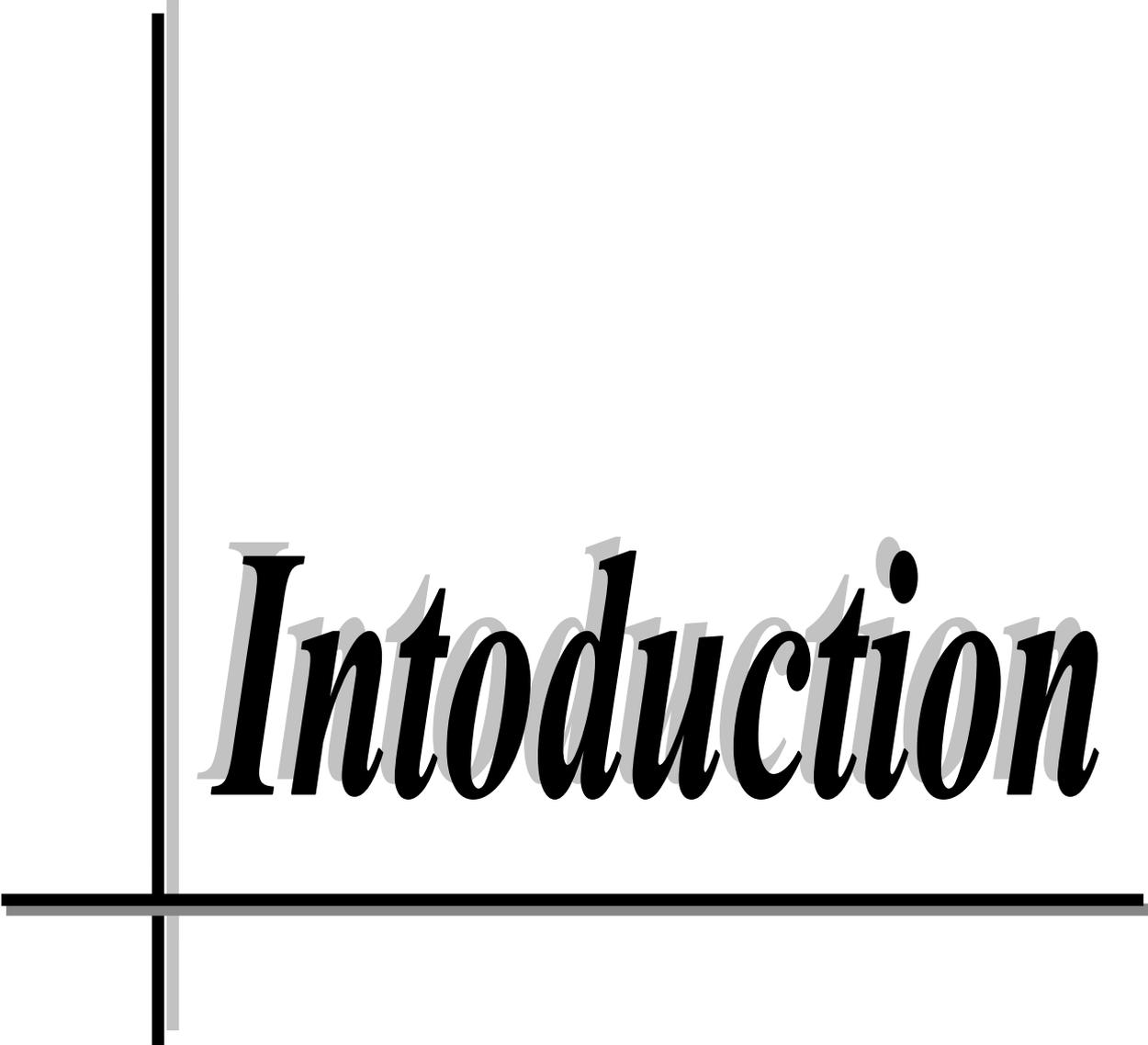
zone d'étude.....	42
<b>Conclusion.....</b>	<b>45</b>
<b>Références bibliographiques</b>	

## Liste d'abréviations

mm	millimètre
h	heur
FAO	Food and Agriculture Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
pH	Potentiel hydrogène
N	Azote (Nitrogen)
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
C	Carbone
Km	Kilomètre
m	mètre
P	Précipitation
M(°C)	Température maximale
m(°C)	Température minimale
ETP	Evapotranspiration potentielle
T	Temperature
Q <sub>2</sub>	Quotient pluviométrique d'EMBERGER
I	Indice d'aridité
R	Indiced'érosivité

<b>Figure 1</b> : Les différents horizons d'un profil de sol.....	04
<b>Figure 2</b> : Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies.....	08
<b>Figure 3</b> : Effet des gouttes de pluies.....	09
<b>Figure 4</b> : Transport particules du sol par ruissellement.....	10
<b>Figure 5</b> : Limites géographiques de la wilaya de Djelfa.....	17
<b>Figure 6</b> : Délimitation des steppes algériennes.....	18
<b>Figure 7</b> : Précipitations moyennes mensuelles.....	21
<b>Figure 8</b> : Variations des précipitations annuelles.....	22
<b>Figure 9</b> : Courbes de variation des températures maximales et minimales mensuelles (1975-2021) de la zone d'étude.....	23
<b>Figure 10</b> : Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pendant la période (1975-2021) de la zone d'étude.....	26
<b>Figure 11</b> : Le diagramme d'EMBERGER de la zone d'étude.....	27
<b>Figure 12</b> : Modèle de formulaire de questionnaire pour la zone d'étude.....	29
<b>Figure 13</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 1984.....	31
<b>Figure 14</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 1989.....	31
<b>Figure 15</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 2000.....	32
<b>Figure 16</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 2005.....	33
<b>Figure 17</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 2010.....	33
<b>Figure 18</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 4/2012.....	34
<b>Figure 19</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 7/2013.....	35
<b>Figure 20</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 3/2015.....	35
<b>Figure 21</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 11/2018.....	36
<b>Figure 22</b> : Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 12/2021.....	37
<b>Figure 23</b> : Représentation des résultats de l'enquête dans des cercles relatifs.....	39
<b>Figure 24</b> : Représentation des résultats de l'indice d'aridité par courbe graphique .....	42
<b>Figure 25</b> : Représentation les résultats des valeurs annuelle d'érosivité de la zone d'étude pendant la période 1975-2021.....	44

<b>Tableau 1</b> : Précipitations moyennes mensuelles (mm) corrigées pour la zone d'étude pendant la période (1975-2021).....	20
<b>Tableau 2</b> : Les valeurs concernant les précipitations annuelles, pendant la période(1975-2021 ).....	21
<b>Tableau 3</b> : Moyenne des températures maximales et minimales corrigées en (°C) pendant la période (1975-2021).....	23
<b>Tableau 4</b> : Humidité moyennes mensuelles en (%) pendant la période (1975-2021 )....	24
<b>Tableau 5</b> :Nombre de jour de gelépendant la période (1975-2021 ).....	24
<b>Tableau 6</b> :La vitesse de vent pendant la période (1975-2021).....	25
<b>Tableau 7</b> : Evaporations moyennes mensuelles pendant la période (1975-2021).....	25
<b>Tableau 8</b> : Précipitations moyennes mensuelles et températures moyennes mensuelles (°C) corrigées pour la zone d'étude pendant la période (1975-2021).....	25
<b>Tableau 9</b> : Résultats d'enquête de la zone d'étude.....	38
<b>Tableau 10</b> : L'indice d'aridité de chaque année de la zoné d'étude pendant le période 1975-2021.....	40
<b>Tableau 11</b> : Les valeurs annuelle d'érosivité chaque année de la zone pendant le période 1975-2021.....	43

A decorative graphic consisting of a vertical line and a horizontal line that intersect at the origin, forming an L-shape. The lines are black and have a slight shadow effect.

# *Introduction*

**Introduction :**

Le changement climatique est l'un des problèmes mondiaux survenus récemment, et qui a entraîné une modification des équilibres et des systèmes mondiaux dans tous les domaines, en particulier les changements survenus au niveau du milieu naturel, de la formation des sols et de la fertilité des sols... etc. Le changement de la pluviométrie et sa fluctuation ont entraîné la sécheresse, l'érosion du sol, qui était un sol de surface rempli de pierres et exempt de couverture végétale, et impropre à l'agriculture, et à la suite de ces changements qui se sont produits au niveau du sol de surface ont conduit à l'extinction de certaines plantes et animaux qui existaient auparavant .

La pluviométrie est un élément fondamental du climat. Son importance est telle que les différentes classifications du climat reposent essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des précipitations, en combinaison avec les moyennes et/ou les extrêmes de température (Lakhal, 2018 ).

Les régions semi-arides d'Algérie souffrent toujours de la détérioration continue des changements climatiques globaux, et la région de la steppe centrale à Djelfa fait partie des régions qui ont subi cette dégradation et le déséquilibre entre les ressources naturelles et humaines en raison des aléas climatiques et conditions naturelles et la mauvaise intervention de l'homme qui a été la cause de certains changements survenus dans l'écosystème steppique. De tels changements ont entraîné la désertification et le manque de pâturages dans la région et la disparition du couvert végétal dans certaines zones et d'autres changements qui ont conduit à la dégradation de la steppe centrale. Par conséquent, ces changements doivent être traités de manière rationnelle sur la base de fondements scientifiques solides.

Les steppes algériennes représentent environ 8,4% de la superficie totale de l'Algérie, et c'est au milieu de l'Atlas au nord, où les précipitations annuelles moyennes atteignent 400 mm, et l'Atlas saharien au sud, où les précipitations annuelles ne dépassent pas 100 mm (Hadjadj et Hedaid ., 2018).

Le climat de cette région steppique a subi, durant cette période, un réchauffement climatique de 1.64 °C pour les températures moyennes et minimales et de 1.16 °C pour les températures maximales. (Guesmi et al., 2014) .

En effet, le sujet de notre recherche est limité à la région de la steppe centrale en Algérie, précisément à la wilaya de Djelfa, qui se caractérise par une importante dégradation

des ressources naturelles, notamment pastorales, due à plusieurs facteurs fondamentaux, notamment naturels, tels que la succession de longues périodes de sécheresse ces derniers temps, et les changements de précipitations qui ont affecté la nature du sol, qui se caractérise par sa fragilité et qui a également affecté la formation du sol et l'émergence de nouvelles couches.

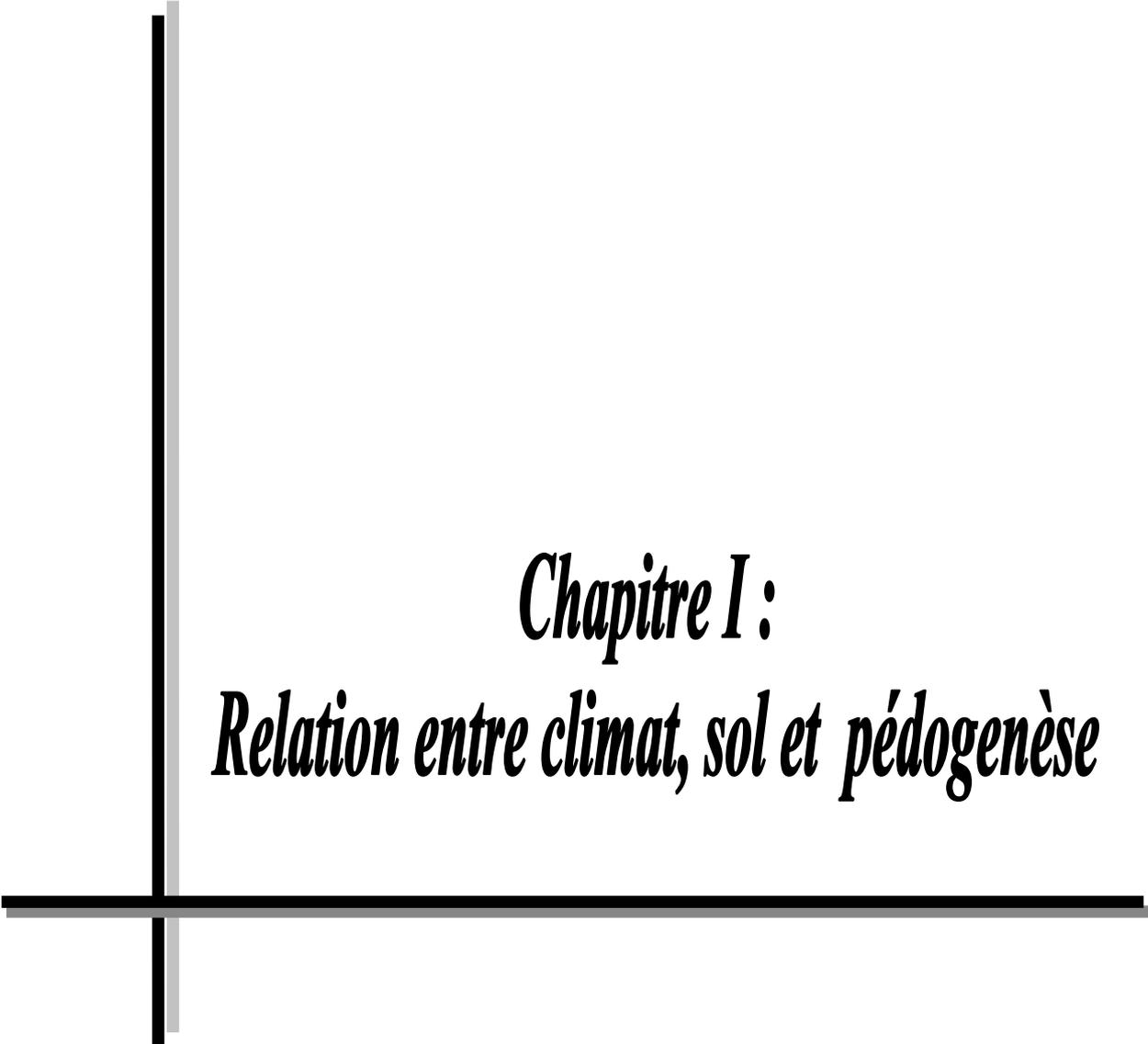
Sur la base de ce qui précède, la problématique peut être posée comme suit : Quels sont les facteurs contrôlant la formation des sols dans la région steppique centrale ? Quel est l'effet des changements et des fluctuations des précipitations sur la formation du sol ? Et quelles sont les solutions possibles pour limiter ou réduire le phénomène de faible formation des sols dans la région ?

La méthodologie utilisée pour traiter ce problème posé dans la zone d'étude consiste en : une introduction, trois chapitres et une conclusion, que nous mentionnons comme suit :

Un premier chapitre consacré à l'étude de la relation entre le climat, le sol et la pédogenèse du sol, un chapitre dans laquelle les facteurs et les processus de pédogenèse du sol ont été mentionnés, et l'effet de l'intensité des précipitations sur le sol et sa cause d'érosion hydrique, ainsi que les changements climatiques et leur impact sur la pédogenèse du sol.

Le deuxième chapitre a été divisé en deux parties, la première partie était la définition de la zone d'étude et sa caractérisation géographique, et aussi les données climatiques pour la zone de 1975 à 2021 ont été analysées. Quant à la deuxième partie, l'étude expérimentale a été décrite, de sorte que quatre méthodes ont été suivies dans l'étude, à savoir une enquête avec les habitants de la zone, calcul de l'indice d'aridité, calcul des valeurs d'érosivité et l'évaluation de l'évolution chronologique à travers une série de cartes et photo Google Earth de la zone d'étude.

En un troisième chapitre, les résultats obtenus grâce aux méthodes expérimentales utilisées sont décrits et discutés. Ensuite, une analyse et une discussion générale ont été faites qui incluent toutes les méthodes utilisées.



***Chapitre I :***  
***Relation entre climat, sol et pédogenèse***

**I. 1. Notions du sol :**

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes continentaux. Leur ensemble, dénommé pédosphère, résulte de l'interaction de deux compartiments biosphériques, l'atmosphère et les deux couches superficielles de la lithosphère. C'est l'altération des roches mères, due à des forces chimiques et biologiques, qui donne naissance au régolite (manteau superficiel de débris), lui-même transformé en ce que l'on appelle sol. Les cinq principaux facteurs impliqués dans la formation du sol sont la roche mère, le climat, la topographie, l'activité biologique et le temps (Noumeur ,2009).

Le sol fait partie de la biosphère, dynamique et vivant, c'est le résultat d'une évolution lente au cours de laquelle le climat, le relief et les organismes ont participé à le façonner en altérant la roche mère et en la faisant interagir avec la matière vivante (Boukarabila ,2017) .

**I.2. Profil du sol :**

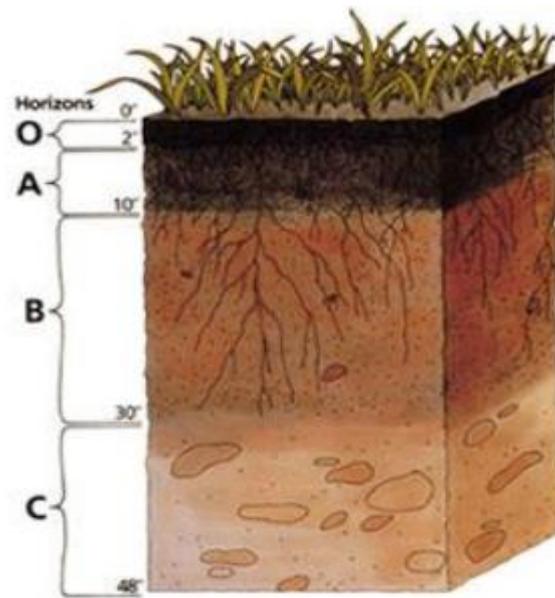
La formation et l'évolution du sol sous l'influence des facteurs du milieu conduisent à la différenciation de strates successives de texture et / ou de structure et / ou de couleurs différentes. Ces couches sont appelées horizons. L'ensemble des horizons qui se succèdent sur une même tranche de sol s'appelle profil (Maignien ,1957).

Les descriptions des profils de sol sont des données de base dans toutes les études pédologiques. Ils fournissent une grande partie des informations nécessaires à la corrélation et à la classification des sols d'une zone. Ils sont essentiel pour interpréter les sols et pour coordonner les interprétations au-delà des frontières étatiques et régionales (William ,1992).

**I.3. Horizon pédologique :**

Les horizons pédologiques sont le produit issu des processus de fragmentation et d'altération qui ont obtenu le matériau d'origine et sur celui-ci, il acquiert la plupart de ses propriétés naturelles et chimiques. Si le matériau d'origine est riche en oxydes de fer, par exemple, on note que les horizons pédologiques écriront une couleur rougeâtre et ainsi de suite(Rhouma et Nour.,2015).

