



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et
De la vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie

Sciences Agronomiques

Spécialité : hydro-pédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

Benkhetta Khedidja

Le : dimanche 23 juin 2024

Etude Comparative Entre Deux Méthodes D'analyse Granulométrique Du Sol

Jury :

Mme.	Fatima Hiouani	MCA	Université Mohamed Khider Biskra	Président
M.	Kamel Guimeur	MCB	Université Mohamed Khider Biskra	Rapporteur
M.	Boubaker Bensmaine	MCB	Université Mohamed Khider Biskra	Examineur
Mme.	Sekhri Leyla	DOC	Université Mohamed Khider Biskra	Co-rapporteur

Année universitaire : 2023/2024



DEDICACES

Malgré les obstacles qui s'opposent en dépit des difficultés qui s'interposent, les études sont avant tout notre unique et seul atout.

Je dédie ce travail :

*À ma **mère** et mon **père** pour leurs affections et amours*

*À mes **frères** et mes **sœurs***

*À toute ma **famille***

À mes amis

À tous les étudiants de Sciences Agronomiques.

À tous ceux et celles que j'aime de près comme de loin.

Et à tous ceux qui m'ont soutenu.



REMERCIEMENT

Tout d'abord, je tiens à remercier Allah le tout-puissant qui m'a donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

*En premier lieu, un grand remerciement à mon encadreur Monsieur **Kamel Guimeur**, Professeur à l'université de Biskra qui m'a encouragé dans cette étude et qui a été disponible tout le temps, merci pour la confiance qu'il m'a accordé.*

*Je remercie très profondément, Madame **Seḫfri Leyla**, doctorante à L'université de Biskra pour sa disponibilité durant mon travail et son aide fructueux durant la phase expérimentale.*

*Je remercie très sincèrement, Madame **Fatima Hiouani** ; enseignante à l'université de Biskra qui m'a fait l'honneur de présider le jury.*

*Mes remerciements les plus élogieux à Monsieur **Boubaḳer Bensmaine** Professeur à l'université de Biskra, qui a bien voulu accepter de faire partie du jury et d'examiner mon travail.*

Enfin, je tiens à adresser un grand merci à toutes les personnes qui m'a donné un soutien direct ou indirect.

TABLE DES MATIERES

Dédicaces.....	i
Remerciement.....	ii
Table des matières	iii
Liste des figures.....	iv
Liste de tableaux.....	v
Liste des symboles et des abréviations.....	vi
Introduction générale.....	01

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.Définition du sol.....	02
I.2 la notion de texture.....	02
I.2.1 texture des sols.....	03
I.2.2. Les calasses texturales.....	04
I.3 structure des sols.....	04
I.4 la granulométrie.....	05
I.4.1 définition de l'analyse granulométrique.....	05
I.4.2 classes granulométriques.....	06
I.5 méthodes de l'analyse granulométrique et leur principe de fonctionnement.....	06
I.5.1 L'analyse granulométrique par tamisage.....	06
I.5.1.1 Principe du Tamisage	07
I.5.2 L'analyse granulométrique par pipette de Robinson (Sédimentation)	07
I.5.2.1 Principe du Pipette de Robinson	08
I.5.3 L'analyse granulométrique de laser	08
I.6.3.1 Principe Granulométrique de laser	09

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

II.1 Échantillonnage des sols.....	10
II.2 Prétraitement des échantillons de sol.....	10
II.3 Granulométrie selon la méthode «Pipette de Robinson».....	11
II.4 Granulométrie selon la méthode «diffraction laser».....	12
II.4.1 Description de l'appareil de mesure et des résultats obtenus.....	12
II.4.2 Principe de la diffusion laser de l'ANALYSETTE 22 NeXT.....	13
II.5 Notions statistiques	14

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Analyse du sol par méthode de diffraction laser.....	15
III.1.1 Choix du modèle optique.....	15
III.1.2 Analyse du sol par la méthode de diffraction laser et distribution granulométrique.....	15
III.2 Comparaison Des Résultats D'analyse Pour Les Deux Méthodes	16
III.2.1 Comparaison globale à l'aide du diagramme de texture.....	16
III.2.1 Comparaison par classes de particules.....	19
Conclusion	27
Références.....	28
Annexes.....	29
Résumé.....	32

LISTE DES FIGURES

N° de la figure	Titre de figure	Page
Figure I.1	Service de la carte des sols, diagramme de classification Détailée des textures.	4
Figure I.2	Un schéma montrant la structure du sol	5
Figure I.3	Echelle des dimensions des particules entre (2 μ et 2mm)	6
Figure I.4	Gammes de tailles de particules mesurables avec différentes techniques granulométriques (adapté de Delanghe et al., 2016)	9
Figure II.1	L'appareil de la pipette du robinson	11
Figure II.2	l'appareil de diffraction de laser	13
Figure II.3	principe de la diffusion laser de l'ANALYSETTE 22 NeXT	14
Figure III.1	Exemple de distribution granulométrique d'un échantillon obtenu avec le granulomètre ANALYSETTE 22 NeXT (FRITSCH).	16
Figure III.2	classement textural des sols à l'aide des diagrammes de texture selon la méthode « pipette de Robinson».(classification USDA)	17
Figure III.3	classement textural des sols à l'aide des diagrammes de texture selon la méthode « diffraction laser». (Classification USDA)	18
Figure III.4	les taux de sable grossier des sols pour les deux méthodes	18
Figure III.5	courbe de corrélation des taux de sable grossier des sols pour les deux méthodes	19
Figure III.6	les taux de sable fin des sols pour les deux méthodes	21
Figure III.7	courbe de corrélation des taux de sable fin des sols pour les deux méthodes	21
Figure III.8	les taux de limon grossier des sols pour les deux méthodes	22
Figure III.9	courbe de corrélation des taux de limon grossier des sols pour les deux méthodes	22
Figure III.10	les taux de limon fin des sols pour les deux méthodes	23
Figure III.11	courbe de corrélation des taux de limon fin des sols pour les deux méthodes	24
Figure III.12	les taux d'Argile des sols pour les deux méthodes	25
Figure III.13	: courbe de corrélation des taux d'Argile des sols pour les deux méthodes	25

