



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC

Département de l'Environnement

Diplôme Universitaire de Technologie
Génie Minéral et Environnement
DUT GME

STAGE TECHNIQUE DE FIN D'ÉTUDE

*Etude de l'érosion du sol par des
techniques radiométriques (^{137}Cs et ^7Be)*

Réalisé (e) par :

Louazizi Abdelilah

Lieu de Stage :



Encadré (e) par :

Lahcen Benaabidate et Asmae Nourira

Jury et Date de Soutenance : Le Mardi 23 Juin 2015

Pr. Naoual Rais

Pr. Lahcen Benaabidate

Pr. Abdelali Chaouni

Pr. Driss El Azzab

Pr. Abderrahim Lahrach

Année universitaire 2014 - 2015

Remerciement

J'aimerais adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui m'ont apporté leur

Aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce modeste travail à savoir :

Mr BENABIDATE LAHCEN., enseignante à la FST-F qui a acceptée d'encadrer mon travail et m'aApportée de précieux conseils pour la réalisation de ce mémoire.

Mme NOUIRA ASMAE., doctorante et chercheur à l'Unité Radio-écologie Érosion et Datation Du CNESTEN qui a acceptée d'encadrer mon travail et sans elle je n'aurais pas pu réaliser ce mémoire.

Mr ZOUAGUI ANIS., ingénieur forestier de l'Unité Radio-écologie Érosion et Datation Du CNESTEN pour sa disponibilité et son aide pour réaliser ce mémoire.

Mr KOUROUCH MOHAMED., technicien supérieur de l'Unité Radio-écologie Érosion et Datation pour son aimable accueil dans son bureau.

Le Dr. BENMANSOUR. Chef et Chercheur au CNESTEN qui m'a permis de travailler au sein de Son unité.

Mr NAOULI JAOUAD., du CNESTEN pour son aide et sa grande sympathie tout au long de mon stage.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont aidé à la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

introduction

L'érosion hydrique est composée d'un ensemble de processus complexes et interdépendants qui provoquent le détachement et le transport des particules de sol (Hamma, 2004). La pluie, la nature des sols, l'utilisation du sol et le relief sont des facteurs du ruissellement et de l'érosion qui interagissent de façon complexe dans une série de processus qui peuvent intervenir successivement ou simultanément dans ce phénomène.

L'érosion hydrique se développe plus particulièrement lorsque les eaux de pluie, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Ce refus du sol d'absorber les eaux en excédent apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol ou lorsque la pluie tombe sur une surface saturée (ruissellement par saturation). Ces deux types de ruissellement apparaissent généralement dans des milieux très différents, bien que l'on observe parfois une combinaison des deux. Une fois le ruissellement déclenché sur la parcelle, l'érosion peut prendre différentes formes qui se combinent dans le temps et dans l'espace.

L'érosion hydrique est causée principalement par la pluie, mais l'ampleur de ce phénomène est régie par d'autres facteurs tels que le type de sol, la topographie du terrain, le couvert végétal et les activités humaines.

L'évolution récente des techniques de culture, vers une forte mécanisation des travaux agricoles, a des conséquences à court, à moyen et à long terme. L'effet des techniques culturales est lié au travail du sol et aux multiples opérations requises par l'agriculture moderne. Les façons culturales interviennent surtout par le biais d'un émiettement excessif de la terre.

Sommaire

Remerciement

Introduction

L'organisme d'accueil

Chapitre I : Revue bibliographique

1- Erosion du sol

- Définition de l'érosion

1-1 Facteurs de l'érosion

1.1.1 Facteur topographique

1.1.2 Erosivité des pluies

1.1.3 Couvert végétal

1-2 Processus d'érosion

1.2.1 Le détachement

1.2.2 Le transport

1.2.3 La sédimentation

2- Radioactivités dans le sol

2.1. Radioactivité

2.2. Spectrométrie gamma

3- Granulométrie laser (mastersizer)

Chapitre II : Techniques et méthodes

4- Technique d'Echantillonnage et de prélèvement

4.1 Zone d'étude (Dar Chaoui province de Tétouan)

4.2 Protocole de prélèvement (champs de lentille)

5- Protocole de Préparation des échantillons (prétraitement)

6- Calcule de la radioactivité

Chapitre III : Résultats

7- Activité

8- Texture

Conclusion

Références bibliographiques

Liste des tableaux

Tableau 1 : nombre d'échantillons prélevés à Dar Chaoui

Tableau 2 : Taux d'érosion du sol utilisant le PDM pour le béryllium-7

Tableau 3 : étude granulométrique de (RKSN(Be) T1-1, RKSN(Be) T1-5, RKSN(Be) T1-9)

Liste des figures

Figure 1 : structure du détecteur à germanium

Figure 2 : structure de granulométrie mastersizer2000Malvern

Figure 3 : Le site d'étude « DAR CHAOUI »

Figure 4 : deux transects parallèles dans le champ de lentille semi-conventionnel

Figure 5 : échantillonnage du sol pour le béryllium-7

Figure 6 : échantillonnage du sol pour le césium-137

Figure 7 : prélèvement d'un profil

Figure 8 : mise à l'étuve des échantillons

Figure 9 : broyage manuelle avec un mortier à porcelaine

Figure 10 : Homogénéisation de la fraction fine

Figure 11 : marinelli de 500ml remplie par un échantillon

Figure 12 : exemple de spectre pour un échantillon (RKSN T1-5)

Figure 13: Comparaison de la redistribution de sol du transect avec l'inventaire de référence en utilisant le PDM

Figure 14 : exemple d'analyse d'un

Figure 15 : la texture des trois points sous forme de graphe

L'organisme d'accueil

Le Centre d'Etude Nucléaire de la Maâmora est situé à 22 km au Nord-est de Rabat et à 15 km au Sud-ouest de Kenitra dans la forêt de la Maâmora. C'est un complexe technologique abritant un réacteur de recherche et un ensemble de modules scientifiques et techniques comprenant :

- LSV : Application dans les Sciences du Vivant
- LIAIRI : Instrumentation et Applications Industrielles des Rayonnements Ionisants
- LASTE : Application dans les Sciences de la Terre et de l'Environnement
- SRPE : Sûreté Radiologique et Protection de l'Environnement
- GDR : Gestion des Déchets Radioactifs
- Module Réacteur
- Centre de Formation
- Centre d'Information et de Documentation

Le CNESTEN est un établissement public à caractère scientifique, technique, industriel et commercial, placé sous la tutelle du Ministère De l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'environnement et administré par un conseil d'Administration présidé par le Premier Ministre.

