



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique  
جامعة الجليلي بونعامة بخميس مليانة  
Université Djilali Bounaàma de Khemis Miliana  
كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض  
Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre  
Département de biologie



**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie et Des Sciences de la Terre.

**Filière :** Ecologie Et L'environnement.

**Spécialité:** Bioclimatologie.

**Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master**

***Etude de l'érosivité locale dans la station  
expérimentale de l'université d'El Khemis ;  
Wilaya d'Ain Defla***

**Présenté Par:**

**M<sup>lle</sup> : Kaddai Hayet**

**Soutenu le : 29 juillet 2019**

**Devant le jury :**

- |                  |                          |     |                    |
|------------------|--------------------------|-----|--------------------|
| • Promoteur:     | M <sup>r</sup> Amrani R  | MAA | UDB Khemis Miliana |
| • Présidente :   | M <sup>me</sup> Halouz F | MCA | UDB Khemis Miliana |
| • Examineur:     | Mr Badache H             | MCB | UDB Khemis Miliana |
| • Examinatrice : | Ladaidi A                | MAA | UDB Khemis Miliana |

**Année universitaire : 2018/ 2019**

## **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail :*

*À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, maman que j'adore.*

*À l'homme de ma vie, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père.*

*À celui qui m'a soutenue tout au long de ce projet, mon fiancé Rabah.*

*À mes chères sœurs : Khaoula, Fatima et Donya.*

*Ahlam et son mari Hamid et ses enfants Lokman, Sarra, Arwa et oways.*

*Siham et son mari Hamza et ses enfants Ayoub, Hiba et Bouchra.*

*Manel et son Mari Kamel.*

*À mes chers frères*

*Hakim et sa femme Fatima Zahra et ses enfants Amina, Innes et Abed Rahman.*

*Abed Allatif et sa fiancée Fayza.*

*À ma grand-mère qui dieu leur procure bonne santé et longue vie*

*À mes beaux-parents Belkacem (qu'Allah le garde dans son vaste paradis) et Fatma.*

*À mes belles-sœurs, Fatima Zahra, Ghania, Romana et Salima.*

*À mes beaux-frères, Mohamed, abed Eraouf, Chames Eddine et Oussama.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, mes aimables amis Aichouch, Karima, Souhila, Hakima, Sarra, Hanane, Naïma, sabrine et Nawel.*

## *Remerciements*

*Tout d'abord, je tiens à remercier « Allah », notre créateur pour m'avoir donné de, la force, la volonté et la patience dans l'accomplissement de ce travail.*

*Je remercie mon promoteur : Mr Amrani Rachid d'avoir accepté de m'encadrer et de me diriger pour son aide, sa compréhension et ses conseils.*

*Mes remerciements vont encore aux membres de jury : Mr Badache, Mme Ladaïdi et Mme Halouz qu'ont bien voulu m'honorer en acceptant de juger ce travail.*

*Enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près où de loin à la réalisation de ce travail, et même s'ils ne se retrouvent pas dans cette petite liste, ils sont dans mes pensées.*

## المخلص

هذا العمل أنجز على مستوى محطة التجارب لجامعة خميس مليانة حول موضوع انجراف التربة بسبب شدة الأمطار الفصلية وكانت الفترة الخاضعة للدراسة ممتدة من 20 جانفي 2019 إلى 04 افريل 2019 علما أن هذه الفترة معروفة بحبات المطر كبيرة الحجم والتي لها تأثير كبير على تفتيت الطبقة الظاهرية للتربة

اعتمدنا على قياس قطر حبات المطر بواسطة طريق stain method وتم اختيار الأقطار التالية

أظهرت النتائج المتحصل عليها بان الأقطار الكبيرة لحبات المطر هي جد نادرة ولها تأثير كبير على عملية الانجراف من خلال التحليل الإحصائي للملاحظات الماخودة من عملية الرصد

بينت عدة محاولات عدم وجود علاقات في شكل معادلات بين قطر المطر و انجراف التربة حيث كان معامل التحديد ( $R^2$ ) ضعيف جدا

## الكلمات المفتاحية

انجراف التربة شدة المطر محطة التجارب قطر حبات المطر stain method

## Résumé

L'étude de l'érosivité de la pluie est menée à l'université pendant la période du 20 janvier 2019 au 10 avril 2019. Cette étude est basée sur l'observation de la pluie, par l'intermédiaire d'une station météorologique automatique, et le comptage des gouttes de pluies en fonction de leurs classe de diamètre, nous avons classé cinq diamètres :  $d_1 < 0.5$ ,  $d_2 (0.5 ; 0.9)$ ,  $d_3 (1 ; 1.4)$ ,  $d_4 (1.5 ; 1.9)$ ,  $d_5 \geq 2$ . La méthode adoptée est la mesure des diamètres des taches, laissées sur un papier préparé à cet effet à savoir la méthode « stain method ».

Nous avons essayé d'évaluer l'énergie cinétique des gouttes de pluies qui sont l'agent causal de la dégradation des sols.

Les résultats aux quels nous avons abouti montre que la distribution des taches dépend au l'intensité de la pluie, il semble selon le test de  $\chi^2$  la distribution spatiale des taches des pluies sur les papiers ne suivre pas la loi normale. Les tentatives de chercher les relations entre les composants : énergie cinétique, diamètre des taches et l'intensité de la pluie est insignifiants. Ce qui montre un  $R^2$  très faibles.

## Mots clés :

Erosivité, énergie cinétique, gouttes des pluies, station météorologique de l'université, dégradation des sols, test  $\chi^2$ .

## Abstract

The Study of the erosivity of the rain is conducted at the university in the period of 20 january 2019 of 10 april 2019 .at this study is done by observing the rain by the bay of an automatic weather station, and counting rainfall drops according to their diameter classes. We ranked five class : 0.5, d2 (0.5 ; 0.9), d3 (1 ; 1.4), d4 (1.5 ; 1.9), d5  $\geq 2$ .

The method adopted is the evolution of the diametres of the tasks left on a paper prepared for this purpose : « stain methode ».

We have tried to evolve the kinetic energy of raindrops, which is the causative agent of soil degradation.

The results that we have achieved show that the distribution of tasks depends on the intensity of the rain, it is similar according to the test of  $\chi^2$  .it's distribution do not follow the normal law. Attempts to look for relationships between different components : kinetic energy, diameter of tasks and the intensity of the rain is insignificant.

### Keywords :

Erosivité, kinetic energy, drops of rain, meteorological station of the university, degradation of soils, the test of  $\chi^2$ .

## Liste d'abréviations

DGRE : direction générale des ressources en eau

Ec : énergie cinétique

Et : énergie cinétique totale de l'averse

I : intensité de pluie

I<sub>30</sub> : intensité horaire maximum de l'averse en 30mn

IA : indice d'aridité

M : masse

MNT : modales numériques des terres

P : pluviométrie moyenne annuelle

Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger

V : vitesse

## Liste des figures.

N°	Titre	Page
01	Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau, ou effet splash.....	5
02	Localisation de l'université Djilali Bounaama dans la commune de Khemis Miliana .....	12
03	Représentation des altitudes d'élévation de la Plaine de Khemis Miliana.....	13
04	Représentation graphique de variation des températures moyenne mensuelle de station de Khemis Miliana (1975/2010) et (février2017/janvier2018).....	15
05	Diagramme Ombrothermique de bagnoles et Gaussien de la station de khemis Miliana (février 2016/mars2018).....	16
06	Diagramme d'EMBERGER et localisation de l'étage bioclimatique de la plaine d'El Khemis.....	17
07	la répartition en pourcentage des distributions des fréquences par calibre des diamètres pendant la période d'observation.....	23
08	Relation des fréquences absolues d1et les intensités pendant la période d'essai à la station Khemis Miliana. ....	24
09	relation des fréquences absolues d2 et les intensités pendant la période d'esse à la station Khemis Miliana.....	25
10	Relation des fréquences absolues d3 et les intensités pendant la période d'essé à la station Khemis Miliana.....	26

## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	vitesse limite de chute de pluie.....	06
02	caractéristique des gouttes de pluie pour différents types d'averse d'après Réméniéras.....	07
03	les types de précipitations selon l'intensité, le diamètre moyen des gouttes et la vitesse de chute de pluie.....	08
04	classification de l'indice de wischmeier retenues dans l'étude (1960-2003).....	10
05	échelle de l'indice de De Martonne.....	18
06	valeurs des vitesses de chutes de pluie en fonctions des diamètres tirées par les travaux du Law en 1941 et qui sont confirmé par les valeurs de Kinzer 1949.....	22
07	Energie cinétique des averses simulées.....	26
08	résultat de l'énergie cinétique en fonction des intensités.....	27
09	énergie cinétique en fonction des diamètres et de la masse d'une goutte de pluie.....	27