Les horizons (Fig 1) successifs sont d'autant mieux différenciés que le profil est plus évolué. Les sols faiblement évolués sont caractérisés seulement par une couche enrichie en humus (horizon A), reposant sur la roche-mère (horizon C) (Maignien ,1957).



**Figure 1** : Les différents horizons d'un profil de sol. (Boukarabila ,2017)

#### **I.4. Pédogenèse des sols :**

La pédogenèse correspond à la formation puis à l'évolution d'un sol au cours du temps, à partir d'un matériau parental ou, parfois, de plusieurs matériaux parentaux superposés (BAIZE,2020).

Les trois processus fondamentaux de la pédogenèse des sols naturels sont l'altération des roches , l'incorporation de matières organiques et les mouvements de matière intervenant à l'état soluble, pseudosoluble ou à l'état de suspensions (Géoffroy , 2007).

##### **I.4.1 Processus de la pédogenèse des sols :**

Ce sont des processus chimiques, naturels ou biologiques qui se produisent dans le sol et affectent les roches et les minéraux et les transforment en un sol rempli de manifestations de la vie. Il comprend les processus suivants (Elhamidi , 2007 ):

- a. **Eluviation** : C'est le mouvement des matériaux du sol sous forme de solutions ou de suspensions dans le profil du sol et il se produit dans les zones où le taux de pluie et d'évaporation augmente.

- b. **Sédimentation et accumulation** : c'est le dépôt de matériaux du sol en mouvement sous forme de solutions ou de suspensions dans le secteur du sol et la formation d'un horizon argileux.
- c. **Calcification**: C'est le processus de dépôt et d'accumulation de carbonate de calcium, et il abonde dans les sols des zones sèches et semi-arides.
- d. **Couleurs de réduction(en anglais ‘Gleying’)** : En raison de l'inconduite et de la diminution concomitante du pourcentage d'oxygène dissous dans les eaux souterraines, le fer et le manganèse dans le sol deviennent dans un état réduit.
- e. **Collecte de l'argile** :C'est le processus de migration mécanique de petits grains minéraux de l'horizon A vers l'horizon B dans le profil du sol et la formation d'un horizon B relativement riche en argile.

Et il comprend d'autre processus :

a. **Processus de lessivage** :

Le lessivage, également appelé argilluviation, consiste en un transfert vertical substantiel de particules fines dont la taille varie de moins de 2  $\mu\text{m}$  à 10  $\mu\text{m}$  d'un horizon superficiel, appelé horizon éluvié ou horizon E, vers un autre horizon, appelé horizon illuvié ou B- horizon. Le lessivage a été décrit comme un processus pédogénétique majeur ou secondaire pour de nombreux types de sols et sous de nombreux types de climat(Quenard,2011).

b. **Salinisation**:

Dans les zones avec trop d'illuviation et de précipitations limitées (comme les déserts), les sels des matériaux d'origine sont amenés à la surface. Les plantes des climats arides ont des taux très élevés de transpiration potentielle (demande en eau). Les sols dominants affectés par la salinisation sont les aridisols. Les plantes qui s'adaptent à de telles conditions ont de longues racines pivotantes capables d'acquérir l'eau du stockage souterrain(Zeraat et Bernjian ,.2013)

**I.4.2 Facteurs de la pédogenèse des sols** :

Des études menées sur de nombreux types de terres dans différentes régions du monde ont montré que la nature et l'évolution des sols dépendent en grande partie des facteurs principaux, ce sont :

- a. **Temps** : La formation du sol prend plusieurs centaines à des milliers d'années pour subir des changements significatifs. Les sols peuvent mettre plusieurs années à se former. Les sols plus jeunes ont certaines caractéristiques de leur matériau d'origine, mais à mesure qu'ils vieillissent, l'ajout de matière organique, l'exposition à l'humidité et d'autres facteurs environnementaux peuvent modifier ses caractéristiques. Avec le temps, ils s'installent et sont enfouis plus profondément sous la surface, prenant du temps à se transformer (Balasubramanian ,2017).
- b. **Topographie** : Impacte directement le drainage de l'eau. Les sols résiduels qui se forment dans les hautes terres ont tendance à subir une bonne activité de drainage. Le sol de colluvion qui se forme le long d'une pente raide subit un drainage excessif. Enfin, le sol d'alluvions le long de la plaine inondable est très mal drainé. Les matériaux du sol sont progressivement déplacés avec le paysage naturel par l'action de l'eau, de la gravité et du vent. Les sols formés sur la pente raide sont moins profonds, par contre les sols formés sur des plans plats sont profonds avec un horizon profond (Tripathy et Raha ,. 2019).

Elkhatib (2006) a également mentionné trois autres facteurs, et ce sont :

- a. **Climat** : Le climat est l'un des facteurs les plus importants affectant l'origine du matériau, car c'est le climat qui détermine la nature de l'altération qui se produit.
- b. **Organismes vivants** : Les micro-organismes du sol jouent un rôle très important dans le degré de développement et la différence du profil du sol. La collecte et le mélange de la matière organique avec les composants du profil entraînent la stabilité de la structure du sol.
- c. **La nature du matériau parent** : Le matériau d'origine affecte les propriétés du sol formé à différents degrés et pendant les premiers stades de développement du sol, où les processus naturels d'altération du matériau d'origine prédominent, le désintégrant et l'accumulant tout en conservant la plupart des propriétés de la roche d'origine.

## **I.5. Les précipitations et leurs effets sur la pédogenèse des sols :**

### **I.5.1 Les précipitations :**

Représentent les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (bruine, pluie, averse) et/ou solide (neige, grésil, grêle) ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,). Elles correspondent à différents mécanismes

d'ascendance (formation des nuages) et présentent des caractéristiques d'intensité et de durée diverses. La pluie est un phénomène associé aux systèmes nuageux précipitant, qui dépend de la microphysique des nuages mais aussi des mouvements atmosphériques à grande échelle (Mansouri ,2017).

### **I.5.2 Offensive des pluies**

C'est l'action résultant de l'effet des gouttes de pluie et de ruissellement, par leurs quantités, leur énergie cinétique, la fréquence et la durée des précipitations, provoquant le déracinement et le déplacement des particules de sol d'un endroit à un autre (Anabe , 2006).

### **I.5.3 Intensité des précipitations :**

L'intensité des précipitations varie à chaque instant au cours d'une même averse suivant les caractéristiques météorologiques de celle-ci. Plutôt que de considérer l'averse entière et son intensité moyenne, on peut s'intéresser aux intensités observées sur des intervalles de temps au cours desquels on aura enregistré la plus grande hauteur de pluie (Musy ,2005).

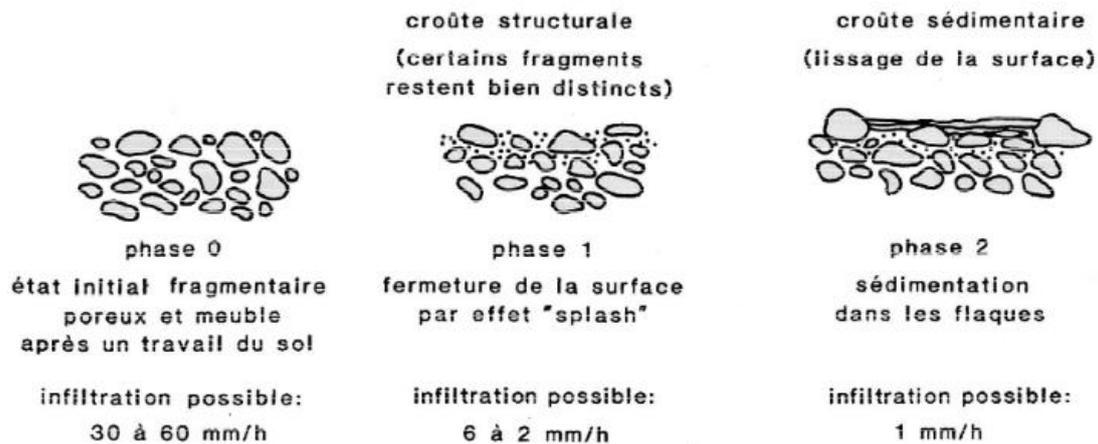
Tandis que Greco (1966) précisait pour le territoire algérien que l'intensité des précipitations est effective lorsqu'elle est égale à : 30 mm/24 h ou 20 mm/12 h ou 15 mm/1 h (Anabe, 2006).

#### **I.5.3.1 L'effet de l'intensité des précipitations sur le sol :**

L'impact des gouttes de pluie sur le sol (Fig 2 ) peut briser les mottes ou les agrégats et projeter les particules. L'efficacité d'une pluie est liée à son énergie cinétique, elle-même fonction de la vitesse et de la masse des gouttes. Celle-ci n'est pas directement connue et difficile à évaluer. On a donc recours à des formules empiriques pour la déterminer. (Maaliou ,2011).

Si la libération de l'énergie cinétique d'une goutte d'eau à son point d'impact sur le sol est suffisante, et suivant son importance et les caractéristiques de ce sol, on pourra assister à l'éclatement de la goutte d'eau sous formes de gouttelettes plus petites qui rebondissent. Il s'ensuit un détachement partiel ou total des particules du sol à l'endroit de l'impact ainsi qu'une projection de ces particules à une certaine distance de l'impact, soit à l'intérieur des gouttelettes précédentes, soit de façon séparée. C'est ce que l'on appelle le rejaillissement ou " splash " pour les auteurs anglophones (Macary et Berville .,2003).

Le splash a un rôle déterminant dans la formation de ces croûtes : la couche superficielle est compactée et sa rugosité diminue sous l'action des pluies. La capacité de rétention de l'eau sous forme de flaque est ainsi réduite et l'excès d'eau va se transformer plus souvent et plus rapidement en ruissellement (Khenter ,2017).



**Figure 2 :** Les stades de dégradation de la surface du sol sous l'action des pluies  
(Maaliou,2011)

### **I.5.3.2 L'effet de l'intensité des précipitations sur l'érosion hydrique :**

La pluie reste, parmi les facteurs naturels, la cause principale de l'érosion hydrique. L'intensité de la pluie semble être cause principale de l'érosion . Plus l'intensité est grande, plus l'effets de splash lié aux gouttes de pluie et l'effet de battance du sol sont prononcés ; ils se manifestent par une désagrégation du sol , une libération des particules et une diminution de la capacité d'infiltration et donc une augmentation du ruissellement. Le transport de ces particules est assuré par le ruissellement qui se produit dès que la capacité d'infiltration devient inférieure à l'intensité de pluie (Ssabir ,1986).

### **I.5.4 Erosion hydrique :**

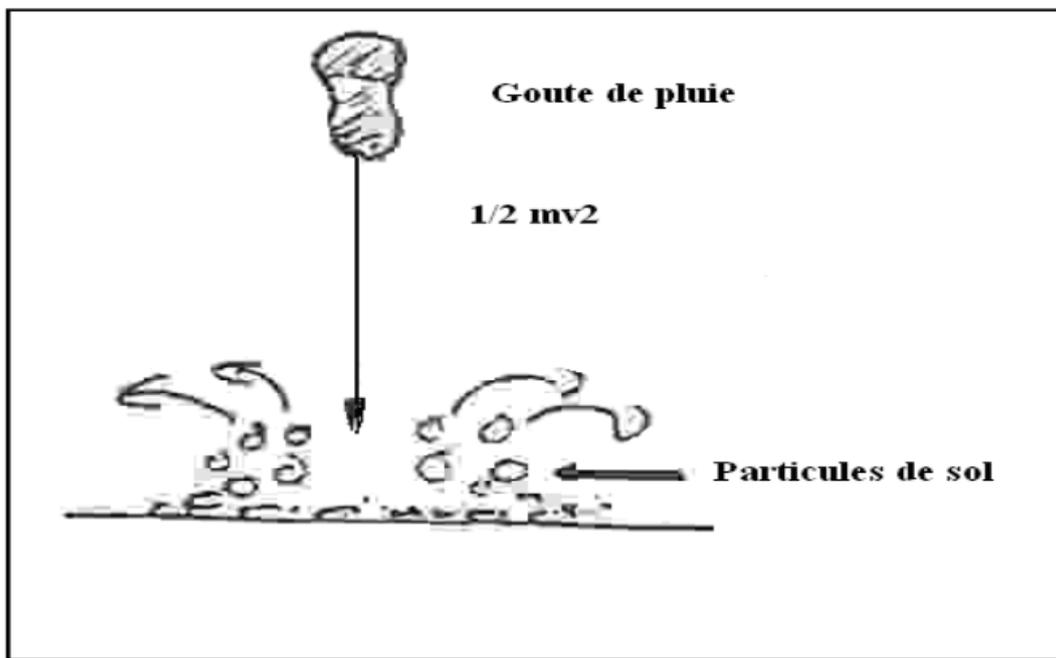
L'érosion du sol est l'une des formes de dégradation du sol les plus graves, elle correspond au déclenchement et au transport des particules du sol par l'eau, le vent ou la gravité. L'érosion hydrique dont l'agent causal est l'eau appelée aussi érosion pluviale ou l'érosion hydraulique, est définie comme étant le détachement des particules des sols par l'effet des précipitations et du ruissellement ainsi que leur transport et leur dépôt le long du trajet (Melalih ,2012).

### I.5.4.1 Processus de l'érosion hydrique :

#### a. Le détachement :

Le détachement des particules du sol (Fig 3) se produit sous l'action de deux agents érosifs (Chabaan ,2016) :

- ✓ La pluie, qui est reconnue depuis longtemps comme un agent essentiel de l'érosion des sols . L'énergie et l'eau apportées par les gouttes de pluie sont à l'origine de la déstructuration des agrégats présents à la surface .
- ✓ Le ruissellement est un moteur essentiel de l'érosion, il détache, transporte et exporte des fragments de sol.



**Figure 3 :** Effet des gouttes de pluies (Koudded ,2013)

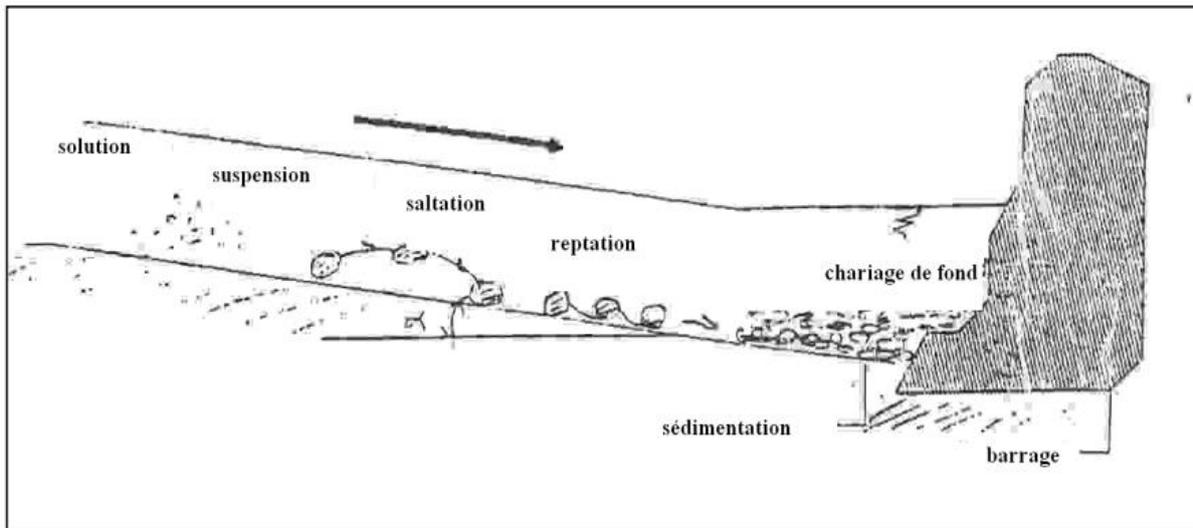
#### b . Le transport :

Dans le transport des éléments, les éléments les plus fins en suspension seront entraînés par ruissellement. Le ruissellement apparaît lorsque la vitesse d'apport d'eau devient supérieure à la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol.

Le ruissellement se développe lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration de la surface du sol. Comme les précipitations, le ruissellement agit sur le sol par des actions de détachement et de transport (Fig 4).

La quantité de terre transportée devrait théoriquement être fonction (Koudded,2013):

- ✓ Du temps d'apparition du ruissellement.
- ✓ Du volume d'eau de ruissellement (l'augmentation de la charge hydraulique).
- ✓ De la granulométrie du sol.



**Figure 4 :** Transport particules du sol par ruissellement (Koudded,2013)

### **c. La sédimentation :**

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

- ✓ De leur dimension
- ✓ De leur densité
- ✓ De la capacité de transport du ruissellement ou du cours d'eau.

Les particules se déposent dans l'ordre suivant : sable , sable fin et limon

Les argiles et l'humus colloïdal sont généralement transportés jusqu'à l'embouchure du cours d'eau où il se dépose soit après évaporation de l'eau, soit après floculation (Ben Achour ,2016)

### **I.5.4.2 Formes de l'érosion hydrique :**

D'après Elkhatib ( 2006), les formes d'érosion sont :

- ❖ **Érosion en nappe** : La terre est enlevée et déplacée de toutes les pentes de manière régulière et homogène. Cela se produit si la vitesse des précipitations est supérieure à la perméabilité à l'eau du sol.
- ❖ **Érosion en rigoles** : L'érosion se produit dans les zones où l'eau s'écoule, ce qui entraîne la formation de chenaux peu profonds qui peuvent être enlevés par labour.
- ❖ **Erosion en ravinant** : Lors de l'augmentation du débit d'eau dans les petits canaux et de l'augmentation de leur charge en matériaux en désagrégation, l'eau donne plus de force d'érosion, ce qui provoque le creusement de canaux profonds qui ne peuvent être enlevés par le labour .

#### **I.5.4.3 Facteurs affectant l'érosion hydrique:**

L'érosion hydrique qui s'exerce de manière spectaculaire est due à l'action de plusieurs facteurs dont les plus importants sont(Melalih , 2012) :

- Le climat
- La nature du sol
- La végétation
- Les facteurs anthropiques

### **I.6. Les changements climatiques et leurs impacts sur le sols**

#### **I.6.1 Climat :**

Le climat englobe l'ensemble des phénomènes météorologiques (températures, pression atmosphérique, vents, précipitations, évapotranspiration) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère et son évolution en un lieu donné. Il est déterminé par la situation géographique (latitude, altitude, continentalité) et par la circulation atmosphérique. Le climat est un facteur du milieu naturel qui détermine le potentiel agricole d'une région, par ces composantes (pluie, température, humidité, vent...) il influe sur le développement des plantes, la formation et l'évolution des sols. Son action est souvent défavorable dans la mesure où il peut être agent de dégradation du milieu (Koudded ,2013).