Ses principales missions sont :

- ▶ Promouvoir la recherche scientifique et les applications des techniques nucléaires dans les différents secteurs socio-économiques du pays : médecine, industrie, environnement, agriculture, hydrologie etc....
- ▶ Préparer les bases technologiques nécessaires à l'introduction de l'électronucléaire : technologie des réacteurs, cycle du combustible, sûreté nucléaire.
- ▶ Constituer l'outil technique de l'Etat en matière de sûreté et sécurité radiologique.

Chapitre I : Revue bibliographique

1- Erosion du sol

- **Définition**

Le mot érosion vient du verbe latin « erodere » qui signifie ronger (FAO, 1994). Elle représente l'ensemble des phénomènes qui contribuent, sous l'action d'un agent climatique, notamment l'eau, à modifier les formes de relief.

L'érosion hydrique est composée d'un ensemble de processus complexes interdépendants qui provoquent le détachement et le transport des particules de sol sous différentes formes. Elle se définit comme la perte de sol par arrachement et transport de la terre vers un lieu de dépôt (Roose, 1977).

Le phénomène d'érosion hydrique est le résultat de l'action combinée de plusieurs processus dont le détachement, le transport et le dépôt de particules, sous l'action de la pluie et du ruissellement (Echeverria, 2006).

Selon Le Bissonais (2008), l'érosion est au départ un défaut d'infiltration lié à une dégradation de la surface des sols sous l'action des pluies. La pluie et le ruissellement agissent sur les sols cultivés, générant et exportant les fragments de terre. Au sein des terres agricoles, cette érosion entraîne une dégradation du potentiel de production des sols (Leguedois, 2003). La pluie est reconnue depuis longtemps comme un agent essentiel de l'érosion des sols (Ellison, 1944).

D'après Leguedois (2003), l'érosion hydrique est un phénomène à l'origine de l'évolution des paysages et de la modification du relief terrestres.

1-1 facteur de l'érosion

1-1-1 facteur topographique

A l'échelle de la parcelle, la perte en sol est fortement affectée par deux paramètres : l'inclinaison de la pente et sa longueur.

L'inclinaison de la pente

Les formes d'érosion changent selon l'inclinaison de la pente. Ainsi, pour des pentes inférieures à 4%, ce sont les particules fines qui migrent. Pour des pentes supérieures à 7 %, des rigoles apparaissent. Des particules grossières sont transportées à l'intérieur de ces griffes. Enfin, au-delà d'une pente de 20 %, les

rigoles se creusent et deviennent de plus en plus profondes (5 à 20 cm), ce qui se traduit par une surface très accidentée (Roose, 1994). Au Maroc, Heusch a

montré que sur les marnes du Périf, l'érosion et le ruissellement diminuent lorsque la pente augmente. Il a expliqué cette réduction du ruissellement et de l'érosion par la présence de drainage oblique dans les sols fissurés.

La longueur de la pente

La longueur de la pente est définie comme étant la distance du point d'origine de l'écoulement superficiel à un autre point considéré comme limitant pour la majeure portion du lieu en question et qui est :

- soit le point où la pente diminue à tel point que le dépôt commence ;
- soit le point où le ruissellement entre dans un canal bien défini, le canal étant une portion du système de drainage dont la taille ne peut être corrigée par les pratiques culturales (Wischmeier & Smith, 1957).

Plus la pente est longue, plus le ruissellement s'accumule, prend de la vitesse, acquiert une énergie propre qui se traduit par une érosion en rigoles puis en ravines plus importantes (Roose, 1994). La topographie intervient aussi par sa forme, selon que le versant est concave ou convexe. Sur les versants de forme convexe, le ruissellement et l'érosion sont très minimes en haut du versant, mais augmentent très rapidement vers l'aval, alors que sur les pentes de forme concave, le ruissellement et l'érosion sont très élevés en amont puis diminuent graduellement en aval (Mayer & Harmon, 1992).

1-1-2 Erosivité des pluies

L'érosivité de la pluie se définit par son aptitude à provoquer l'érosion (Georges, 2008). Elle dépend d'une part de l'intensité et d'autre part des caractéristiques des gouttes de pluie comme la taille, la vitesse, la forme, l'angle d'impact (Riezeros & Epema, 1985 ; Erpul et al. 2002). Le détachement des particules par les gouttes de pluie est généralement exprimé en fonction de leur énergie cinétique (Poesen, 1985).

L'érosivité des pluies est obtenue pour toutes les périodes données en additionnant (pour chaque orage pluvieux) le produit de l'énergie totale de l'orage (E) par le maximum d'intensité de pluie en 30 minutes (I 30) (Wischmeier & Smith 1978).

1-1-3 Couvert végétal

Le risque d'érosion est plus élevé lorsque le sol n'a qu'un faible couvert végétal. En fait, l'installation de la végétation entraîne la stabilisation et la fixation des

sols. De même, les litières jouent un rôle important dans la protection du sol vis-à-vis de l'agression et l'impact des gouttes de pluie. D'après Georges (2008), la

Végétation et les résidus tendent à ralentir la vitesse de l'eau de ruissellement et permettent une meilleure infiltration.

