



Mémoire présenté en vue de l'obtention du  
diplôme de



**Master II en Sciences Agronomiques**

**Option**

**« Gestion Conservatoire des Eaux, des Sols et de l'Environnement »**

par

**AIT GACEM Omar & KADDOUR DAOUADJI Abdeldjaouad**

## **Thème**

**Impacts des systèmes de culture sur l'érosion  
hydrique des sols agricoles dans les piémonts Nord  
Ouest du Dahra (W. Mostaganem)**

### **Devant le jury :**

Président	Pr Haddad Ahmed	Université de Mostaganem
Examineur	Dr Boualem Abdelkader	Université de Mostaganem
Promoteur	Pr Larid Mohamed	Université de Mostaganem
Co-Promoteur	Dr Hamadi Amina	Université de Mostaganem

**Année universitaire : 2017 / 2018**

## *EMERCIEMENTS*

Tout d'abord, nous remercions Dieu, notre créateur de nous avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances et remerciements à notre Directeur de mémoire *Pr LARID Mohamed*, et Co-promoteur *HAMADI Amina* qui ont fait preuve d'une grande patience et ont été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail. Leurs conseils, orientations ainsi que leur soutien moral et scientifique nous ont permis de mener à terme ce travail. Leur encadrement était des plus exemplaires, qu'il trouve ici, le témoignage d'une profonde gratitude. Nous espérons que ces mots réussiront à retranscrire fidèlement au moins une part de nos sentiments à leur égard.

Nous tenons également à remercier messieurs les autres membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de participer pleinement à notre soutenance, tout particulièrement :

Pr HADDAD pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury  
et le Dr BOUALEM Abdelkader pour avoir examiné notre mémoire

Nous exprimons aussi nos vifs remerciements aux enseignants du département d'agronomie de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem pour leur aide et conseils scientifiques.

C'est aussi un grand plaisir d'exprimer nos remerciements au personnel de l'institut national des sols, de l'irrigation et du drainage (INSID) de l'Ouest (wilaya de Relizane) et surtout son Directeur *M. Gacem Farid* de nous avoir accueilli dans ses laboratoires.

L'occasion nous est offerte de témoigner chaleureusement notre incère gratitude à nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin toutes nos reconnaissances sont adressées à tous ceux et celles qui nous ont aidé dans la réalisation de ce travail et soutenu dans les moments difficiles.

Que chacun(e) se retrouve à travers ces quelques lignes

<b>Liste des photos</b>		
<b>N°</b>	<b>Intitulés</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Parcelle agro forestiers de blé sous noyers	<b>08</b>
<b>02</b>	L'accumulation de sol et de débris de culture à l'extrémité basse.	<b>17</b>
<b>03</b>	Erosion en rigoles sur des terres agricoles de notre zone d'étude	<b>17</b>
<b>04</b>	Erosion en ravinement dans les terres agricoles de notre zone d'étude	<b>18</b>

<b>Liste des figures</b>		
<b>N°</b>	<b>Intitulés</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Processus de l'érosion hydrique	<b>16</b>
<b>02</b>	Effet des gouttes de pluies sur le sol	<b>16</b>
<b>03</b>	Situation géographique de la zone d'étude.	<b>26</b>
<b>04</b>	Carte des réseaux routiers de la zone d'étude.	<b>27</b>
<b>05</b>	Carte des pentes de la zone d'étude.	<b>27</b>
<b>06</b>	Carte d'altitude de la zone d'étude.	<b>28</b>
<b>07</b>	des expositions de la zone d'étude	<b>29</b>
<b>08</b>	lithologique de la zone d'étude	<b>29</b>
<b>09</b>	Carte des réseaux d'écoulement pluvial de la zone d'étude.	<b>30</b>
<b>10</b>	Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.	<b>30</b>
<b>11</b>	Précipitations moyennes mensuelles (mm).	<b>31</b>
<b>12</b>	Températures moyennes maximales et minimales (°C).	<b>32</b>
<b>13</b>	Vitesse moyenne mensuelle des vents (m/s).	<b>33</b>
<b>14</b>	Humidité relative moyenne mensuelle de l'air (%).	<b>33</b>
<b>15</b>	Insolation moyenne mensuelle (h/mois).	<b>34</b>
<b>16</b>	Evapotranspiration moyenne mensuelle (mm).	<b>34</b>
<b>17</b>	Diagramme sombrothermique de Bagnouls et Gaussens.	<b>36</b>
<b>18</b>	<b>les différentes traces de l'érosion sur la zone d'étude</b>	<b>39</b>
<b>19</b>	Délimitation des parcelles expérimentales sur la zone d'étude (Extrait de l'image de Google Earth, 2018).	<b>42</b>
<b>20</b>	Triangle de texture d'après Jamagne, 1967 ; in Baize,	<b>45</b>
<b>21</b>	Triangle de texture d'après Jamagne, 1967 ; in Baize, 2000	<b>49</b>
<b>22</b>	Carte de sensibilité selon le degré de la pente.	<b>54</b>
<b>23</b>	Carte de sensibilité selon la végétation.	<b>56</b>
<b>24</b>	Carte de sensibilité selon la friabilité	<b>57</b>
<b>25</b>	Carte d'érodibilité	<b>58</b>
<b>26</b>	Carte du risque d'érosion	<b>59</b>
<b>27</b>	Indice de battance des systèmes de culture	<b>60</b>

<b>Liste des tableaux</b>		
<b>N°</b>	<b>Intitulés</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Répartition de la superficie et production totale des cultures fruitières (2009/2010)	<b>12</b>
<b>02</b>	Coordonnées géographiques de la zone d'étude.	<b>25</b>
<b>03</b>	Classification du climat selon l'indice de continentalité (Debrach, 1953).	<b>35</b>
<b>04</b>	Indice de continentalité de la zone d'étude	<b>35</b>
<b>05</b>	Ambiance bioclimatique de Sidi Ali.	<b>37</b>
<b>06</b>	Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne.	<b>37</b>
<b>07</b>	caractéristiques des parcelles expérimentales de la zone d'étude	<b>43</b>
<b>08</b>	Système de classification des classes texturales	<b>45</b>
<b>09</b>	Classification des sols selon l'indice de battance	<b>46</b>
<b>10</b>	Classes de perméabilité	<b>47</b>
<b>11</b>	Echelle d'interprétation du pHeau d'après Ryser <i>et al.</i> , 2001	<b>48</b>
<b>12</b>	Echelle de salure en fonction de la CE de l'extrait aqueux au 1/5 d'après Aubert, 1978	<b>48</b>
<b>13</b>	Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol d'après Loz et Mathieu, 1990	<b>50</b>
<b>14</b>	Sensibilité à l'érosion selon les classes des pentes.	<b>54</b>
<b>15</b>	Sensibilité à l'érosion selon les classes des pentes	<b>55</b>
<b>16</b>	Sensibilité à l'érosion selon la lithologie	<b>56</b>
<b>17</b>	Sensibilité à l'érosion selon les classes d'érodibilité	<b>58</b>
<b>18</b>	présentation des résultats de l'indice de battance	<b>60</b>
<b>19</b>	Impacts des systèmes sur les propriétés physico-chimiques des sols (Récapitulatif des résultats de l'analyses de la variance)	<b>62</b>

## **Liste des abréviations**

**CO : carbone organique**

**DGF : direction générale des forêts**

**DSA : direction des services agricoles**

**FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture**

**Ib : indice de battance**

**Ks : perméabilité**

**MO : matière organique**

**SIG : systèmes d'information géographique**

# *Introduction générale*

## Introduction générale

L'agriculture est le support principal dans le développement des nations. Elle occupe une place cruciale dans la lutte pour la sécurité alimentaire, la génération des revenus et la diminution de la pauvreté. De ce fait, l'agriculture reste l'outil le plus puissant dans la politique internationale.

Depuis le développement de notre civilisation, il y a moins de 10 000 ans Av-JC, la production agricole pour la fourniture alimentaire de l'humanité est la fonction principale des sols (Robert, 2005) qui sont sous la menace croissante d'une vaste gamme d'activités humaines réduisant sa disponibilité et sa viabilité à long terme. La phase finale du processus de dégradation des terres est atteinte quand le sol perd sa capacité à assurer cette fonction. Les causes de cette dégradation sont multiples et connues depuis plusieurs décennies comme l'imperméabilisation, la dégradation physique (érosion, tassement), chimique (acidification), biologique (perte de biodiversité).

L'érosion résulte de la dégradation des couches superficielles de la couverture pédologique et du déplacement des matériaux le constituant (Antoni et *al.*, 2006). Elle résulte du détachement, sous l'effet de l'énergie cinétique des gouttes de pluie, et du transport des particules du sol de leur emplacement initial par l'eau. Ce phénomène dégrade la qualité des sols, la fertilité des sols et réduit la capacité des réservoirs (Toumi, 2013). Lorsque le montant de la perte en sol est examiné à travers le monde, on voit que de nombreux pays ont souffert de l'érosion des sols. Environ 90% des terres cultivées aux États-Unis connaissent le phénomène des pertes en sol. Cette perte est estimée entre 5 et 12 t/ha/an (Pimentel et *al.*, 1995). La zone méditerranéenne a la réputation d'être sujette à des risques érosifs très élevés (Jose et *al.* 2012).

Il nous a paru utile d'analyser le potentiel système de culture et évaluer ses impacts sur le ruissellement et les pertes en terres par le processus d'érosion hydrique sur des terrains agricoles

Pour Ce faire, notre étude comporte trois grandes parties:

- Une première consacrée à une synthèse bibliographique portant sur ce qui a été réalisé sur système de culture, l'érosion hydrique.
- La deuxième et porté sur la description des matériels et méthodes.
- La troisième concerne l'interprétation des résultats traitement statistique (ANOVA) des résultats des analyses physico-chimiques des sols.
  - Et, enfin une conclusion générale.

*Synthèse*  
*bibliographique*

## **Introduction**

Dans les régions de plateaux limoneux du Nord-Ouest de l'Algérie, et en particulier au Nord du Bassin de Dahra sur la zone de Sidi Ali à Mostaganem, l'érosion des terres agricoles a pour principale origine le processus de concentration du ruissellement des particules décantés au-dessous de la zone de piémonts ou versé directement dans l'Oued. Celui-ci donne lieu à la formation de rigoles ou ravines temporaires largement espacées, et localisées de façon systématique dans des emplacements prédéterminés par la topographie. Telles formes d'érosion sont redevables d'une analyse spécifique (Foster et *al.*, 1985).

La manière d'apprécier l'influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion doit être réexaminée en fonction du contexte. Ainsi, pour les situations à ruissellement concentré, l'effet protecteur du couvert végétal n'est peut-être pas aussi important et universel qu'on l'admet généralement. Inversement, il convient sans doute d'accorder plus d'attention aux caractéristiques du terrain qui conditionnent les débits de ruissellement et leurs variations dans le temps (Monnier&Boiffin et *al.*, 1986) : infiltrabilité, détention superficielle, existence et densité d'un réseau de collecte permettant un regroupement plus ou moins rapide des écoulements, sans oublier la résistance du sol à l'arrachement.

La mise en œuvre d'un système de culture sur une parcelle se traduit par la répétition plus ou moins régulière d'opérations culturales spécifiques, et de phases de croissance des cultures, qui ont, dans tous les cas, une action plus ou moins marquée sur l'état physique du sol. Le système de culture induit donc une sorte de cycle d'états de surface, qui comporte à certains moments de véritables discontinuités dans l'évolution des propriétés physiques (par exemple, brutal accroissement de l'infiltrabilité après un travail du sol), et, à d'autres, des évolutions plus progressives. Dans l'espace, le système de culture induit également des hétérogénéités systématiques dont certaines sont susceptibles de jouer un grand rôle vis-à-vis de la formation et la circulation du ruissellement (Voorhees et *al.*, 1985). C'est une approche totalement déterministe du rôle des systèmes de culture. Cependant, l'expérience montre qu'il existe un nombre limité de grands types d'états de surface liés aux cultures présentes dans cette région et à la nature des opérations culturales appliquées

### **1. Pratiques culturales**

L'action de l'homme peut contribuer à déstabiliser la structure des sols, ainsi, le labour favorise la minéralisation des matières organiques, conduisant à sa diminution. Par ailleurs, la suppression par l'homme pour élargir les parcelles agricoles favorise le ruissellement, et en conséquence l'érosion des sols sur ces parcelles, En revanche, la présence de résidus de culture et de la végétation peut contribuer à protéger le sol de l'impact des gouttes de pluie et à ralentir la vitesse de l'eau de ruissellement, ce qui permet une meilleure infiltration de l'eau dans le sol. Par conséquent, lorsque c'est important, en particulier si, en contexte de terres cultivées, le sol est nu pendant les périodes de précipitations très érosives, comme au printemps (Martin, 1997 ; Ouvry, 1992).

Les processus d'industrialisation et d'urbanisation exigeaient, par conséquence, des accroissements accélérés de la productivité dans le secteur agricole afin de satisfaire, à des prix bas, à la demande croissante des produits alimentaires de population. Dans cette conjoncture s'est produit le passage de l'agriculture traditionnelle vers l'agriculture moderne (Murua et Lajimi ; 2011).

### **1.1. Caractérisation de l'agriculture conventionnelle**

Depuis sa genèse, l'agriculture moderne est marquée par son accroissement considérable de la productivité, soit en produit par unité de terre utilisée ou unité de travail employé.

De ce fait, l'activité agricole est immergée dans un processus d'intensification à travers l'utilisation croissante d'input (aliments composés, croisement de variétés sélectionnées, fertilisant, comme étant un élément co-adjuvant à l'accroissement de la productivité (Sauve, 2007).

#### **1.1.1. Le principe d'agriculture conventionnelle**

Cette pratique appelée communément « système conventionnel » se base sur le travail profond du sol et la préparation de semis, dont les objectifs est de mettre les graines de semences en conditions idéales de levée, enfuir les engrais, détruire les mauvaises herbes et emmagasiner l'eau. Cette optique le développement de la mécanisation et son variation de plus en plus (Aibar, 2006 ; Villeneuve, 2002).

#### **1.1.2. Les avantages de l'agriculture moderne**

Selon (Lessirard, 2009), l'agriculture intensive est considérée comme modèle de référence à partir duquel se sont définies d'autres types d'agricultures, dont l'apparition a provoqué dans une certaine mesure des évolutions à l'intérieur même de l'agriculture conventionnelle. Donc elle qualifie les pratiques, les savoir-faire agricoles les plus courants observés dans les exploitations agricoles.

#### **1.1.3. L'accroissement des rendements**

L'agriculture conventionnelle a permis d'augmenter les rendements agricoles et diminuer les coûts de production en plus de l'amélioration de la qualité des produits (Demellier, 2009).

### **1.2. Le labour**

Les intérêts de labour se résument dans, l'amélioration de la structure du sol qui consiste à réduire sa ténacité, créant ainsi des conditions plus favorables des racines et facilitant l'exécution d'autres travaux de préparation du lit de semence (Mehdi, 2004). En revanche, le labour favorise la destruction des éléments structurant et l'oxydation des exsudats racinaires qui structure le sol.

En outre, le travail du sol contribue à l'amélioration de son état physique (aération, infiltration) (Mahdi, 2004), mais, la perte du sol est due aux travaux intenses sur les parcelles qui permettent le déplacement de la matière fertile sensible par plusieurs facteurs.

### **1.3. La dégradation du sol**

Le sol est une source non renouvelable et bien sûr indispensable à l'agriculture. Cependant, le développement de cette dernière a soumis les terres agricoles à un régime d'exploitation intense. Ceci a engendré une dégradation de la qualité des sols qui est souvent irréversible (Marabet et *al.*, 2001).

Un sol soumis à une intense activité agricole voit parfois son pH baisser (acidification) ou au contraire augmenter (salinisation), engendre la stérilisation des sols qui contribue à l'extinction des

espèces, et des risques sanitaires pour l'homme et les produit issu de cette terre peuvent être toxique (Dufour et *al.*, 2005).

Le travail trop intensif de sol cause le tassement des couches supérieures, et la réduction de l'imperméabilité du sol, et l'érosion (perte de matière, entrainement des particules par l'eau, le vent) qui est à l'origine d'une baisse de superficie des terres agricoles exploitables.

#### **1.4. Travail du sol**

Le travail du sol considéré comme l'ensemble des opérations mécaniques fragmentant le sol, tient une place à part dans les systèmes de culture. Comparé aux autres techniques agricoles, les actions mécaniques exercées par les outils (fragmentation et déplacement) et les tracteurs modifient rapidement la structure.

Le travail intense peut contribuer au développement des nuisances. Parmi celle-ci, la production de ruissèlement et l'érosion des parcelles agricoles qui marque un risque souvent important en milieu méditerranéen, et son cout écologique et économique est élevé (Roose, 1991).

La mise en culture d'un sol le rend sensible a l'érosion car la probabilité d'avoir un sol nu s'accroît lors des fortes précipitations, cela dépend de la nature de la plante cultivée et des techniques culturales, sous verger l'érosion est intense comme sur un sol nu (Roose et *al.*,1993). L'alternance des cultures légumineuses atténue l'érosion du sol de manière spectaculaire (FAO, 1983 ; Gallien et *al.*, 1995). En Algérie, la perte en terre diminue de 0.3à1,5 tonne/ha/an (Arabi et Roose, 1998), les semis très battus ou chantier de récoltet très roulé accroissent les risques d'érosion.

Le travail du sol expose le sol nu a l'agressivité des pluies, réduits cohésion et accroît par la suite fortement le risque d'érosion et les glissements de terrains sur les versant instable (Brown et *al.*,1989).

Dans les zones semis arides, on assiste à une dégradation continue des ressources naturelles due à l'utilisation abusive et indiquâtes des techniques culturales agricoles. Ainsi le labour intensif entraîne une détérioration de la qualité du sol ce qui menace la production agricole à long terme, dans tout le bassin méditerranéen (Bellido, 1992).

## **2. Les systèmes culturaux**

### **2.1. La jachère**

Le terme « jachère » désigne généralement des champs ou l'on empêche pendant une saison la végétation de pousser, grâce à des façons culturales répétées. Les principaux avantages que l'on attribue à la jachère sont de retenir l'humidité du sol, de favoriser l'accumulation des nitrates et contribuer à la lutte contre les mauvaises herbes. L'efficacité de la jachère dépend notamment du système de culture et des méthodes de travail du sol, ainsi que la nature du terrain. La jachère est une surface agricole laissée au repos pendant une période prolongée (six mois ou une année), dans une exploitation ou une commune. La jachère par rotation faisait partie des systèmes d'assolement. Dans l'assolement obligatoire (généralement triennal), la jachère devait rester accessible au bétail des villageois, en vertu du droit de "parcours" ou de "libre pâture", comme on l'appelait à l'époque moderne (Pfister et *al.*, 1988).

#### **2.1.1. Historique**

Historiquement, la jachère se justifiait par les fonctions qu'elle remplissait, tant sur le plan agronomique que sur celui du fonctionnement des unités de production ou des terroirs villageois. De nombreux résultats sur ses effets ont ainsi été acquis en Europe, aux USA et dans les pays du Tiers Monde (Rothamsted et Grignon, 1993). Ces connaissances, forgées dans différentes conditions de climat et de terrain et dans divers contextes socio-économiques, ont permis d'aboutir à une théorie de la jachère traditionnelle (Sebillotte, 1985). Mais, pour transférer les connaissances acquises sur la jachère traditionnelle, nous devons prendre conscience de la rupture radicale qui sépare le contexte ancien de celui d'aujourd'hui : la jachère traditionnelle s'est élaborée comme moyen d'adaptation cohérent avec l'ensemble formé par les techniques et le fonctionnement des exploitations ; aujourd'hui il n'en est rien, puisque les moteurs de l'évolution de l'agriculture, les évolutions techniques ont, au contraire, abouti à rejeter cette pratique culturelle (Sebillotte, 1985).

### **2.1.2. Fonctions de la jachère**

Les fonctions de la jachère qui étaient explicitement recherchées, qu'il s'agisse des « effets précédents » - effets sur le milieu à l'issue de la jachère -, ou d'autres fonctions liées au système de production. Nous distinguerons à cet égard deux types de pratique de la jachère :

- la jachère « nue » et travaillée ;
- la jachère enherbée et pâturée, courante dans les pays d'élevage.

Le cas de la jachère forestière ne sera pas traité.

### **2.1.3. Jachère nue et travaillée**

Cette technique consiste à maintenir le sol sans végétation « nu » autant que faire se peut, en général durant au moins une année. Elle possède plusieurs fonctions :

#### **A. Fonctions agronomiques :**

- Dans les régions océaniques du Nord de l'Europe, la jachère se justifiait par la lutte contre les adventices. Cette lutte était directe et s'effectuait par destruction mécanique répétée, le travail du sol permettant de faire germer et lever les semences d'adventices, donc de réduire le stock enfoui dans le sol. Selon les outils utilisés et leurs conditions d'emploi. (Michel Sebillotte et *al.*, 1993)
- Dans les pays à climats plus secs, la réduction du stock semencier de mauvaises herbes est toujours recherchée, mais l'objectif principal est le stockage de l'eau. Cette pratique de la jachère a été codifiée dans les « règles » du « dry farming ». Cependant le point de vue des expérimentateurs diverge sur l'intérêt de cette technique. (Michel Sebillotte et *al.*, 1993)
- la jachère a également eu pour rôle dans de nombreuses régions de permettre la réalisation des travaux profonds du sol sur une longue période, alors qu'ils auraient été irréalisables dans le laps de temps imparti. (Michel Sebillotte et *al.*, 1993)
- La répétition des travaux superficiels pour lutter contre les adventices sur une longue période permettait aussi un affinement progressif des états structuraux du sol (Sophie Allain et *al.*, 1993).

#### **B. Effets :**

- La jachère travaillée favorise la minéralisation de l'azote organique. Mais, c'est le climat durant cette période de jachère qui détermine la quantité d'azote minéral stocké dans le sol à portée des racines en fin de jachère. (Michel Sebillotte et *al.*, 1993)
- La jachère sera surtout accumulatrice d'azote utilisable par les plantes ou surtout polluante par perte d'azote en profondeur (Yankovitch, 1956).
- La jachère a aussi généralement un effet sur le parasitisme tellurique, cet effet s'extériorise faiblement sur la culture suivante. (Michel Sebillotte et *al.*, 1993)
- Les travaux du sol pour lutter contre les adventices peuvent entraîner des dégradations d'état structural par tassement, lorsque le sol est trop humide au moment des interventions (Michel Sebillotte et *al.*, 1993).

#### **2.1.4. Jachère enherbée et pâturée**

**A. Fonction principale :** Cette jachère, qui s'effectue en général après une céréale, a pour objectif d'alimenter un troupeau qui pâture les chaumes ainsi que les repousses des adventices et de la céréale. Cette pratique, ainsi que celle de la vaine pâture. (Sophie Allain et *al.*, 1993).

#### **B. Effets précédents :**

- Effets sur le stock de semences d'adventices ;
- Effets sur le stockage de l'eau ;
- Effets sur la dynamique et le stockage de l'azote ;
- Effets sur les états structuraux : Il peut y avoir création d'effets structuraux favorables, particulièrement avec les couverts de graminées suffisamment denses ; cependant, le piétinement des animaux est souvent source de tassements. Par ailleurs, du fait de la faible durée de ces couverts, la stabilité structurale n'est probablement pas améliorée (Monnier, 1965), malgré un certain apport de matières organiques (Sophie Allain et *al.*, 1993)
- Lutte contre l'érosion, rappelons simplement qu'une plante de couverture, installée pour une année ou moins, peut contribuer à améliorer légèrement l'état structural du sol et à réduire les risques d'érosion par ruissellement ; par contre, une jachère « nue » entretenue par travail mécanique du sol accroît les risques de tassement et d'érosion (Hébrard et *al.*, 1992).

#### **C. Place des jachères dans les systèmes de culture**

Le jugement agronomique sur les conduites de la jachère doit procéder d'une approche globale du système de culture et les recherches à entreprendre doivent viser cette cohérence générale. La place des jachères dans les systèmes de culture est à cet égard indispensable à prendre en compte.

La présence de la jachère peut entraîner une remise en question de l'intensification « classique » sur les autres cultures. Ainsi, il n'est pas sûr que l'intérêt agronomique, et surtout économique, réside dans une suppression totale des adventices dans chaque culture.

Il serait également intéressant de reprendre, à propos de la jachère, la grille d'analyse des risques de pollution par les nitrates proposés par Sebillotte et Meynard (1990), qui combine les effets propres des systèmes de culture et les caractéristiques des milieux.

Les terres laissées en jachère pour que le sol se repose et se reconstitue. Dans l'agriculture pré moderne, les surfaces céréalières ne pouvaient pas être cultivées de manière ininterrompue, par manque d'engrais. Mais s'ils restaient nus, les sols risquaient de s'éroder à cause du ruissellement, en particulier sur les pentes (Ineichen et al., 1996).

