



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar THELIDJI- Laghouat

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT : BIOLOGIE

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : DJEKIDEL Soumia

DOMAINE : Science de la Nature et de la Vie

FILIERE : Ecologie végétale et Environnement

OPTION : Ecologie Végétale. Steppe et Oasis

Thème

**Cartographie des transports éoliens par utilisation d'un
modèle empirique dans la région de Bled Elhirane**

Jury de soutenance:

Nom et Prénom	Grade	Qualité
YOUSSEFI Mustafa N	MA A	Président
BENCHATOUH Ahmed	MA A	Examineur
HOUYOU Zohra	MA A	Rapporteur
BOUMEDDIENNE AM	MA B	Co-rapporteur

Promotion : Juin : 2014/2015



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar THELIDJI- Laghouat

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT : BIOLOGIE

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : DJEKIDEL Soumia

DOMAINE : Science de la Nature et de la Vie.

FILIERE : Ecologie végétale et Environnement

OPTION : Ecologie végétale. Steppe et Oasis

Thème

**Cartographie des transports éoliens par utilisation de
modèle empirique dans la région de Bled Elhirane**

Devant le juré :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
YOUSSEFI Mustafa N	MA A	Président
BENCHATOUH Ahmed	MA A	Examineur
HOUYOU Zohra	MA A	Rapporteur
BOUMEDDIENNE AM	MA B	Co-rapporteur

Promotion : Juin : 2014/2015

DJEKIDEI Soumia

Cartographie des transports éoliens par utilisation d'un modèle empirique dans la région de Laghouat.

Résumé

Dans la région de Laghouat siège de notre travail, le vent est actif à longueur d'année, combiné à des pratiques anthropiques aléatoires, il est généralement parmi les causes principales de la dégradation des terres steppiques. Le modèle *RWEQ* (Revised Wind Erosion Equation) a été utilisé pour estimer les pertes en terre dans une zone qui se situe à 7 km à l'ouest de la zone d'étude. La zone est mitoyenne avec la commune d'El Kheneg, c'est un passage de transhumance pour des milliers de têtes d'ovins, aussi elle est un territoire de défrichements et de céréalicultures aléatoire. Notre travail a lieu pendant le mois de Mars 2015. L'étude de terrain s'est faite dans 38 points de mesure partagées entre deux unités géomorphologiques. Une station météo (CR1000) est installée dans le lieu permet d'estimer le facteur du vent qui est de 4.14. concernant les analyses de sol, ils montrent que le sol des points de mesure présente une texture légère avec plus de 80% de sables. La fraction érodible est variable entre 28.9% et 55.6%. La rugosité du sol est mesurée à l'aide d'un rugosimètre à aiguille donne une hauteur maximale de 3.7 cm. Les relevés de la couverture végétale présente un taux maximal de couverture du sol est de 38.9%. le facteur d'encroulement (SCF) présente des valeurs proches à 1. Les flux maximum estimés par *RWEQ* présente des valeurs comprises entre 47.9 (kg/m²) à 377.07 (kg/m²), le modèle *RWEQ* confirme également la sensibilité de l'érosion éolienne et la dégradation des sols dans cette région.

Mots clés : érosion éolienne, cartographie, *RWEQ*, dégradation du sol, Laghouat.

خريطة النقل الريحي باستعمال علاقة تجريبية في منطقة الاغواط

ملخص

في الاغواط مركز ابحاتنا، تكون الرياح نشطة على طول السنة، مع ممارسة الانسان الغير مدروسة غالبا ما يكون السبب في تدهور الاراضي السهبية. تم استعمال المعادلة (علاقة التعرية المعدلة) $QEWR$ تستعمل لتقدير خسائر التربة في المنطقة التي تقع على بعد 7 كم من الجانب الغربي لولاية الاغواط، المنطقة مشتركة مع بلدية الخنق، هذه الاخيرة هي منطقة العبور لانتاج الالاف من رؤوس الاغنام، كذلك هي مقاطعة تم فيها نزع الغطاء النباتي و استعمالها للزراعة العشوائية للحبوب. تم اجراء عملنا هذا خلال شهر مارس 2015. تمت الدراسة الميدانية على 38 نقطة موزعة على وحدتين جيومورفولوجية. جهاز الرصد الجوي (CR1000) موجودة في منطقة العمل تسمح بتقدير عامل الرياح المقدر بـ 4.14. اثبتت تحاليل التربة عن تركيب خفيف مع اكثر من 80 % من الرمال في مجمل نقاط العمل. نسبة التربة القابلة للتعرية متغيرة ما بين 28.9% و 55.6%. بواسطة جهاز قياس سطح التربة (ertémisoguR) اعطى اقصى ارتفاع (3.7 سم). بيان مسح الغطاء النباتي اعطى 39.9% كأقصى حد من الغطاء النباتي للتربة. عامل القشرة المغلفة (SFC) اعطى قيمة قريبة من 1. التدفق الاقصى المقدر بواسطة ($QEWR$) اعطى قيمة تتراوح بين 47.9 (كغ/م²) الى 377.03 (كغ/م²)، المعادلة ($QEWR$) تثبت حساسية السهوب في منطقة الدراسة للتعرية الريحية و تدهور الاراضي للمنطقة.

الكلمات المفتاح: التعرية الريحية، الخرائطية $QEWR$ ، تدهور الاراضي، الاغواط

DJEKIDEL Soumia

Mapping of wind transport by using empirical model in the Laghouat region.

Abstract

In the region of Laghouat seat of our work, the wind is active throughout the year, combined with random human practices, it is generally among the main causes of land degradation. The RWEQ model (Revised Wind Erosion Equation) was used to estimate soil loss in the area that is located at 7 km West over of Laghouat city. Our study was conducted during the month of March 2015. 38 measuring points distribute on the field study with present two geomorphic units. A weather station (CR1000) is installed in place to estimate the factor of the wind which is 4.14. The soil analysis, show that the soil of the measurement points present light texture with more than 80% sand. The erodible fraction varies between 28.9% and 55.6%. Surface roughness measured using a profilometer needle gives maximum of 3.7 (cm). The records of the plant cover has a maximum rate of soil coverage is 38.9%. Factor crusting present values close to 1. The maximum flows estimated by RWEQ present values between 47.9 (kg/m²) to 377.07 (kg /m²), the RWEQ model also confirms the sensitivity of the area of the site in the steppe to wind erosion and land degradation in this region.

Key words: wind erosion, cartography, RWEQ, soil degradation, Laghouat.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À ma Mère

À mon Père

*À mes deux frères « Med Radouane et
Ahmed Jidjani », à mes sœurs « Rachida,
Nesserine om elkheir et Fatima Zohra »*

À ma Grand-mères

À mes oncles et mes tantes

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Mes remerciements les plus sincères, vont avant tous à M^{elle} «**HOUYOU ZOHRA**» mon promoteur de mon mémoire. Merci de m'avoir offert l'opportunité de travailler avec vous sur ce sujet passionnant. Votre implication et votre disponibilité à toute épreuve, vos conseils, votre soutien moral, ont été des appuis profonds. Pour toutes ces raisons, et bien d'autres encore.., merci

Au même titre, je tiens à remercier Monsieur «**BOUMEDIENNE MOUHAMED ABDELMDJID**» mon Co-promoteur. Un grand merci pour vos nombreuses idées et vos bons conseils.

Avec tous mes respects je dis merci au membre de jurée : monsieur le président « **YOUSSEFI Mustafa Nacer** » et monsieur l'examineur : « **BEN CHATOUH Ahmed** » d'avoir accepté de faire partie de mon jury et d'évaluer mon travail.

Et enfin, je remercie tous ceux et celles qui ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Table de matière

➤ Résumé.....	I
➤ Dédicaces.....	IV
➤ Remerciements.....	V
➤ Table de matière.....	VI
➤ Liste des figures.....	XII
➤ Liste des tableaux.....	XIII
➤ Liste des abréviations.....	XIV
 ➤ Introduction et objectifs.....	1

CHAPITRE I REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Les transports éoliens.....	5
1.1. Définitions.....	5
1.2. Processus.....	5
1.2.1. Détachement des particules.....	5
1.2.2. Transport des particules.....	7
1.2.3. Sédimentation des particules.....	8
2. Le flux éolien.....	8
3. Principales méthodes applicables dans le calcul des flux.....	9
3.1. Modélisation.....	9
3.1.1. Wind Erosion Equation (WEQ).....	9

3.1.2. Le model revised Wind Erosion Equation (<i>RWEQ</i>).....	10
A. Equation de transport de masse dans (<i>RWEQ</i>).....	11
A.1. Facteur climatique (<i>WF</i>).....	12
A.2. Facteur érodible de sol (<i>EF</i>).....	13
A.3. Facteur d'encrouement (<i>SCF</i>).....	13
A.4. Facteur de la couverture végétale (<i>COG</i>).....	14
A.4.1. Résidus de culture, <i>SLRf</i> (flat residue).....	15
A.4.2. Silhouette des plantes, <i>SLRs</i> (standing residues).....	15
A.4.3. Couverture végétale, <i>SLRc</i> (crop canopy).....	16
A.5. Facteur de la rugosité du sol (<i>K'</i>).....	16
3.1.3. Erosion Prediction System (<i>WEPS</i>).....	16
3.1.4. Modèles experts.....	17
4. Les conséquences du transport des particules par le vent sur le sol.....	17
4.1. Dégradation du Sol.....	18
4.2. Les causes de la dégradation du sol.....	19
4.3. Conséquences de la dégradation du sol.....	19
5. Facteurs influençant le transport éolien.....	20
5.1. Facteur d'érosivité.....	20
5.2. Facteurs favorisant l'érodibilité des terres.....	20
5.3. Facteur humain.....	21
6. Conséquences des transports éoliens.....	21
6.1. Conséquences sur l'agriculture.....	21
6.2. Conséquences sur la santé humaine.....	23
7. Lutte contre les transports éoliens.....	23
7.1. Contrôle de la vitesse du vent.....	22

7.2. Contrôle des caractéristiques du sol en condition de cultures.....	23
7.3. Contrôle de la couverture végétale.....	23

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODES

1. Zone d'étude et justification de son choix.....	25
2. Collecte des données de RWEQ.....	27
2.1. Données météorologiques.....	27
2.2. Données du sol et de sa couverture.....	28
2.2.1. Echantillonnage sur le terrain.....	39
2.2.2 .Analyses du sol aux laboratoires.....	30
2.2.3. Estimation de la rugosité du sol.....	32
2.2.4. Couverture du sol végétale et non végétalisé.....	33
2.2.4.1. Pourcentage de la couverture du sol par les résidus végétaux non verts plats et charge caillouteuses (SC).....	33
2.2.4.2. Pourcentage de la couverture par la végétation verte (Recouvrement global de la végétation) (CC).....	34
2.2.4.3. Surface couverte par la silhouette des plantes sur pieds(SA).....	38
2.2.5. Estimation des indices écologiques de la végétation naturelle.....	38
2.2.5.1. Identification des espèces.....	38
2.2.5.2. La richesse totale (S).....	38
2.2.5.3. Etablissement du spectre biologique.....	49
3. Méthodologie de l'exploitation des données pour la modélisation.....	40
3.1. Le facteur climatique (WF).....	40
3.2. La fraction erodible (EF).....	40

3.3. Le facteur d'encrouement (SCF).....	41
3.4. Le facteur de rugosité (K').....	41
3.5. Le facteur de la couverture du sol (COG).....	41
3.5.1. Le coefficient de perte en sol associé aux résidus de culture et la charge caillouteuse se trouvant à la surface du sol (SLR _f).....	41
3.5.2. Le coefficient de perte en sol se rapportant à la silhouette des plantes(SLRS).....	41
3.5.3. Le coefficient de perte en sol associé à la couverture végétale(SLR _C).....	41
3.6. Modélisation.....	42
3.7. Analyses statistiques des données.....	42
3.8. Cartographie des flux de masse dans la zone d'étude.....	42

CHAPITRE III RESULTATS

1. Climatologie de la zone d'étude.....	44
1.1. Précipitations.....	44
1.2. Températures.....	45
1.3. Vitesses du vent.....	45
1.4. Directions du vent.....	46
2. Les paysages dans la zone d'étude.....	47
3. Analyses Floristique du parcours.....	47
3.1. Richesse totale du parcours de la zone d'étude.....	48
3.2. Le spectre biologique.....	59

4. Les paramètres du sol et de sa couverture.....	59
4.1. Granulométrie de la couche superficielle du sol.....	59
4.1.1. Sables.....	59
4.1.2. Limons.....	50
4.1.3. Argiles.....	51
4.2. Matières organiques.....	52
4.3. Les carbonates de calcium.....	53
4.4. La couverture du sol.....	54
4.4.1. Pourcentage de la couverture végétale (CC).....	54
4.4.2. Pourcentage de la couverture par les résidus plats et la charge caillouteuses (SC)...	55
4.4.3. Pourcentage de la couverture par la silhouette des plants sur pieds (standing residues : SA).....	56
5. Les paramètres entrants dans le modèle RWEQ.....	57
5.1. La rugosité du sol (K').....	57
5.2. Facteur erodible (EF).....	58
5.3. Le facteur d'encroustement (SCF).....	59
5.4. Le facteur de la couverture du sol (COG).....	60
5.4.1. Coefficient de perte en sol lié aux résidus de culture SRLf.....	60
5.4.2 Coefficient de perte en sol lié à la silhouette des plants SRLs.....	61
5.4.3. Coefficient de perte en sol lié à couverture végétale SRLc.....	62
5.5. Le facteur climatique (WF).....	64
6. La capacité de transport maximale des sédiments (Qmax).....	64

6.1 Cartographie de la capacité de transport dans la zone d'étude.....	65
--	----

CHAPITRE IV DISCUSSION

1. Le paysage dans la zone d'étude.....	68
2. Les paramètres du sol et sa couverture dans la zone d'étude.....	68
2.1. Le Sol.....	68
2.1.1. La texture du sol (sables, limons, argiles).....	68
2.1.2. Les carbonates de calcium.....	68
2.1.3. Les matières organiques.....	69
2.2. La couverture du sol.....	69
2.2.1. Végétation dans la zone d'étude.....	69
3. Les facteurs intervenant dans le modèle RWEQ.....	70
3.1. Le facteur climatique.....	70
3.2. Le facteur Erodible (EF).....	71
3.3. Le facteur d'encroustement (SCF).....	71
3.4. Le facteur de la couverture de sol (COG).....	72
3.5. La rugosité (K').....	72
4. La capacité de transport maximale de sédiments (Qmax).....	72
➤ Conclusions et perspectives.....	77
➤ Références bibliographiques.....	80
➤ Annexes.....	91

Liste des figures

N°	Figures	Page
1	Modes d'entraînement des particules, lift (levée), drag (trainée)	6
2	Modes de déplacement des particules mobilisées par le vent	8
3	Représentation schématique du modèle <i>RWEQ</i> , le cercle signifie une multiplication entre les paramètres	11
4	Déchaussement des jeunes plantules d'orge	22
5	Localisation de la zone d'étude	26
6	Représentation de la station météo du site d'étude	27
7	Prélèvement des échantillons du sol	29
8	Échantillons du sol	29
9	Rugosimètre à aiguilles (cliché Djekidel S)	32
10	Photographie des résidus végétaux non verts plats et le charge caillouteuse.	33
11	Schéma explicatif de la méthode Parker	36
12	Schéma explicatif de la méthode de la diagonale	37
13	Evolution de la quantité de la précipitation du site durant Avril 2014 et Mai 2015	44
14	Evolution de la température maximale, moyenne, minimale du site d'Avril 2014 à Mai 2015	45
15	Evolution de la vitesse maximale du vent et de la vitesse moyenne du vent dans le site d'étude	46
16	Fréquence de la direction des vents durant toute la période d'étude	46
17	Représentation des deux unités de paysage identifiées sur le terrain(a) parcours, (b) parcelles cultivées	47
18	Spectre biologique dans le parcours de la zone d'étude	49
19	Evolution du pourcentage de la fraction sableuse au niveau les deux unités géomorphologiques	50
20	Evolution du pourcentage de la fraction limoneuse au niveau les deux unités géomorphologiques	51
21	Evolution du pourcentage de la fraction argileuse au niveau les deux unités géomorphologiques	52
22	Evolution du pourcentage de la matière organique au niveau les deux unités géomorphologiques	53
23	Evolution du pourcentage du calcaire au niveau les deux unités géomorphologiques	54
24	Evolution du pourcentage de la couverture du sol par la végétation photosynthétique au niveau les deux unités géomorphologiques	55
25	Evolution du pourcentage de la couverture par les résidus plats et la charge caillouteuses au niveau les deux unités géomorphologiques	56
26	Evolution du pourcentage de la couverture par la silhouette des plants sur	57

	pieds au niveau les deux unités géomorphologiques	
27	Evolution du pourcentage de la rugosité du sol au niveau les deux unités géomorphologiques	58
28	Evolution du pourcentage du facteur érodible au niveau les deux unités géomorphologiques	59
29	Evolution du pourcentage du facteur d'encrouement au niveau les deux unités géomorphologiques	60
30	Evolution du pourcentage du coefficient de perte en sol lié aux résidus de culture au niveau les deux unités géomorphologiques	61
31	Evolution du pourcentage du coefficient de perte en sol lié à silhouette des plants au niveau les deux unités géomorphologiques	62
32	Evolution du pourcentage du coefficient de perte en sol lié à couverture végétale au niveau les deux unités géomorphologiques	63
33	Evolution du pourcentage du facteur de couverture du sol au niveau les deux unités géomorphologiques	64
34	Evolution de la capacité de transport maximale des sédiments au niveau les deux unités géomorphologiques	65
35	Carte de l'évolution de la capacité maximale du transport éolien en (kg/m^2) dans la zone d'étude	66

Liste des tableaux

N°	Tableaux	Page
1	Présente les principales conséquences de la dégradation chimique et physique	20
2	Richesse totale de la zone d'étude	48

Liste des abréviations

RWEQ : Revised wind eolien equatin

$Q(x + \Delta x)$: Flux de masse sur la hauteur du profil considéré et une distance $x + \Delta x$ [kg/m]

x : Distance au vent [m]

Δx : Incrément de distance [m]

$s(x)$: Longueur critique du champ [m]

$Q(x)$: Flux de masse sur la hauteur du profil considéré et une distance x [kg/m]

$Q_{\max}$: Capacité maximale de transport pour un événement donné [kg/m]

SCF : Facteur d'encroûtement du sol [-]

WF : Facteur climatique [kg/m]

K' : Facteur de rugosité du sol [cm]

EF : Fraction érodable du sol [-]/ FE : fraction erodible [%]

SA : Surface couverte par la silhouette des résidus sur pied [cm²]

SC : Surface du sol couverte par des résidus végétaux [%]

CC : Fraction de la surface de sol recouverte par la végétation verte [%]

SLR_c : Est l'impact de la couverture végétale (crop canopy).

SLR_f : Représente l'impact des résidus de culture (flat residue),

SLR_s : Représente l'impact de la silhouette des plants (standing residue)

COG : facteur combiné de couvert végétal vivant et mort [-]

MO : Matière organique

CaCO₃ : Carbonates de calcium

ANOVA : Analyse de la variance

**Introduction et
objectifs**

Introduction et objectifs

Dans la steppe algérienne, les activités principales sont le pastoralisme et l'agropastoralisme et sa problématique est la dégradation de plus en plus croissante de ses terres. Des chercheurs réaliser des études au niveau de ce territoire, confirment une grande diminution du couvert végétale au profit de l'extension de terres dégradées et de la céréaliculture aléatoire (Ghazi et *al.*, 1997 ; Le Houérou, 2005). Aussi l'état des lieux effectué dans la steppe par les services du ministère de l'agriculture algérien, révèle que uniquement un million d'hectare de la surface totale de ce territoire est en bon état (MADR, 2006). Les parcours moyennement dégradés occupent un espace de 2 millions d'hectares, ils représentent 1,5 millions d'hectare, mais le plus vaste territoire de la steppe algérienne couvre 12 millions d'hectares se trouve dans un état très dégradé, le reste de la steppe étant des espaces improductifs (MADR, 2006).

Les causes de la dégradation des terres sont étroitement liées à l'accroissement démographiques (Mainguet , 1984). La conversion des parcours en terres agricoles favorise à grande échelle la désertification des terres (Hillel , 1991). Les terres cultivées en zones semi arides constituent une partie importantes de celles concernées par la dégradation (UNEP , 2012).

L'érosion éolienne est un des facteurs qui contribue fortement à la dégradation environnementale par le déplacement de volumes élevés de sables, l'appauvrissement textural et minéral des sols est par conséquent favorisé (Mainguet et Dumay, 2011). Parmi les causes majeures de la dégradation des terres dans le monde, l'érosion éolienne prend une part de 42 % (Middleton et Thomas, 1997). En Algérie le phénomène de l'érosion éolienne dans les régions semi arides et arides du pays est d'ampleur considérable, il constitue un sérieux problème dans les zones steppiques (Bensaid, 2006).

C'est dans ce contexte que ce travail a été engagé dans la région de Laghouat un modèle de la steppe algérienne. La wilaya de Laghouat occupe une superficie totale de 2.505.200 ha, elle supporte une population de 500.000 habitants dont l'activité principale est le pastoralisme. En 2010 ont recensé 1.500.000 têtes d'ovins et 1.531.126 ha de parcours parmi lesquels 1.035.804 ha soit environ 89 % de parcours sont classés dans un état dégradé, alors que seulement 166.720 ha de parcours sont classés dans un bon état, le reste de la superficie étant constituée de forêts, de maquis, de mises en défens et de

reboisements (DPSL, 2010). Et de par sa position géographique dans le milieu steppique, la région de Laghouat cumule des éléments qui favorisent la dégradation des terres : une couverture végétale clairsemée et un climat agressif (Lahmar et Ruellan, 2007). La région est une zone à fort transport éolien, le vent provoque des dégâts considérables sur les terres de parcours convertis en terres cultivées (Taibi, 1997). Cependant il est essentiel d'améliorer la connaissance des steppes afin de proposer des aménagements qui en maintiennent les potentialités (Djebaili *et al*, 1989). Mais les aménagements pour le développement durable de ce milieu fragile nécessitent d'abord la compréhension et la connaissance des phénomènes qui sont à l'origine de sa dégradation.

L'objectif principal de ce travail sera une estimation des transports éoliens sur un parcours steppique dans la région de Laghouat.

Pour cela deux sous objectifs sont à atteindre :

- 1- Estimer durant les capacités maximales du transport des particules des sols en se basant sur le modèle empirique Américain RWEQ;
- 2- Voir le comportement de la zone d'étude vis-à-vis de la dégradation par érosion éolienne par le biais de l'établissement d'une carte.

Le mémoire se présentera en quatre chapitres après une introduction. Dans le premier chapitre nous présenterons une synthèse bibliographique sur le transport éolien, les différents modèles utilisés pour sa quantification et la présentation du modèle RWEQ. Le second chapitre sera consacré aux matériel et méthodes utilisés pour l'élaboration de ce mémoire. Dans le troisième chapitre nous exposerons les résultats de notre travail. Le quatrième chapitre sera consacré à la discussion de nos résultats et enfin nous présenterons une conclusion et des perspectives.

Chapitre I
Revue bibliographique

Chapitre I Revues bibliographiques

1. Les transports éoliens

1.1. Définitions

Le transport éolien est le processus d'impact entre les grains emporté par le vent et le lit de sable (FRANÇOIS, 2007). Le transport éolien est le résultat des actions du vent sur le sol (BOUZID, 2005).

1.2. Processus

Le transport éolien est connu par trois étapes : le détachement de la particule, le transport et la sédimentation de la particule (Dulac, 2005).

1.2.1. *Détachement des particules*

Les forces qui interviennent dans le détachement des particules sont :

a) La force de détachement

Il existe deux forces d'entraînement des particules sont :

_ **La force de cisaillement** : l'air applique une pression sur le sol avec lequel il est en contact. Lors de son déplacement, en tant que fluide la couche d'air en mouvement exerce une force supplémentaire de friction et agit sur le sol de manière non perpendiculaire (Kardous, 2005)

_ **Les turbulences** : ne constitue pas une force e tant que telle. Elles créent des fluctuations (direction et intensité) et font vibrer les particules qui sont alors plus vulnérable à l'entraînement par le vent. (Cooke et al, 1993).

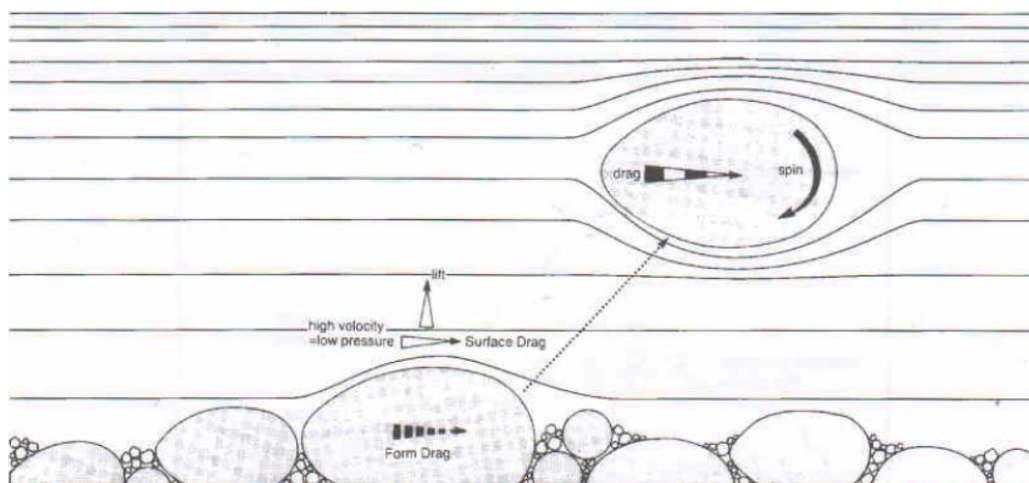
Les particules sont maintenues d'une part par la force gravitationnelle et d'autre part par la cohésion du sol (Kardous, 2005)

b) Le mécanisme de détachement des particules

Le détachement est dû aux forces de cisaillement dues au vent peuvent être décomposées en levée et en traînée :

_ **La levée** perpendiculaire à la direction moyenne du vent, qui est due à différentes pressions pour la partie inférieure et la partie supérieure de la particule. Lorsque le vent a une vitesse rapide on aura une faible pression au-dessus de la particule, mais lorsqu'on a une vitesse nulle la pression au-dessous des particules sera élevée. Cette différence a pour conséquence l'éjection de la particule à des hauteurs pouvant atteindre quelques dizaines de centimètres (Shao, 2000).

_ **La traînée** parallèle à la direction moyenne du vent, elle se compose de deux types de traînée, la traînée de surface et la traînée de forme. La traînée de surface est due à la friction entre le vent et la particule. La traînée de forme, quant à elle, est due à la différence de pression entre la face exposée au vent et celle non exposée (Cooke et al, 1993).



(Source : Cooke et al, 1993)

Figure (1) : Modes d'entraînement des particules, lift (levée), drag (trainée).

_ **Le bombardement** a lieu quand le vent transporte un grand nombre de particules et que la vitesse à proximité du sol décline. L'entraînement de la matière est alors presque entièrement réalisé grâce à l'énergie acquise par les sables en mouvement. Ces particules redescendent des couches d'air supérieures et provoquent des éjections lors de leur impact hautement énergétique (Cooke et *al*, 1993)

Le phénomène de la levée et de la trainée vont guider au détachement des particules du sol au départ d'un événement érosif, par la suite lorsque l'étape de bombardement commence, la levée et la trainée deviennent négligeables.

1.2.2. Transport des particules

Les sédiments éoliens peuvent être transportés selon trois procédés différents, qui sont liés à la vitesse du vent ainsi que le poids et la taille des particules transportés. Ces trois procédés sont : la suspension, la saltation et la reptation (figure.2.) (Fauck, 1964 ; Shao, 2000 ; Kardous, 2005 ; Gillijns et *al*, 2005)

a) La saltation

La saltation, consiste en la mobilisation des sédiments par sauts consécutifs sur des distances pouvant atteindre quelques mètres, et qui concerne les particules de taille entre 80 μm et 1000 μm . c'est une méthode qui prend une quantité importante des particules (Dulac, 2005 ; Kardous, 2005).