## Table des matières

Résumés

Dédicaces

Remerciements

Liste Des Abréviations

Liste Des Figures

Liste Des Tableaux

Introduction Générale.....01

### Chapitre I : aperçu bibliographique

I.1- Définitions L'érosion hydrique .....	03
I.2- Erosivité de la pluie .....	03
I.3- Intensités de la pluie .....	04
I.4- Energie cinétique de la chute de la pluie.....	04
I.5- Transformation de l'énergie cinétique des gouttes de pluie (effet splash) .....	04
I.6- Vitesse de chute et granulométrie des gouttes de pluie .....	05
I.7- Indices d'érosivités .....	08
a) L'équation universelle des pertes en terre.....	09
b) Indice d'érosivité de WISCHMEIE.....	09
c) Indice d'érosivité de HUDSON.....	10
d) Indice d'érosivité de FOURNIER .....	10
e) Indice de concentration des pluie (PCI) .....	11
I.7 Transport en suspension.....	11

### Chapitre II : présentation de la zone d'étude

II.1- Situation géographique de la zone d'étude.....	12
II.2- Relief .....	13
II.3- Réseau hydrographique .....	14

II.4- Climat.....	14
a) La température.....	15
b) La pluviométrie .....	16
b. 1 Diagramme Ombrothermique de Gaussien .....	17
b. 2 Climagramme pluviométrique d'Emberger.....	17
b. 3 Indice de De Martonne.....	18

### **Chapitre III : matériels et méthodes**

III.1- Matériels.....	20
III.2- Capture des gouttes.....	20
III.3-Méthodes.....	21
Méthode des taches.....	21
1. Relation de l'énergie cinétique .....	21
2. Masse des gouttes de pluie .....	21
3. Clases du diamètre des taches choisée.....	21
4. Vitesse des gouttes de pluies naturelles en fonction de leurs diamètres .....	22

### **Chapitre IV : résultats et discussions**

IV.1- Distribution de fréquences des taches par classe de diamètres.....	23
IV.2- Relation entre les fréquences et les Intensités.....	24
IV.3- Relation entre l'énergie cinétique et l'intensité .....	25
IV.4- Relation entre l'énergie cinétique et diamètres.....	26

### **Conclusion générale et recommandations.....28**

### **Annexes**

## Introduction générale

Les sols constituent l'une des ressources naturelles critiques des régions semi aride en Algérie car les changements des régimes pluviométriques sont très variables. Leur dégradation, notamment par érosion excessive, a pu être, dans le passé, une cause de déclin durable.

La lutte contre l'érosion hydrique en particulier et la complexité de ce phénomène imposent aujourd'hui l'utilisation de méthodes et de moyens performants.

L'étude des phénomènes de l'agressivité de la pluie sur le sol est essentielle pour la compréhension de nombreux problèmes des pertes en sols dans la nature. La résolution des problèmes d'érosion hydrique nécessite l'utilisation de méthodes de mesure pour analyser et quantifier les taux de dégradation lié à ce dernier.

Parmi ces méthodes l'estimation de des transports solides par la mesure de l'érosivité. Qui peut être abordée à partir de simulation de l'énergie cinétique de la pluie. Qui consiste à collecté les gouttes des pluies sur un papier spéciale, destiné à cet effet, l'impacte est remarqué par l'énergie cinétique de la chute des pluies.

Nous mesurons les diamètres et nous comptons aussi le nombre de gouttes de pluies. Qui tombent par une vitesse terminale sur le sol. principalement par sa taille des gouttes arrivent sur le sol libère une énergie cinétique qui est égale au demi-produit de sa masse par le carré de sa vitesse. La vitesse augmente avec le diamètre des gouttes il en résulte que l'énergie cinétique des gouttes a tendance à croître avec leur dimensions (**Benkhelil et Al ; 2004**). La première composante de l'action érosive de l'eau pluviale est attribuée à l'impact des gouttes de pluie sur le sol. L'action causée par cet impact commence quand la première goutte percute le sol et détache des particules de sa surface.

Les conséquences de l'érosion ne se limitent pas à l'envasement des barrages. L'érosion contribue aussi à la perte de la couche arable , la plus fertile du sol, diminuant sa productivité et dégradant la qualité des eaux de surface .Par ailleurs , les particules de sol qui rejoignent les oueds et les barrages contribuent , d'une part ,à rehausser le lit des cours d'eau entraînant un risque plus élevé d'inondation et d'autre part , à augmenter la turbidité des eaux, ce qui affecte les infrastructures en aval telles que les usines de traitement d'eau potable.

## Etude de l'érosivité locale dans la station expérimentale de l'université d'El Khemis ; Wilaya d'Ain Defla

---

Le Tell algérien dominé par un climat semi-aride est caractérisé par une pluviométrie saisonnière et interannuelle irrégulière. Cette irrégularité a un impact direct sur l'action érosive et notamment sur le transport solide en suspension. Nous citons par exemple, **1160 t/km<sup>2</sup>/an** pour l'oued Mazafran (côtiers algérois), **2300 t/km<sup>2</sup>/an** pour L'Isser à Lakhdaria, **490 t/km<sup>2</sup>/an** pour oued Soummam à Sidi Aïch, **680 t/km<sup>2</sup>/an** pour oued Medjerda à Souk Ahras et **150 t/km<sup>2</sup>/an** pour la Macta au barrage Cheurfa (**Remini ; 1999**).

Selon Govers et Poesen (1988), la mobilisation des particules s'accompagne d'un tri du matériel, d'une migration verticale dans l'eau d'infiltration et de transport latéral de particules fines sous l'impact des gouttes de pluie. Ces particules fines en présence d'une lame d'eau sont mises en suspension et peuvent être évacuées. L'érosion pluviale a une triple fonction : elle désagrège, déplace et réorganise.

Macary et Berville (2003), soulignant le rôle de l'érosion dans la sédimentation, rappellent que l'érosion des sols est un phénomène complexe qui résulte de divers processus (détachement, transport et 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.

L'érosion selon Universal Erosion Equation (**Fort Ord OE Risk Assessment Protocol, 2002**) est la somme des facteurs d'érosivité des pluies, d'érodibilité des sols, de la pente, de la longueur de pente, de la couverture végétale et le facteur des mesures anti-érosives, déterminant dans la sédimentation du bassin. L'évolution détermine la vitesse et l'importance de la sédimentation.

La plaine d'El Khemis à occupe une superficie de 359 km<sup>2</sup> est localisée entre les monts de Zaccar au Nord et les monts de Ouarsenis au Sud.

Ce mémoire s'articule sur quatre chapitres.

- Le 1<sup>er</sup> chapitre consacre une étude bibliographique nu le concept de l'érosivité ;
- Le 2<sup>eme</sup> chapitre entame une présentation globale de la plaine d'El Khemis ;
- Le 3<sup>eme</sup> chapitre contient le matérielles utilisée dans ce travail et les méthodes appliqué ;
- Le 4<sup>eme</sup> chapitre montre les résultats obtenu et leurs discussions.

## Chapitre I : aperçu bibliographique

L'érosion hydrique est un phénomène complexe par son caractère irrégulier, aléatoire et par sa discontinuité spatio-temporelle. 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 (**Achit et al ; 2006**).

Les études récentes sur la vulnérabilité aux changements climatiques dans la région Méditerranéenne indiquent une tendance à un accroissement à l'aridité qui accélère l'érosion hydrique (**Shabban et al ; 1998**).

L'érosion hydrique affecte 28 %des terres de l'Algérie du Nord (**Hadjiat ; 1997**).

### I.1- Définitions L'érosion hydrique

C'est est un phénomène naturel qui affecte l'ensemble de la couverture terrestre géopédologique et c'est l'un des facteurs important de formation et l'évolution des milieux naturels (**Dutil ; 1984**).

L'érosion hydrique du sol peut se définir comme étant le phénomène par Lequel le sol perd, sous l'action de l'eau, certaines ou toutes ses particules **Morgan (1986)**.

C'est aussi l'ensemble des actions chimique et organique qui aboutit à la destruction des roches et au nivellement progressif du terrain plus simplement; l'érosion est l'usure de la partie superficielle de l'écorce terrestre, l'eau et le vent sont les principaux agents naturels (**Greco ; 1966**).

### I.2- Erosivité de la pluie

L'érosivité des pluies peut être définie comme étant la capacité potentielle d'une précipitation à provoquer de l'érosion. Au cours d'une pluie, l'énergie cinétique, ainsi que la quantité de mouvement dissipée lors de l'impact des gouttes permettent la mise en mouvement de quantités importantes de matériaux solide (**wishmeier et Smith ; 1958**)

### **I.3- Intensités de la pluie**

L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre. La partie Ouest, où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres, est la région la plus érodée du pays ; viennent en suite les régions du Centre (27%) et de l'Est (26%) (**Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire ; 2000**).

Il est impératif non seulement que l'intensité des pluies simulées soit représentative des pluies naturelles observées sur la région d'étude (**Salles et al;2000**).

De plus, malgré la petite taille des surfaces aspergées il convient de produire une pluie dont l'intensité est spatialement uniforme tout en assurant une répartition aléatoire des points d'impact des gouttes.