## **2.2. Systèmes agroforestiers**

Les zones montagneuses sont soumises à un processus d'érosion « très grave » qui menace les écosystèmes en place avec 120 millions de tonnes de terres arrachées annuellement. Selon la Direction Générale des Forêts, les zones montagneuses peu ou non boisées sont soumises à un processus d'érosion des sols très grave qui menace, à court terme, les systèmes en place, les ouvrages et les équipements en aval, direction général des forêts (DGF, 2014).

Les parcelles qui sont cultivées selon les méthodes de l'agriculture écologique agroforesterie (König, 2012), peut jouer un rôle important, car l'intégration des ligneux dans les systèmes agricoles permet de conserver la structure et la fertilité du sol (Mulamba, 2012). A partir des échecs de l'intensification des monocultures et aussi des techniques physiques de lutte contre l'érosion, l'agroforesterie permet une haute production en biomasse, même sur des sites dégradés, par l'intégration des arbres et des arbustes dans le système de production agricole (König, 2007).

L'amélioration de l'agroforesterie, par une approche intégrale du problème, contre l'érosion des sols et contre la dégradation de sa fertilité a pour but la régénération et la stabilisation de la fertilité du sol dans un système de production bien adapté aux conditions écologiques et humaines de la région (König, 2012). L'agriculture écologique agroforesterie permet une production durable : elle garantit la sauvegarde de la fertilité du sol à long terme. Les arbres et les haies de légumineuses contribuent au recyclage des éléments nutritifs et à l'approvisionnement du système en C et N.

Des techniques de luttés contre l'érosion des sols (d'origine hydrique ou éolienne) préconisent également l'aménagement par billons (pour augmenter l'infiltration de l'eau et diminuer la vitesse du ruissellement), la construction de terrasses (plantées d'arbres fruitiers), le recours à des cultures associées et à l'agroforesterie (DGF, 2014).



**Photo1** : Parcelle agroforestière de blé sous noyers

### **2.2.1. Nature de l'agroforesterie**

Activité associant sur les mêmes parcelles une vocation mixte de production agricole annuelle (cultures, pâture) et de production différée à long terme par les arbres (bois, services). Obtenue soit par plantation sur des parcelles agricoles, soit par intervention (éclaircie notamment) sur des

parcelles boisées. Les parcelles cultivables portant des cultures agricoles intercalaires et des arbres forestiers correspondent à l'agrosylviculture, les parcelles boisées avec de l'herbe et un sous-bois pâturés au sylvopastoralisme.(Nouara, 2013).

L'agroforesterie s'est modernisée au cours des dernières années. Elle ne se concentre plus sur des plantations mono-spécifiques (Franco, 2012). Au cours du XXème siècle, l'intensification de la production agricole et sa mécanisation ont causé un retrait de l'arbre des systèmes cultivés. On estime ainsi que 600 000 kilomètres de haies ont été arrachés en France entre la fin des années 1960 et 1980 (Baudry et Jouin, 2003).

### **2.2.2. Principaux éléments du système agroforesterie :**

Les principaux éléments pour la création des systèmes agroforestiers sont :

- L'intégration des arbres et des haies dans les parcelles de cultures ;
- La mise en place de cultures associées ;
- La substitution de la jachère par l'emploi d'engrais verts ;
- L'intégration de l'élevage dans le système de culture ;
- Le recyclage de la biomasse dans un cycle fermé ;
- L'intégration de la lutte antiérosive (König, 1992).

### **2.2.3. Atouts de l'agroforesterie**

Les parcelles agroforestières représentent un mode de mise en valeur parcellaire distinct des parcelles agricoles et forestières traditionnelles. Elles tirent parti de la complémentarité des arbres et des cultures pour mieux valoriser les ressources du milieu. Il s'agit de pratiques respectueuses de l'environnement, et ayant un intérêt paysager évident. Des formes modernes performantes d'agroforesterie sont possibles, adaptées aux contraintes de la mécanisation. Pour l'exploitant agricole, la parcelle agroforestière reste incluse dans son outil de production, et génère des revenus continus, ce qui n'est pas le cas d'un boisement en plein de terres agricoles (Nouara,2013).

L'agroforesterie est une pratique parcellaire qui correspond à des logiques d'exploitation agricole favorisant la diversification des activités et une meilleure valorisation des ressources du milieu. Les pratiques agroforesteries ont des avantages intéressants sur trois plans :

#### **A. Sur le plan agricole**

- Diversification des activités des exploitants agricoles, avec constitution d'un patrimoine d'arbres de valeur, sans interrompre le revenu courant des parcelles plantées.
- Rôle protecteur des arbres pour les cultures intercalaires ou pour les animaux : effet brise-vent ; abri du soleil, de la pluie, du vent, fixation des sols, stimulation de la microfaune et de la microflore des sols.
- Récupération par les racines profondes des arbres d'une partie des éléments fertilisants lessivés ou drainés ; enrichissement du sol en matière organique par les litières d'arbres et la mortalité racinaire des arbres.

- Possibilité de compromis entre les intérêts du propriétaire (patrimoine bois) et du fermier (accès à des surfaces cultivées). Rémunération possible de l'exploitant agricole pour l'entretien des arbres.
- Alternative aux boisements en plein de terres agricoles permettant de maintenir une activité agricole sur des terroirs dont les potentialités agricoles sont ainsi conservées. Ces cultures d'arbres sont réversibles, la parcelle restant propre (pas d'embroussaillage) et le désouchage aisé à l'issue de la récolte des arbres.
- Pour les parcelles sylvopastorales, mise à disposition d'unités fourragères pour le bétail, à des périodes complétant bien le calendrier de pâturage(Nouara,2013).

### **B. Sur le plan forestier**

- Accélération de la croissance en diamètre des arbres par le large espacement (+80% sur 6 ans dans la plupart des plantations expérimentales).
- Amélioration de la qualité du bois produit.
- Garantie du suivi et de l'entretien des arbres par l'activité agricole intercalaire.

### **C. Sur le plan environnemental**

- Amélioration de la valorisation des ressources naturelles.
- Maîtrise des surfaces cultivées.
- Les parcelles agroforesteries représentent de paysages originaux, attractifs, ouverts, favorables aux activités récréatives.
- Lutte contre l'effet de serre et Protection des sols et des eaux, en particulier dans les périmètres sensibles (nappes de surface, écoulements hypodermiques, zones sensibles à l'érosion).
- Amélioration de la biodiversité, Ces aspects favorables sont en cohérence avec de nombreux objectifs des lois d'orientation agricoles et forestières(Nouara,2013).

L'agroforesterie peut résoudre certains problèmes écologiques :

- Effets combinés de couverture de barrière par les essences arborées.
- Fixation du sol par les racines.
- Érosion du sol par le vent Protection par des haies brise-vent Faible fertilité du sol ou déclin de la fertilité (dégradation physique, chimique, biologique).
- Plantation d'espèces arborées permettant le maintien de la capacité de rétention en eau et de la fertilité du sol, la fixation d'azote, la fixation de CO<sub>2</sub> et son transfert vers le sol via la litière et les racines, la création d'ombrage.
- Pratiques agroforesteries visant à modifier le microclimat et à conserver les micro-organismes et conservent les micro-organismes.
- Modification du débit des fleuves Agroforesteries comme élément de protection des bassins versants.

### **2.3. Système arboricole**

L'Algérie recèle un patrimoine inestimable en matière d'agrodiversité. L'érosion génétique touche une partie importante de ces espèces exploitées en agriculture, parmi elles une part

importante de variétés locales d'arboriculture fruitières sont en voie de disparition(Chaoui et *al.*, 2003).

Ce patrimoine fruitier traditionnel est issu d'une arboriculture extensive qui jouait un rôle économique important jusque dans les années 1970. Il se compose de nombreuses espèces et variétés adaptées aux conditions climatiques et pédologiques locales liées à la notion de "terroir". Certaines de ces espèces anciennes présentent un intérêt agronomique, économique et génétique qu'il faut préserver, valoriser et utiliser (Bouattoura, 1988).

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale de l'Algérie. Ce vaste pays, de par sa position géographique privilégiée et ses diverses conditions pédoclimatiques, a en effet le privilège de mettre en culture plusieurs espèces fruitières (Benettayeb, 1993).

L'arboriculture fruitière est très diversifiée en Algérie, elle est constituée d'espèces rustiques et caractéristiques de la région comme l'olivier et le figuier et d'espèces plus exigeantes et délicates cultivées essentiellement dans les plaines fertiles. Ces espèces sont les plus importantes sur le plan économique et social (Chaoui*etal.*, 2003).

### **2.3.1. Historique sur l'arboriculture fruitière en Algérie**

Chaouia et *al.* (2003), en analysant l'évolution de l'arboriculture fruitière en Algérie, ont retenu 4 étapes :

1. L'agriculture coloniale a favorisé le développement de productions destinées à l'exportation vers la métropole, c'est le développement de la vigne de cuve, des agrumes, des dattes, figues sèches, olives de table et huile d'olive. Ces cultures permettaient de valoriser différents terroirs comme les zones de montagne humides, les zones marginales semi-arides de l'ouest, les plaines irriguées et les systèmes oasiens.
2. Après l'indépendance, nous assistons à la régression des productions coloniales et au développement des espèces fruitières à noyaux et à pépins, avec l'arrachage des cépages de vigne de cuve, du vieillissement des vergers d'agrumes, du recul de la palmeraie dans les oasis, et de la dégradation des périmètres irriguées pour l'oléiculture de table. Ce choix stratégique a conduit à la perte des marchés à l'exportation et a permis de réorienter la production vers le marché intérieur.
3. La réorganisation du secteur public agricole de 1987, a accentué la déstructuration des productions coloniales. Nous assistons parallèlement à la hausse du prix de l'équipement, des intrants agricoles, de la levée des subventions de l'Etat au secteur et de la restriction des crédits bancaires.
4. La relance du secteur a été envisagée dès 1985, avec l'adoption par le gouvernement du programme de développement de l'arboriculture fruitière, de la viticulture et de la phœniciculture. Le programme sectoriel n'a eu en fait connu un début d'application qu'avec la mise en place des fonds de développement en 1995, avec le FNDA. C'est surtout le lancement du PNDA, en 2000, que les réalisations ont été significatives, mais le programme se heurte à l'insuffisance de la production nationale, et il est fait appel aux importations.

### **2.3.2. Rôles de l'arboriculture**

L'arboriculture fruitière joue un rôle agronomique et socio-économique important par sa contribution à :

- L'autosuffisance en matière de fruits frais et transformés.
- Au développement du secteur agro-industriel.
- La valorisation et mise en valeur des zones de montagnes et de régions à microclimat.
- Aux exportations agricoles.
- A la conservation des sols et à la lutte contre l'érosion.
- Au transfert de technologie.

### 2.3.3. Verger arboricole fruitier

Représenté par les rosacées à noyaux et à pépins ainsi que les espèces dites rustiques essentiellement le figuier et l'amandier, le verger arboricole et viticole couvre une superficie de 31 269 ha (soit 8 % de la SAU) dont 9641 ha est mené en irrigué. Cette superficie connaît une progression qui concerne l'ensemble des espèces. Le tableau suivant indique la répartition de la superficie et de la production totale des cultures fruitières.

### 2.3.4. Risques liés

Espèces	Superficie (ha)	Production (Qx)
Espèces à pépins	2 226	83 200
Espèces à noyaux	5 803	173 850
Olivier	5 992	192 440
Agrumes	2 427	150 290
Figuier	405	23 420
Viticulture	4 469	95 930
Amandier	9 423	91 200
Caroubier	5	80
Grenadier	437	26 570
Autres	82	300
Total	31 269	837 280

Source : Direction des Services Agricoles (Mostaganem)

L'arboriculture fruitière est dépendante d'éléments plus ou moins contrôlables comme le climat : même si on plante des espèces adaptées au climat, l'arboriculteur est toujours exposé à des risques de type "gelées tardives gèles ou sécheresse ou très grand froid. (André Louis, 1988) et surtout les maladies (André Louis, 1988)

### 2.4. Cultures annuelles

Le maintien des sols en bon état est un élément essentiel pour la durabilité environnementale et économique des cultures annuelles. Une baisse de la qualité du sol a des conséquences importantes sur la croissance des plantes, le rendement, la qualité des grains et les coûts de production, sans compter l'augmentation du risque d'érosion du sol. Et cela se répercute sur la

société et l'environnement, car corriger une baisse des propriétés physiques du sol prend du temps et revêt un coût considérable. La sauvegarde des ressources du sol et la réduction de l'empreinte écologique des cultures annuelles sont autant de missions qui incombent aux agriculteurs. Souvent, nous n'accordons pas assez d'attention :

- au rôle fondamental que joue la qualité des sols dans la production.
- à l'impact de l'état du sol sur la marge brute.
- à la planification à long terme nécessaire pour maintenir une bonne qualité du sol.
- à l'effet des pratiques agricoles sur la qualité du sol.

Les types de sol et les pratiques agricoles sont des éléments déterminants des caractéristiques des cultures annuelles.

#### **2.4.1. Grandes Cultures**

**A. Caractéristiques dominantes :** Une exploitation de grandes cultures s'étend sur de grandes surfaces et conduit un faible nombre de variétés de plantes avec une mécanisation plus importante que pour les autres filières spécialisées (arboriculture, etc.).

L'agriculture est un facteur important de l'économie de l'Algérie. Elle génère, en incluant les industries agroalimentaires, près de 10 % du produit intérieur brut (PIB), mais avec des variations importantes selon les années en fonction des conditions climatiques. Le secteur agricole emploie 11 % de la population active. En 2014, la production agricole algérienne a atteint 35 milliards de dollars permettant de satisfaire les besoins du pays à 72%. Mais l'Algérie doit importer du lait et massivement des céréales pour un coût de l'ordre de 4 milliards de dollars. (Ministère de l'agriculture).

Les petites exploitations de moins de 10 ha dominent largement puisqu'elles représentent 70 % environ de l'ensemble des exploitations, mais elles couvrent seulement 25 % des surfaces cultivées. Les grandes exploitations sont très minoritaires (2% de l'ensemble), mais leur poids économique est important car elles occupent une superficie quasi équivalente aux précédentes. Les exploitations de taille moyenne (entre 10 et 50 ha) représentent une catégorie intermédiaire non négligeable (plus de 25 %) qui occupe la moitié environ de la surface cultivée. Par ailleurs soulignons que 2,5 millions d'ha relèvent du domaine privé de l'État. Elles font l'objet aujourd'hui d'attributions sous le régime de la concession d'une durée de 40 ans renouvelable.

**B. Répartition des grandes cultures :** Les céréales occupent encore une place prépondérante. 61% du territoire agricole utilisé pour les grandes cultures est occupé par des céréales, contre seulement 14.8% par les oléagineux (SRISE, 2012). La redistribution de la production entre les 3 principales céréales blé, orge, maïs, affirme l'hégémonie du blé, qui représentait en 2012, 67% de la surface en céréales.

Les céréales d'hiver occupent le tiers de la SAU. Le blé dur est la céréale la plus représentée devant l'orge et le blé tendre. La production varie fortement en fonction de la pluviométrie. La production moyenne sur les 4 campagnes agricoles allant de 2007/2008 à 2010/2011 a été de 36,3 millions de quintaux. Les besoins sont loin d'être couverts, même en année favorable, ce qui entraîne des importations massives, coûteuses en devises pour le pays.

## **Introduction**

L'érosion hydrique est un phénomène complexe par son caractère irrégulier, aléatoire et par sa discontinuité spatiotemporelle. En raison de son ampleur et son agressivité, elle constitue une contrainte majeure au développement de l'agriculture et à la promotion des activités rurales. Ce phénomène, est caractéristique dans la région du Maghreb dont les potentialités en eau et en sol sont sérieusement menacées (Achite et *al.* 2005). Les quantités de sédiments transportés en suspension susceptibles de se déposer dans le littoral méditerranéen des côtes Algériennes sont estimées à 47 millions tonnes par an (Probst et *al.* 1992).

### **1. Définition de l'érosion**

Le mot érosion vient de « erodere », verbe latin qui signifie « ronger ». L'érosion Ronge la terre et transporte le sol. Selon Foucault et Raoult (1995) on la définit comme «L'ensemble des phénomènes externes qui, à la surface du sol ou à faible profondeur, Enlèvent tout ou partie des terrains existants et modifient ainsi le relief».

En réalité, c'est un processus naturel qui certes, abaisse toutes les montagnes, et en même temps fait engraisser les vallées, en forment des plaines riches qui nourrissent une bonne partie de l'humanité (Roose ,1994).

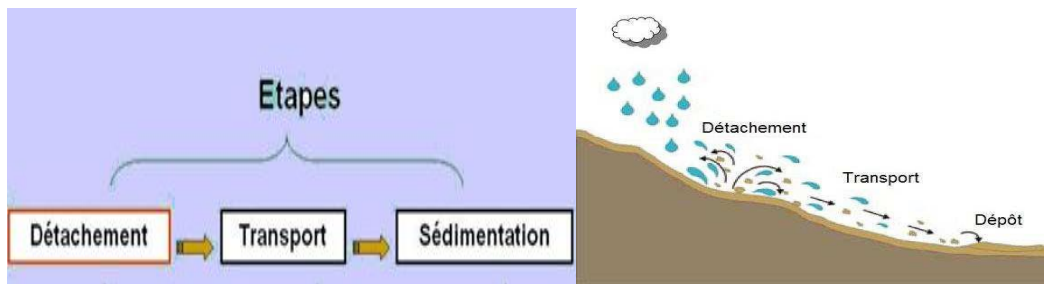
L'érosion des sols peut être définie comme un processus d'altération de la surface du sol et de modification du relief impliquant successivement le détachement de particules de sol, leur transport sous l'action de divers agents, dont :

- l'eau (érosion hydrique).
- le vent (érosion éolienne).
- les outils de travail du sol (érosion aratoire).

L'érosion du sol est une forme de dégradation que peut être accélérée avec laprésence d'autres types de dégradation du sol comme la compaction, la réduction des taux en matière organique, la détérioration de la structure du sol, le drainage souterrain insuffisant, la salinisation et l'acidification du sol.

### **2. Les processus de l'érosion hydrique**

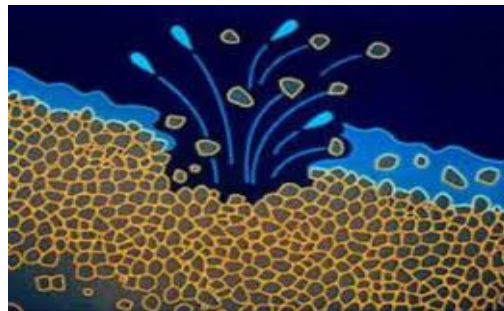
L'érosion hydrique est un phénomène complexe qui résulte de trois phases : le détachement, le transport et le dépôt, causés par l'action en général combinée de la pluie et du ruissellement, et dont l'expression varie en fonction de la résistance du milieu (sol, couvert végétal, techniques culturales) et de la topographie. Quelle que soit l'échelle d'étude, du mètre carré au bassin versant de centaines de km<sup>2</sup>, on retrouve partout ces trois phases de l'érosion mais avec des intensités différentes. D'où la diversité des facteurs de l'érosion en fonction des phases dominantes. (cf. fig1).



**Figure1.** Processus de l'érosion hydrique

### 2.1. Le détachement

Avant que les sédiments et matières organiques soient transportés, ils doivent d'abord être détachés des forces cohésives présentes dans le sol. Ce détachement peut se faire par l'impact des gouttes de pluie (cf. fig2.), par une combinaison d'impacts des gouttes de pluie et du ruissellement, ou par le ruissellement seul. L'énergie requise pour détacher les particules est plus importante que pour les transporter. Dans un sol cohésif, il faut surmonter l'attraction entre particules (argiles, limons et matières organiques) afin de les mettre en mouvement. Pour des sédiments non-cohésifs, il faut lever les particules contre la gravité avant qu'elles soient mises en mouvement dans l'eau.



**Figure2.** Effet des gouttes de pluies sur le sol

### 2.2. Transport

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

### 2.3. Dépôt

Il s'effectue lorsque l'énergie cinétique qui déplace les matériaux issus du détachement diminue ou s'annule (Demangeot, 2000). Les particules arrachées se déposent entre le lieu d'origine et les mers. Elles se déposent en général dans l'ordre suivant : sable, sable fin, limon. Les argiles et l'humus colloïdal sont généralement transportés jusqu'à l'embouchure du cours d'eau où ils se déposent soit après évaporation de l'eau, soit après floculation.

### 3. Les différents types d'érosion hydrique

#### 3.1. L'érosion en nappe

L'érosion en nappe (sheet erosion) est le stade initial de la dégradation des sols par érosion hydrique. Elle est caractérisée par une eau de ruissellement sans griffe, sans rigole (rill erosion) et sans ravinement (gully) visible. Sous l'effet de l'impact des gouttes de pluies (Effet splash),

les particules sont arrachées et transportées. Ce phénomène est surtout observé sur les pentes faibles où l'eau ne peut se concentrer. Le processus de l'érosion en nappe dépend de l'intensité maximale des pluies qui déclenchent le ruissellement. On reconnaît aussi ce type d'érosion à la couleur claire du sol sur les buttes, aux changements dans l'épaisseur des couches de sol et aux faibles rendements sur les épaulements et les buttes (Ritter, 2012). **Photo 2.** Accumulation (sol et débris de culture) à l'extrémité basse.



#### 3.2. L'érosion en griffe et en rigoles

Lorsque le ruissellement s'organise, il creuse des formes plus en plus profondes suivant les lignes de moindre résistance, on parle de griffes parce que les petits canaux ou micro filets ont moins de 10cm (Roose et al. 1994). Les deux formes d'érosion peuvent être effacées par la machinerie aratoire (cf. photo 3).

- Les causes principales de ces érosions sont :
- Le surpâturage.
- La mauvaise exploitation des sols dans le temps et dans l'espace.
- Les mauvais travaux cultureux.

**Photo 3.** Érosion en rigoles sur des terres agricoles de notre zone d'étude. (Photos – Omar et A.djouad.2018)



### **3.3. Le ravinement**

Lorsque le ruissellement est intense, il prend de la vitesse et son énergie devient capable d'arracher les particules du sol. Les rigoles touchent non seulement l'horizon de surface mais aussi les horizons sous-jacents, d'où ces rigoles deviennent des ravins à un point tel que les pratiques agricoles n'effacent pas leurs traces. Plus la pente du terrain est forte, plus rapidement se développent de telles ravines (Roose et *al*, 1999).

**Photos 4.** Erosion en ravinement dans terres agricoles de notre zone d'étude (Photos –Omar et A.djouad. 2018)



## **4. Les facteurs du risque de 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 :

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

### **4.1. Le climat**

Les précipitations atmosphériques sont la principale cause de l'érosion hydrique, elles sont caractérisées par la hauteur des averses, leurs intensités et leurs fréquences. La pluie désagrège les agrégats et mottes en éléments fins susceptibles d'être entraînés par le ruissellement favorisant le colmatage de l'horizon superficiel et limitant l'infiltration. L'action de la pluie dépend davantage de son intensité que de sa hauteur, ce qui semble évident : une pluie d'orage de 10mm peut faire plus de dégâts qu'une pluie fine 40mm (Soltner, 1999), cela est favorisé par un milieu fragile.

Ainsi le vent peut déplacer par roulement des particules de 1 à 2mm de diamètre et par saltation de 0.1 à 1mm ou en suspension dans l'atmosphère (inférieures à 0.1mm). En effet, lorsque le sol est dépourvu de végétation, le climat prend un caractère agressif et provoque une dégradation rapide des horizons superficiels et de forts ruissellements.

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

Les longues averses peu énergétiques tombant sur un sol déjà saturé constituent les averses saturantes d'hivers et de printemps. Elles sont peu intenses mais à l'origine de beaucoup de ruissellement.

## **4.2. La topographie**

La pente influence puissamment l'importance de l'érosion, mais l'existence d'érosion et de ruissellement intense sur des pentes douces indique par contre qu'il n'est pas besoin d'une forte pente pour déclencher ce phénomène : l'action pluviale suffit (Fauck, 1960 ; Fournier., 1967) in Aouadj et Gasem (2009). Elle comprend en réalité deux facteurs bien distincts : le degré d'inclinaison du terrain par rapport à l'horizontal et la longueur sur laquelle s'applique ou se manifeste de façon continue un processus. Elle intervient dans les phénomènes d'érosion du fait de sa forme, de son inclinaison et de sa longueur. Il est bien entendu que plus la pente est raide, plus l'eau n'érodera pas le sol.

### **4.2.1. La forme**

Les pentes convexes apportent plus de sédiments à la rivière que les pentes concaves où l'on observe des piégeages de sédiments détachés : d'où les sols colluviaux.

### **4.2.2. La longueur**

La longueur des pentes a en général peu d'effet sur le ruissellement et l'érosion en nappe car les frottements sur les rugosités du sol empêchent l'accélération des nappes ruisselantes. Par contre, la masse du ruissellement concentré en rigole peut s'accumuler le long d'une pente et ouvrir un impact exponentiel sur l'érosion linéaire.

### **4.2.3. L'inclinaison**

L'inclinaison du versant n'augmente pas toujours le ruissellement, lequel peut être très forte sur des pentes faibles. Par contre la charge solide et l'érosion augmentent de façon exponentielle et l'exposant peut varier de 1.2 à plus de 2 si le sol est mal couvert (Roose, 1980) in (Roose, 1990).