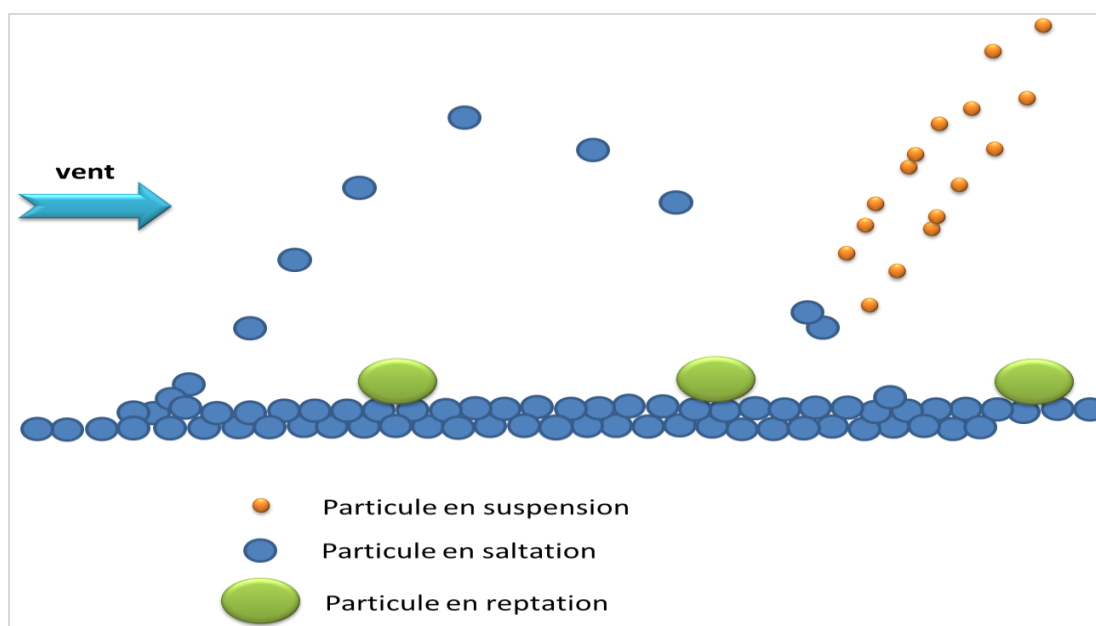
b) La reptation

Le dernier procédé de mobilisation c'est la reptation ou les transportés ont une taille supérieure à 1000 μm . L'entraînement de ces particules lié à la force du vent également les impacts dus à la saltation. (Fauck, 1964 ; Kardous, 2005)

c) La suspension

La suspension, c'est une méthode de transport des particules du sol qui ont une taille inférieure à 80 μm (Shao, 2000). Elles sont transportées sur des distances de plusieurs

centaines de kilomètres. Dans cette méthode les particules déplacées sont les plus portées en éléments nutritifs qui sont due à la perte de la région. Donc la suspension concerne les particules les plus fines qu'ils ont plus d'argile ou on trouve les éléments nutritifs (Gillijns et al, 2005).



(Source : nos tracés)

Figure (2) : Modes de déplacement des particules mobilisées par le vent.

1.2.3. Sédimentation des particules

Lorsque la quantité en sédiment va dépasser la capacité de transport, on aura une sédimentation des particules dans un milieu et à un moment donné (Eric, 2010). On prend comme exemple, le brise-vent qui diminué la force de transport des particules, mais il est excité une sédimentation. Selon Toy et al. (2002), c'est un processus sélectif où les plus grandes particules sont déposées en premier.

2. Le flux éolien

D'après Shao (2000), le flux horizontal représente la masse de particules traversant par unité de temps une surface verticale, perpendiculaire au sens de l'écoulement de l'air, de hauteur infinie et de largeur l'unité. Il est essentiellement constitué par les particules mobilisables en reptation et en saltation.

3. Principales méthodes applicables dans le calcul des flux

3.1. Modélisation

Un modèle est un schéma théorique représentatif d'un processus et des relations existant entre divers éléments d'un système complexe (Dictionnaire Hachette, 2012). La démarche de modélisation met en œuvre une simplification de la réalité en se concentrant sur les seuls traits jugés importants des détails difficiles à reproduire sont omis) sans toutefois compromettre l'obtention d'un résultat significatif et exploitable (Caplat, 2008). Le comportement du modèle correspond dans une certaine mesure, et dans une certaine plage de validité seulement, au comportement de la réalité.

Depuis les années 1950, des modèles aidant à évaluer le phénomène d'érosion éolienne ont été développés. La plupart sont fondés sur des équations faisant appel à des lois physiques pour caractériser les modes d'interactions entre le vent et la surface terrestre. Ces modèles fournissent une estimation des pertes de sol dues à l'érosion éolienne, localement et régionalement, et ce pour des périodes de temps allant de la durée d'un seul événement à une année.

3.1.1. Wind Erosion Equation (WEQ)

Le modèle WEQ (Chepil, 1955 ; Siddoway et Woodruff, 1965) établit une relation entre la perte en terre annuelle d'un champ (E) [t/acre.an] et cinq variables. Ces variables sont le facteur climatique (C), la distance de parcours du vent sur le champ (dans le sens des vents dominants) (L), le facteur d'érodibilité du sol (I), le facteur de rugosité du sol (K), et le facteur de résidu de culture (V).

Le WEQ a l'avantage d'être un modèle simple comportant des paramètres facilement mesurables. Néanmoins, la nature empirique du modèle le rend inutilisable en dehors des Grandes Plaines des Etats-Unis pour lesquelles il a été ajusté (Hagen, 1999).

La relation entre ces variables est donnée par l'équation 1.

$$E = f(IKCLV)$$

Équation 1

3.1.2. Le model Revised Wind Erosion Equation (RWEQ)

La « Wind Erosion Equation » a été révisée en 1998 et améliorée pour donner la *RWEQ* (Revised Wind Erosion Equation) (Fryrear *et al.*, 1998). Celle-ci a l'avantage de pouvoir prédire la perte en terre pour un évènement érosif ponctuel si l'ensemble des facteurs sont connus. La *RWEQ* mesure les flux de sédiments dans les deux premiers mètres au-dessus du niveau du sol et ne peut donc pas être utilisée dans le cas de tempête où la suspension est le principal mode de transport des particules.

Les pertes potentielles annuelles (E) [t/ha et par an] sont calculées en fonction du facteur climatique (WF), du facteur d'érodibilité du sol (EF), du facteur d'encroûtement (SCF), du facteur de rugosité du sol (K') et du facteur de la couverture du sol (COG). L'interaction entre ces facteurs est donnée par la figure 3.

L'érosion moyenne potentielle annuelle de perte en terre (E), peut donc être exprimée en fonction de différents facteurs (Equation 2).

$$E = f(WF, EF, SCF, K', COG) \quad \text{Équation 2}$$

La *RWEQ* identifie clairement les facteurs fondamentaux dont il faut tenir compte pour pouvoir prédire la perte en terre pour un évènement érosif ponctuel. Les paramètres du modèle se chiffrent à cinq ce qui réduit le nombre de données à récolter sur le terrain. Par ailleurs, si l'ensemble des facteurs sont connus, *RWEQ* peut prédire la perte en terre pour un évènement érosif ponctuel. L'inconvénient majeur de ce modèle est qu'il fixe la vitesse-seuil du vent à 5 m/s pour une hauteur de deux mètres sur toutes les surfaces. Il restreint donc la mesure des flux de sédiments à deux mètres et est inutilisable dans le cas d'une tempête où la suspension est le principal mode de transport des particules (Fryear et Saleh, 1996).

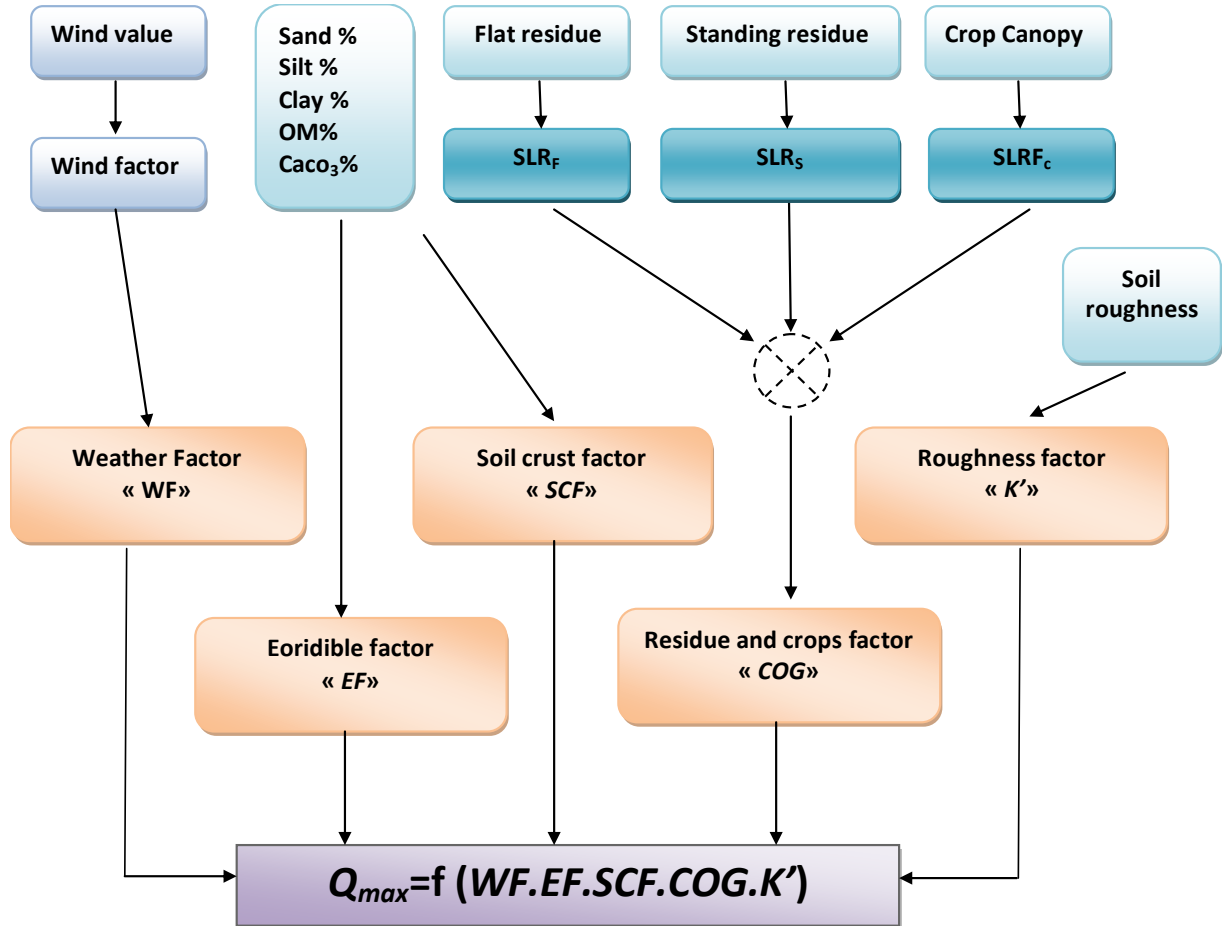


Figure 3 : Représentation schématique du modèle RWEQ, le cercle signifie une multiplication entre les paramètres. Les paramètres sont en bleu clair, les coefficients de pertes en sol sont en bleu, les facteurs sont en rose et le résultat en mauve. SLR_F coefficient de perte en terre des résidus de culture, SLR_S coefficient de perte en terre de la silhouette, SLR_C Facteur climatique, WF (wind factor), fraction érodible du sol, EF (erodible factor), facteur d'encrouement, SCF (soil crust factor), résidus de culture (flat residue), silhouette des résidu (standing residue), couverture végétale (crop canopy), facteur de rugosité, K' (roughness).

A. Equation de transport de masse dans (RWEQ)

L'équation qui régit le modèle est la suivante ;

$$Q(x + \Delta x) = Q(x) + \left(\frac{Q_{\max} - Q(x)}{s(x)} \right) \left(\frac{2x}{s(x)} \right) \Delta x$$

Équation 3

où $Q(x)$ représente le flux de masse sur la hauteur du profil considéré [kg/m] et $Q_{\max}$ correspond à la capacité maximale de transport pour un événement donné, [kg/m],

x , la distance au vent [m], et Δx , l'incrément de distance ;

$s(x)$, la longueur critique du champ [m].

Cette équation évalue en un point $x + \Delta x$, le flux de masse sur base du flux de masse au point x incrémenté de l'augmentation de flux sur la distance Δx . La longueur critique du champ correspond à la distance à laquelle le flux de masse atteint 63,2 % de la valeur de la capacité de transport maximale (Fryrear et Saleh, 1996).

Les paramètres $Q_{\max}$ et $s(x)$ sont fonction des conditions climatiques mais aussi des paramètres concernant le sol et sa couverture. Par différentes régressions et ajustements, $Q_{\max}$ et $s(x)$ se calculent dans le modèle via les équations 4 et 5 :

$$Q_{\max} = 109.8(WF \times EF \times SCF \times K' \times COG) \quad \text{Équation 4}$$

$$s = 150.71(WF \times EF \times SCF \times K' \times COG)^{-0.3711} \quad \text{Équation 5}$$

Où EF est la fraction érodible, SCF , le facteur d'encroûtement, K' , le coefficient de rugosité, COG , le facteur de couverture végétale et WF , le facteur climatique.

Tous ces paramètres sont déterminés de manière empirique par les formules qui suivent (Fryrear *et al.*, 1998).

A.1. Facteur climatique (WF)

Le facteur climatique du modèle *RWEQ* englobe le facteur éolien (W), l'humidité des sols (SW) et le facteur de couverture de neige (SD). Ce dernier pouvant être négligé en région sahélienne, une valeur unitaire lui sera attribuée.

$$WF = W \frac{\rho}{g} SW \times SD \quad \text{Équation 6}$$

Où W : facteur éolien [kg/m] ;
 ρ : densité de l'air [kg/m³] ;
 g : gravité [m/s²] ;
 SW : humidité du sol [mm] ;
 SD : facteur de couverture de neige [-].

a) Facteur éolien (W)

Le facteur éolien (W) est déterminé à l'aide de l'Équation 6.1 (Fryrear *et al.*, 1998). Cette dernière met en relation la vitesse du vent et la vitesse de friction au cube (Bagnold, 1941 ; Zingg, 1953).

$$W = \sum_{t=1}^N (U_s - U_t)^2 U_s \quad \text{Équation 6.1}$$

Où U_t : vitesse du vent à 2 m par pas de temps d'une minute [m/s] ;
 U_s : vitesse de friction seuil du vent à 2 m [m/s] ;
 N : nombre d'observations de vent sur la période considérée.

A.2. Facteur Erodible de sol (EF)

La fraction erodible ou le facteur erodible de sol est le taux de particules présentes dans la couche de sol se trouvant dans les 25 mm premiers mm de la surface du sol et ayant un diamètre inférieur à 0,84 mm (Chepil, 1962). Il est issue directement d'une mesure direct après tamisage à 0.84mm. D'après une formule empirique (Fryrear *et al.*, 1994), il est possible de relier le facteur EF aux propriétés physiques et chimiques du sol (Equation 7).

$$EF = \frac{29,09 + 0,31Sa + 0,17Si + 0,33 \frac{Sa}{Cl} - 2,59MO - 0,95CaCO_3}{100} \quad \text{Équation 7}$$

Où : Sa, le contenu en sable, en % ;	(5,5 à 93,6)
Si, le contenu en limon, en % ;	(0,5 à 69,5)
Cl, le contenu en argile, en % ;	(1,2 à 53,0)
MO, le contenu en matières organiques, en % ;	(0,18 à 4,79)
CaCO ₃ , le contenu en carbonates de calcium, en %.	(0 à 25,2)

A.3. Facteur d'encroûtement (SCF)

Une redistribution des particules du sol peut se produire suite à l'impact des gouttes de pluie sur le sol, provoquant ainsi la formation d'une croûte de surface. Celle-ci peut augmenter

la résistance du sol à l'érosion éolienne. Pour les sols sableux, l'impact des gouttes forme une couche superficielle de grains faiblement attachés, facilement entraînés. La nouvelle couche formée est aéro dynamiquement plus lisse que la surface rugueuse présente avant la pluie.

L'équation empirique développée par Hagen *et al.*, (1992) par régression sur base d'expérimentations dans un tunnel à vent est basée sur les teneurs en argiles et en matières organiques (Equation 8). Les limites de validité de cette équation empirique se situent entre parenthèses.

$$SCF = \frac{1}{1 + 0,0066(Cl)^2 + 0,021(MO)^2} \quad \text{Équation 8}$$

Où : Cl, le contenu en argiles, en % ; (5 à 39,3 %)

MO, le contenu en matières organiques, en %. (0,32 à 4,74 %)

A.4. Facteur de la couverture du sol COG

Le facteur de couverture de sol, COG (Crop on Ground), est obtenu en multipliant les différentes composantes les unes avec les autres (Equation 9).

$$COG = SLR_f \times SLR_s \times SLR_c \quad \text{Équation 9}$$

Où : COG est le facteur de couverture du sol,

SLR_f le coefficient de perte en sol lié aux résidus de culture (flat residue) ;

SLR_s le coefficient de perte en sol lié à silhouette des plants (standing residue) ;

SLR_c le coefficient de perte en sol lié à couverture végétale (crop canopy).

La quantité et l'orientation des résidus végétaux dans le champ peuvent avoir un impact significatif sur l'érosion éolienne (Chepil, 1944 ; Siddoway et Woodruff, 1965 ; Skidmore *et al.*, 1966 ; Fryrear et Armbrust, 1968). Les paramètres suivants sont pris en compte afin de quantifier l'effet de la végétation et des résidus de culture sur l'érosion éolienne : la fraction du sol recouverte par de la végétation non-érodible, la forme des plants de la végétation et l'évolution de la croissance végétale (Bilbro et Fryrear, 1994). L'influence de ces facteurs a été quantifiée à partir de simulations réalisées dans des tunnels à vent.

A.4.1. Résidus de culture, SLR_f (flat residue)

Dans l'équation $RWEQ$, tous les résidus de culture (flat residue) qui se trouvent sur le sol sont pris en compte par un coefficient de perte en terre des résidus de culture, SLR_f (Soil Loss Ratio of Flat residue) développé sur base d'essais en champ et en tunnel à vent. La relation liant la surface de sol couverte avec le SLR_f est la suivante (Equation 10) ;

$$SLR_f = e^{-0,0438(SC)} \quad \text{Équation 10}$$

Où : SLR_f , coefficient de perte en terre des résidus de culture ;

SC, surface du sol couverte par des résidus végétaux, en %.

Si la présence de gravier est observée, cette fraction est ajoutée au paramètre SC.

Le SLR_f est estimé à partir du pourcentage de couverture du sol par les résidus de culture plats et la charge caillouteuse.

A.4.2. Silhouette des plantes, SLR_s (standing residues)

Le nombre, la hauteur et le diamètre des plantes du champ réduisent la vitesse du vent à la surface de celui-ci. Suite aux études en laboratoire (Bilbro et Fryrear, 1994), ces paramètres sont repris dans l'équation 11.

$$SLR_s = e^{-0,0344(SA^{0,06413})} \quad \text{Équation 11}$$

Où : SLR_s , coefficient de perte en terre de la silhouette,

SA, aire de la silhouette obtenue en multipliant le nombre de tiges par m² par le diamètre moyen [cm] et par la hauteur de la tige [cm]. Ces mesures ont été réalisées sur le terrain par le comptage et la mesure de la hauteur des plants.

A.4.3. Couverture végétale, SLR_c (crop canopy)

Les plantes en se développant produisent une biomasse aérienne qui influe également sur le transport éolien. A cet effet est pris en compte par le paramètre SLR_c (Equation 12).

$$SLR_c = e^{-5.614(cc^{0.7366})} \quad \text{Équation 12}$$

Où : SLR_c représente le facteur de couverture végétale, et cc la fraction de sol couverte par la végétation verte en %. Cette estimation a été faite de la même manière que pour l'estimation des résidus végétaux.

A.5. Facteur de rugosité du sol K'

La rugosité du sol prise comme facteur d'entrée dans le modèle *RWEQ* résulte des agrégats de surface ainsi que des opérations de travail du sol qui ensevelissent les résidus de culture. Elle dépend de la texture, de l'humidité du sol, des résidus de culture et du matériel utilisé.

Le modèle *RWEQ* fait intervenir deux paramètres afin de caractériser la rugosité du sol : la rugosité aléatoire (Crr) et la rugosité orientée en fonction de la direction moyenne du vent et provenant des sillons (K_r).

La rugosité aléatoire peut être mesurée manuellement, par exemple à l'aide d'un rugosimètre à aiguille.

3.1.3. Wind Erosion Prediction System (WEPS)

Le WEPS (Hagen, 1999), il se base sur un logiciel qui simule le climat, les conditions du champ, la croissance des plantes et l'érosion pour un pas de temps journalier. Il simule de façon stochastique les variations météorologiques ainsi que leur impact sur les caractéristiques de surface du terrain et la croissance des plantes pour un pas de temps journalier. Lorsque la

vitesse de friction du vent est supérieure à la vitesse de friction seuil, le transport est rendu possible et le modèle calcule la perte en terre et le dépôt en différents points.

Le WEPS prédit avec précision la vitesse de friction, le début et la fin d'une période de transport sur un sol dont la surface est sèche, et la distribution spatiale des masses transportées sur un site (Visser *et al.*, 2005). Cependant, ce modèle comporte beaucoup de paramètres et requiert donc une prise de mesures extensive. Il ne prend pas en charge la végétation clairsemée. Enfin, il a été développé pour l'Amérique du Nord et en conséquence n'est pas adapté au contexte sahélien.

3.1.4. Modèles experts

Ces modèles se basent sur les Équations des modèles d'érosion des sols pour développer des indices de vulnérabilité. On attribue aux différents facteurs un poids reflétant leur pertinence (Bales et Neville, 2002).

Le système expert fait appel à des méthodes faciles à mettre en place et fournit des résultats compréhensibles. Toutefois, l'efficacité de ce modèle est conditionnée par le choix d'un nombre restreint de facteurs car un modèle plus complet rendra fastidieux l'établissement de la base de connaissance et augmentera le nombre de règles. Les paramètres doivent avoir un pouvoir discriminant net sur les différents états du sol. De plus, l'attribution de poids et de scores à chaque facteur peut s'avérer difficile.

4. Les conséquences du transport des particules par le vent sur le sol

A l'échelle planétaire, la conséquence de l'érosion est la dégradation des terres. Cette dernière est définie par l'UNCCD comme la « diminution ou la disparition, dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées du fait de l'utilisation des terres dus à l'activité de l'homme et à ses modes de peuplement » (UNEP, 2012)

4.1 Dégradation du Sol

D'après Eric et al (2010), La dégradation du sol, c'est la perte des qualités essentielles des sols pour remplir ses fonctions naturelles de stockage de l'eau et des nutriments, de milieu de soutien des racines et des plantes, de réservoir de la biodiversité, de filtration des polluants et de séquestration du carbone. Nombreux sont ceux qui confondent érosion et dégradation des sols. L'érosion est la cause principale de ce phénomène.

On peut commodément distinguer trois types de dégradation : physique, chimique et biologique.

A/ Dégradation Physique

D'après Prévost (1999) in Senouci (2011), ce type de dégradation conduit à des modifications de leur structure produites par plusieurs actions :

- Des actions mécaniques ;
- Des actions de l'eau ;
- Des actions résultant des déplacements de l'air qui sont également à l'origine d'une érosion éolienne.
- En Europe, Le tassement des sols est avec l'érosion un processus majeur de dégradation physique des sols (Richard, 2008).

B/ Dégradation chimique

Ce type de dégradation peut être dû à des causes naturelles comme elle peut due aux activités humaines. Les premières résultent de situations climatiques ou géologiques qui exposent les sols à des processus de dégradation ; c'est le cas des pollutions acides dues aux dépôts atmosphériques, de la salinisation et de la formation des horizons à gleys provenant de nappes souterraines. La deuxième est le résultat d'une disparition de certains constituants inorganiques ou organiques dont la carence est préjudiciable aux fonctions du sol (Senouci, 2011).

C/ Dégradation biologique

Selon Chaussode (1992), Comme des observations le montrent, la dégradation biologique se traduit sur le plan qualitatif par une diminution de la biodiversité et sur le plan quantitatif par la diminution de la biomasse vivante dans le sol.

4.2. Les causes de la dégradation du sol

Les causes de la dégradation sont multiples et peuvent être classées selon trois catégories à savoir, naturelles, socio-économiques et réglementaires. Pour les causes naturelles, il s'agit d'une manière générale du climat et principalement la sécheresse. En ce qui concerne les causes socio-économiques, elles relèvent de multiples domaines. Elles peuvent être liées aux pratiques culturales et/ou d'élevage, mais aussi à la population locale et à la rareté des ressources. Ce sont des éléments étroitement liés à tel point qu'il est impossible de les dissocier. Enfin, les causes réglementaires sont liées aux politiques adoptées par les différents gouvernements dans les zones steppiques (Bensoulh, 2003).

4.3. Conséquences de la dégradation du sol

Selon Raoul (2003), la dégradation des sols a de multiples conséquences. Elle simule toutes les fonctions des sols, ce qui explique, l'intérêt de s'en préoccuper. Il est néanmoins possible de montrer les principales conséquences résultant directement de chaque type tout en accentuant les phénomènes impliqués dans leur genèse et leur manifestation.

C'est probablement, la dégradation chimique qui a le plus de conséquences. De plus avec la dégradation physique, elle est à l'origine de la dégradation biologique.

Le tableau (1), présentes des conséquences pour la dégradation chimique et physique

Tableau (1) Principales conséquences de la dégradation chimique et physique des sols.

Type de dégradation	Conséquences
Dégradation chimique	✓ Altération, destruction de la structure des sols ✓ Toxicité et écotoxicité ✓ Insuffisance de nutriments ✓ Sources de polluants pour les eaux de surface et souterraines ✓ Sources de polluants pour l'atmosphère ✓ Dégradation biologique ✓ Dégradation physique
Dégradation physique	✓ Diminution de la perméabilité, accroissement du ruissellement ✓ Limitation de la croissance des racines ✓ Altération des propriétés mécaniques ✓ Erosion hydrique et éolienne ✓ Dégradation chimique et dégradation biologique

(Source : Raoul, 2003)

5. Facteurs influençant le transport éolien

5.1. Facteur d'érosivité

Ce facteur peut se faire des risques érosifs au niveau une région donné. Il est lié par des paramètres du vent, d'une façon directe qui sont : sa vitesse, sa durée et son intensité (Gillijns et al, 2005). Mais indirectement, c'est en fonction des autres paramètres climatiques comme les pluies...etc. on peut avoir donc des cohésions des sols et une augmentation de la croissance végétale, pour but diminuer la vitesse du vent au sol et donc son érosivité.

5.2. Facteurs favorisant l'érodibilité des terres

Selon Gillijns et al (2005), l'érodibilité du sol est la capacité d'un sol à être érodé, et qui peut être modifié par différentes paramètres :

- **La texture du sol :** la teneur en argile et en limon très importante et qui vont établir des agrégats stables, ce qui limitera la fragilité du sol à l'érosion éolienne. D'après Bagnold (1973) in Rochet (2010), les sols de type sablo-limoneux sont riches en particules de taille comprise entre 10 et 100 μm seront beaucoup plus fragiles. Les particules qui sont sujettes à l'érosion éolienne ce sont celles qui ont 840 μm de taille (Chepil, 1962).
- **La structure du sol :** la fragilité d'un sol est liée à la teneur en matière organique. Le rôle de la matière organique c'est d'agglomérer les différentes particules du sol, ce qui va donc diminuer sa fragilité à l'érosion éolienne. Comme on peut parler du carbonate qui va augmenter la stabilité du sol (Merzouk, 2010).
- **La rugosité du sol :** concerne l'état de la surface du sol. Plus la rugosité n'est pas élevée, et plus l'érosion éolienne sera forte. Cela dépend de tout ce qui est résidus et de débris contenus sur la surface du sol (Roose, 1997).
- **La couverture végétale :** elle a pour rôle de diminuer la vitesse du vent et de piéger les particules en suspension. La capacité d'érodibilité d'un sol est inversement proportionnelle à sa couverture végétale (Fauck, 1964).

5.3. Facteur humain

L'homme qui, par maladresse et par des pratiques inadaptées sur les terrains, est le facteur principal conditionnant l'intensité de l'érosion (Merzouk, 2010). Il détruit la végétation pour pouvoir soit cultiver les sols, soit pour récupérer du bois pour plusieurs buts (l'utilisation personnelle) ou pour constructions (Fauck, 1964).

6. Conséquences des transports éoliens

Les conséquences de l'érosion éolienne sont nombreuses, qui peuvent être mesurées à l'échelle locale et régionale également. Les particules peuvent être transportées jusqu'à des centaines de kilomètres, qui peuvent faire des effets sur le milieu et sur la santé humaine.

6.1. Conséquences sur l'agriculture

Le transport des sédiments influence directement les plantes par l'effet d'érosion. Ce transport, provoque un changement de la couche de sable dans un emplacement bien défini

(stone et Moore, 1996). lorsqu'on a une perte, on aura un déchaussement des plantes avec les racines apparentes. En plus, d'une perte en eau très importante qui influe sur la croissance des cultures.



(Cliché : Djekidel S. 05 Mars 2014)

Figure (4) : Déchaussement des jeunes plantules d'orge

Généralement, la couche superficielle du sol c'est la plus fertile, comme elle est la partie retirée de sol par l'érosion. L'érosion éolienne provoque le déplacement des sables fins, des limons, des argiles et même des quantités en matière nutritives qui est due à une faible rétention en eau au niveau du sol (McKenzie (2009) in Goffin (2009))

6.2. Conséquences sur la santé humaine

D'après Prosero (2006), l'érosion éolienne déplace de grandes quantités de particules fines, de tailles inférieures à 2.5 μm . Ces particules peuvent toucher les poumons en pénétrant dans le système respiratoire qui causent par la suite des graves problèmes de santé.