LISTE DE TABLEAUX

N° de tableau	Titre de tableau	Page
Tableau II.1	nombre d'échantillons dans chaque région	10
Tableau III.1	classement textural des sols selon la méthode « pipette de Robinson». (Classification USDA)	18
Tableau III.2	classement textural des sols selon la méthode « diffraction laser». (classification USDA)	19
Tableau III.3	les résultats de comparaison entre les différentes fractions pour les deux méthodes d'analyse granulométrique.	26

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABBREVIATION

A	argile
LF	limon fin
LG	limon grossier
SF	sable fin
SG	sable grossier

INTRODUCTION GENERALE

La connaissance de la granulométrie du sol est cruciale pour évaluer certaines propriétés et comportements du sol, tels que la perméabilité, la capacité de rétention d'eau. Il existe diverses méthodes pour analyser la distribution granulométrique, telles que le tamisage sec ou humide, la sédimentation, l'utilisation du compteur Coulter, l'analyse d'image et la diffraction laser. L'utilisation de méthodes d'analyse précises et fiables est donc primordiale pour obtenir des résultats représentatifs de la composition granulométrique du sol.

L'étude comparative entre deux méthodes d'analyse granulométrique du sol pipette de Robinson et diffraction laser vise à évaluer les performances de ces deux méthodes et à déterminer leurs avantages et inconvénients respectifs. Il est donc primordial de choisir la méthode la plus appropriée pour obtenir des résultats précis, fiables, économiques et répondant aux exigences scientifiques.

La présente étude s'inscrit dans le contexte de la caractérisation des sols, une étape fondamentale en agronomie. L'objectif principal est de réaliser une comparaison entre deux méthodes d'analyse granulométrique du sol, à savoir la méthode « pipette de Robinson » ; une technique traditionnelle et la méthode « diffraction laser » ; une technique plus récente et automatisée, en termes de précision des résultats, de temps requis pour l'analyse et de coût associé. Il s'agit de déterminer si la méthode « diffraction laser » offre des avantages significatifs par rapport à la méthode traditionnelle « pipette de Robinson », en termes d'efficacité et de fiabilité. Les résultats de cette étude contribueront à améliorer la compréhension de ces deux techniques d'analyse et permettront de recommander la méthode la plus adaptée pour l'étude granulométrique du sol.

Ce document est divisé en trois chapitres ;

- La première chapitre est une synthèse bibliographique sur la texture de sol et analyse granulométrique ;
- Le deuxième chapitre explicite la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail ainsi que le matériel utilisé.
- Les résultats obtenus sont présentés et discutés dans le troisième chapitre.

En fin nous terminons ce travail par une conclusion générale dans laquelle nous présentons l'essentiel des résultats et les recommandations pour l'avenir.

CHAPITRE I

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Définition du sol :

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes ; Qui est dénommée couverture pédologique, est la résultante au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques :

- La roche-mère sur laquelle s'est développé.
- Environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation [1].

I.2 La Notion De Texture :

Elle est d'abord directement liée à la notion de composition granulométrique, celle-ci peut en effet s'exprimer en utilisant un diagramme triangulaire. Quel qu'en soit le modèle, celui-ci est divisé en classes texturales, lesquelles s'efforcent de relier une composition granulométrique à des comportements spécifiques correspondant à des notions courantes telles que (argileux), (limons), (sables), etc. dans ce sens, la texture est une expression synthétique du résultat de l'analyse granulométrique, sous la forme d'un adjectif (ex : limono-argileux) ou d'un substantif (ex : limon argileux).

Main la texture est aussi un jugement global sur la composition granulométrique porté sur le terrain, grâce à des sensations tactiles (pétrissage entre les doigts) mais aussi optiques et auditives, en l'absence de toute analyse. C'est ainsi que les pédologues, au cours de leurs prospections, sur une carotte prélevée à la tarière ou au moment de décrire un solum, portent un premier jugement immédiat. Une personne expérimentée peut parvenir à une estimation tactile extrêmement précise et fidèle, à condition de se ré-étalonner périodiquement et de ne pas (perdre la main). Ce test de terrain, instantané et relativement performant, fait économiser un grand nombre d'analyse. Cependant, dans certains cas, des erreurs importantes peuvent être commises. Voici quatre cas de figure où l'estimation tactile s'avère sujette à caution :

- Matériau argileux riche en matières organiques humifiées (qui donne une impression « limoneuse »)
- Textures limono-sableuses ressenties très différemment selon l'état d'humidité.
- Présence de nombreux gravillons.
- Abondance de particules micacées responsables d'un toucher onctueux [2].

La composition granulométrique d'un échantillon indique les proportions de sables, limons, argiles qu'il contient. Leur pourcentage respectif va avoir des répercussions sur le comportement agronomique du sol.

Cela conduit à la notion de texture.