## **4.3. La nature du sol**

Les sols sont d'autant plus fragiles qu'ils sont riches en limons et sables fins, et d'autant plus résistants qu'ils sont cohérents stables riches en argiles, en sables grossiers et cailloux, en calcaire actif et en fer et alumine libres (Roose, 1990).

### **4.3.1. La texture**

La texture d'un sol est la proportion des éléments du sol classés par catégorie de grosseur après destruction des agrégats. Les sols à proportion forte de limons, de sable fins et peu de matières organiques sont les plus érodibles ; tandis que les sols argileux le sont moins. La teneur en agrégats stables tend à baisser quand la proportion de limons augmente (Meriau, 1962) in (Morsli, 1996).

#### **4.3.2. La stabilité structurale**

La baisse du taux de matière organique entraîne, sous l'influence de la forte énergie cinétique des pluies et du développement réduit de la végétation une formation de croûte qui limite l'infiltration (Casenave et Valentin, 1989) in (Adama M.TOE, 2008).

La préservation d'un état favorable dépendra étroitement de la stabilité structurale du sol, des espaces cultivées et de la croissance de la culture fournissant un fort taux de couverture. Ceci nous conduit à prendre en compte l'itinéraire technique dans son ensemble et plus largement le système de culture (Ruelle, 1990).

L'amélioration du couvert végétal (diversité, fertilisation, rotation avec les légumineuses, cultures fourragères) a réduit plus ou moins fortement les risques d'érosion et de ruissellement. La production de biomasse a contribué d'une manière significative à entretenir la fertilité des sols, la stabilité structurale, la capacité d'infiltration et la résistance à l'érosion (Mazour et *al*, 2002).

#### **4.3.3. La matière organique**

Le terme matière organique regroupe une somme importante et hétérogène de substances et composés carbonés d'origine végétale et animale. La nature de la matière organique du sol est très complexe principalement des composés humiques, des racines, des micro-organismes, des lombriciens, etc. Les matières organiques jouent un rôle important dans le fonctionnement global du sol, au travers de ces composantes physiques, chimiques et biologiques, qui définissent la notion de fertilité.

Dans les sols, les matières organiques n'ont pas le même temps de résidence selon leur composition biochimique ; il peut aller de quelques mois à plusieurs années pour la fraction labile et jusqu'à des dizaines, voire des milliers d'années pour la fraction stable.

Les conditions climatiques, en particulier la température et la pluviométrie, jouent un rôle prépondérant sur le renouvellement des matières organiques des sols. L'humidité du sol favorise également la biodégradation des matières organiques, ainsi les propriétés physico-chimiques des sols telles que la texture et la minéralogie influencent également sur la dynamique des matières organiques.

#### **4.4. La végétation**

L'élément déclencheur de l'accélération de l'érosion dans les zones arides et semi-arides est la disparition de la couverture végétale, qui peut être causée par un changement climatique à long terme ou plus directement par le surpâturage ou par le système de culture (itinéraire technique). La perte de la couverture végétale entraîne une exposition du sol à l'érosion éolienne et hydrique, et la perte des sols fait diminuer le potentiel de production agricole.

On effet la végétation présente un intérêt majeur dans la lutte antiérosive en agissant de plusieurs façons avec son rôle protecteur pour les impacts des pluies.

- Diminution du ruissellement.
- Accumulation des débris et enrichissement en matières organiques.

#### **4.5. Les facteurs liés à l'homme**

L'homme est l'une des causes principales de l'érosion, il est responsable des destructions des forêts, du défrichement, des incendies, des surpâturages et des techniques culturales inappropriées. Ce sont les agents de la dénudation artificielle du sol, car dans le monde entier cinq millions de km<sup>2</sup> de terre cultivable ont été perdus par la faute de l'homme (Dajoz, 1985).

La croissance démographique a entraîné la dégradation des ressources naturelles par :

- La mise en culture,
- La pression pastorale,
- Les incendies,
- L'écoulement hydrique.

Chaque civilisation a créé des conditions favorables au développement de l'érosion et la dégradation de la fertilité des sols, les villes, les routes, les zones de pâture sont des milieux peu perméables qui accumulent les volumes ruisselés et provoquent des inondations et des dépôts de boue.

### **5. Les facteurs conditionnant l'érosion hydrique**

#### **5.1. L'érodibilité des sols (K)**

Elle exprime la résistance du sol à l'érosivité des pluies. Cette érodibilité est en fonction des matières organiques et de texture des sols, de la perméabilité et de la structure du profil. Il varie de 70/100<sup>ème</sup> pour les sols les plus fragiles à 1/100<sup>ème</sup> sur les sols les plus stables, il se mesure sur des parcelles nues de référence de 22.2 m de long sur des pentes de 9% et sur un sol nu, travaillé dans le sens de la pente et qui n'a plus reçu de matières organiques depuis trois ans (Mazour, 2004).

#### **5.2. L'érosivité des pluies**

L'érosivité de la pluie est définie comme étant la capacité potentielle ou son aptitude à provoquer les phénomènes d'érosion. L'érosivité dépend surtout de l'intensité de la pluie ou de son énergie cinétique qui en résulte directement (Hatab, 2011). Cependant du fait de multiple interaction qui existent entre le facteur pluie et les autres de l'érosion. Plusieurs paramètres interviennent dans l'érosivité des pluies :

##### **5.2.1. L'intensité, la durée et la fréquence des pluies**

L'intensité des précipitations et le ruissellement doivent être considérés lors de l'évolution d'un problème dû à l'érosion hydrique, les particules les plus fines comme les sables fins, limons, argiles et la matière organique peuvent facilement être emportée lors de l'éclaboussement des gouttes et par le ruissellement ; des gouttes de pluie plus forte (dissipant plus d'énergie) et un plus grand ruissellement seront nécessaires pour déplacer les plus grosses particules de sable et gravier (Arnold, 1989). Plus la durée augmente, plus l'intensité diminue, les averses les plus violentes ; au contraire les longues pluies, d'automne par exemple sont généralement assez tranquilles de faible intensité.

### **5.2.2. La hauteur des pluies**

La hauteur de pluie augmente avec l'altitude mais, est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides que sur les versants sous le vent sec (Bouanani, 2009).

## **6. Mécanismes de l'érosion hydrique**

La pluie est le facteur climatique qui menace le plus sérieusement l'état des ressources de base, cette pluie occasionne des problèmes quand :

- Des croûtes se forment à la surface, empêchant les jeunes pousses à sortir.
- Des particules de terre sont ameublées en surface par l'impact des gouttes de pluie.
- L'eau ne peut s'infiltrer suffisamment vite dans le sol et stagne à la surface. Si le terrain est en pente l'eau ruissellera le long de cette pente. L'eau sera perdue pour le champ (ruissellement) mais pire, l'eau peut détacher et accumuler les particules de la surface du sol et provoquer l'érosion.

### **6.1. Erosion splash**

L'érosion splash, appelé érosion élémentaire est due au choc de la goutte de l'eau de pluie sur le sol. Celle-ci désagrège les particules du sol qui rejaillissent. Cette action de rejaillissent est liée à l'énergie cinétique libérée par les gouttes de pluie en arrivant sur le sol. Le diamètre des gouttes de pluie, leur vitesse de chute et leur masse totale déterminent la capacité de détachement des particules du sol.

### **6.2. Le ruissellement**

Le ruissellement est l'écoulement par gravité à la surface du sol souvent dû à la pente de terrain. Au début, il y a saturation progressive du terrain, et le ruissellement se déclenche si le taux de précipitation dépasse la capacité d'infiltration du sol. Le ruissellement est exprimé normalement en volume ( $m^3$ ) ou en hauteur (mm) par rapport à une superficie tandis que l'écoulement s'exprime par unité de temps ( $m^3 s^{-1}$ ). Le ruissellement diffus ou concentré est fonction de cinq paramètres (Morsli et al, 2004) :

- L'intensité relative de la pluie,
- L'indice de rugosité faible,
- La pente,
- La durée de la pluie,
- L'infiltration dans le sol.

### **6.3. L'infiltration**

On entend par l'infiltration la partie de l'eau des précipitations qui est absorbée par le sol et dirigée vers les couches inférieures. Selon, qu'il est sec ou humide, le sol ne réagit pas de la même façon aux précipitations. L'infiltration est en fonction de plusieurs facteurs :

- L'épaisseur de la couche saturée du sol ;
- L'humidité du sol ;
- L'effet splash des gouttes ;
- Le mouvement des particules fines (transport solide) ;

- L'influence des facteurs anthropiques ;
- Les états de surface.

### **7. Conséquences de l'érosion hydrique**

Les conséquences de l'érosion hydrique des sols sont nombreuses tant en zones érodées qu'en zones de dépôts :

#### **7.1. Conséquences de l'érosion hydrique en zones érodées**

L'érosion hydrique a des effets sur les zones érodées, parmi lesquels on cite :

- la diminution de la capacité du sol de retenir l'eau et de la mettre à la disposition des végétaux.
- la diminution du drainage profond induisant une moindre réalimentation des nappes.
- l'appauvrissement du sol : la teneur en humus et en éléments nutritifs du sol décroît et la stabilité structurale du sol aussi.

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

#### **7.2. Conséquences de l'érosion hydrique en zones de dépôts**

L'érosion et les transports solides sont gênants pour une majorité d'aménagement.

Ils se traduisent par:

- une sédimentation des sols érodés dans des endroits non désirables (FAO, 1977).
- l'envasement accéléré des barrages, des canaux d'irrigation et des réservoirs.
- La destruction de routes, chemins et ponts.
- une réduction de la capacité des lits de rivières et un risque d'inondation des terres voisines.
- un transfert et répartition spatiale des polluants (pesticides, métaux lourds et nutriments en excès) dans l'environnement ; une augmentation du coût de traitement des eaux de consommation.

# *Matériels et méthodes*

Présentation de la zone  
d'étude

### Introduction

Les piémonts du Dahra mostaganémois ont été choisis comme région d'application pour notre travail de recherche compte tenu de la présence des systèmes de culture et de différentes formes de la dégradation des sols.

Cette partie est consacrée à une description générale de notre zone d'étude afin de donner les indications géographiques et biophysiques, bases indispensables à la compréhension des mécanismes de l'érosion hydrique sur les terres agricoles et l'impact des systèmes de culture.

En effet, l'occupation du sol, la pente, les techniques culturales inappropriées et l'agressivité des pluies sont les facteurs majeurs pour la dégradation des sols.

### 1. Présentation de la zone d'étude

#### 1.1. Cadre général

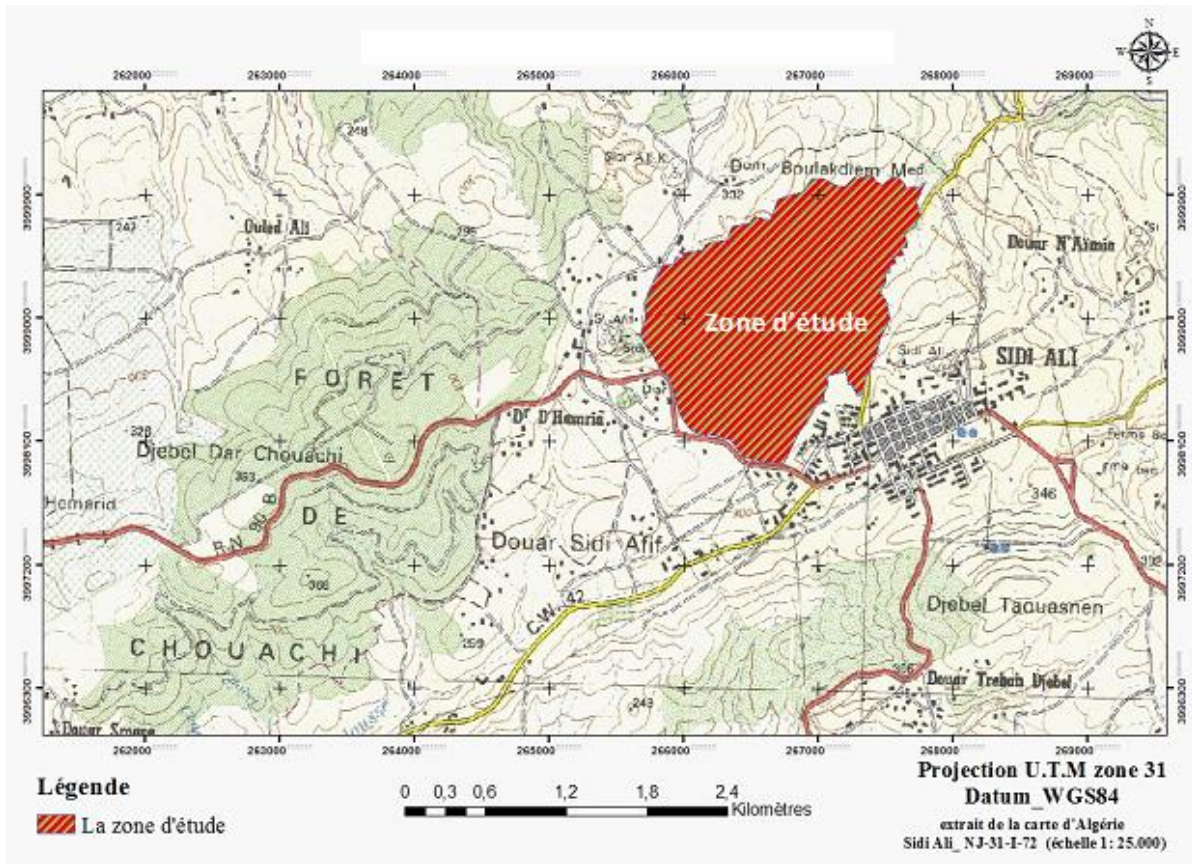
Constitué en grande majorité de terres agricoles, les piémonts de la chaîne montagneuse nommée « Dahra » se trouvent face à la zone côtière dans la partie nord et dont la partie ouest correspond à notre zone d'étude qui est située au nord de la localité de Sidi Ali (cf. fig. 03). Marqués par un relief accidenté, ces piémonts se subdivisent en deux grandes unités:

- piémonts à faible pente (<12%) occupant 60% de la superficie totale.
- piémonts à forte pente (>12%) occupent 40% de la superficie totale.

#### 1.2. Situation de la zone d'étude

Située au Nord-Ouest de l'Algérie, la zone d'étude fait partie des piémonts du Dahra mostaganémois qui s'étend sur une bonne partie de la superficie totale de la wilaya de Mostaganem. Insérée entre 177 et 338m d'altitude, elle occupe la partie nord de la zone de Sidi Ali avec une surface de 268ha environ, limitée au Nord, Est et Ouest par des terres agricoles et au sud par la commune de Sidi Ali (cf. fig. 03). Le tableau suivant nous renseigne sur les coordonnées géographiques des quatre points extrêmes de la zone d'étude.

	<b>Nord</b>	<b>Sud</b>	<b>Est</b>	<b>Ouest</b>
<b>Latitude</b>	36°06'49.44"	36°06'08.36"	36°07'00.50"	36°06'12.62"
<b>Longitude</b>	0°24'20.11"	0°24'43.78"	0°25'12.24"	0°23'57.61"
<b>Altitude</b>	312m	300m	177m	338m



**Figure 03.** Situation géographique de la zone d'étude.

### 1.3. Situation juridique et administrative

Le site d'étude s'étend sur une superficie de 268 ha pour un périmètre de 7618 m.

Sa situation administrative est la suivante :

- Commune de Sidi Ali.
- Commune de Sidi Lakhdar.
- Commune de Tazgait.

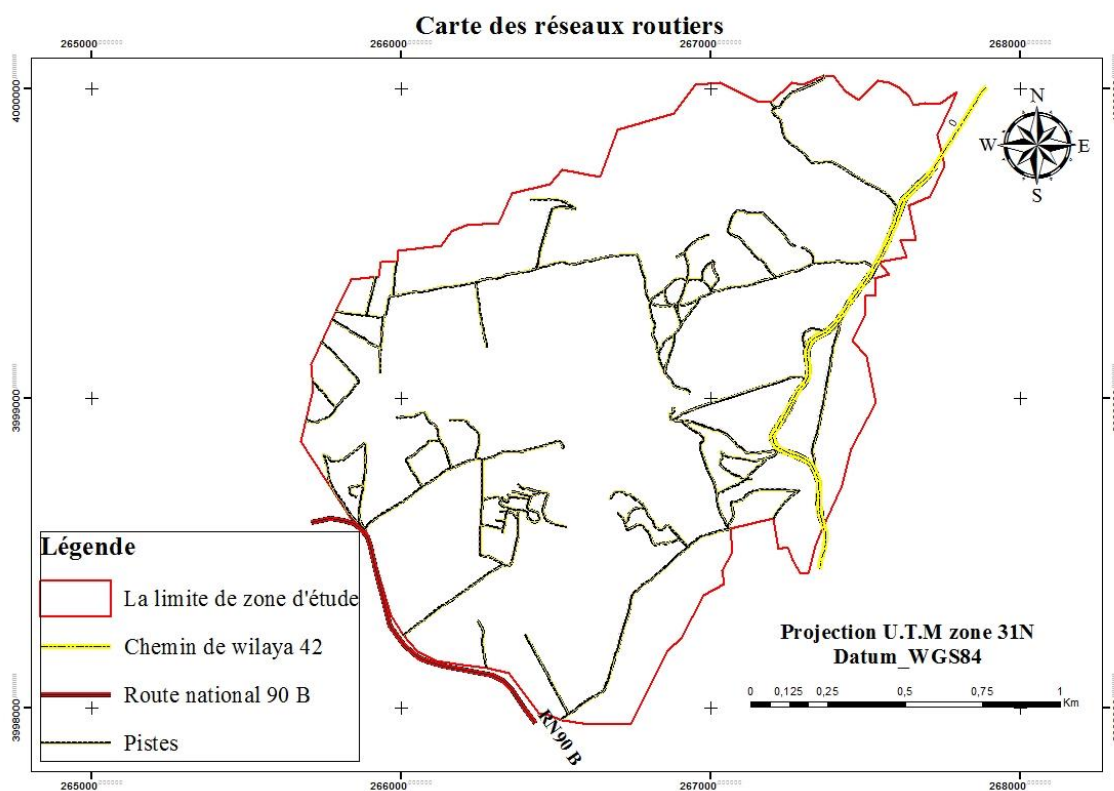
Quant à l'administration agricole, la gestion des terres agricoles de notre zone d'étude est assurée par la D.S.A de Mostaganem, circonscription de D.S.A de Sidi Ali.

### 1.4. Infrastructure routière

La zone d'étude est caractérisée par une densité routière pas importante, elle est traversée par la RN90B à la partie Ouest en passant par la commune de Sidi Ali.

Juste un seul chemin de wilaya est inclus dans notre zone d'étude.

Aussi on note que notre zone d'étude est desservie par un réseau de pistes important, des pistes carrossables nécessitant des entretiens et aménagements. (cf. fig. 04).

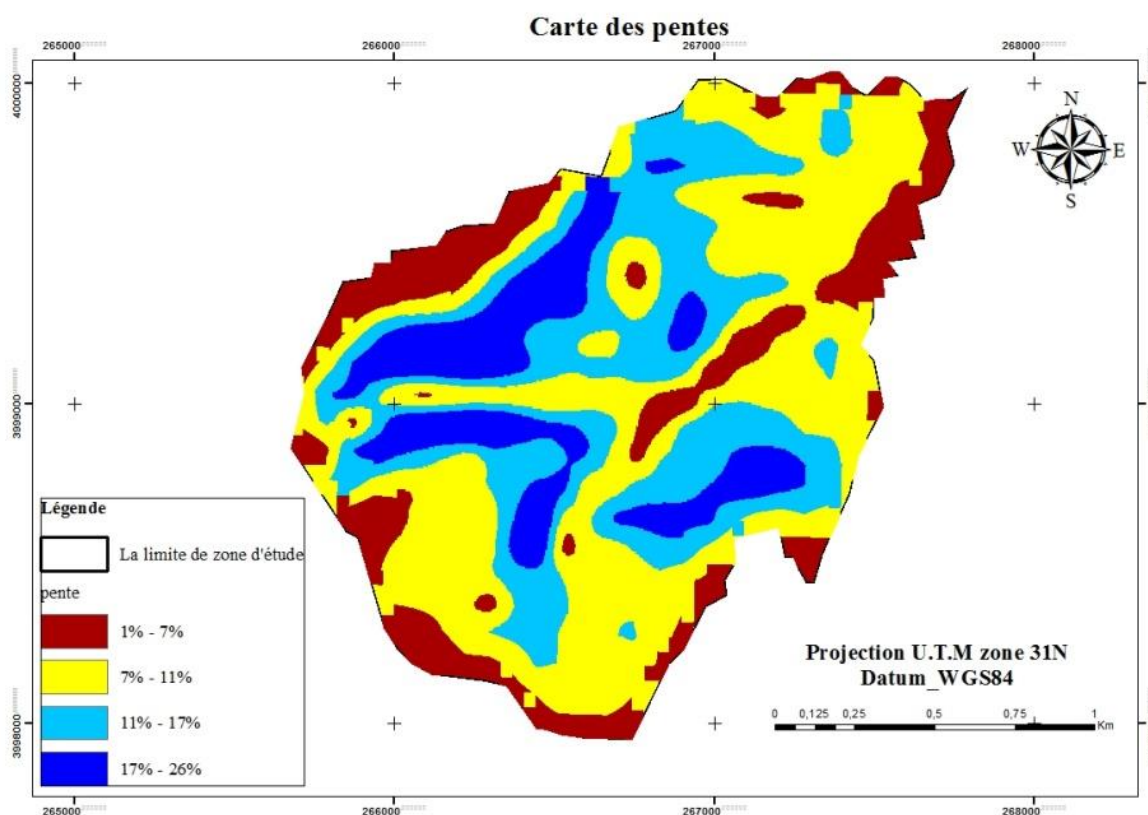


**Figure 04.** Carte des réseaux routiers de la zone d'étude.

### 1.5. Géomorphologie

#### 1.5.1. Relief et pente

Le relief de la zone d'étude est moins accidenté, il est défini par un paysage largement ondulé, à pente faible à modérée (1 à 15%) et donne des formations plaines (cf. fig. 05). Une grande partie des terres fertiles est localisée sur les plaines, la majorité des précipitations y percole, le ruissellement étant faible, l'érosion y est modérée.



**Figure 05.** Carte des pentes de la zone d'étude.

À partir du Modèle numérique du terrain (MNT), nous avons réalisé la carte des pentes qui nous a permis de faire la classification suivante selon l'inclinaison : ➤ 1 - 7% : cette classe représente la plaine, elle couvre la partie majeure de notre site d'étude avec 52 ha, soit 19.4% de la surface totale.

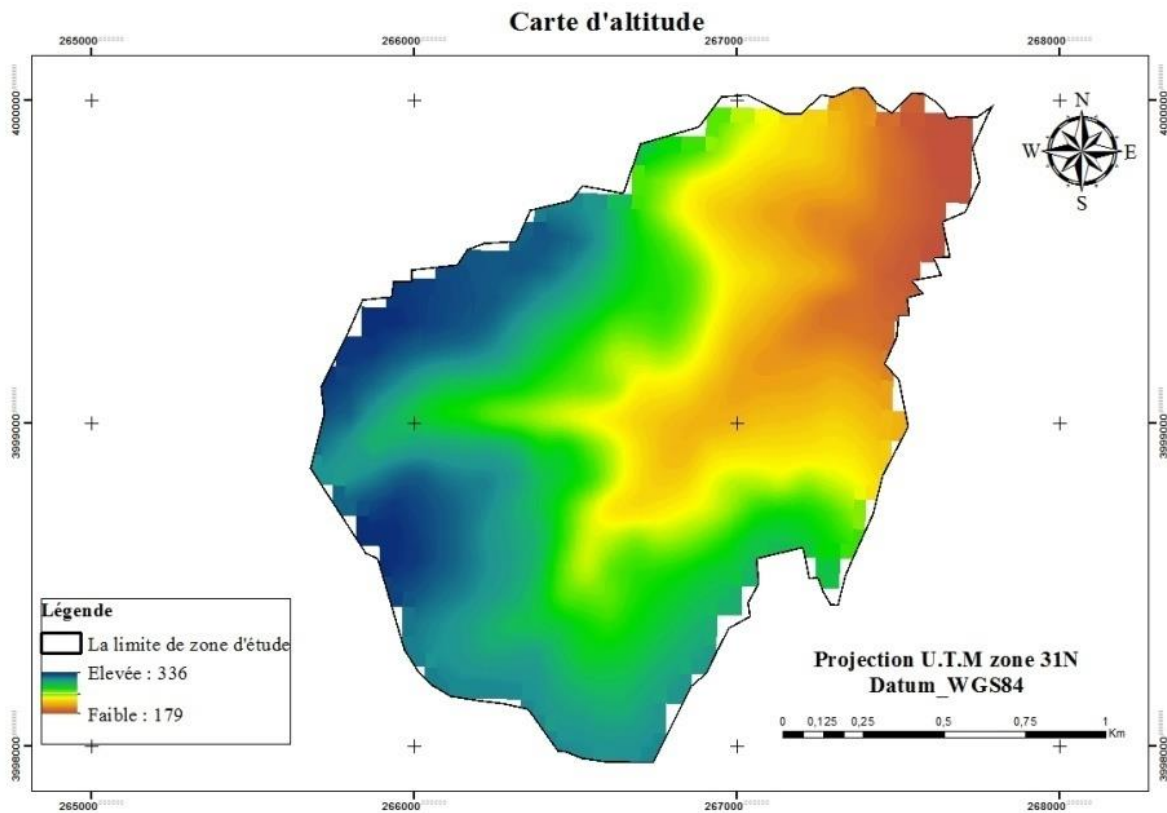
➤ 7 – 11% : c'est la classe des pentes, qui représente une zone de contacts entre la plaine et les montagnes, couvrant une superficie relativement importante de 109 ha soit 40.67% de la superficie totale de la zone d'étude.