1-2 Processus d'érosion

1-2-1 Le détachement

Le détachement des particules se produit à la surface du sol lorsque, sous l'action des gouttes de pluie, des agrégats éclaboussent ou lorsque la force de cisaillement devient supérieure à la résistance au détachement du sol (Georges, 2008). L'impact des gouttes de pluie a pour effet de désagréger les éléments présents à la surface du sol pour donner lieu à des agrégats de plus petite taille et des particules élémentaires (Nord, 2006). La désagrégation rend la surface du sol plus compacte et tend à diminuer la rugosité au fur et à mesure de l'exposition à la pluie (Kinnell, 2005). Ces effets dépendent de l'énergie cinétique des gouttes de pluie et des propriétés de la surface du sol.

1-2-2 Le transport

Les particules issues de la désagrégation du substrat rocheux et du sol sont déplacées vers l'aval par différents agents de transport (eaux, glacier, vent). Au niveau des chenaux fluviaux on peut rencontrer une charge sédimentaire contenant des éléments de différentes tailles. En fait, la compétence du courant fluvial est à l'origine de la taille des particules. Les particules fines en suspension dans l'eau vont être transportées plus loin et déposées soit dans un bassin de sédimentation soit au moment où la compétence du courant devient très faible. Dans les chenaux torrentiels par exemple, on rencontre des éléments arrachés au substrat ayant des tailles métriques, en raison de la forte compétence du courant. Les grosses particules telles que les cailloux et les blocs peuvent également se déplacer sous l'effet de la pesanteur (gravité).

Par ailleurs, la fraction fine (silts et argiles) arrachée au substratum rocheux ou d'un dépôt préexistant (moraine) peuvent être reprises en suspension dans l'air et parcourir des distances allant de quelques mètres jusqu'à des milliers de kilomètres avant de se déposer (Loess).

1-2-3 La sédimentation

Le dépôt des apports sédimentaires s'effectue lorsque l'énergie cinétique du courant, qui déplace les matériaux issus du détachement, diminue ou s'annule

(Georges, 2008). Les particules arrachées sont déposées à différents endroits entre le lieu d'origine et le bassin de sédimentation.

2-Radioactivités dans le sol

2-1. Radioactivité

Qu'est-ce que la radioactivité ?

La matière est faite d'atomes, la plupart du temps assemblés en molécules. Au cœur de ces atomes, se trouve un noyau, 10 000 à 100 000 fois plus petit. La radioactivité est un phénomène qui se produit dans ce noyau au plus profond des atomes. Le phénomène est difficile à observer : il a fallu attendre 1896 pour que soient décelés des rayonnements d'origine inconnue, émis par des sels d'uranium. Certains noyaux atomiques instables sont la source de rayonnements, désignés par les trois premières lettres de l'alphabet grec : alpha (α), bêta (β) et gamma (γ). Ces rayonnements sont des particules émises par des noyaux avec une grande énergie. Les rayons α sont des noyaux légers d'hélium, les rayons β des électrons négatifs ou positifs et les rayons γ des photons de grande énergie.

2-2. Spectrométrie gamma

La spectrométrie gamma est une des techniques de mesures utilisée en physique nucléaire pour quantifier un grand nombre de radionucléides via l'énergie de rayonnements gamma émis. Elle s'appuie notamment sur la physique des semi-conducteurs mis en jeu dans la détection par des détecteurs composés d'un cristal.

Le rayonnement gamma est une radiation électromagnétique émise à la suite d'un rayonnement alpha ou bêta lorsque ceux-ci produisent un nouveau noyau dans un

état excité. Cet excès d'énergie est libéré sous forme de photons de hautes énergies possédant un fort potentiel de pénétration dans la matière. Son énergie est

$$E=h.v$$

h: constante de Planck, v: fréquence de l'onde

• Détecteur des rayons gamma

-Structure du détecteur:

Constitué d'un cristal de germanium, d'une structure en plomb permettant d'atténuer le bruit extérieur (rayonnement cosmique..), d'une structure en cuivre (Cage de Faraday) et d'un cryostat permettant de baisser la température du cristal et donc son agitation thermique ce qui limite le bruit et stabilise le cristal.

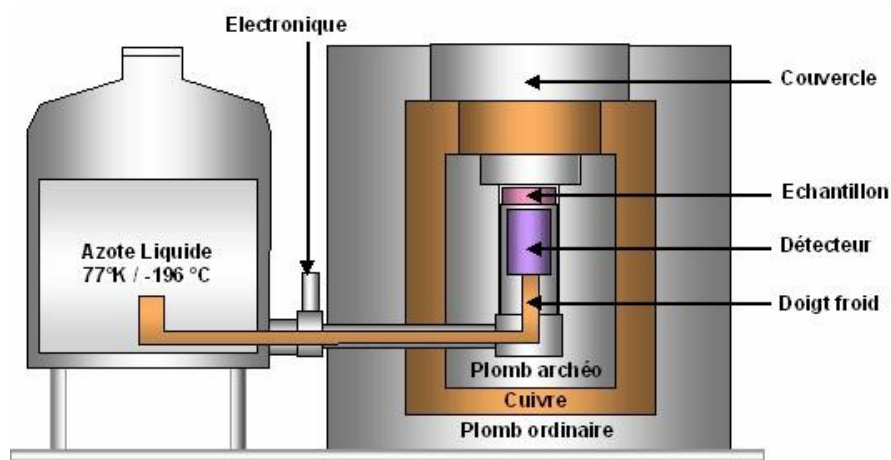


Figure 1 : structure du détecteur à germanium (Article_Zouagui Anis IAV_15-03-2012)

-Principe de fonctionnement :

Un photon issu de l'élément radioactif interagit avec le cristal de germanium par effet photo électrique, Compton ou par création de paires ce qui aura pour effet de céder de l'énergie aux électrons du cristal, ils peuvent ainsi passer le gap énergétique et être accéléré par une haute tension ce qui fournit un courant dont la quantité de charge obtenue est proportionnelle à l'énergie déposée dans le cristal par le rayonnement.