#### **I.6.2 Les facteurs climatiques affectant les propriétés du sol :**

Le climat est l'un des facteurs les plus importants affectant le développement du sol, car la vitesse des processus chimiques et physiques auxquels le sol est exposé est directement liée à la température et aux précipitations, en particulier la vitesse à laquelle les roches du matériau

parental se désintègrent et la lavage des matières organiques. Les principaux facteurs climatiques influençant sont (Echarbini et Amacha ., 2021):

- a. **Durée d'ensoleillement** : Il sert à élever la température du sol à des degrés divers en fonction de la densité du couvert végétal et de la couleur du sol.
- b. **Températures** : Elle favorise d'altération physique dans les composants de ces sols.
- c. **Vents** : permet la désintégration des particules et le transport de poussière de la surface de la terre.

Il y a un autre facteurs qui influent sur les propriétés du sol classer comme suivante(Abd Elamiri ,2005) :

- d. **Pluies** : Le manque de pluie affecte les propriétés du sol car il entraîne le manque de végétation naturelle et donc le manque de matière organique dans le sol.
- e. **Evaporation** : Les taux élevés d'évaporation affectent les propriétés du sol conduisent à une réduction de la valeur réelle de l'eau de la pluie dans le sol.
- f. **Humidité relative** : L'équilibre d'humidité relative aide à maintenir les propriétés naturelles du sol et à retenir l'eau stockée.

### **I.6.3 Le changement climatique :**

Le changement climatique correspond à une modification durable, de la décennie aux millions d'années , des paramètres statistiques ( paramètres moyens , variabilité ) du climat global de la terre ou de ses divers climats régionaux . Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques de la terre ,et à des influences extérieures , ou plus récemment , aux activités humaines (Yahiaoui , 2015 ).

Le changement climatique s'entend d'une variation de l'état du climat que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne et/ou de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus (Yigo ,2011).

Les changements climatiques risquent de remonter l'altitude minimale du pergélisol au cours des prochaines décennies. En fondant, le permafrost aura plusieurs effets dont (Pugin ,2020):

- ✓ Déclencher des chutes de pierres
- ✓ Déclencher des éboulements
- ✓ Déclencher des glissements de terrain et des laves torrentielles dans les régions de montagne

**I.6.4 Impacts des changements climatiques sur la formation du sol :**

La modification des paramètres climatiques a un impact non négligeable sur le fonctionnement du sol. Ces paramètres sont la température et l'humidité du sol et leur variabilité temporelle. La diminution de la durée de la couverture neigeuse par exemple sous l'effet de l'augmentation annuelle de la température aérienne peut augmenter le nombre de jours de gel du sol au cours de l'année, et également altérer les processus qui régulent le taux d'humidité du sol. Toutes ces modifications climatiques ont un impact sur les processus biogéochimiques du sol (Puissant, 2015).

Et il a été indiqué dans un rapport de la FAO (2015) l'impact du changement climatique sur le sol : ‘‘Le changement climatique constitue une grave menace pour la sécurité alimentaire mondiale, ne fût-ce que par ses effets sur les sols, en particulier dans les pays les plus vulnérables et en situation d’insécurité alimentaire qui manquent de résilience pour s'adapter aux aléas météorologiques. L'évolution des régimes de températures et de précipitations peut avoir un impact considérable sur la matière organique et les processus se déroulant dans nos sols, et fortement aggraver les risques de pertes de récolte et d'animaux d'élevage’’.

Les augmentations de l'humidité moyenne du sol sont principalement dues aux augmentations prévues des précipitations, en particulier sous forme de pluie en raison des températures hivernales plus chaudes. Le principal facteur de cet assèchement en été est l'évaporation, qui augmentera en raison des températures plus élevées (Tilmant,2010).

Le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (IPCC-2020) a déclaré que le changement climatique exacerbe la dégradation des terres, notamment par l'augmentation de l'intensité des précipitations, des inondations, de la fréquence et de la gravité des sécheresses, du stress thermique, des sécheresses, des vents, de l'élévation du niveau de la mer , l'action des vagues et le dégel du pergélisol avec la gestion des terres modifiant les résultats. L'érosion côtière continue s'intensifie et affecte davantage de régions, l'élévation du niveau de la mer augmentant la pression sur l'utilisation des terres dans certaines régions.

**I.6.4.1 Impacts sur les propriétés physiques du sol :**

D’après Sudeshna (2021), les impacts peuvent toucher plusieurs aspect du sol :

- a. **Texture du sol :** Les sols argileux gonflants en retrait sont sensibles au changement climatique si le nombre de cycles d'humidification et d'assèchement augmente, car la formation de fissures est fortement favorisée par l'humidification et l'assèchement répétés du sol. L'eau se déplace directement du sol de surface vers des substrats perméables, ce qui diminue la fonction de filtrage du sol et, par conséquent, augmente la perte de nutriments du sol. Ce phénomène pourrait devenir intense si des sécheresses plus longues et plus fréquentes sont suivies de précipitations plus intenses.
- b. **Densité apparente et porosité :** La perte de matière organique du sol peut augmenter la densité apparente, ce qui peut rendre le sol plus sensible au compactage, entraînant une porosité réduite et la formation d'une couche compacte qui inhibe la croissance des racines.

D'après Karmakar et al (2016), il y a d'autres impacts peuvent toucher plusieurs aspect du sol :

- a. **Structure du sol :** La nature et la qualité de la structure sont fortement influencées par la quantité et la qualité de la matière organique présente, les constituants inorganiques de la matrice du sol, les méthodes de culture et les processus physiques naturels tels que le retrait-gonflement (sols à forte teneur en argile, en particulier la minéralogie smectitique) et comportement au gel-dégel. Une baisse des niveaux de matière organique du sol entraîne une diminution de la stabilité des agrégats du sol, des taux d'infiltration et une augmentation de la sensibilité au compactage, du ruissellement et de la sensibilité à l'érosion.
- b. **Rétention et disponibilité de l'eau du sol :** L'eau du sol peut être fluctuée par un certain nombre à cause du changement climatique, comme les précipitations provoquant des changements rapides dans l'eau du sol puisque le délai de réponse est généralement de quelques heures, l'augmentation de la température entraînant une plus grande perte d'eau par évapotranspiration du sol.

#### **I.6.4.2 Impacts sur les propriétés chimiques du sol:**

Gelybo et al,(2018) ont cité les impacts suivants :

- a. **Capacité d'échange cationique :** Des conditions climatiques plus humides peuvent modifier radicalement les propriétés chimiques de surface existant dans les sols plus secs, car les intempéries épuisent les minéraux primaires, qui peuvent être davantage

perdus en raison du lessivage, et provoquer une altération substantielle de la chimie de surface.

- b. **Cycle des nutriments dans le sol :** Les facteurs affectant le régime hydrique et le cycle du carbone affecteront également la disponibilité des éléments nutritifs.
- c. **Croissance de la végétation :** Les changements dans la teneur en humidité du sol affectent la productivité des plantes, le stress hydrique et la biogéochimie du sol .

Il y a d'autres impacts , ce sont :

- a. **pH du sol :** La plupart des sols ne seraient pas soumis à des changements rapides de pH résultant des moteurs du changement climatique tels que les températures élevées, la fertilisation au CO<sub>2</sub>, les précipitations variables et les dépôts atmosphériques de N. Cependant, ces moteurs du changement climatique affecteront l'état de la matière organique, le cycle du carbone et des nutriments, l'eau disponible pour les plantes et donc la productivité des plantes, ce qui à son tour affectera le pH du sol (Patil ,2018).
- b. **Salinisation des sols :**La salinité des sols est l'un des impacts du changement climatique sur les terres agricoles côtières, car l'élévation du niveau de la mer a fait passer la salinité de 1 à 33 % sur 25 années consécutives. L'élévation du niveau de la mer est associée à l'augmentation du réchauffement climatique et se produit en raison de la fonte des glaciers et des calottes glaciaires ainsi que de la dilatation thermique de l'eau de mer. démontré une compréhension globale des effets possibles de l'élévation du niveau de la mer à l'aide d'un modèle hydrodynamique. L'élévation du niveau de la mer augmente la salinité des eaux de surface et des eaux souterraines par intrusion d'eau salée (Ullah et al ., 2021).

#### **I.6.4.3 Impacts sur les propriétés biologiques du sol :**

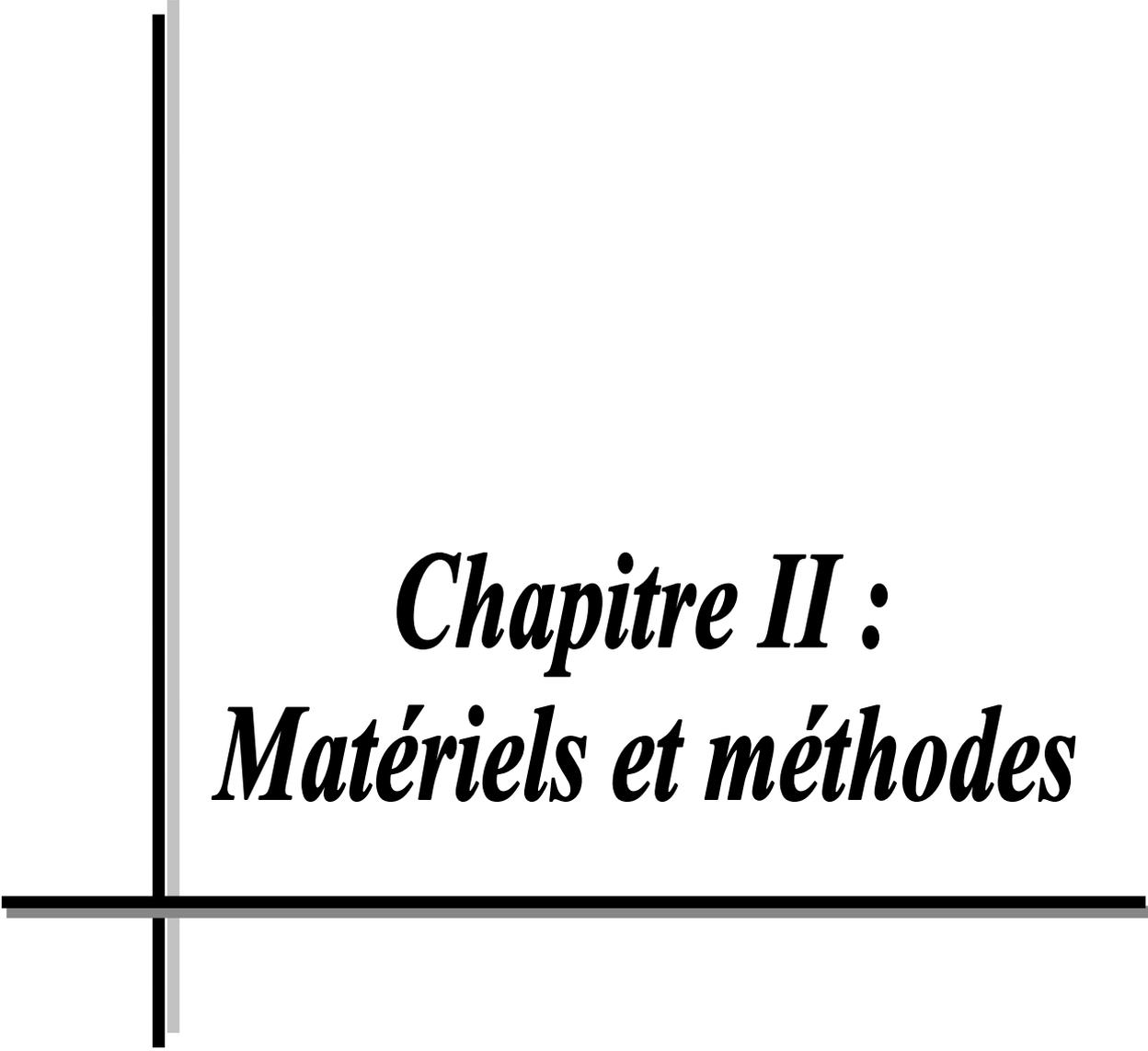
En ce qui concerne les propriétés biologique du sol, Anjali et Dhananjaya, (2019) ont défini les impacts suivants :

- a. **Activité enzymatique :** il a été montré qu'en modifiant la quantité et la qualité de l'apport de C souterrain par les plantes, un CO<sub>2</sub> élevé peut stimuler les activités enzymatiques microbiennes
- b. **C et N potentiellement minéralisables :** Ces processus sont étroitement liés au régime hydrique du sol et aux phénomènes de transformation abiotique & biotique

(fixation, immobilisation/libération, mobilisation ; évolution de la solubilité et de l'état redox, etc.).

Il y a d'autres impacts:

- a. **Biomasse microbienne du sol :** Les processus microbiens dépendent de facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité, l'activité enzymatique et la disponibilité des nutriments, qui sont tous affectés par le changement climatique. De telles fluctuations du climat, d'une année à l'autre, pourraient avoir des effets significatifs sur les communautés microbiennes du sol, directement via des effets sur l'humidité et la température du sol, ou indirectement via des effets sur la croissance des plantes (Kumar et al.,2016).
- b. **Respiration du sol :** Les limitations alternées de la température et de l'humidité du sol entraînaient systématiquement une augmentation de la respiration due au réchauffement pendant des conditions plus fraîches et plus humides et une diminution de la respiration, ou une absence de réponse, pendant des périodes plus chaudes. Le réchauffement peut inhiber la respiration du sol en diminuant le potentiel matriciel du sol pendant les périodes d'assèchement printanier et d'humidité automnale et potentiellement en accélérant la sénescence estivale des communautés végétales. vers le sud le long du gradient climatique (Reynolds et al .,2015).
- c. **Matière organique des sols :** Dans de nombreux écosystèmes, les changements de la teneur en humidité du sol dus au changement climatique peuvent grandement influencer la décomposition de la matière organique du sol par rapport à l'augmentation de la température. Une condition oxygène prévaut dans la zone non saturée, qui peut être dominée par des processus aérobies efficaces, accélère le taux de décomposition de la matière organique (Sudeshna ,2021).



***Chapitre II :***  
***Matériels et méthodes***

## Partie I : Zone d'étude

### II.1 Présentation de la wilaya de Djelfa :

La Wilaya de Djelfa (Fig 5), issue du découpage administratif de 1974, est située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord. Elle se trouve au sud d'Alger, et comprise entre 33°35' et 36°12' latitude Nord et 2°, 5° longitude- Est. Située au centre des hauts plateaux steppiques et couvrant un vaste espace de 32.362 km<sup>2</sup>, soit 1,36 % du pays (Kherfane ,2014).

Wilaya de Djelfa est située entre neuf wilayas voisines :

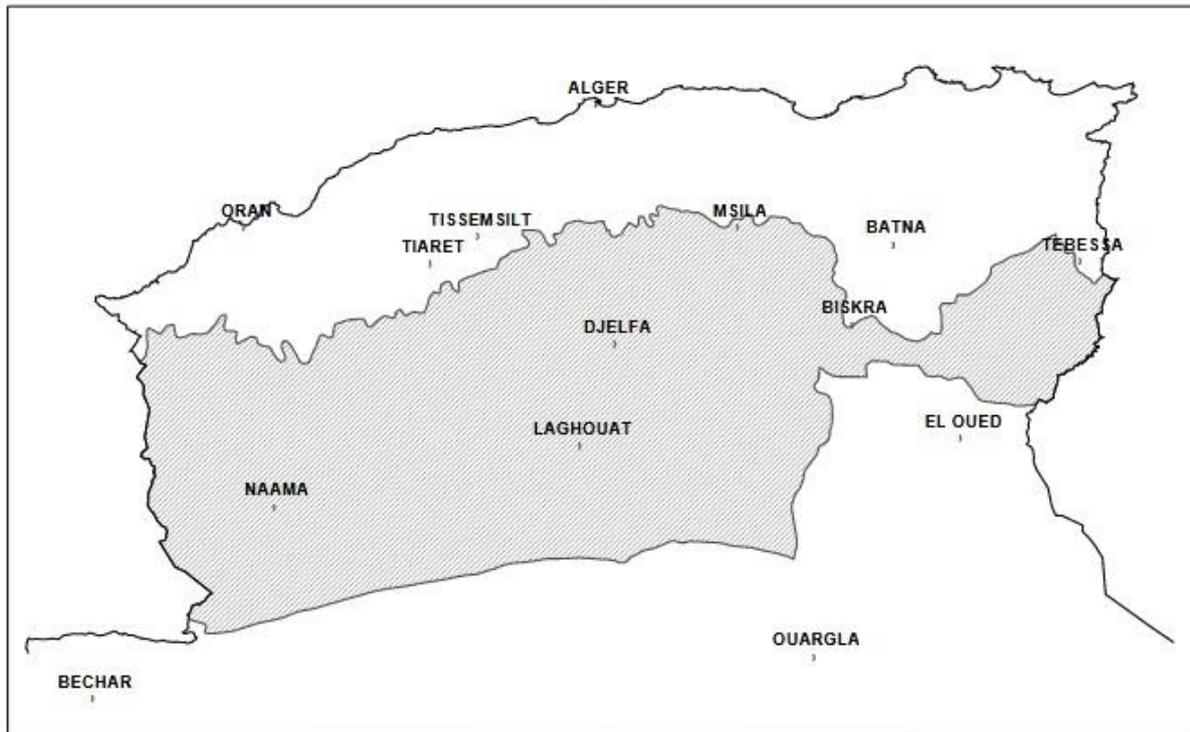
- ✓ **Nord** : Médée et Tassemsilt
- ✓ **Sud** : El Oued , Ouargla et Ghardaïa
- ✓ **Est** : Biskra et M'sila
- ✓ **Ouest** : Laghouat et Tiaret



**Figure 5** : Limites géographiques de la wilaya de Djelfa (Source : dspace.univ-djelfa.dz)

## II.2 La steppe Algérienne :

En effet la zone d'étude, wilaya de Djelfa, est choisie en tant qu'un exemple type de la steppe. Cette dernière s'intercale entre l'Atlas Tellien au nord et l'Atlas Saharien au sud (Fig 6). Elle couvre une superficie globale de 20 millions d'hectares. Elle se présente comme une vaste bande régionale s'étendant de la frontière tunisienne à la frontière marocaine sur 1000 km de long et 300 km (Mati et Yabrir ., 2015 ).



**Figure 6 :** Délimitation des steppes algériennes. ( Nedjraoui ,2004)

## II.3 La steppe centrale (Cas de Djelfa)

Les steppe centrale constitue une région dynamique et homogène car elle peut contribuer à la valorisation des ressources naturelles qui y abondent. Ce qui en fait un pilier économique important, et au vu de l'intérêt croissant porté par les pouvoirs publics au secteur agricole et au développement rural à travers les différentes politiques, programmes et plans qui visent principalement à faire progresser ce secteur, il est urgent de s'informer sur les réalité de ce secteur et ses perspectives d'avenir (Dif et Taoual ., 2015 ).