➤ 11-17% : est la class des pentes qui représente 69 ha soit 25.75% de la superficie totale de la zone d'étude

➤ 17– 26% : cette classe ne représente que 38 ha 14.18% de la superficie totale de notre zone d'étude.

### 1.5.2 Altitude et exposition

L'exposition est considérée comme étant un facteur important dans l'étude d'érosion car elle peut être un obstacle pour la poussée de certaines espèces protectrices du sol des effets d'ensoleillement et d'humidité, ces derniers, peuvent provoquer l'érosion hydrique.



**Figure 06.** Carte d'altitude de la zone d'étude.

Dans notre cas et sans prendre en considération les différents facteurs écologiques (climat, relief) qui favorisent l'érosion hydrique, on trouve que l'intensité de cette dernière est très marquée au niveau des endroits dépourvus de la végétation. Selon la carte d'exposition, on constate que l'exposition Nord-Ouest est la plus dominante dans la zone d'étude. (fig. 06).

Le point le plus haut se situe à une altitude de 336m et le point le plus bas à 179 m, le dénivelé n'excède pas les 100 m (fig. 07).

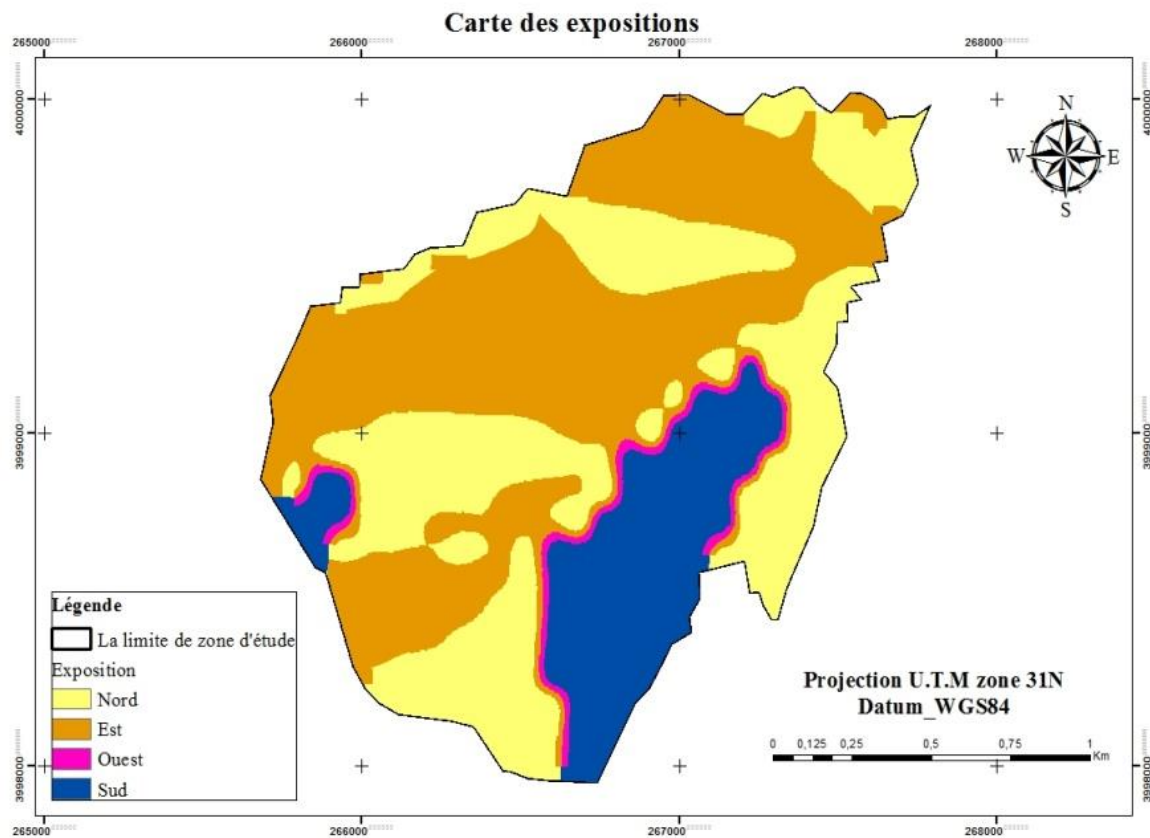
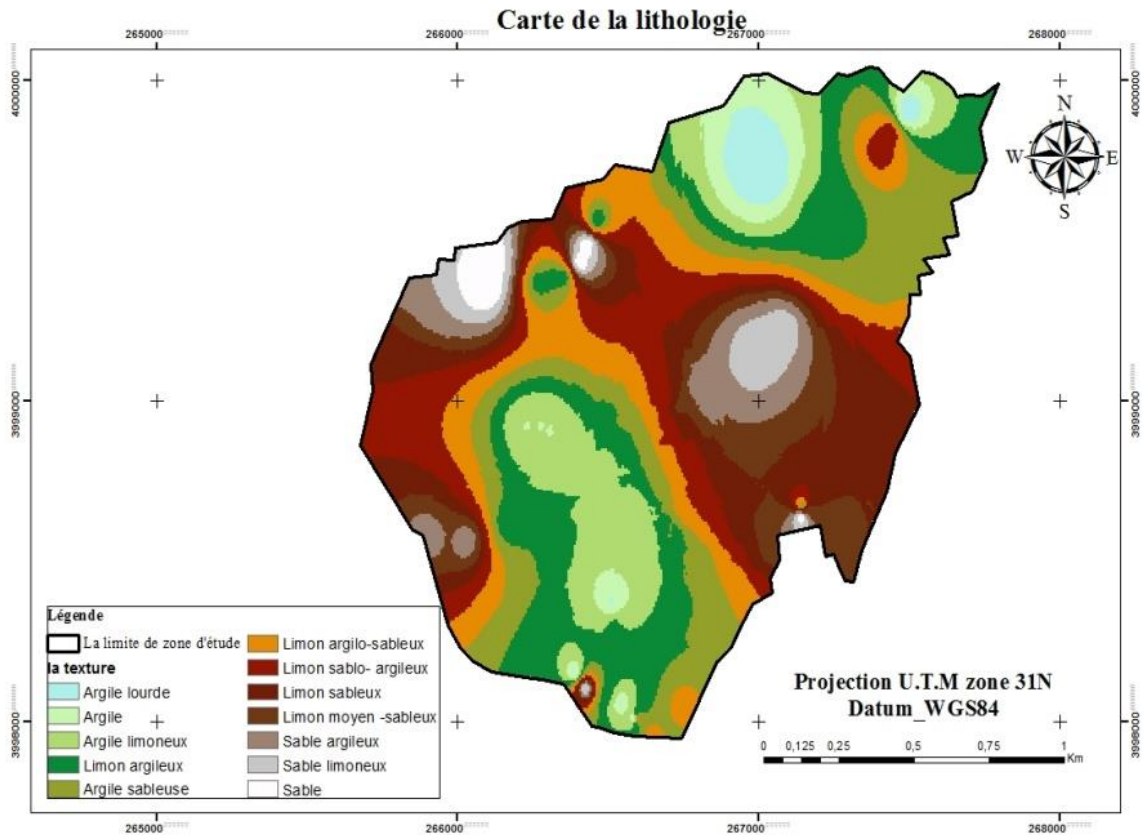


Figure 07. Carte des expositions de la zone d'étude.

### 1.5.3. Sols

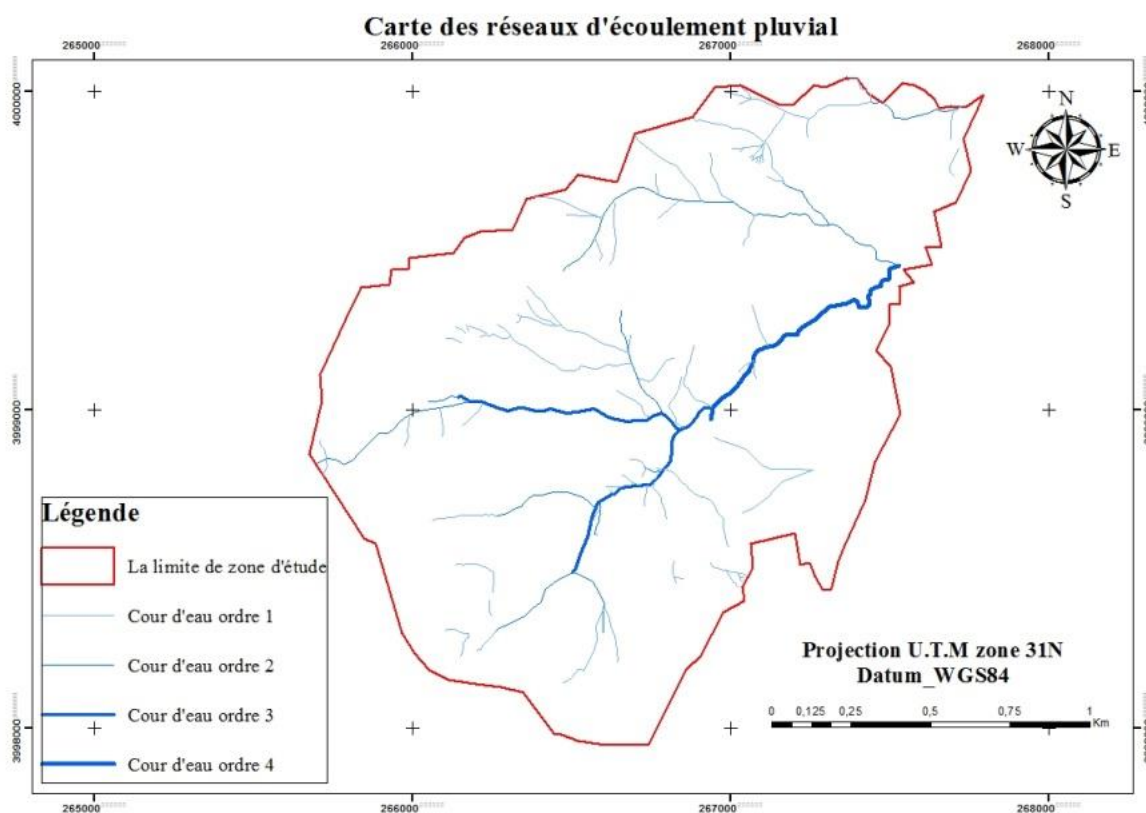
Suivant la carte de lithologie établie à partir des analyses de la granulométrie des échantillons prélevés de la zone d'étude, on a constaté la présence de fortes proportions des sols limoneux et limono-sableux en et un faible taux de sol argilo-sableux (cf.fig08)



**Figure 08.** Carte lithologique de la zone d'étude

#### 1.5.4. Réseau d'écoulement pluvial

Notre zone d'étude est caractérisée par une faible densité du réseau d'écoulement pluvial justifiée par l'existence des pentes moyennes à fortes et une formation superficielle moins perméable. Il est noté que la zone ne possède aucun cours d'eau permanent, il est dépourvu de sources d'eau superficielles comme on peut le voir sur la carte du réseau hydrographique. Ceci explique la difficulté des riverains à irriguer leurs cultures.(cf. fig. 09).

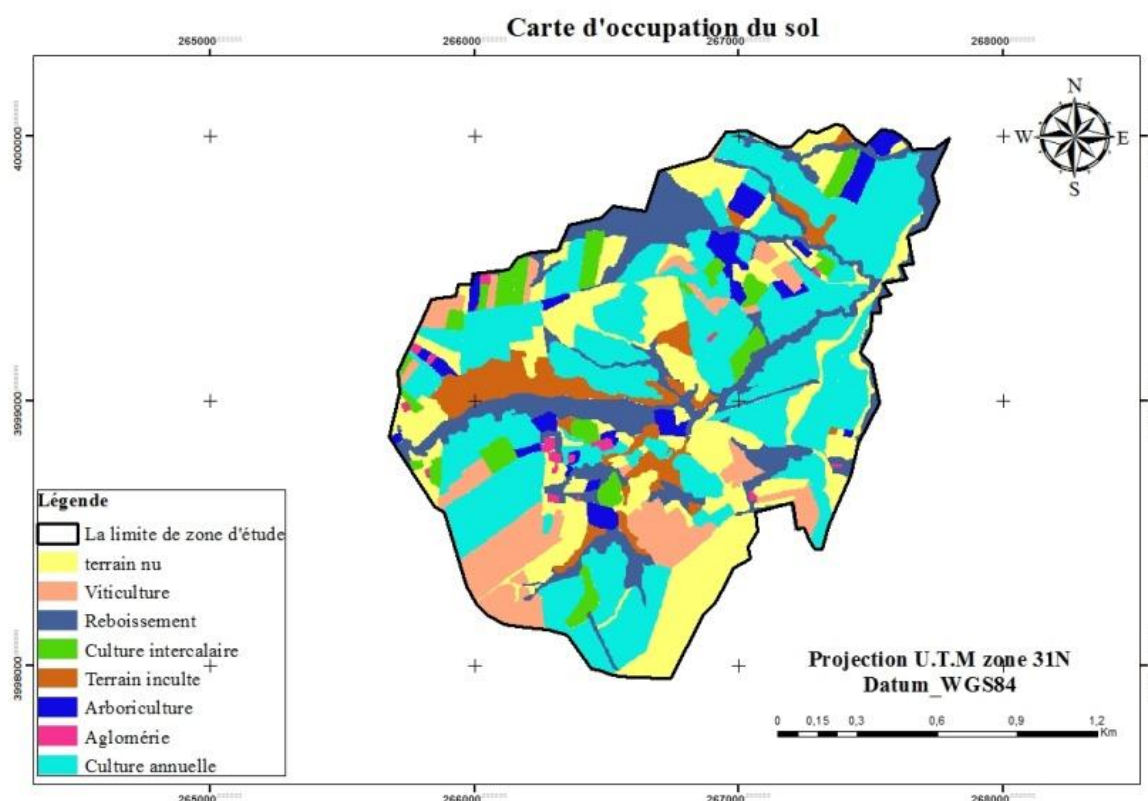


**Figure 09.** Carte des réseaux d'écoulement pluvial de la zone d'étude.

### 1.5.5. Occupation végétale

La végétation est l'un des facteurs physiques qui a une influence directe sur l'écoulement pluvial et l'érosion hydrique des sols. En effet plus le couvert végétal est dense plus la résistance au ruissellement est importante.

Les terres de notre zone d'étude sont pour la plupart à vocation agropastorale où l'agriculture et l'élevage occupent une surface très importante. On constate une prédominance de céréaliculture, de viticulture et d'arboriculture avec une présence de cultures maraîchères à petite échelle.(cf. fig. 10).



**Figure 10.** Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.

La végétation constitue un élément important du milieu physique. D'ailleurs elle n'est que le reflet de la qualité du sol et bien sûr du climat Benabdelli (1996). Sujet assez vaste et partiellement connu, il sera fait allusion beaucoup plus dans le cadre de cette étude à la végétation haie.

Dans notre étude la végétation joue un rôle de murette pour diminuer les risques d'érosion, elle se trouve sous forme haie ou bien bande enherbée.

### 1.6. Aperçu climatique

Les paramètres du climat ont une influence certaine et directe sur le sol et la végétation, il s'agit des précipitations et de la température. En effet, celles-ci constituent la charnière du climat. (Djebaili, 1984).

Afin de pouvoir connaître un bref aperçu climatique de notre zone d'étude, nous avons recouru aux données de l'office national de Météorologie de Mostaganem pour la période 2000-2015.

#### 1.6.1. Pluviométrie

La pluviosité est considérée comme un facteur primordial par son impact direct sur l'hydrologie de surface dont elle représente la seule source hydrique pour la végétation

## Partie III Résultats et Discussions

des milieux terrestres (Marzouk, 2010), charrient d'énormes quantités de sédiments vers les réservoirs d'eaux (Roose, 2004).

La zone d'étude enregistre en moyenne 421 mm par an (cf. annexe 01, tab. 01).

Les précipitations sont irrégulières, les premières pluies surviennent tôt en automne.

Novembre est le mois le plus copieusement arrosé avec une moyenne mensuelle de 89,95 mm (cf. fig. 12), alors que juillet correspond au mois le plus sec avec une pluviométrie sensiblement nulle de moyenne mensuelle 0,85 mm (cf. fig. 11), ce qui est une des caractéristiques essentielles du climat méditerranéen (Emberger, 1930b et Daget, 1977).

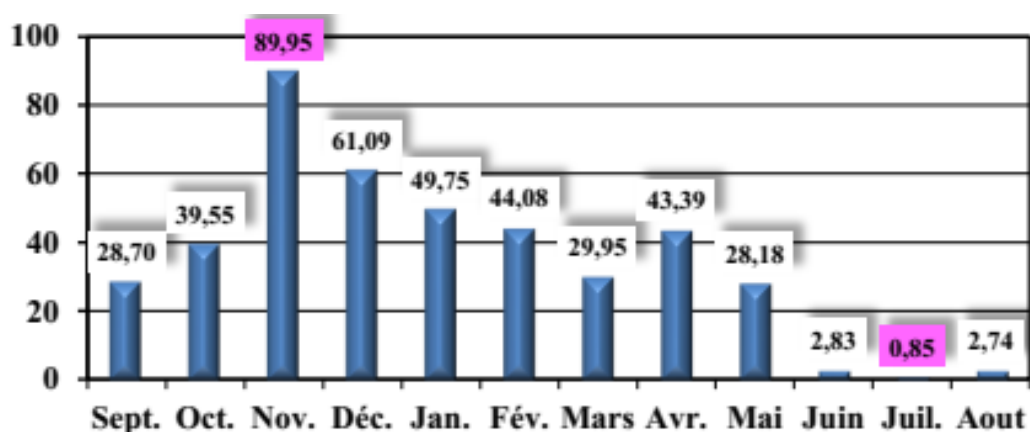


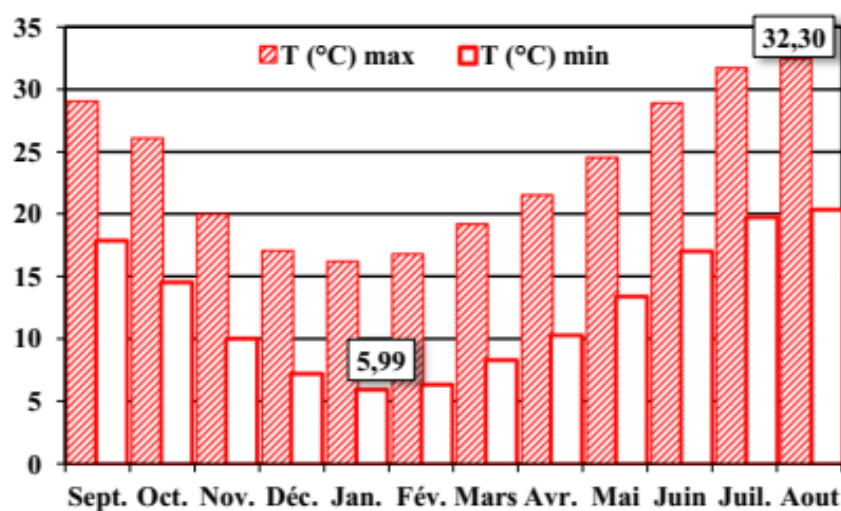
Figure 11. Précipitations moyennes mensuelles (mm).

Les chutes torrentielles surviennent pendant les mois de forte pluviosité du début novembre à la fin février avec des maxima d'à peu près 74,36 % de la pluviométrie annuelle.

D'après le tableau 01 (cf. annexe 01, tab. 01), les pluies mensuelles tombent généralement en automne, en hiver et au printemps. Mais celles d'automne sont plus érosives parce qu'elles tombent au moment où les sols sont peu couverts par la végétation et plus sec suite à la saison chaude de l'été.

### 1.6.3. Températures

La température est le second facteur caractéristique du climat. Il a été défini comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable (Peguy, 1970). Il régit directement le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques, permettant avec les précipitations le calcul du déficit d'écoulement et les indices climatiques. Au point de vue pédologique, les écarts thermiques provoquent la désagrégation des roches ayant pour conséquence le développement des sols.



**Figure 12.** Températures moyennes maximales et minimales (°C).

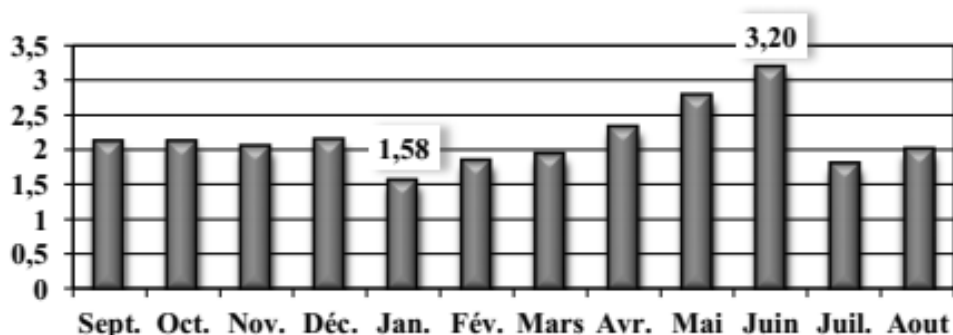
Emberger (1955) a utilisé des significations biologiques pour connaître les variations thermiques.

- M : la moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C),
- m : la moyenne des minima du mois le plus froid (°C),
- M-m : Amplitude thermique exprimant la continentalité.

Les moyennes mensuelles des températures (cf. annexe 01, tab. 02) confirment que le mois de janvier est le mois le plus froid avec une moyenne minimale de 5,99°C, ensuite les températures augmentent d'une allure régulière jusqu'au mois d'août qui représente le mois le plus chaud avec une moyenne maximale de 32,30°C (cf. fig. 12).

### 1.6.4. Vents

Ils constituent un des facteurs reconnus dans la caractérisation du climat méditerranéen, son action est principalement néfaste pendant la saison sèche et lors de tempêtes qui précèdent la saison des pluies, lorsque le sol est nu. Il détermine la transformation des états de surface, particulièrement en zones arides et semi-arides (Thiombiano, 2000). Au niveau de notre zone d'étude, la direction du vent dominant selon Dembele (1994) est à 7h : Est et Sud et à 13h : Ouest et Nord-Est.



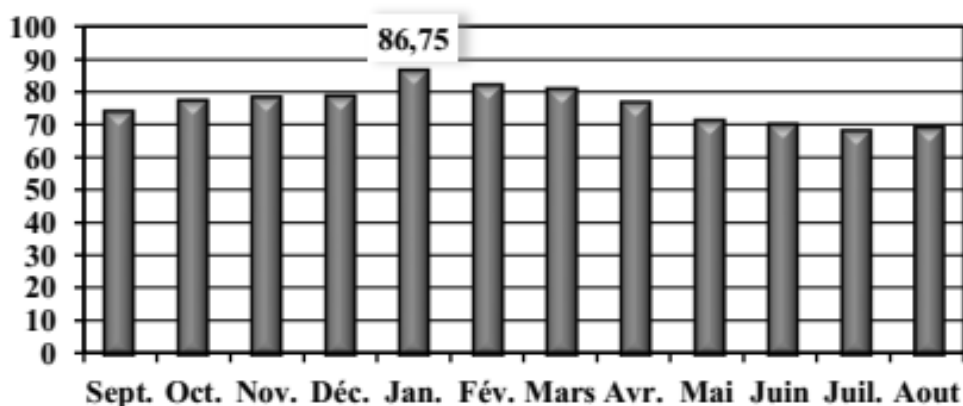
**Figure 13.** Vitesse moyenne mensuelle des vents (m/s).

Ces courants atmosphériques chargés d'humidité pendant leur parcours maritimerencontrent les versants montagneux, ce qui provoque des pluies sur le relief (Touzi, 2001).

- ❖ La vitesse moyenne varie entre 1,58 et 3,20m/s (cf. fig. 13).
- ❖ Sirocco : Ce vent poussiéreux, chaud et sec d'origine méridional soufflant du Sud auNord. Grâce à son pouvoir desséchant, il peut endommager des cultures.