### **I.4- Energie cinétique de la chute de la pluie**

La première composante de l'action érosive de l'eau pluviale est attribuée à l'impact des gouttes de pluie sur le sol. L'action causée par cet impact commence quand la première goutte percute le sol et détache des particules de sa surface. (**Benkhelil et al ; 2004**)

Le calcul de l'énergie cinétique «  $E_c$  » est complexe ; il faut connaître la masse «  $M$  » et la vitesse «  $V$  » de chacune des gouttes d'eau.

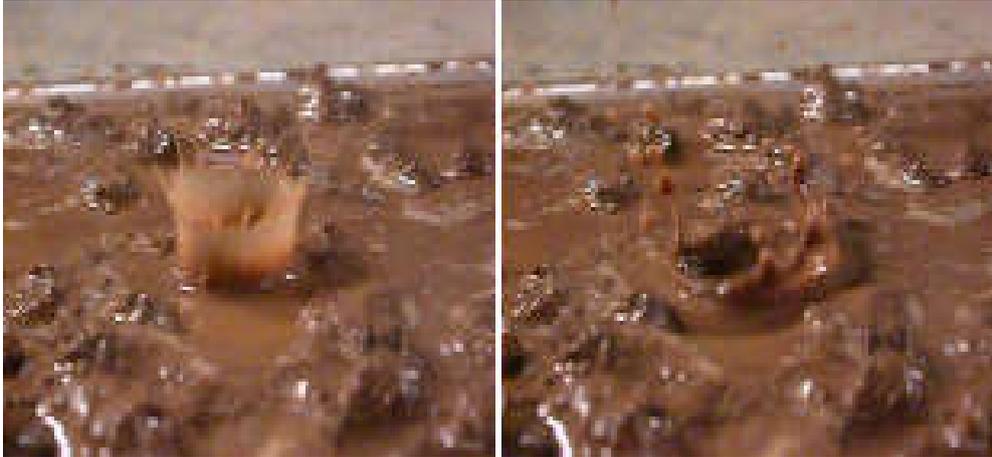
$$E_c = 0,5.M.V^2 \text{ ----- (01)}$$

$E_c$  : énergie en joules/m<sup>2</sup>/mm

### **I.5- Transformation de l'énergie cinétique des gouttes de pluie (effet splash)**

Suivant l'importance de l'énergie cinétique et la stabilité structurale du sol nous pourrions assister à l'éclatement de la goutte d'eau sur le sol sous forme de gouttelettes plus petites qui rejaillissent (effet splash).

Ce phénomène provoque un détachement partiel ou total des particules de sol à l'endroit de l'impact et à la projection de ces particules venant ainsi colmater tous les interstices du sol et formant une couche mince continue imperméable et compacte. (Benkhelil et *al* ; 2004).



**Figure n°01** : Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau, ou effet splash ([wikipedia](#)).

## **I.6- Vitesse de chute et granulométrie des gouttes de pluie**

Le chercheur, Lenard a mesuré les caractéristiques des gouttes de pluie en maintenant en suspension dans un courant d'air ascendant produit par un ventilateur

Le tableau 01 se dessous donne les vitesses de « maintien en suspension » déduite de ces expériences et les compare aux vitesses limites de « chute en air calme » obtenues par le chercheur Law.

## Etude l'érosivité locale dans la station expérimentale de l'université d'El Khemis ; wilaya d'Ain Defla

---

Nous y avons fait figurer, pour comparaison, les vitesses de chutes de divers flacons de neige et des grêlons (**Réménières ; 1999**).

**Tableau 01** : vitesse limite de chute de pluie

Diamètre des gouttes (en mm)	Vitesse (1) de mise en suspension (en m/sec)	Vitesse (2) Limite de chute en air calme (en m /sec)
0,5	2,3	2,3
1,0	4,2	4,4
2,0	6,6	5,9
3,0	8,0	7,0
4,0	8,9	7,7
5,0	9,2	7,9
>5,5	9,3	8,0

**(Réménières ; 1999)**

Les gouttes de diamètre supérieur à 5,5 sont déformées, puis brisées en gouttes plus fin, par la résistance de l'air avant d'atteindre leur vitesse limite.

Etude l'érosivité locale dans la station expérimentale de l'université  
d'El Khemis ; wilaya d'Ain Defla

---

L'énergie cinétique des gouttes de pluie intervient dans l'étude du « tassement » et de l'érosion des sols sous l'influence des averses violentes (**Réméniéras ; 1999**).

**Tableau 02** : caractéristique des gouttes de pluie pour différents types d'averse d'après Réméniéras en 1999.

Gouttes		Nombre de gouttes par m <sup>2</sup> et par seconde								
Diamètre en mm	Volume en mm <sup>3</sup>	A		B	C	D	E	F	G	H
0,5	0,065	1000	1600	129	60	0	100	514	679	7
1,0	0,524	200	120	100	230	50	1300	423	524	233
1,5	1,77	140	60	73	160	50	500	359	347	113
2,0	4,19	140	200	100	20	150	200	138	295	46
2,5	8,18	0	0	20	20	0	0	156	205	7
3,0	14,1	0	0	57	0	200	0	138	81	0
3,5	22,4	0	0	0	0	0	0	0	28	32
4,0	33,5	0	0	0	0	50	0	0	20	39
4,5	47,7	0	0	0	0	0	200	101	0	0
5,0	46,4	0	0	0	0	0	0	0	0	25
<b>Total :</b>		1480	1980	488	540	500	2300	1829	2179	502
<b>Intensité de pluie :</b>										
<b>en mm par minute :</b>		0,06	0,07	0,10	0,04	0,31	0,72	0,57	0,38	0,25
<b>en mm par heure :</b>		3,5	4,2	6,00	2,40	18,6	43,2	34,2	22,8	15,00

**(Réméniéras ; 1999)**

A : Pluie « paraissant très ordinaires ».

B : Pluie avec interruptions durant lesquelles le soleil brille.

C : Commencement d'une courte averse.

D : Pluie soudaine provenant d'un petit nuage.

E : Pluie violente analogue à « un grain » avec un peu de grêle.

F : Période la pluie intense d'une averse.

G : Période moins intense d'une averse.

H : Période finale d'une pluie continue.

## Etude l'érosivité locale dans la station expérimentale de l'université d'El Khemis ; wilaya d'Ain Defla

Le tableau 02 précédent rassemble quelque donnée afférente à la granulométrie des différents types de pluie, d'après les observations de Lenard ; son examen attentif précisera l'ordre de grandeur des caractéristiques structurales des pluies de la zone tempérée et des intensités (ou débit en mm d'eau par minute) correspondantes.

On retiendra plus facilement les ordres de grandeur donnés par le tableau simplifié Suivant (d'après Humphrey) :

**Tableau 03** : les types de précipitations selon l'intensité, le diamètre moyen des gouttes et la vitesse de chute de pluie :

Type de précipitation	Intensité en (mm/h)	Diamètre moyen des gouttes (en mm)	Vitesse de chute (en m/s) pour le diamètre :
1. Bruine	0,25	0,2	0,2
2. Pluie légère	1 à 5	0,45	2,0
3. Pluie forte	15 à 20	1,5	5,5
4. Orage très violent	100	3,0	8,0

(Réméniéras ; 1999)

### I.7- Indices d'érosivités

Dans le cadre des programmes de lutte contre l'érosion, des évaluations de l'ampleur du phénomène et d'estimation de l'agressivité de la pluie ont porté sur l'analyse quantitative du phénomène et de la perte en terre. Ainsi, des méthodes descriptives, quantitatives et des modèles d'estimation et de prédiction de la perte de sol se sont développés et ont été utilisés par les différents services de conservation des sols. Une relation a été établie entre la pluie et l'érosion qui permet le calcul de l'indice d'agressivité climatique ou indice d'érosivité de la pluie.

**a) L'équation universelle des pertes en terre** (Universal Soil Loss Equation ou USLE) prévoit le taux annuel moyen d'érosion à long terme sur la pente d'un champ, en fonction de la configuration des pluies, du type de sol, de la topographie, du système cultural et des pratiques de gestion (Stone et Hilborn ; 2012).

$$A = R . K . L . S . C . P \text{-----} (04)$$

Où

A : est la perte en terre exprimée en tonne /acre / an

R : l'indice d'agressivité de la pluie

K : l'indice d'érodabilité du sol

L : l'indice de pente

S : l'indice d'inclinaison de pente

C : l'indice de végétation et de culture

P : l'indice de pratique CES (Conservation des eaux et de sols).

(Helioui ; 2015)

### **b) Indice d'érosivité de WISCHMEIER**

L'indice d'érosivité le plus communément utilise a été propose par WISCHMEIER et Small

(1958), Le calcul de R nécessite la connaissance du produit de 2 facteurs, à savoir :

- Energie globale  $E_g$  en m.Tonne/ha qui peut représenter la somme des énergies unitaire  $E_u$ .
- Intensité maximale observée en 30 mn en cm/h.

Soit 
$$R = E_g . I_{30 \text{ mn}} = \sum (E_u . h_i) . I_{30 \text{ mn}} \text{-----} (02)$$

Où h représente la lame d'eau précipitée pendant la durée de l'intensité homogène  $I_h$

Eu est donnée par Wischmeier et est égale à :

$$Eu = 210 + 89 \log I h \text{-----} (03)$$

L'index **R** est exprimé en m.t.m/ha.h.