7. Lutte contre les transports éoliens

7.1. Contrôle de la vitesse du vent

Selon (Sheikh ; 1988), il reste que les brises vent, sont le seul véritable moyen de la diminution de la vitesse du vent. Pour que les brises vent utilisés soient efficaces, ils doivent posséder les caractéristiques suivantes :

- ✓ Constituer de feuilles persistantes ;
- ✓ Croissance rapide ;
- ✓ Un encombrement réduit c'est-à-dire pas trop denses ;
- ✓ Ne supporte pas la concurrence des racines.
- ✓ La perméabilité idéale, est estimée à : 50%

7.2. Contrôle des caractéristiques du sol en condition de cultures

La mise en culture joue un rôle primordial pour gouverner les caractéristiques d'un sol. Le contrôle des caractéristiques du sol en condition de cultures peut toucher :

a) L'humidité du sol

Un sol humide résiste mieux à l'érosion éolienne qu'un sol sec. (GOFFIN, 2009).

b) La rugosité du sol

L'érosion éolienne est plus importante sur une parcelle lisse que sur une parcelle rugueuse. Augmenter la rugosité du sol à partir de petites buttes : va diminuer la vitesse du vent au niveau de la surface du sol. Selon (Biolders et al ; 2000) des buttes de 50-100 millimètres de hauteur, orientées perpendiculairement au vent, vont diminuer l'érosion. Alors que, si la taille des buttes dépasse les 100 millimètres, l'érosion en sera augmentée. (Stolte, 2003).

7.3. Contrôle de la couverture végétale

La couverture végétale va réduire la vitesse du vent au niveau de la surface, comme elle peut stopper les particules en mouvement. Lorsqu'on ne pratique pas le labour, on trouve que cette surface a été protégée par sa couverture végétale. De préférence, on laisse de tout ce qui est déchets dans le sol après une récolte, qui peut provoquer la réduction de l'érosion éolienne, comme elle peut augmenter la teneur en matière organique (Fauck, 1964).

Chapitre II

Matériels et méthodes

Chapitre II Matériel et méthodes

1. Zone d'étude et justification de son choix

La zone d'étude localisée dans bled El Hirane(Figure 5a et b) qui est une zone agropastorale, c'est un des passages de transhumance ou environ 1 million de têtes d'ovins passe annuellement et abrite aussi un périmètre agricole ou environ 107 exploitent chacun une parcelle de 5 ha (DSA, 2011). La zone se situe 7 km à l'ouest de la ville de Laghouat. On attribue ces formations géologiques au Quaternaire actuel (Figure 5 a). Elle est délimitée à l'est par le Djebel Lahmar qui est une formation du Crétacé, il la sépare de la ville de Laghouat. A l'ouest elle est délimitée par la commune d'El Houitaet au nord la zone est limitée par Oued M'Z. La zone est fortement anthropisée, Laghouat est une zone à fort transit éolien (Taibi, 1997), les hommes dans ce lieu pratiquent différentes activités agraires, à savoir la céréaliculture et l'élevage, la raison pour laquelle nous avons jugé intéressant de voir comment évoluent les flux éoliens dans cette région.

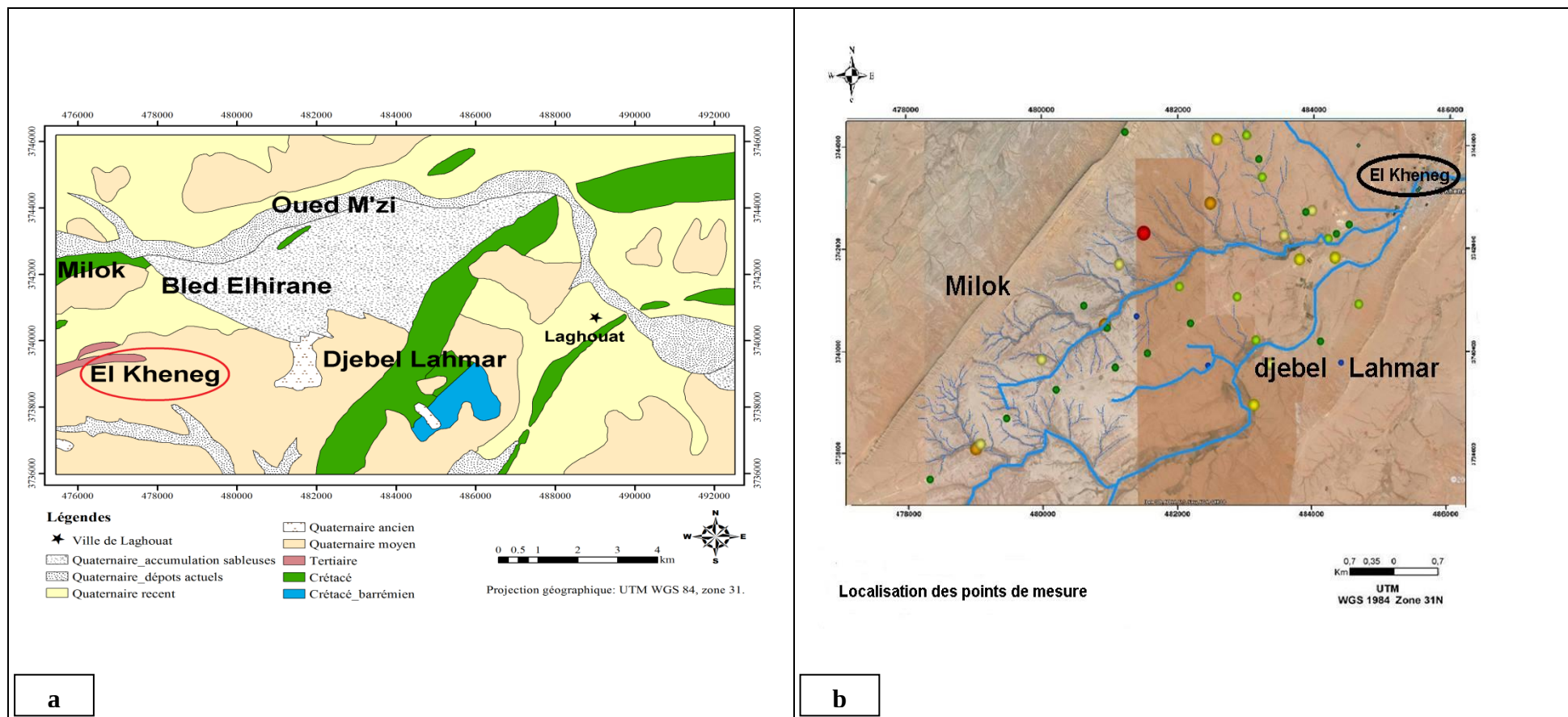


Figure 5 : Localisation de la zone d'étude.

2. Collecte des données de RWEQ

RWEQ requiert des données relatives au climat (données météorologiques), au sol (granulométrie, rugosité, MO, CaCO₃) et à sa couverture qui peut être de la végétation ou de la non végétation (résidus plats, charge caillouteuse). La collecte des données s'est déroulée en deux étapes. Une étape a lieu sur le terrain et une autre à travers laquelle nous avons effectué des analyses aux laboratoires.

2.1. Données météorologiques

Une station météorologique est placée dans la zone d'étude. Elle est composée d'un système d'acquisition de données de type CR1000 (Campbell Scientific) qui permet la collecte et l'enregistrement des données, d'un système d'alimentation composé d'un panneau solaire alimentant une batterie de 12 volts et de toute une série de capteurs (Figure 6).

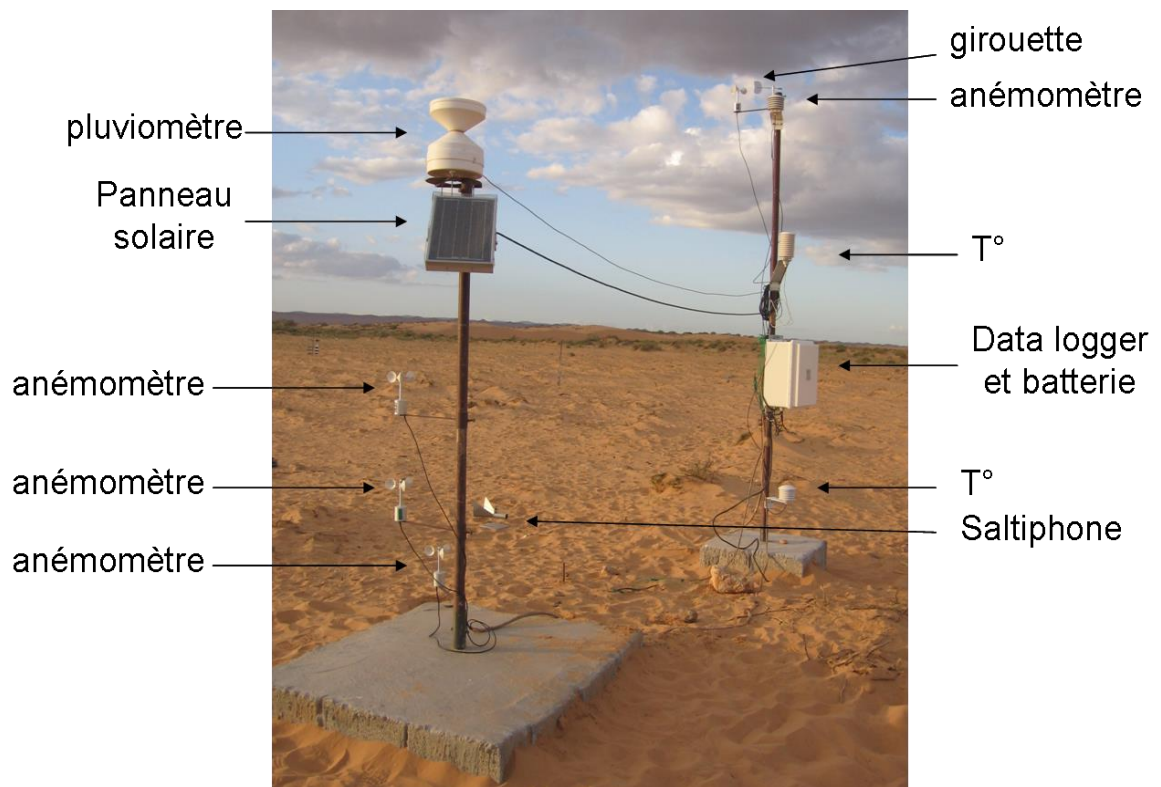


Figure 6 : Représentation de la station météo du site d'étude

Les capteurs branchés sur la station météo sont les suivants :

- quatre anémomètres placés à 0,45 m, 0,75 m, 1,1m et 3 m au-dessus du niveau du sol ;
- une girouette située à 3 m du sol afin de connaître la direction des vents ;
- un pluviomètre à auget basculeur monté à 2 m au-dessus du sol où chaque basculement représente 0,2 mm de pluie ;
- deux sondes de température situées environ 0,6 m et 2,2 m du sol.

Toutes les données sont enregistrées toutes les 15 minutes automatiques.

2.2. Données du sol et de sa couverture

Les points au sol ont été sélectionnés avec la collaboration des services de l'agriculture de la wilaya de Laghouat sur la base d'une carte qu'ils avaient préétablie. Chaque point identifié sur la carte a été défini avec ses coordonnées respectives, les coordonnées sont ensuite introduites au sein du logiciel Mapsource pour tracer l'itinéraire, et enfin pouvoir les télécharger sur un appareil GPS. Un GPS de type (Garmin 62st) a été utilisé afin de trouver le point sur le terrain.

Une fois sur le terrain, les données qui nous intéressent sont prises pour chaque point que nous avons considéré. Deux unités de paysage du lieu sont identifiées, représentées soit par une parcelle cultivée ou soit par un parcours. Chacune constitue pour nous un site. Nous avons aussi veillé à ce qu'il doit présenter des caractéristiques écologiques continues qui selon (Le Floc'h, 2008) est une surface où les continents écologiques sont considérées comme étant homogène et où la végétation est uniforme. Dès lors nous avons évité les zones de transition.

Les travaux ont lieu durant la période du printemps du 01 Mars au 15 Mars 2015.

2.2.1. Echantillonnage sur le terrain

Au niveau de chaque point de mesure uniquement les deux premiers centimètres de la couche superficielle du sol ont été prélevés, du fait que seuls les 2,5 centimètres superficiels

du sol sont concernés par l'érosion éolienne (Chepil, 1962). À chaque point de mesure huit prélèvements de sol ont été réalisés aléatoirement dans un rayon de 100 m (Figure 7).

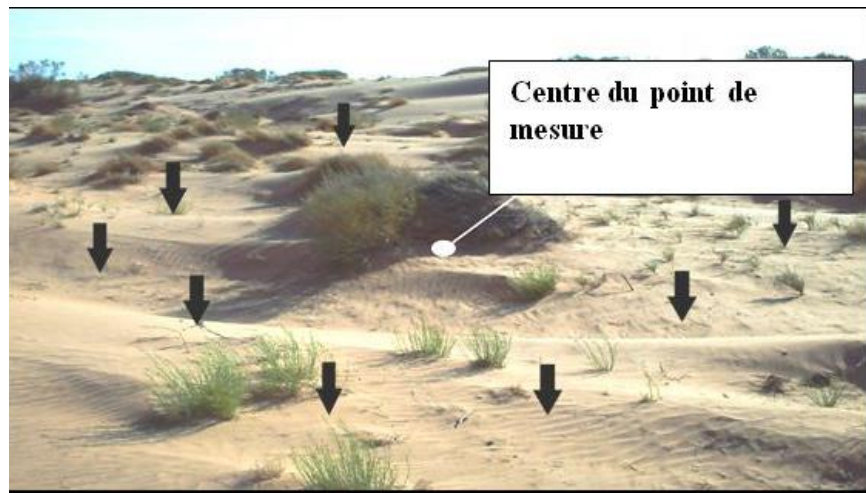


Figure 7 : Prélèvement des échantillons du sol.

L'ensemble des échantillons de sol prélevés sont introduits dans un sac en plastique qui est par la suite hermétiquement fermé et étiqueté selon la position du point de mesure (Figure 8).



Figure 8 : Échantillons du sol.

2.2.2. Analyses du sol aux laboratoires

Les analyses de sol ont été effectuées sont.

- Granulométrie

Un tamisage a été réalisé, la fraction inférieure à 2 mm de l'ensemble des échantillons a subi une analyse granulométrique. Dans un premier temps, afin de pouvoir séparer correctement les différentes classes granulométriques, il est indispensable de détruire la matière organique et les carbonates de calcium. La matière organique est détruite par ajout d'eau oxygénée (H₂O₂, 6 %) dans un Erlen (200 ml) placé dans un bain marie à 40°C. Le traitement est terminé une fois que plus aucune réaction n'est observée (effervescence) entre la solution et le sol. Les carbonates de calcium sont détruits par ajout de HCl (2%) et le sol est ensuite rincé par ajout d'eau qui sont renouvelés toutes les 24 heures jusqu'à obtenir un pH proche de celui de l'eau. L'échantillon de sol est par la suite séché à 105 °C jusqu'à stabilisation du poids.

La détermination de la distribution granulométrique du sol a été effectuée en deux étapes, soit :

- Le tamisage mécanique des particules dont la grosseur est compris entre 50 µm et 2000 µm. Six classes de particules minérales identifiées par leur taille (USDA, 2012):
 - Argiles et limons : < 50 µm,
 - Sables fins : 50 à 250 µm,
 - Sables moyens : 250 à 500 µm,
 - Sables grossiers : 500 µm à 800 µm,
 - Fraction érodible < 840 µm,
 - Sable très grossiers et cailloux 800 µm à 2000 µm.
- L'essai sédimentométrique est par la suite effectué sur la portion des particules de dimensions inférieures à 50 µm.

La sédimentation est basée sur la loi de Stokes qui nous dit que la vitesse de chute d'une particule sphérique, tombant librement dans un fluide, est proportionnelle au carré de son rayon et à sa densité. Cette vitesse est aussi en relation avec la viscosité et la densité du fluide (l'eau, dans le cas présent) (Mathieu et Pielain, 1998).

D'après Windisch (1999), il est possible de relier cette vitesse de chute au diamètre des particules à partir de l'équation suivante dérivée de la loi de Stokes :

$$D = \sqrt{\frac{18nv}{G_s - G_w}} \quad \text{Equation 13}$$

Où n = viscosité du fluide (g/cm×s)

v = vitesse de chute des particules (cm/s)

G_s = densité relative des solides

G_w = densité relative du fluide (varie avec la température)

Les conditions de l'essai (température, agent dispersant) influencent les résultats obtenus. Quelques corrections sont nécessaires. Une correction combinée pour l'agent dispersant et la température doit être effectuée en cours d'essai à partir de lectures sur un cylindre témoin (Windisch, 1999).

- Les Carbonates de Calcium

La teneur en calcaire total, qui est l'ensemble du calcaire présent sous toutes ses dimensions dans le sol, permet de préciser le type de sol et de connaître l'importance de ses réserves en CaCO₃.

La quantité de CaCO₃ dans le sol peut être déterminée en dosant la quantité totale des carbonates, avec le Calcimètre de Bernard, rempli de solution de chlorure de sodium saturée (Duchauffour, 1977). C'est à dire par mesure du volume de CO₂ dégagé, suite à l'action d'un excès de l'acide chlorhydrique à 25% (5 ml) sur un poids connu d'échantillon du sol (1 g) selon la réaction :



Le volume de CO₂ dégagé, lors de la réaction entre le sol et l'acide chlorhydrique est proportionnel à la quantité de carbonate présent. Le volume dépend de la température d'où l'étalonnage du Calcimètre, qui est effectué, avant chaque série de mesures, avec 0.300 (g) de CaCO₃ pur et sec, par le même procédé que les mesures proprement dites. La teneur de ce dernier est exprimée en (%).

- Estimation du pourcentage de la matière organique

La méthode de la calcination est effectuée pour l'estimation de la teneur en matière organique pour l'ensemble des échantillons de sol, le principe consiste à incinérer l'échantillon du sol au four à moufle à 650 °C pendant 5 heures.

Cette méthode de dosage permet de déterminer la matière organique totale dans le sol par soustraction du poids de l'échantillon incinéré du poids du sol sec initialement mis au four à moufle.

L'équation 1 donne le pourcentage de la matière organique dans le sol :

$$MO\% = (\text{poids sol sec (g)} - \text{poids sol incinère(g)}) / \text{poids sol sec(g)} * 100 \quad \text{Équation 14}$$

2.2.3. Estimation de la rugosité du sol

L'outil utilisé est un rugosimètre à aiguilles, constitué de 50 aiguilles de mêmes dimensions (hauteurs 60 cm), distantes entre elles de 3 mm verticalement mobiles, et d'une plaque localisée en arrière-plan des aiguilles (Figure 9). Pour faire une mesure, on dépose le rugosimètre au sol et on laisse descendre les aiguilles perpendiculairement à la surface du sol de façon à ne pas la perturber par la suite on fait prendre des photos. Sur un logiciel (Stolte ; 2003) la photo permet de donner la position de chaque aiguille et de calculer par la suite l'écart-type des hauteurs des aiguilles donnés exprimant la rugosité du sol. Les résultats des traitements d'image ont subi un test ANOVA à l'aide du logiciel Minitab.



Figure 9 : Rugosimètre à aiguilles (cliché Djekidel S).

2.2.4. Couverture du sol végétale et non végétalisé

2.2.4.1. Pourcentage de la couverture du sol par les résidus végétaux non verts plats et charge caillouteuse (SC)

À l'aide d'un appareil photo digital Canon 7 mégapixels et un cadre en bois 50 x 50 (cm), en chaque point de mesure, huit lieux sont photographiés. L'appareil photographique est positionné verticalement à 1 m au-dessus du cadre en bois (Figure 10).



Figure 10 : Photographie des résidus végétaux non verts plats et le charge caillouteuse.

Les pourcentages de la couverture du sol par les résidus végétaux non verts plats et charge caillouteuse sont estimés directement à partir des photos prises. Un maillage de chaque photographie est effectué, il sert à la détermination du pourcentage de chaque élément de mesure par comptage visuel sur un écran d'ordinateur en superpositionnant une grille de 625 cases aux photos. La grille offrant le meilleur compromis comporte 625 mailles, et la longueur de maille équivaut à 2 cm sur le terrain. Le nombre d'intersection du quadrillage coïncidant avec les résidus végétaux non verts plats et charge caillouteuse est recensé.

En général, une augmentation de la densité du quadrillage (petite maille) se traduit par une amélioration de l'exactitude et de la fiabilité du comptage mais requière d'avantage de temps.

2.2.4.2. Pourcentage de la couverture par la végétation verte**(CC) (Recouvrement global de la végétation)**

Deux types de végétation sont rencontrés à la région El Kheneg. Une végétation cultivée et une autre végétation spontanée naturellement présente. A cet effet, deux méthodes ont été utilisées :

- Méthode de Parker (Végétation spontanée)

Pour pouvoir estimer le pourcentage de la couverture végétale d'une manière plus aisée et pratique au niveau de chaque point de mesure, nous avons opté la méthode de Parker (Figure 11) qui nous semble être appropriée au contexte steppique de la région d'étude. Elle répond le mieux à l'évolution pastorale où la végétation est ouverte. D'ailleurs, c'est une méthode fréquemment utilisée pour l'évaluation du couvert végétal des zones steppiques en Australie et en Afrique du Sud (Daget et Poissonnet, 1971).

Le principe de la méthode de Parker consiste à étendre, au centre du point de mesure, un ruban d'une longueur de 30m, dans le sens Nord, désigné à l'aide d'une boussole. Une barre de métal est posée au centre pour attacher à lui le ruban et faisant la coupe n° 01, puis le ruban est déplacé d'un angle de 120° dans la direction des aiguilles d'une montre (la fin attachée au centre reste intacte) pour faire la coupe n° 02 et de la même façon, on bouge le ruban de 120° à la direction des aiguilles d'une montre pour obtenir la coupe n° 03. La Figure 11 montre la façon de faire les coupes.

Pour faciliter l'estimation du pourcentage de la couverture végétale, des placettes de 1*1m² et des placettes de 4 * 5 m² sont délimitées.

A une distance de 6 m, tout au long de chaque coupe (1, 2 et 3) et du côté droit, un carré est posé dont la superficie est de (1*1) m², le nombre total des carrés dans une seule coupe est 05 carrés (Figure 11). Dans chaque carré, le nombre des individus de chaque espèce végétale est compté, des mesures du diamètre et de la hauteur sont effectuées.

La distribution des carrés se répète sur les coupes 02 et 03 et les lectures sont prises de la même manière, soit la superficie totale des carrés 15 m² (Figure 11).

Les autres carrés de 4*5 m² sont posés du côté droit à l'extrémité de chaque coupe. Deux autres carrés de mêmes dimensions sont posés aléatoirement au niveau du point de mesure.

Dans chaque carré, le nombre des individus de chaque espèce végétale est compté, des mesures du diamètre et de la hauteur sont effectuées pour ces derniers.

Le recouvrement est déterminé par la projection des organes aériens des plants présentent sur le sol. L'approche du calcul du recouvrement est variable en fonction de la forme de chaque plante, qui peut être circulaire ou rectangulaire. Dans notre cas, on opte pour une forme circulaire en estimant le diamètre moyen des tiges des plantes.

A partir de cela, la surface recouverte est calculée

$$Cc (m^2) = \pi * (d^2/4)$$

Équation 15

Où : Cc est le recouvrement

d est le rayon.

Le taux de recouvrement des plantes est déduit en rapportant le recouvrement estimé à la surface totale considérée (115 m²).

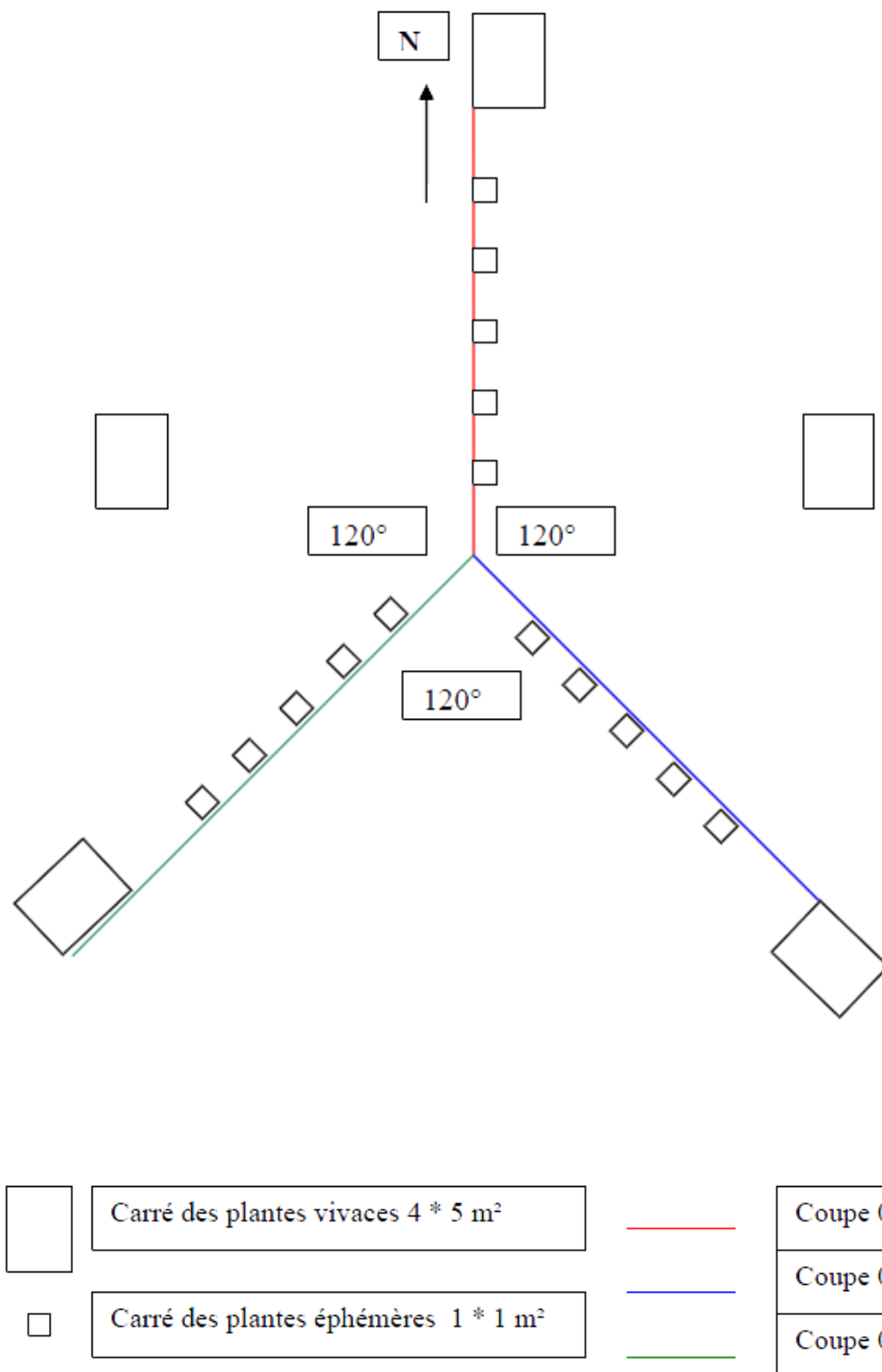


Figure 11 : Schéma explicatif de la méthode Parker.

La méthode ainsi choisie nous a permis de réaliser un inventaire de la végétation présente dans les points de mesures durant la période d'étude.

- Méthode de Brifaux (Végétation cultivée)

Pour les parcelles cultivées, la méthode adoptée est celle décrite par Brifaux (1991), elle permet de mesurer les paramètres d'une céréale cultivée (densité, rendements...) en utilisant des placettes de dimensions données. Pour cela un cadre en bois de 50 x 50 cm est placé le long des deux diagonales en nous déplaçons d'un pas de 10 m sur les parcelles cultivées. On procède par la suite à un comptage du nombre de plants et aux mesures du diamètre moyens des thalles et leurs hauteurs respectifs (Figure 12). Le pourcentage de la couverture végétale du sol est alors calculé.

$$S (m^2) = Cc = n * [\pi * (d^2/4)]$$

Equation 16

Nous optons pour un recouvrement circulaire

d = diamètre moyen des plants comptés ;

n = nombres de plants comptés dans le cadre.

Cc = recouvrement de la végétation cultivée.

Le taux de recouvrement des plantes est déduit en rapportant le recouvrement estimé dans l'ensemble des cadres à la surface totale considérée (4,25 m²).