3-Granulométrie laser (mastersizer)

Le Mastersizer micro-plus est un compteur laser qui permet d'obtenir la granulométrie de particules ayant un diamètre compris entre 0,05microns et 2000microns (fraction fine du sol). Il est composé d'une unité optique reliée à un système informatique qui reçoit, gère et analyse les données. Le principe physique de base est la diffraction de la lumière.

Les particules, mises en suspension dans un support liquide, appelé le dispersant, sont pompées en continu à travers la cellule. Celle-ci se compose de deux surfaces transparentes distantes de 2 mm qui forment un plan perpendiculaire au faisceau lumineux. La cellule est située entre la source du laser et les détecteurs qui captent la lumière diffractée. Lorsqu'une particule se présente dans la cellule, elle diffracte la lumière et produit un modèle de diffraction sur les détecteurs. Lorsque plusieurs particules sont présentes dans la cellule, la lumière mesurée sur les détecteurs est la somme de tous les modèles particuliers superposés. Plusieurs lectures sont prises sur une période de temps

définie, permettant ainsi une analyse de plusieurs centaines de particules. Une analyse des données est ensuite faite afin d'établir la distribution des particules de l'échantillon analysé.

Les résultats peuvent être, par le biais du logiciel, présentés sous la forme d'un tableau, regroupant certaines caractéristiques comme les diamètres moyens, la surface spécifique, l'étalement et l'uniformité de la distribution, etc., ou sous la forme d'un graphique représentant, par exemple, le pourcentage passant en fonction du diamètre des particules.

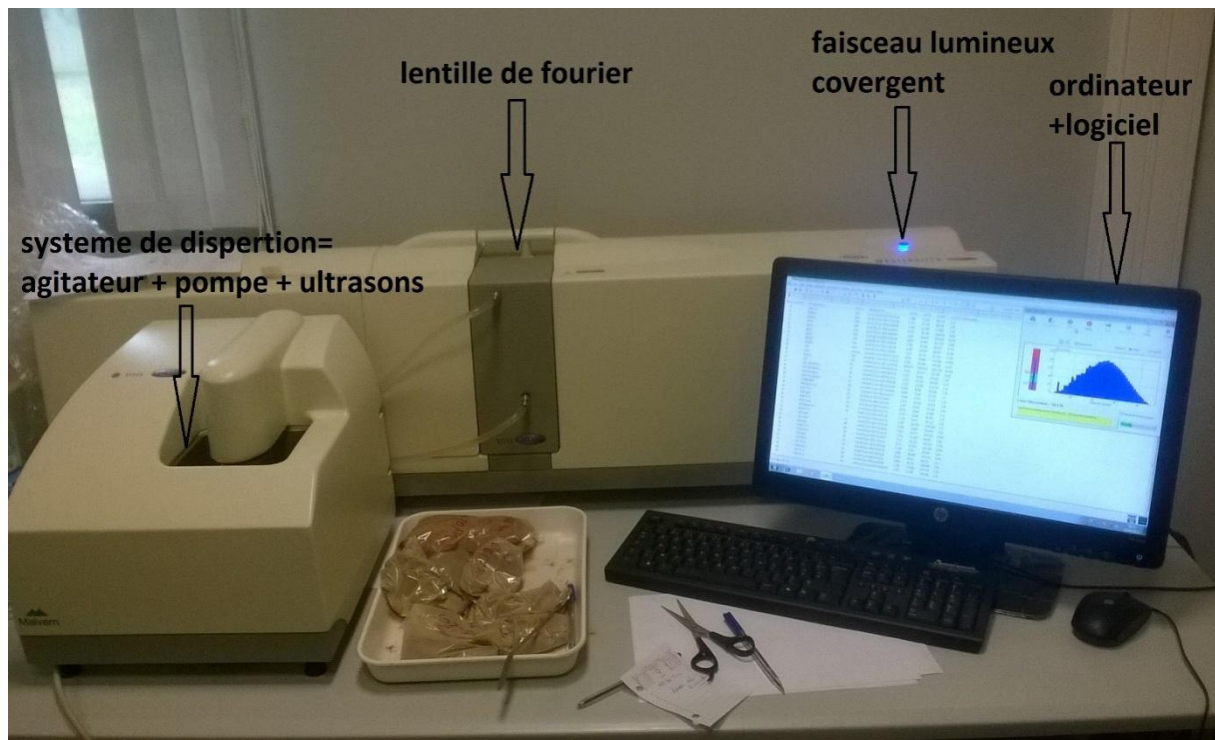


Figure 2 : structure de granulomètre mastersizer2000Malvern

Principe de mesure :

Les particules qui doivent être mesurées sont diluées dans de l'eau puis mises en circulation par une pompe dans la cellule. Les particules éclairées par la lumière laser deviennent son axe principal. La quantité de lumière, déviée et l'importance de l'angle de déviation permet de mesurer la taille des particules. Les grosses particules deviennent des quantités importantes de lumière sur des angles faibles par rapport à l'axe de propagation. Les petites particules au contraire deviennent des quantités infimes de lumière sur des angles plus larges.

Chapitre II : Techniques et méthodes

2- Techniques d'analyses et de prélèvement

2.1 Zone d'étude (DAR CHAOUI province de Tétouan)



Figure 3 : Le site d'étude « DAR CHAOUI »(GoogleMaps)

La zone d'étude DAR CHAOUI se situe dans le bassin versant de TLETA avec une superficie de 123 km² et plus précisément à l'intersection des provinces de Larache au nord-ouest, la province de Tétouan au rif occidental et la province de Tanger, Avec une latitude de 35° 33' 00" N, une longitude de 5°43' 48" W, et 34 mètres d'altitude.