**Tableau n° 04:** classification de l'indice de wischmeier retenues dans l'étude (1960-2003)

classes	R(t/ha)	Erosivité
1	$1 \leq R < 5$	Très faible
2	$5 \leq R < 10$	Faible
3	$10 \leq R < 20$	Moyen
4	$20 \leq R < 50$	Forte
5	$R \geq 50$	Très fort

Source des données brutes : D.G.R.E ; 2005.

### c) Indice d'érosivité de HUDSON

L'indice d'érosivité de HUDSON est simplement déterminé par la somme des énergies cinétiques des tranches de pluie, calculées sur la base de l'expression :

$$E_c = 11,87 + 8,78 \log i \text{ .....} (04)$$

### d) Indice d'érosivité de FOURNIER

L'indice d'érosivité proposé par **FOURNIER** (1960) permet uniquement de caractériser de manière relative le caractère érosif de régimes climatiques dans leur ensemble. Cet indice s'exprime par le rapport du carré de la pluviométrie moyenne ( $p_i$ ) du mois le plus arrosé, a la pluviométrie annuelle moyenne :

$$\epsilon_f = \frac{p_i \cdot \max^2}{p \text{ annuel}} \text{ .....} (05)$$

Cet indice présente une bonne corrélation avec l'érosion annuelle moyenne des grands bassins fluviaux du globe. Une forme modifiée de cet indice, qui consiste à effectuer la somme des indices de **FOURNIER** pour les douze mois de l'année, a été proposé par

**ARNOLDUS (1981):**

$$\xi_f = \sum_{i=1}^{12} \frac{pi^2}{p \text{ annuel}} \dots \dots \dots (06)$$

Cet indice modifié présente une meilleure corrélation avec l'indice d'érosivité de **WISCIIMEIER et Smith**. La forme des relations entre l'indice de **FOURNIER** modifié et **R** varie cependant avec la zone climatique considérée.

L'indice modifié de Fournier est le suivant :

$$IF = \frac{\sum_{i=1}^{12} P}{\dot{p}} \dots \dots \dots (7)$$

Ou :

P= précipitation mensuelles du mois i

ṗ= précipitation totale annuelles

**e) L'indice de concentration des pluies (PCI) :** cet indice proposé par Oliver en 1980, exprime la variabilité saisonnière et annuelle des précipitations en %. les faibles valeurs du PCI indiquent une distribution uniforme des précipitations dans l'année, par contre, des valeurs élevées représentent une concentration élevée des pluies mensuelles ou bien une saisonnalité. Il s'écrit comme suit :

$$PCI = \frac{\sum_{i=1}^{12} Pi^2}{(\sum_{i=1}^{12} Pi)^2} \dots \dots \dots (8)$$

## **I.7 Transport en suspension**

Le transport solide représente l'entraînement de granulats sous l'action d'un écoulement fluide. Il existe dans différents phénomènes physique, naturels ou industriels, et constitue un écoulement à surface libre ou en charge (**Hug ; 1975**).

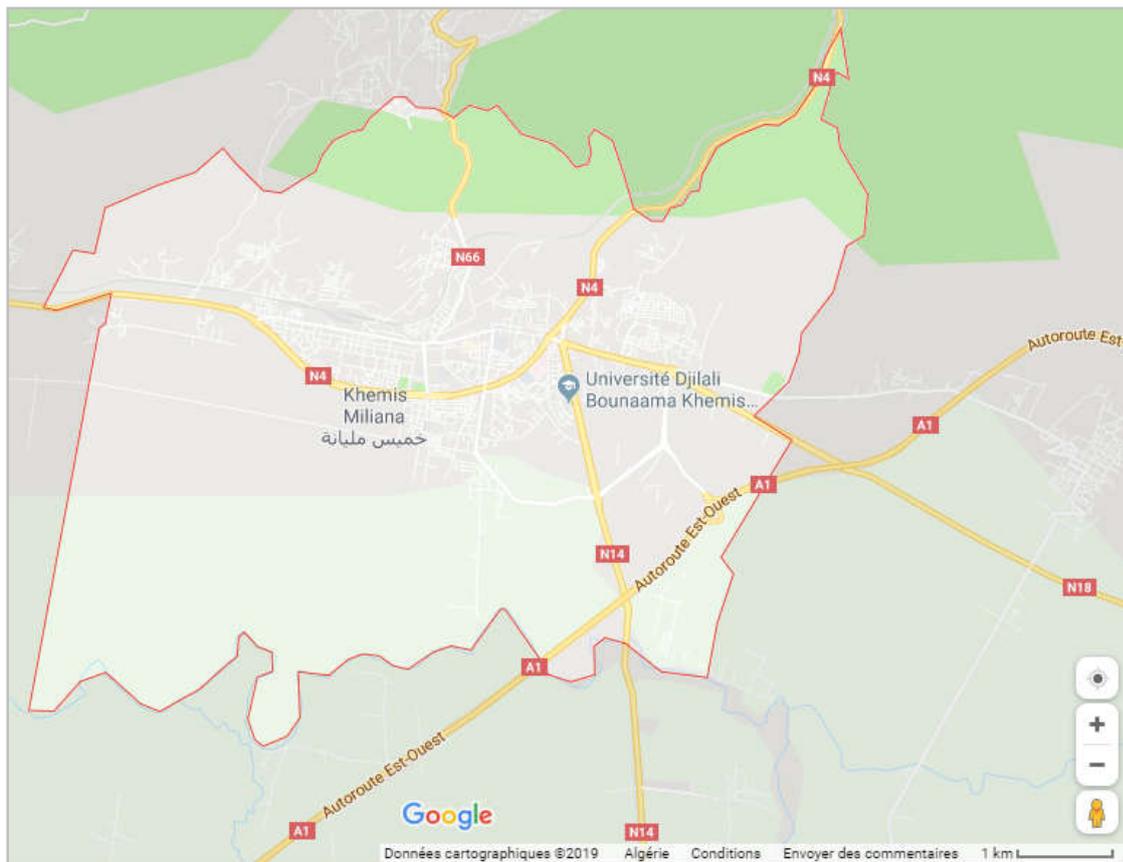
## Chapitre II : présentation de la zone d'étude

### II.1- Situation géographique de la zone d'étude

La wilaya d'Ain Defla est située à 145 km au Nord-Ouest de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 4544,28 km<sup>2</sup>.

Notre travaille se localise dans la région de Khemis Miliana (l'université djilali bounaama). Cette région qu'à parient a la wilaya de Ain Defla. Et aussi fait partie de la plaine du Haut Cheliff qui couvre une superficie de 359 Km<sup>2</sup> et un périmètre de 159 Km et de 270 m d'altitude moyenne.

Elle est située entre les latitudes (36°18'-36°6') N et les longitudes (2°-2°27') E; Limitée au Nord par le massif du Zaccar (1576 m), et au Sud par les premiers reliefs du l'Ouarsenis



**Figure n°02:** localisation de l'université Djilali Bounaama dans la commune de Khemis Miliana.

Source : google maps ; consulté le 20juillet2019.

## II.2- Relief

Le relief est obstacle naturel contre les courants d'air de différentes directions (Remeniers ; 1999).

La plus part des facteurs météorologiques (précipitations, températures) et hydrologiques sont en fonctions de l'altitude, d'où l'importance de connaître la répartition des surfaces en fonction de l'altitude.

La répartition des altitudes d'élévation est représentée dans la carte da MNT suivant :