### 1.6.5. Humidité

L'humidité relative est un paramètre climatologique très important qui présente lerapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau à l'air humide et la pression de saturation à la même température. Les arbres eux-mêmes consomment de l'eau qu'ils transpirent en vue de refroidir les feuilles ; cela permet de faire monter l'humidité et de baisser les températuresdans la journée (Verheij, 2003).



**Figure 14.** Humidité relative moyenne mensuelle de l'air (%).

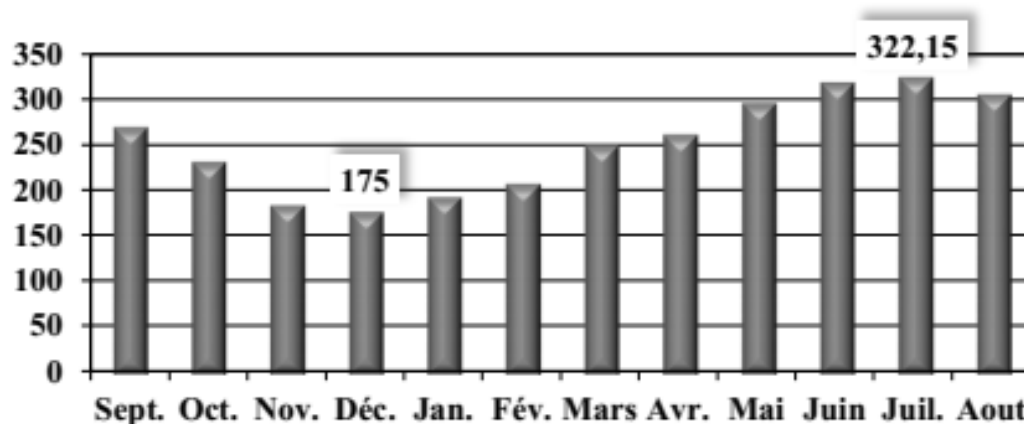
Du fait de la proximité de la mer et de l'influence de la brise marine, l'humidité relative est assez importante dans notre zone d'étude, ce qui diminue l'effet des hautes températures sur l'activation du processus d'érosion hydrique et le pouvoir évaporant de l'air.

## Partie III Résultats et Discussions

Les variations de l'hygrométrie moyennes mensuelles montrent que l'humidité relative moyenne passe par un maximum au mois de janvier (86,75%) (cf. fig. 14).

### 1.6.6. Insolation

C'est le facteur climatique dont il faut tirer parti, l'insolation forte avec les températures élevées entraînant une faible humidité de l'air et donc une évaporation forte (Deygout et Treboux, 2012).



**Figure 15.** Insolation moyenne mensuelle (h/mois).

Le maximum d'ensoleillement est relevé durant le mois de juillet avec une côte de 322,15h (durée totale d'insolation pour le mois de juillet), soit 10,39h/j (durée moyenne pendant la journée) ; le minimum d'ensoleillement est observé en décembre pour une côte de 175h (durée totale d'insolation pour le mois de décembre), soit 5,64 h/j (cf. fig. 15).

### 1.6.7. Évapotranspiration

L'évapotranspiration mensuelle varie de la même manière que la température. La figure 16 montre que durant la saison froide elle décroît progressivement jusqu'à atteindre la valeur faible en mois de janvier avec une moyenne mensuelle de 55,4mm, puis elle croît pour atteindre des valeurs très fortes en saison chaude où la moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de juillet avec 160,78mm.

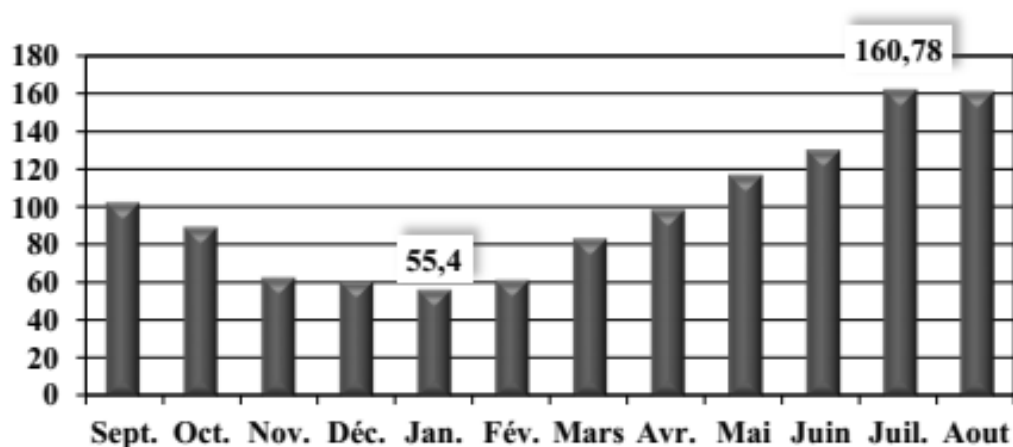


Figure 16. Evapotranspiration moyenne mensuelle (mm).

### 1.6.8. Synthèse climatique

Pour chaque pays suffisamment étendu, il existe un climat général qui dépend de sa latitude, sa proximité de la mer ou sa situation à l'intérieur du continent. Mais pour ces mêmes régions, il y'a aussi un climat dit local qui peut être plus au moins chaud ou froid ou sec ou humide (Dahane, 2006). La synthèse des données climatiques permet ainsi de classer ce climat afin de mieux se rendre compte sur la répartition et le comportement des différentes associations végétales et animales. Cette synthèse fait appel à plusieurs indices, dont nous retenons particulièrement :

#### a. Indice de continentalité ou indice de Debrach

L'amplitude thermique extrême moyenne est un paramètre climatique qui permet de définir l'indice de continentalité (Debrach, 1953). Il nous indique de dire si la région est sous influence maritime ou continentale. Selon la classification thermique basée sur la valeur de l'écart thermique, nous distinguons 4 types de climat qui sont regroupés dans le tableau 03.

Tableau 03. Classification du climat selon l'indice de continentalité (Debrach, 1953).

Type de climat	M – m °C
Climat insulaire	$M - m < 15$
Climat littoral	$15 < M - m < 25$
Climat semi continental	$25 < M - m < 35$
Climat continental	$M - m > 35$

L'indice de continentalité que nous avons calculé pour la station pendant la période allant de 2000 à 2014, est consigné dans le tableau 04.

**Tableau 04.** Indice de continentalité de la zone d'étude

	M(°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
T. °C	30.28	5.99	24.29	Littoral

En se référant à la classification de Debrach(1953), il apparaît clair que notre zone d'étude jouit d'un type de climat qui est de type Littoral.

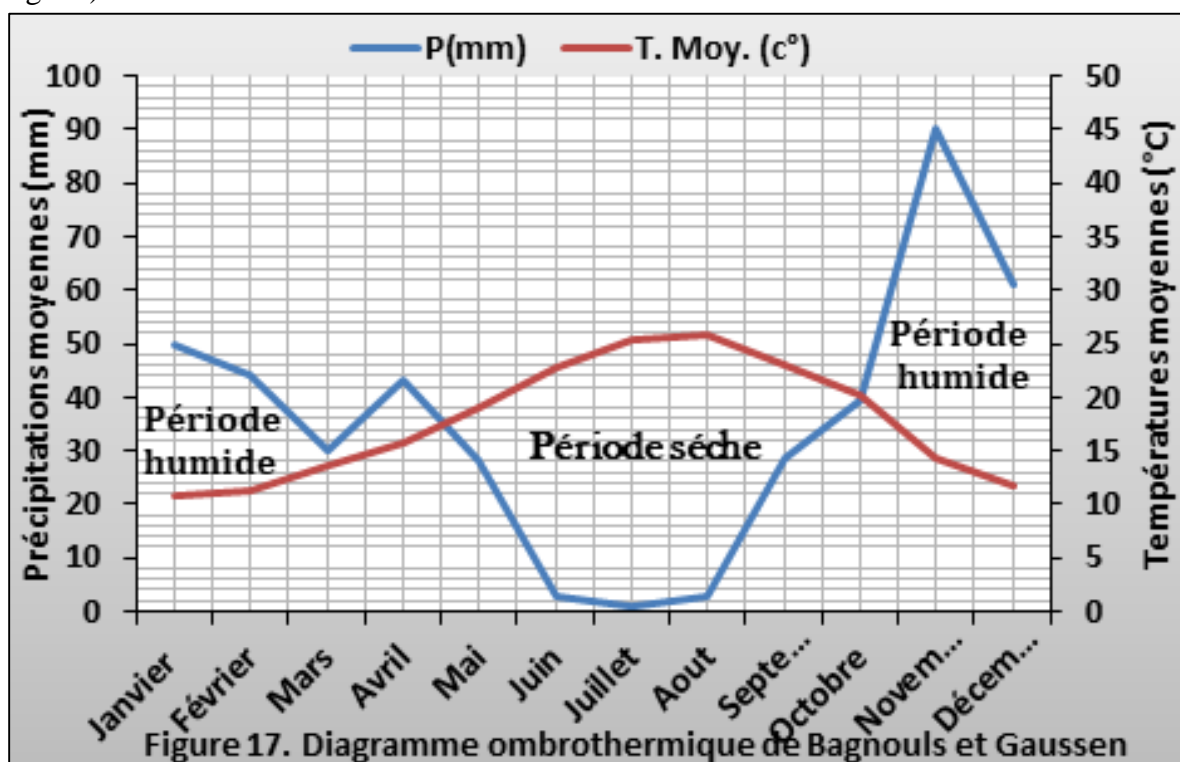
### b. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Selon **Bagnouls et Gausсен**, la sécheresse n'est pas le résultat de l'absence totale des précipitations mais de leur faiblesse qui se conjugue aux fortes chaleurs. En effet un mois est considéré comme étant sec lorsque le total mensuel des précipitations est égal ou inférieur au double de la moyenne des températures soit ( $P \leq 2T$ ).

- **P** : précipitations moyennes mensuelles (mm).

- **T** : températures moyennes mensuelles (°C).

Ils proposent un modèle de représentation graphique où ils juxtaposent les températures et les précipitations. La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière. (cf. fig. 17)



## Partie III Résultats et Discussions

Cette figure montre que pour la zone la séquence sèche est bien accusée, cette période s'étend sur 5 mois et même plus, à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre et la période humide de 07 mois de mi- octobre et la mi-mai.

### c. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Ce quotient nous permet de déterminer l'ambiance bioclimatique d'une région où règne le climat du type méditerranéen, en faisant intervenir les précipitations, les températures maximales et minimales selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000P}{(M-m) \times (M_2-m_2)} = \frac{2000P}{(M+m)}$$

Le positionnement sur un tel diagramme est établi par le  $Q_2$  calculé à partir de la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

**P** : moyenne des précipitations annuelles (mm).

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Kelvin ( $T^{\circ}K = T(^{\circ}C) + 273,2$ ).

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid en degré kelvin ( $T^{\circ}K = T(^{\circ}C) + 273,2$ ).

Pour définir l'étage bioclimatique, nous avons utilisé le climagramme pluviothermique de **Sauvage** qui combine les deux paramètres climatiques (température et pluviométrie).

Les quotients obtenus et l'ambiance bioclimatique correspondants sont indiqués dans le tableau 05.

**Tableau 05.** Étage bioclimatique de Sidi Ali.

M (K)	m (K)	P (mm)	Q <sub>2</sub>	Étage bioclimatique	
				Étage	Variance
<b>303.48</b>	279.19	421.06	59.50	Semi-aride	Tempéré

Les résultats obtenus dans ce tableau et le calcul du quotient, nous ont permis de situer schématiquement notre zone d'étude sur le climagramme pluviothermique d'**Emberger** en étage bioclimatique semi-aride supérieur à hiver tempéré. (cf. fig. 18)

### d. Indice d'aridité de DeMartonne

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

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

**P** : Précipitations moyennes annuelles (mm),

**T** : Températures moyennes annuelles (°C).

## Partie III Résultats et Discussions

Pour notre station :  $P= 421.06\text{mm}$   $T= 17.82\text{ }^{\circ}\text{C}$  donc **IDM = 15.13**

De Martonne a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice qui sont données dans le tableau 06(Guyot, 1999).

**Tableau 06.** Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne

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

La valeur de l'indice annuel permet de situer la zone de notre étude dans le climat semi-aride, En se référant à l'abaque établi. Suivant la méthode de Demartone et en projetant les valeurs, on peut déduire que le climat de la région est de type semi-aride.

### 1.6.9.Relation climat- érosion dans notre zone d'étude

L'objectif de l'étude est de mettre en évidence les actions directes et indirectes des facteurs climatiques sur le milieu physique de la région d'étude et par conséquent sur les avantages et inconvénients qui peuvent surgir des averses et canicules du climat local.

En effet le climat constitue la cause et la source d'énergie érosive, ce sont les gouttes de pluie et les eaux de ruissellement sur les terrains en pente et les vents violents qui détachent et entraînent les particules terreuses.

L'efficacité de la pluie vis-à-vis des processus d'érosion est liée aux rôles qu'elle a dans le détachement des particules des sols, mais surtout dans la formation du ruissellement. Cette érosivité dépend essentiellement de l'intensité et du volume des précipitations.

Cette étude nous permet d'expliquer les formes d'érosion exercées dans la zone par :

- L'agressivité des précipitations (des orages à allure torrentielle).

-Une sécheresse accentuée qui joue un rôle important dans la disparition de la végétation herbacée laissant les sols nus et sans protection ce qu'expose la région à l'érosion.

-Le vent, par son souffle, peut entrainer la sècheresse du couvert végétal et son déshydratation ce qui dépourvoit le sol de toute végétation et déclenche, en conséquence, une érosion hydrique.

- La rosée causée par l'humidité peut rafraichir le couvert végétal ce qui lui permet de survivre et par la suite de protéger le sol de l'érosion.

## Partie III Résultats et Discussions

---

Dans les zones semi- arides les **3/4** des transports annuels de matériaux proviennent de quelques jours de crue en toute saison mais plutôt en automne en été ou au printemps (ruissellement d'intensité), (Laouina, 1998).



Photo 01. Fentes de retrait (sol limoneux)



Photo 02. Croûte de battance obstacle à la



Photo 03. Érosion interne (sous terraine)



Photo 04. Érosion linéaire (Ravine)



Photo 05. Érosion interne affaissement



Photo 06. Traces de pneus (compactage du sol)



Photo 07. Recolonisation végétale de sols



Photo 08. Stade d'érosion irréversible

**Figure 18.** Traces de l'érosion hydrique dans la zone d'étude  
(Photos –Omar et A.Djouad, 2018)

### **Conclusion**

La zone d'étude, d'une superficie de 268 ha, s'étale sur les piémonts des monts du Dahra Ouest de la wilaya de Mostaganem. En effet, la région d'étude se retrouve sur un étage bioclimatique semi-aride frais avec un hiver pluvieux et une sécheresse estivale prolongée.

Quant à la population, elle est rurale et caractérisée par une croissance démographique moyenne en générale.

Pour assurer leurs survies, la population se base sur les pratiques de l'agriculture traditionnelle et l'élevage comme principale activités assurant des revenus de subsistance à parfois un dégagement de surplus.

Toutes ces activités se trouvent menacées à divers degrés par la dégradation de l'environnement à travers le phénomène d'érosion qui a poussé plusieurs populations à abandonner leurs terres en causant l'exode rural.

Le prochain chapitre abordera la méthodologie développée pour la caractérisation de la vulnérabilité des sols.

# *Matériels et méthodes*

Approche expérimentale

## 1. Parcelles expérimentales

Compte tenu des facteurs limitant déjà évoqués sur la zone d'étude, le principe sera d'étudier sur des stations expérimentales (parcelle agricole) l'impact des différents systèmes de culture pratiqués actuellement sur le phénomène de l'érosion hydrique. Ceci, à partir de comparaisons entre certains paramètres tant quantitatifs que qualitatifs des différents systèmes de culture pouvant caractériser l'efficacité des uns par rapport aux autres dans la lutte contre l'érosion hydrique.

Le choix a été fait sur la base d'un certain nombre de critères dont les plus importants sont :

- La station doit être située sur une pente même faible,
- La situation dans un secteur très sensible au phénomène d'érosion, avec apparition de quelques symptômes (griffes, rigoles, ravines, etc.),
- Le système de culture installé dans la station doit être des cultures associées (arbre-culture) en premier lieu, ou bien des cultures arboricoles (arbre), ou des cultures annuelles (monoculture ou jachère herbacée),
- Le sol de la station doit appartenir à l'un des types de sol les plus représentés dans la zone d'étude c'est à dire sablo-limoneux ou marneux.

-

### 1.1. Délimitation et caractérisation des stations expérimentales

Parmi les parcelles visitées lors de notre enquête, quatorze parcelles ont été choisies, dont la figure 19 présente les 14 parcelles expérimentales délimitées sur la zone d'étude.



**Figure 19.** Délimitation des parcelles expérimentales sur la zone d'étude  
(Extrait de l'image de Google Earth, 2018).

Ces parcelles sont gérées d'une façon variable selon les caractéristiques de chacune d'elles notamment la pente, le type du sol, l'humidité du sol, le mode de faire valoir et l'accessibilité à la parcelle. Donc l'étude est réalisée en fonction des critères mentionnés ci-dessous (cf. tab. 07) afin de déterminer l'impact des différents systèmes de culture sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Tableau 07. Caractéristiques des parcelles expérimentales de la zone d'étude

Systèmes	Parcelle	Date	Lat. Nord	Long. Est	Alt. (m)	Surf. (ha)	Expos.	Pente (%)	Occupation
Systèmes Agroforesterie (SAF)	P1	28/04/2018	36°06'55.50"	00°24'58.73"	208	01.24	Est	9-12	Olivier, avoine.
	P2	07/05/2018	36°06'40.44"	00°24'05.49"	329	00.48	Est	1-5	Abricotier, figue, P. chiche, prune.
	P3	07/05/2018	36°06'44.57"	00°24'18.68"	323	01.10	Sud-est	12-16	Raisin, P.pois, abricotier, cyprès, fève
	P4	12/05/2018	36°0'46.61"	00°24'50.49"	215	00.43	Nord-est	5-9	Olivier, abricotier, figue, grenadine, avoine, jujubier.
Systèmes arboricoles (SA)	P5	05/05/2018	36°06'51.97"	0°24'41.61"	241	01.10	Sud-est	12-16	Olivier
	P6	05/05/2018	36°06'33.57"	0°24'42.40"	223	01.21	Est	5-9	Abricotier
	P7	07/05/2018	36°06'39.29"	0°24'12.97"	332	00.28	Sud-est	12-16	Abricotier, figue
	P8	09/05/2018	36°06'24.50"	0°24'12.77"	289	00.46	Nord-est	20-26	Abricotier
Cultures annuelles (monoculture) (CA)	P9	23/04/2018	36°06'00.55"	0°24'18.34"	308	02.47	Nord-est	1-9	Blé tendre
	P10	23/04/2018	36°06'04.52"	0°24'22.68"	284	03.39	Nord-est	9-12	Blé tendre
	P11	23/04/2018	36°05'58.57"	0°24'25.46"	297	01.24	Nord	5-9	Blé tendre
	P12	09/05/2018	36°06'12.85"	0°24'04.28"	329	07.65	Sud-Est	1-9	Blé dur
Jachère herbacée	P13	05/04/2018	36°06'16.81"	0°24'48.72"	281	01.55	Nord-Est	1-9	Non travaillée
	P14	15/04/2018	36°05'54.71"	0°24'32.86"	311	04.63	Nord-Ouest	1-5	Travaillée

## 1.2. Prélèvement des échantillons de sol

Après le repérage de chaque station qui a constitué le cœur de notre travail (tab.07), l'analyse du sol de surface se trouve la plus importante par rapport l'analyse du sous-sol qui s'avère toutefois complémentaire. Trois (03) échantillons aléatoires ont été prélevés sur l'horizon superficiel du sol (0-30cm) à l'aide d'une bêche dans chacune des stations.

Environ 1 kg du sol prélevé et mis dans des sachets en plastique étanches et étiquetés avec soin et ramenés au laboratoire. Séchés à l'air libre puis passés au tamis de 2 mm et conservés dans des sacs en polyéthylène, étiquetés, ils ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques réalisées sur la partie dite terre fine < 2 mm.

## 2. Analyses physico-chimiques du sol

Les analyses de sol ont essentiellement porté sur les sous-facteurs conditionnant l'érodabilité des sols : sa texture (granulométrie), sa structure, sa perméabilité ainsi que son contenu en matière organique. En complément à ces analyses, les paramètres : pH, calcaire total et actif et la conductivité électrique sont également importants à titre d'indicateurs de sol.

### 2.1. Granulométrie et texture

La connaissance des matériaux constitutifs d'un sol nécessite leur séparation en fonction de leur taille, c'est le but de l'analyse granulométrique. Après l'élimination de la matière organique et le traitement de la terre fine par un réactif dispersant les agrégats (Schvartz et *al.*, 2005), on procède après un temps de sédimentation variable avec la température au fractionnement des argiles et des limons à l'aide de la pipette de Robinson: les sables grossiers sont obtenus par tamisage au tamis de 0,2mm. Ces méthodes de dispersion et de fractionnement sont celles de la méthode internationale de Robinson.

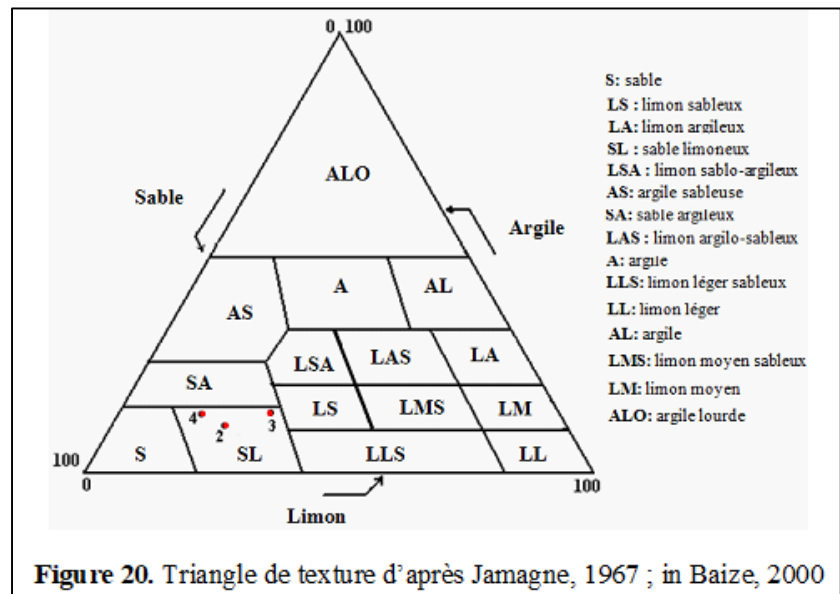
L'analyse granulométrique (ou physique) détermine la répartition des constituants élémentaires de sol dans les classes granulométriques choisies (cf. tab.08).

Tableau 08. Système de classification des classes texturales						
Terre fine					Eléments grossiers	
< 2 $\mu$	2 $\mu$ – 20 $\mu$	20 $\mu$ – 50 $\mu$	50 $\mu$ -200 $\mu$	200 $\mu$ – 2mm	2 mm -2cm	>2cm
Argiles	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers	Graviers	Cailloux

Source : Pasquier, 2009

L'agronome a défini la notion de texture qui correspond au comportement du sol tel qu'il se manifeste au champ. Ce comportement est fortement dépendant de la taille des constituants du sol (Schvartz et *al.*, 2005). Ainsi, les proportions respectives de sables, limons et argiles permettent notamment une classification conventionnelle des sols à l'aide d'un triangle des textures (cf. fig. 21) comme celui défini par Jamagne (1967).

Des textures avec trop peu d'argiles ont une faible cohésion et donc une faible stabilité structurale. Les sols les plus sensibles sont les sols riches en limons et/ou sables fins. Comme il a été décrit ci-dessus, les limons ont une faible cohésion et sont des particules très fines. Ils



sont donc facilement détachés de la matrice du sol et facilement transportés par le ruissellement puisqu'ils sont petits. Les sables fins ont une cohésion encore plus faible. Les sables grossiers ont une très faible cohésion, mais parce que ce sont des sédiments plus gros que les limons et sables fins, ils sont moins facilement transportés par les eaux de ruissellement. Une fourchette très approximative pour une teneur en argile idéale serait entre environ 15% et 30-40%. En-dessous de 15%, la stabilité structurale devient relativement faible et le sol facilement érodé ; au-delà d'environ 40%, le sol a tendance à être lourd, avec une forte rétention de l'eau et une structure tendant à être massive (Fox et *al.*, 2008).

## 2.2. Indice de battance

En sol cultivé, le phénomène de battance a des conséquences néfastes vis-à-vis de la germination-levée et de la formation du ruissellement. Les sols sont d'autant plus sensibles au phénomène de battance qu'ils présentent un horizon de surface à texture caractérisée par l'abondance relative des limons et des sables et une pauvreté relative en argiles, une structure à cohérence faible, une faible stabilité structurale et un faible taux de matières organiques (Pasquier, 2009).