Du point de vue agronomique :

- Les sols sableux (+ de 55% de sables grossiers diminuent la cohésion et augmentent la porosité, mais les sables fins, associés à des particules nettement plus grosses, ont tendance à combler les vides et favoriser la compaction ;
- Les sols limoneux (+ de 45% de limons) sont réputés battants et asphyxiants lorsqu'ils sont acides et pauvres en humus ; ils diminuent la perméabilité et favorisent le tassement.
- Les sols argileux (+ de 25% d'argile) sont réputés battants et augmente la cohésion et rend le sol plus difficile à travailler.

Du point de vue pédologique :

- Il existe des familles granulométriques, c'est-à-dire des classes de texture caractérisées par des variations limitées et connues des différents teneurs en sables, limons et argiles, répertoriées dans un triangle de texture et permettant de figurer un point, une composition granulométrique donnée.
- Trois constituants (sables totaux, limons totaux et argiles) sont représentés dans un espace à deux dimensions (sables +limons +argiles =100%). Il y a deux façons de procéder : dans un diagramme orthonormé, on porte les limons en abscisse et les argiles en ordonnée ; les sables représentent la différence. C'est le triangle de texture du GEPPA.
- Dans un triangle équilatéral travaillé dans un plan (sables + limons + argiles =100) en interdisant les valeurs négatives pour les trois variables, l'échantillon est proche du sommet du triangle. Le repérage exact d'un point est alors un peu compliqué. C'est le triangle de texture du soil Survey Manual. [3].

I.2.1 Texture des sols :

La texture d'un sol exprime la composition de la fraction minérale de ce sol en catégories de différentes grosseurs ; elle traduit la distribution dimensionnelle des particules minérales et se rapporte habituellement aux éléments fonctionnellement les plus actifs, que l'on situe au-dessous d'une dimension inférieure à 2 millimètres.

Au-dessous de cette dimension se rencontrent les graviers et les cailloux, généralement peu appréciés dans les terres arables si ce n'est cependant dans certains cas particuliers (vignobles).la détermination de la texture repose sur l'analyse granulométrique [4].

La texture d'un sol est l'ensemble des propriétés qui découlent de la composition granulométrique du sol (teneur en pourcentage de sables grossiers et fins, de limons, d'argile, d'humus et de calcaire), elle est déterminée par l'analyse granulométrique, la texture est le diamètre moyen des particules du sol, ou la composition granulométrique [1].

I.2.2. Les calasses texturales :

Le pourcentage de chaque fraction a été schématisé sur le diagramme des textures selon la classification donnée, Ce diagramme nous permet de déterminer le type des textures suivantes (**Figure I.1**) [2].

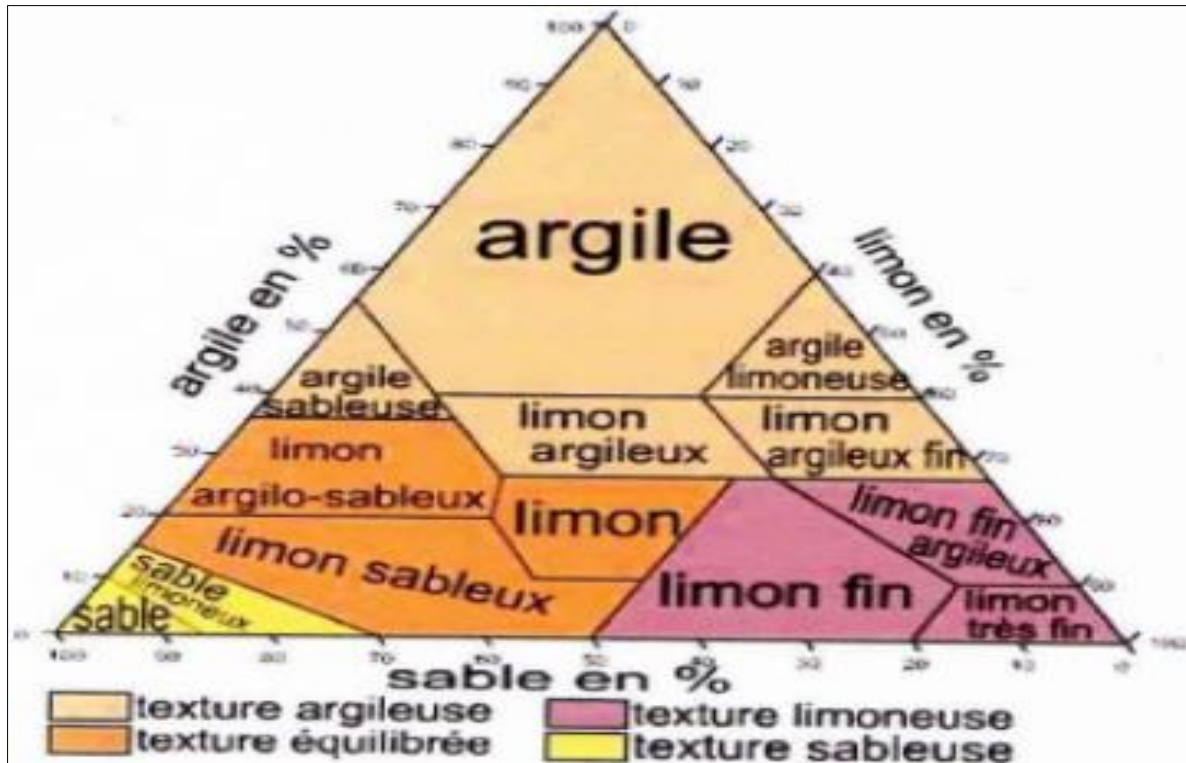


Figure I.1 : Service de la carte des sols, diagramme de classification
Détaillée des textures.