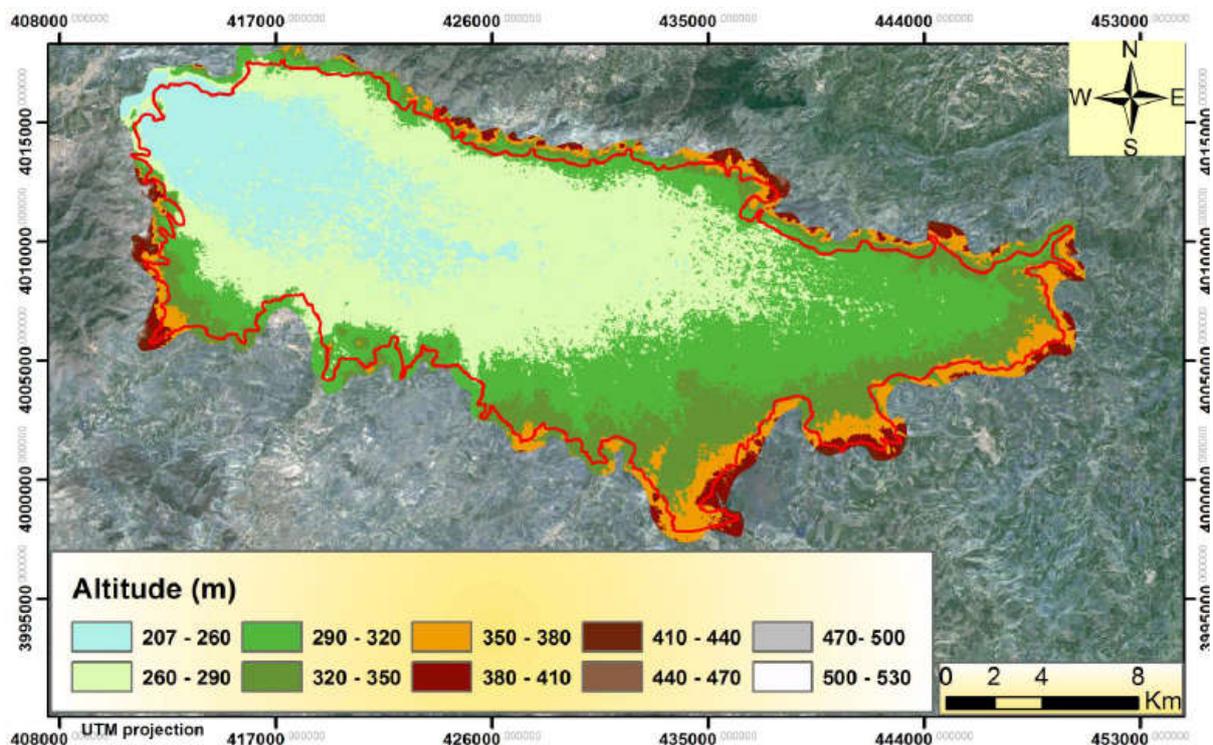


Figure n°03 : Représentation des altitudes d'élévation de la Plaine de Khemis Miliana (Boudjenane et Maarouf ; 2015)

Les résultats de la MNT de la plaine d'El Khemis qui couvre une surface de 359 km<sup>2</sup> et entourée par un périmètre de 159 km, montrent des altitudes suivantes, altitude moyenne de 300 m, une altitude maximale de 529 m et une altitude minimale de 207 m.

### II.3- Réseau hydrographique

La plaine d'El Khemis située entre les montagnes du Zaccar et Dahra au Nord et l'Ouarsenis au Sud est une région principalement à vocation agricole, traversée par l'oued le plus important d'Algérie " l'Oued Chélif ". l'Oued Chleff partage cette plaine en deux rives : la rive droite couvre 11303 ha, tandis que la rive gauche ne fait que 9730 ha.

Les principaux Oueds qui convergent vers la plaine sont :

- **Oued Souffay** : Qui draine le secteur Nord-est des monts du Zaccar et reçoit les eaux ruisselée de la ville de Khemis
- **Oued Boutane** : Qui collecte des eaux provenant du secteur Nord du Zaccar, puis traverse la plaine ou il présente, par endroits, des intercommunications avec la nappe alluviale avant de rejoindre l'Oued Chleff à l'Ouest de la plaine.
- **Oued Deurdeur** : qui prend sa source dans les amonts d'Ouarsenis au Sud du secteur d'étude. Il traverse la plaine sur plusieurs Kilomètre avant de confluer avec l'Oued Chélif.
- **Oued Harreza** : est également un Oued du Sud (Ouarsenis), il est caractérisé par un débit élevé du fait de l'impluvium. Dans la partie aval, il s'écoule dans la plaine ou il présente un inféroflux en relation avec la nappe alluviale et rejoint plus en aval l'Oued Chleff.
- **Oued Massine** : sa direction d'écoulement est SSE-NNO, il alimente la partie sud de la plaine.

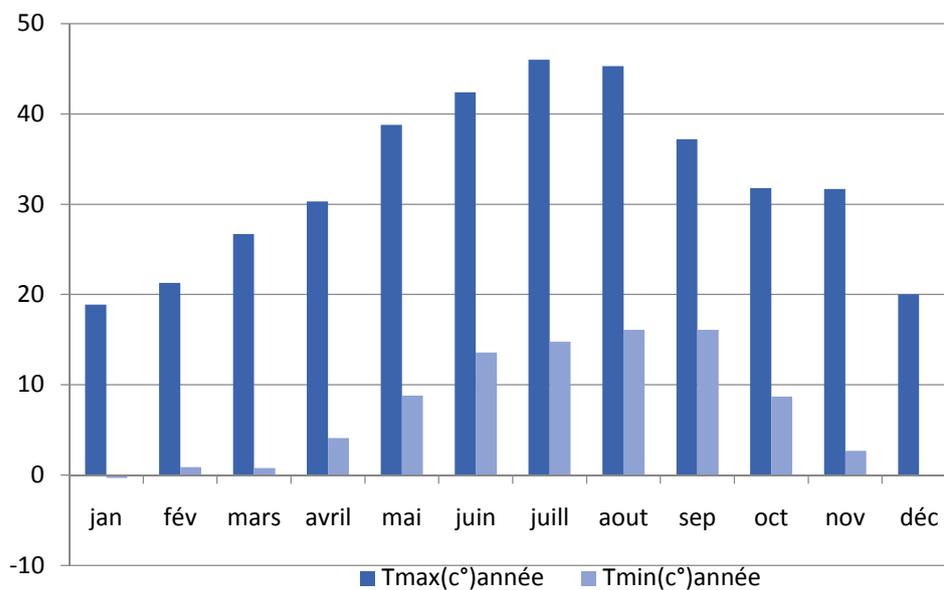
## II.4- Climat

La précipitation, la température, la vitesse du vent, la duré d'insolation, sont des facteurs climatiques qui jouent un rôle déterminant dans l'intensité de l'érodabilité des terres.

### a) La température

C'est l'ensemble des conditions atmosphériques, variables, traduites subjectivement en sensations relatives de chaud et de froid, et dont l'appréciation exacte.

C'est un paramétré essentiel qui conditionne toutes les activités physiologiques et les réactions chimiques (**bourgeois ; 2010**).



**Figure n° 04:** Représentation graphique de variation des températures moyenne mensuelle de station de Khemis Miliana (février2017/janvier2018).

Ce graphe représente la répartition de variation des températures moyenne mensuelle de station de Khemis Miliana pendant la période du février 2017 au Janvier2018.

Les moyennes mensuelles des températures enregistrées aux niveaux de la station de khemis Miliana montrent dans le graphe la variation de la température maximale, minimale l'année (février2017/janvier2018).

L'analyse des températures mensuelles de la station de Khemis Miliana indique que le climat de la région d'étude dans cette année (février2017/janvier2018) est semi-humide.

Les températures maximale mensuelles les plus élevées sont observées pendant la l'année (février2017/janvier2018) varient entre (45,3 a 46c°), par contre les températures minimales de (-0,1 a 0,8 c°).

## b) La pluviométrie

La pluie est une précipitation sous forme de gouttes d'eau (**Glocky ; 2005**) elle est un phénomène aléatoire par nature dont l'intensité varie dans l'espace et dans le temps. Bien que la météorologie sache en prévoir l'occurrence à plus ou moins brève échéance, il demeure impossible d'en connaître à l'avance la durée, le volume et l'intensité (**Pertrand et krajewski ; 2007**).elle est très variable par leur hétérogénéité spatial (**Laborde ; 2000**).

### b. 1 Diagramme Ombrothermique de Gausсен

Le diagramme Ombrothermique de Gausсен(1953) ou le climagramme pluviométrique de Gausсен est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période sèches et humides d'une région

Le diagramme Ombrothermique de l'année concerée montre que la période séché est très longue, elle s'étale sur environ 07 mois allant du début du mois de avril jusqu'à le mois de novembre.la Période humide qui représente les mois pluvieux et ayant la basse température, au court de cette année. Elle commence à partir du mois décembre et se termine au mois d'avril (5mois).

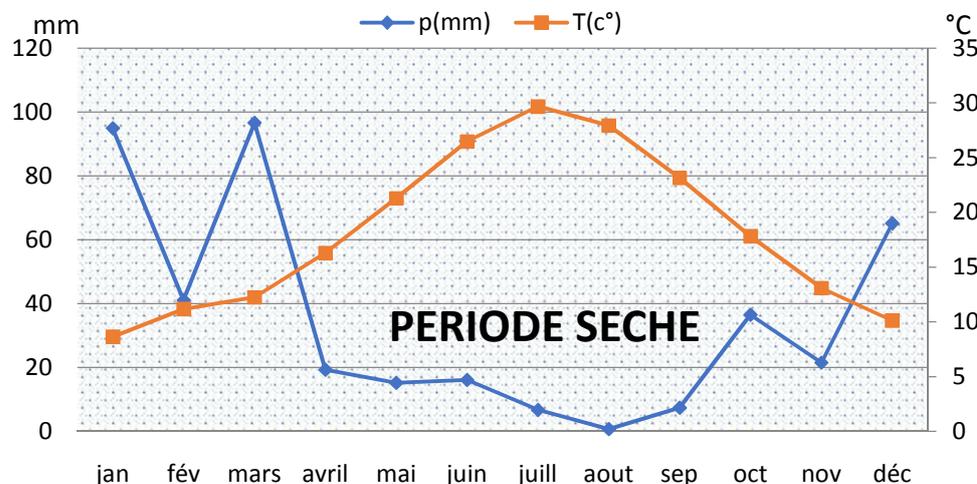


Figure n°05: Diagramme Ombrothermique de bagnoles et Gausсен de la station de khemis Miliana (février 2016/mars2018)

## b. 2 Climagramme pluviométrique d'Emberger.

Quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) spécifique au climat méditerrané permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude.