**II.4 Caractéristiques géographiques de Djelfa :**

L'immensité de la région a donné à la région une diversité naturelle, comme on trouve, par exemple, divers types de terrain le long de sa vaste superficie. Il y a une chaîne de montagnes au centre de l'État qui s'étend du district de Dar Al-Chuyoukh dans le à l'est jusqu'à Al-Idrisiyah à l'extrême ouest, où cette chaîne imprègne les sommets vides des montagnes, atteignant son étendue maximale au sommet d'une montagne. " " Mahasin Al-Kafa " près de Bin Yaqoub, qui culmine à 1613 mètres, et cette altitude diminue au fur et à mesure que l'on se dirige vers l'ouest, sans oublier le montagne Boukehail, qui occupe une zone au nord-est du cercle de Massad, et s'étend jusqu'à Boussada, ainsi que le djebel Al-Malah au lieu-dit « Hijr Al-Milh. » C'est la troisième montagne de sel au monde et se situe à environ 30 km au nord de la ville de Djelfa (Univ Djelfa ,2020).

**II.5 Caractéristiques pédologiques de Djelfa :**

Les sols en zones arides sont le résultat de l'action du climat, de la roche mère et de la topographie. La distribution des différents sols se fait en étroite relation avec la situation géomorphologique .Les sols dans Djelfa comme suit (Benidir ,2009):

- ✓ Les sols minéraux bruts
- ✓ Les sols peu évolués d'apport alluvial
- ✓ Les sols calcimagnésiques
- ✓ Les sols isohumiques a pédoclimat frais

**II.6 Caractéristiques climatiques de Djelfa :**

La zone de Djelfa se distingue par un climat semi-aride caractérisé par deux saisons, un hiver frais et un été chaud (Charfaoui , 2017).

Les travaux ont été réalisés sur la base des données météorologiques enregistrées à la station météorologique de Djelfa durant la période (1975-2021), dont les caractéristiques sont les suivantes :

Station : **Office National de Météorologie**

Latitude : **34° 20' Nord**

Longitude : **3° 23' Est**

Altitude : **1180.5 mètre**

Avant d'analyser les différents paramètres climatiques, nous notons que les données utilisées ont été collectées à partir de la station météorologique de Djelfa, qui est située à une altitude de 1180.5 m, qui est considérée comme une station de référence car la plus proche de notre zone d'étude **Azzrigua** qui à une altitude moyenne de 1230m et coordonnées (34°39'7.53" - 3°26'32.04" et 34°38'46.73" - 3°26'21.31" ).

De ce fait, nous avons pris en compte la correction des précipitations, et adopté celle des steppes du sud algérien qui est de 20 mm/100 m et la correction thermique 0,7°C/100 m pour les températures maximales (m) et 0,4°C pour les minimales températures (m) (Charfaoui , 2017).

**Remarque :** nous n'avons pas pu obtenir les données (Humidité relative , La Gelée , les vitesses des vents , L'évaporation) pour l'année 2021 , nous n'avons donc utilisé que les données de 1975 à 2020.

### **II.6.1 Les précipitations :**

Les précipitations d'une région sont intimement liées au climat. Les précipitations varient dans le temps et dans l'espace. Des régions sont plus arrosées que d'autres et des mois qui sont plus pluvieux que d'autres (Belarbi , 2010).

#### **II.6.1.1 Les précipitation moyennes mensuelles (mm) :**

Les données de précipitations pour la zone d'étude pendant 46 ans (1975 - 2021) sont présentées dans le ( tableau 1) suivant :

**Tableau 1 :** Précipitations moyennes mensuelles (mm) corrigées pour la zone d'étude pendant la période (1975-2021)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	23.35	21.16	22.91	24.43	29.16	14.31	7.20	16.86	24.59	20.19	23.16	19.79

**Source : (O.N.M.DJELFA,2022)**

Les données de précipitations moyennes mensuelles sont sous forme des histogrammes représentés sur la (Fig 7).

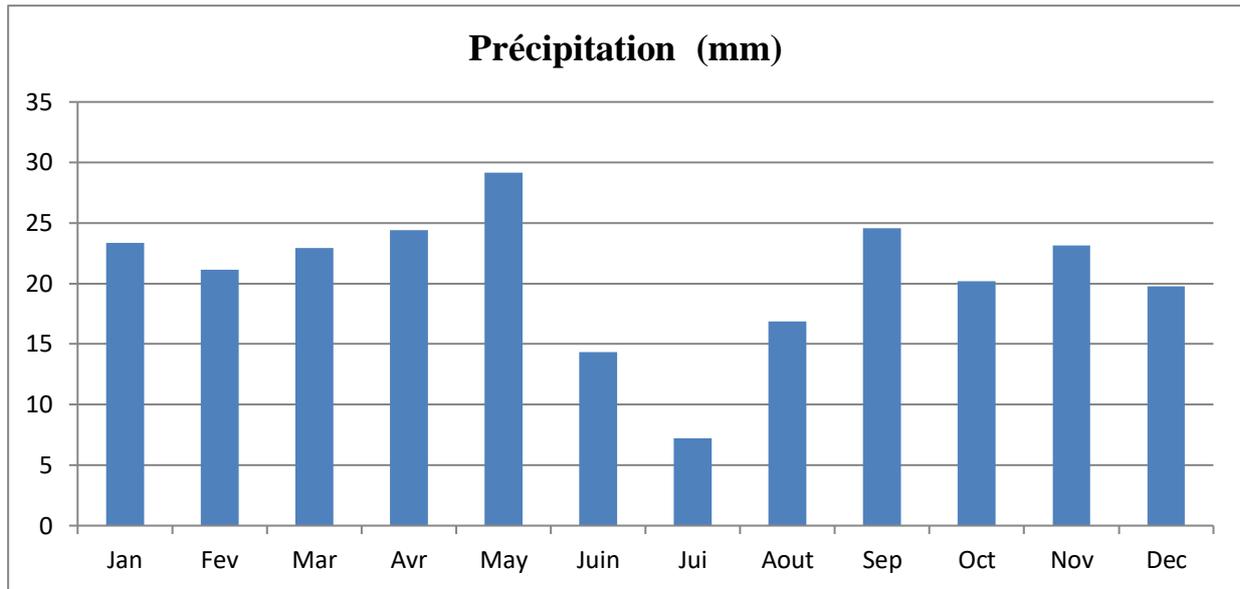


Figure 7 :Précipitations moyennes mensuelles (1975-2021 )

Après analyse des histogrammes de la figure 3, on constate que Mai est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 29,16 mm, et le mois le plus sec est Juillet avec 7,20 mm. Selon les données de la station météorologique de Djelfa (tableau II.1), sur 47 ans, la quantité annuelle moyenne de précipitations est de 247,11 mm.

**II.6.1.2Précipitations annuelles**

Tableau 2 : Les valeurs concernant les précipitions annuelles, pendant la période(1975-2021 ) sont représenté suivant :

Année	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
P (mm)	269.60	408.00	217.60	140.00	294.08	309.52	264.00
Année	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
P (mm)	347.52	141.84	194.88	290.72	314.64	238.96	266.80
Année	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
P (mm)	268.88	357.92	361.20	304.00	233.12	296.80	224.88
Année	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
P (mm)	351.04	312.80	141.60	141.60	121.76	191.12	170.24
Année	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
P (mm)	236.24	300.80	300.80	230.40	284.08	269.84	310.32
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
P (mm)	248.96	262.88	188.80	191.36	224.26	222.03	152.16

Année	2017	2018	2019	2020	2021		
P (mm)	141.20	369.60	159.61	203.52	247.11		

Source : (O.N.M.DJELFA,2022)

Les données de précipitations annuelles sont sous forme des histogrammes représentés sur la (Fig 8).

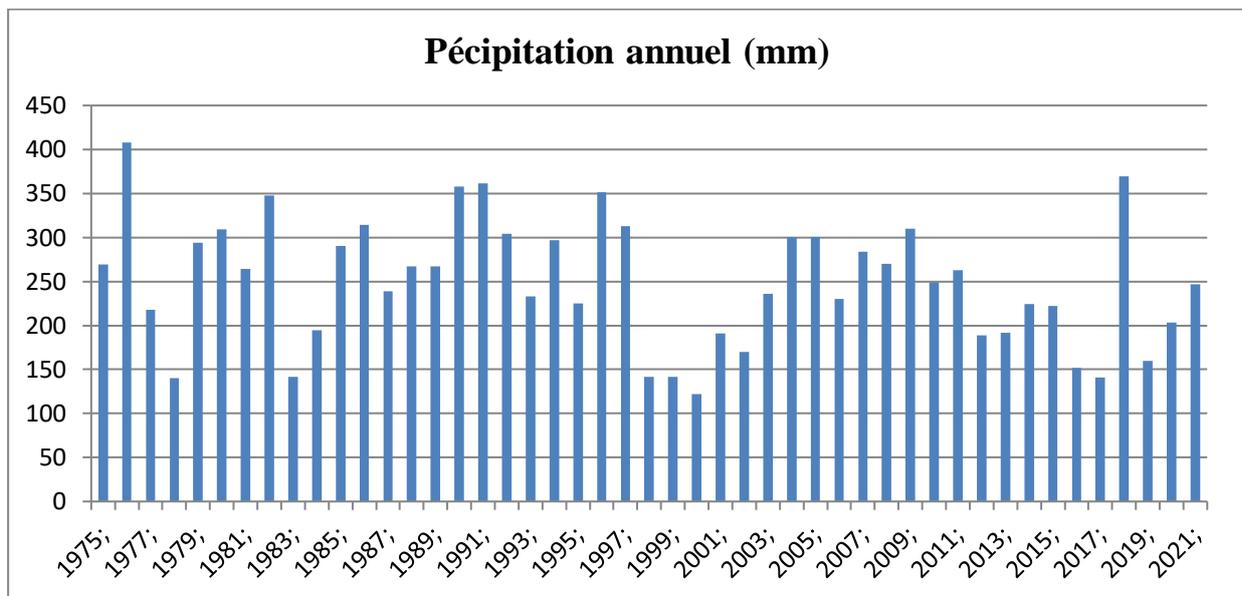


Figure 8 : Variations des précipitations annuelles (1975-2021 )

L'analyse des variations annuelles des précipitations au cours de la période (1975-2021) montre que l'année la plus pluvieuse est 1976, avec une valeur de 408 mm, et d'autre part, l'année la plus sèche est 2000, avec une valeur de 121,76 mm.

**II.6.1.3Températures :**

La température est un paramètre clé dans l'étude et la caractérisation des climats vue son rôle prédominant dans le rayonnement et le bilan énergétique, d'où son importance capitale dans les études qui touchent de près ou de loin le domaine du changement climatique (Houari et Ben Zartiha ., 2019).

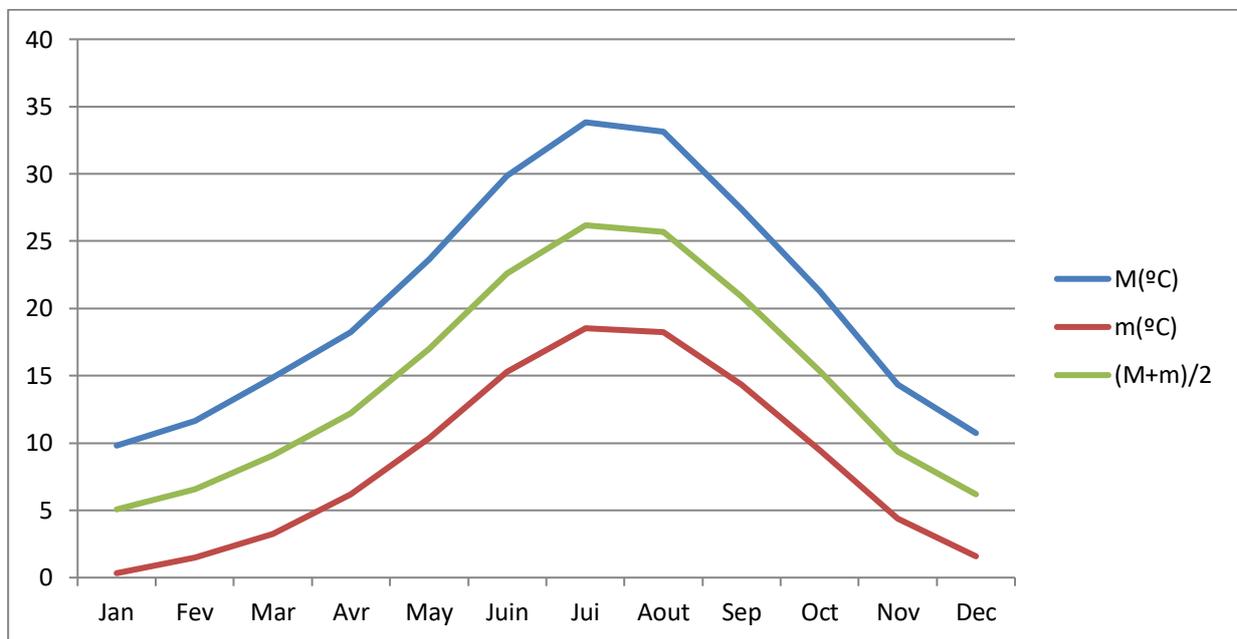
Dans le cadre de notre étude, nous avons collecté les données moyennes des températures maximales mensuelles et des températures minimales mensuelles pour la période de 1975 à 2021 pour la zone d'étude. Les informations sont écrites dans le (tableau 3) ci-dessous :

**Tableau 3** : Moyenne des températures maximales et minimales corrigées en (°C) pendant la période (1975-2021).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
M(°C)	9.81	11.66	14.89	18.23	23.63	29.88	33.83	33.12	27.40	21.28	14.35	10.73
m(°C)	0.33	1.47	3.26	6.17	10.34	15.28	18.53	18.22	14.34	9.45	4.39	1.60
(M+m)/2	5.07	6.56	9.08	12.20	16.99	22.58	26.18	25.67	20.87	15.36	9.37	6.17

Source : (O.N.M.DJELFA,2022)

Les moyennes températures maximales et minimales mensuelles pendant la période(1975-2021) de la zone d'étude représenté dans la (Fig 9) ci-dessous :



**Figure 9** : Courbes de variation des températures maximales et minimales mensuelles (1975-2021) de la zone d'étude

L'analyse de ses paramètres montre que le mois le plus chaud est juillet avec une température de 33.83 °C. Tandis que le mois le plus froid est Janvier avec une valeur de (0.33 °C).

**II.6.1.4 Humidité relative :**

En raison de l'importance de l'humidité relative dans la nature physiologique des animaux et des plantes, nous avons collecté des données mensuelles d'humidité relative pour la zone d'étude pour la période de 1975 à 2020, et les données sont représentées dans le (tableau 4) ci-dessous :

**Tableau 4 :** Humidité moyennes mensuelles en (%) pendant la période (1975-2020 )

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
H <sub>r</sub> (%)	74.66	69.68	63.26	57.8	52.07	42.03	34.45	38.34	51.42	61.28	70.98	76.39

**Source : (O.N.M.DJELFA,2022)**

L’humidité relative moyenne annuelle est de 57.70 % à la zone d’étude, l’humidité relative est plus élevée en hiver avec une valeur maximale enregistrée au mois de Décembre 76.39 % .En été, cette humidité atteint la valeur la plus minimale au mois Juillet (34.45%).

**II.6.1.5 La Gelée :**

La gelée joue un rôle dans la désarticulation des cônes dans la germination des graines (par la levée de la dormance) (Charfaoui , 2017).

Le ( tableau 5) ci-dessous représente les données de nombre des jours de gelée dans l’année pour la zone d’étude pour la période de 1975 à 2020 .

**Tableau 5 :**Nombre de jour de gelée pendant la période (1975-2020 )

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Nombre de jour de gelée	10.37	8.33	4.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	3.37	9.15

**Source : (O.N.M.DJELFA,2022)**

Le tableau ci-dessus montre que les gelées sont enregistrées pendant une période de 7 mois. De Octobre à avril, avec un maximum de 10.37 jours en moyenne au mois de janvier.

**II.6.1.6 Les vents :**

Le vent est de l'air qui se déplace à la surface de la Terre. Le vent peut souffler si lentement et doucement qu'il est difficile à sentir, ou il peut souffler si vite et violemment qu'il détruit des bâtiments et déracine de grands arbres.

Le (Tableau 6) ci-dessous représente les données de vitesse mensuelle moyenne du vent pour la période de 1975 à 2020.

**Tableau 6 :** La vitesse de vent pendant la période (1975-2020).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Vents m/s	3.61	3.68	3.81	3.94	3.92	3.25	2.97	2.67	2.59	2.77	3.12	3.77

Source : (O.N.M.DJELFA,2022)

Le tableau montre que la vitesse minimale est 2.59 m/s au mois de septembre , et la vitesse maximale de vent est 3.94 m/s au mois d'avril.

### II.6.1.7 L'évaporation :

Le (Tableau 7) ci-dessous représente les données d'évapotranspirations moyennes mensuelle pour la période de 1975 à 2020.