I.3 Structure Des Sols :

La phase solide des sols cultivés (matrice) est généralement constituée d'environ 95% de composés minéraux et 5% de substances organique.

Cet ensemble est organisé ; on désigne par structure du sol le mode d'arrangement des éléments constitutifs de ce sol : élément minéraux substances organique vivantes et non vivantes.

Dans les sols cultivés habituels, de mode d'arrangement concerne à l'évidence les différentes classes granulométrique (sable, limon, argile), qui forment les particules primaires. Ces dernières Sont le plus souvent associées sous forme d'agrégats ou peds, dans lesquelles les particules les moins tenues sont réunies entre elles par des « ciments » minéraux (argile) et organique : l'agrégat est un amas ou groupe des particules de sol dans lequel les forces maintenant les particules ensemble sont beaucoup plus fortes que les forces entre les agrégats adjacents [4].

La structure d'un sol est l'assemblage, a un moment donné, de ses constituants solides. La stabilité structurale dépend de la matière organique des sols.

Le complexe argilo-humique joue un rôle structural, ce rôle est plus ou moins important selon les teneurs en eau du sol et varie en fonction du type d'argile. La matière organique augmente la stabilité des agrégats. Une mauvaise structure peut donc empêcher l'écoulement des eaux dans le sol, les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère. Une bonne structure va assurer une grande facilité de circulation d'eau, donc laisse s'écouler l'excès, assure une bonne aération des racines, une bonne germination, une pénétration profonde des racines et une bonne exploration par les racines des ressources nutritives du sol. (**Figure I.2**) [1].

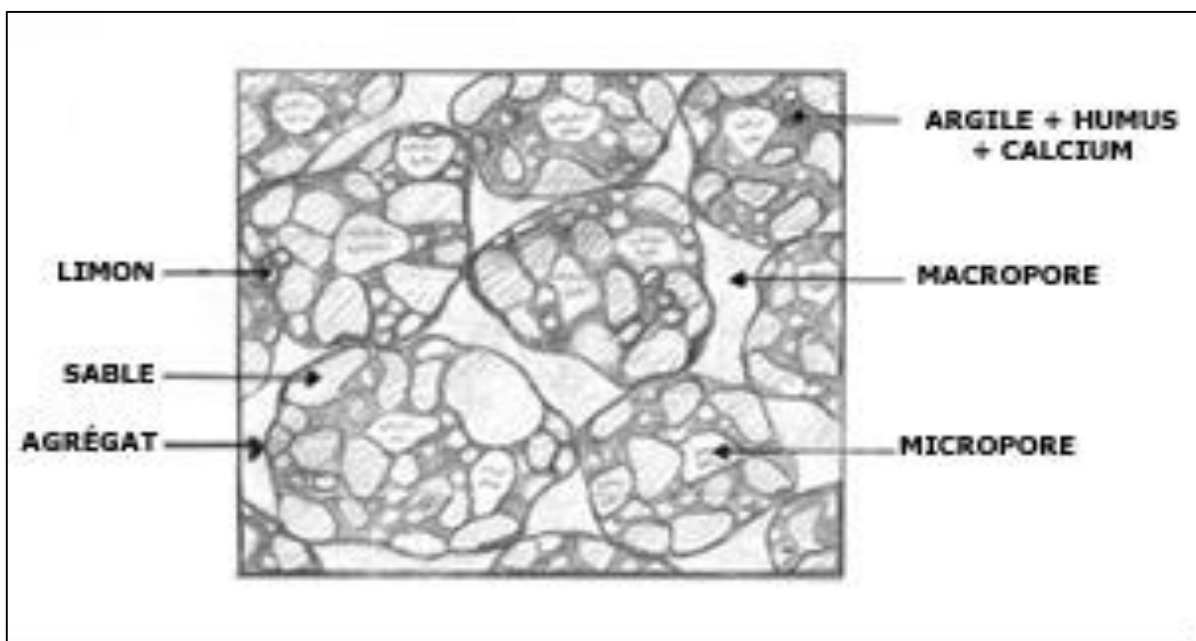


Figure I.2 : Un schéma montrant la structure du sol

I.4 la granulométrie :

I.4.1 Définition de l'analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique est une opération de laboratoire qui implique la dissociation complète du matériau pédologique jusqu'à l'état des particules élémentaires et donc la destruction totale des agrégats et fragments d'agrégats. Elle nécessite ainsi de supprimer l'action des ciments [2].

L'analyse granulométrique a pour objectif de classer les particules minérales du sol par catégories de diamètre afin de déterminer sa texture.

I.4.2 Classes granulométriques :

Selon leurs besoins, les pédologues subdivisent la terre fine (< 2 mm) en 3,5 ou 8 fractions selon le tableau ci-dessous [2] :