La connaissance de la granulométrie du sol permet de calculer l'indice de battance d'un sol, où elle peut être obtenue par l'indice de battance de Boiffin (1984).

$$I_b = [(1,5 LF + 0,75 LG) / (A + 10 MO)] - C \text{ (pHeau} > 7)$$

Si pHeau > 7, la valeur de C = 0,2.

Si  $pH_{eau} < 7$ , la valeur de  $C = 0$ .

LF : teneur en limons fins (%)

LG : teneur en limons grossiers (%)

A : teneur en argile (%)

MO : teneur en matière organique (%)

Cet indice permet de classer les comportements des sols (cf. tab. 09) dans une région donnée (caractérisée par le climat,...). Ainsi face à de fortes précipitations, les sols sont plus ou moins battants.

Valeur de l'indice de	Réaction du sol
$IB > 2$	sol très battant
$1,8 < IB < 2$	sol battant
$1,6 < IB < 1,8$	sol assez battant
$1,4 < IB < 1,6$	sol peu battant
$IB < 1,4$	sol non battant

Source : Pasquier, 2009

Les sols limoneux ont une grande fragilité constitutive, du fait de leur texture, et les matières organiques y sont le principal agent agrégeant (Le Bissonnaise et Arrouays, 1997; Tessier et *al.*, 1998). De plus, les pratiques culturales qui affinent les agrégats du sol et laissent le sol nu exposé à la pluie, le rendent particulièrement sensible à la battance.

Du fait de cet encroûtement, l'infiltrabilité des sols devient très faible et se développent alors des problèmes de ruissellement et d'érosion.

### 2.3.Perméabilité

La perméabilité du sol ou conductivité hydraulique est la vitesse d'infiltration, où la quantité maximum d'eau qui s'infiltré dans le sol au temps « t ». elle varie dans le temps en fonction de l'état de saturation du sol (Le Bissonnaise et *al.*, 2002a). Elle dépend de la texture mais surtout de la structure du sol, plus la quantité d'éléments ronds et de même taille est importante et plus le sol n'est perméable. En revanche, si le sol est constitué d'éléments de tailles différentes, imbriqués les uns dans les autres, la porosité est faible, et le sol peu perméable (Pasquier, 2009).

Plus la très grande diversité de test qui est aujourd'hui utilisée dans la littérature, en l'absence de protocole normalisé (Chenu, 2009), une présence de difficulté de réaliser des analyses de conductivité hydraulique du sol sur le terrain. De ce fait, Ferrer-Juliet *al.* (2004) ont proposé une des fonctions de pédotransfert pour une grande variété de conditions climatiques et physiographiques, avec une prédominance des sols développés dans des conditions semi-arides, comme celles qui se produisent en Espagne. Les résultats obtenus, en dépit de la variété des méthodes de mesure et des variables utilisées, montrent qu'il est possible d'estimer les valeurs de conductivité

hydraulique à saturation des sols à partir de données de la teneur en sable. Ils ont utilisé la base de données développée par Truebaet *al* (2000) qui contient 2178 profils collectés à travers l’Espagne et la péninsule ibérique, ce qui représente 7011 horizons.

$$K_s = 2,556 \cdot 10^{-7} \exp(0,0491(S))$$

S :est le pourcentage du sable du sol.

Six classes de perméabilité sont définies et le code de perméabilité peut être déduit de la classification texturale du sol (Cook et *al.*, 1985) comme montré dans le tableau 10

Classe texturale	Classe de perméabilité	Conductivité hydraulique	Code de perméabilité
Graviers, sable grossiers	rapide	$4,4 \cdot 10^{-3}$	1
Sable limoneux et	Modérée à rapide	$(1,4 \text{ à } 4,4) \cdot 10^{-3}$	2
Limons sableux fins,	Modéré	$(0,4 \text{ à } 1,4) \cdot 10^{-3}$	3
Limons, limons argileux	Lente à modérée	$(0,14 \text{ à } 0,4) \cdot 10^{-3}$	4
Limons argileux, argiles	lente	$(4 \text{ à } 14) \cdot 10^{-5}$	5
Serrée, compactée	Très lente	$< 4 \cdot 10^{-5}$	6

Source : Chehlafi et *al.*, 2014

#### 2.4. Le pH

Le pH fait partie d’une des plus importantes caractéristiques physico-chimiques des sols après la texture bien sûr. Non seulement la activité du sol, tout comme la disponibilité de la majeure partie des éléments nutritifs dépend du pH (Bertschinger et *al.*, 2003), mais aussi les risques de toxicité (la mobilité et la biodisponibilité des éléments traces métalliques dans le sol). Connaissant ces deux propriétés (texture et pH), il est possible de tracer les grandes lignes de la fertilité d’un sol et de son comportement (Fox et *al.*, 2008).

Les propriétés physiques du sol dépendent également du pH du sol : en sols limoneux, la stabilité structurale est minimale pour un pH compris entre 6 et 7, elle est améliorée en sols battants, si le pH atteint 7,6 (Pasquier, 2009).

Ce paramètre comme indicateur de l’ambiance ionique du sol, exprime la concentration en ion H<sup>+</sup> et mesure l’acidité ou l’alcalinité d’une eau lue sur une échelle allant de 0 à 14 (Vissin et *al.*, 2010) (cf. tabl. 11).

pH eau	< 5,3	5,3 -	5,9 - 6,7	6,8 -	7,3 - 7,6	> 7,6
Appréciation agronomique	Fortement acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Faiblement alcalin	Alcalin

Le pH eau mesure l'acidité de la solution du sol, et le pHKCl mesure l'acidité en réserve sur le complexe argilo-humique (les ions  $H^+$  du complexe sont remplacés par des ions potassium  $K^+$ ). Le pHKCl est donc toujours inférieur au pH eau.

La différence (pHeau - pHKCl) varie de 0,5 à 1,5. Elle est évidemment proportionnelle à l'acidité potentielle (la réserve d'ions  $H^+$  sur le CAH), elle est en relation avec l'état de saturation du sol. Les sols argileux et humifères présentent souvent des  $\Delta pH$  élevés tandis que les sols calcaires saturés de calcium sont dépourvus d'acidité de réserve.

Le pH est mesuré par voie électrique à l'aide du pH-mètre sur une suspension (terre / liquide) égale à 1/2,5. Le liquide utilisé peut être de l'eau distillée (mesure du pHeau) ou une solution de KCl 1N (mesure du pHKCl).

### 2.5. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique du sol est un outil précieux pour identifier les propriétés physico-chimiques du sol qui influencent les modes de rendement des cultures et pour établir la variation spatiale de ces propriétés du sol (Corwin et Lesch, 2003).

Elle définit la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol, elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol (Guessoum, 2001). Elle varie en fonction de la température.

Selon Calvet (2003) Un sol est considéré salé, lorsque la conductivité électrique est supérieure à 4dS/m.

La conductivité électrique (méthode extrait aqueux au 1/5), qui nous permet de rapidement obtenir la teneur globale en sels dissous, était imposée pour mesurer la salinité des sols (De Jonget *al.*, 1979; Williams et Hoey, 1982), qui est interprétée à l'aide d'une échelle de salure des sols (cf. tabl. 12).

CE (mS/cm)	< 0,6	0,6 –	1,2 –	2,4 – 6	> 6
Appréciation	Non	Peu	Salé	Très	Extrêmement salé

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre, sur une solution d'extraction aqueuse (rapport sol/eau égale à 1/5) à 25°C, couramment exprimée en mmhos/cm ou dS/m (Baize, 1988 ; Robert, 1996).

### 2.6. Matière organique

Les Matières Organiques du Sol (MOS) sont reconnues de longue date pour leur contribution à la fertilité chimique, physique et biologique des sols (Balesdent et *al.*, 2005).

Elles consistent en un mélange de résidus végétaux et animaux à différents stades de décomposition, de corps microbiens et animaux vivants dans le sol, et de substances

fabriquées par les organismes vivants et/ou provenant de la décomposition chimique de molécules plus importantes (Stevenson, 1994).

Les matières organiques des sols (MOS) jouent un rôle important pour la microflore, la faune et la structure de sol. Elles contrôlent la stabilité des agrégats, favorisent l'infiltration de l'eau et agissent donc profondément sur l'humidité du sol. Elles diminuent l'érosion et protègent le sol de l'érosion.

On considère une teneur en MO faible lorsqu'elle est inférieure à 2%, elle est acceptable dans les terres à faible teneur en argile (teneur en argile <10%) et très insuffisante dans d'autres où le taux d'argile est élevé (de 25 à 35% ou plus) (Pousset, 2011).

D'après Duparque et al. (2007), on ne mesure pas directement la teneur en matière organique du sol sur un échantillon de terre. Elle est estimée en appliquant à la teneur en carbone organique déterminée par l'analyse au laboratoire.

$$MO (\%) = C_{org.} (\%) \cdot 1,724$$

Le coefficient multiplicateur : 1.724 est couramment utilisé en France (Duparque et al., 2007).

## 2.7. Carbone organique

Le carbone organique est le principal constituant des matières organiques. Il représente environ 50% de celles-ci, suivi de l'oxygène (40%), de l'hydrogène (5%), de l'azote (4%) et du soufre (1%) (Vigot, 2012).

Plusieurs études (Elliott, 1986 ; Cambardella et Elliott, 1993 ; Puget, 1997) ont montré que la concentration du carbone organique augmente avec la taille des agrégats. Elliott (1986) explique les teneurs plus importantes en carbone organique des macro agrégats par rapport aux micro agrégats par le fait que les micro agrégats sont assemblés entre eux pour former des macro agrégats à l'aide d'agents de liaison de nature organique.

Le taux de carbone permettra en outre de calculer le rapport C/N, qui renseigne sur l'activité biologique du sol (Chaussod, 1996 ; Leclerc, 2001).

Le carbone organique (%) est dosé par la méthode Anne qui a été la plus généralement utilisée jusqu'à ces dernières années (Duparque et al., 2007), dont il est oxydé par du bichromate de Potassium en excès, en milieu sulfurique. L'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sel de Morh (qui réduit les bichromates) en présence de diphénylamine.

## 2.8. Calcaire total

Le calcaire total est une des composantes héritées de l'altération de la roche-mère. Le constituant essentiel de calcaire est le carbonate de calcium, cristallisé sous forme de calcite à symétrie rhomboédrique (Djili et Daoud, 1999 ; Djili, 2000). Il se présente sous forme de particules plus ou moins grossières. Du point de vue purement

granulométrique, ces particules sont analogues aux autres grains de sable, mais du point de vue chimique elles sont différentes. En effet, les plus fines et les plus poreuses d'entre elles peuvent libérer du calcium, qui tend à neutraliser les acides et donc à rendre la terre plus basique (Pousset, 2011).

Aussi, le calcium fourni par le calcaire provoque la floculation des colloïdes minéraux et organique du sol, action nécessaire à l'établissement d'un état structural, et permet au sol de créer les réserves, en éléments nutritif (Eliard, 1979).

Le plus souvent la valeur du calcaire total en pourcentage est déterminée par la méthode volumétrique à l'aide du calcimètre de Bernard, en décomposant les carbonates de calcium par l'acide chlorhydrique, et mesurant le volume de CO<sub>2</sub> dégagé.

Selon la teneur en calcaire, il y a cinq (05) classes de sols calcaires (Loz et Mathieu, 1990) (cf. tab. 13).

Taux du CaCO <sub>3</sub>	< 2 %	2 à 10 %	10 à 25 %	25 à 50%	>50%
Appréciation	Très faiblement calcaire	Faiblement calcaire	Moyennement calcaire	Fortement calcaire	Très fortement calcaire

### 2.9. Calcaire actif

Le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. Il faut retenir que le lien entre calcaire total et calcaire actif n'est pas automatique : une terre peut être riche en calcaire total et relativement pauvre en calcaire actif. L'excès de calcaire actif nuit à certaines plantes (par exemple aux arbres fruitiers). On considère généralement que des problèmes sérieux peuvent commencer à apparaître à partir de teneurs en calcaire actif voisines de 50% (Pousset, 2011). Donc la détermination du calcaire actif constitue un bon indice pour guider les arboriculteurs et les viticulteurs à choisir les porte-greffes les mieux adaptés à leurs sols (Baize, 1988). Cependant, la présence modérée de calcaire actif améliore la solidité du complexe argilo-humique et donc la stabilité de la structure (Pousset, 2011).

Le CaCO<sub>3</sub> actif (%) est déterminé par la méthode Drouineau-Galet en utilisant l'oxalate d'ammonium qui se combine au calcium du calcaire facile à dissoudre (calcaire actif) pour former des oxalates de calcium insolubles. L'excès d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

### 3. Analyse cartographique

Les méthodes classiques utilisées pour l'étude des ressources naturelles et sa gestion sont presque dépassées, et donc les systèmes d'information géographique (SIG) sont avérés un outil de gestion très performant.

Dans notre travail, l'outil informatique «**ArcGIS 10.0** »a permet à partir de diverses sources, de rassembler et de organiser, de gérer, d'analyser, de combiner et enfin de présenter et visualiser les informations localisées géographiquement dans notre zone d'étude.

### 4. Analyse statistique

Il faut souvent compléter l'analyse avec une classification. De nombreux logiciels existent qui permettent de faire aisément ces analyses, mais la partie délicate reste l'interprétation qui devrait toujours rester nuancée.

Dans le cas de notre travail l'étude a été appréhendée par le biais du logiciel statistique StatBoxPro 6.4 pour mettre en lumière certaines liaisons entre les variables explicatives et l'érosion d'une part, et d'autre part, de découvrir les interactions entre des différentes variables afin de mieux apprécier les effets des différents systèmes de production sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Le dispositif adopté est la randomisation totale à un critère de classification, dont toutes les données qui sont récapitulées d'une manière synthétique ont fait l'objet une analyse de variance (ANOVA).

*Résultats et  
Discussions*

### 1. Résultats sur l'état du sol de la zone d'étude

Compte tenu de ces propriétés, la nature des sols agricoles de la zone d'étude situés sur des pentes faibles à moyennes, ainsi que de la violence des pluies et des pratiques culturales inappropriées exposent les sols à une certaine fragilité et sensibilité à l'égard de l'érosion hydrique. Au cours de nos sorties sur terrain, on a pu constater d'une manière générale, une présence presque négligeable de traces d'incisions en amont des parcelles. La présence en surface de cailloux dénudés de terre qui les agglomèrent forment de petites "cheminées" prouvant un certain détachement, provoqué par l'action des gouttes de pluies sur les agrégats du sol. Les particules élémentaires qui ont fait l'objet d'une redistribution sur place ou d'un faible transport conduisent à un glaçage des surfaces en se déposant au fond des pores réduisant la porosité de surface.

Les conditions climatiques variables de la région occasionnent un déficit hydrique important et quasi-permanent, ce qui favorise l'appauvrissement du couvert végétal et la dégradation des sols. De plus, les sols pratiquement nus pendant la période des pluies, sont destinés soit à la polyculture telle que l'arboriculture/viticulture/légumineuses, soit à l'arboriculture fruitière et/ou les grandes cultures.

L'érosion avec ses différentes formes (rigoles et ravines) entraîne une dégradation importante des sols. Celle-ci se traduit par le départ des éléments nutritifs et des atterrissements sableux en aval. L'épuisement des sols est accentué par les pratiques culturales préconisées par le système traditionnel.

### 2. Cartographie du risque d'érosion

Plusieurs auteurs affirment que les différents facteurs qui conditionnent l'érosion n'ont pas le même effet sur la quantité de terre érodée. Ischémie et Smith (1978) ont attribué une plus grande importance au facteur topographique LS relativement aux autres facteurs (K : érodibilité des sols, C : occupation et utilisation des terres et P : pratiques de conservation), par contre selon Roose et *al.* (1993), la pente n'a pas une aussi grande importance sur les sols de la région méditerranéenne, c'est la lithologie et le type du sol qui joue un rôle déterminant dans le phénomène d'érosion.

#### 2.1. Évaluation qualitative de l'érosion hydrique

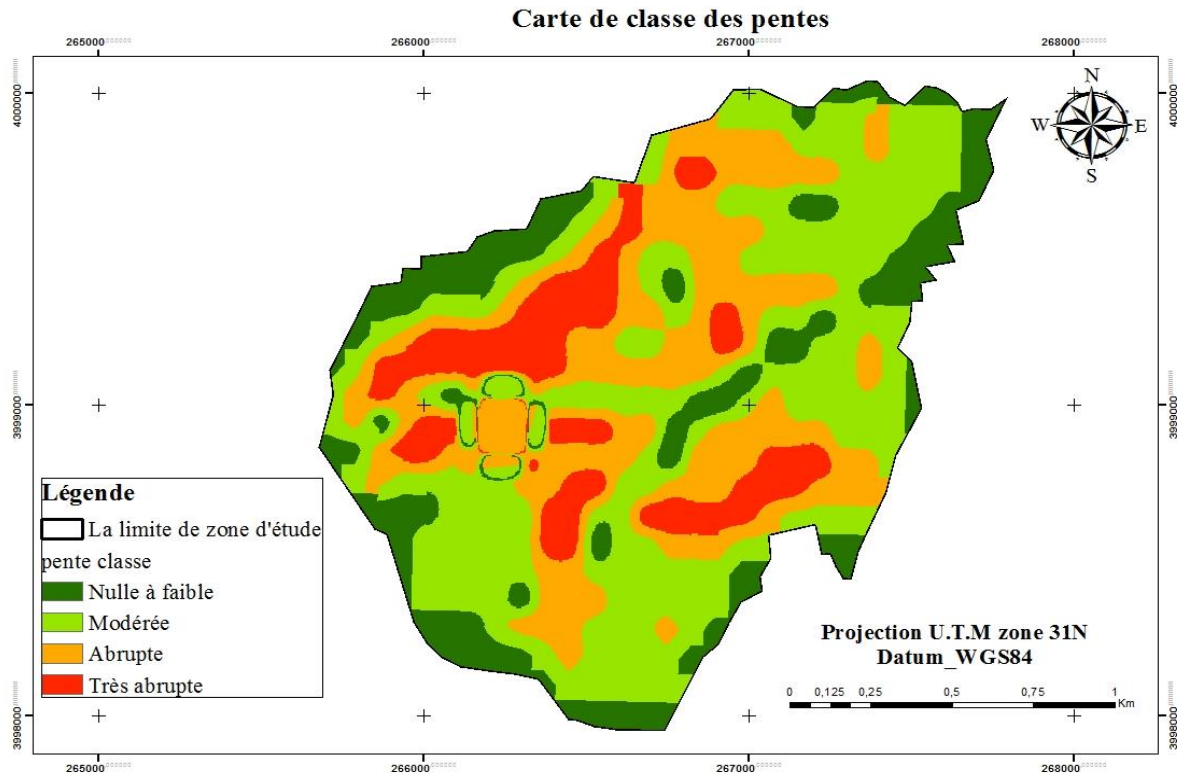
L'approche utilisée pour l'application du modèle qualitatif sur l'ensemble de notre secteur d'étude est une évaluation qui s'appuie sur la pondération de chaque facteur avant d'effectuer leur superposition. En tenant compte du modèle Bachaoui et *al.* (2007), nous avons classé les différents facteurs en fonction des données disponibles à notre niveau.

##### 2.1.1. Carte de sensibilité selon la pente

**Tableau 14.** Sensibilité à l'érosion selon les classes des pentes.

			Surface occupée	
Degré de pente (°)	indice attribué	Sensibilité	ha	%
1-7	1	Nulle à faible	52	19.4
7-11	2	Modérée	109	40.67
11-17	3	Abrupte	69	25.75
17-26	4	Très abrupte	38	14.18

D'après le tableau ci-dessus on constate que 60.07% de la surface totale notre zone d'étude ont une sensibilité faible à modérée soit une superficie de 161 ha. Les deux classes sont réparties d'une façon presque homogène (cf. fig. 22). La classe abrupte occupe 25.75% soit une superficie de 69Ha, se localise dans la partie nord, ouest et sud- Est mélangé avec la classe très abrupte (14.18%). Presque la moitié de notre zone d'étude à la sensibilité faible soit une superficie de 55Ha et se concentre essentiellement dans le sud de notre zone d'étude.



**Figure 22.** Carte de sensibilité selon le degré de la pente.

### 2.1.2. Carte de sensibilité selon le couvert végétal

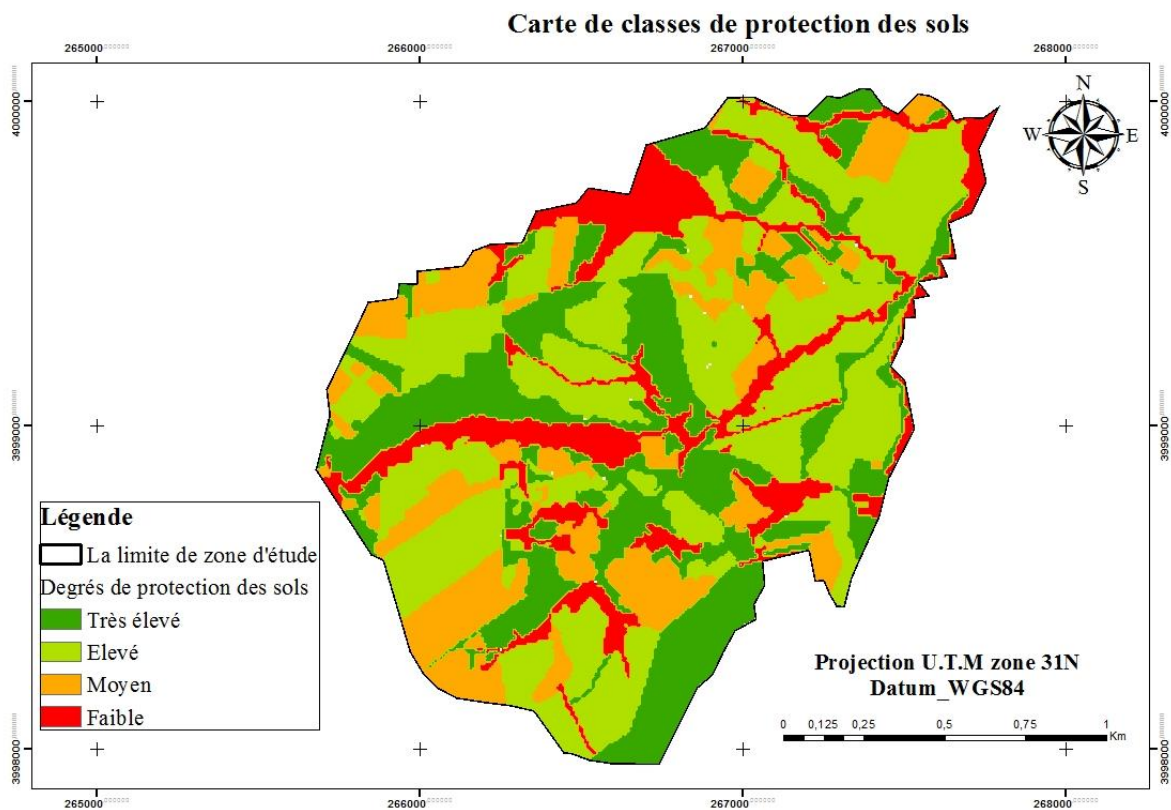
La couverture végétale contrôle fortement l'érosion. Elle joue généralement un rôle protecteur (Soutter, 2007). Sur fortes pentes, une couverture végétale naturelle d'une densité supérieure ou égale à 40% peut considérablement réduire les pertes de sol (Roose et al., 1993 ; Roose et Arabi, 1994 ; Garcia-Ruiz et al., 1996).

Par ailleurs, dans de nombreux pays, le défrichement au profit de l'agriculture a transformé le débit des rivières en torrent en saison pluvieuse et l'a réduit à un filet d'eau en saison sèche. (FAO 1977).

<b>Tableau 15. Sensibilité à l'érosion selon les classes des couvert végétale.</b>				
<b>Occupation</b>	<b>indice attribué</b>	<b>Sensibilité</b>	<b>Surface occupée</b>	
			Ha	%
<b>Terrain inculte, terrain nue</b>	<b>1</b>	<b>T. élevée</b>	<b>74</b>	<b>32</b>
<b>culture annuelle ,agromération</b>	<b>2</b>	<b>Elevée</b>	<b>104</b>	<b>43</b>
<b>viticulture , culture intercalaire</b>	<b>3</b>	<b>moyen</b>	<b>48</b>	<b>16</b>
<b>arboréculture reboisement</b>	<b>4</b>	<b>faible</b>	<b>42</b>	<b>9</b>

D'après le modèle utilisé, il se dégage quatre classes de sensibilité : Faible (32%), Moyenne (43%), Elevée (16%), Très élevée (9%).

Les deux premières classes se répartie presque dans toute la zone d'étude, alors que la troisième classe occupe juste des petites parties tout au long de notre site, a l'exception d'une superficie de la quatrième classe qui se localise au nord. (cf. fig. 23).