**Tableau 7:** Evaporations moyennes mensuelles pendant la période (1975-2020).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
ETP (mm)	45.14	55.26	84.15	106.77	140.63	190.28	243.74	219.39	144.60	96.38	55.24	42.98

Source : (O.N.M.DJELFA,2022)

A partir de l'analyse de ce tableau, montre que l'évaporation maximale en juillet avec une valeur 243.74 mm, son minimum est enregistré au mois de décembre avec 42.98 mm

## II.7 Synthèse climatiques :

### II.7.1 Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls :

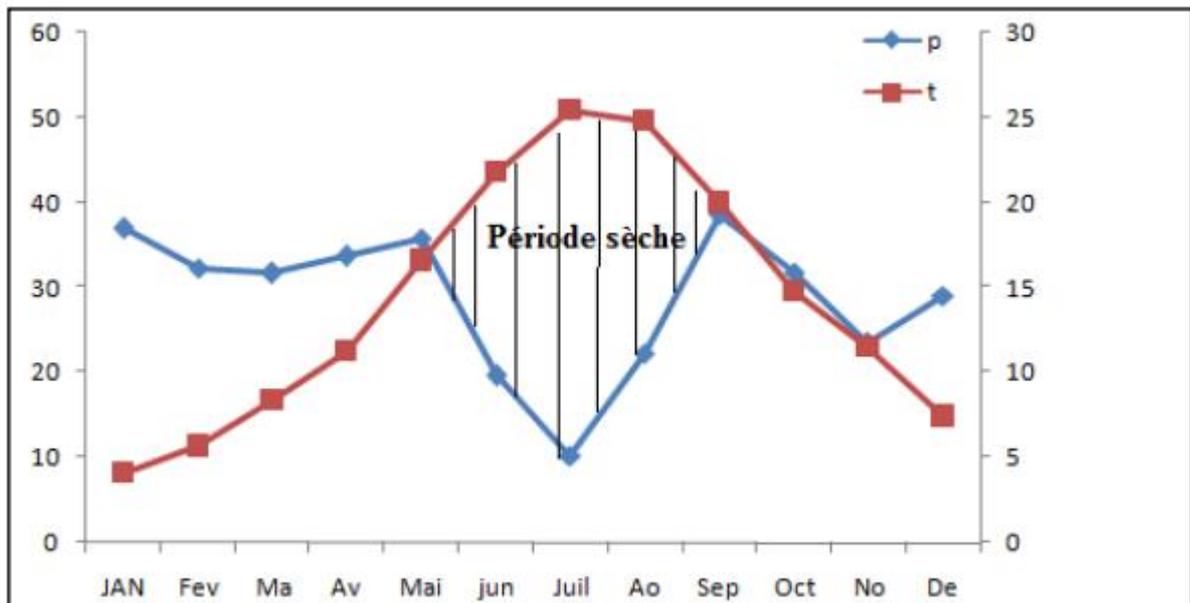
fin de déterminer les périodes sèches et les périodes de précipitations dans la zone d'étude, nous utilisons le graphique de la chaleur globale (Fig 10) selon Gaussen et Bagnouls , à travers les données du (tableau 8)

**Tableau 8 :** Précipitations moyennes mensuelles et températures moyennes mensuelles (°C) corrigées pour la zone d'étude pendant la période (1975-2021)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	May	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	23.35	21.16	22.91	24.43	29.16	14.31	7.20	16.86	24.59	20.19	23.16	19.79
T(°C)	5.07	6.56	9.08	12.20	16.99	22.58	26.18	25.67	20.87	15.36	9.37	6.17

Source : (O.N.M.DJELFA,2022)

Pour détermination cette diagramme ont utilisé les données mensuelles des précipitations et les températures de ce zone avec  $P= 2T$  .



**Figure 10** : Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls pendant la période (1975-2021) de la zone d'étude

Selon le diagramme ombrothermique ci-dessus , le climat est caractérisée par deux périodes :

- ✓ Une saison pluvieuse et froide qui s'étend de début octobre à fin mai.
- ✓ Une saison sèche et chaude qui s'étend de début juin à fin septembre et dure quatre mois

### II.7.2 Diagramme pluviométrique d'EMBERGER

La formule d'EMBERGER permet de calculer le quotient pluviométrique annuel en tenant compte des précipitations et de la température (Charfaoui,2017) . Cette formule s'écrit comme suit :

$$Q_2 = 3.43 \times \frac{P}{M-m}$$

$Q_2$  : Quotient pluviométrique d'EMBERGER

P : Pluviosité moyenne annuelle exprimée en mm.

M : température maximale du mois le plus chaud en °C.

m : température minimale du mois le plus froid en °C.

Pour notre zone d'étude , les constantes sont : P = 247,11 mm, M =33.83 °C. m = 0.33°C.

$$Q_2 = 3.43 \times \frac{247.11}{33.83 - 0.33} \rightarrow Q_2 = 25.30 \text{ mm /}^\circ\text{C}$$

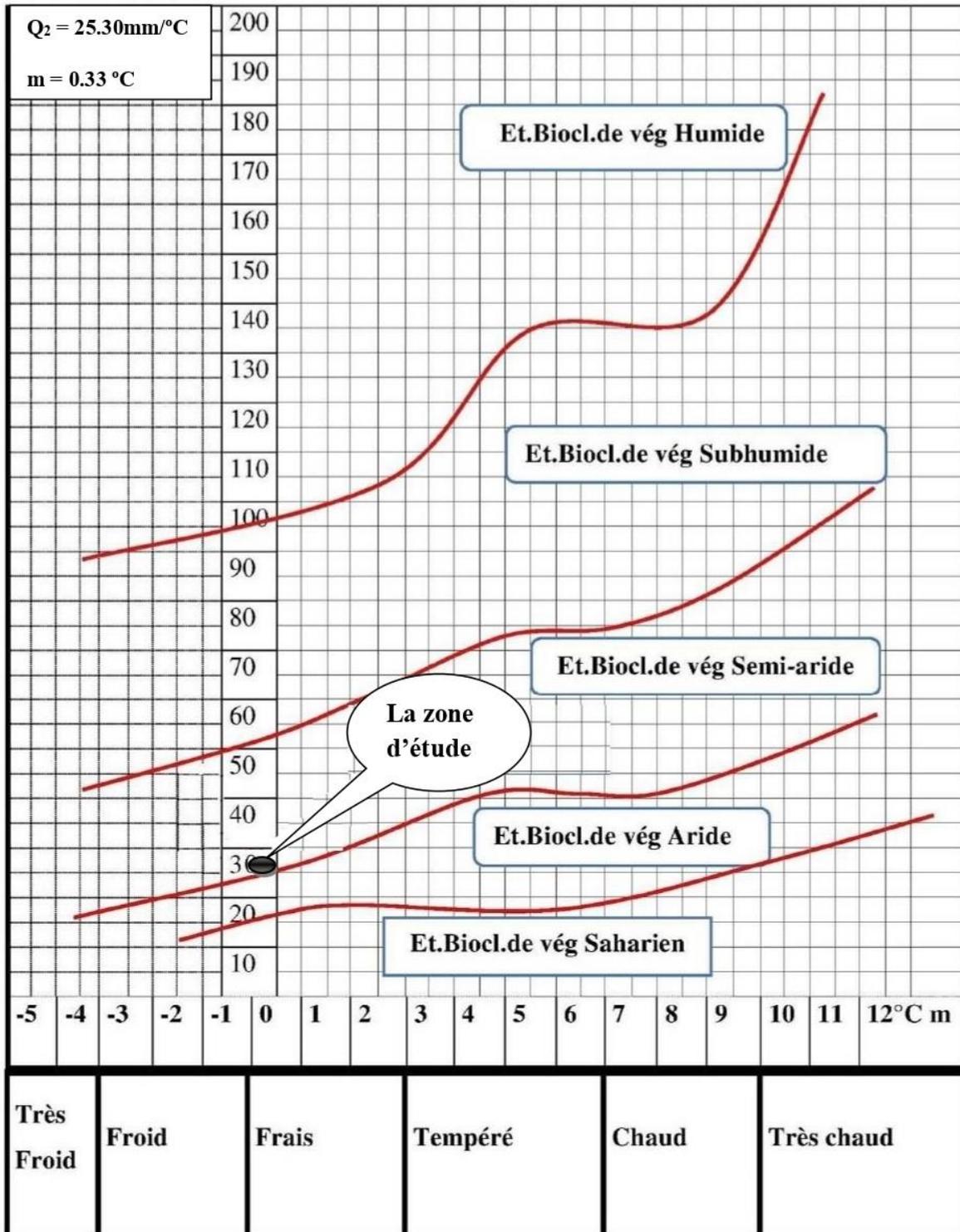


Figure 11 :Le diagramme d'EMBERGER de la zone d'étude

Le  $Q_2$  de la zone d'étude est égale à 25.30 correspondant à l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver frais .

### **II.8 Végétation de la zone d'étude :**

La couverture végétale est l'un des facteurs les plus importants contrôlant la protection des terres contre l'érosion, car elle joue le rôle de barrière protectrice et réduit les facteurs naturels, et sa qualité et sa densité varient en fonction des facteurs naturels prévalant dans la région, et parmi les principales formes végétales qui caractérisent notre zone d'étude figurent les forêts, et les plantes Alfa , l'Artemisia ...etc (Hadjadj et Hedaid , 2018 ).

### **II.9 Faune de la zone d'étude pendant le période (1975-2021) :**

La wilaya de Djelfa compte dans son territoire un cheptel évalué à 2547428 têtes toutes espèces confondues, La répartition de ce cheptel met en évidence la dominance du l'effectif Ovin qui représente 89,7 % du cheptel total, suivi par le Caprin avec 8,68 %. Par contre l'élevage Bovin ne représente que 1,03 %. Suite à l'utilisation massive des moyens mécaniques pour le transport l'effectif camelin et équin tendent à diminuer de plus en plus (Khader , 2019).

## **Partie II : Méthodologie et méthodes de l'étude pratique**

### **II .10 Les étapes méthodologiques**

Dans cette partie et après avoir choisi la zone d'étude, nous avons procédé comme suit :

- ✓ Faire une enquête sur la zone d'étude avec des habitants
- ✓ calcul de l'indice d'aridité de chaque année de la zone d'étude
- ✓ calcule de la valeur annuelle d'érosivité pour chaque année
- ✓ étude de l'évolution du sol de la zone par les séries des cartes Google Earth

#### **II.10.1.l'enquête avec des habitants de la zone d'étude:**

La population rurale en particulier a été enquêtée afin d'obtenir le maximum d'informations nécessaires sur notre sujet. Une population qui habitaient depuis longtemps sur des régions rurales non aménagé ni modifié par l'homme, des régions où il n'y avait que le facteur naturels et climatiques qui agissaient. Une telle population témoin constitue un mémoire humain qui nous a beaucoup servi .

L'objectif principal de l'échantillonnage est de sélectionner un groupe de résidents ruraux afin d'enquêter sur la zone et de connaître le plus grand nombre d'informations sur la qualité du sol dans le passé et le présent afin de les comparer et déduire les changements survenus. Et aussi pour voir quelle corrélation avec les changements climatique survenus dans la zone d'étude.

L'enquête se basait sur un questionnaire (Fig 12) en préparant différentes questions pour la population rurale de la zone d'étude. Les informations collectées sont analysées et présentées sous forme de digramme circulaire pour la qualité du sol et comment il s'est formé au cours du temps.

**Questionnaire sur la zone d'étude ..... N° :.....**

**1975-2021**

Nom et Prénom : .....

Age : ..... Niveau d'éducation : .....

La nature de personne :

Propriétaire  , nomade mobiles

Quel type sol était présent dans cette zoné dans le passé ? Et existe-il encore ?

.....

Quel était les types des plantes de cette zone dans le passé ? Et existe-il encore ?

.....

Quel était les types d'animaux de cette zone dans le passé ? Et le nombre a-t-il augmenté ou diminué ?

.....

**Figure 12 :Modèle du questionnaire utilisé**

**II.10.2 Estimation de l'indice d'aridité pour chaque année:**

L'indice d'aridité de De Martonne évalue l'intensité de la sécheresse (l'aridité) d'une région. Il est calculé comme suit (Boussaid et al. 2012) :

$$I = \frac{P}{T+10}$$

P : Précipitation totale annuelle (mm)

T : Température moyenne annuelle (°C)

Ce calcul permet de détecter les épisodes de sècheresse dans cette région depuis 1975 jusqu'au 2021.

**II.10.3 Estimation des valeurs annuelles d'érosivité pour chaque année de la zone****d'étude :**

La pluie est l'élément moteur de l'érosion. Sans précipitation il n'y a pas d'érosion hydrique. En particulier, l'intensité est le facteur principal de l'érosion. Plus l'intensité est grande, plus l'effet de battage du sol est prononcé. Selon la formule de Roose en 1977, si on dispose que des précipitations, la valeur annuelle de R est définie par la formule suivante (Mostephaoui et al., 2013) :

$$R = 0.0295 \times P$$

R : indice d'érosivité en t/ha/an, P : précipitation annuelle en mm.

L'objectif de calcul des valeurs annuelles d'érosivité est de connaître l'ampleur de l'exposition des sols à la dégradation et à l'érosion.

**II.10.4 Etude de l'évolution du sol de la zone par les séries des cartes Google Earth:**

Google Earth nous fournit une série de différentes images satellites de la surface de la Terre. Ce nous permet également de remonter dans le temps pour connaître la forme de la surface de la Terre dans le passé et le temps actuel, et cela nous a aidé à connaître le changement de la qualité du sol pour la zone d'étude dans la période 2012-2021. Un tel changement pourrait être décelé à travers la gradation des couleurs dans les images que nous avons obtenues du programme au fil du temps, à partir desquelles nous connaissons le taux de la fertilité du sol et sa disponibilité en matière organique. Aussi à travers ces images, nous connaissons le changement de taux de couvert végétal au cours de temps. Aussi à partir d'eux, nous pouvons déduire l'ampleur des changements qui se sont produits dans la zone d'étude à la suite des changements climatiques.

Les séries chronologiques des images ont été prises à partir du logiciel Google Earth pour la zone d'étude avec les coordonnées : 34°39'7.53" - 3°26'32.04" et 34°38'46.73" -3°26'21.31"

Les cartes (Fig 13 à Fig 22) qui ont été prises datent des années suivantes : (1984, 1989, 2000, 2005 , 2010 , 2012 ,2013 , 2015 , 2018 , 2021).



**Figure 13 :**Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 1984

**Source :** Google Earth, 2022

Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth de la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 1984, de sorte qu'elle montre exactement l'emplacement de la fin et du milieu du lieu de l'étude que nous avons menée, et à travers cette image nous remarquons le grand nombre de couleur vert très foncé qui tend vers le noir, et cette couleur médiatise certaines zones avec une couleur brun foncé, car il est à noter que la zone est principalement constituée de chaînes de montagnes et de terres en pente.



**Figure 14 :**Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 1989

**Source :** Google Earth, 2022

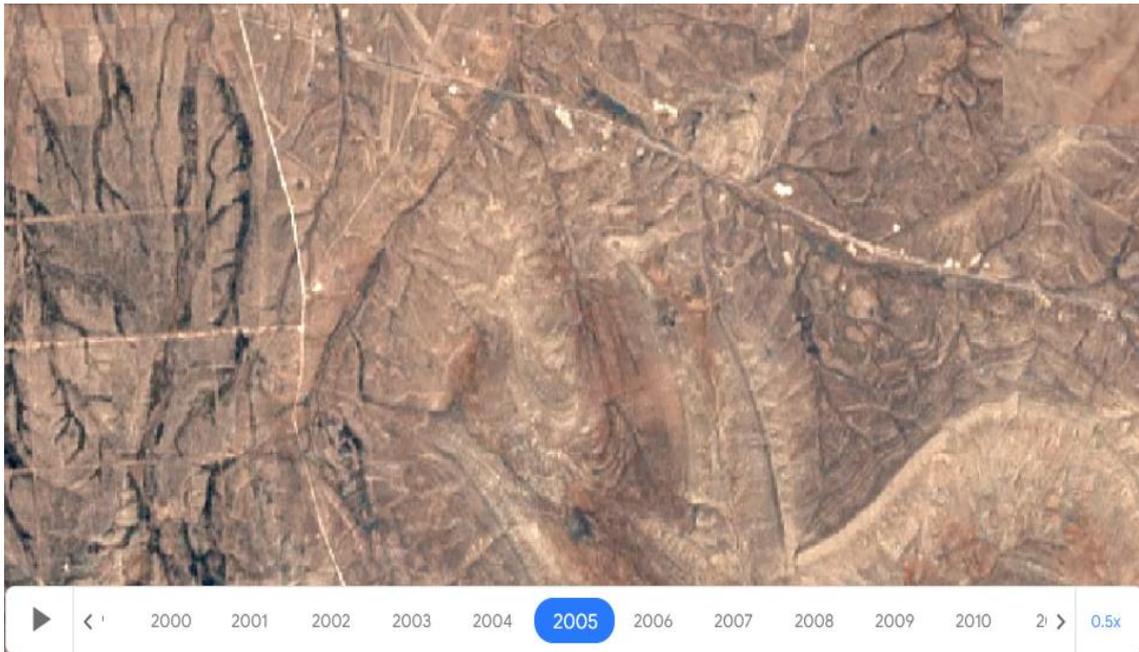
Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth pour la zone d'étude (**Azzrigua** ) en 1989, montrant exactement l'emplacement de la fin et du milieu du lieu d'étude, que nous avons également réalisé, et à travers cette image nous remarquons également le très sombre couleur verte, et cette couleur médiatise certaines zones en brun foncé comme l'image précédente.



**Figure 15 :**Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 2000

**Source :** Google Earth, 2022

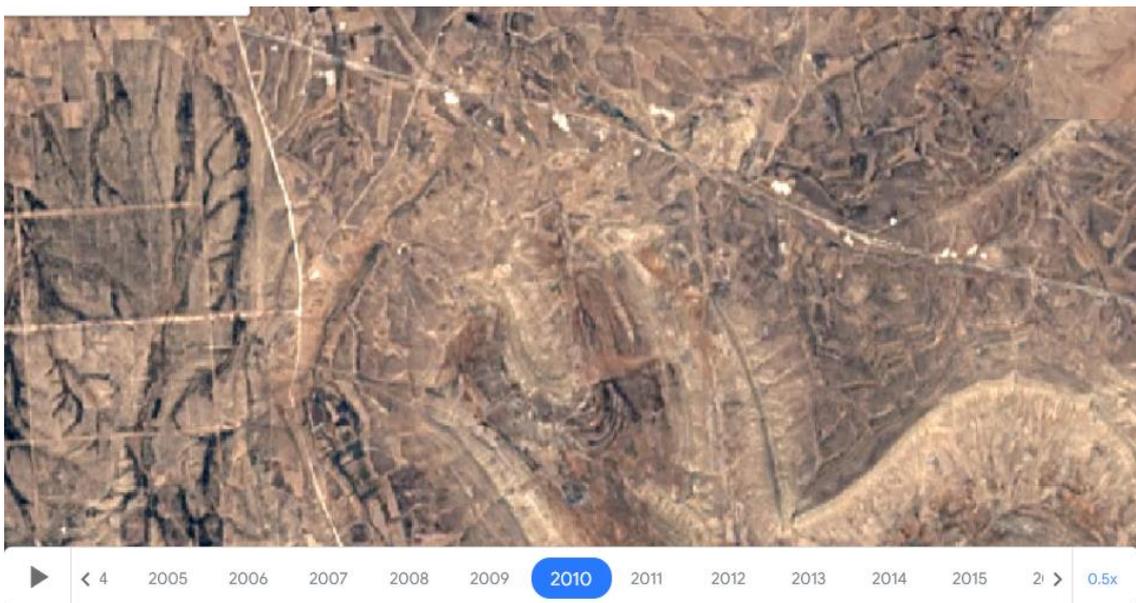
Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth pour la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 2000, montrant l'emplacement exact de la fin et du milieu du lieu d'étude que nous avons réalisé, et à travers cette image on remarque que la couleur verte s'est concentrée dans quelques zones et les zones où elle était abondante sont devenues. Elle a tendance à virer au vert clair, et la couleur brune dans les zones mentionnées précédemment a également commencé à virer au marron clair, et des lignes en zigzag ont commencé à apparaître sur l'image.