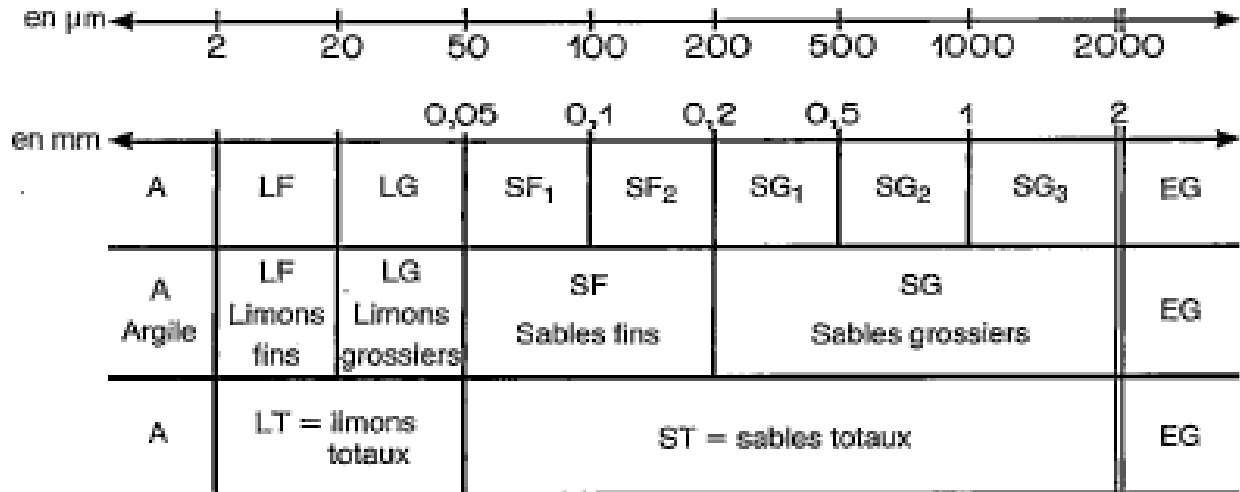


Figure I.3 : Echelle des dimensions des particules entre (2µ et 2mm)

✚ Les tailles des particules « dimensions » :

- Sables grossiers, de dimensions comprises entre 200µm et 2mm
- Sables fins, comprises entre 50µm et 200µm
- Limons grossiers, comprises entre 20µm et 50µm
- Limons fins, comprises entre 2µm et 20µm
- Argiles, inférieures à 2µm

I.5 Méthodes de l'analyse granulométrique et leur principe de fonctionnement :

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différentes particules composant un échantillon, en fonction de leur taille. Il existe plusieurs techniques pour l'analyse granulométrique, Les techniques les plus utilisées depuis les années 60 pour l'analyse granulométrique sont les suivantes :

I.5.1 L'analyse granulométrique par tamisage :

La fiabilité du tri effectué par un tamis est fonction de l'homogénéité de la taille de ses trous et des risques de rétention des particules sur le tamis par des forces électrostatiques. Ces exigences ont conduit aux règles suivantes pour que le tamisage se déroule dans des conditions fiables et reproductibles :

- ✚ Les tamis doivent avoir des mailles rondes pour des raisons liées à la probabilité de passage des particules non sphériques¹ ;
- ✚ Cependant, en dessous de 1 mm, pour des raisons de fabrication de tamis homogènes, on préfère des mailles carrées ;
- ✚ Pour éviter que les particules ne soient retenues trop fortement par le tamis, on n'utilise pas le tamisage pour les limites inférieures à 50 μm [5].

I.5.1.1 Principe du Tamisage :

Le tamisage consiste à mesurer le poids de sédiment retenu par les toiles de mailles de tamis calibrés. Chaque tamis est superposé par taille de maille décroissante selon une progression mathématique. Le poids de sédiment retenu (refus de tamis) peut alors être connu. On utilise une tamiseuse qui va faire

Vibrer l'ensemble de la colonne pendant un temps précis. Il est possible de réaliser cette opération à sec lorsque les grains sont relativement grossiers (à partir des silts). Si le sédiment à analyser est composé de particules fines (vase), le tamisage s'effectue sous un flux d'eau ou, plus rarement, d'un autre liquide (alcool par exemple). Il faut alors laisser décanter puis sécher chaque refus avant de les peser [6].

I.5.2 L'analyse granulométrique par pipette de Robinson (Sédimentation) :

Le tri des particules par sédimentation repose sur le fait que, si certaines conditions sont respectées, la vitesse de chute d'une particule dans un fluide est uniquement fonction de sa dimension. D'après les termes de la loi de Stokes, notamment, les conditions pour que les résultats soient fiables sont les suivantes :

- La viscosité du fluide (l'eau) ne doit pas varier au cours de la mesure. La viscosité étant très sensible aux variations de température, il importe de travailler à température constante. En pratique, cette phase de l'analyse granulométrique se déroule dans des locaux thermostatés à 20 ± 1 °C.
- Toutes les particules doivent avoir la même densité. Cela est supposé vérifié si toute la matière organique (très légère) a bien été détruite. Dans le cas contraire, non seulement les particules élémentaires risquent de ne pas être totalement séparées mais encore l'hétérogénéité de leur densité biaise la relation entre la taille des particules et leur vitesse de chute.
- L'écoulement des particules doit rester laminaire. En effet, si la chute est trop rapide, des turbulences vont se produire et rendre impossible la mesure de la distance réelle parcourue lors de la sédimentation. En pratique, au-delà de 50 μm , il est difficile d'être sûr de la qualité de la sédimentation.

Il y a donc bien complémentarité entre le tri par tamisage et le tri par sédimentation pour l'analyse granulométrique.

Plusieurs techniques permettent de déterminer la quantité de particules présentes dans chacune des classes granulométriques séparées par sédimentation : le prélèvement à la pipette de Robinson, le suivi de la densité de la suspension, la pesée en continu de la quantité sédimentée [5].