Pour déterminer ce quotient nous avons utilisé la formule suivante élaborée par STEWART (1968) pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q2=2000P/ (M^2-m^2) \text{ -----(07)}$$

**P** : précipitation annuelle (mm).

**M** : la température maximale du mois le plus chaud en kelvin.

**m** : la température minimale du mois les plus froids en kelvin.

Pour notre région d'étude 'les données present sont :

**P= 280.3 M=304.4 m=276.99 donc : Q2=35.17**

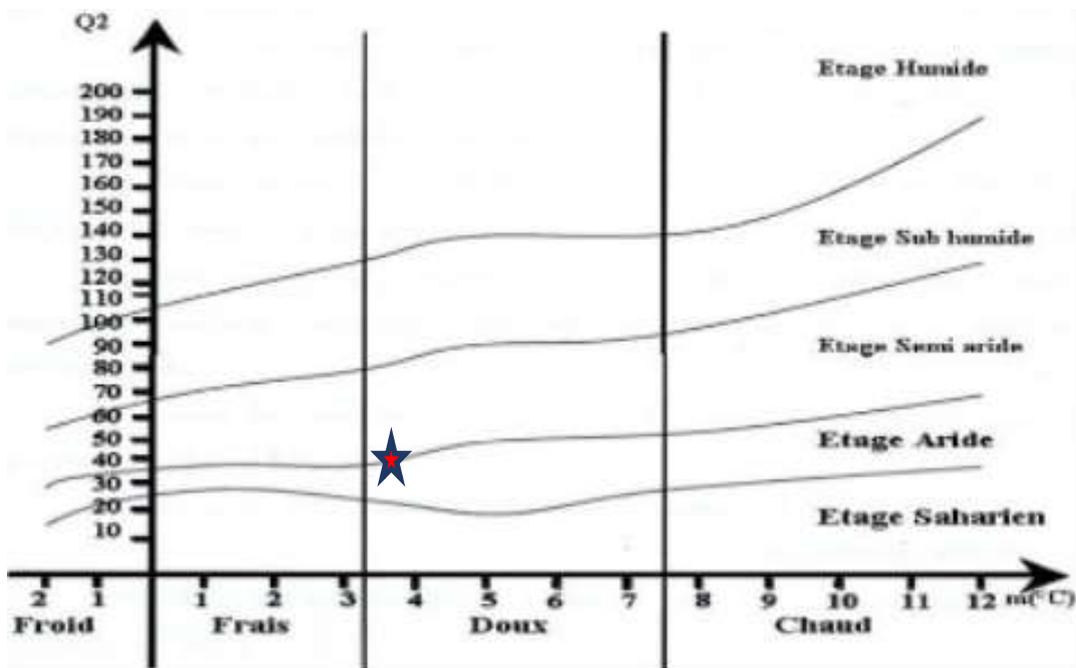


Figure n°06 : Diagramme d'EMBERGER et localisation de l'étage bioclimatique de la plaine d'El Khemis.

### b. 3 Indice de De Martonne

Indice de Martonne ou indice d'aridité( $I_A$ ) : est un indicateur quantitatif de degré du manque d'eau à un endroit donné, est un simple rapport pluvio-thermiques fondés sur les hauteurs moyennes des précipitations et de la température.

L'indice d'aridité annuelle de Martonne (DE MARTONNE.1926) est défini comme suit :

$$I_A = \frac{P}{T+10} \text{-----(08)}$$

$I_A$  : Indice d'aridité de De Martonne

$P$  : pluviosité moyenne annuelle (mm)

$T$  : température moyenne annuelle (°C)

Cet indice est largement utilisé pour l'évaluation de la qualité du climat et traduit le déficit annuel entre la quantité des précipitations reçue ( $P$ ) par rapport à la demande évaporatoire de l'atmosphère (ETP), ce qui implique que plus l'indice est faible plus l'aridité est élevée et permet de classer les climats de l'hyperaride à l'humide selon les valeurs dans le tableau n°2 sous dessous. (Mokhtari ; 2013)

**Tableau n°05** : échelle de l'indice de De Martonne.

Valeur de I	TYPE DE CLIMAT	TYPE DE Végétation POTENTIELLE
0 à 5	Hyper aride	Désert absolu
5 à 10	Aride	Désert
10 à 20	Semi –aride	Steppe
20 à 30	Semi-humide	Prairie naturelle, foret
30 à 40	Humide	Foret
40 à 55	Humide	Foret

## Etude l'érosivité dans locale dans la station expérimentale de l'université d'El Khemis ; Wilaya d'Ain Defla

---

Pour la région d'étude :

**P=280.3   T=15.84   I=37.3**

Le climat de la région d'étude de ces années (février2016/mars2018) est Humide selon le tableau n°1 de l'interprétation de l'indice de Martonne .cela est vu dans la végétation qu'existe à l'intérieure (présences des forets de Djbel Zaccar et Djbel Gantaz, versant Doui) comme il est remarque la présence dans l'atmosphère de la région.

## **Chapitre III : matériels et méthodes**

### **III.1- Matériels**

Dans ce travail nous avons utilisé :

- ✓ Le papier extra blanc pour la réception de pluies ;
- ✓ Un support en plastique rigide et léger ;
- ✓ l'encre de couleur rouge ;
- ✓ Règle contient de trous de différent diamètres ;
- ✓ Plumes pour la peinture du papier ;
- ✓ Séchoir de coiffure pour le dessèchement du papier utilisé ;
- ✓ Station météorologique automatique de l'université.

### **III.2- Capture des gouttes**

#### **1<sup>er</sup> étape : préparation des papiers**

Tout d'abord nous avons coloré les papiers par l'encre, et nous avons séché à l'aide d'un séchoir, puis l'opération se répète deux fois la coloration.

#### **2<sup>eme</sup> étape : mise en disposition**

Pour nous puissions faire des levers des pluies réceptionnées, nous avons utilisé le support du plastique pour éviter la déchirure de ce papier.

#### **3<sup>eme</sup> étape : capture des gouttes**

Lorsque la pluie tombe, à ce moment nous plaçons le papier sèche et colorer en face de cette pluies.

En parallèle nous acquissions les enregistrements pluviométriques obtenus par la station météorologique

#### **4<sup>eme</sup> étape : Mesures des diamètres des taches de pluies obtenues**

Nous avons mesuré les diamètres des taches des pluies à l'aide d'une règle trous de diamètres connus.

## 5<sup>eme</sup> étape : Dépouillement et échantillonnage

À ce stade finale nous choisissons les taches les plus claires et représentative.

**NB.** La manipulation se faite pour chaque reprise.

### III.3-Méthodes

#### Méthode des taches

La méthode se base sur le principe qui consiste à supposer : la chute d'une goutte sur une surface absorbante uniforme produit une tache dont le diamètre est proportionnelle au diamètre de celle-ci.

#### 1. Relation de l'énergie cinétique

On à :  $E_c = \frac{1}{2} m v^2$

$E_c$  : énergie cinétique d'une goutte de pluie.

$m$  : la masse de goutte.

$v$  : vitesse terminale de chute de la goutte.

#### 2. Masse des gouttes de pluie

Si on considère la goutte d'eau comme une sphère :

$$m = \frac{\pi}{6} \rho d^3$$

$\rho$  : masse volumique de la goutte.

$d$  : diamètre de la goutte (sphère).

#### 3. Clases du diamètre des taches chosée

Nous avons classée les diamètres des taches par ordre croissant comme suite :

$$d_1 < 0.5 \text{ mm}$$

$$0.5 \leq d_2 < 1$$

$$1 \leq d_3 < 1.5$$

$$1.5 \leq d_4 < 2$$

$$d_5 \geq 2$$

#### 4. Vitesse des gouttes de pluies naturelles en fonction de leur diamètre

**Tableau n°06 :** valeurs des vitesses de chutes de pluie en fonctions des diamètres tirées par les travaux du Law en 1941 et qui sont confirmé par les valeurs de Kinzer 1949.

Diamètres des gouttes (mm)	Vitesse de chutes (mm)
0.5	2.06
0.6	2.47
0.7	2.87
0.8	3.27
0.9	3.67
1.0	4.05
1.2	4.64
1.4	5.17
1.6	5.65
1.8	6.09
2.0	6.49
2.2	6.90
2.4	7.27

## Chapitre IV : résultats et discussions

### IV.1- Distribution de fréquences des taches par classe de diamètres.

Nous avons établi le pourcentage des classes en fonction de la fréquence absolue des diamètres. Les pourcentages sont représentés dans la figure se dessous.