2-2 Protocole de prélèvement (champ de lentille)

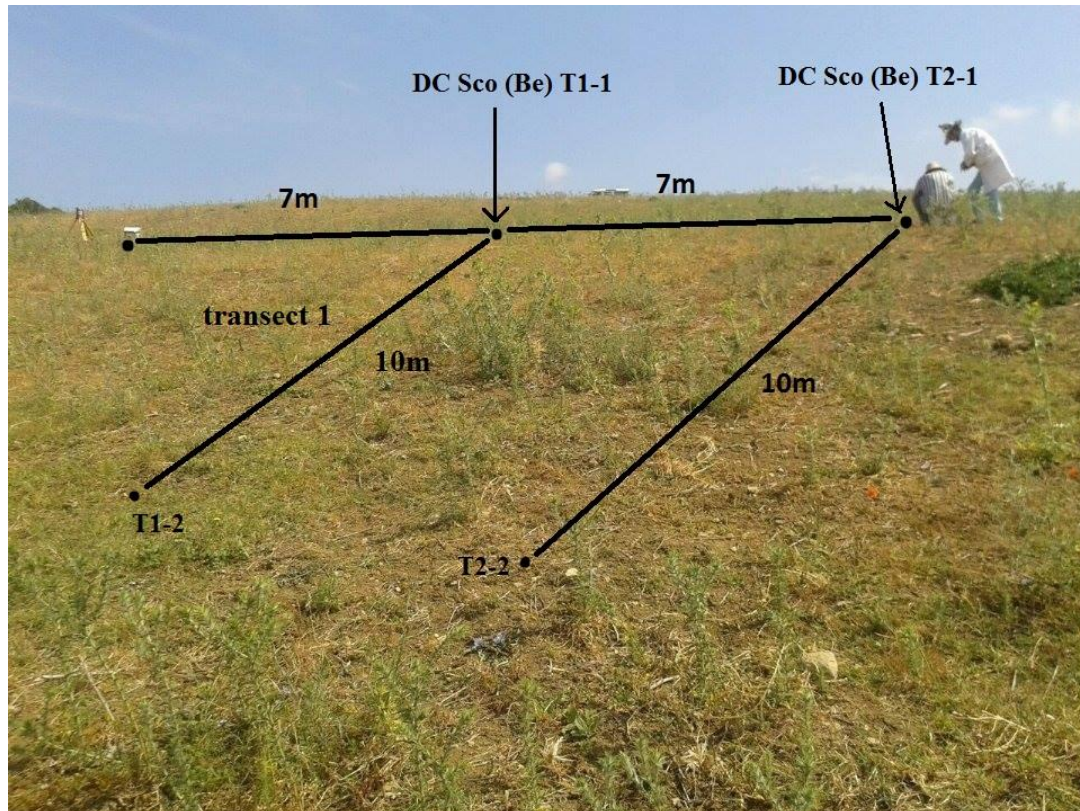


Figure 4 : deux transects parallèles dans le champ de lentille semi-conventionnel

Les travaux de terrain étaient effectués en plein de deux champs de lentille un est nu et l'autre est cultivé le 30 mai 2015.

Le site se trouve à 27 km de la ville de Tétouan. Des échantillons de sols étaient prélevés sur un site de référence sub-horizontale dont le terrain n'est pas perturbé. Et les autres échantillons étaient prélevés suivant deux transects dans les deux champs et d'autres échantillons dans une forêt à proximité du barrage Ibn Batouta.

Pour le cas du Béryllium-7, l'échantillonnage a été effectué à l'aide d'une couronne de 30 cm de diamètre et de 5 cm de hauteur (figure 5). Le mode de prélèvement suivie fait à l'aide d'une pelle de tout le profil jusqu'à une profondeur de 3 cm, après on donne un code à l'échantillon et par la suite on le met dans un sachet de plastique pour l'archiver.



Figure 5 : échantillonnage du sol pour le beriliyum-7

L'échantillonnage pour le Cs-137 a été réalisé à l'aide d'un moteur carottier composé d'un tube cylindrique de 9cm de diamètre et 1m de longueur (figure 6). Le mode de prélèvement suivi était un prélèvement global de tout le profil jusqu'à une profondeur de 30cm. L'espacement entre les points d'échantillonnage du transect était distant de 10m depuis le sommet jusqu'en bas.

Cas spécial dans notre mission :

La mesure pour le Cs-137 a été réalisée à l'aide d'un détecteur germanium in-situ avec un diamètre de détection varie en fonction de sa hauteur. dans notre cas 2m du sol détectable avec une hauteur de 60cm.



Figure 6 : échantillonnage du sol pour le césium-137

Le tableau suivant montre les tâches effectuées dans notre travail sur terrain :

Tableau 1 : nombre d'échantillons prélevés à Dar Chaoui

	Type du radionucléide	
	Pour le césium-137	Pour le béryllium-7
Echantillons		
Transects	0	4 (7points par chaque transect)
Références	6 (par détecteur in-situ)	7
Profil	0	1



Figure 7 : prélèvement d'un profil

1- Protocole de Préparation des échantillons (prétraitement)

La préparation physique des échantillons

- Sécher dans une étuve à 60° pendant 24 h (figure 8),



Figure 8 : mise à l'étuve des échantillons

- Broyer et tamiser à 2mm (figure 9),



Figure 9 : broyage manuelle avec un mortier à porcelaine

- Homogénéiser la fraction fine (<2mm) (figure 10),



Figure 10 : Homogénéisation de la fraction fine

- Peser et stocker les échantillons dans un conteneur pour la mesure à la spectrométrie gamma.

- Mettre les échantillons dans des Marinelli (500 ml) pour les analyses (figure11),



Figure 11 : marinelli de 500ml remplie par un échantillon

6-Calcul de la radioactivité

On détermine l'activité des radionucléides émetteurs gamma en utilisant la chaîne de spectrométrie gamma. Le détecteur utilisé est un germanium coaxial hyper-pur (Canberra) avec une efficacité relative de 30%.