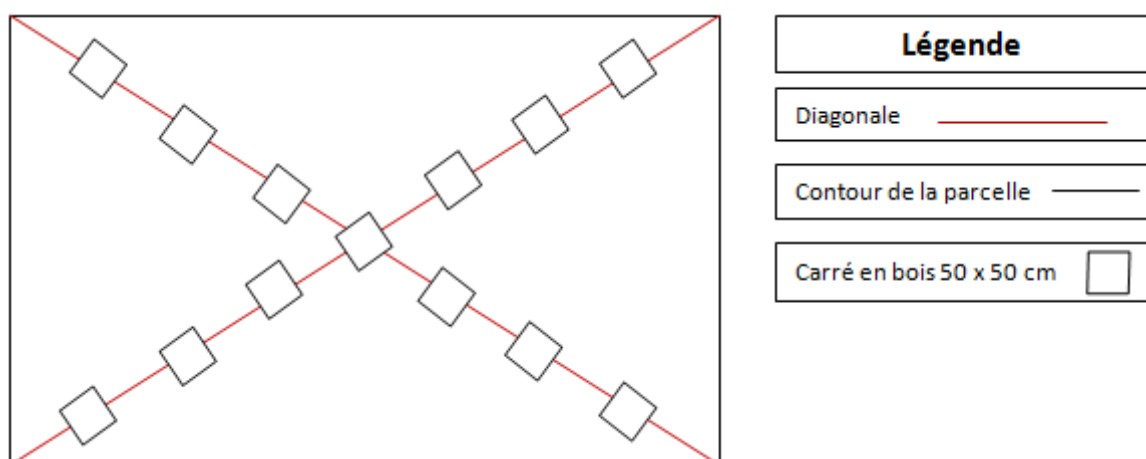


Figure 12 : Schéma explicatif de la méthode de la diagonale.

2.2.4.3. Surface couverte par la silhouette des plantes sur pieds (SA)

De la même manière pour la végétation spontanée et la végétation cultivée, la silhouette de la végétation verte est obtenue en multipliant le nombre de tiges des plants présents dans 1m² par le diamètre moyen et par leurs hauteurs moyennes.

$$SA = \sum [\pi * (d^2/4) * h] / n \quad \text{Équation 17}$$

d= Diamètre moyen des plants comptés ;

n= Nombre de plants comptés.

h= Hauteur des plants comptés

SA= Silhouette de la végétation verte.

2.2.5. Estimation des indices écologiques de la végétation naturellement**2.2.5.1. Identification des espèces**

Afin d'établir la liste floristique, les espèces sont prélevées et introduites dans des sacs codés.

L'identification des espèces s'est faite avec utilisation la classification de Quézel et Santa (1962-1963), la Flore du Sahara d'Ozenda (1977) et Ozenda (1991).

2.2.5.2. La richesse totale (S)

Elle représente en définitive un des paramètres fondamentaux caractéristique d'un peuplement et représente la mesure la plus fréquemment utilisée de sa biodiversité. La richesse totale S, est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 2003).

Pour classer notre richesse totale, nous avons utilisé l'échelle de Daget et Poissonet (1991) :

- Raréfiée : < de 5 espèces ;
- Très pauvre : de 6 à 10 espèces ;
- Pauvre : de 11 à 20 espèces ;
- Moyenne : de 21 à 30 espèces ;
- Assez riche : de 31 à 40 espèces ;
- Riche : de 41 à 60 espèces ;
- Très riches : de 61 à 75 espèces.

2.2.5.3. Etablissement du spectre biologique

Daget (1980) définit le spectre biologique comme étant : « Une stratégie d'adaptation de la flore dans son ensemble aux conditions de milieu, plus particulièrement aux conditions climatiques ».

Pour les différents types de végétation, des critères de regroupement des espèces peuvent être fondés sur les stratégies utilisées pour leur survie durant la période défavorable. Etablie sous des conditions tempérées froides. Selon Raunkiaer (1934) et Molinier et Muller (1938), la forme biologique définie par la hauteur du bourgeon terminal par rapport au sol pendant la mauvaise saison :

- Phanérophytes (Ph) : ce sont les plantes ligneuses (arbres ou arbustes) dont les bourgeons hivernaux sont situés à plus de 50 cm du sol.
- Chaméphytes (Ch) : ce sont les plantes herbacées ou plus ou moins lignifiées, dont les bourgeons sont à moins de 50 cm du sol.
- Hémicryptophytes (H) : ce sont les plantes herbacées, vivaces ou bisannuelles, dont les bourgeons hivernaux sont au ras du sol, souvent entourés de feuilles.
- Géophytes (G) : ce sont les plantes herbacées, bisannuelles ou vivaces, passant l'hiver sous la forme de bulbes, rhizomes ou tubercules.
- Thérophytes (T) : ce sont des plantes annuelles, passant l'hiver à l'état de graines ou de plantules lorsque la graine a peu germé à l'automne.

Les différents types biologiques renseignent ainsi sur les formes de croissance et donc sur la réponse des végétaux aux conditions locales de milieu et de perturbation (Aidoud, 1983).

Après avoir identifié les espèces nous avons procédé au calcul du pourcentage de chaque type biologique, pour les espèces identifiées (Annexe II, tableau 17).

3. Méthodologie de l'exploitation des données pour la modélisation

Les éléments entrants dans le modèle *RWEQ* pour l'estimation du Q_{max} nécessitent le calcul des paramètres suivants : le facteur de la rugosité (K'), le facteur d'érodibilité (EF), le facteur d'encroutement (SCF), le facteur de la couverture du sol (COG) et le facteur climatique (WF). Les méthodes qui ont servi à leur calcul sont présentées ci-dessous :

3.1. Le facteur climatique (WF)

Les données de la vitesse du vent à 3 m ont été utilisées, s'étalant sur la période de sortie sur le terrain, issues de la station météorologique et la vitesse seuil de friction (calculée) [m/s] dans la zone d'étude 6.72 m/s (Goffin, 2009), nous ont permis de calculer le facteur du vent (WF) en appliquant l'équation 6.1 et l'équation 6. Il est à noter que seul le facteur du vent est considéré dans cette étude, le facteur de couverture de neige et l'humidité du sol ont pris une valeur qui vaut à 1 (ils sont négligés). À cet effet le facteur climatique prend uniquement les valeurs du facteur du vent.

3.2. La fraction érodible (EF)

Les analyses du sol relatives aux pourcentages des sables, limons, argiles, carbonates de calcium, et de la matière organique ont servi pour le calcul du facteur érodible (EF) en appliquant l'équation 7. Dans notre cas, cette équation ne sera pas nécessaire pour la modélisation car nous disposons du pourcentage du sol avec un diamètre inférieur à 840 μm sur les premiers 20 mm du sol qui représente la fraction érodible (FE). Il sera néanmoins possible de vérifier l'adéquation de cette formule empirique puisque nous disposons à la fois du pourcentage de particules supérieures à 840 μm et des données texturales, teneurs en matière organique et en carbonates.

3.3. Le facteur d'encrouement (SCF)

Le pourcentage d'argile et de la matière organique ont servi pour le calcul du facteur encrouement en appliquant l'équation 8.

3.4. Le facteur de rugosité (K')

Un programme informatique (Stolte, 2003) permet de référencer la position des aiguilles en coordonnée X (position relative) et Y (hauteur relative). L'écart type de la hauteur relative (Y) des aiguilles exprime la rugosité (cm) du sol du secteur de mesure.

3.5. Le facteur de la couverture du sol (COG)

Le facteur de la couverture du sol est calculé en multipliant les trois coefficients qui se rapportant à l'équation de la couverture du sol (SLR_f , SLR_s et SLR_c). L'équation 9.

3.5.1. Le coefficient de perte en sol associé aux résidus de culture et la charge caillouteuse se trouvant à la surface du sol (SLR_f)

Le pourcentage de la couverture du sol par les résidus végétaux non verts plats et la charge caillouteuse (SC) a servi au calcul du coefficient de perte en sol associé aux résidus de culture et à la charge caillouteuse se trouvant à la surface du sol (SLR_f) en appliquant l'équation 10.

3.5.2. Le coefficient de perte en sol se rapportant à la silhouette des plantes (SLR_s)

La surface couverte par la silhouette des plantes sur pieds (SA) a servi au calcul du coefficient de perte en sol se rapportant à la silhouette des plantes (SLR_s) en appliquant l'équation 11.

3.5.3. Le coefficient de perte en sol associé à la couverture végétale (SLR_c)

Le pourcentage de la couverture par la végétation verte (CC) a servi au calcul du coefficient de perte en sol associé à la couverture végétale (SLR_c) en appliquant l'équation 12.

3.6. Modélisation

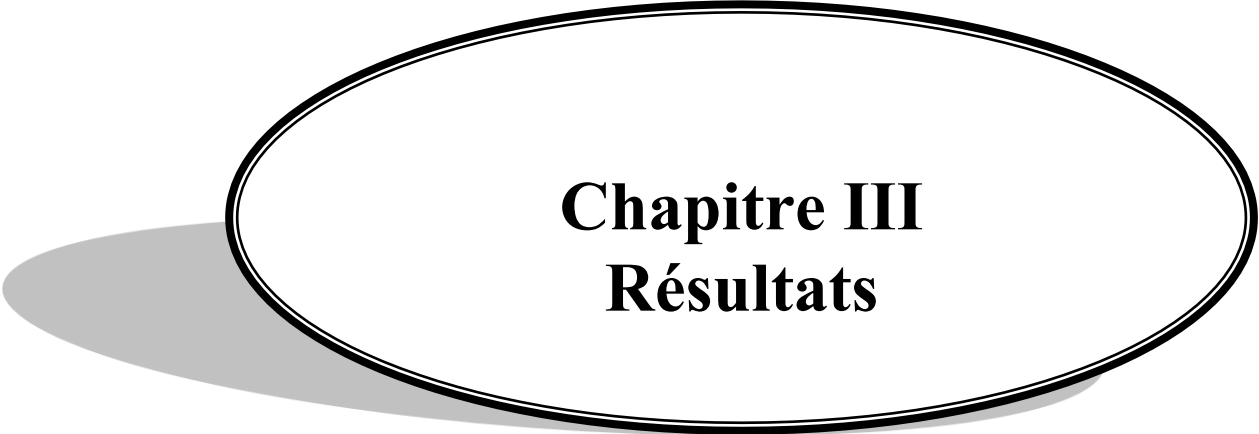
Une fois les paramètres entrants du modèle $RWEQ$, le facteur de la rugosité (K'), le facteur d'érodibilité (EF), le facteur d'encrouement (SCF), le facteur de la couverture du sol (COG) et le facteur climatique (WF), sont estimés ; l'estimation du Q_{max} est rendue possible en appliquant l'équation 4.

3.7. Analyses statistiques des données

Les données de sols et de la végétation collectées ont subi des tests ANOVA au seuil de 5% à l'aide du logiciel Minitab (version 17).

3.8. Cartographie des flux de masse dans la zone d'étude

Après avoir effectué des analyses géostatistiques sur l'ensemble des données. Un semi vario-gramme a été établi dans Matlab par la suite, le positionnement des flux de masse estimés par $RWEQ$ dans la zone de Kheneg a été réalisé en nous aidant du logiciel SURFER (version 9.2).



Chapitre III

Résultats

Chapitre III : Résultats

1. Climatologie de la zone d'étude

La climatologie de la zone d'étude concerne une période d'une année et elle va d'Avril 2014 jusqu'à Mars 2015.

1.1. Précipitations

Les enregistrements montrent de la mi-septembre 2014 à début Novembre 2014 que les précipitations n'ont pas dépassé pas les 10 mm. De la mi-décembre 2014 à mi-janvier 2015 présente la période est sèche. A la fin du mois de Janvier les précipitations enregistrent un cumul de 41mm. Durant le mois de Février les précipitations enregistrées sont variables de 18 mm jusqu'à un maximum de 22mm teint à la fin du même mois. A partir de Mars 2015 jusqu'à début du mois de Avril 2015 on remarque une période sec (Figure 13).

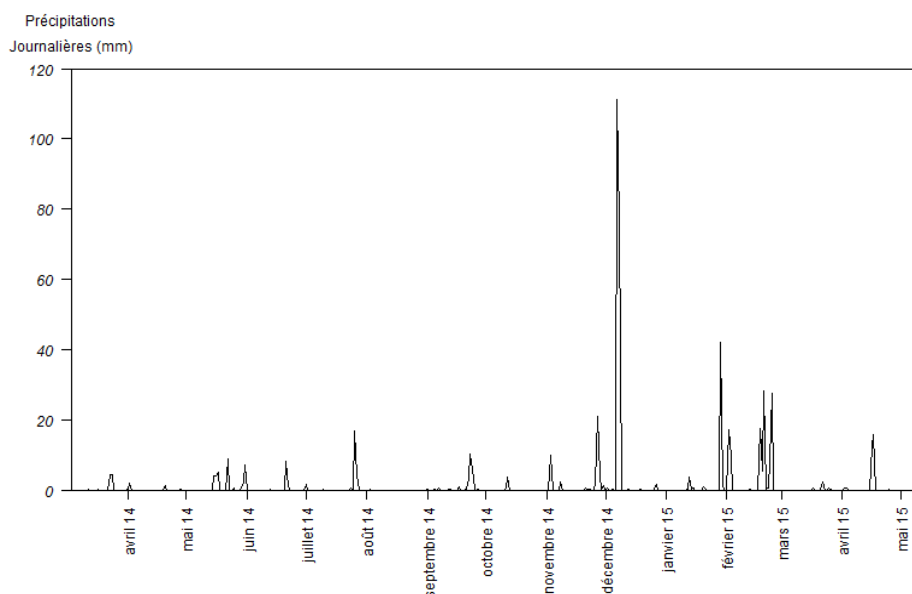


Figure 13: Evolution de la quantité de la précipitation du site durant Avril 2014 et Mai 2015

1.2. Températures

On remarque d'après la figure (14) qu'à partir de Septembre 2014 la température commence à chuter pour atteindre des minimums en Janvier 2015. Par la suite les températures reprennent une phase d'augmentation en février 2015 qui continue jusqu'à la fin des enregistrements (Figure(14)).

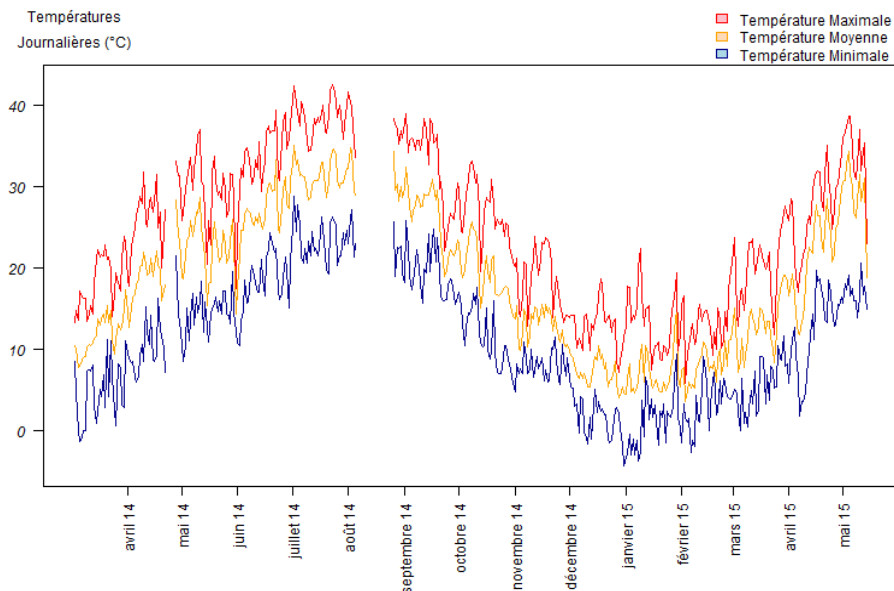


Figure 14 : Evolution de la température maximale, moyenne, minimale du site d'Avril 2014 à Mai 2015

1.3. Vitesses du vent

La vitesse du vent maximale est enregistrée en Avril 2015 environ 15m/s d'autres fortes vitesses de vent sont enregistrées en Mars 2015 et qui dépassent les (14 m/s). La plus faible vitesse moyenne du vent est enregistrée en Octobre 2014 avec environ 2.5 (m/s) (figure 15).

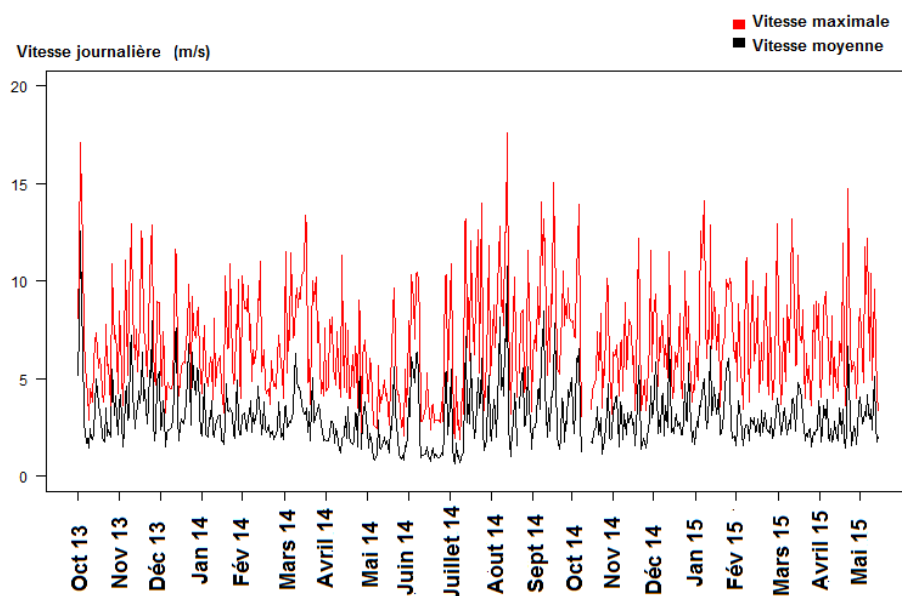


Figure 15 : Evolution de la vitesse maximale du vent et de la vitesse moyenne du vent dans le site d'étude

1.4. Directions du vent

Durant la période de notre travail la direction du vent oscille entre le Nord - Ouest et le sud- Ouest, avec une dominance de Nord-Ouest (Figure 16).

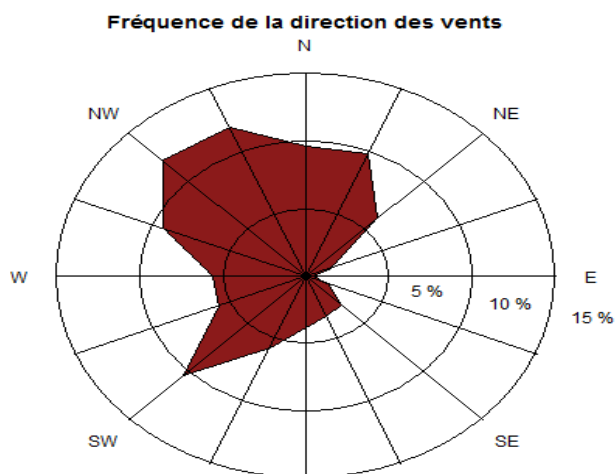


Figure 16 : Fréquence de la direction des vents durant toute la période d'étude

2. Les paysages dans la zone d'étude

Nous avons un total de 38 points de mesure repartis entre deux unités de paysage, nous distinguons :

- **Parcelles cultivées (U1)** : ce sont des parcelles défrichées et exploitées par des agriculteurs, pour la mise en place de la céréaliculture. (Figure 17 a).
- **parcours (U2)** : se présentent comme des petites formations sableuses aplaties supportant une végétation plus diffuse et relativement dense comparées aux dunes peu végétalisées. (Figure 17 b) ;



Figure 17 : Représentation des deux unités de paysage identifiées sur le terrain(a) parcelles cultivées, (b) parcours.

Les 38 points identifiés sur le terrain se répartissent comme suit : 33 points de parcours, 05 points de parcelles cultivées.

3. Analyses Floristique du parcours

Les relevés de végétation dans la zone d'étude ont été effectués pour pouvoir estimer le pourcentage de la couverture végétale qui est un paramètre entrant dans le modèle RWEQ. La méthode Parker est celle qui nous a offert la meilleure possibilité pour l'estimation de la valeur de ce paramètre, et vue l'orientation de notre travail, nous nous contenterons dans ce document uniquement de la présentation des résultats de la richesse totale de la végétation présente dans la zone de Kheneg durant notre période d'étude.

3.1. Richesse totale du parcours de la zone d'étude

Nous avons pu dénombrer 24 espèces appartenant à 24 genres et 14 familles, cette richesse selon l'échelle de Daget et Poissonet 1971 est moyenne. (Tableau 02).

Tableau 02 : Richesse totale de la zone d'étude.

Familles	Genres	Espèces	Familles	Genres	Espèces
Fabaceae	<i>Astragalus</i>	<i>Astragalus armatus</i>	Poaceae	<i>Bromus</i>	<i>Bromus rubens</i>
	<i>Genista</i>	<i>Retama retam</i>		<i>Schismus</i>	<i>Schismus barbatus</i>
	<i>Ononis.L</i>	<i>Ononis serrata</i>	Thymélacées	<i>Thymelaescop</i>	<i>Thymelaemicrophyte</i>
Brassicaceae	<i>Malcomia R.Br</i>	<i>Malcomiaea gyptiaca</i>		<i>passerina.L</i>	<i>Thymelaehirsuta</i>
	<i>Eruca</i>	<i>Eruca visicaria</i>	Zygophyllaceae	<i>Prgamum.L</i>	<i>Peganumharmala L</i>
	<i>Eromobium</i>	<i>Eromobiumsp</i>	Geraniaceae	<i>Erodium L</i>	<i>Erodiummoschatum</i>
	<i>Didesmus</i>	<i>Didesmus bipinnatus</i>	Cynareaes	<i>Picris.L</i>	<i>Picris coronopifolia</i>
Asteraceae	<i>Atractylis.L</i>	<i>Atractyliss erratuloid</i>	Plantaginaceae	<i>Plantago.L</i>	<i>Plantagoalbicans</i>
	<i>Launeae</i>	<i>Launearesidifolia</i>	Caryophyllaceae	<i>Silene.L</i>	<i>Silenearenarioides</i>
	<i>Iflagacass</i>	<i>Iflagaspicata</i>	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>Euphorbiaguyoniana</i>
	<i>Echinops</i>	<i>Echinopsspinosus</i>	Capparaceae	<i>Cleome</i>	<i>Cleome arabica</i>
Poaceae	<i>Aristida.L</i>	<i>Aristida pungens</i>	Boraginaceae	<i>Megastoma</i>	<i>Megastomapusillum</i>

3.2. Le spectre biologique

Nous avons établi un spectre biologique afin de déterminer le type biologique dominant (Figure 18). A partir de la figure 18 nous pouvons constater que les Thérophytes ont un pourcentage de 75%, c'est le plus important groupement dans notre zone d'étude, et en deuxième position les Chameaphytes avec 13%, puis les Hémicryptophytes et les Nanophanérophytes avec respectivement 8% et 4%.

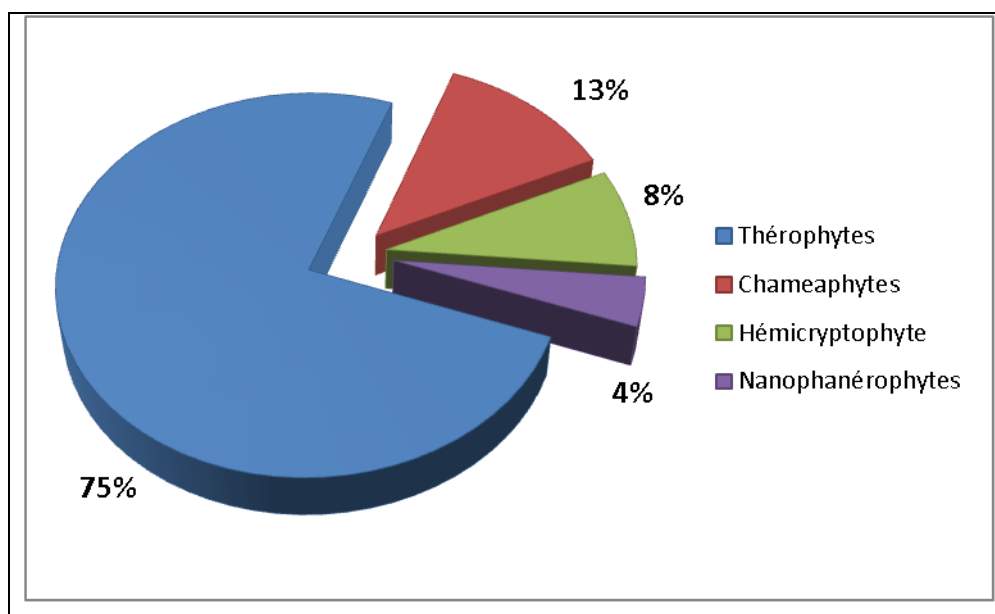


Figure 18: Spectre biologique dans le parcours de la zone d'étude.

4. Les paramètres du sol et de sa couverture

4.1. Granulométrie de la couche superficielle du sol

4.1.1. Sables

Les valeurs des pourcentages des sables de l'analyse granulométriques de la couche superficielle du sol effectuée pour chaque unité géomorphologique sont présentées en Figure 19. Les chiffres montrent qu'au niveau des parcours le pourcentage de sable est variable entre 26.8% et 89.8%. Dans les parcelles cultivées, les pourcentages de sables varient de 58.2 % à 79.8%.

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur les sables montre qu'il y a une différence non significative du sables dans les deux unités géomorphologiques ($P=0.692$) (Annexe II, tableau 1).

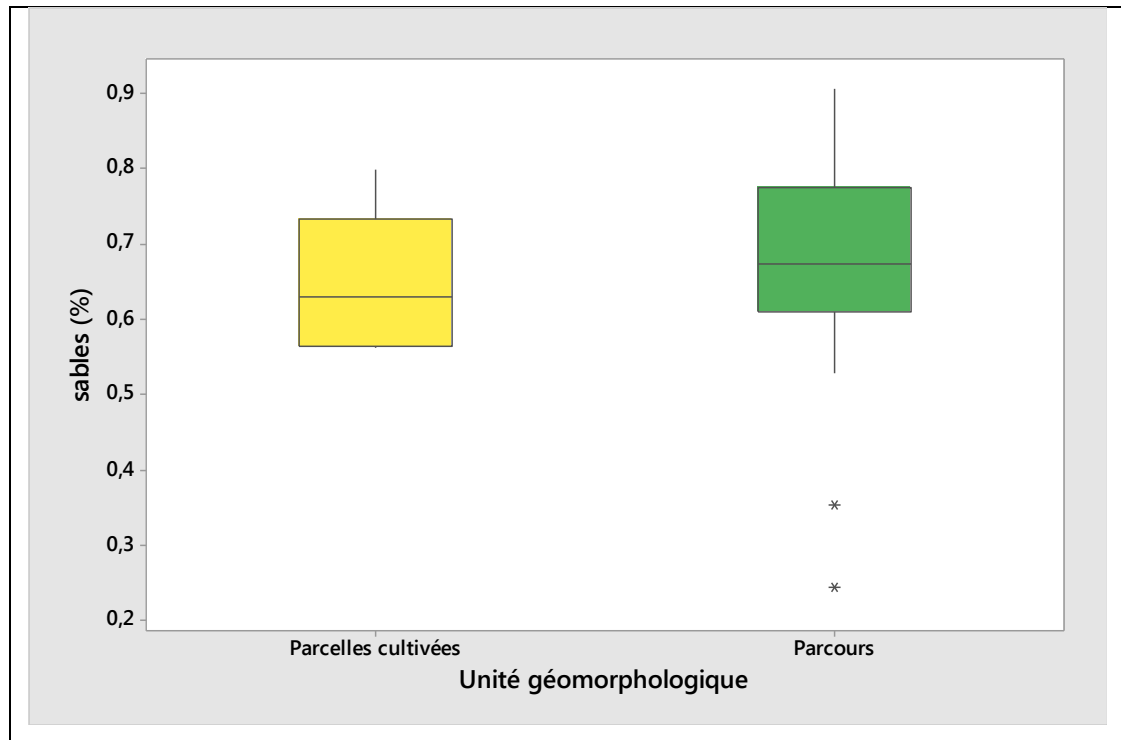


Figure 19 : Pourcentage de la fraction sableuse au niveau les deux unités géomorphologiques.

4.1.2. Limons

Les pourcentages des limons de l'analyse granulométriques de la couche superficielle du sol pour chaque unité géomorphologique sont présentés en figure 16. Pour les parcours le pourcentage de limon se situe entre 1.02% et 49.7%. Dans les parcelles cultivées, les pourcentages des limons varient entre 15.3% et 34.5% (Figure 20).

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur les limons montre qu'il y a une différence non significative du limons dans les deux unités géomorphologiques ($P=0.401$) (Annexe I, tableau 2).