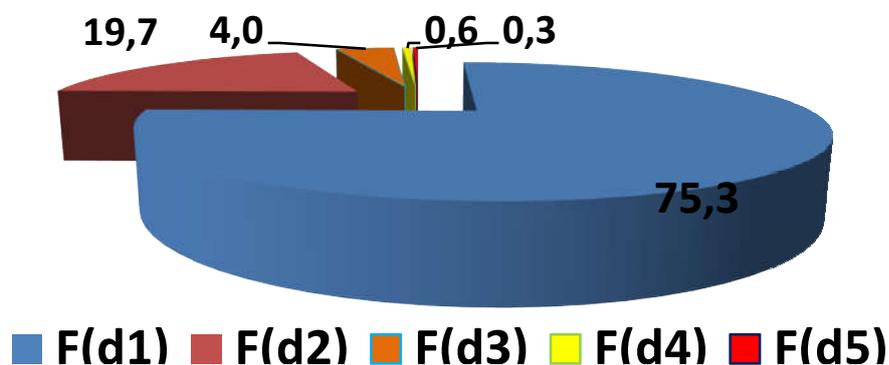


Figure n° 7 : la répartition en pourcentage des distributions des fréquences par calibre des diamètres pendant la période d'observation

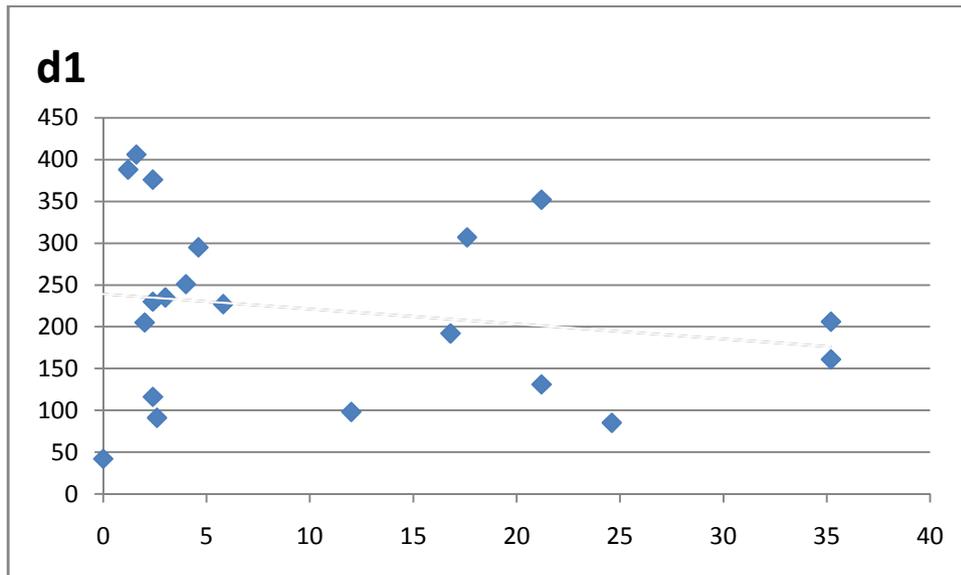
On remarque que les taches les plus élevées ont le pourcentage le plus faible (5%), les calibres inférieurs ont un pourcentage plus élevé (95%), ils sont causés par les pluies douces ne provoquant pas d'une manière remarquable de cisaillement.

La distribution des fréquences absolues des cinq calibres des diamètres des taches proposées montre que :

Les deux premiers calibres donnent les mêmes valeurs tandis que cela diminue avec la grandeur des diamètres des taches c'est-à-dire les gouttes les plus élevées qui sont responsables dans la plupart des cas de détachement des particules des sols. Les diamètres les plus élevés sont rares dans la période d'observation. Ils sont de nombre deux observations correspondent à une intensité maximale de 42.4 mm/h.

#### IV.2- Relation entre les fréquences et les intensités

Nous avons tenté de chercher la relation entre la grandeur des diamètres et les intensités de pluies correspondantes pendant la période d'observation à l'université de Khemis Miliana. La figure se dessous représente les classes de diamètres  $d_1$ , qui sont inférieure à 0.5cm.

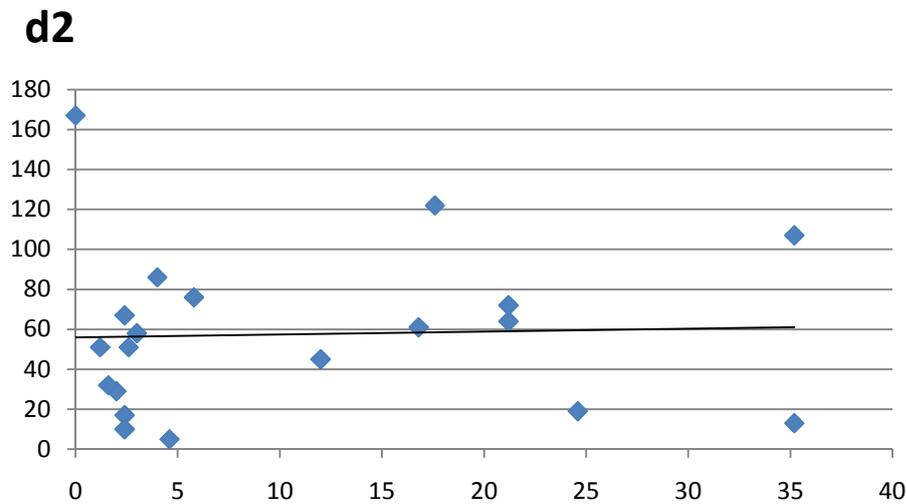


**Figure n°08** : Relation des fréquences absolues  $d_1$  et les intensités pendant la période d'essai à la station Khemis Miliana.

Notre tentative de chercher la relation qui existent entre les nombres des taches de pluie (les fréquences absolu) en fonction des intensités des pluies montre que la corrélation linéaire entre  $d_2$  et les intensités correspondre est insignifiant. C'est-à-dire nous avons un  $R^2$  très faibl.

## Etude l'érosivité locale dans la station expérimentale de l'université d'El Khemis ; Wilaya d'Ain Defla

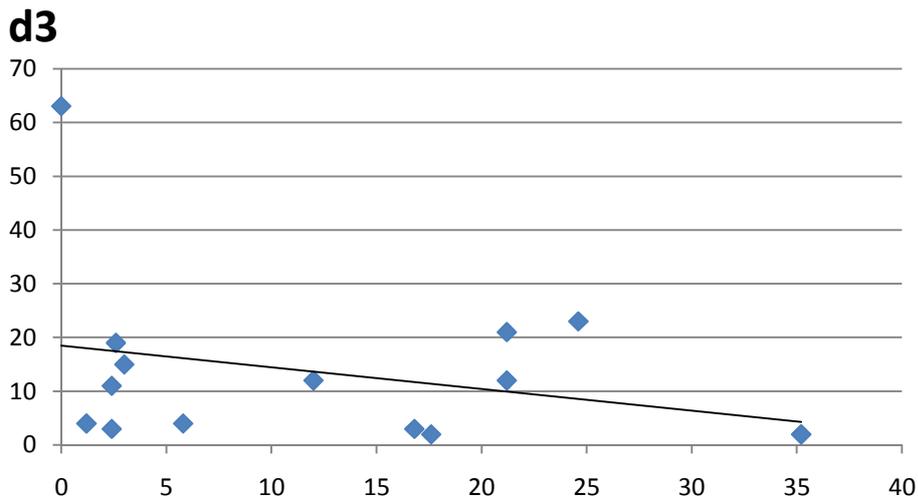
Nous avons tenté de chercher la relation entre la grandeur des diamètres et les intensités de pluies correspondantes pendant la période d'observation à l'université de Khemis Miliana. La figure se dessous représente les classes de diamètres  $d_2$ , qui compris entre les diamètres (0.5cm; 1 cm).



**Figure n°09** : relation des fréquences absolues  $d_2$  et les intensités pendant la période d'esse à la station Khemis Miliana.

Notre tentative de chercher la relation qui existent entre les nombres des taches de pluie (les fréquences absolu) en fonction des intensités des pluies montre que la corrélation linéaire entre  $d_2$  et les intensités correspondre est insignifiant. C'est-à-dire nous avons un  $R^2$  très faible.

Nous avons tenté de chercher la relation entre la grandeur des diamètres et les intensités de pluies correspondantes pendant la période d'observation à l'université de Khemis Miliana. La figure se dessous représente les classes de diamètres  $d_3$ , qui compris entre les diamètres (1cm; 1.5 cm).



**Figure n°10** : Relation des fréquences absolues  $d_3$  et les intensités pendant la période d'ess à la station Khemis Miliana.

Notre tentative de chercher la relation qui existent entre les nombres des taches de pluie (les fréquences absolu) en fonction des intensités des pluies montre que la corrélation linéaire entre  $d_2$  et les intensités correspondre est insignifiant. C'est-à-dire nous avons un  $R^2$  très faible.

#### IV.3- Relation entre l'énergie cinétique et l'intensité

D'après Salles *et al.* (2000), l'énergie cinétique pour le simulateur de pluies utilisé, elle varie, selon les intensités, autour d'une moyenne de 23 J/ (m<sup>2</sup>.mm), (voir tableau suivant).