La chaîne électronique est composée d'un Préamplificateur intégré au détecteur, un amplificateur et un analyseur multicanaux avec un logiciel Genie2000 pour l'exploitation des spectres. Le refroidissement du détecteur est assuré par l'azote liquide. Un château en plomb de 10 cm d'épaisseurs entoure le détecteur pour réduire le bruit de fond.. La calibration a été réalisée par une source multi-gamma préparée dans la même géométrie de comptage que les échantillons L'activité des radionucléides dans l'échantillon peut être calculée à partir de la formule suivante :

$$A = \frac{N}{M.t.\epsilon.I}$$

N : aire nette du pic
M : masse de l'échantillon
t : temps de comptage
ε : efficacité de comptage
I : intensité d'émission

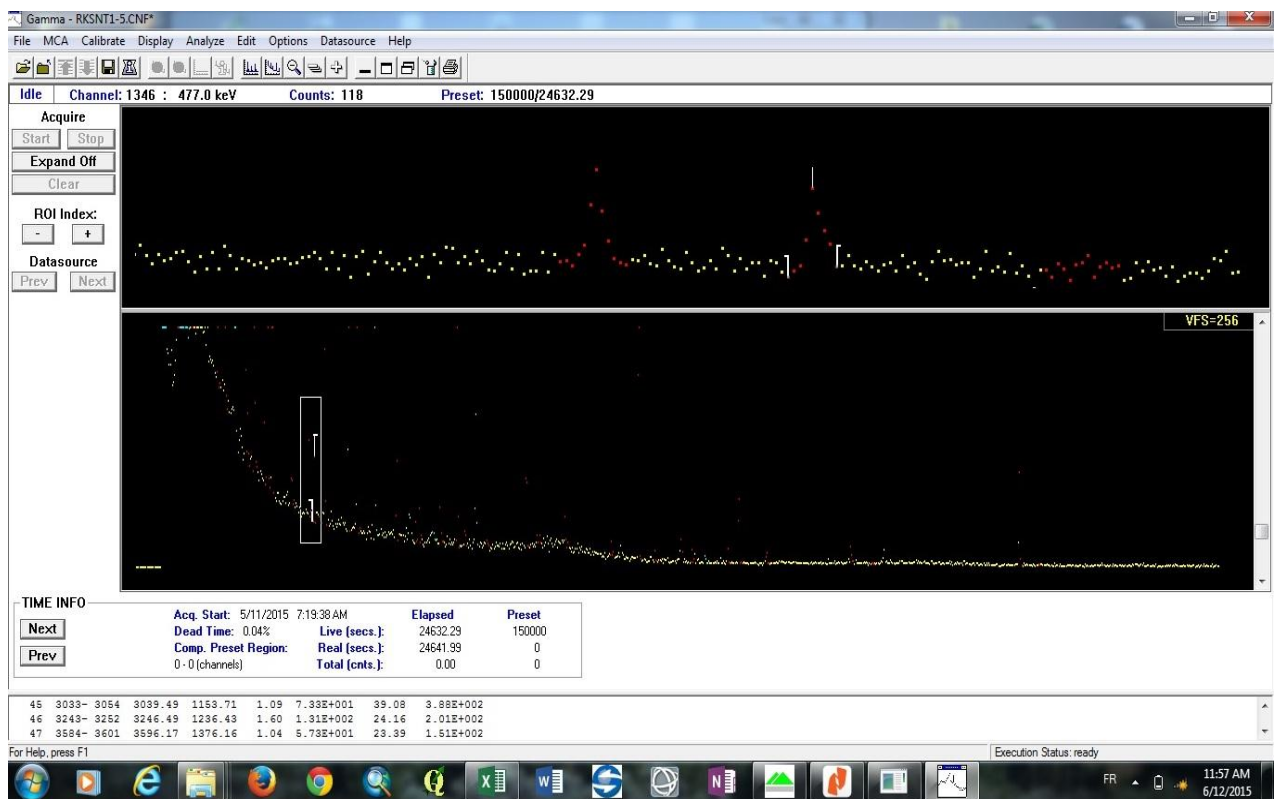


Figure 12 : exemple de spectre pour un échantillon (RKSNT1-5)

Chapitre III : Résultats

7-Activité

Nous avons pris un transect de 240m, mais vue la variation de la forme de la pente (pente concave), les Béryllium-7 se sont faiblement concentrés entre les 60 et 90 mètres.

Le paramètre de la forme $h_0=2.30 \text{ kg/m}^2$

L'inventaire de référence est : 471 Bq/m^2

Le tableau suivant montre le taux d'érosion utilisant le profile distribution model (PDM) pour le béryllium-7.

Tableau 2 : Taux d'érosion du sol utilisant le PDM pour le béryllium-7

	Radioactivité Bq /m^2	Distance	Taux d'érosion (PDM)
RKSNBeT1-1	345.20	0	-0,89
RKSNBeT1-2	381.57	30	-4,84
RKSNBeT1-3	327.30	60	-8,37
RKSNBeT1-4	234.00	90	-16,09
RKSNBeT1-5	377.93	120	-5,06
RKSNBeT1-6	301.43	150	-10,27
RKSNBeT1-7	468.08	180	-0,14
RKSNBeT1-8	598.33	210	6,36
RKSNBeT1-9	461.58	240	-0,46
EROSION BRUTE			5.1 T /ha
EROSION NET			4 .4 T /ha
COEFICIENT DE DILEVRANCE DE SEDIMENTS			86%

L'utilisation du Béryllium-7 nous renseigne sur la redistribution du sol à court

terme. Nous constatons que le taux d'érosion net est de 4.4 T /ha et 86% des sédiments ont été délivrés. Nous n'avons pas pu détecter la présence du Béryllium-7 dans les échantillons du deuxième transect non seulement à cause de sa courte période mais surtout à cause de la quantité insuffisante de la précipitation de pluies avant l'échantillonnage.