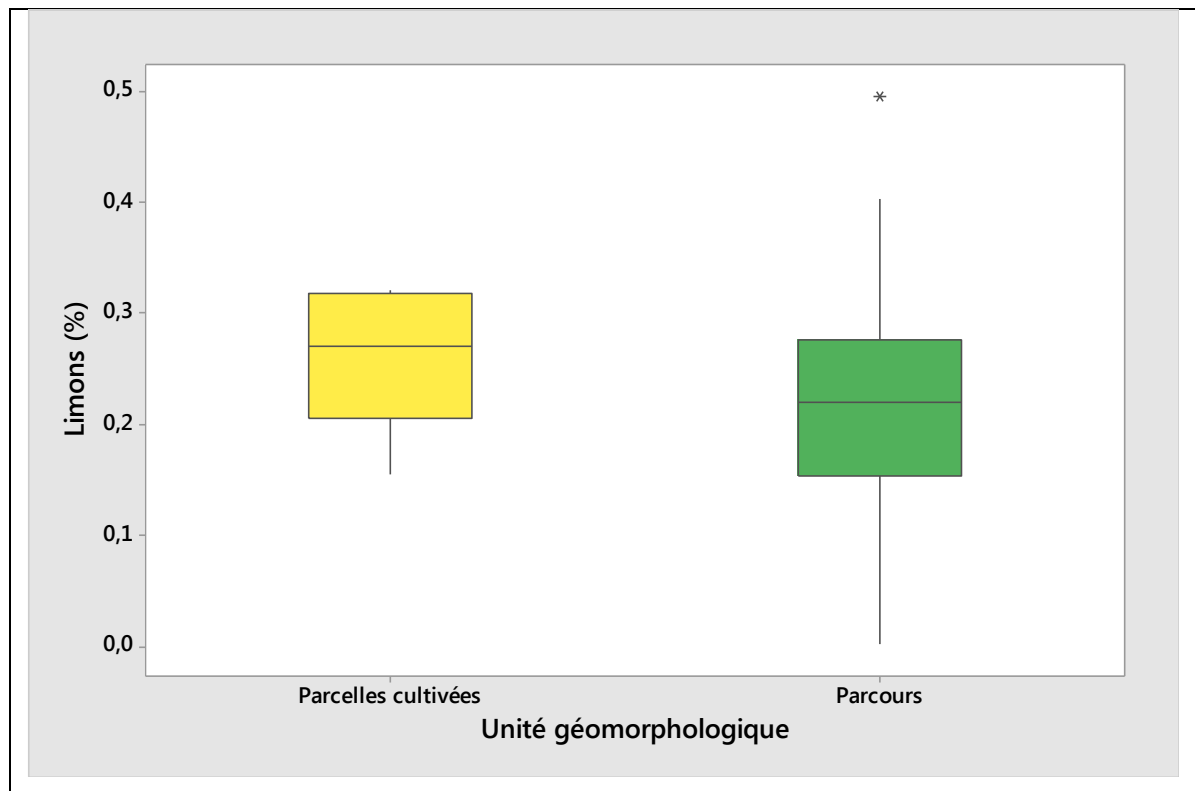


Figure 20 : Pourcentage de la fraction limoneuse au niveau les deux unités géomorphologiques.

4.1.3. Argiles

Les valeurs des pourcentages de l'argile montrent en Figure 17 qu'au niveau des parcours les pourcentages de l'argile sont compris entre 2.01% et 39.1%. Dans les parcelles cultivées, les pourcentages de l'argile varient entre 5.20% et 12.1% (Figure 21).

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur les argiles montre qu'il y a une différence non significative des argiles dans les deux unités géomorphologiques ($P=0.761$) (Annexe I, tableau 3).

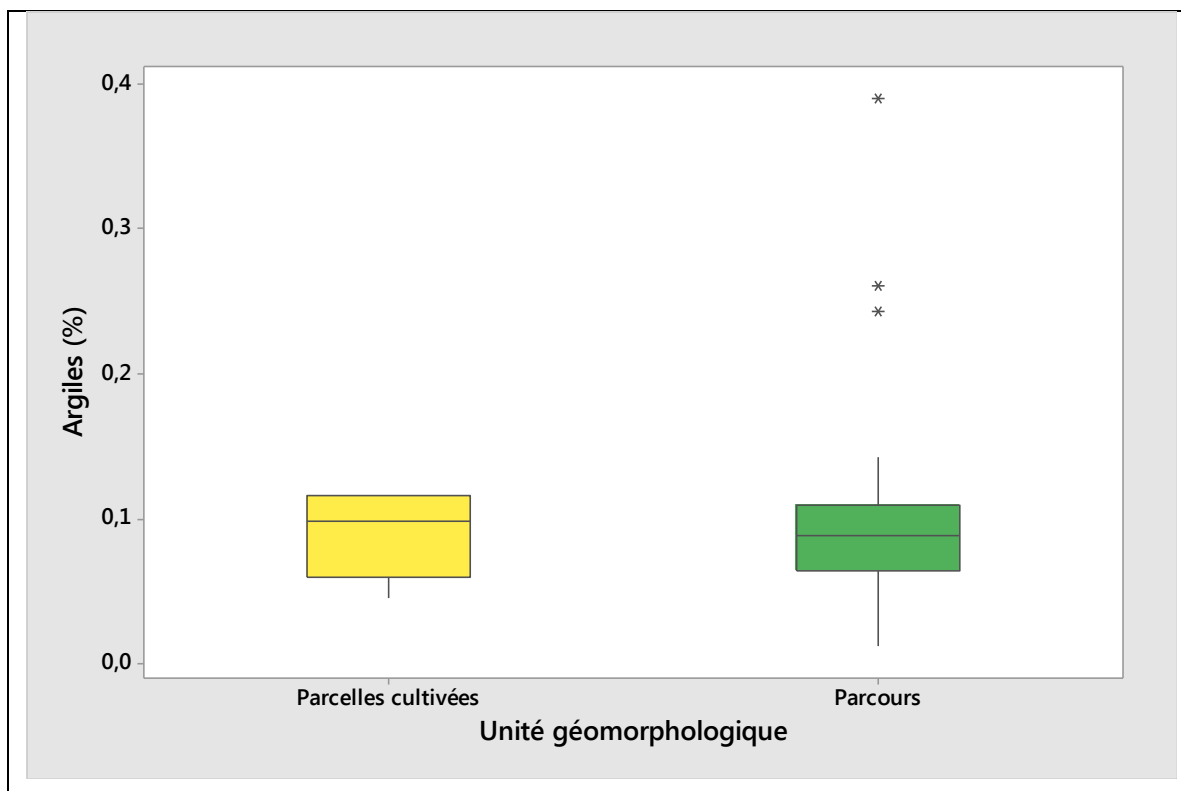


Figure 21 : Pourcentage de la fraction argileuse au niveau les deux unités géomorphologiques.

4.2. Matières organiques

Les pourcentages de la matière organique mesurée dans la couche superficielle du sol au niveau des unités géomorphologiques sont présentés en Figure 22. Le taux minimal de matières organiques est de 0.02% est mesuré dans les parcours, alors que le taux maximal est de 0.84% est mesuré au niveau les parcelles cultivées. Les chiffres indiquent qu'au niveau des parcours, le pourcentage de la matière organique est compris entre 0.02% et 1.38%. Dans les parcelles cultivées, les pourcentages de la matière organique sont entre 0.39% et 0.84%. (Figure 22).

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la matière organique montre qu'il y a une différence non significative de la matière organique dans les deux unités géomorphologiques ($P=0.811$) (Annexe I, tableau 4).

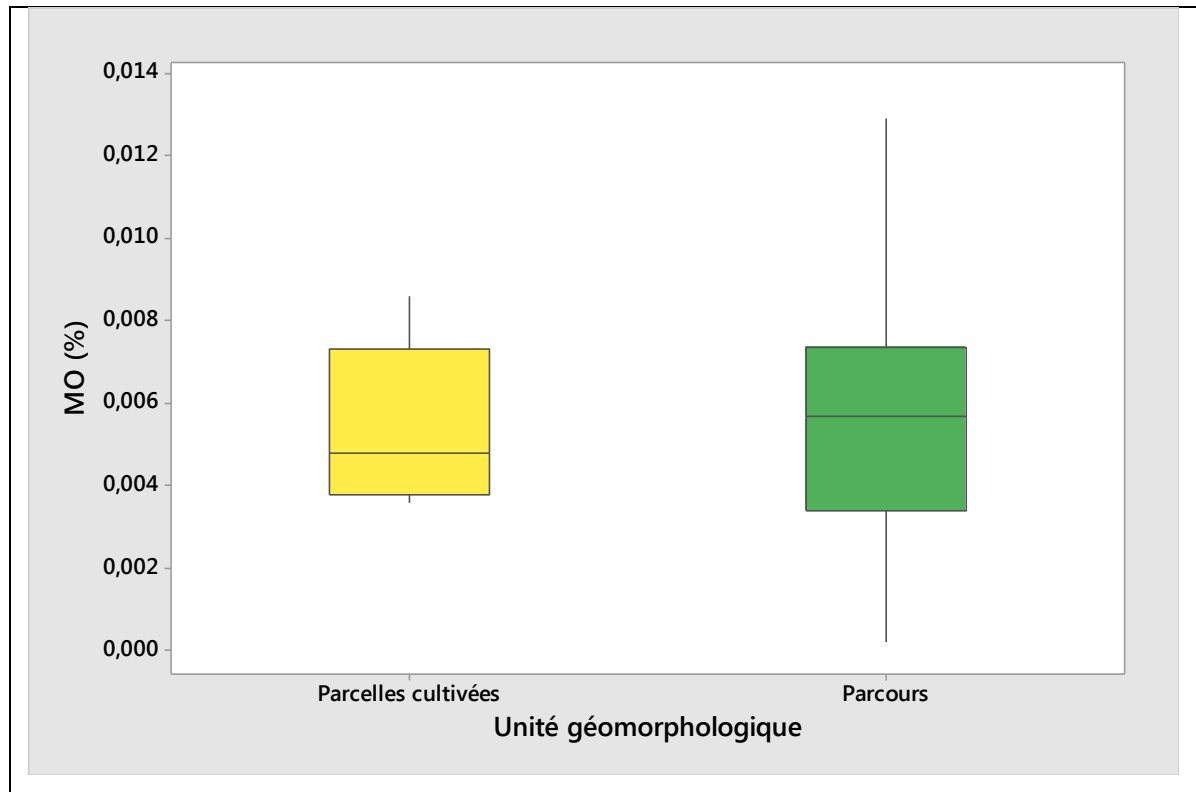


Figure 22 : Pourcentage de la matière organique au niveau les deux unités géomorphologiques.

4.3. Les carbonates de calcium

La Figure 23 montre l'évolution des carbonates de calcium dans la couche superficielle du sol au niveau des unités géomorphologiques. Nous mesurons au niveau des parcours un pourcentage des carbonates de calcium variable de 4.99% à 24.6%. Dans les parcelles cultivées, les pourcentages des carbonates de calcium sont variables entre 8.2% et 10.13% (Figure 23).

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur les carbonates de calcium montre qu'il y a une différence non significative des carbonates de calcium entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.263$) (Annexe I, tableau 5).

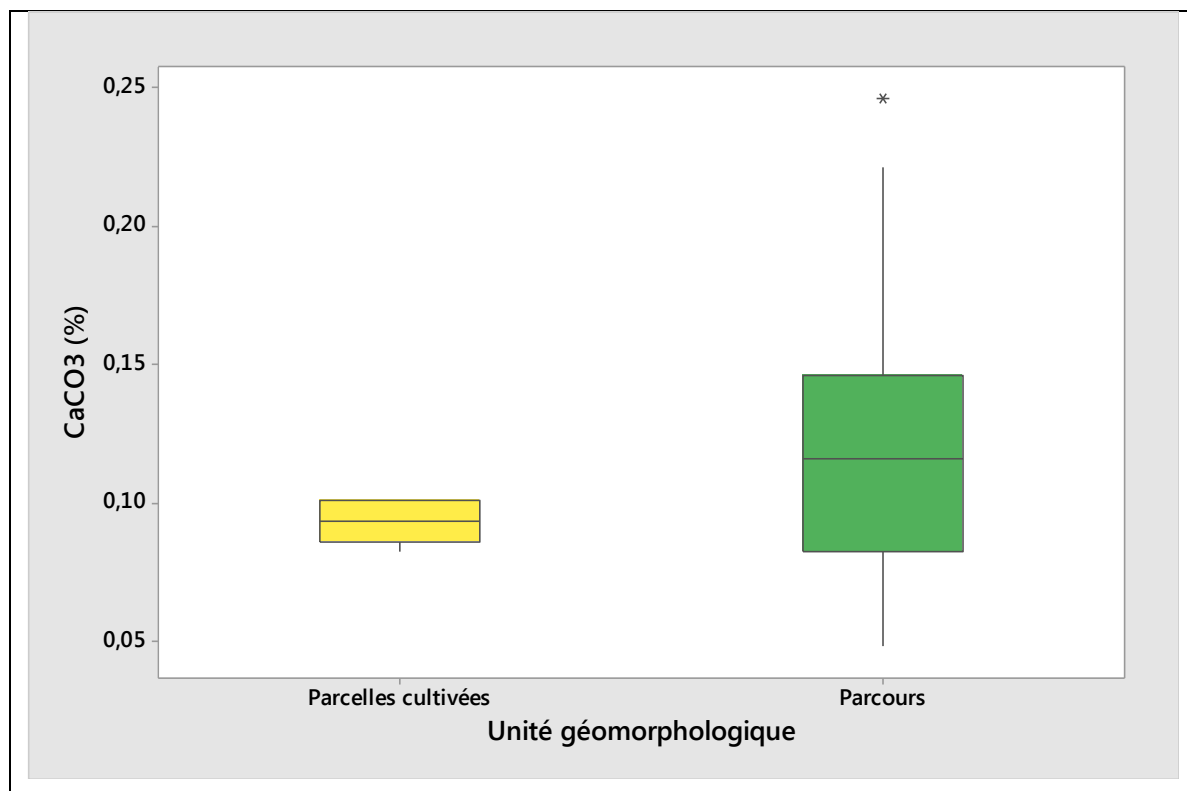


Figure 23: Pourcentage du calcaire au niveau les deux unités géomorphologiques.

4.4. La couverture du sol

4.4.1. Pourcentage de la couverture végétale (CC)

Les valeurs de (CC) mesurées au niveau des unités géomorphologiques sont présentées en Figure 24. Le minimum de la (CC) 0.2 % est mesuré dans les parcelles cultivées, alors que le maximum est de 11.98% est observé au niveau des parcours. Pour les parcours la (CC) est comprise entre 0.23% et 11.98%. Dans les parcelles cultivées, les valeurs des (CC) sont variables de 0.2% à 6.2% (Figure 24).

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la couverture végétale montre qu'il y a une différence significative de la couverture végétale entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.002$) (Annexe I, tableau 6).

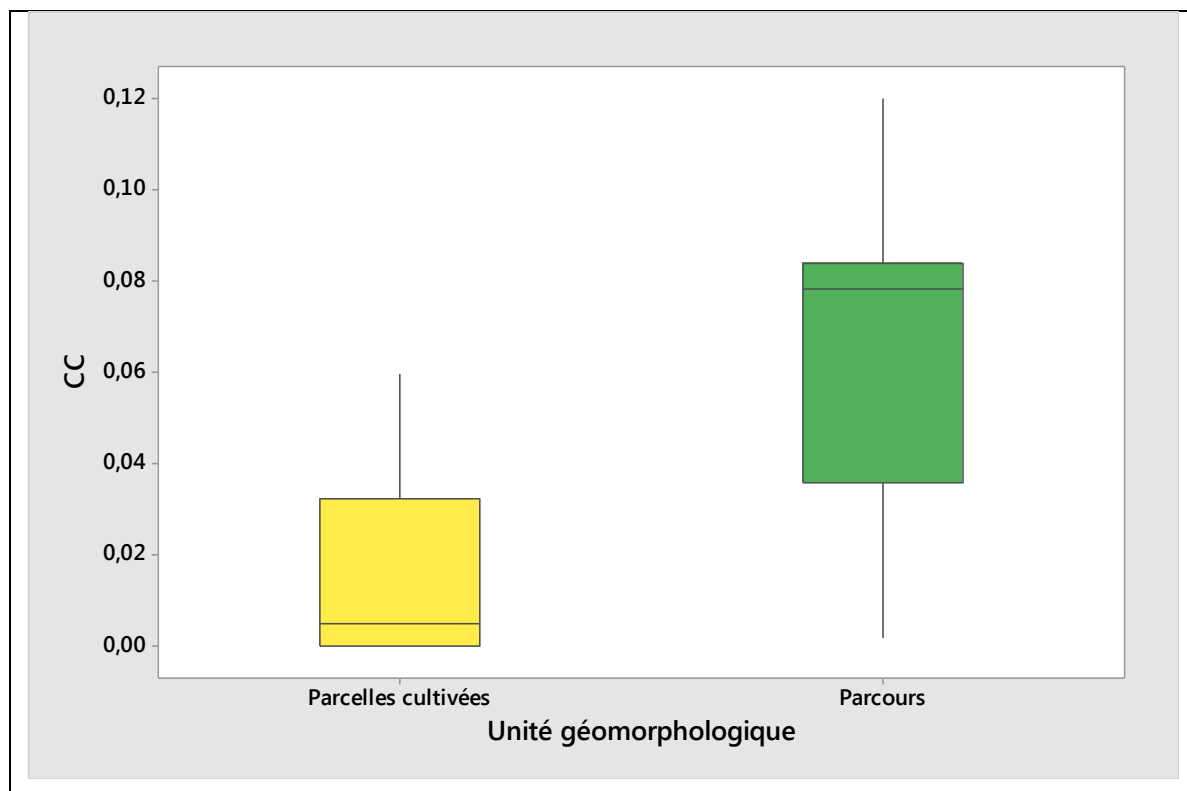


Figure 24 : Pourcentage de la couverture du sol par la végétation photosynthétique au niveau les deux unités géomorphologiques.

4.4.2. Pourcentage de la couverture par les résidus plats et la charge caillouteuses (SC)

La Figure 25 montre l'évolution du pourcentage de la couverture par les résidus plats et la charge caillouteuse (Flat residue : SC) dans les deux unités géomorphologiques. Sur les parcours la valeur de (SC) est comprise entre 0.01% et 68.3%. Dans les parcelles cultivées, les valeurs des (SC) varient de 8.76% à 46.3%. Le minimum du (SC) est de 0.01%, le maximum est de 68.3% sont présents dans les parcours.

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la couverture par les résidus plats et la charge caillouteuse (SC) montre qu'il y a une différence non significative de la couverture par les résidus plats et la charge caillouteuse entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.648$) (Annexe I, tableau 7).

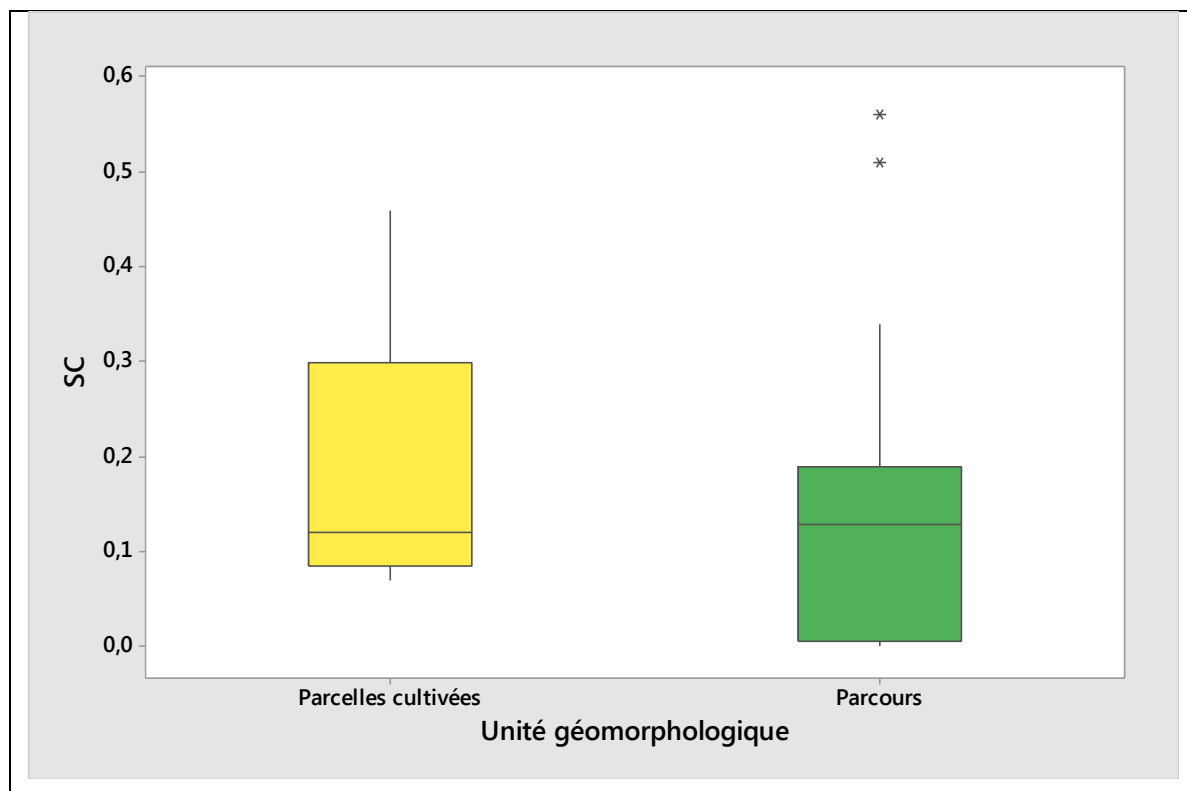


Figure 25 : Pourcentage de la couverture par les résidus plats et la charge caillouteuses au niveau les deux unités géomorphologiques.

4.4.3. Pourcentage de la couverture par la silhouette des plants sur pieds (standing residues : SA)

La Figure 26 présente les valeurs de (SA) mesurées au niveau des unités géomorphologiques. Nous remarquons qu'au niveau des parcours la valeur de (SA) est comprise entre 0.02% et 1.39%. Dans les parcelles cultivées, les valeurs des (SA) sont variable entre 0.39% et 0.87%. Ces chiffres montrent que le minimum de la fraction est de 0.02% est observé au niveau les parcours, le maximum est de 0.87%, est observé au niveau les parcelles cultivées.

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la couverture par la silhouette des plants sur pieds montre qu'il y a une différence non significative de la couverture par la silhouette des plants sur pieds entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.878$) (Annexe I, tableau 8).

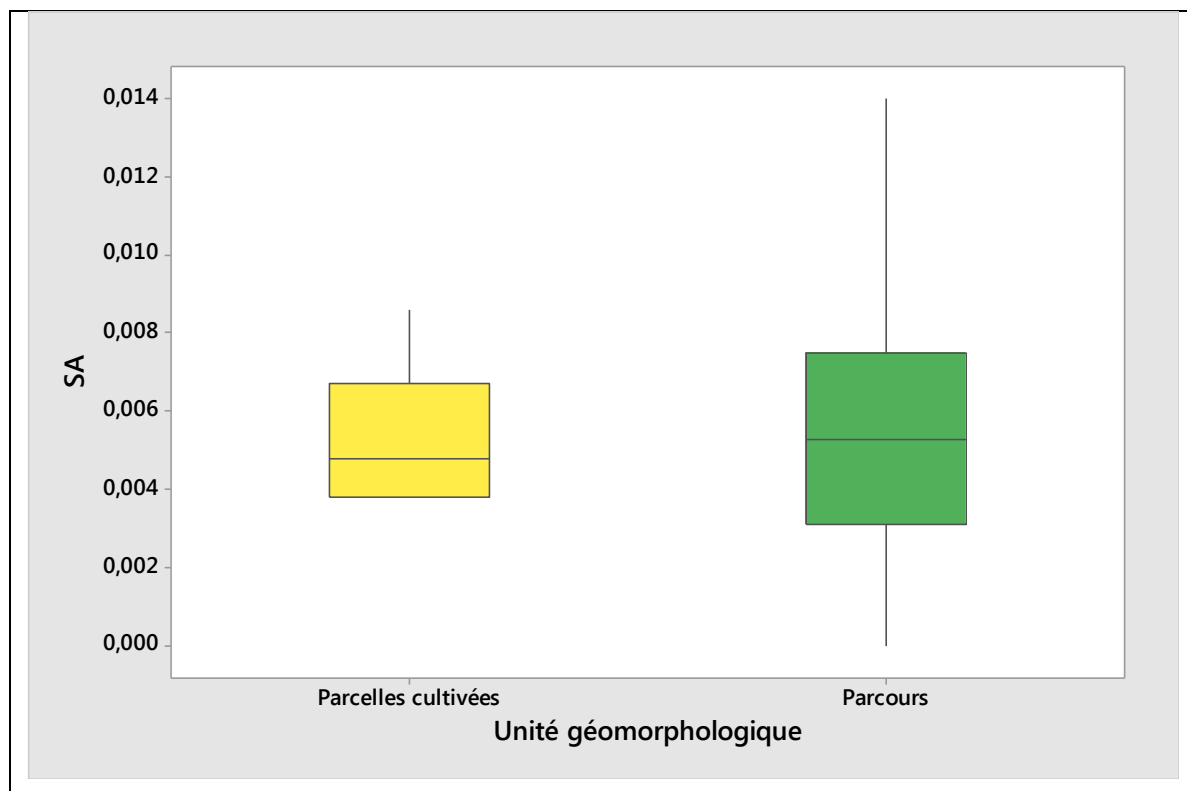


Figure 26 : Pourcentage de la couverture par la silhouette des plants sur pieds au niveau les deux unités géomorphologiques.

5. Les paramètres entrants dans le modèle RWEQ

5.1. La rugosité du sol (K')

La figure 27 montre que les valeurs de la rugosité sont variables pour les deux unités géomorphologiques, elles sont situées entre 0,48 et 3.61. Les parcours présentent la valeur la plus basse, alors que les parcelles cultivées présentent la valeur la plus importante. Au niveau des parcours, la valeur de la rugosité oscille de 0.48cm à 3.48 cm. Pour les parcelles cultivées, les valeurs de la rugosité sont variables de 1.03 cm à 3.61 cm.

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la rugosité du sol montre qu'il y a une différence non significative sur la rugosité du sol entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.360$) (Annexe I, tableau 9).

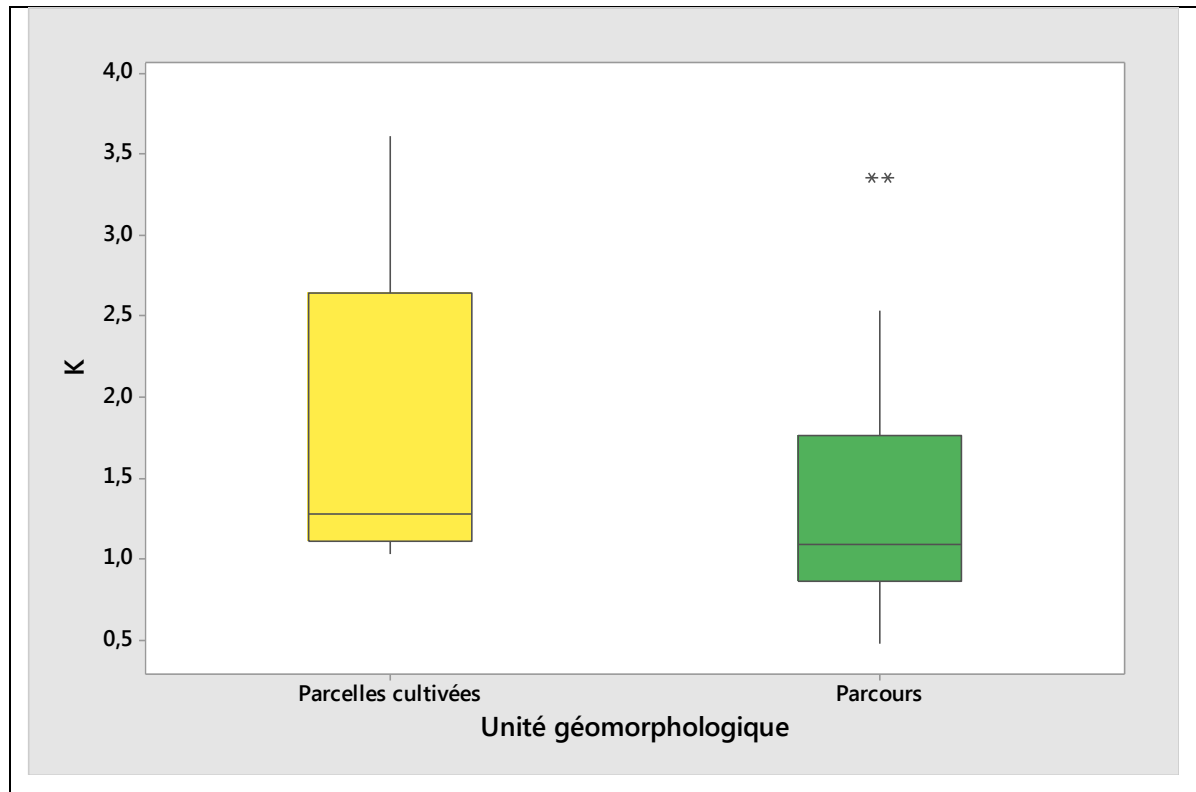


Figure 27 : Pourcentage de la rugosité du sol au niveau les deux unités géomorphologiques.