I.5.2.1 Principe du Pipette de Robinson :

Après suppression des carbonates, des substances organiques et des possibles oxydes de fer (à cause de leur fonction liante) la méthode ROBINSON est utilisée pour déterminer la fraction des particules plus petites que 38 micromètres. La méthode est basée sur la différence de vitesse de sédimentation entre les particules légères et les plus grosses. La sédimentation des particules résulte des deux forces opposées : gravité et friction entraînant un mouvement dans un milieu fluide. Dans la méthode "ROBINSON", un échantillon est pipeté à différentes périodes et à différentes profondeurs de la suspension du prélèvement dans une éprouvette. Durée et profondeur sont déterminées à l'aide de la loi de Stokes. La suspension pipetée est condensée et séchée et la pesée détermine le ratio de masse de la fraction pipetée. Eijkelkamp, en coopération avec des instituts de recherche, a développé 2 modèles d'appareil à pipette conformément aux normes.

La méthode de sédimentation est basée sur l'équation de Stokes qui décrit la vitesse de réglage des particules dans une suspension en fonction du rayon de particules efficace, de la densité de particules, de la densité liquide et de la viscosité dynamique du liquide. Cette équation nécessite les positions suivantes [6].

I.5.3 L'analyse granulométrique de laser :

Chaque technique d'analyse de distribution granulométrique couvre une gamme de tailles de particules qui lui est propre (**Figure I.4**). La granulométrie par diffraction laser couvre une large gamme de diamètres de particules allant d'une dizaine de nanomètres à un peu plus d'un millimètre. Elle est bien adaptée pour mesurer la taille des particules des argiles, limons et sables qui composent les échantillons de sédiments ou de matières en suspension. Cette technique est de plus en plus utilisée, car elle permet de fournir des distributions granulométriques à haute définition (généralement plus de 50 classes de tailles de particules), avec un temps d'analyse plus réduit que d'autres techniques et une apparente facilité de mise en place [7].

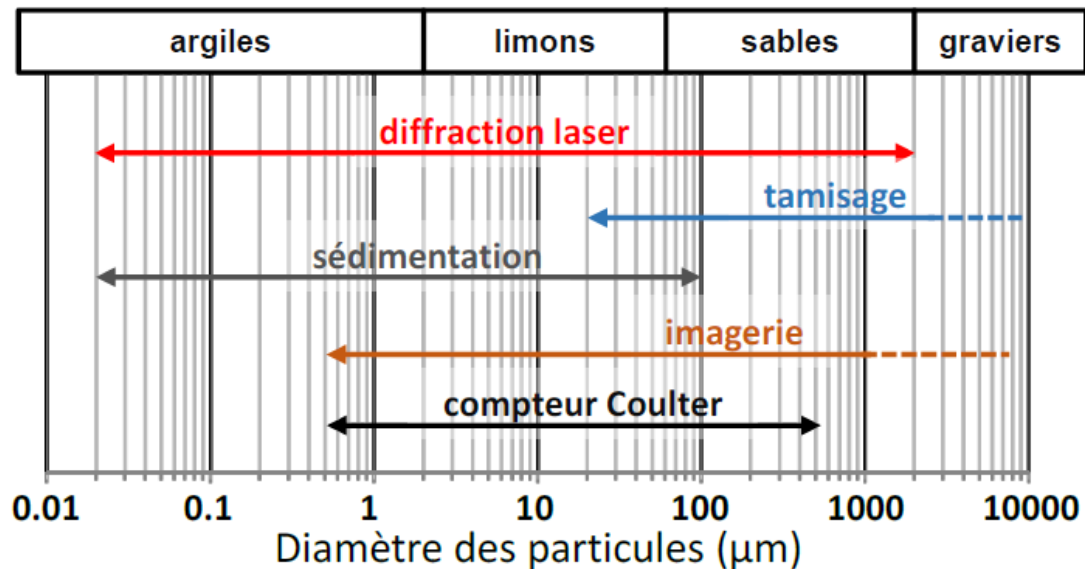


Figure I.4 : Gammes de tailles de particules mesurables avec différentes techniques granulométriques (adapté de Delanghe et al., 2016) [8].

La granulométrie laser est basée sur un décompte direct de chaque particule élémentaire, avec mesure de sa taille. Pour cela, la suspension passe devant un rayon laser diffracté par les particules, en fonction de leur taille, mais aussi de leur forme et de leur nature. L'analyse des modifications du rayonnement initial à l'aide de modèles mathématiques permet de reconstituer la composition granulométrique de l'échantillon étudié [5].

I.6.3.1 Principe Granulométrique de laser :

L'analyse de diffraction laser (LDA) est basée sur la diffraction d'un faisceau laser lorsqu'il frappe une particule, par exemple l'angle de diffraction augmente avec la taille de particules décroissante. La distribution d'intensité du faisceau laser dispersé dans plusieurs directions derrière les particules dans une cellule d'échantillon peut être détectée avec des capteurs concentrés, chacun assigné à une gamme spéciale de taille des particules. La distribution relative de la particularité correspondante dans la suspension est calculée sur la base du volume. La granulométrie par diffusion laser est une technique de mesure indirecte couramment utilisée pour déterminer la distribution de taille des matériaux granulaires pulvérulents [9].