**Figure 23.** Carte de sensibilité selon la végétation.

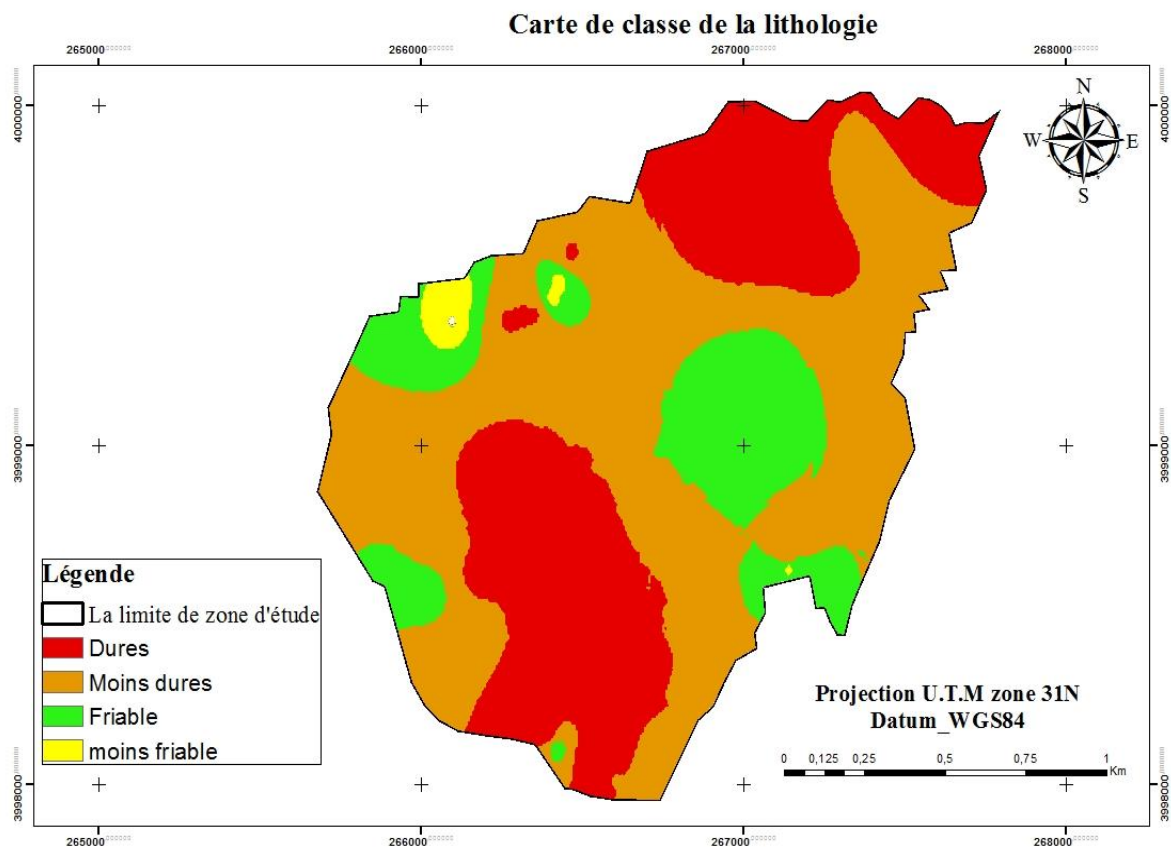
### 2.1.3. Carte de friabilité

Demmak (1984), a montré qu'au niveau des sols algériens il existe une étroite relation entre le type de roche, les formes d'érosion, et le transport de sédiment. Là où il y a présence des roches marneuse et argileuse on peut trouver des pentes relativement modérées, des activités humaines intense, une végétation peut dense et des transports abondant du sédiment. (Heusch, 1970).

**Tableau 16.** Sensibilité à l'érosion selon la lithologie

Texture	Indice attribué	Friabilité	Surface occupée	
			Ha	%
Argileuse à limono argileuse	1	dures	86	32
Argilo-Sableuse à Limono-Sableuse	2	moins dures	137	51
Limono moyen sableuse à sableuse	3	friable	41	15
Sableuse	4	moins friable	4	2

Quatre classes lithologiques sont représentées sur la zone d'étude (cf. tab. 16), chacune d'elle est classée selon un indice d'érodibilité s'appuyant sur les valeurs de référence établie par Bachaoui et al (2007).



**Figure 24.** Carte de sensibilité selon la friabilité

Les résultats obtenus montrent que la classe à sensibilité très élevée occupe 15 % de la superficie totale, elle se localise dans la partie nord-est et sud-ouest de notre zone d'étude.

Selon Chebbani et al (1999) les sols argileux lorsqu'ils sont secs, restent non érodibles mais, dès qu'ils atteignent une certaine humidité, leur sensibilité au détachement et au ruissellement augmente (cf. fig. 24).

La classe à sensibilité faible occupe 32% de la superficie totale.

#### 2.1.4. Carte de l'érodibilité

Elle a été réalisée à l'aide de la règle de décision pour le potentiel d'érosion, comme on l'a déjà expliqué dans le chapitre matériel et méthode. Le résultat donne quatre classes de sensibilité qui sont les suivantes (cf. tab.17):

Faible (51.49%), modérée (26.87%), Moyenne (16.79%), forte (3.36%) et extrême (1.49%). La première et la deuxième classe sont réparties uniformément sur toute la zone, avec une pente générale faible à moyenne accompagnée d'activités agricoles très importantes qui est d'une sensibilité moyenne au phénomène d'érosion. Concernant la troisième classe, elle est localisée au nord et au sud-ouest de la zone. Quant à la dernière classe, elle n'est pas très significative avec 4% elle est localisée à côté d'un grand ravin de notre zone d'étude (cf. fig 25).

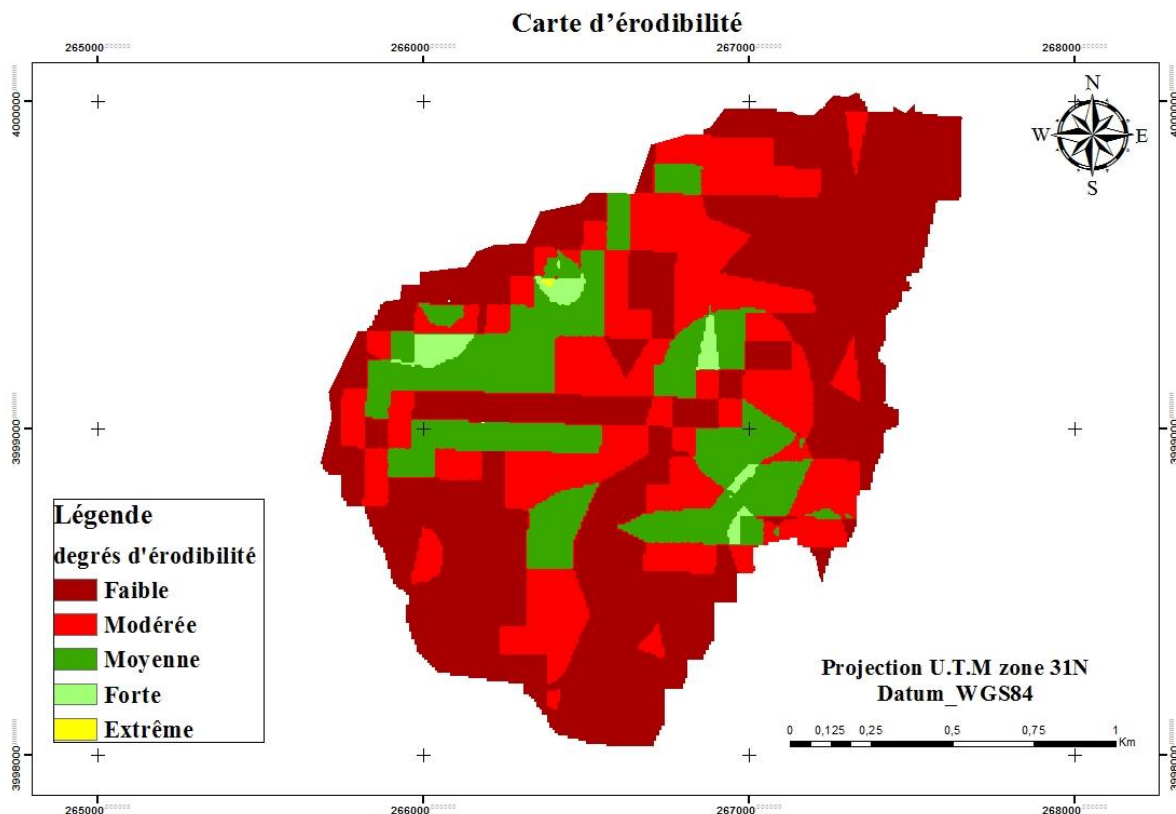


Figure 25. Carte de l'érodibilité

Tableau 17. Sensibilité à l'érosion selon les classes d'érodibilité		
Indice attribué	Sensibilité	Surface occupée

		ha	%
1	Faible	138	51.49
2	Modérée	72	26.87
3	Moyenne	45	16.79
4	Forte	9	3.36
5	Extrême	4	1.49

## 2.2. Carte des risques d'érosion

En utilisant la règle de décision pour le risque d'érosion, comme nous l'avons déjà expliqué dans le chapitre matériels et méthode, nous avons réalisé la carte du risque d'érosion avec quatre classes de sensibilité (cf. fig. 26).

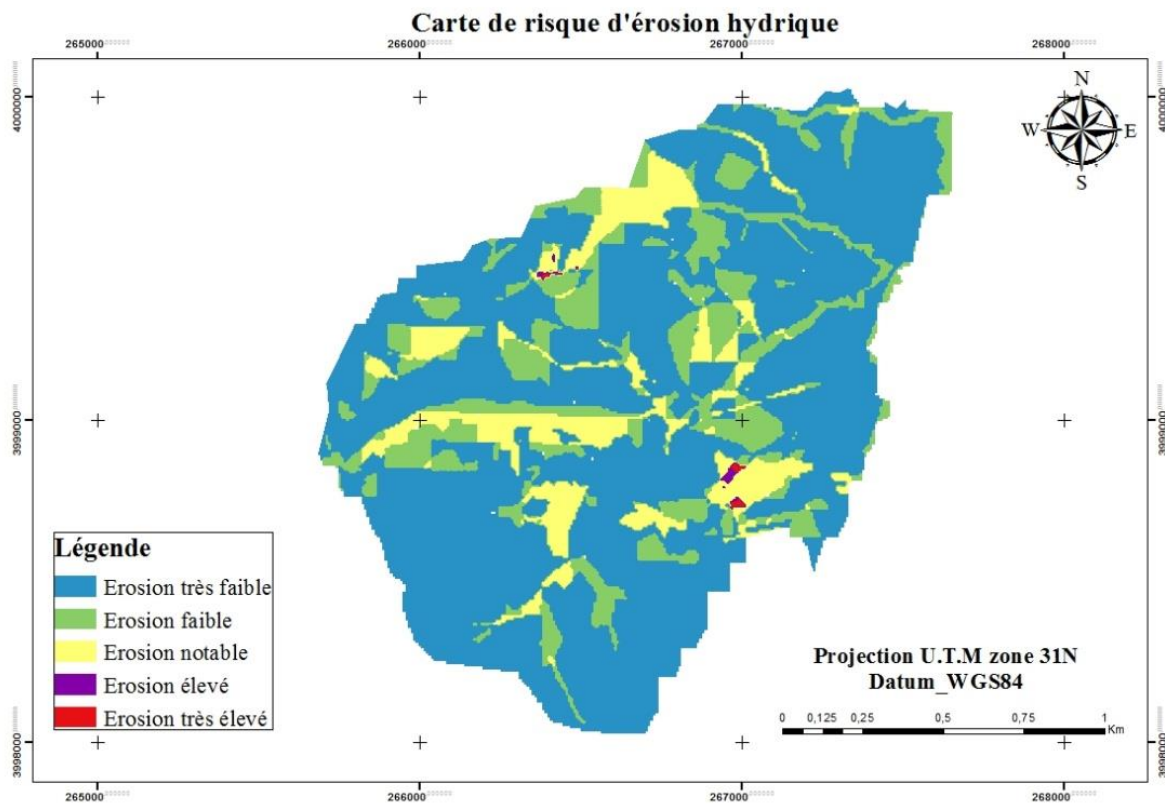


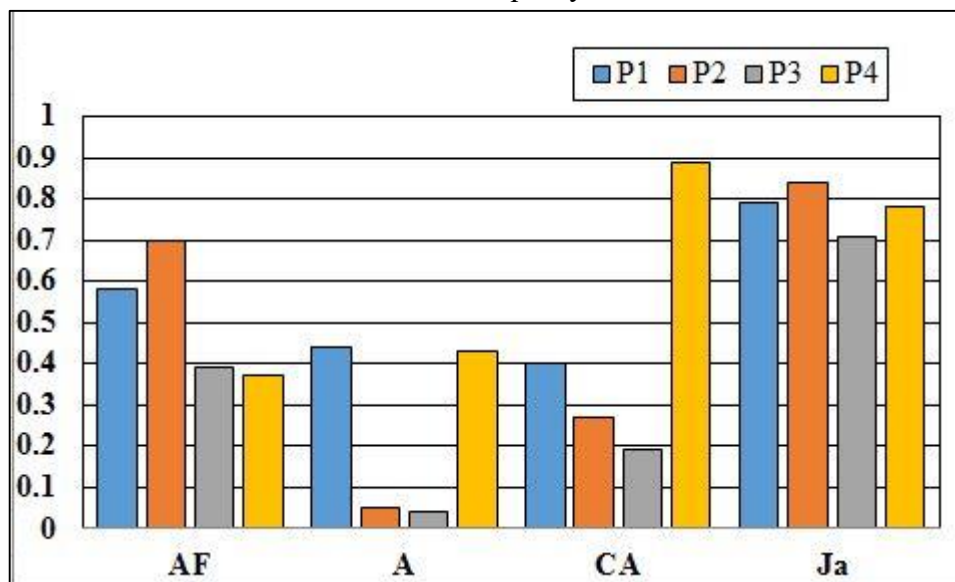
Figure 26. Carte du risque d'érosion

Ces résultats montrent que la vulnérabilité de notre zone d'étude à l'érosion est principalement influencée par la nature du sol qui est principalement présentée par les limons et par le couvert végétal peu dense, nous remarquons donc que la majorité de notre zone d'étude est confrontée au problème de l'érosion avec un degré faible à moyenne. Nous remarquons aussi au niveau de la partie Nord-Ouest et Sud-Est de notre zone qui est constituée de sol à texture limono léger-sableux est d'une pente moyenne à l'extrême sud-est est d'une sensibilité forte à cause du couvert végétal à faible densité qui rend les sols plus vulnérables à ce phénomène. Quant à la classe à sensibilité très élevée on la rencontre spécialement sur les

sols à forte pente et terrain nue, ainsi elle se localise d'une manière hiérarchique là où le couvert végétal est faible (cf. fig. 26).

Station \ Système	AF	A	CA	Ja
S1	0,58	0,44	0,4	0,79
S2	0,7	0,05	0,27	0,84
S3	0,39	0,04	0,19	0,71
S4	0,37	0,43	0,89	0,78

Les résultats enregistrés dans le tableau ci-dessus illustrent les valeurs analytiques expérimentales de l'indice de battance dans chaque système de culture.



**Figure 27.** Indice de battance des systèmes de culture

Sur la majorité des systèmes un faible indice est remarquable. La parcelle n°2 du système agroforesterie marque la valeur la plus élevée d'Ib de 0,7 par rapport aux autres parcelles. Avec des valeurs d'Ib > 0.7 Le système de la jachère nue montre l'indice de battance le plus élevé par rapport aux autres systèmes de culture.

### 3. Analyse de la variance

L'importance de la couverture végétale dans la protection du sol contre l'érosion hydrique et la préservation des propriétés intrinsèques du sol a été démontrée par des études sur différents systèmes agroforestiers.

Une étude comparative a été menée durant l'expérimentation entre les systèmes de cultures de la région par des échantillons de sol à différentes placettes de chaque parcelle correspondant à un système. Les résultats obtenus sont traités par une étude statistique avec le programme ANOVA à mesures répétées et appliqué sur l'ensemble des variables étudiées.

Les comparaisons de moyennes entre les propriétés physico-chimiques des sols étudiés et leurs modes de gestion agricoles (systèmes) dans la zone d'étude, ainsi que leur répartition à travers les placettes pour chaque station ont été effectuées par le test de Fisher-Snedecor.

En général on fixe le seuil de signification  $\alpha$  avant de tester les hypothèses. En agronomie le risque 0.05 est le plus couramment retenu (Vilain, 2012).

Quand des différences significatives entre les moyennes sont observées, le test de Newman-Keuls est utilisé pour comparer les moyennes entre les stations dans chaque système de gestion. Les valeurs significativement différentes sont identifiées par des lettres A, B, C,...

### 3.1. Interprétation des résultats des paramètres

L'analyse des résultats obtenus montre que les variations de l'ensemble des paramètres sont très fortement influencées par la nature du système de culture ( $P < 0.001$ ).

Ce qui caractérise l'effet de chaque système sur les paramètres (Ib, Ks,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ , CE, Corg.,  $\text{CaCO}_3$ total et  $\text{CaCO}_3$ actif) (cf tab.19) dans l'évaluation des propriétés physico-chimiques vers une dégradation physique du sol ou vers une amélioration de la stabilité du sol.

Le facteur Ib, ainsi que le limon, le calcaire total et actif semblent nettement liés au système de jachère, alors que la perméabilité est beaucoup plus liée au système agroforestier.

Pratiquement, les sols riches en limons et sables fins en apparaissent comme les plus sensibles à la battance grâce à la mauvaise perméabilité du sol. Cette sensibilité des sols à la battance est rapidement ressentie par la diminution de la stabilité structurale.

De manière analogue, dans les systèmes agroforestiers où les cultures vivrières sont pratiquées entre les jeunes arbres de plantation, les sols sont plus sujets à l'érosion lorsque le terrain entre les arbres a été désherbé que lorsque des cultures de couverture y sont maintenues, ou qu'un paillage est mis en place.

Donc, la comparaison de ces résultats confirme que l'érosion est effectivement plus expliquée par l'absence de couvert végétal que par son existence (Valentin et al., 2008).

**Tableau 19.** Impacts des systèmes sur les propriétés physico-chimiques des sols (Récapitulatif des résultats de l'analyse de la variance)

Facteurs		Systèmes de culture					Parcelle					
Variables		SAF	SA	SCA	SJa	F	P1	P2	P3	P4	F	
Physiques	Arg	22,21	40,61	31,61	25,27	<b>18,68</b>	34,98	21,50	31,11	32,10	<b>9,68</b>	
		C	A	B	C	***	A	B	A	A	***	
	Lim	19,53	22,43	26,31	49,87	<b>46,46</b>	31,37	23,43	24,04	39,30	<b>13,43</b>	
		B	B	B	A	***	B	C	C	A	**	
	Sab	58,26	37,05	42,08	24,86	<b>24,73</b>	33,74	55,06	44,85	28,60	<b>18,01</b>	
		A	B	B	C	***	C	A	B	C	***	
	Ib	0,51	0,24	0,44	0,78	<b>11,81</b>	0,55	0,46	0,33	0,62	<b>3,69</b>	
		B	C	B	A	***	A,B	A,B	B	A	**	
	Ks	23,61	10,68	8,12	4,08	<b>35,99</b>	7,11	22,57	11,86	4,95	<b>31,09</b>	
		A	B	B,C	C	***	C	A	B	C	***	
	Chimiques	CE	0,20	0,67	0,28	0,26	<b>21,80</b>	0,70	0,23	0,21	0,27	<b>25,96</b>
			B	A	B	B	***	A	B	B	B	***
pHEau		7,48	7,96	8,17	8,14	<b>83,59</b>	7,96	7,84	7,91	8,04	<b>5,86</b>	
		C	B	A	A	***	A,B	B	B	A	**	
pHKCl		7,22	7,73	7,77	7,64	<b>46,29</b>	7,61	7,53	7,50	7,72	<b>6,95</b>	
		C	A,B	A	B	***	B	B	B	A	**	
MO		1,89	2,31	2,10	2,91	<b>21,38</b>	1,98	2,18	2,24	2,80	<b>13,75</b>	
		C	B	B,C	A	***	B	B	B	A	***	
Corg8		1,10	1,34	1,22	1,69	<b>21,40</b>	1,15	1,27	1,30	1,63	<b>13,93</b>	
		C	B	B,C	A	***	B	B	B	A	***	
CaIT		7,61	10,20	13,37	15,63	<b>33,91</b>	15,07	9,67	9,51	12,56	<b>19,14</b>	
		D	C	B	A	***	A	C	C	B	***	
CaIA	2,59	3,64	4,84	5,57	<b>74,11</b>	5,66	3,06	3,07	4,85	<b>73,32</b>		
	D	C	B	A	***	A	C	C	B	***		

NS = Non significatif ; \* = Significatif ; \*\* = Hautement significatif ; \*\*\* = Très hautement significatif au seuil de probabilité de 5 %, 1 % et 1 % respectivement

# *Conclusion Générale*

## **Conclusion générale**

En effet, la dégradation des sols aussi bien physique, chimique que biologique pose de sérieux problèmes tant agronomiques, environnementaux que socio-économiques dus essentiellement aux systèmes de culture inappropriés pour une agriculture durable.

Dans le contexte de notre travail, il nous a paru utile d'analyser les potentiels systèmes de culture de notre zone d'étude afin d'évaluer ses impacts sur les processus de l'érosion hydrique touchant principalement les terres agricoles où les paysans utilisent des techniques antiérosives traditionnelles dont l'efficacité reste limitée. Mais, elles ont toutefois l'avantage d'être bien intégrées aux systèmes de culture et pourraient donc être améliorées.

Afin on relève à partir de nos observations sur terrain que les pertes en terre dues à l'érosion en rigoles et en ravines sont très élevées sur les sols nus où le travail du sol se fait dans le sens de la pente. Ce qui les rend peu favorables au maintien de la fertilité et de la productivité des sols.

L'analyse statistique a permis de dégager des relations étroites entre les différents systèmes de culture et la sensibilité des sols à l'érosion hydrique et leur fertilité. Quand aux teneurs en matières organiques qui sont très faibles, une forte variation de l'érodibilité des sols se fait ressentir aussi bien en amont qu'à l'aval de ces derniers. Ceci est dû essentiellement à la non restitution au sol des débris végétaux.

*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

- Achite M. & Meddi M. (2005)** Variabilité spatiotemporelle des apports liquide et solide en zone semi aride. Cas du bassin de l'oued Mina (nord ouest Algérien Rev. Sci. Eau. 18 (spécial), pp: 37-56.
- Aibar, J. (2006).** La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : principaux problèmes. Communication orale. Les actes des 3emes rencontre méditerranéennes du semi directe. Zaragoza. Options Méditerranéennes, Série, An° (69). P 19-26.
- Antoni V., Le Bissonnais Y., Thorette J., Zaidi N., Laroche B., Barthés S., Daroussin J., Arrouays D., 2006.** Modélisation de l'aléasérosifs des sols en contexteméditerranéen à l'aide d'un Référentiel Régional Pédologique au 1/250000 et confrontation aux enjeux locaux; etude et gestion des sols; volume 13;30; p. 201-222.
- Arabi M. et Roose E. 1989.** Influence de quatre systèmes de production mediterranéennes de moyenne montagne algerienne. Bulletin Réseau Erosion 9, 39-51.
- Arnold J.B., Wall G., Moore N., Baldwin C.S., Shelton I. J., 1989** - L'érosion du sol- Causes et effets. Direction de la gestion du sol et de l'eau/MAAARO et Institut ontarien de pédologie 89-064.
- Baize D., 1988** - Guide des analyses courantes en pédologie. INRA (Ed.), Paris, 171 p.
- Balesdent J., Arrouays D., Chenu C., Feller C., 2005** - Chapitre 10 : Stockage et recyclage du carbone, 238-259. In Girard M.C., Walter C., Remy J.C., Berthelin J., Morel J.L., 2005. Sols et Environnement, Dunod (Ed.), 816 p.
- Balleux P. et Van Leberghe P., 2001** - Guide technique : le boisement des terres agricoles. Institut pour le développement forestier, Paris, 13-16 p.
- Belgat S., 2001** - Le littoral Algérien : Climatologie, géopédologie, syntaxonomie, édaphologie et relation sol-végétation. Thèse. Doct. Sci. Agr. INA. El Harrach, 261 p.
- Benabdelli K., 1996** - Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers faces à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale, Doct. Es-sci. Univ. Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés, 356 p + annexes.
- Benettayeb Z., 1993** – Biologie et écologie des arbres fruitiers. Ed. OPU. Alger, 140p.
- Bertschinger L., Christian G., Ryser J.P., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Schmid A. et Weibel F., 2003** - Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière, Fruits à pépins, fruits noyau, kiwis, baies d'arbustes. Eidgenössische Forschungsanstalt, Postfach 185, CH-8820 Wädenswil (Ed.), 48 P.
- Boiffin J., 1984** - La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse Doc. Ing. I.N.A.P.G, Paris, 320 p.
- Boiffin J., Monnier G., 1986.** Infiltration rate as affected by soil surface crusting caused by rainfall, 210-217. In F. Callebaut, D. Gabriels, M. de Boodt. Assessment of soil surface sealing and its effect on infiltration. Flanders Research Center for Soil Erosion and Soil Conservation, Ghent (Belgium), 374 p.
- Bouanani A. 2009** : Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous bassins de la Tafna. (NW.Algerie). Thèse. Doc.Hyd.Univ.Tlemcen. 250P.
- Bouattoura N., 1988** - Les ressources phytogénétiques. Importance-Préservation-Utilisation. Ann. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, vol. 12 (1), T. 1, pp. 43-69.