5.2. Facteur erodible (EF)

La plus faible valeur du facteur erodible est observée au niveau des parcours, elle est de 28.9% alors que la plus importante valeur est présente également au niveau les parcours 55.6% (figure 28). Le facteur erodible oscille de 31.32% à 35.2%, dans les parcelles cultivées. Au niveau des parcours, le facteur erodible varie de 28.9% à 55.6%.

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur le facteur erodible montre qu'il y a une différence non significative du facteur erodible unités géomorphologiques ($P=0.566$) (Annexe I, tableau 10).

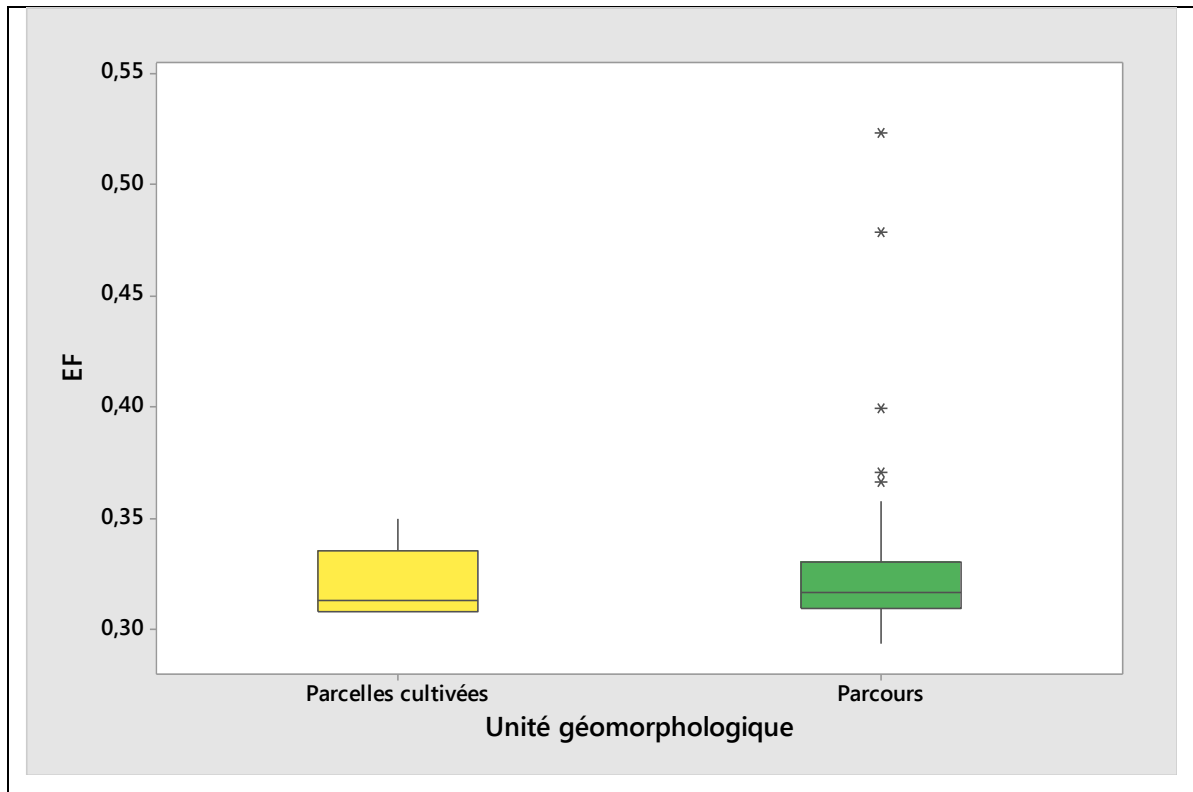


Figure 28 : Pourcentage du facteur erodible au niveau les deux unités géomorphologiques.

5.3. Le facteur d'encrouement (SCF)

La figure 29 montre que pour les deux unités géomorphologiques, le facteur d'encrouement (*SCF*) présente des valeurs très proches de 1.

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur le facteur d'encrouement montre qu'il y a une différence non significative du facteur d'encrouement entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.608$) (Annexe I, tableau 11).

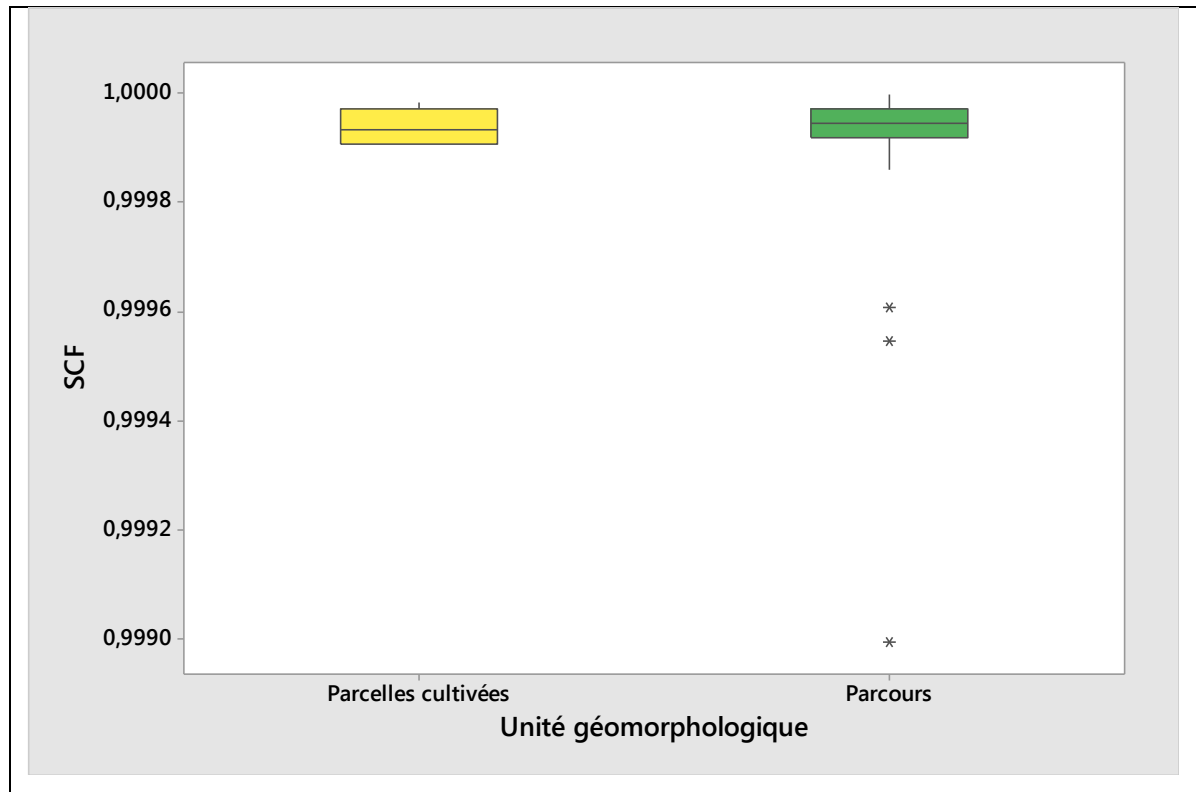


Figure 29 : Pourcentage du facteur d'encrouement au niveau les deux unités géomorphologiques.

5.4. Le facteur de la couverture du sol (COG)

5.4.1. Coefficient de perte en sol lié aux résidus de culture $SRLf$

La figure 30 présente la variation de $SRLf$ au niveau les deux unités, qui prend des valeurs proche de 1% pour les parcours et les parcelles cultivées.

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la perte en sol lié aux résidus de culture montre qu'il y a une différence non significative de la perte en sol lié aux résidus de culture entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.647$) (Annexe I, tableau 12).

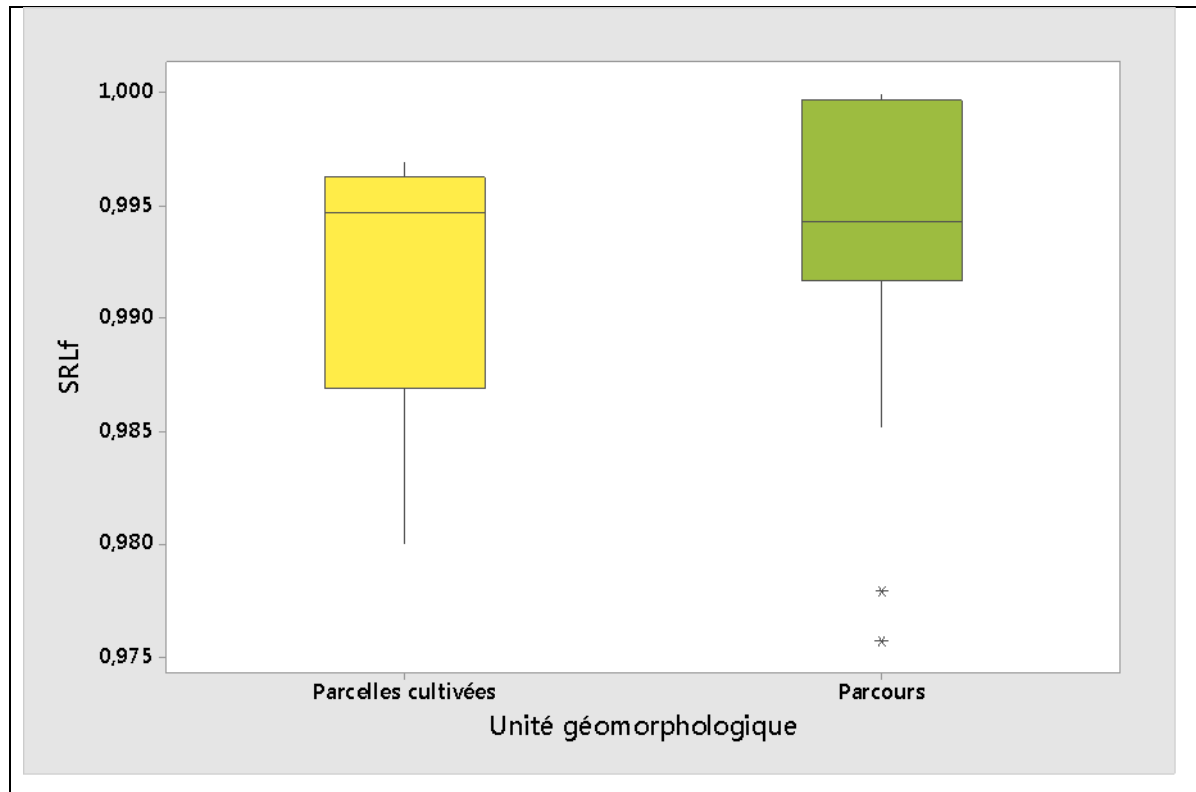


Figure 30 : Pourcentage du coefficient de perte en sol lié aux résidus de culture au niveau des deux unités géomorphologiques.

5.4.2 Coefficient de perte en sol lié à la silhouette des plants SRLs

La moyenne de silhouette (SLR_s) dans les parcours est estimée à 0.98% et dans les parcelles cultivées elle est estimée à 0.99% (figure 31).

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la silhouette de la plante montre qu'il y a une différence significative de la silhouette de la plante entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.000$) (Annexe I, tableau 13).

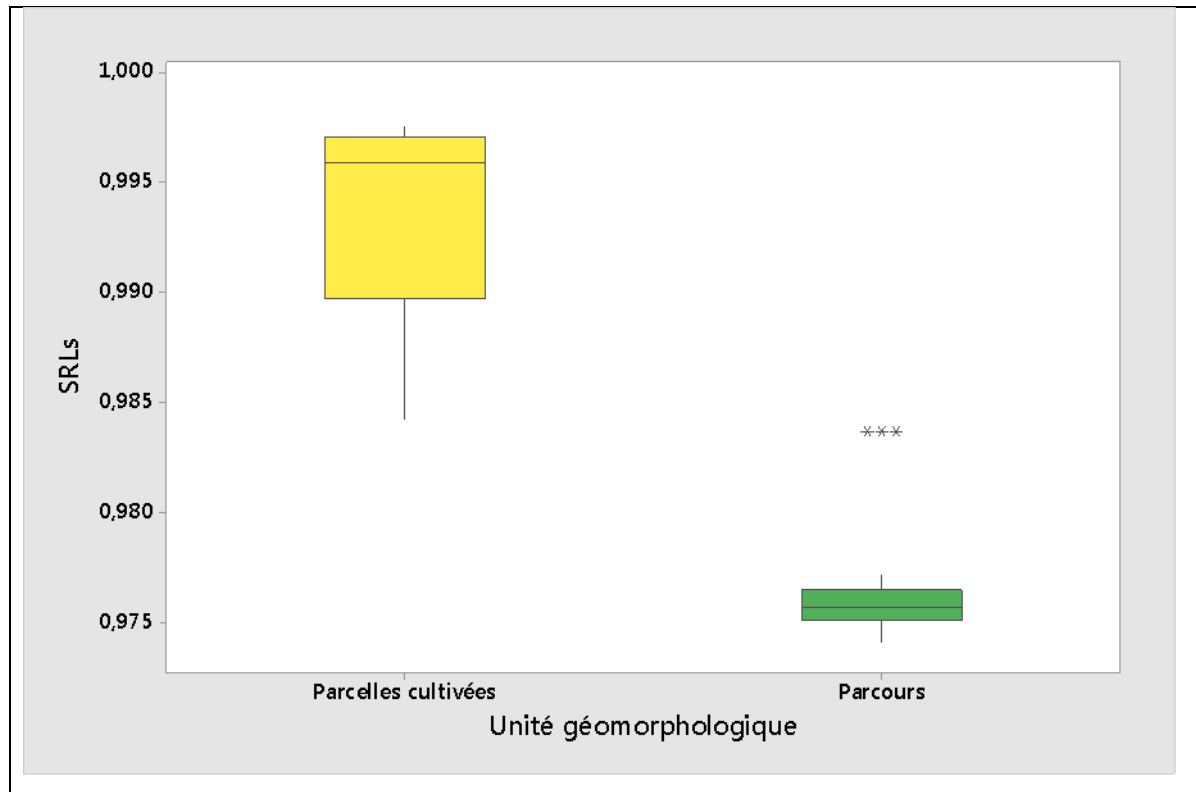


Figure 31 : Pourcentage du coefficient de perte en sol lié à silhouette des plants au niveau les deux unités géomorphologiques.

5.4.3. Coefficient de perte en sol lié à couverture végétale SRL_c

La couverture par les résidus plats (SLR_c) est variable entre 33.2% et 94.8% dans les parcours et elle est comprise entre 48.31% et 99.5% au niveau les parcelles cultivées (figure 32).

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la couverture végétale montre qu'il y a une différence significative de la couverture végétale entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.000$) (Annexe I, tableau 14).

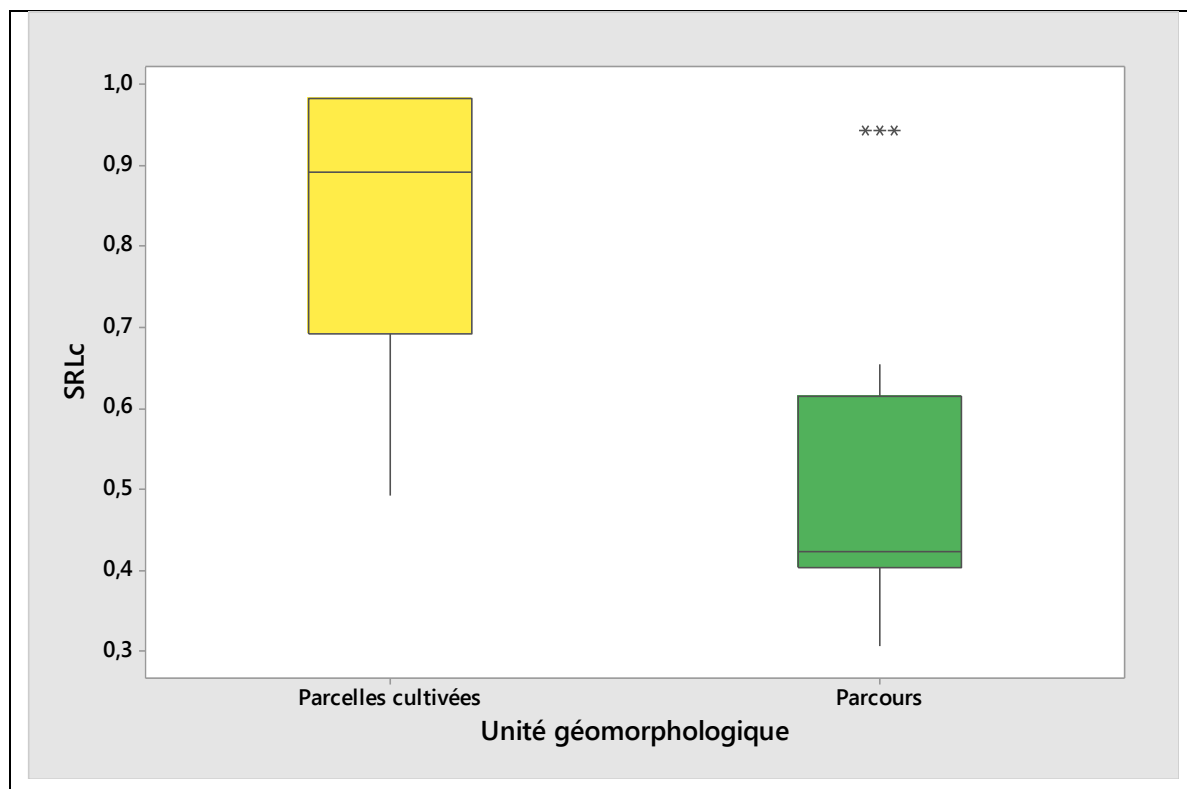


Figure 32 : Pourcentage du coefficient de perte en sol lié à couverture végétale au niveau les deux unités géomorphologiques.

Les résultats des coefficients de perte en sol liés à la couverture végétale (SLR_f), la couverture par les résidus plats (SLR_c) et la silhouette (SLR_s) sont présentés en figure 33. Le facteur de la couverture du sol (COG) au niveau les deux unités géomorphologique est présenté en Figure 33, le minimum de la (COG) est mesuré dans les parcours 32.1%, alors que le maximum est de 98.9% est observé au niveau des parcelles cultivées. Les parcours donnent des valeurs du COG qui oscillent entre 32.1% et 93.56%. Dans les parcelles cultivées, les valeurs de COG varient entre 47.8% à 98.9%.

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur le facteur de couverture végétale montre qu'il y a une différence significative de le facteur de couverture végétale entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.000$) (Annexe I, tableau 15).

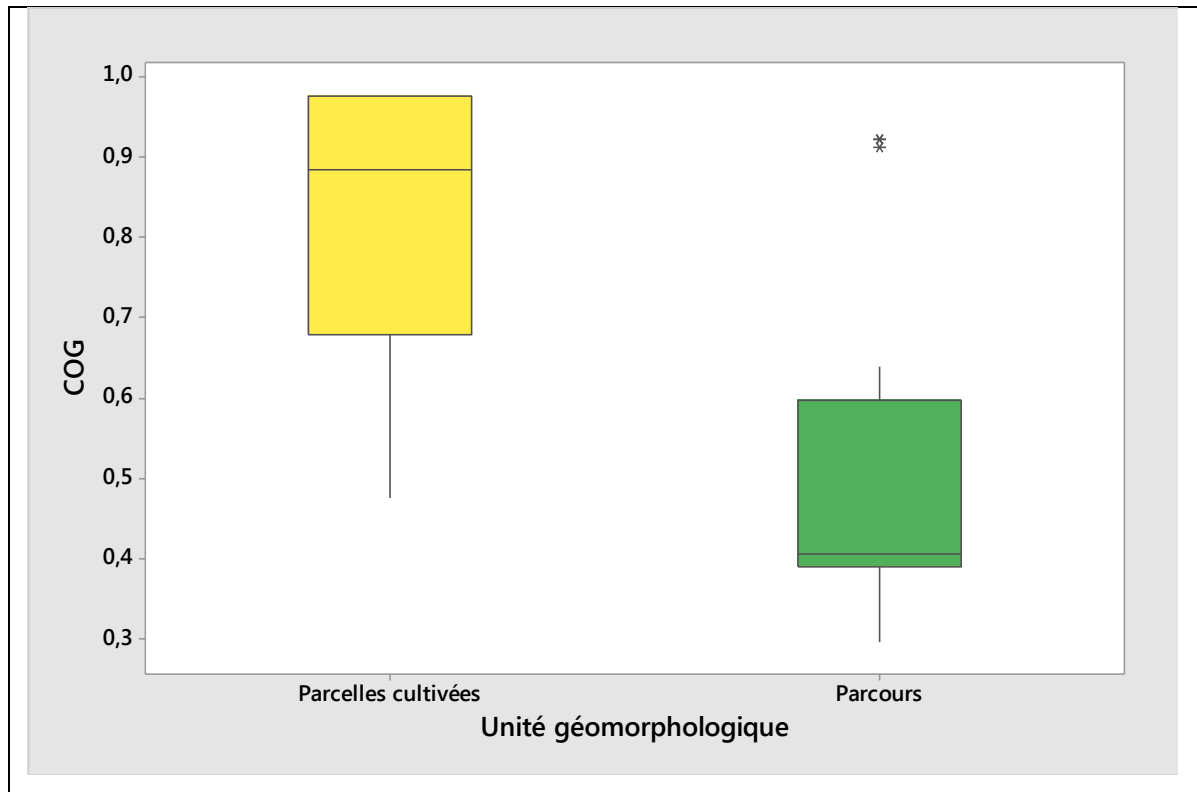


Figure 33 : Pourcentage du facteur de couverture du sol au niveau les deux unités géomorphologiques

5.5. Le facteur climatique (WF)

Le facteur climatique estimé durant notre période d'étude présente une valeur de 4,14.

6. La capacité de transport maximale des sédiments (Q_{max})

Les paramètres entrées dans *RWEQ* sont (*FE*, *SCF*, *WF*, *COG*, et *K'*), Après les avoir introduit dans le modèle, nous avons estimé la capacité maximale du transport (Q_{max}), les valeurs obtenues sont présentées dans Figure 34 et 35.

La capacité maximale du transport est variable pour l'ensemble des points, elle prend des valeurs situées entre 31.07 (kg/m) et 377.56 (kg/m). La capacité maximale du transport est comprise entre 30.87 (kg/m) et 363.41 (kg/m). Sur les parcours Q_{max} varie de 31.07 (kg/m) à 377.56 (kg/m), et au niveau des parcelles cultivées, La valeur du Q_{max} est variable de 149.11 (kg/m) à 286.56 (kg/m) (Figure 34).

Le test ANOVA effectué au seuil de 5% sur la capacité maximale de transport des sédiments montre qu'il y a une différence significative de la capacité maximale de transport des sédiments entre les deux unités géomorphologiques ($P=0.007$) (Annexe I, tableau 16).

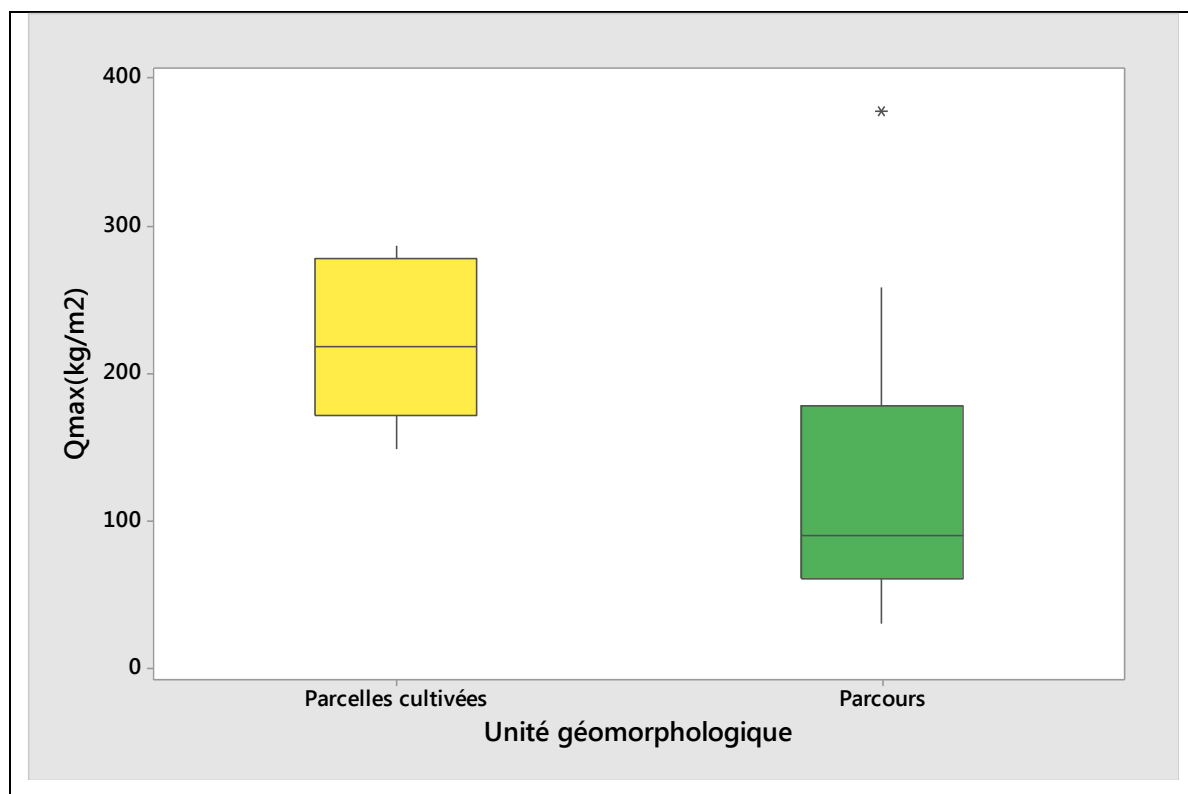


Figure 34 : La capacité de transport maximale des sédiments au niveau les deux unités géomorphologiques.

6.1. Cartographie des capacités de transport dans la zone d'étude

Les flux estimés par *RWEQ* au niveau de la zone d'étude sont répartis de façon hétérogène (figure 35), les résultats de nos points de mesure montrent des valeurs comprises entre 31 (kg/m^2) et 377.56 (kg/m^2). Les flux maximums dépassant les 370 (kg/m^2) sont localisés entre Y (3735000, 3730000) et X (470000, 473000). Aussi bien pour les flux inférieurs à 100 kg/m^2 qui sont partout distribués entre la surface de la zone d'étude (Figure 35).

A partir la figure 35 qui présente la carte des flux éoliens au niveau les parcours et les parcelles cultivées, nous avons remarqué que les flux les plus importants se trouvent dans les parcelles cultivées.

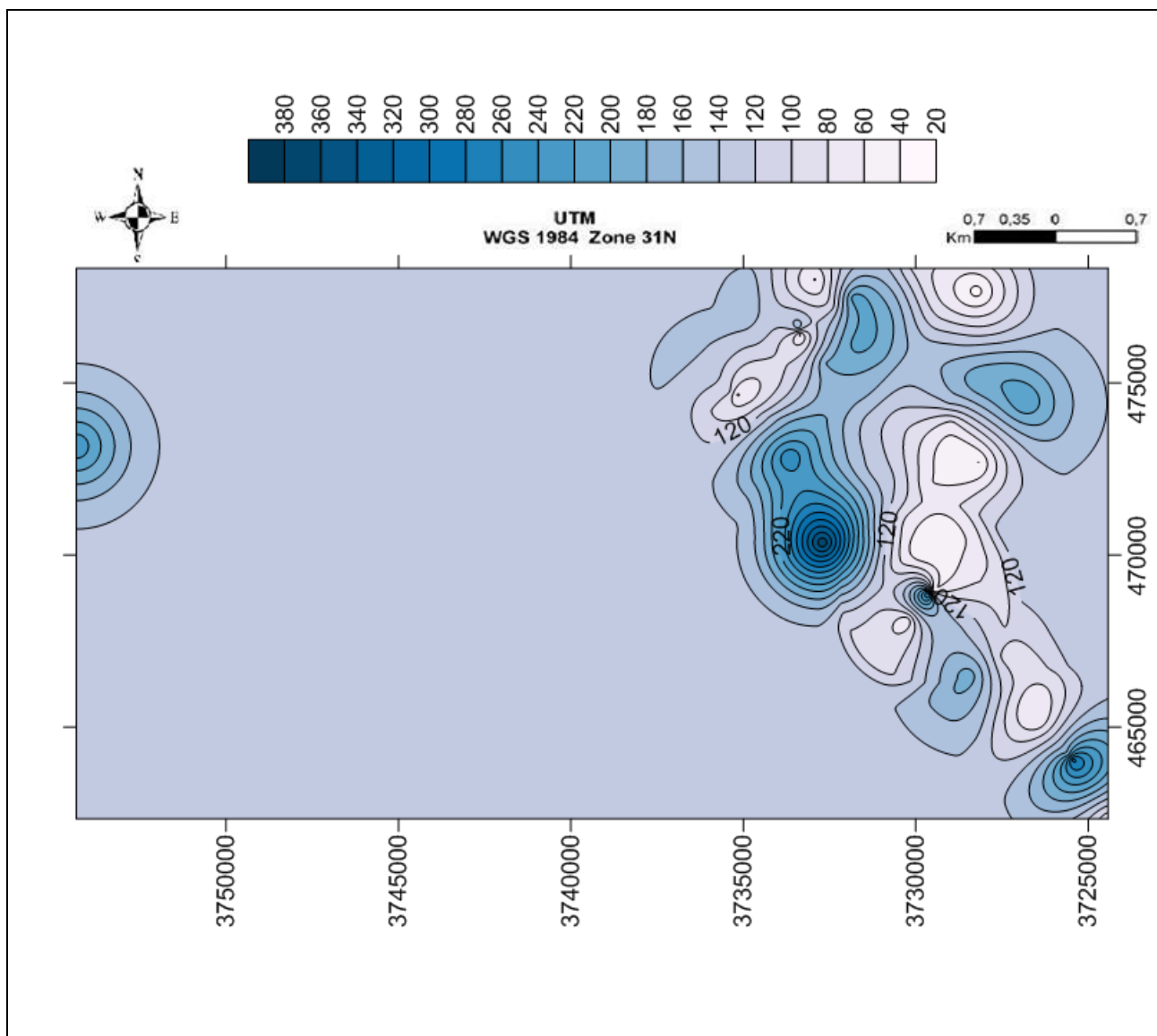


Figure 35: Carte de l'évolution de la capacité maximale du transport éolien en (kg/m^2) dans la zone d'étude.