**Figure 16 :**Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 2005

**Source :** Google Earth, 2022

Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth de la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 2005, montrant l'emplacement exact de la fin et du milieu du lieu d'étude que nous avons fait, et à travers cette image nous remarquons que la couleur vert foncé a également commencé à disparaître, et la couleur brune a également commencé à tendre vers La couleur est marron clair, car on remarque l'émergence de petites nouvelles zones en blanc, comme on remarque le début de l'émergence de longues et sinueuses lignes de poissons, mais peu et abondamment sur la gauche de l'image



**Figure 17 :**Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 2010

**Source :** Google Earth, 2022

Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth pour la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 2010, de sorte qu'elle montre l'emplacement exact de la fin et du milieu du lieu de l'étude que nous avons faite, et les mêmes observations de la photographie aérienne de 2005, à quelques différences comme de nombreuses lignes épaisses en zigzag.



**Figure 18** :Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 4/2012

**Source** : Google Earth, 2022

Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth pour la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 2012, de sorte qu'elle montre l'emplacement exact du début du lieu de l'étude que nous avons faite, et on y remarque des terres agricoles cultivées et l'abondance de couleur blanche et la disparition de la couleur vert foncé qui a été observée sur les photographies aériennes de 1984 et 1989, l'épaisseur des lignes en zigzag a augmenté et la couleur brune de la plupart des zones est devenue claire.



**Figure 19** :Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 7/2013

**Source** : Google Earth, 2022

Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth pour la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 2013, montrant l'emplacement exact du début du lieu d'étude, que nous avons mené, et on y remarque des terres agricoles labourées et des zones à la lumière blanc et les zones restantes en brun clair et en lignes épaisses en zigzag.



**Figure 20** :Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 3/2015

**Source** : Google Earth, 2022

Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth pour la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 2015, de sorte qu'elle montre l'emplacement exact du début du lieu d'étude que nous avons fait, et les mêmes observations de la photographie aérienne de 2013 sauf dans la couleur brune qui a commencé à disparaître dans certaines régions.



**Figure 21 :**Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 11/2018

**Source :** Google Earth, 2022

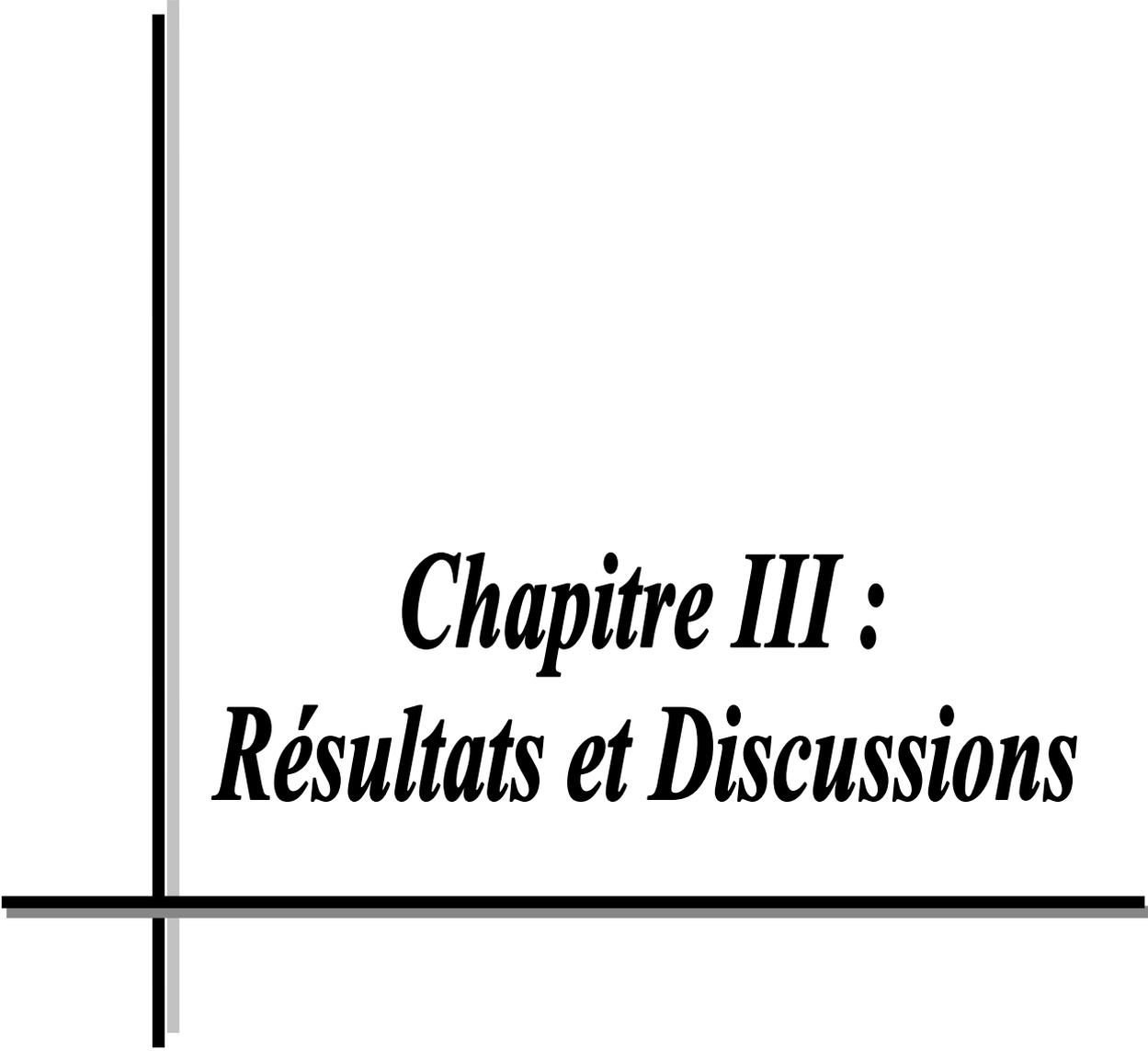
Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth de la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 2018, montrant l'emplacement exact du début du lieu d'étude que nous avons fait, et on y remarque la ferme et d'autres terres labourées et la disparition de la couleur brune dans la plupart des zones et la disparition de la couleur verte précédemment observée également



**Figure 22 :**Photo aérienne de la zone d'étude pour l'année 12/2021

**Source :** Google Earth, 2022

Cette photographie aérienne a été prise par Google Earth pour la zone d'étude (**Azzrigua** ) pour l'année 2021, car elle montre l'emplacement exact du début du lieu d'étude que nous avons fait, et elle contient les mêmes observations des photos aériennes de 2018 , comme la disparition du vert et du marron et l'apparition de blanc clair dans la plupart des zones et de lignes irrégulières.



***Chapitre III :***  
***Résultats et Discussions***

**III.1 Les résultats de l'enquête :**

Le questionnaire fait avec les habitants de la zone d'étude a généré des réponses qui ont été toutes enregistrées (tableau 9). En fait un échantillon de 63 habitants a été choisi pour servir de témoins de ce qui d'est passé en termes des changements édaphiques et climatiques dans cette zone d'étude **Azzrigua** .

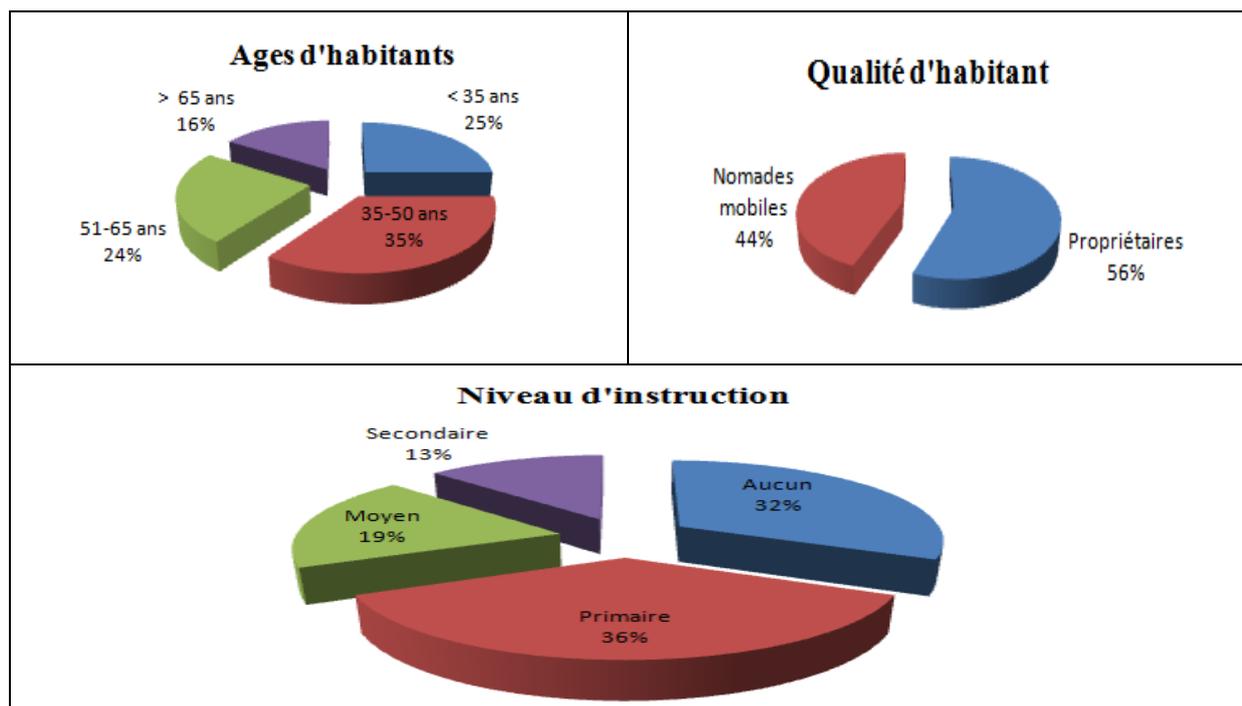
L'enquête a inclus plus de 70% de la population de la zone d'étude. L'âge moyen de 30 % de la population est entre 51 et 65 ans. 15% de la population ont plus de 65 ans. 15% de la population ont moins de 35 ans. 40% de la population ont entre 35 et 50 ans. 75% des personnes interrogées sont analphabètes et le reste a un niveau de primaire et secondaire.

**Tableau 9** : Résultats de l'enquête

Caractéristique	Effectif	
	Nombre	Pourcentage (%)
<b>Qualité d'habitant</b>		
Propriétaire	35	56 %
Nomades mobiles	28	44 %
<b>Age d'habitant</b>		
< 35ans	16	25 %
35 – 50 ans	22	35 %
51- 65 ans	15	24 %
> 65 ans	10	16 %
<b>Niveau d'instruction</b>		
Aucun	20	32 %
Primaire	23	37 %
Moyen	12	19 %
Secondaire	8	13 %
<b>Type de sol dans le passé</b>		
Sol fertile et cohésif	41	65 %
Sol moyen fertile	13	21 %
Sol faible	9	14 %
<b>Type de sol actuel</b>		
Sol fertile et cohésif	7	11%

Sol moyen fertile	17	27 %
Sol faible	39	62 %
<b>Disponibilité des plantes dans le passé</b>		
Alfa الحلفاء	63	100 %
Sparte السناغ	52	83 %
Remth الرمث	47	75 %
<b>Disponibilité des plantes en temps actuel</b>		
Alfa الحلفاء	13	21%
Sparte السناغ	5	8 %
Remth الرمث	2	3 %
<b>Nombre de propriétaires d'animaux dans le passé</b>		
Les brebis	48	76 %
Les chameaux	4	6 %
Les vaches	11	17 %
<b>Le nombre de propriétaires d'animaux actuel</b>		
Les brebis	62	98 %
Les chameaux	0	0 %
Les vaches	15	24 %

Les résultats du tableau ci-dessus sont représentés par les cercles relatifs (Fig 23 ) suivants :



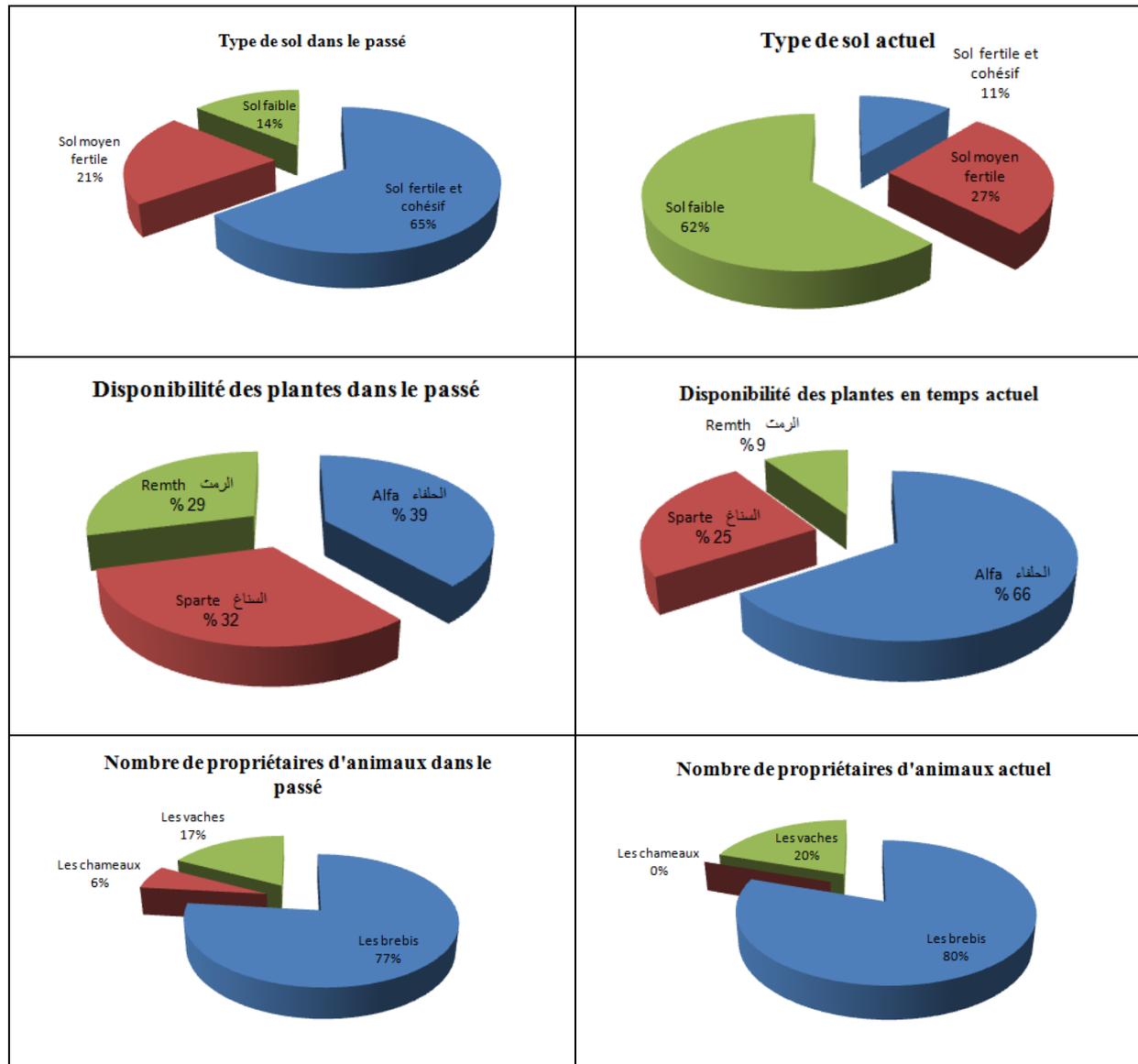


Figure 23 : Représentation des résultats de l'enquête dans des cercles relatifs

**III.2 l'indice d'aridité pour chaque année:**

L'indice d'aridité ( Fig 24) a été calculé après application des données climatiques de précipitation annuelle et de la température annuelle moyenne, et les résultats sont consignés dans le tableau (10) ci-dessous.

Tableau 10 : L'indice d'aridité de chaque année pendant le période 1975-2021

Période	P(mm)	Tmoy (°C)	T+10	Indice d'aridité
1975-1976	269.60	12.61	22.61	11.92
1976-1977	408.00	12.64	22.64	18.02

1977-1978	217.60	14.20	24.20	8.99
1978-1979	140.00	13.51	23.51	5.95
1979-1980	294.08	14.15	24.15	12.18
1980-1981	309.52	13.68	23.68	13.07
1981-1982	264.00	14.40	24.40	10.82
1982-1983	347.52	13.93	23.93	14.52
1983-1984	141.84	14.75	24.75	5.73
1984-1985	194.88	13.90	23.90	8.15
1985-1986	290.72	14.66	24.66	11.79
1986-1987	314.64	13.74	23.74	13.25
1987-1988	238.96	15.09	25.09	9.52
1988-1989	266.80	14.57	24.57	10.86
1989-1990	357.92	14.82	24.82	14.42
1990-1991	361.20	15.10	25.10	14.39
1991-1992	304.00	13.61	23.61	12.88
1992-1993	233.12	13.42	23.42	9.95
1993-1994	296.80	14.46	24.46	12.13
1994-1995	224.88	15.10	25.10	8,96
1995-1996	351.04	14.85	24.85	14.13
1996-1997	312.80	13.35	23.35	13.40
1997-1998	141.60	14.34	24.34	5.82
1998-1999	141.60	14.08	24.08	5.88
1999-2000	121.76	14.34	24.34	5.00
2001-2002	191.12	14.45	24.45	7.82
2002-2003	170.24	15.33	25.33	6.72
2003-2004	236.24	14.82	24.82	9.52
2004-2005	300.80	14.68	24.68	12.19
2005-2006	300.80	14.22	24.22	12.42
2006-2007	230.40	14.54	24.54	9.39
2007-2008	284.08	15.13	25.13	11.30
2008-2009	269.84	14.58	24.58	10.98
2009-2010	310.32	14.45	24.45	12.69
2010-2011	248.96	14.45	24.45	10.18

2011-2012	262.88	15.10	25.10	10.47
2012-2013	188.80	14.49	24.49	7.71
2013-2014	191.36	14.75	24.75	7.73
2014-2015	224.26	14.39	24.39	9.19
2015-2016	222.03	15.15	25.15	8.83
2016-2017	152.16	14.81	24.81	6.13
2017-2018	141.20	15.42	25.42	5.55
2018-2019	369.60	17.31	27.31	13.53
2019-2020	159.61	16.61	26.61	6.00
2020-2021	142.22	17.33	27.33	5.20
2021-2022	203.52	17.97	27.97	7.28

Les résultats l'indice d'aridité du tableau ci-dessus sont représentés par courbe graphique (Fig 24 ) suivants :

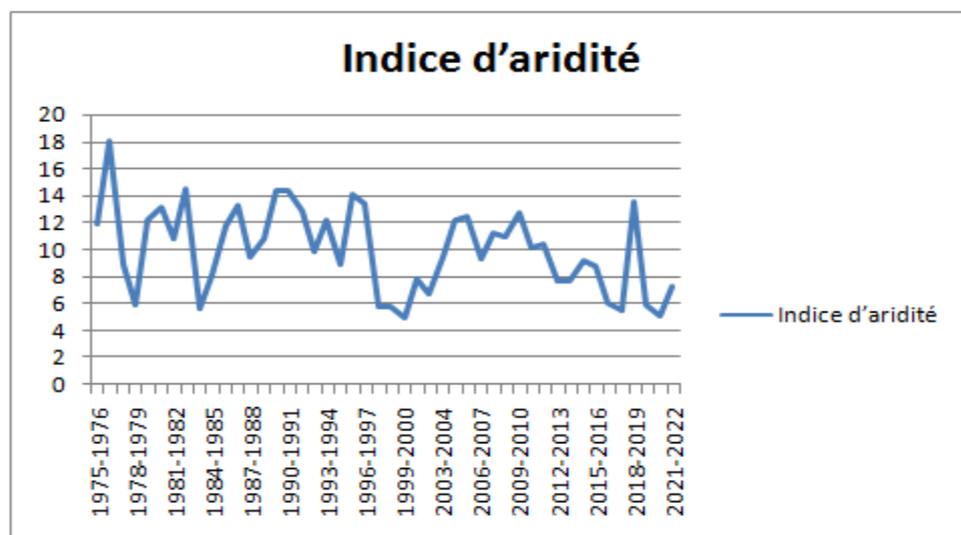


Figure 24 : Représentation des résultats de l'indice d'aridité par courbe graphique

D'après le tableau 10, l'indice d'aridité n'est pas constant au cours de la période d'étude 1975-2021.