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

Cette phase passe par trois étapes :

- Échantillonnage sur terrain
- Analyse pour laboratoire
- Traitement des résultats

II.1 Echantillonnage Des Sols :

Nous avons effectué des prélèvements de sol dans six (06) communes différentes : M'ziraa, Zribet-El-Oued, Tolga, Sidi Okba, Ouarlral et Loutaya dans le territoire de la wilaya de Biskra, comme indiqué dans le tableau 01, avec un total de dix (10) échantillons ; pour couvrir une large gamme de texture. Les échantillons de sol ont été prélevés à une profondeur de 0 à 30 cm

Tableau II.1: nombre d'échantillons dans chaque région

Communes	Nombre	Lieu	Nom d'échantillon
M'ziraa	1	El-Mabdouaa,	M1
	1	El-Dhibia,	M2
	1	El-beghila	M3
Zribet El-Oued	1	Oued El-seder,	Z1
	2	Feidhet El- Reguema	Z2
			Z3
Tolga	1	El-Naguara	T
Sidi Okba	1	Oub Chermat El- chergue	S
Ouarlral	1	El-Shaira	O
Loutaya	1	El-Tanguour	L
Total	10		

II.2 Prétraitement Des Echantillons De Sol :

Les échantillons de sol ont été séchés à l'air puis tamisés à 2 mm. La matière organique a été détruite pour l'analyse granulométrique par l'eau oxygénée, d'abord à froid pendant une nuit, puis en chauffant à une température ne dépassant pas 85°C. La destruction des carbonates a été effectuée avec une solution d'acide chlorhydrique (1N) en quantité suffisante. Le sol a été ensuite dispersé pendant 1h par agitation rotative dans des flacons après adjonction

d'hexamétaphosphate de sodium (100g/l). Tous les échantillons de sol ont été prétraités de la même manière pour les 2 méthodes d'analyses.

II.3 Granulométrie selon la méthode « Pipette de Robinson » :

II.3.1 Description de l'appareil :

Il est conçu pour réaliser des essais de sédimentométrie sur 7 échantillons à la fois.

Il est constitué des éléments principaux suivants :

- Un réservoir de taille appropriée, en verre,
- Un cadre support à 2 colonnes et trois traverses,
- Un chariot porte-pipette permettant le déplacement précis de celle-ci dans les 2 directions,
- Un groupe de régulation thermique et d'agitation,
- La pipette de Robinson, en deux parties normalisées,
- Une poire à pipeter,
- 7 éprouvettes à échantillons en verre borosilicaté avec leur bouchon d'obturation en caoutchouc plein,

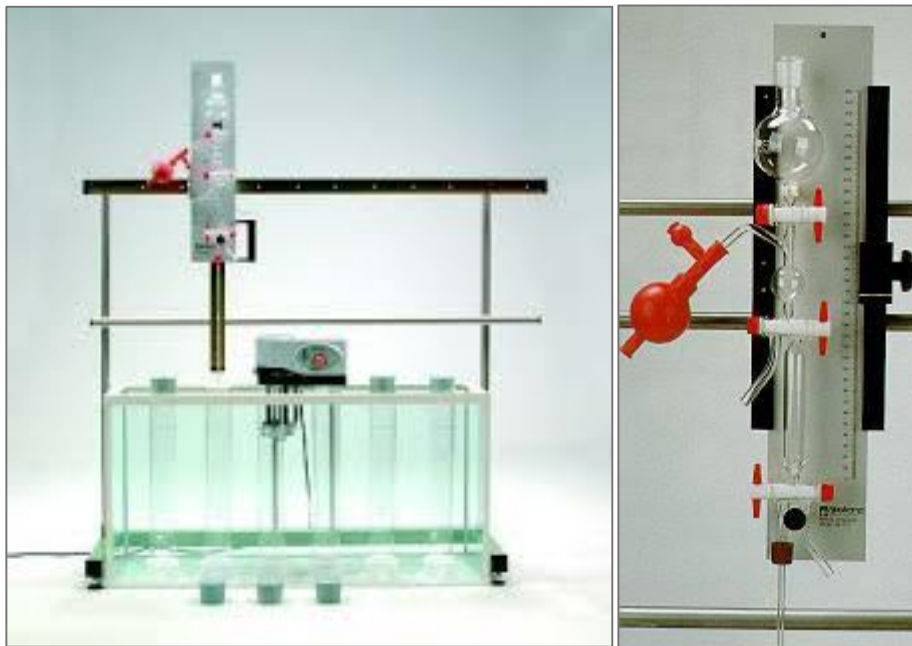


Figure II.1 : L'appareil de la pipette du robinson

Après avoir placé les échantillons sous la pipette de Robinson, 3 prélèvements ont été prélevés comme indiqué dans le protocole en annexe 1, Les prélèvements ont été séchés à 105°C pendant 24 heures puis pesés. En ramenant ces poids à un volume de 1 000 ml et en tenant compte de la quantité d'hexamétaphosphate ajoutée.

➤ Nous avons déterminé les poids des fractions 2-0 µm et 20-2 µm. Le poids de cette dernière a été calculé en faisant la différence entre les quantités des fractions 20-0 µm et 2-0 µm

$$\text{Poids (20-2 } \mu\text{m)} = \text{Poids (20-0 } \mu\text{m)} - \text{Poids (2-0 } \mu\text{m)}$$

➤ Le poids de la fraction 20-50 µm a été calculé en faisant la différence entre les quantités de la fraction 0-50 µm et la somme des quantités des fractions 20-2 µm et 2-0 µm

$$\text{Poids (20-50 } \mu\text{m)} = \text{Poids (0-50 } \mu\text{m)} - \text{Poids (0-2 } \mu\text{m} + \text{2-20 } \mu\text{m)}$$

➤ La séparation des fractions 50-200 µm et 200-2000 µm a été effectuée par tamisage à l'aide de tamis de 200 µm et de 50 µm.

Tous les résultats sont exprimés en pourcentages du poids de l'échantillon initial sec.