Chapitre III

Résultats

Chapitre IV Discussions**1. Le paysage dans la zone d'étude**

Notre étude a été effectuée au niveau de deux unités géomorphologiques identifiées pendant notre période de travail, cette représentation reflète une anthropisation de la steppe par la transformation des zones de parcours en zone de céréaliculture aléatoire.

2. Les paramètres du sol et sa couverture dans la zone d'étude**2.1. Le Sol****2.1.1. La texture du sol (sables, limons, argiles)**

Les résultats obtenus par l'analyse granulométrique sont en accord avec celle de la littérature, nombreux auteurs ont décrit la nature du sol des régions steppiques de l'Algérie. (Lelubre, 1952 ; Aubert, 1976 ; Gardi, 1973 ; Halitim, 1988 ; Taïbi, 1997).

L'analyse du sol n'a concerné que les deux premiers centimètres de la surface qui est concernée par l'érosion éolienne. La partie superficielle du sol est dans sa majorité sableuse, avec de faible teneur en argile et en limon. Les sables dominent à plus de 84 %. Les fractions limoneuse et argileuse sont présentes avec de faibles taux, la raison probable est les apports alluvionnaires d'Oued M'zi (Khadraoui, 2004). Les sols de la wilaya sont en majeure partie d'apport éolien beaucoup plus qu'apports alluviales, peu évolués, à texture légère à teneur faible en matière organique présentant ainsi des contraintes pour l'agriculture (C.D.F, 2012).

2.1.2. Les carbonates de calcium

Les résultats de mesures de CaCO_3 s'accordent avec les résultats des différents travaux qui ont été fait dans les régions de la steppe Algérienne. Nombreux auteurs confirment que les sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire (Halitim, 1988).

D'après Khadraoui (2004), la région de Laghouat se distingue principalement par trois grands ensembles, l'un se caractérise par les piémonts de l'Atlas saharien, le second par la plaine alluviale de l'Oued M'Zi et l'autre par un plateau à surface plane avec une charge

caillouteuse en surface, ces sols sont généralement peu profonds. Les roches mères de ces sols sont le plus souvent constituées par des formations marneuses et calcaires ce qui explique la richesse de ses sols de la zone d'étude en calcaires.

2.1.3. Les matières organiques

Les résultats ont montré des pourcentages de matière organique relativement moyen, ceci est due en grande partie à la méthode d'échantillonnage du sol, nous prélevons avec quelques sédiments des détritiques de végétation et d'animaux et leurs excréments. Le model ne s'intéresse qu'à la couche superficielle du sol, toutes les études traitant l'érosion éolienne ne considère que la couche superficielle du sol, plus précisément au niveau des deux premiers centimètres de la surface du sol.

Les valeurs les plus importantes ont été observées sur les parcelles cultivées, ceci est due en grande partie aux activités humaine, la surface du sol est la partie la plus exposée aux modifications qu'apporte les activités humaines, notamment le pâturage. Nous avons aussi remarqué des traces de piétinements, d'ovins et de bovins, autour et sur pratiquement tous les points de mesure, ceci d'une part mais également aux chutes probables de parties de la végétation (feuilles, tiges...) qui s'est développée après les pluies. Ceux-ci sont à l'origine des apports de la matière organique que nous avons mesurée.

2.2. La couverture du sol

2.2.1. Végétation dans la zone d'étude

L'application de l'indice écologique (richesse totale) a permis d'avoir un aperçu sur l'état de la végétation la zone d'étude durant la période d'étude. La richesse totale en espèces est de 24 espèces, et selon l'échelle de classification proposée par Daget et Poissonet (1991) la zone présente une richesse totale moyenne. La richesse totale révèle que la richesse est raréfiée au niveau les parcours. Ceci est expliqué par la présence des plantes éphémères au printemps, tributaires des conditions climatiques favorables à leur développement qui avaient lieu entre les périodes durant lesquelles nous avons fait nos mesures sur le terrain, et qui disparaissent très rapidement après leurs apparitions en fonction des conditions climatiques aussi (Aidoud, 1989).

L'influence des facteurs climatiques sur la répartition et le rendement de la végétation n'est plus à démontrer. Plusieurs auteurs ont traité le climat de l'Algérie, la plupart des travaux concernent surtout les précipitations (Seltzer, 1946 ; Dubief, 1952 ; Gaussen, 1948 ; Chaumont et Paquin, 1971 ; Le Houérou, 1988 ; Djellouli, 1990 ; Daget et Djellouli, 1991 ; Aidoud-Lounis, 1997 ; Hirche *et al.*, 2007 et Hirche, 2010).

La répartition des espèces et des familles est très variable suivant les unités géomorphologiques. En effet, les facteurs édaphiques interviennent sur le développement de la végétation (Chehma *et al.*, 2005). Dans notre zone d'étude, nous avons constaté la dominance de quatre familles : les Asteraceae, les Poaceae, les Brassicaceae et Fabaceae.

Les espèces qui dominent dans la zone d'étude appartiennent aux genres (*Aristida* et *Astragalus*) ce sont des espèces psammophytes rencontrées en zones sableuses (Le Houérou, 1995, Chehma *et al.*, 2005 ; Bensaid, 2006).

La couverture du sol est la combinaison de sa couverture par la végétation photosynthétiquement active, de la couverture du sol par les résidus plats, la charge caillouteuses et de la silhouette des végétaux sur pieds.

D'après Halitim (1988) et Nedjraoui (2003), les steppes sont de vastes étendues couvertes d'une végétation basses très ouverte, caractérisées par un faible couvert végétal.

Le surpâturage conduit à diminuer la couverture végétale et la biomasse (Enne *et al.*, 2004 ; Yong-Zhong *et al.*, 2005 ; Xie *et al.*, 2007). El Kheneg est une zone de transhumance à partir nos observations, le pâturage dans le lieu explique aussi les faibles valeurs de la couverture végétale.

3. Les facteurs intervenant dans le modèle RWEQ

3.1. Le facteur climatique

Pour les 4 facteurs calculés, seuls le facteur climatique (WF) et le facteur de la rugosité, pouvant valoir plus que l'unité. En effet le facteur climatique est très prépondérant dans l'estimation du Q_{max} . Des vitesses de vents plus fortes excédants la vitesse seuil de saltation ont été enregistrées au printemps par notre station météorologique. La méthode d'estimation de ce facteur se base sur les relevés de la station météorologique installée au champ.

L'équation *RWEQ* est en théorie basée sur des valeurs pour une période du printemps 2015. Cependant, une méthodologie d'exploitation des données pour un événement unique a été validée et testée par Fryrear *et al.* (1998 a).

3.2. Le facteur Erodible (EF)

En réalité le facteur Erodible ou la fraction Erodible est un facteur qui prend des valeurs allant de 0 à 1, le facteur erodible (*EF*) estimé en utilisant la formule développée par (Fryrear *et al.*,1994) reliant le facteur *EF* aux propriétés physiques et chimiques du sol. Ceci est peut être expliqué par les intervalles de validité de cette équation empirique (% des sables, % des limons, % des argiles, % de la matière organique et le % des carbonates de calcium) fixées par Fryrear *et al* en1994 lors du paramétrage de cette équation dans des conditions différente que celles des steppes.

Visser *et al.* 2005, sont arrivés à la conclusion que le *RWEQ* appliquée dans un contexte Sahélien n'atteint pas des niveaux de précision satisfaisants car les équations établies pour *EF* et *SCF* ne sont pas représentatives de la situation sahélienne et que les erreurs proviennent majoritairement de *EF* et *SCF*.

3.3. Le facteur d'encroûtement (SCF)

Le facteur d'encroûtement (Soil Crust Factor : *SCF*) prend des valeurs très proches à 1% pour l'ensemble des points. Etant donné que quasiment aucune croûte n'a été observée à l'exception de points de mesures, et donc son importance relative est faible. Par contre, ce facteur peut être supérieur dans certains cas où la teneur en argile est plus importante (Buschiazzo et Zobeck, 2008).

Un moyen de guérir à ceci serait d'intégrer le type de croûte (disponibilité de sédiments) et l'abrasion de cette dernière par des particules transportées par la saltation dans les prédictions d'*EF* et de *SCF*. La topographie, l'intensité des précipitations et la quantité depuis le dernier labour pourraient permettre la prédiction du type de croûte et de sa résistance.

3.4. Le facteur de la couverture de sol (COG)

Le calcul du facteur de la couverture du sol est fonction des trois coefficients de perte en sol (SLR_c , SLR_f et SLR_s). Le facteur de la couverture du sol prend des valeurs allant de 0 à 1, lorsque le sol est nu, (absence de charge caillouteuse, de débris et de végétation), ce facteur prend une valeur maximale et qui vaut à 1. Les valeurs du facteur de la couverture du sol au niveau les deux unités géomorphologiques sont expliquées par le développement de la végétation au printemps d'une part, d'autre part l'apparition des plantes éphémère tributaire des conditions climatiques temporaires. Généralement, les valeurs trouvées sont proches dans les deux unités étudiées mais les plus importantes du facteur, de la couverture du sol ont été observées au niveau des parcelles cultivées à cause justement de leurs faibles éléments en matière de couverture de sol notamment la charge caillouteuses les débris végétaux et la présence d'un très important couvert végétal que les parcours. Des valeurs proches de celles trouvées au niveau les parcelles cultivées ont été également notées au niveau des parcours exposant ainsi le sol à l'action des vents, le défrichage et les labours sont à l'origine d'une couverture de sol quasi-absente.

3.5. La rugosité (K')

La rugosité estimée à l'aide d'un rugosimètre à aiguilles pour les deux unités géomorphologiques qui montre qu'elle est faible et ne dépasse pas les 3 cm, dans notre zone d'étude. Nos résultats sont en accord avec ceux mesurés par (Fryrear, *et al.*, 1998 b) aux États-Unis, (Tidjani, 2008) dans un contexte sahélien. Les valeurs de rugosité les plus importantes sont observées au niveau des parcours, à cause de la charge caillouteuse. Tandis que les valeurs les plus basses ont été observées au niveau des parcelles cultivées à cause du retournement et de l'émiettement du sol.

4. La capacité de transport maximale de sédiments (Qmax)

Les résultats ont montré que la capacité de transport maximale des flux de sédiment est plus importante au niveau les parcelles cultivées que les parcours dans notre période d'étude. Ceci est peut-être expliqué par l'effet de la végétation qui est plus développée sur les parcelles cultivées que sur les parcours. Un développement de la végétation explique cette différence, notamment en hauteur qui est significativement différent, les valeurs de la

silhouette végétale qui fait intervenir dans son calcul la hauteur et le nombre et le diamètre des plants (la silhouette de la plante). Nombreuses études ont porté sur l'effet de la végétation et la couverture du sol d'une manière générale que ça soit par la végétation vert, les résidus végétaux et la silhouettes, sur le rôle prépondérant que joue cette dernière sur la diminution de l'érosion éolienne (Siddoway et Woodruff, 1965 ; Skidmore *et al.*, 1966 ; Fryrear et Armbrust, 1968 ; Bilbro et Fryrear, 1994 ; Sterk, 1997 ; Biielders *et al.*, 2000 ; Biielders *et al* 2002 et Biielders *et al.*, 2004 ; Rajot *et al.*, 2009). D'autre part, la rugosité est presque à la même valeur dans les deux unités géomorphologique, et ce qui a induit une augmentation de la capacité de transport maximale des flux de sédiment. En revanche les résultats du Q_{max} ont montré des valeurs faibles au niveau des parcours à cause de la faible pourcentage de la végétation avec un sol nu, et des valeurs élevés au niveau des parcelles cultivés à cause de la présence de la végétation qui joue un rôle protectrice du sol contre l'érosion éolien et le transport des particules. Dans notre cas les écarts observés sont probablement due à l'anthropisation de la zone, en effet une mauvaise gestion des écosystèmes steppiques entraîne une désertification, une réduction de la diversité et une augmentation de l'érosion (Le Houerou, 1995 ; Maselli, 1995 ; Bourbouze, 2000).

La capacité de transport maximale des flux de sédiment est variable dans les deux unités géomorphologique. Dans notre zone d'étude, la sensibilité à l'érosion éolienne au niveau des parcours est la plus important, ceci est déduit par les valeurs faibles de la capacité de transport maximale des flux de sédiment, une très faible couverture du sol, une végétation quasiment inexistante, des teneurs faibles en argile et carbonates de calcium sont à l'origine d'une grande sensibilité à l'érosion éolienne. La capacité de transport des flux de sédiments est faible dans la zone de Mokrane (Djekidel, 2014) par contre cette capacité est importante dans la zone d'El Kheneg (zone lieu de notre étude).

Les parcelles cultivées ont un important Q_{max} mais elles sont plus sensibles à l'érosion. Nos résultats ont montré que les valeurs les plus élevées en matière de couverture du sol (de charge caillouteuse et une couverture végétale) sont relativement plus importantes sur les parcelles cultivées.

Lors de la validation du modèle *RWEQ*, Fryrear *et al.* (1998b) et Zobeck *et al.* (2001) ont mis en évidence que le modèle *RWEQ* sous-estimait l'érosion éolienne pour 41 tempêtes localisées aux Etats-Unis. Van pelt *et al.* (2004) sont également arrivés à la même conclusion. Le modèle semble donc très bien adapté pour certains endroits et conditions climatiques mais

ne peut pas être une généralisation. Une étude menée dans la pampa d'Argentine par Buschiazzo et Zobeck (2008) montre une sous-estimation de modèle *RWEQ* de l'ordre de 45 % par rapport aux données observées. Cette sous-estimation de l'ordre de 35 à 55 % est confirmée par d'autres travaux (Zobeck *et al.*, 2001 ; Van peltet *al.*, 2004).

Cette forte différence peut en partie s'expliquer par le facteur climatique qui, pour rappel, influence fortement les valeurs prédites. L'estimation de celui-ci n'est peut-être pas validée pour le climat et la région Nord du Sahara. Selon Buschiazzo et Zobeck (2008), l'origine de la différence entre valeurs observées et modélisées n'est pas claire. Ces auteurs pensent en effet que la différence proviendrait de l'utilisation d'équations différentes et des méthodes utilisées dans le calcul du flux de masse horizontal mesuré à l'échelle du terrain. Ils mentionnent également que la hauteur des capteurs de sable peut être en partie responsable de cette variation (Buschiazzo et Zobeck, 2005). D'avantage d'estimations au cours du temps permettront peut-être d'ajuster au mieux ce modèle pour la région de Laghouat.

Peu d'études ont fait l'objet de l'utilisation et de la critique du model *RWEQ* au Sahel ou les conditions naturelles sont proche à celles de notre région. L'étude réalisée par Visser *et al.* (2005) porte sur l'applicabilité du modèle *RWEQ* dans un contexte sahélien. Les valeurs mesurées et les valeurs prédites de Q_{max} sont comparées afin de vérifier si les modèle *RWEQ* est valide dans un contexte sahélien. Une bonne corrélation entre ces valeurs permet l'estimation de la masse de transport (Q). Cette valeur est ensuite comparée à la masse de transport mesurée à l'aide des capteurs de sable et montre que les valeurs de Q_{max} estimés sont supérieurs à celle de Q_{max} calculer ce qui montre la validité de l'utilisation du model numérique *RWEQ* et indique qu'il y a une forte érosion éolien au niveau notre région.

Les facteurs intervenants dans le *RWEQ* prennent dans le Sahel des valeurs similaires à celles établies à l'origine dans le contexte des Etats-Unis. De plus, le modèle est adapté à une grande variété de climats se retrouvant aux Etats-Unis. On peut donc supposer que des événements convectifs éoliens comparables aux tempêtes convectives du Sahel aient lieu aux Etats-Unis (Dogget *et al.*, 2003). On peut donc s'attendre à ce que l'équation 5 soit valide pour la région sahélienne ou steppique autour du désert du Sahara.

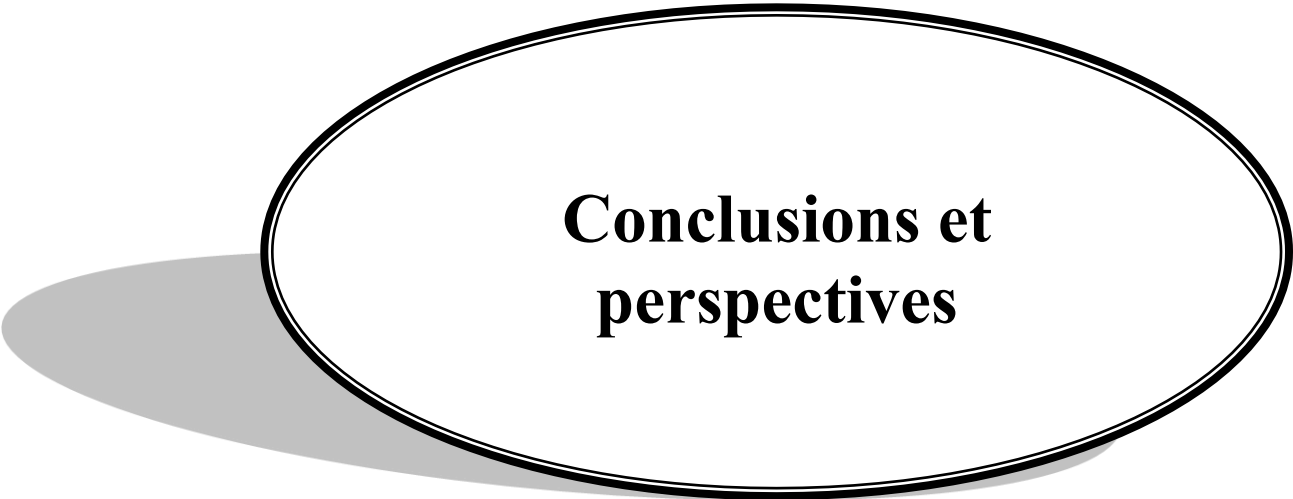
Pourtant, ce modèle suppose l'existence d'une certaine homogénéité de la rugosité, de la couverture végétale et des caractéristiques du sol. Dans le Sahel, la situation est généralement tout autre donc la structure du modèle *RWEQ* devra être modifiée. Par ailleurs,

le calcul des paramètres du modèle demande des connaissances précises (base de données rassemblant les conditions climatiques pour un lieu bien défini) à une échelle très fine. Ces données sont rarement disponibles et devront donc être récoltées par l'expérimentateur.

Les pertes de sol sont considérées comme étant variables sur l'ensemble du champ avec une capacité de transport des particules du sol par le vent maximale à une distance relativement courte de la bordure d'un champ et des pertes de sol négligeables au-delà de cette distance. On constatera un écart important avec les conditions pour lesquelles le modèle a été paramétré en raison de l'absence de bandes non érodible autour de nos points de mesure.

Les auteurs ont donné une conclusion que le *RWEQ* met dans un tel contexte n'atteint pas des niveaux de précision satisfaisants car les équations établies pour *EF* et *SCF* ne sont pas représentatives de la situation sahélienne. Un moyen de remédier à ceci serait d'intégrer le type de croûte (disponibilité de sédiments) et l'abrasion de cette dernière par des particules transportées par saltation dans les prédictions d'*EF* et de *SCF*.

Dans notre cas, des comparaisons entre les flux estimés et les flux calculés doivent être faites. Ceci implique de mobiliser de gros moyens, notamment l'installation de capteurs de sable dans une unité géomorphologique dans Mokrane qui concerne les parcelles cultivées. Néanmoins pour une parcelle cultivée à l'orge en pluvial (Djekidel, 2014) a mesuré des flux bien inférieurs à ceux que nous avons estimé par *RWEQ* dans les processus éoliens. Nous avons pu déduire que le modèle sous estime la quantité maximale de transport de masse et confirme également la sensibilité de la steppe algérienne de l'érosion éolienne.



Conclusions et perspectives

➤ **Conclusions**

Nous avons estimé dans notre étude de terrain durant le mois du Mars 2015 les transports éoliens par utilisation du modèle RWEQ. Les mesures effectuées sur le terrain ont permis de faire les conclusions suivantes :

- Un taux de couverture végétale compris entre 32.1% et 98.9% qui est expliquée par une densité moyenne de la végétation présente dans les lieux pouvant être relativisée à des conditions climatiques agressives dans la zone.
- Au niveau de l'analyse granulométrique qui concerne la partie superficielle du sol et qui présente une dominance des sables à plus de 80% dans sa composition. Également un taux maximum de 24.6% de calcaire présent au niveau du sol de la zone d'El Kheneg. Pour le pourcentage de la matière organique les valeurs trouvées sont expliquées par la présence des résidus et des déchets au niveau de la partie superficielle du sol.
- Le modèle *RWEQ* nous a permis d'estimer la capacité maximale du transport de sédiments Q_{max} . À travers le positionnement des points de mesures, nous pouvons dire que la zone d'El Kheneg ne se comporte pas de la même manière vis-à-vis de l'érosion éolienne. Chaque unité géomorphologique présente un comportement particulier à l'érosion éolienne estimée. Les valeurs les plus élevées Q_{max} ont été estimées au niveau des parcelles cultivées, des valeurs moins importantes sont estimées au niveau des parcours qui sont des parcours dégradé.
- À partir la distribution des points de mesure des deux unités géomorphologique nous a permet de conclure que la zone présente une sensibilité à l'érosion éolienne.
- L'effet de la couverture du sol, notamment par la végétation est l'un des paramètres les plus importants influençant dans la zone d'étude vis-à-vis à l'érosion éolienne.

➤ **Perspectives**

- Les résultats obtenus concernent notre zone d'étude, mais il est nécessaire de faire ces estimations au niveau de plus des unités géomorphologiques. En plus d'appliquer les méthodes utilisées sur terrain surtout qui touche la couverture végétale et même la rugosité du sol.
- Le model utilisé dans notre étude *RWEQ* nous a permis de mesurer et de trouver des résultats bien satisfaisants pour les différents facteurs mesurés, pouvant être utilisés dans les études qui concernent les transports et la caractérisation des flux des sédiments à partir des capteurs de sable afin de faire une comparaison entre les flux de masse estimés et les flux de masse mesurés.

**Références
bibliographiques**

References bibliographiques

- **Aidoud, A. 1983.** *Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud Oranais.* Thèse de Doctorat. 3ème cycle. USTHB, Alger. 255p.
- **Aidoud, A., 1989.** *Les écosystèmes steppiques pâturés d'Algérie : fonctionnement, évaluation et dynamique des ressources végétales.* Thèse Doct., Univ. Sci. Technol. H. Boumediene, Alger, 250p
- **Aidoud-Lounis, F., 1997.** *Le complexe à alfa-armoise-sparte (Stipa tenacissima L., Artemisia herba-alba Asso., Lygeum spartum L.) des steppes arides d'Algérie ; structure et dynamique des communautés végétales.* Thèse Doctorat ES Science, Univ. Aix-Marseille III, France, 214 p. + Ann
- **Aubert, G., 1976.** *Les sols sodiques en Afrique du Nord.* Annales INA, VI, N° 1, pp: 185-196.
- **Bagnold, R.A., 1941.** *The physics of blown sand and desert dunes.* Chapman and Hall, London 256.
- **Bales, C.L.K. et Neville, P.R.H., 2002.** *Modelling soil erosion sensitivity using digital image processing.* Automation Congress, 2002. Proceedings of the 5 Biannual Word, 13:83-93
- **Bensaid, A., 2006.** *Sig et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride: le cas de la wilaya de Naama (Algérie).* Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier-Grenoble, 229 p.
- **Bensouilah.R. 2003.** *La lutte contre la désertification dans la steppe algérienne : les raisons de l'échec de la politique environnementale.* Communication aux 15^{èmes} Journées de la Société d'Ecologie Humaine. Marseille, 11-12 décembre 2003.
- **Bielders, C.L., Michels, K., Rajot, J.L., 2000.** *On-Farm Evaluation of Ridging and Residue Management Practices to Reduce Wind Erosion in Niger.* Soil Science Society of America Journal 64, 1776-1785.
- **Bielders, C.L., Rajot, J.R., Amadou, M., 2002.** *Transport of soil and nutrients by wind in bush fallow land and traditionally managed cultivated fields in the Sahel.* Geoderma 109, 19-39.

- **Biielders, C.L., Rajot, J.R., Karlheinz, M., 2004.** *L'érosion éolienne dans le Sahel nigérien : influence des pratiques culturelles actuelles et méthodes de lutte.* Sécheresse 15, 19–32.
- **Bilbro, J.D. et Fryrear, D.W., 1994.** *Wind erosion losses as related to plant silhouette and soil cover.* Agron. J.86(3): 550-553
- **BOUALLALA.M, CHEHMA.A. 2011.** *BIODIVERSITE ET PALATABILITE DES PLANTES DES PARCOURS CAMELINS A TALH « ACACIA RADDIANA » DANS LA REGION DE TINDOUF (ALGERIE.* Laboratoire Bioressources sahariennes. Préservation et valorisation, Université Kasdi-Merbah Ouargla (Algérie). Vol 1 N 2. Revue des BioRessources.P 57-58
- **Bourbouze, A., 2000.** *Pastoralisme au Maghreb : la révolution silencieuse.* Ciheam / IAM de Montpellier 19 p.
- **Bouzid. S. 2005.** *Validation du modele global GOCART de NASA et son apport à l'étude des variations mensuelle des phénomènes de sable sur le sahara Algérien.* Centre régional africain des sciences et technologie de l'espace en longue française- Rabat- MAROC- mémoire de master en sciences et technologie de l'espace. Option : météorologie spatiale et climat mondial 2005.
- **Brifaux, G., 1991.** *Pratique de l'expérimentation aux champs, cas des céréales,* ITCF, 95p .France
- **Buschiazzi, D.E., Zobeck, T.M., 2008.** *Validation of WEQ, RWEQ and WEPS wind erosion for different arable land management systems in the Argentinean Pampas,* Earth Surface Processes and Landforms 33, p1839–1850 (2008)
- **Buschiazzi, DE., Zobeck, TM., 2005.** *Airborne horizontal mass flux calculated with different equations.* 2005, Annual ASAE Annual International Meeting, Tampa, Florida, 17–20 July.
- **C.D.F, 2012.** *Conservation des forets Laghouat,* 5p.
- **Caplat, G., 2008.** *Modèles et Métamodèles.* Presses polytechniques et universitaires romandes, INSA Lyon, p. 197
- **Chaumont, M. et Paquin, C., 1971.** *Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500.000.* Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger, 24p. + Cartes (4 feuilles).
- **Chaussode,R. 1992 :** *la qualité biologique de sol*
- **Chehma, A., Djebbar, M.R., Hadjaiji, F., Rouabeh, L., 2005.** *Étude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du sud-est algérien.* Sécheresse. 16, 4, 275-85.