**Tableau n°07** : Energie cinétique des averses simulées (Salles *et al* ; 2000)

Intensité (mm/h)	15	30	35	60	90
Energie cinitique unitaire j/(m <sup>2</sup> .mm)	21	22.6	23.1	24	24.5

## Etude l'érosivité locale dans la station expérimentale de l'université d'El Khemis ; Wilaya d'Ain Defla

Nous avons calculé l'énergie cinétique par la formule physique, rappellent que les vitesses appliquée dans cette formule sont celles des travaux de Law1941 et qui sont confirmé par les travaux de Gun et kinzer 1949 (voir chapitre précédant).

**Tableau n°08** : résultat de l'énergie cinétique en fonction des intensités

Intensité (mm /h)	3.2	35.2	42.4	49.2
Ec j (m <sup>2</sup> .mm)	0.14	4.25	28.2	88.2

La comparaison de notre résultat avec les résultats trouvée par Salles et al dans le tableau n°08 trouver en laboratoire par un simulateur de pluie de type CAPELEC, nous montrons que les intensités inferieures à 35 (mm/h) n'a pas d'effet considerable dans l'éclatement des grains des sols (ces intensité désigne des pluies douce qui tombent dans l'hiver dans cette région)

Comme il ya une semblance concernant la proportionnalité multiple entre l'intensité et l'énergie cinétique.

Nous remarquons une intensité supérieures donne une énergie cinétique supérieure à 88.2 j (m<sup>2</sup>/mm)

#### **IV.4- Relation entre l'énergie cinétique et diamètres**

Dans le tableau se dessous nous avons calculé la masse en fonction des diamètres des taches, puis nous avons déterminera l'énergie cinétique comme au paravent

**Tableau n° 09**: énergie cinétique en fonction des diamètres et de la masse d'une goutte de pluie

L'énergie cinétique j (m <sup>2</sup> .mm)	0.14	4.5	28.2	88.2
Diamètre (cm)	0.5	1.0	1.6	2.0
Masse(g)	0.065	0.523	1.766	4.187

Nous remarquons que l'énergie cinétique est proportionnelle multiple avec la masse et le diamètre d'une goutte de pluie ce qu'implique que autant que la goutte est grande automatiquement sa masse est importante, qui cause le détachement des particules des sols sur cet effet.

## Conclusion générale et recommandations

Il ressort que les phénomènes liés à l'érosivité de la pluie sont le résultat d'interactions complexes variables dans le temps et l'espace. Dans une optique d'évaluation des risques ou d'établissement de schémas d'aménagement antiérosive pour la conservation des sols, le recours à l'observation nous pouvons constituer un outil d'aide à la décision.

### Recommandations

La façon la plus efficace de protéger les sols de l'agressivité de la pluie est par l'établissement d'un couvert végétal sur les versants. L'implantation d'un couvert végétal sur des versants non agricoles, s'effectue par l'ensemencement de graminées et de légumineuses car elles s'enracinent facilement même pour des conditions de terrain les plus adverses.

En pratique, la vulnérabilité d'un sol dépend beaucoup de son couvert végétal, et de son exposition par rapport au soleil, aux vents desséchants et aux averses (**Roose ; 1991**).

Les processus d'érosion ont progressé, notamment à la faveur de la diminution de la couverture végétale pérenne (**Amoussou ; 2010**).

Les formations géologiques ont une sensibilité différente à l'érosion marquée par les caractères du climat et de l'occupation du sol.

Leur transport dépend de plusieurs facteurs qui sont l'écoulement, la pente, la pluie, la végétation, les sols et l'anthropisation.

A travers ce travail de mémoire les résultats expérimentaux de l'agressivité de climats notamment l'érosivité des pluies qui tombent spécialement dans la plaine d'El Khemis montrent que :

- les taches les plus élevés ont le pourcentage le plus faible (5 %), leurs calibres sont inférieure 1.5 cm. Le reste qu'a un pourcentage élevé (95%) ayant des diamètres supérieurs à 1.5 cm.

- La tentative de chercher la relation entre les fréquences absolues des taches de pluies récoltées pendant la période d'observation est inexistante.
- La comparaison de notre résultats et ceux des travaux des chercheurs Salles et *al* concernant la relation de l'énergie cinétique de chutes de pluies et leurs intensités montre qu'elle y a une proportionnalité multiple entre eux.
- Nous remarquons que l'énergie cinétique est proportionnelle multiple avec la masse et le diamètre d'une goutte de pluie.

## Références bibliographique

### ➤ A

**Achite M., Touaibia B. et Sylvain O. ; 2006** : érosion hydrique en Algérie du nord : Ampleur, conséquence et perceptives ; université des science et de technologie d'Oran, Algérie. .

**Amoussou E;2010** : Variabilité pluviométrique et dynamique hydro-sédimentaire du bassin-versant du complexe fluvio-lagunaire Mono-Ahémé-Couffo (Afrique de l'Ouest) ;thèse Doctorat de l'Université de Bourgogne.

### ➤ B

**Benachour M M , 2006** Etude de l'érosivité des pluies sur la bassin de la Soummam par la biais de SIG et télédétection pp 25-27

**Benkhelil H., Abriak N.E., Masson F.X., Boulemia C., Henry E. ; 2004**: Démarche méthodologique pour la conception d'un Micro- simulateur de pluie pour les milieux rural et urbain. Applications aux phénomènes d'infiltration et de ruissellement ; VIIIème Journées Génie Civil – Génie Côtier, Compiègne, 7-9 septembre 2004 ; Université d'Artois, France.

**Boudjenane I et Maarouf ; 2015**. Utilisation du système d'information géographique et l'indice de qualité des eaux (IQE) pour évaluer la qualité des eaux souterraines dans la plaine Khemis Miliana p15-16.

**Bourgeois Francois ; 2010**. Cours de bioclimatologie l'usage des forestiers, laboratoire d'étude des ressources forêt-bios.P14.

### ➤ D

**Dutil, P. (1984)**. L'érosion en grande culture, revue technique des agriculteurs dynamique, N°169, France.

### ➤ E

**Ellison W.D. (1947)** : Erosion studies. Parts I to VII .Agric .Engng.

### ➤ F

**Fort Ord OE Risk Assessment Protocol, 2002.** Universal Soil Loss Equation and Wind Erosion Equation Summary, 3 p.

➤ **G**

**Govers G. et Poesen J., 1988.** Assessment of the interrill and rill contributions to total soil loss from an upland field plot. *Geomorphology*, n° 1, pp 343-354.

**Greco, J. (1966).** L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. MARA. Alger.

➤ **H**

**Hadjiat K., 1997.-** "Etat de dégradation des sols en Algérie". Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 45p.

**Hudson .N, W. (1971)** soil conservation (cornelle university, press New york)

➤ **L**

**La borde J.P ; 2000.** Éléments d'hydrologie de surface université de NICE-SOPHIA ANATIPOLIS. RRANCE. TOULOUSE. Edition 2000. PV 102.

➤ **M**

**Macary et Berville, 2003.** Synthèse bibliographique : bilan des connaissances sur l'érosion et les phénomènes de ruissellement. *Sinfotech*, 28 p.

**Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire (2000)** Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, 95p.

**Mokhtari.N, Mrabet.R, Lebailly.P, Bock.L ; 2013.** Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc ; PP52-53.

**Morgan (1986).** "Soil Erosion and conservation" third edition

➤ **R**

**Réméniéras G. ,1999 .** L'hydrologie de l'ingénieur, éditions eyrolles ; france°, pp 71-72.

**Remenieras G;1999.** L'hydrologie de l'ingénieur; P80.

**Remini, B. 1999.** Envasement des barrages dans le Maghreb. Bulletin International de l'eau et de l'Environnement n° 22 ; pp 4-8.

**Roose, Eric : 1991** : Conservation des sols en zones méditerranéennes. Synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive : la GCES-Cahiers ORSTOM, Série Pédologie, vol. XXVI, n°2, pp. 145-181

➤ **S**

**Salles C., Andrieux P., Asseline J., Cohard P., (2000)** : Etalonnage de l'intensité et de la microphysique de la pluie produite par un simulateur de pluie. Colloque "PNRH 2000", Programme National de Recherche en Hydrologie, Toulouse, 16-17 Mai, p. 27-31.

**Shabban .A, Khawlie.M, 1998.** Ceoenvironmental assessment of riparian zones under extreme climatic events ; a case study of representative rivers in lebanon.Mediterranean rivers and riparian zones- processes and management symposium, Zaragosa, Spain, 21 September-2October, 1998, 25per A hnlichkeitsmechanik und turbulenz forschung. Mitteil preuss, versuchants wasser und schiffsbou, Berlin n°26, Allemagne

**Smiri, 2012** : " Conservation des eaux et du sol ", Chapitre 1, érosion hydrique

**Stone et Hilborn, 2012.** " Équation universelle des pertes En terre (USLE) "

➤ **W**

**Wischmeier, W.H and Smith, D.D., 1958** : Rainfull energy and its relationship to soil loss. (U.G.U., vol 39, n°2)