La courbe suivante montre le taux de la radioactivité en fonction la distance du site étudié du haut vers le bas. En outre il montre la comparaison entre la radioactivité du site référence et celle de notre terrain d'étude.

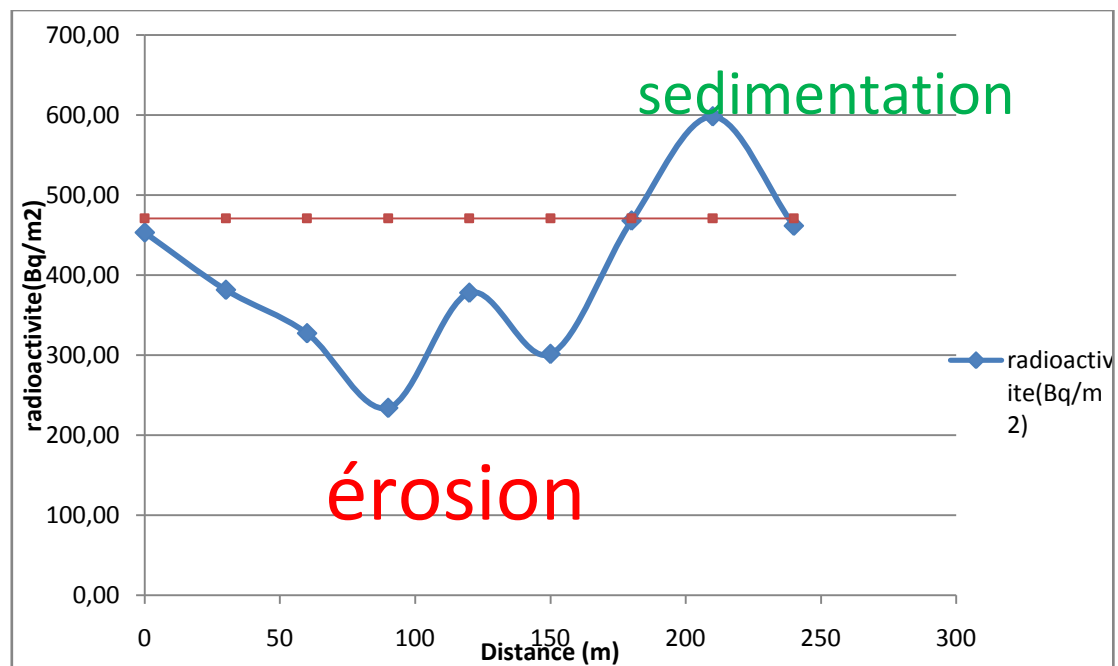


Figure 13: Comparaison de la redistribution de sol du transect avec l'inventaire de référence en utilisant le PDM

8-Texture

On a pris trois échantillons dans le premier transect (RKSN(Be) T1-1, RKSN(Be) T1-5, RKSN(Be) T1-9) pour l'étude granulométrique laser par (mastersizer2000).

Ce choix n'est pas au hasard. Mais notre but c'est d'étudier des échantillons plus représentatifs c'est pour ça qu'on a pris un échantillon du sommet du transect un autre au milieu et le dernier en bas.

Record number	Sample name	Source	Measured on	d (0.1)	d (0.5)	d (0.9)
42	119	AF	vendredi 5 juin 2015 09:33:35	4.573	60.611	176.781
43	119-100/900sec	AF	vendredi 5 juin 2015 09:57:14	1.113	8.828	85.503
44	119-100/300sec	AF	vendredi 5 juin 2015 10:32:41	1.453	14.101	99.016
45	119-100/60sec	AF	vendredi 5 juin 2015 10:46:48	2.159	32.654	134.307
46	119-100/1800sec	AF	vendredi 5 juin 2015 11:24:49	0.908	6.296	76.216
47	RHRBeREF5	AF	vendredi 5 juin 2015 14:26:45	0.945	7.964	92.215
48	RHR(Be)T1-10	AF	vendredi 5 juin 2015 14:41:11	1.158	8.570	73.203
49	RHR-T1-1	AF	lundi 8 juin 2015 11:44:46	1.312	10.151	78.352
50	RHR Ref3	AF	lundi 8 juin 2015 13:03:55	1.162	8.116	74.303
51	RHR T1-5	AF	lundi 8 juin 2015 13:14:53	0.924	6.648	55.681
52	RKSN Ref1	AF	lundi 8 juin 2015 13:27:53	1.270	8.438	66.493
53	RKSN(Be) T1-5	AF	lundi 8 juin 2015 13:41:24	1.175	8.674	98.237
54	RKSN T1-1		mardi 9 juin 2015 10:53:41	1.787	60.578	1007.804
55	TRT Ref8	AF	mardi 9 juin 2015 11:07:46	1.258	13.667	783.491
56	TAR Ref2	AF	mardi 9 juin 2015 11:20:05	2.610	32.377	132.552
57	MR Ref5	AF	mardi 9 juin 2015 11:30:33	1.221	11.555	66.263
58	TASN T1-7	AF	mardi 9 juin 2015 11:42:57	3.323	71.247	238.417
59	TASN T1-4	AF	mardi 9 juin 2015 13:19:11	3.173	62.655	212.500
60	TRT Ref7	AF	mardi 9 juin 2015 13:35:34	1.146	9.972	67.629
61	TAR REF4	AF	mardi 9 juin 2015 13:52:28	2.886	58.994	222.153
62	TRT T1-4	AF	mardi 9 juin 2015 14:03:28	0.703	5.621	84.331
63	TASN T1-1	AF	mardi 9 juin 2015 14:22:11	2.063	39.767	366.806
64	TRT T1-7	AF	mardi 9 juin 2015 14:34:59	1.320	13.646	103.216
65	TRT T1-1	AF	mercredi 10 juin 2015 09:09:53	1.514	33.280	745.589
66	RKSN Ref2	AF	mercredi 10 juin 2015 09:52:46	1.315	10.000	114.124
67	B2AF 10-12	AF	mercredi 10 juin 2015 10:33:27	0.968	5.291	35.033
68	B2AF 6-8	AF	mercredi 10 juin 2015 10:45:08	1.421	16.552	71.466
69	B2AF 20-22	AF	mercredi 10 juin 2015 10:57:45	1.390	17.165	52.240