Les valeurs les plus marquantes sont celles de la période 1976-1977 où l'indice est de 18.02 , ainsi que la valeur de 5.20 pour la période 2020-2021.

Pour plus de clarté, les résultats obtenus ont été classés dans l'Abaque de Martonne, et les résultats finaux ont été les suivants :

Pour les périodes (1977-1979) , (1983-1985) , (1987-1988) , (1994-1995) , (1997-2004) , (2006-2007) , (2012-2018) et (2019-2022) →le climat est de type désertique .

Pour les périodes (1975-1977) , (1979-1983) , (1985-1987) , (1988-1992) , (1993-1994) ,(1995-1997) ,(2004-2006) , (2007-2012) et (2018-2019) →le climat est de type semi-aride .

l'indice d'aridité est égale à 11.92 dans la période 1975-1976 et 18.02 dans la période 1976-1977 pendant l'ancienne période . En période récente la valeur est passée à 5.20 dans la période 2020 -2021 et 7.28 dans la période 2021-2022 , cela signifie une augmentation de l'aridité dans cette région .

**III.3 Valeurs annuelles d'érosivité:**

Les valeurs annuelle d'érosivité (Fig 25 ) ont été calculé en appliquant les données de précipitation annuelle, et les résultats sont consignés dans le tableau (11) ci-dessous.

**Tableau 11 :** Valeurs annuelle d'érosivité chaque année de la zone d'étude pendant le période 1975-2021

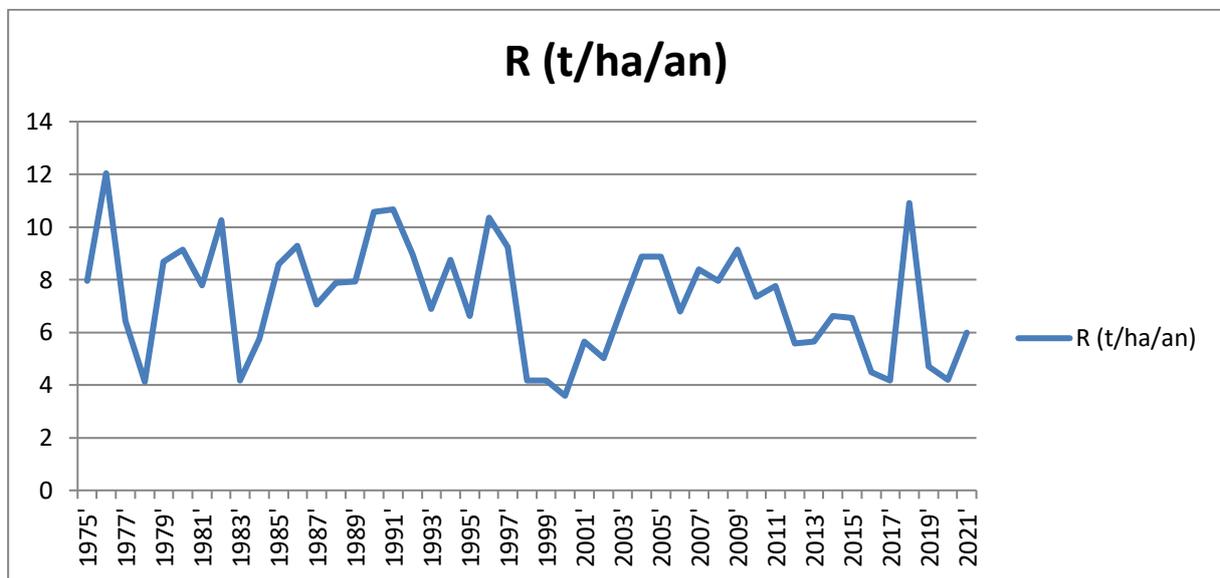
<b>Année</b>	<b>P annuelle (mm)</b>	<b>R (t/ha/an)</b>	<b>Année</b>	<b>P annuelle (mm)</b>	<b>R (t/ha/an)</b>	<b>Année</b>	<b>P annuelle (mm)</b>	<b>R (t/ha/an)</b>
<b>1975</b>	269,60	<b>7,95</b>	1991	361,20	<b>10,66</b>	2007	284,08	<b>8,38</b>
<b>1976</b>	408,00	<b>12,04</b>	1992	304,00	<b>8,97</b>	2008	269,84	<b>7,96</b>
<b>1977</b>	217,60	<b>6,42</b>	1993	233,12	<b>6,88</b>	2009	310,32	<b>9,15</b>
<b>1978</b>	140,00	<b>4,13</b>	<b>1994</b>	296,80	<b>8,76</b>	<b>2010</b>	248,96	<b>7,34</b>
<b>1979</b>	294,08	<b>8,68</b>	<b>1995</b>	224,88	<b>6,63</b>	<b>2011</b>	262,88	<b>7,75</b>
<b>1980</b>	309,52	<b>9,13</b>	<b>1996</b>	351,04	<b>10,36</b>	<b>2012</b>	188,80	<b>5,57</b>
<b>1981</b>	264,00	<b>7,79</b>	<b>1997</b>	312,80	<b>9,23</b>	<b>2013</b>	191,36	<b>5,65</b>
<b>1982</b>	347,52	<b>10,25</b>	<b>1998</b>	141,60	<b>4,18</b>	<b>2014</b>	224,26	<b>6,62</b>
<b>1983</b>	141,84	<b>4,18</b>	<b>1999</b>	141,60	<b>4,18</b>	<b>2015</b>	222,03	<b>6,55</b>
<b>1984</b>	194,88	<b>5,75</b>	<b>2000</b>	121,76	<b>3,59</b>	<b>2016</b>	152,16	<b>4,49</b>
<b>1985</b>	290,72	<b>8,58</b>	<b>2001</b>	191,12	<b>5,64</b>	<b>2017</b>	141,20	<b>4,17</b>
<b>1986</b>	314,64	<b>9,28</b>	<b>2002</b>	170,24	<b>5,02</b>	<b>2018</b>	369,60	<b>10,90</b>
<b>1987</b>	238,96	<b>7,05</b>	<b>2003</b>	236,24	<b>6,97</b>	<b>2019</b>	159,61	<b>4,71</b>
<b>1988</b>	266,80	<b>7,87</b>	<b>2004</b>	300,80	<b>8,87</b>	<b>2020</b>	142,22	<b>4,20</b>
<b>1989</b>	268,88	<b>7,93</b>	<b>2005</b>	300,80	<b>8,87</b>	<b>2021</b>	203,52	<b>6,00</b>
<b>1990</b>	357,92	<b>10,56</b>	<b>2006</b>	230,40	<b>6,80</b>			

D'après le tableau 11, il est clairement remarquable que l'érosivité est variable que cours de ces quatre dernières décennies

Les valeurs les plus marquantes sont celles de la période 1976 où l'indice est de 12.04 t/ha/an ainsi que la valeur de 4.13 t/ha/an pour la période 1978.

Il est également à noter que les valeurs de l'érosivité dans la plupart des années étaient proches et la plupart d'entre elles étaient de grandes valeurs, ce qui signifie que l'érosion du sol dans la zone d'étude augmentait chaque année.

Les résultats les valeurs annuelle d'érosivité du tableau ci-dessus sont représentés par courbe graphique (Fig 26 ) suivants :



**Figure 25 :** Représentation les résultats des valeurs annuelle d'érosivité de la zone d'étude pendant la période 1975-2021

#### **III.4 Résultats d'étude de l'évolution du sol par les cartes Google Earth:**

En analysant la série chronologique des cartes Google Earth pour le sol dans la zone d'étude, au cours de la période de 1984 à 2021, certains changements ont été révélés, notamment :

La dégradation de ton pour la couleur verte et aussi la couleur brun de certaines zones de la zone d'étude, il est apparu sombre au cours des anciennes années de 1984 à 1984 , mais au fil des années jusqu'en 2021, la couleur a commencé d'être de plus en plus claire. Cette tendance à la couleur claire du sol est éventuellement expliquée par la diminution de la matière organique qui peut être due soit un accroissement de taux de sa minéralisation suit au

réchauffement climatique et sécheresse ou bien un éventuel lessivage qui loin d'être possible à cause de la sécheresse.

Dans les cartes des années passées, on note que la forme des terrains était régulière, mais au fil des années et dans les cartes des dernières années, on remarque l'apparition de quelques lignes larges et en zigzag. Ceci pourrait être l'empreinte de fort ruissellement due à une averse suivie d'une longue sécheresse. Une telle explication est fort possible car en termes de climat, la région voit une sécheresse persistante au cours des dernières décennies avec de temps en temps une pluie estivale. Cette dernière sur un terrain assoiffé cause plus de ruissellement par conséquent plus d'érosion que d'infiltration.

### **III.5 Discussion générale sur les opérations expérimentales qui ont été menées sur la zone d'étude**

Il est noté que grâce à l'enquête qui a été menée, nous avons pu tirer des résultats sur le sol de la zone d'étude, et des connaissances préliminaires sur les changements survenus au sol au cours de la série chronologique de 1975 à 2021, qui peuvent être expliqués comme suit :

Dans les années soixante-dix le sol était fertile, et à sa surface était dépourvu de grosses pierres, et la plupart des zones étaient couvertes de plantes qui étaient très abondantes et très connues dans la région, et plus particulièrement y caractéristiques à savoir l'Alfa, le Sparte, et le Remth, mais la plante d'Alfa était la plus répandue dans la région et cette grande quantité de végétation a conduit à l'abondance de la matière organique et a aidé le sol à se tenir ensemble. Quant aux animaux, ils étaient des moutons en premier degré, puis vint l'élevage des vaches en second degré, et en troisième lieu l'élevage des chameaux, qui étaient peu.

Au fil du temps et au milieu des années 90, les plantes qui étaient répandues dans la région ont commencé à disparaître, et des pierres sont apparues à la surface du sol, et ont également conduit au grand nombre de oueds et de vallées, en raison de l'augmentation significative de la température qui a été également observée au fil des années. Quant aux animaux, le nombre de moutons a augmenté ce qui a entraîné le manque de petites surfaces de pâturages et le manque de plantes, et la pression et charge sur le sol due à l'effet de piétinement et la marche intensive de nombreux troupeaux ovins. Ceci a facilité la dégradation de l'amas de sol et par conséquent le transport du sol par l'érosion éolienne et hydrique. Un effet précurseur de l'apparition de la roche mère à couleur claire dans les images satellitaires. Aussi cela favorise l'ensablement et la désertification.

A propos des résultats obtenus du calcul de l'indice d'aridité, on note que par comparaison entre différentes années, nous avons pu enregistrer un changement dans l'aridité qui a augmenté en période récente pour la plupart des années mais avec une intensité différente.

Cette différence d'aridité est fonction d'une part de la diminution des précipitations et d'autre de l'augmentation de la température.

Pour les résultats du calcul des valeurs d'érosivité, une augmentation dans la valeur d'érosivité a été notée. Ceci doit être une conséquence logique à l'augmentation des précipitations. Cependant la sécheresse est abondante. Donc cela ne pourrait être expliqué que par les averses estivales de temps en temps.

En outre, les cartes Google Earth téléchargées pour la zone d'étude indiquent plusieurs changements qui se sont produites au niveau du sol de cette zone, et nous les expliquons comme suit :

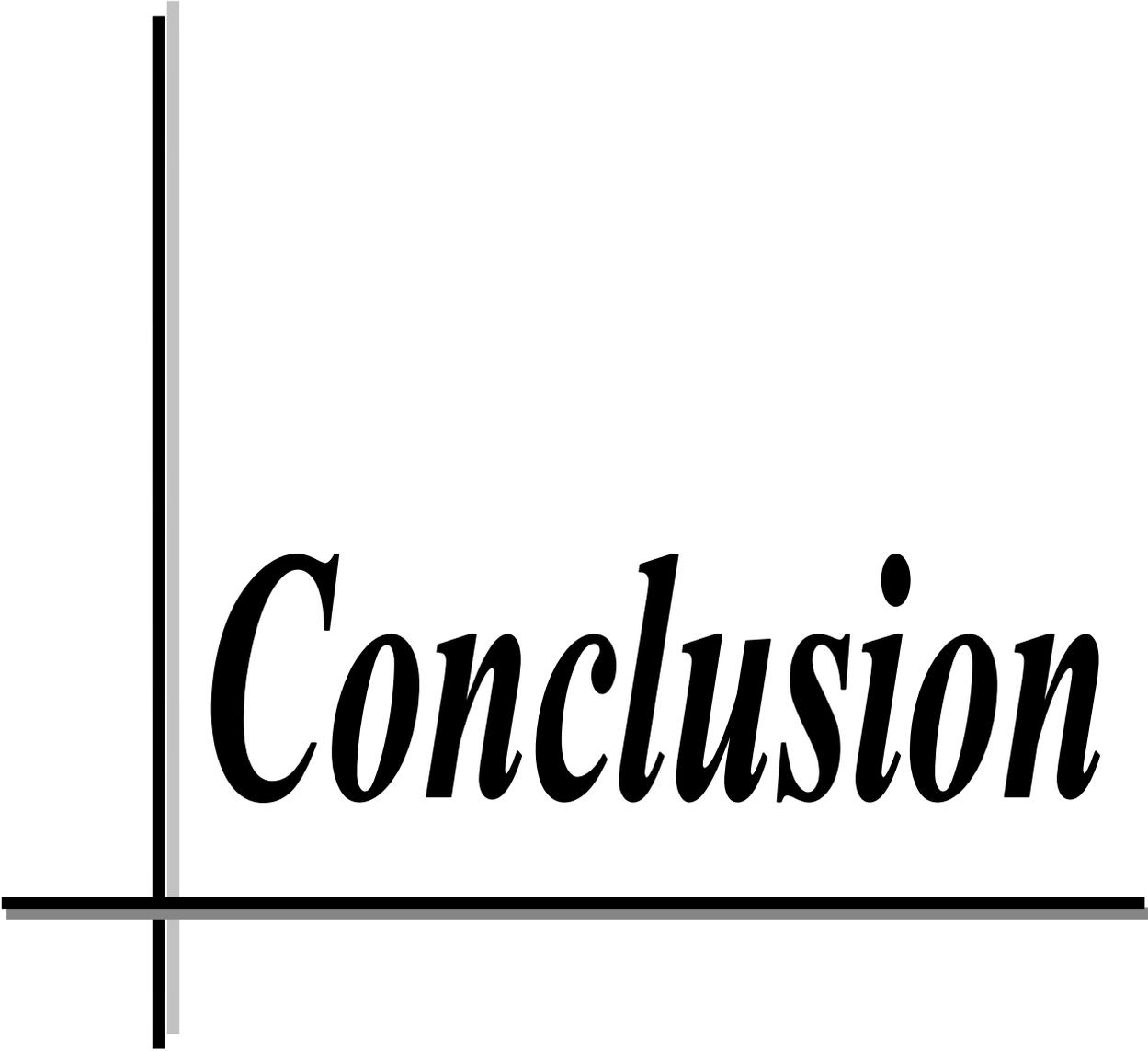
La dégradation de la couleur par rapport à la couleur verte au niveau de la séquence chronologique des cartes téléchargées indique la diminution progressive du couvert végétal de la région au fil des années.

Aussi pour la couleur brun foncé jusqu'au blanc clair représente la perte progressive de la matière organique (brun foncé) au cours du temps sous l'effet de la minéralisation de en raison de l'augmentation de la température qui accélère ce processus de minéralisation. La couleur blanc clair indique que le sol est devenu de qualité minérale.

Quant à l'apparition de certaines lignes larges et en zigzag sur les cartes, cela indique l'abondance de rivières et de vallées, et cela est dû à l'érosion des sols. Cette dernière est attribuée à la longue sécheresse qui favorise le ruissellement au détriment d'infiltration et c'est la qualité de toute sol sec qui reçoit une averse brusque.

En général, A travers les opérations qui ont été menées sur la zone d'étude, il a été constaté qu'en raison des changements climatiques qui se sont produits dans le monde et auxquels la région de steppe centrale de Djelfa a également été exposée, de sorte que des augmentations de température ont été observées, des fluctuations de précipitations et irrégularité. En effet et comme conséquence le nombre d'animaux a ougmenté, le couvert végétal à régressé, l'érosion des sols est de plus en plus accentuée conduisant à l'abondance

des vallées. Ces changements climatiques ont aussi conduit à un déficit de la matière organique en favorisant sa minéralisation complète. Par conséquent la structure du sol devient fragile, moins consistante et peu fertile et ainsi vulnérable à l'érosion hydrique et éolienne et ensuite à la désertification. Ajouté, on peut noter l'apparition de nouvelles formations de sol en surface, qui se sont enrichies de calcaire et de grosses pierres.