- Brown L.C, Foster G.R. et Beasley D.B. 1989.** Rill erosion as affected by incorporated crop residue seasonal consolidation. Trans. A. Soc. Agris. Engrs, 32, 1967-1978.
- Calvet R., 2003** - Le sol propriétés et fonction, Tome 1 : Constitution et structure phénomènes aux interfaces. France Agricole (Ed.), 456 p.
- Casenave A, Valentin C. (1992)** - runoff capability classification system based on surface features criteria in semi-arid areas of West Africa. J Hydrol; 130: 231-249
- Chaoui C., Mimouni M., Trabelsi S., Benrebiha F.Z., Boutekrabt T.-F. & Bouchenak F., 2003** – Les espèces fruitières, viticoles et phoenicicoles. In ; Abdelguerfi A. & Ramdane S.A.- Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires a la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Recueil des communications, Atelier n°3 du 22-23/01/2003, Alger « biodiversité importante pour l'agriculture » MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31. pp.19-28.
- Chaussod R., 1996** - La qualité biologique des sols : évaluation et implications. Etude et gestion des sols 3 (4), 261-278 p.
- Chebbani R., Djilli D. et Roose E., 1999**- Étude a différentes échelles des risques d'érosion dans le bassin versant de L'ISSER, Alger bulletin réseau érosion 19 pages :85-95.
- Chenu C., 2009** - Mise au point d'outils de prévision de l'évolution de la stabilité de la structure de sols sous l'effet de la gestion organique des sols « MOST » (Matières Organiques et Structure des sols). Rapport final de contrat, Appel d'offres GESSOL2, 45 p. URL : <http://www.gessol.fr/sites/default/files/rapportfinalMOSTV1janv09.pdf>. (Page consultée le 23/10/2015).
- Cook D.J., Dickinson N.T., et Rudra R.P., 1985** - GAMES: Guelph model for evaluating the effects of agricultural management systems on erosion and sedimentation . Use/s Manuel, Ontario, School of Engineering, Univ. Guelph
- Corwin D.L., Lesch S.M., 2003** - Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. Agronomic Journal, 95 (3), 455-471 p.
- Dahane B., 2006** – Incidence des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelques subéraies oranaises. Thèse Mag. Sci. Univ. Tlemcen, p130.
- Debrach J., 1953** – Note sur les climats du Maroc Occidental, Maroc Méridional. p1134.
- Dembele M., 1994** - Mesures techniques, organisationnelles et administratives de prévention des incendies. Mém. Ing. D'Etat. Agro. Univ. Mostaganem, 67 p.
- Demeilliers, C (2009)**. Quelle agriculture dans notre assiette et pour notre environnement.
- Deygout Ph., et Treboux M., 2012** - Systèmes de production durables en zones sèches : quels enjeux pour la coopération au développement ? Direc. Gén. Mondiali. Dévelop. Partenar. 24. p.URL :[http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/Synthese\\_production\\_durable\\_en\\_zones\\_sèches\\_c le84f69b.pdf](http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/IMG/pdf/Synthese_production_durable_en_zones_sèches_c le84f69b.pdf). (Page consultée le 18/05/2015).
- Dieter König, 2007.** Contribution de l'agroforesterie à la conservation de la fertilité des sols et à la lutte contre le réchauffement climatique au Rwanda,p 19.
- Dieter König, 1992.** L'agriculture écologique agroforesterie – une stratégie intégrée de conservation des sols au \*rwanda. Bull. Réseau érosion, IRD-Montpellier, 12 : 130-139.
- Djebaili S., 1984** – Steppe algérienne, physiologie et écologie. O. P. U. Alger, p127.
- Djili K. et Daoud Y., 1999** - Distribution latérale et verticale de l'ESP des sols du Nord de

l'Algérie compte rendu du séminaire national sur la salinisation des terres agricoles. CRSTRA, Chélif, Nr. 99, 25-44 p.

**Djili K., 2000** - Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse Doct. INA, Alger, 243 p.

**Dufour N, Feron F, Marcel C, Coste P, Chareyer F, DEhery R (2005)**. Enjeux et principes de l'agriculture biologique. P 13.

**Duparque A., Fleutry L., Dersigny Ch., Ancelin O., et Duranel J., 2007** - Mémento Sols et matières organiques : pour des notions utiles et contre les idées reçues. Agro-Transfert Ressources et Territoires, Chambre d'Agriculture Picardis, Amiens, France, 45 p + Index.

**Eliard J.L., 1979** - Manuel d'agriculture générale. J.B. Baillière (Ed.), Paris, 344 p.

Elliott, 1986 **Elliott E.T., 1986** - Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 50: 627-633 p.

**Emberger L., 1930b** - La végétation de la région méditerranéenne. Essai de classification des groupements végétaux. Rev.Gen.Bot.42, 705-721 p

**Emberger L., 1955** - Une classification biologique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier, 48 p.(Thiombiano, 2000)

**FAO, 1977** - International scheme for the coordination of dairy development. Arab Republic of Egypt, draft report. Document AGA/EG/, 1977. FAO, Rome, p33-36.

**FAO. 1983**. Garder le terre en vie : l'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. Bulttin pédologique 50 : 62p.

**Ferrer-Julià, M., Estrela Monreal T., Sánchez del Corral Jiménez A. et García Meléndez E., 2004** - Constructing a saturated hydraulic conductivity map of 8590 Spain using pedotransfer functions and spatial prediction. Geoderma, Vol.123, 275-277 p.

**Foster G. R., Lane L. J., Mildner W. F., 1985**. Seasonally ephemeral cropland gully érosion, Proc. of the ARS-SCS Natural re.sources mo d elling IB' OI'k s hop, Washington, D.C./USDA-Agricultural Research Service.

**Fox D., Carrega P., Morschel J., Emselle k. et Equipe T., 2008** - La dégradation des sols dans le monde. Univ. Nice Sophia Antipolis, URL : <http://unt.unice.fr/uoh/degsoil/DFox.php>. (Page consultée le 30/11/2015).

**Galevski M., 1955** - La corrélation entre les pluies torrentielles et l'intensité de l'érosion. In École Nationale des Eaux et Forêts, Station de Recherches et d'Expériences forestières. URL:[http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/33567/AEF\\_1955\\_14\\_2\\_379.pdf](http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/33567/AEF_1955_14_2_379.pdf).

**Gallien E, Le Bissonais Y, Eimberk M, Benkhadra H, Ligneau L, Ouvry J-F. et Martin P. 1995**. Influence des couverts végétaux de jachère sur le ruissèlement et érosion diffuse en sol limoneux cultivés. Cahier agriculture 4 : 171-183.

**Guessoum A., 2001** - L'effet de l'irrigation sur la salinité du sol dans la région de Saada - Biskra. Thèse Ing., Agro.Univ. Batna, 50 p.

**Hamadi A. 2016** – Impact du potentiel agroforestier sur les processus de l'érosion hydrique sur les terres agricoles des piémonts du Dahra de la zone sud de Sidi Lakhdar (W. Mostaganem). Mém. de Magister en sciences agronomiques, Dépt d'agronomie, univ-Mostaganem, 101p.

**Hebrard j.p., Barthelemy p., Bodet j.m, orlandod., Masse j., Mathieu j., Viaux ph., 1992**. Persp. Agric, 173, 39-70.

- Ineichen., 1996**, Innovative Bauern, (URL: <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F13854.php>)
- Jamagne M., 1967** - Bases et techniques d'une cartographie des sols. Annales agronomiques, Vol.18. Nr. hors-série, 142 p.
- Jose L., Garcia R., Martin C., Gimenez S., 2012** - Methodology for estimating the topographic factor LS of RUSLE 3D and USPED using GIS. *Geomorphology* 175-176:98-106.
- Laouina A., 1998** – Dégradation des terres dans la région méditerranéenne du Maghreb. Bull. Réseau – Erosion N° 18, Ed. IRD (Ex. Orstom), Montpellier, p33- 53.
- Lessirard J. (2009)**. Amélioration de qualité, nutritionnelle des produits alimentaires : propositions pour une agriculture a vocation nutrition-santé.
- Lopez-Bellido L. 1992**. Mediterranean cropping systems. P : 311-356. In *Ecosystems of the World, fieldcrop ecosystems*. Pearson, C.J (ed). Elsevier.
- Loz J. et Mathieu C., 1990** - Dictionnaire de science du sol. Lavoisier 2ème (Ed), Paris, 266 p.
- Mahdi M. (2004)**. Contribution à l'étude de la technique du semi direct sous pivot. Mémoire d'ingénieur INA EL-Harrach. Pp :9-30.
- Mazour M., 2004** -Etude des facteurs de risque du ruissellement et l'érosion en nappe et conservation de l'eau et du sol dans le bassin versant de l'Isser – Tlemcen (Algérie), Thèse. Doct. Univ. Tlemcen
- Merzouk A., 2010** - Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologique des peuplements halophiles dans la région occidentale de l'Oranie (Algérie). Thèse Doct. Univ. Sci. Tlemcen, 84-92 p + Annexes.
- Ministère de l'Agriculture**, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Les Politiques agricoles à travers le monde : quelques exemples, 2015
- Monnierg., 1965**. Thèse Doct. Ing., Univers, de Paris. INRA, Paris, 140 pp.
- Morsli B, 1996**– Erosion en nappe et en ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification sur la production agricole par la G.C.E.S : Synthèse des campagnes 1984 – 1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosions. Cahier ORSTOM, Série pédologique, 28(2) p289-308.
- Morsli B., Mazour M., Mededjel N., Hamoudi A., Roose E. 2004** - Influence de l'utilisation des terres sur les risques de ruissellement et d'érosion sur les versants semi-arides du nordouestde l'Algérie. Sécheresse. Volume 15, Numéro 1, 96-104.
- Mrabet R. saber N, El-Brahli A, Lahlou S, Bessam F. (2001)**. Total, Particulate Organic matter and structural Stabihty of a Calcixeroll soil under different wheat rotation and tillage systems in a semiarid area of morocco. *Soil & Tillage Res.* 57 : 225-235.
- Murua JR, Laajimi A. (2011)**. Transition de l'agriculture conventionnelle ver l'agriculture durable : quelques réflexions coeurmaladie. Com/tag/L'Agriculture +Est+une+Activité.
- Pasquier L., 2009** - L'argile et Lamotte. Guide du sol, Unité Informatique Pédagogique, ENESAD, France, 111 p.
- Paul-Hus C., 2011** - Méthodes d'étude de l'érosion et gestion des sites dégradés en Nouvelle-Calédonie. Essai, M. Env. Centre univ. De for. En Env. Univ. Sherbrooke, 115 p. Peguy P., 1970 - Précis de climatologie. Masson et Cie (Ed.), France, 1-468 p.
- Peguy P., 1970** - Précis de climatologie. Masson et Cie (Ed.), France, 1-468 p

- Pfister .1988** Das Klima der Schweiz 1525-1860, 2 vol., 1984 (URL: <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F13854.php>)
- Pimental D., Harvey C., Resosudarmo K., Sincaïl K., Kurz D., McNair M., Crist S., Shpritz L., Fitton L., Saffouri R., Blair R., 1995.** Environment and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267 : 1117-1123.
- Pousset J., 2011** - Engrais verts et fertilité des sols. 3ème (Ed.), Paris, 32 p
- Probst J.L. & Amiotte Suchet P. (1992)** Fluvial suspended sediment transport and mechanical erosion in the Maghreb. *Hydro. Sci. J.* 37(6), pp: 621-637.
- Robert M., 2005.* La ressource en sols: menaces, nouveaux enjeux et mesures de protection. *Sols et Environnement*. Chap. 35, Dunod (Ed.), 816 p.
- Roose E. 1991.** Conservation des sols en zone méditerranéenne, synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive : la GCES. *Cah. ORSTOM. Ser. Pédol.* 26(2) : 145-181.
- Roose E. et Sarraïlh J.M., 1989-1990** - Erodibilité de quelques sols tropicaux-vingt années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. *Cah. ORSTOM, Ser. Pédol., Vol. XXV, Nr.1-2, 1989-90:* 7-30 p.
- Roose E., 1980** - Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. *ORSTOM, Paris, Trav. Et DOC.* 130 : 587 p.
- Roose E., 1980** - Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. *ORSTOM, Paris, Trav. Et DOC.* 130 : 587 p.
- Roose E., 1994** - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Service des sols - ressources, aménagement et conservation. Division de la mise en valeur des terres et des eaux. In bulletin pédologique de la FAO-70, Rome, p420*
- Roose E., Sabir M., et Laouina A., 2010** - Gestion durable de l'eau et des sols au Maroc. *Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes, IRD (Ed.), 343 p.*
- Roose E., Arabi M, Brahamia K, Chebbani R, MAzour M, et Morsli B, 1993.** Erosion en nappe et ruissèlement sur la production agricole par la GCES : synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion. *Cahier ORSTOM. Série Pédologi, 28 (2) :* 289-308.
- Sauvé L. (2007).** Regard sur l'agriculture productiviste à la lumière de l'étude de cas de la production porcine industrielle : p2.
- Schvartz C., Muller J.C., Decroux J., 2005** - Grande cultures et prairies. *Guide de la fertilisation raisonnée, France Agricole (Ed.), Paris, 63-64 p.*
- Sebillotte M., 1985.** A travers champs. *Agronomes et géographes. ORSTOM, Paris, 297, 175-229.*
- Sebillotte M., Meynard J.M., 1990.** In R. CALVET : *Coll. « Nitrates, agriculture, eau »*. Comett, INRA Editions, Paris, 576 pp. (289-312).
- Soltner D., 1992** - Les bases de la production végétale. Tome 2. 6ème (Ed.). *Sci. et tech. Agr.* 49310. Sainte Gén. Loire. France.
- Soltner D., 1999** - Les bases de la production végétale tome 2. *Edit. Scien. et Tech. Agricole. Paris. 183P0*
- SRISE, 2012** [Site de l'Office National des Statistiques \[archive\]](#).
- Stevenson F.J., 1994** - *Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reactions.* Wiley & Sons (Ed.), INC: 350 p.

- Torquebiau E., 2015** - Changement climatique et agricultures du monde. Agricultures et défis du monde collection. Quae- Cirad-AFD. (Ed.), Paris, 118 p.
- Toumi S., 2013.** Application des techniques nucléaires et de la télédétection à l'étude de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'Oued Mina. Thèse de Doctorat Es-Sciences, L'École Nationale Supérieure d'Hydraulique, Algérie, 175 p.
- Touzi M., 2001** - Ressources en eau et acquisition de bases de données à références spatiale et temporelle en Algérie du Nord. Thèse. Doct. Univ. Nice Sophia-Antipolis, 310 p.
- Trueba, C., Millan R., Schmid T., Lago C., Roquero C., Magister M., 2000** - Soil Properties Database of Spanish Soils. Vol. XIII - Navarra and La Rioja, Base de datos de propiedades edafológicas de los suelos españoles, CIEMAT, Madrid, Spain, 152 p.
- Valentin C., Agus F., Alamban R., Boosaner A., Bricquet J.P., Chaplot V., de Guzman T., De Rouw A., Janeau J.L., Orange D., Phai Do Duy, Podwojewski P., Ribolzi O., Silvera N., Subagyono K., Thiébaux J.P. et Toan Tran Duc, 2008** - Runoff and sediment losses from 27 upland catchments in Southeast Asia: Impact of rapid land use changes and conservation practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 128: 225-238 p.
- Verheij E., 2003** - L'agroforesterie. Série Agrodok N. 16 partageons les connaissances au profit des communautés rurales. ISBN Agromisa : 90-77073-42-6, 15 p.
- Vigot M., 2012** - Le carbone organique des sols cultivés de Poitou-Charentes : Quantification et évolution des stocks. Etude méthodologique, *Agricultures & Territoires*, chambre d'agriculture Poitou-Charentes (Ed.), France, 1-20 p.
- Villeneuve C. (2002).** Les conditions d'une agriculture durable à l'heure de la mondialisation. P 15.
- Vissin E.W., Sintondji L.O. et Houssou S.Ch., 2010** - Etude de la pollution des eaux et de la contamination du *Tilapia guineensis* du canal de Cotonou par le plomb. RGLL, Nr. 08, 215229 p.
- Williams B.G. et Hoey D., 1982** - An electromagnetic induction technique for reconnaissance surveys of soil salinity hazards. *Austr. J. Soil Res.*, 20 : 107-118 p.
- Yankovitch L., 1956.** Ann. du SBAT, Tunis, 29, 1-223.

# *Annexes*

<b>Tabl. 01. Régime mensuel des précipitations de Sidi Ali</b>													
<b>Mois</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>Jt</b>	<b>At</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>	<b>Année</b>
<b>Pluies (mm)</b>	49,75	44,08	29,95	43,39	28,18	2,83	<b>0,85</b>	2,74	28,70	39,55	<b>89,95</b>	61,09	421,06

**Annexe 01**

*Source : ONM, Mostaganem 2015*

<b>Tabl. 02. Températures moyennes mensuelles des minimums et maximums de Sidi Lakhdar</b>												
<b>Mois</b> <b>T(c°)</b>	<b>J</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>Jt</b>	<b>At</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>T.max.</b>	16.20	16.80	19.19	21.50	24.45	28.78	31.59	<b>32.30</b>	28.92	25.98	19.96	17.05
<b>T. min.</b>	<b>5.99</b>	6.38	8.34	10.30	13.37	16.94	19.62	20.22	17.79	14.50	10.01	7.23
<b>T.Moy.</b>	10.80	11.36	13.55	15.76	18.91	22.83	25.46	25.94	23.06	20.08	14.34	11.83

**Annexe 02**

*Source : ONM, Mostaganem 2015*

**Annexe 03 : Méthodes d'analyses du sol**

**1. Dosage du calcaire total**

**1.1. Principe de l'appareil**

Il permet de doser le calcaire des sols. Dans une enceinte close en relation avec 2 tubes remplis d'eau et formant vases communicants, l'action d'acide chlorhydrique sur un échantillon de terre s'accompagne d'un dégagement de CO<sub>2</sub>. Ce gaz dont la quantité est proportionnelle à la quantité de calcaire présente dans le sol, provoque une dénivellation entre les niveaux des 2 tubes.

Le rétablissement au même niveau dans les vases communicants permet de déterminer la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé et ensuite de calculer la quantité de calcaire présente dans l'échantillon de terre analysée.

**1.2. Mode Opérateur**

- Peser 0.5 g de terre séchée,
- Verser 6 ml d'acide chlorhydrique dilué dans le ballon réactionnel par sa grande ouverture.
- Introduire la terre (0.5 g) déposée dans la cupule dans ce même ballon au niveau de la tubulure horizontale en prenant garde que la terre n'entre pas en contact avec l'acide chlorhydrique.
- Boucher le ballon avec précaution, pour ne pas renverser la cupule.
- Faire glisser le tube dans la pince jusqu'à obtention de niveaux d'eau équivalents dans les 2 tubes.

- Noter, sur la règle graduée, la valeur de ce niveau  $h_1$ .
- Incliner le ballon de façon à ce que la cupule contenant la terre tombe dans l'acide. Le gaz carbonique se dégage, faisant baisser le niveau d'eau dans le tube de mesure.
- Agiter constamment le ballon jusqu'à complet dégagement de  $CO_2$ .
- Le niveau d'eau se stabilise.
- Rétablir l'égalité des niveaux dans les deux tubes en descendant le tube.
- Noter la valeur du niveau  $h_2$ .

### 1.3. Calcul

$CaCO_3$  total =  $(h_1 - h_2) \times 2,12264$  en % pour 0.5g, Pour 1g du sol ;  $X = CaCO_3 \times 2$

### 1.4. Réactifs

Acide chlorhydrique dilué : 10 ml Acide chlorhydrique pure + 240 ml l'eau distillée.

## 2. Dosage du Calcaire actif

On met 10g de sol séché dans un flacon de 250g. On ajoute 250ml d'oxalate d'ammonium à 0,2N. Après deux heures d'agitation mécanique, on filtre la solution et on jette les premières gouttes.

n témoin : 10ml d'oxalate d'ammonium à 0,2 N.

On prend 10ml du filtrat, on le met dans un bêcher de 100ml et on ajoute 10ml de  $H_2SO_4$  (N, 1/10).

On porte le contenu du bêcher à une température de  $60^\circ C$  et on met du permanganate de potassium (N, 0.2) dans une burette graduée et on procède à la titration jusqu'à l'obtention d'une rose persistant.

On lu la valeur et on la compare à celle du témoin.

### 2.1. Calcul

Calcaire actif =  $(V_{\text{témoin}} - V_{\text{échantillon}}) * 12,5$  en ‰

Calcaire actif =  $(V_{\text{témoin}} - V_{\text{échantillon}}) * 1,25$  en %.

## 3. pH

20g d'échantillon du sol est mis dans un bêcher et on ajoute 50ml de l'eau distillée, après 2 heure on agite et on lue la valeur du pH mesurée par le pH-mètre.

## 4. Conductivité électrique

10g d'échantillon du sol est mis dans un bêcher et on ajoute 50ml de l'eau distillée, après 2 heure on lue (sans agitation) la valeur du CE mesurée par le conductivimètre électrique.

## 5. Carbone organique

On prend 0,5g de terre fine dans un ballon de 250ml, on joute 10ml de dichromate de potassium à 8% et 15ml de  $H_2SO_4$ .

On chauffe le tous dans un bain de sable et on poursuit l'ébullition durant 5 minutes (après la chute de la première goutte) on laisse refroidir et on transvase dans une fiole de 100ml et on ajoute 100ml d'eau distillée de rinçage jusqu'au trait de jauge.

- Prélever à l'aide d'une pipette 20ml et les mettre dans un bêcher de 400ml en ajoutant 200ml d'eau distillée +3 à 4 gouttes de diphénylamine et agiter le tous et titrer à l'aide de la solution de Mohr à 0,2N. La couleur passe du brun au violet puis au vert.

### 5.1. Calcul

$$C(\%) = (V_t - V_1) \times 0,615$$

$$MO(\%) = C \times 1,72$$

Avec :

$V_1$  : le volume de solution de Mohr versée dans le bêcher,

$V_t$  : le volume de solution de Mohr versée dans le témoin.

## Annexe 4                      Protocole de caractérisation de la granulométrie

### Principe de la méthode

#### Matériels utilisés

- Les tamis
- Une balance ayant une précision de 0,1 g.
- Des cylindres de sédimentation de 1000
- Thermomètre avec une précision de 0,5-C
- Agitateur mécanique
- Eau distillée ou déminéralisée.
- Pièce à température contrôlée ou un bac à température constante.
- H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 30% (100ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/168 d'eau distillée).
- Solution d'héxamétaphosphate de sodium (agent de dispersion)
- Ammoniaque pure
- Chronomètre ou horloge

#### Mode d'opération

**1. Pesée :** on pèse 10 g (Les fractions inférieure à 2mm) dans un bêcher ;

**2. Destruction de la MO :** on détruire éventuellement la matière organique par l'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), où on vas passer par deux processus ;

Tout d'abord l'échantillon est additionné de 40ml d'eau distillé le long des parois des bêcher pour humester le sol puis on ajoute 10ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 30% (100ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/168 d'eau distillé); et on le couvre immédiatement avec un verre de montre.

On laisse l'attaque s'effectuer d'abord à froid dont on laisse en contacte pendant 24 heures; puis à chaud on la mettre chauffer dans un bain de sable pour une durée de 2 heures.

Placer l'échantillon dans un récipient de 500 ml et ajouter 40 ml de solution de

hexamétaphosphate de sodium (50 g/litre) (agent de dispersion) + 1ml d'ammoniaque pure et l'ajusté jusqu'à 400ml avec l'eau distillée et agité pendant 2 heures .

**3. Prélèvement** : on prélève à une profondeur donnée (selon la température de l'air ambiante)(annexe) dans une allonge au bout d'un temps de chute donné après agitation :

- Premier prélèvement : une fois après quelque minute, on prenant on considération la température, on prélève la fraction contenant : Argile-Limon.
- Deuxième prélèvement : une fois après 6 ou 7 heures de repos, on prélève la fraction : "A"

**4. Tamisage** : pour récupérer les deux catégories de sables (fins et grossiers 50 à 2000  $\mu\text{m}$ ), on recueille le contenu de l'allonge sur deux tamis (0,05 mm), on lave sous robinet en éliminant toute particule inférieure à 0,05 mm. Le contenu des 2 tamis est ensuite transvasé dans des capsules à l'aide d'un jet de pissette d'eau distillée.

On met à l'étuve à 105°C puis on pèse le contenu des capsules.

Le classement des sols étudiés est réalisé selon le triangle de texture de sol (Soil Survey Staff, 1998).