Figure 14 : exemple d'analyse d'un échantillon par granulométrie laser (RKSNT1-5)

Le tableau suivant montre l'analyse granulométrique des trois échantillons de notre transect :

Tableau 3 : étude granulométrique de (RKS(Nb) T1-1, RKS(Nb) T1-5, RKS(Nb) T1-9)

Echantillon	Argile (%)	Limon fin (%)	Limon grossier (%)	Limon (%)	Sable fin (%)	Sable grossier (%)	Sable (%)	classe texturale
RKS(Nb)T1-1	10,99456	27,737093	9,757506	37,49	9,421089	42,089757	51,51	limono-sableux
RKS(Nb)T1-2								
RKS(Nb)T1-3								
RKS(Nb)T1-4								
RKS(Nb)T1-5	16,5686	50,682409	13,752976	64,44	14,88018	4,115832	19,00	limoneux fin
RKS(Nb)T1-6								
RKS(Nb)T1-7								
RKS(Nb)T1-8								
RKS(Nb)T1-9	17,03984	51,343464	16,17869	67,52	14,29453	1,143479	15,44	limoneux fin

D'après cette étude granulométrique on constate que la texture majeure dans notre transect est la texture limoneuse fin. C'est pour cela qu'on dit que le béryllium-7 se concentre dans les éléments fins et qu'on fait le tamisage < 2mm.

La figure suivante explique la relation entre le taux de l'érosion et la texture granulométrique du sol.

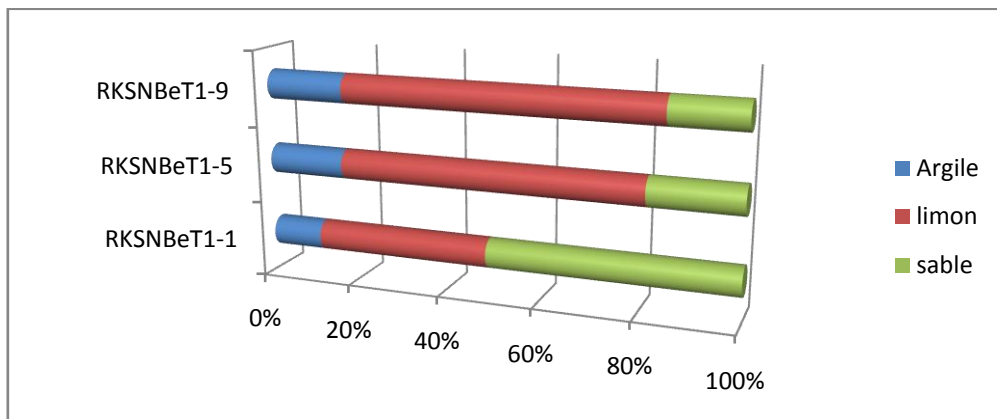


Figure 15 : la texture des trois points sous forme de graphe

D'après le graphe ci-dessus on remarque que le pourcentage d'argile augmente du haut au bas du versant ce qui prouve les résultats de la radioactivité par ce que le béryllium-7 migre avec l'argile et la matière organique selon un dynamique de déplacement sélectif.

Ce déplacement commence par le transport des éléments légers comme l'argile puis les limons fin et en fin le sable du haut vers le bas.

conclusion

Les résultats présentés ci-dessus indiquent que les mesures du béryllium 7 dans la région de Boulman fournissent une idée sur l'importance de l'érosion des sols sur les champs cultivés qui constituent la source dominante des sédiments arrachés et qui contribuent à côté d'autres formes d'érosion à l'envasement de la retenue d'eau en aval du bassin. Ainsi, on souligne le potentiel de l'utilisation du ^{137}Cs comme un traceur de sédiments pour la quantification à moyen terme de l'érosion et de la sédimentation à l'échelle des bassins.

Ce travail s'est fait en plusieurs étapes dont la première consistait à faire une évaluation qualitative et quantitative des mouvements du sol au niveau la zone étudié.

Les principaux résultats de l'étude sont les suivants :

- L'inventaire de référence est de 471 Bq/m^2 ,
- La rétention du ^7Be en surface dans le site de référence est moins importante dans les 7 premiers mètres du transect et l'activité augmente de façon exponentielle jusqu'au les derniers points du transect (accumulation du ^7Be).
- La comparaison des activités des sites d'étude avec l'activité du site de référence a montré que toute la parcelle est touchée par l'érosion.

Références bibliographiques

- [1] Zapata, F. (Ed.), 2002. Handbook for the Assessment of Soil Erosion and Sedimentation using Environmental Radionuclides. Kluwer Ac. Publ., Dordrecht, The Netherlands
- [2] Mabit L., Benmansour M., Blake W.H., Taylor A., Tarján S., Toloza A., Walling D.E. 2014. The use of ⁷Be as a short term soil redistribution tracer. Guidelines for Using Fallout Radionuclides to Assess Erosion and Effectiveness of Soil Conservation Strategies. IAEA-TECDOC-1741
- [3] Zouagui.A., BENMANSOUR.M. AMENZOUN. NOUIRA.A, SABIR.M, BENJELLOUN.H, MARAH.H et BENKADAD.A. 2012. Application de la technique de ¹³⁷Cs à l'estimation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de Moulay Bouchta, Rif occidental, Maroc. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. 1:53-58