*Conclusion*

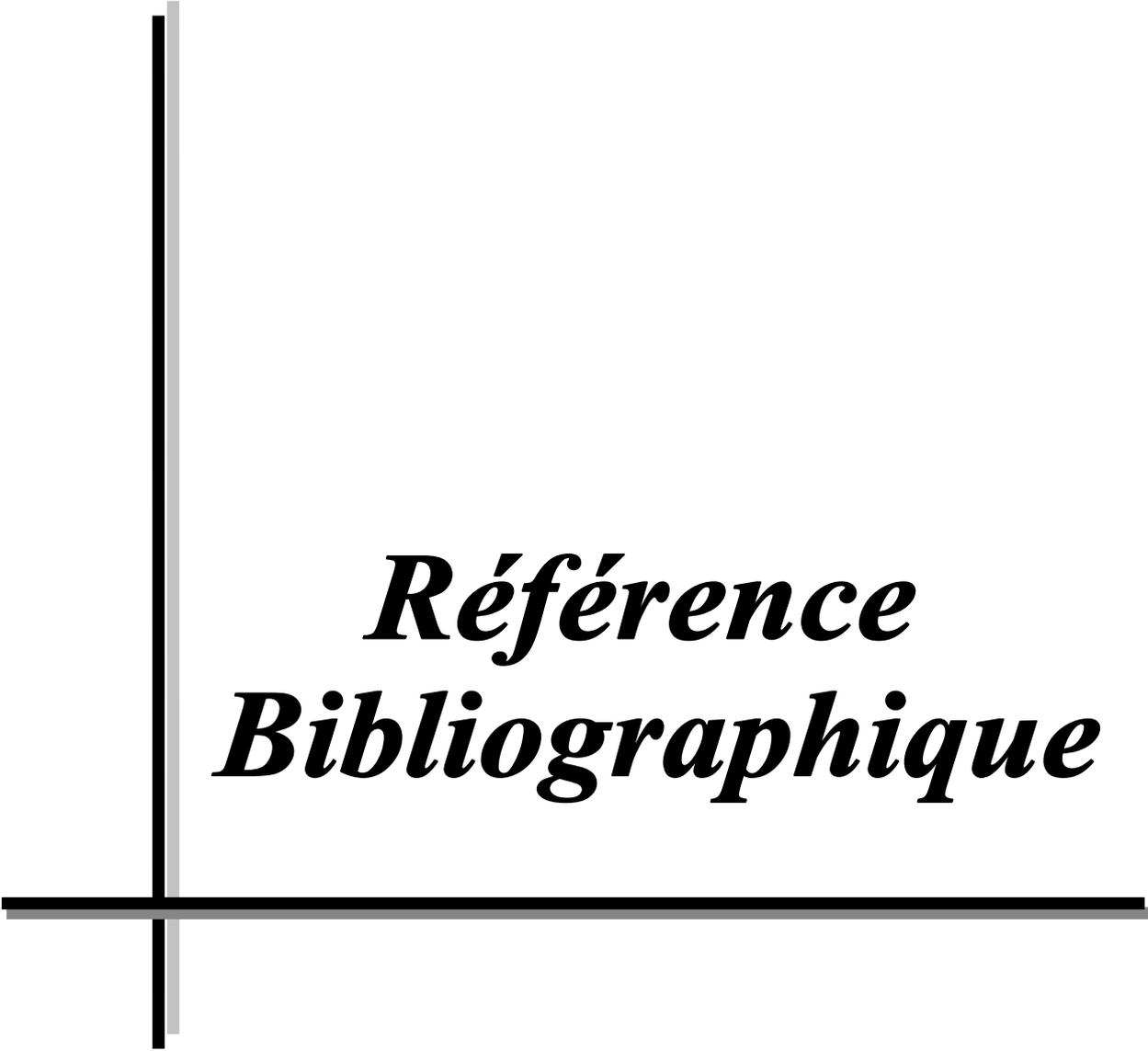
**Conclusion :**

Grâce à cette étude, il est apparu clairement que les effets des changements de précipitations sur le sol et sa pédogenèse dans la zone de steppe centrale de Djelfa sont multiples, et cela est dû aux composantes du milieu. Un milieu à fragilité du sol connue et à des reliefs avec des pentes différentes, en plus une pédogenèse faible conduisant à un sol peu évolué. Quant au climat de la région, il est majoritairement semi-aride, caractérisé par des précipitations irrégulières à la fois dans l'espace et dans le temps. Les précipitations annuelles sont généralement estimées à 247,11 mm/an. Elles se caractérisent également par des variations des valeurs journalières au fil des années, qui se répercute d'une façon directe sur la répartition et le régime de ruissellement. Ceci cause en particulier les inondations qui accentuent l'érosion et de la dégradation des sols et induisent ainsi des changements dans sa composition dus au mouvement et à la sédimentation des matériaux de haut en bas pour les terrains en pente. Il existe également d'autres facteurs qui ont aidé les changements de précipitations à affecter le sol et sa pédogenèse, notamment le manque d'un couvert végétal dans la région en plus sa dégradation par le surpâturage dû au grand nombre de bétail et d'éleveurs. En outre, utilisation irrationnelle des terres de la région pour l'agriculture. En effet, dans le passé certaines terres étaient complètement recouvertes de plantes d'Alfa, mais de certains investisseurs qui y ont construit des projets agricoles, les parcours d'Alfa ont été défrichés et cette plante a peu à peu disparu et le sol est mis à nu et directement exposé aux facteurs climatiques favorisant la minéralisation de sa matière organique et ainsi affaiblissant la consistance et sa structure devenant de plus en plus sableuse. Un tel sol est fragile vulnérable à l'érosion qui conduit inévitablement à la désertification. Aussi déforestation cot-à-cot à la non replantation y avaient été un facteur.

Parmi les solutions et les recommandations qui peuvent éventuellement contribuer à réduire l'impact des changements de précipitations sur le sol et sa pédogenèse, nous mentionnons les suivantes :

- Réduire le surpâturage dans les zones fragiles et épuisées.
- La mise en défens des zones qui peuvent être réhabilitées et régénérées
- Création de réserves plantées de plantes steppiques connues.
- Encourager le reboisement sur des grandes étendues et appliquer des pénalités à ceux qui abattent des arbres verts.

- Organiser des réunions et des séminaire avec les habitants de la région afin de les familiariser avec les dangers qui affligent les steppes centrales et comment les prévenir.
- Mise en place de barrières de pierres perpendiculaires aux différentes pentes pour réduire l'érosion et l'érosion des sols.



***Référence  
Bibliographique***

**Références bibliographiques :**

- Abd Elamiri I.D.S ,2005-*Spatial Diverse Of Soil Characters In BUHRZ and BANI SAAD Districts and Spatial Relationship With Climate and Water Resources* . Mém. Magister en littérature de Géographie ,Univ.Bagdad , Iraq , 115 p.
- Anabe R , 2006-*Evaluation du risque d'érosion dans le bassin de Timgad et son impact sur le barrage de koudiet M'douar –approche multicritères* . Thèse Magistère en dynamique des milieux physiques ,Univ .Hadj Lakhdar ,Batna , 210 p .
- Anjali M. C., Dhananjaya B. C., 2019-*Effect of Climate Change on Soil Chemical and Biological Properties-A Review*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8 (2) : 1502-1512.
- Balasubramanian A ,2017 - *Soil Forming Processes* . Rapport de Balasubramanian A , , India , 11p.
- Baize D. *Les sols et leur formation sous climats tempérés*. Pédologie , [En Ligne] . Créé en 09/09/2020 [https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/formation-sols-climat-tempere.xml#pedogenese] , (Consulté le 20/05/2022) .
- Ben Achour M ., 2016 –*Etude de l'érosivité des pluies sur le bassin de la Soummam par le biais de SIG et télédétection* .Mém. Master en Hydraulique ,Ecole Nationale d'Hydraulique , Blida , 88 p.
- Boukarabila M ., 2017 – *L'effet du substrat sur le développement de quelque insecte* . Mém. Master en agronomie .Univ. Abou BekrBelkaid, Tlemcen, 68p.
- Chabaan C, 2016 –*Modélisation de l'érosion hydrique par le modèle seagis . Cas du bassin versant du barrage siliana* .Mém. Master en science de la terre ,Univ.Elmanar , Tunis , 94 p.
- Echarbini A.S et Amacha S.M.A ., 2021 –*L'effet des contrôles climatiques sur certaines propriétés du sol dans le delta du nord de l'Égypte à l'aide de systèmes d'information géographique, une étude appliquée en arabe*. Le Journal Scientifique de la Faculté des Arts, Université de Damiette, 10(3) : 33-79 .
- Elhamidi KH. H ,2007- *Conférences sur la formation, la division et la classification des terres en arabe*. Ed D.P.U , Egypte , 153 p.
- Elkhatib A, 2006- *Les bases sciences des terres en arabe* .Ed Monshaat Elmaaref, Alexandria ,Egypte , 601 p .

- F.A.O .*Changement climatique: les sols, partie de la solution* [En Ligne] . Créé en 23/06/2015 [<https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/fr/c/292792/>] , ( Consulté le 25 Mai 2022 ) .
- Gélybo G ., Toth E., Farkas C., Horel A., Kasa I., Bakacsi Z., 2018-*Potential impacts of climate change on soil properties* . *Agrochemistry and Soil Science*, 67(1):121-141.
- Géoffroy S., 2007- *Fonctionnement et évolution pédogénétique de technosols issus d'un procédé de construction de sol* .Thèse de Doctorat , Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et de Industries Alimentaires ,Lorraine, France ,229 p.
- I.P.C.C ., 2020 - *Changement climatique et terrestre* . Rapport de l'I.P.C.C ., Suisse , 39 p.
- Karmakar R ., Das I., Dutta D. et Rakshit A ., 2016- *Potential Effects of Climate Change on Soil Properties* . *Science International* , 4 : 51-73 .
- Khente R, 2017- *Vulnérabilité multifactorielle à l'érosion hydrique du bassin versant du barrage de BÉNI AMRANE (W. BOUMERDÈS)*.Mém . Master en Hydraulique .Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique -ARBAOUI Abdallah, Blida , 60 p.
- Koudded M., 2013-*Cartographie des risques d'érosion hydrique des sols au moyen du système d'information géographique-Cas du bassin versant de l'oued fergoug* . Mém. Magister en sciences agronomiques ,Univ.AbdElhamid Ibn Badis,Mostaganem . 132 p.
- Kumar V., Rawat A. K. et Amule C., 2016- *Climate Change Impact on Beneficial Soil Microbial Community*. *Nature Environment and Pollution Technology* , 15 (2) : 619-625.
- Maaliou A., 2011-*contribution a l'étude de l'impact de l'érosivité des pluies sur le transport solide de quelques grands bassins versant* .Mém .Magister en génie civil ,Univ .Houari Boumediene , Bab Ezzouar, Alger 87 p .
- Macary et Berville ., 2003- *Bilan des connaissances sur l'érosion et les phénomènes de ruissellement* . *researchgate.net* , 27 (2) : 1-28.
- Mansouri S ., 2017 –*Cartographie des pluies annuelles appliquées au bassin des Issers* .Mém .Master en hydraulique .Ecole Nationale d'Hydraulique , Blida , 59 p .
- Maignien R ., 1957 -*Manuel de prospection pédologique* . Ed. ORSTOM ,Paris , 218p.
- Melalih A., 2012-*Analyse des techniques de conservation de l'eau et du sol dans la zone aride cas bassin versant d'AIN SEFRA*. Thèse Magistère en sciences agronomiques ,Univ. Abou-bekrBelkaid ,Tlemcen , 144 p .
- Musy A .*Cours Hydrologie générale* , 4<sup>ème</sup> semestre [En Ligne] . Créé en 2005 [<https://echo2.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre3/main.html>] , (Consulté le 25 Mai 2022) .

- Noumeur S R.,2009- *Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna)* . Mém.Magister, sci.bio.,Univ. Mentouri , Constantine , 74 p.
- Patil A .A. 2018- *Impacts of climate change on soil health* .International Journal of Chemical Studies,6(3): 2399-2404.
- Pugin A ,2020 - *Valorisation de la géomorphologie en lien avec les changements climatiques dans les Vals Ferret et d'Entremont par la réalisation d'itinéraires géotouristiques*. Mém . Magistère en Géographie ,Univ .de Lausanne ,Suisse , 232 p.
- Puissant J,2015 –*effets des changements climatiques sur la dynamique de décomposition microbienne du carbone organique du sol en prairie subalpine calcaire* . Thèse de Doctorat en Biodiversité et Ecologie ,Univ. Grenoble Alpes , Frances . 302 p.
- Quenard L ,2011 - *Analyse d'un processus pédogénétique par une approche expérimentale : le lessivage des argiles dans le sol* . Thèse de Doctorat .Univ .d'Orléans . France,293 p.
- Reynolds L., Johnson B., Pfeifer L.M. et Bridgham S.D.,2015-*Soil respiration reponse to climate change in Pacific Northwest prairies is mediated by a regionalMediterraneanclimate gradient* .Global Change Biology , 21 : 487-500.
- Rhouma A. T et Nour B. A .,2015 – *Soil Survey , Classification and Land Evaluation*. Ed Dar Al Mukhtar pour l'édition et la distribution ,Alexandria ,Egypte , 218 p .
- Sabir M,1986 -*L'érosion hydrique et sa quantification* . Mém .DEA en Ressources en eau et aménagement ,Univ Paris XI , France ,183 p.
- Sudeshna M ., 2021- *Impact of Climate Change on SoilFertility* . pp. 551-569 cité par Choudharyd K., Mishra A et Varma A.,*Climate Change and the Microbiome*. Ed. Springer Nature AG ,Switzerland ,748 p .
- Tilmant S ,2010- *Utilisation de l'humidité de sol comme indicateur de changement climatique* .Mém . Magistère en Génie ,Univ , du Québec , Ecole de Technologie Supérieur , Canada , 104 p .
- Tripathy B. et Raha S., 2019 – *Formation Of Soil* . Thematics Journal of Geography, 8(8) : 144-150.
- Ullah A. Bano A. et Khan N.,2021-*Climate Change and Salinity Effects on Crops and Chemical Communication Between Plants and Plant Growth-Promoting Microorganisms Under Stress*.Frontiers in Sustainable Food Systems.,5: 1-16.
- William A ,1992-*Soil Profile Description Manual* .Rapport de Crop and Soil Environmental Sciences ,Virginia Tech, 134 p.
- Yahiaoui D, 2015-*Impact des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie* .Mém. Magister en Biologie ,Univ. Ahmed Ben Bella ,Sénia ,Oran , 161 p .

- Yigo G.L.P.A ,2011- *Elaboration d'un cadre d'intervention pour la gestion des risques liés aux changements climatiques dans le domaine de la sécurité alimentaire au Burkina Faso* .Mém . Ingénieur en développement rural ,Univ Polytechnique de Bobo-Dioulasso , Burkina Faso , 88 p .
- Zeraat S. et Berenjian A.,2013- *Soil Formation by Ecological Factors : Critical Review* . American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 8(2) : 114-116 .
- Kherfane N, 2014 – *Les outils de gestion de l'espace et la réalité du développement urbain non maîtrisé " approche géomatique " ( cas de la Ville de Djelfa)* , Thèse magister , en Aménagement du territoire . Univ Hadj Lakhdar , Batna , 236 p.
- Mati A. et Yabrir B ., 2015- *Caractéristiques des élevages ovins de la steppe centrale de l'Algérie en relation avec l'aridité du milieu : cas de la wilaya de Djelfa* . LivestockResearch for Rural Development , 27(10): 1-24
- Nedjraoui D , 2004 – *Evaluation des ressources pastorales des régions steppiques algériennes et définition des indicateurs de dégradation* . Unité de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres : 239-243.
- Dif A. et Toual H., 2015- *Vers un développement rural et agricole durable en milieu steppique et pastoral*. Rapport de U.F.C , Djelfa , 17 p .
- Univ . Djelfa ,*Présentation de Djelfa* [En Ligne] . Créé en 2020 [[http://www.univ-djelfa.dz/ar/?page\\_id=64](http://www.univ-djelfa.dz/ar/?page_id=64) ] , (Consulté le 10/06/2022).
- Benidir M , 2009 - *Sédentarisation et développement durable de l'élevage ovin en zone steppique* .Thèse magister en Agronomie . ENSA , Alger , 142 p.
- Cherfaoui T,2017- *Etude de la Croissance et de l'accroissement du pin d'Alep dans la forêt Senalba Gharbi (Djelfa)*. Cas de la Série 13. Mém master en Aménagement et Gestion des Forêts ,Univ Abou BekrBelkaid , Tlemcen , 101 p.
- Belarbi F, 2010 - *Etude de la pluviométrie journalière dans le bassin versant de la TAFNA*. Magister en hydraulique ,Univ Abou BekrBelkaid , Tlemcen , 140 p .
- Houari H. et Benzartiha F., 2019 – *Etude du climat passé et des changements climatiques futurs dans la région de Sétif* .Mém master en Agronomie ,Univ Mohamed EL Bachir El Ibrahimi , Bordj Bou Arréridj , 61 p .
- Khader M , 2019 - *Apport de la géomatique à l'analyse spatio-temporelle des parcours steppiques : Cas de la région de Djelfa* , Thèse doctorat en sciences agronomiques , Univ Mohamed Khider , Biskra , 192 p .

Hadjadj N. et Hedaid M ., 2018 - *Dégradation des pâturages steppiques en Algérie : le cas de la wilaya de Djelfa* .Agriculture journal , Biannual journal, edited by Ferhat ABBAS University, Sétif1 , 8(2) : 1-10 .

Boussaid A. Souiher N. et Djaballah F., 2012 – *Contribution à une étude climatique comparative entre deux trentaines d'années (1913-1938) et (1975-2009) .Cas de la région de Djelfa* .The Egyptian Journal Of Environmental Change ,4(4) : 23-44.

Mostephaoui T. Saifi M. Sakaa B et Hanafi T.M ., 2013- *Cartographie des risques d'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de pertes en sol à l'aide d'un Système d'Information Géographique dans le bassin versant d'El Hamel (Boussaâda) .* Journal Algérien de Régions Arides N° 11 : 1-17.

Guesmi B . Sahnoune M. Chakali G et Azouzi B ., 2014 - *Le réchauffement climatique , une réalité vécue a Djelfa* . International Journal of Climatology , 4(2) : 8-17.

Lakhal A , 2018 – *Analyse spatio-temporel des précipitations dans la zone de la Mitidja* . Mém master en hydraulique , Ecole nationale supérieur d'hydraulique – Arbaoui Abdellah , Blida , 57 p .