- **Chepil ,W.S., 1955.** *Factors that influence clod structure and erodibility of soil by wind: IV.Sand, Silt and Clay.* Soil science, 80: 155-162
- **Chepil, W.S. 1962.** *A compact rotary sieve and the importance of dry sieving in physicalsoilanalysis.* SoilSci. Soc. Am. Proc. 26(1).p4-6.
- **Chepil, W.S., 1944.** *Utilization of crop residues for wind érosion control.* Science in Agriculture, 24: 307-319.
- **Cooke, R.U., Warren, A. et Goudie, A.S., 1993.** *Desert geomorphology.* London, ECL Press, 526 pages.
- **D.S.A : Direction des Services Agricoles. 2011.** *Schéma directeur de la wilaya. Laghouat.* 108 p.
- **Daget, Ph. et Djellouli, Y., 1991.** *Le climat méditerranéen change-t-il ? La séchresse à Alger au cours des cent dernières années?* Pub. Assoc. Intern. Climatologie, 4, 187-195.
- **Daget, Ph., 1980.** *Recherche d'écologie théorique sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative (cas de thérophytes) in recherche d'écologie théorique, stratégie adaptative (éd. BARBAUT, P. BLANDIN, J. A. MEYER).* Maloine. Paris. p. 89-114.
- **Daget, Ph., Poissonet, J., 1971.** *Une méthode d'analyse phytologique des prairies, Critère d'application.* Ann. Agron., vol. 22, n. 1. p. 5-41.
- **Dictionnaire Hachette., 2012.** Disponible sur <http://dictionnaire.reverso.net/francais-definition/hachelte>
- **Djebaili S., Djellouli. Y. et Daget P., 1989.** *Les steppes pâturées des Hauts Plateaux algériens.* Fourrages.120: 393-400.
- **Djekidel, S., 2014.** *Analyse des sédiments éoliens d'une parcelle cultivée à l'orge en pluviale.* Mem Ingenieur.Université de Laghouat. p50
- **Djellouli, y., 1990.** *Flores et climats en Algérie septentrionales, déterminismes climatiques de la répartition des plantes.* Thèse doctorat. USTHB, Alger. 210 p.
- **Dogget, A.L., Gill, T.E., Peterson, R.E., Bory, A.J.M.et Biscaye, P.E. 2003.** *Meteorological characteristics of a severe wind and dust émission eve.nl; soutliwestern USA, 6-7 April 2001.*
- **DPSL :Direction de Planification et des Statistiques., 2010.** *Direction de la planification de wilaya de Laghouat. 2010.Monographie de la wilaya de Laghouat, rapport annuel 2010 ,305 p.*

- **Dubief, J.,1952.** *Le vent et le déplacement du sable au Sahara.* Travaux de l'institut de Recherches Sahariennes. t. VIII, p123-162
- **Duchauffour, PH., 1977.** *Pédologie, Pédogenèse et classification.* Tome I, Edition: Masson, Paris, 477p.
- **Dulac.** 2005. *Erosion éolienne à Kerguelen et transfert atmosphérique au milieu marin.* Université de Paris VII. Master AQA recherche II atmosphère et qualité de l'air. Rapport de stage: YU Jingmei. Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques. 05-06 P
- **Enne, G., Zucca, C., Montoldi, A. et Noe, L., 2004.** *The role of grazing in agropastoral systems in the mediterranean region and their environmental sustainability.* Advances in GeoEcology, 37, 29-46
- **Eric.R, SABIR.M, LAOUINA, et al. 2010.** *Gestion durable des eaux et des sols au Maroc.* Maeseille. IRD (Institut de Recherché pour le Divolement). P22
- **Fauck.R.** 1964. *Eléments de conservation des sols et de lutte contre l'érosion.*Ecole nationale des cadres ruraux. Section des Eaux et forêts. Senegal. 10-11-12-20 P.
- **François. F.2007.** *Etude de quelques aspects du transport éolien des matériaux granulaires: Processus de saltation et formation des rides.* Submitted on 18 Dec 2007. Physics. Universit_e Rennes 1, 2002. French. HAL. <https://tel.archives-ouvertes.fr/>.
- **Fryrear D.W, Saleh A. et Bilbro J. D., 1998 a.** *A single eventwinderosion model Transaction of the American Society of Agricultural Engineers.* vol 41(5): p1369-1374
- **Fryrear, D. W. et Armbrust D. V., 1968.** *Wind erosion control with cotton gin trash.* Texas Agr. Exp. Sta. Consolidated PR-2621:12-13
- **Fryrear, D.W et Saleh, A., 1996.** *Wind erosion: Field length.* Soil Sci. 161(6):398-404.
- **Fryrear, D.W., Ali Saleh, J.D. Bilbro, H.M. Schomberg, J.E. Stout, and T.M. Zobeck.** 1998 b. *Revised Wind Erosion Equation (RWEQ).* Wind Erosion and Water Conservation Research Unit, USDA-ARS, Southern Plains Area CroppingSystemsResearchLaboratory. Technical Bulletin No. 1.

- **Fryrear, D.W., Krammes ,C.A., Williamson ,D.L et Zobeck, T.M., 1994.** *Computing the wind erodible fraction of soils.* J. Soil Water Conserv. 49(2): 183-188.
- **Gardi, R., 1973.** *Sahara.* Ed: Kummerly et Frey, Paris, 3ème Edition. 49-51pp
- **Gaussen, H., 1948.** *Carte des précipitations annuelles de l'Algérie.* I.G.N.
- **Ghazi, A. et Lahouati, R., 1997.** *Algérie 2010, sols et ressources biologiques.* Alger: Institut national des études de stratégie globale (INESG), 39p.
- **Gillijns.K, Govers.G ,Poesen.J, Mathijs.E et Biielders.B.** 2005. *Erosion des sols en Belgique.* Institut royal pour la Gestion durable des Ressources naturelles et la Promotion des Technologies propres, ASBL : Sous la présidence de Son Altesse Royale le Prince Laurent de Belgique.N°10. Belgique. 05P
- **Goffin.N.** 2009. *Impact de la mise en culture sur l'érosion éolienne à Laghouat, Algérie.* Mémoire de bio-ingénieur en sciences et technologie de l'environnement : université catholique de Louvain. Pagination 12-20p
- **Hagen, L.J., 1999.** *Wind Erosion Prédiction System: Erosion Submodel.* 50lh International SymposiumAVorkshop on Wind Erosion, USDA et Kansas State University, 9 p.
- **Hagen, L.J., Skidmore, E.L et Saleh, A., 1992.** *Wind érosion: Prédiction of aggregate abrasion coefficients.* Trans. ASAE. 35(6): 1847-1850
- **Halitim, A., 1988.** *Les sols des régions arides d'Algérie.* Ed. OPU, Algérie, 384p.
- **Hillel, D.J., 1991.** *Out of the earth: Civilization and the life of the soil.* The Free Press, New York.
- **Hirche, A. R., 2010.** *Contribution à l'évaluation de l'apport de la télédétection spatiale dans la dynamique des écosystèmes en zones arides : cas du sud oranais.* Thèse Doctorat. Es Science, USTHB. Alger, 327 p. + Ann.
- **Hirche, A., Boughani, A. et Salamani, M., 2007.** *Évolution de la pluviosité annuelle dans quelques stations arides algériennes.* Sécheresse 18 (4), 314-20.
- **Kardous.M.**2005. *Quantification de l'érosion éolienne dans les zones arides tunisiennes : approche expérimentale et modélisation.* Thèse de doctorat en sciences : école doctorale sciences et ingénierie, matériaux, modélisation, environnement.

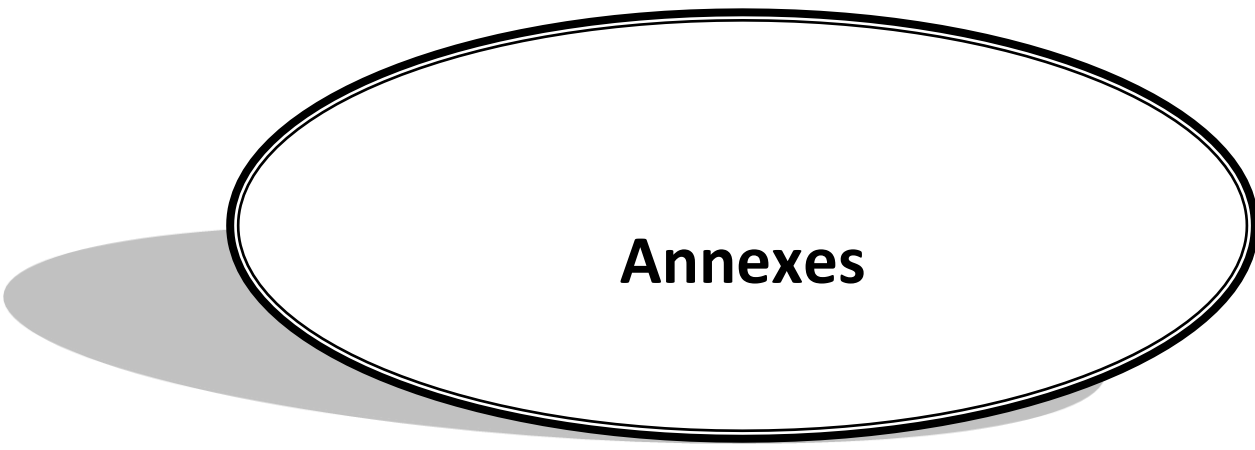
- **Khadraoui, A., (2004).** *Eaux et sols en Algérie (Gestion et impact sur l'environnement)*.Ed. Houma. Ouargla. Algérie, 393p.
- **Khaldoun A. 2000.**Evolution technologique et pastoralisme dans la steppe algérienne : le cas du camion Gak en Hautes-Plaines occidentales. In: Bourbouze A.(ed.), QarroM. (ed.). *Rupture : nouveaux enjeux, nouvelles fonctions, nouvelle image de l'élevage sur parcours*. Montpellier : CIHEAM, p. 121 -127 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 39).
- **Lahmar, R. et Ruellan, A., 2007.** *Dégradation des sols et stratégies coopératives en Méditerranée : la pression sur les ressources naturelles et les stratégies de développement durable*. Cahiers Agricultures vol. 16, n°4, 318-323, juillet-aout 2007.
- **Le Floc'h, E., 2008.** *Guide méthodologique pour l'étude et le suivi de la flore et de la végétation* .Ed .Roselt/OSS., montpellier ,174
- **Le Houérou, H.N., 1988.** *Inter-annual variability of rainfall and its ecological and managerial consequences on natural vegetation, crops and livestock in : time scales and water stress*. DI CASTRI et al. Ed. I.U.B.B., Paris, 323-326.
- **Le Houerou, H.N., 1995.** *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique- Diversité biologique, développement durable et désertisation*. Options méditerranéennes. CIHEAM. Montpellier Série B : Etudes et recherches n° 10, 397p
- **Le Houérou, H.N., 2005.** *Problèmes écologiques du développement de l'élevage en région sèche*. Sécheresse (Paris), vol. 16, no 2, pp. 89-96.
- **Lelubre, M., 1952.** *Conditions structurales et formes de relief dans le Sahara*. Ed: Inst. Rech. Saha., Alger, Tome VIII. pp.189 -190.
- **M A D R. 2006.** *Direction des statistiques agricoles et systèmes d'information. Rapport sur la situation du secteur agricole*.Alger. 77 pp.
- **Mainguet, M. & Dumay F., 2011.** *Fighting wind erosion: one aspect of the combat against desertifi- cation*. Les dossiers thématiques du CSFD. N°3. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 44 pp.
- **Mainguet, M., 1984.**Le vent, mécanisme d'érosion,de dégradation ,de désertification, T.I.G.R., 59-60, 131-135.
- **Maselli, D., 1995.** *L'écosystème montagnard agro-pastoral de Tagoundaft (haut atlas occidental, Maroc) : ressources, processus et problèmes d'une utilisation*

- durable*.university of Berne, Switzerland, African studies series A 12, Geographica bernensia. 198 p.
- **Mathieu, C., Pieltain, F., 1998.** *Analyse physique des sols, méthodes choisies*. Paris. Ed. Lavoisier, technique et documentation. 275p.
 - **Merzouk.L. 2010.** *Erosion du sol. Société Protectrice des Animaux et de la Nature «SPANNA»*. Projet éducation et de conservation de la biodiversité. Union mondial de la nature « UICN » : l'Afrique du Nord.11M. 01-02 P. spana@spana.org.ma.
 - **Middleton, N. et Thomas, D., 1997.** *World Atlas of desertification*, second édition. London : PNUE/Edward Arnold, 192pp.
 - **Molinier, R., Muller P. 1938.** *La dissémination des espèces végétales*. Revue générale de botanique 50, p. 1-178.
 - **Gamoun.M, Ouled belgacem.A, Hanchi.B, Neffati.M, Gillet.F. 2012.** Effet du pâtreage sur la diversité florestique du parcours arides de sud Tunisienne. Rev. ècol. (Terre vie) vol, 67. P 275-276
 - **Nasr, N.,BenSalem, M., LalaouiRachidi,Y., Benissad,J., and Medouni., Y.2000.** *Mutation des systèmes d'élevage et de gestion des parcours collectifs en zones arides : El Ouara de Tataouine (Tunisie)*.Science et changements planétaires / Sécheresse. Volume 11, Numéro 2, 93-100, Juin 2000, Notes originales.
 - **Nedjraoui, D., 2003.** *Country pasture, forage ressource profils*. ed. FAO. Grassland and pasture crops Algérie, pp: 1-29.
 - **Ozenda, P., 1977.** *Flore du Sahara*.2ème Ed.CNRS. Paris. 15,Quai Anatole-France-75700 Paris.622 p.
 - **Ozenda, P., 1991.** *Flore et végétation du Sahara*. 3e Ed. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
 - **Prospero, J. M., June., 2006.** *Saharian Dust Impacts and Climate Change, case study*. Oceanography Vol. 19, No. 2, p60-61
 - **Quezel, P. et Santa S., 1962.** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS Paris. Tome 1, 565p.
 - **Quezel, P. et Santa S., 1963.** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS Paris.Tome 2, 1170p.
 - **Rajot, J.L., Karambiri, H., Ribolzi, O., Plancon, O et Thiébaux, J.P., 2009.** *Interaction entre érosions hydrique et éolienne sur sols sableux pâturés au Sahel*

- : cas du bassin-versant de Katchari au nord du Burkina Faso. Sécheresse, pp. 17-30.
- **Ramade, F., 2003.** *Eléments d'écologie (Ecologie fondamentale)*. 3ème Ed. Dunod, Paris, 690p.
 - **Raoul, C. 2003.** *le sol propriétés et fonctions : phénomène physiques et chimiques application agronomique et environnementale*, édition France agricole tome2, Ed. France agricole, 511 p.
 - **Raunkier, C. 1934.** *Recherches statistiques sur les formations végétales*. Del. Kgl. Danske. Vidsensk. Selskab., biol. Med., vol. 1, p. 3-80.
 - **Richard.G. 2008.** *Degradation physique des sols agricoles et forestiers liée au tassement : impact, prévision, prévention, suivi, cartographie*. INRA Centre de Recherche d'Orléans - Unité de Science du Sol 2163 Avenue de la Pomme de Pin - CS 40001 ARDON 45075 ORLEANS Cedex 2 – France. N° de contrat : CV 05000013, Date du contrat : 25/05/2005. 04 P. Guy.Richard@orleans.inra.fr.
 - **Rochez, B., 2010.** *Impact de la mise en culture sur l'érosion éolienne à Laghouat, Algérie*. Mémoire de Master. UCL .129p.
 - **Roose.E. 1997.** *Méthodes de mesure des états de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider de diagnostic de terrain des risques de ruissellement et dérosion, en particulier sur les versants cultivés des montagnes*. ORSTOM-laboratoire d'étude de comportement des sols cultivés-BP 5045- Montpellier. 93 P.
 - **Seltzer, P., 1946.** *Le climat de l'Algérie*, Univ. d'Alger, IMPG Carbonnel, Alger.
 - **Shao, Y., 2000.** *Physics and Modelling of wind erosion. Atmospheric and Oceanographic sciences, Library*. Kluwer academic publisher 128p.
 - **Sheikh, M.I. 1988.** *Planting and establishment of windbreaks in Arid Areas*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 22/23: 405-423.
 - **Skidmore, E.L., Nossaman, N.L et Woodruff, N.P., 1966.** *Wind erosion as influenced by row spacing, row direction, and grain sorghum population*. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30(4): 505-509.
 - **Snouci.L. 2011.** *Contribution à l'étude de l'exploitation agricole d'un périmètre dans la région de Laghouat (cas du périmètre agricole de mokrane)*. Mémoire d'ingénieur. Université Amar Télidji de Laghouat. 20p, 21p, 22p.

- **Sterk, G. 1997.** *Wind érosion in the Sahelian zone of Niger: Processes, models, and control techniques.* Thèse, Erosion and Soil et Water Conservation Group, Wageningen Agric. Univ., Wageningen, Pays-Bas 151
- **Stolte, J., 2003.** *effects of land use and infiltration behavior on soil conservation strategy.* PhD Thesis, Wageningen university, Netherlands
- **Stone R. P. et Moore N., 1996,** *Control of Soil Erosion*, OMAFRA, Factsheet No. 86-092, <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/95-089.htm> consulté en Juin 2009
- **Taibi, A.N., 1997.** *Le piémont sud du djebel Amour (Atlas saharien, Algérie), apport de la télédétection satellitaire à l'étude d'un milieu en dégradation.* Université Denis Diderot. Paris VII, Thèse de Doctorat, 310 p.
- **Tidjani, A. D. (2008).** *Erosion éolienne dans le Damagaram Est (Sud-Est du Niger) :133 Bibliographie Paramétrisation, quantification et moyens de lutte.* Thèse de doctorat. Université catholique de Louvain-la-neuve, Belgique.
- **Toy.T J, Foster G. R, Renard.K. G. 2002.** *Soilerosion, prcesses, prediction, measurement, and control.*
- **UNEP.2012.** *Sahel Atlas of Changing Landscapes: Tracing trends and variations in vegetation coverand soil condition.* United Nations Environment Programme, Nairobi.96 pp.
- **UNIFA. 2005.** *Principaux éléments fertilisants.* Edition 2005. 01-06 P
- **USDA- Agricultural Research Service,. 1961.** *A universal equation for measuring wind erosion*, USDA-ARS. 22-69, 22p
- **Van Pelt, R.S., Zobeck, T.M., Potter, K.N., Stout, J.E. et Popham, T.W., 2004.** *Validation of the wind erosion stochastic simulator (WESS) and the revised wind erosion equation (RWEQ) for single events.* Environmental Modelling and Software 19: 191–198.
- **Visser, S.M., Stroosnijder, L., Chardon, W.J., 2005.** *NutrientLosses by Wind and Water Measurements and Modelling.* Catena 63, 1-22.
- **Windisch, E. J., 1999.** *Mécanique des sols. Essais de laboratoire.* École de technologie supérieure. 108p.
- **Woodruff, N.P. and F.H. Siddoway. 1965.** *A wind erosion equation.* Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29(5):602-60

- **Xie, Y. et Wittig, R., 2004.** *The impact of grazing intensity on soil characteristics of Stipa grandis and Stipa bungeana steppe in NorthChina (autonomous region of Ningxia).* *Acta Oecologica*, 25, 197-204
- **Yong-Zhong, S., Yu-Lin, L., Jian-Yuan, C. et Wen-Zhi, Z., 2005.** *Influences of continuous grazing and livestock exclusion on soil properties in a degraded sandy grassland, Inner Mongolia, northern China.* *Catena*, 59, 267-278
- **Zingg, A.W., 1953.** *Some characteristics of aeolian sand movement by saltation process.* pp. 197-208. Editions du centre National de la Recherche Scientifique 13. Quai Anatole France, Paris, (7e) : 197-208
- **Zobeck ,TM., van Pelt, RS., Stout, JE., Popham, TW. 2001.** *Validation of the revised wind erosion equation (RWEQ) for single events and discrete periods.* *Proceedings of the International Symposium on Soil Erosion Research for the 21th Century*, 3–5 January, Honolulu; 471–474

A large, horizontally-oriented oval with a double black border. It has a soft, gray shadow cast to its left and slightly forward, giving it a three-dimensional appearance as if it's a shallow dish or a floating plane.

Annexes

Annexe I

Tableau 1 : résultats du test ANOVA pour les sables

Facteur	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0.003021	0.003021	0.16	0.692
Erreur	36	0.682107	0.018947		
Totale	37	0.682107			

Tableau 2 : résultats du test ANOVA pour les limons

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0.006234	0.006234	0.72	0.401
Erreur	36	0.310598	0.008628		
Totale	37	0.316832			

Tableau 3 : résultats du test ANOVA pour les argiles

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0.000472	0.000472	0.09	0.761
Erreur	36	0.181640	0.005046		
Totale	37	0.182113			

Tableau 4 : résultats du test ANOVA pour la matière organique

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0.00000	0.00000	0.06	0.811
Erreur	36	0.000288	0.000008		
Totale	37	0.000289			

Tableau 5 : résultats du test ANOVA pour le CaCO₃

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0.002580	0.002580	1.29	0.263
Erreur	36	0.071904	0.001997		
Totale	37	0.074484			

Tableau 6 : résultats du test ANOVA pour le CC

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0,01220	0.012204	11.14	0.002
Erreur	36	0,03945			
Totale	37	0.05156			

Tableau 7 : résultats du test ANOVA pour le SC

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0,004744	0,004744	0.21	0.648
Erreur	36	0,807370	0,022427		
Totale	37	0,812115			

Tableau 8 : résultats du test ANOVA pour le SA

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0.0000	0.0000	0.02	0.878
Erreur	36	0.000436	0.000012		
Totale	37	0.000436			

Tableau 9 : résultats du test ANOVA pour K'

Facteurs	SC	Ddl	MC	F	P
UG	1	0,5571	0,5571	0,86	0.360
Erreur	36	23,3315	0,6481		
Totale	37	23,8886			

Tableau 10 : résultats du test ANOVA pour le EF

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0,000733	0,000733	0.34	0.566
Erreur	36	0,078716	0,002187		
Totale	37	0,079450			

Tableau 11 : résultats du test ANOVA pour le SCF

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0.000000	0.000000	0.27	0.608
Erreur	36	0.000001	0.000000		
Totale	37	0.000001			

Tableau 12 : résultats du test ANOVA pour le SRLf

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0.000009	0.000009	0.21	0.647
Erreur	36	0,001518	0.000042		
Totale	37	0,001527			

Tableau 13 : résultats du test ANOVA pour le SRLs

Facteurs	SC	ddl	MC	F	P
UG	1	0,001321	0,001321	152.84	0.000
Erreur	36	0,000311	0,000009		
Totale	37	0,001632			

Tableau 14 : résultats du test ANOVA pour le SRLc

Facteurs	SC	Ddl	MC	F	P
UG	1	0,5230	0,52303	15.95	0.000
Erreur	36	1,1804	0,03279		
Totale	37	1,7035			

Tableau 15 : résultats du test ANOVA pour COG

Facteurs	SC	Ddl	MC	F	P
UG	1	0,5382	0,53820	17.00	0.000
Erreur	36	1,1396	0,03166		
Totale	37	1,6778			

Tableau 16 : résultats du test ANOVA pour Qmax

Facteurs	SC	Ddl	MC	F	P
UG	1	47003	47003	8.31	0.007
Erreur	36	203576	5655		
Totale	37	250579			

Annexe II

Tableau 17 : la liste recensé de type biologique des espèces de la zone d'étude

Espèces	Type biologique
<i>Astragalus armatus</i>	Chamiphytes
<i>Thymeleae microphylla</i>	Chamiphytes
<i>Thymeleae hirsuta</i>	Chamiphytes
<i>Aristida pungens</i>	Thérophytes
<i>Peganum harmala L</i>	Hémicrophytes
<i>Erodium moschatum</i>	Thérophytes
<i>Eromobium.sp</i>	Thérophytes
<i>Picris coronopifolia</i>	Thérophytes
<i>Atractylis serratuloides</i>	Thérophytes
<i>Plantago albicans</i>	Hémicrophytes
<i>Silenea renarioides</i>	Thérophytes
<i>Bromus rubens</i>	Thérophytes
<i>Eruca visicaria</i>	Thérophytes
<i>Launeae residifolia</i>	Thérophytes
<i>Cleome arabia</i>	Thérophytes
<i>Schimus barbatus</i>	Thérophytes
<i>Malcolmia aegyptiaca</i>	Thérophytes
<i>Ifloga spicata</i>	Thérophytes
<i>Didesmus bipinnatus</i>	Thérophytes
<i>Retama retam</i>	Nanophanérophytes
<i>Megastama pusillum</i>	Thérophytes
<i>Echinops spinosus</i>	Thérophytes
<i>Ononis spirata</i>	Thérophytes
<i>Euphorbia guyoniana</i>	Thérophytes

(BOUALLALA *et al*, 2011 ; Gamoun *et al*, 2012)

Résumé

Dans la région de Laghouat siège de notre travail, le vent est actif à longueur d'année, combiné à des pratiques anthropiques aléatoires, il est généralement parmi les causes principales de la dégradation des terres steppiques. Le modèle *RWEQ* (Revised Wind Erosion Equation) a été utilisé pour estimer les pertes en terre dans une zone qui se situe à 7 km à l'ouest de la zone d'étude. La zone est mitoyenne avec la commune d'El Kheneg, c'est un passage de transhumance pour des milliers de têtes d'ovins, aussi elle est un territoire de défrichements et de céréalicultures aléatoire. Notre travail a lieu pendant le mois de Mars 2015. L'étude de terrain s'est faite dans 38 points de mesure partagées entre deux unités géomorphologiques. Une station météo (CR1000) est installée dans le lieu permet d'estimer le facteur du vent qui est de 4.14. concernant les analyses de sol, ils montrent que le sol des points de mesure présente une texture légère avec plus de 80% de sables. La fraction érodible est variable entre 28.9% et 55.6%. La rugosité du sol est mesurée à l'aide d'un rugosimètre à aiguille donne une hauteur maximale de 3.7 cm. Les relevés de la couverture végétale présente un taux maximal de couverture du sol est de 38.9%. le facteur d'encroustement (SCF) présente des valeurs proches à 1. Les flux maximum estimés par *RWEQ* présente des valeurs comprises entre 47.9 (kg/m²) à 377.07 (kg/m²), le modèle *RWEQ* confirme également la sensibilité de l'érosion éolienne et la dégradation des sols dans cette région.

Mots clés : érosion éolienne, cartographie, *RWEQ*, dégradation du sol, Laghouat.

خريطة النقل الريحي باستعمال علاقة تجريبية في منطقة الاغواط

ملخص

في الاغواط مركز اباحتنا، تكون الرياح نشطة على طول السنة، مع ممارسة الانسان الغير مدروسة غالبا ما يكون السبب في تدهور الاراضي السهبية. تم استعمال المعادلة (علاقة التعرية المعدلة) *RWEQ* لتقدير خسائر التربة في المنطقة التي تقع على بعد 7 كم من الجانب الغربي لولاية الاغواط. المنطقة مشتركة مع بلدية الخنق. هذه الاخيرة هي منطقة العبور لانتاج الالاف من رؤوس الاغنام، كذلك هي مقاطعة تم فيها نزع الغطاء النباتي و استعمالها للزراعة العشوائية للحبوب. تم اجراء عملنا هذا خلال شهر مارس 2015. تمت الدراسة الميدانية على 38 نقطة موزعة على وحدتين جيومورفولوجية. جهاز الرصد الجوي (CR1000) موجودة في منطقة العمل تسمح بتقدير عامل الرياح المقدر بـ 4.14. اثبتت تحاليل التربة عن تركيب خفيف مع اكثر من 80 % من الرمال في مجمل نقاط العمل. نسبة التربة القابلة للتعرية متغيرة ما بين 28.9% و 55.6%. بواسطة جهاز قياس سطح التربة (Rugosimètre) اعطى اقصى ارتفاع (3.7 سم). بيان مسح الغطاء النباتي اعطى 39.9% كأقصى حد من الغطاء النباتي للتربة. عامل القشرة المغلفة (SCF) اعطى قيمة قريبة من 1. التدفق الاقصى المقدر بواسطة (*RWEQ*) اعطى قيمة تتراوح بين 47.9 (كغ/م²) الى الدراسة للتعرية الريحية و تدهور الاراضي للمنطقة. 377.03 (كغ/م²). المعادلة (*RWEQ*) تثبت حساسية السهوب في المنطقة

الكلمات المفتاح: التعرية الريحية، الخرائطية، *RWEQ*، تدهور الاراضي، الاغواط

- Mapping of wind transport by using empirical model in the Laghouat region.

Abstract

In the region of Laghouat seat of our work, the wind is active throughout the year, combined with random human practices, it is generally among the main causes of land degradation. The *RWEQ* model (Revised Wind Erosion Equation) was used to estimate soil loss in the area that is located at 7 km West over of Laghouat city. Our study was conducted during the month of March 2015. 38 measuring points distribute on the field study which present two geomorphic units. A weather station (CR1000) is installed in place to estimate the factor of the wind which is 4.14. The soil analysis, show that the soil of the measurement points present light texture with more than 80% sand. The erodible fraction varies between 28.9% and 55.6%. Surface roughness measured using a profilometer needle gives maximum of 3.7 (cm). The records of the plant cover has a maximum rate of soil coverage is 38.9%. Factor crusting present values close to 1. The maximum flows estimated by *RWEQ* present values between 47.9 (kg/m²) to 377.07 (kg/m²), the *RWEQ* model also confirms the sensitivity of the area of the site in the steppe to wind erosion and land degradation in this region.

Key words: wind erosion, cartography, *RWEQ*, soil degradation, Laghouat.