II.4 Granulométrie Selon La Méthode « Diffraction Laser » :

II.4.1 Description de l'appareil de mesure

Le granulomètre utilisé dans cette étude est le modèle **ANALYSETTE 22 NeXT** Micro et Nano de la marque FRITSCH ; qui est utilisé en voie liquide (**Figure II.2**). Cette technique se base sur le principe de diffraction et de diffusion d'un faisceau laser frappant une particule : chaque particule diffracte la lumière issue du laser selon un angle qui est fonction de la taille des particules. Plus la particule est petite, est plus l'angle de diffraction est important.

Le granulomètre est muni d'un bain de dispersion éclairé, avec sa disposition ergonomique, simplifie à l'extrême le remplissage de l'échantillon et la surveillance de la dispersion, où sont introduits manuellement les échantillons solides ou liquide. Après ajout d'eau dans le bain jusqu'à un niveau défini, un système d'agitation permet d'homogénéiser les particules dans le bain.

Une mesure de l'arrière-plan est d'abord effectuée, lors de laquelle les signaux de tous les éléments capteurs sont saisis sans qu'un échantillon soit introduit. Cela permet de saisir entre autres les souillures de la cellule de mesure puis de les éliminer du calcul ultérieurement. Le logiciel demande ensuite à l'utilisateur d'introduire le matériau d'échantillon dans le module de dispersion. La quantité d'échantillon introduite dans la granulométrie pour réaliser une mesure est un paramètre important, pendant cette opération, le système signale en continu, à l'aide de ce que l'on appelle l'absorption du rayonnement, si la quantité d'échantillon requise est déjà atteinte ou s'il est nécessaire d'ajouter encore du matériau. Une fois que la quantité correcte est atteinte, la saisie des données de mesure proprement dite a lieu, suivie par le calcul de la distribution granulométrique.

Ensuite, une fois que la durée librement définissable s'est écoulée, l'opération de saisie des données machine et le calcul du résultat qui s'en suit peuvent être répétés plusieurs fois, en boucle. Cette opération permet de contrôler facilement que la mesure est reproductible. L'analyse se fait par l'intermédiaire d'un laser vert ($\lambda = 532 \text{ nm}$, 1 mW env.), Le logiciel de pilotage de l'appareil transforme le signal mesuré en distributions granulométriques en utilisant les paramètres définis pour le traitement des données, notamment en fonction du modèle optique sélectionné (modèle de Fraunhofer ou de Mie). Le logiciel permet ensuite d'obtenir la distribution granulométrique sous forme de courbe de total, de diagramme à barres ou de tableau (voir **Figure II.2**).

Deux théories d'analyse classiques sont disponibles, à utiliser selon les propriétés des particules concernées et le cahier des charges : la théorie de Fraunhofer, pour des particules de grande taille dont les paramètres optiques ne sont pas connus de manière précise, et la théorie de Mie pour les plus petites particules dont les paramètres optiques sont connus. Les deux théories sont facilement sélectionnables dans le logiciel FRITSCH MaS control. L'ANALYSETTE 22 est naturellement parfaitement conforme à la norme ISO 13320.



Figure II.2 : l'appareil de diffraction de laser

II.4.2 Principe de la diffraction laser de l'ANALYSETTE 22 NeXT.

Les mesures granulométriques à partir de la diffraction d'un faisceau laser sont très simples : pour mesurer la taille d'une particule, celle-ci est illuminée par un laser. La déviation partielle du faisceau se produit derrière l'échantillon mesuré en donnant un motif lumineux caractéristique, de forme annulaire, dont l'intensité est mesurée par un détecteur configuré spécialement à cet effet. Le calcul des tailles de particules se fait à partir de l'écart entre ces anneaux :

Les particules de grande taille donnent des anneaux proches, les particules de petite taille des anneaux plus éloignés.

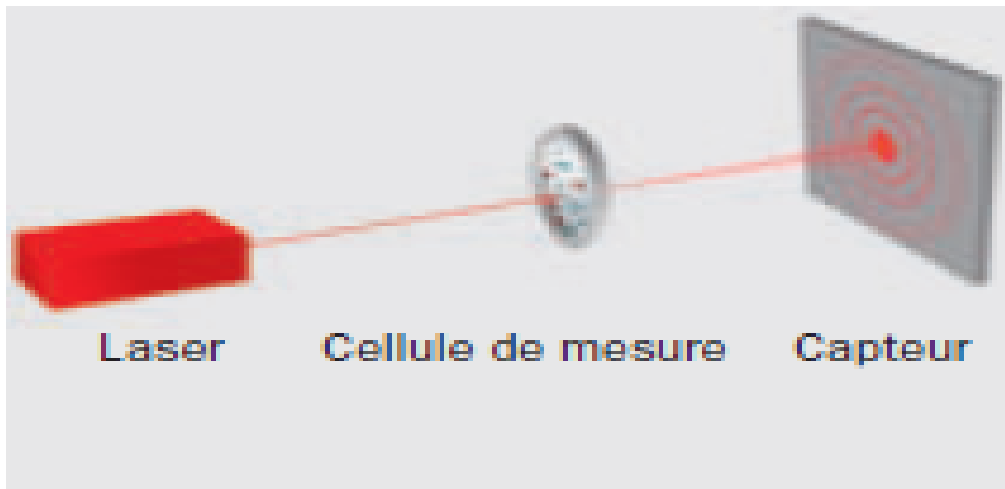


Figure II.3 : principe de la diffraction laser de l'ANALYSETTE 22 NeXT.

II.5 Notions statistiques :

Les résultats ont été évalués statistiquement. Pour déterminer la dépendance statistique entre les 2 méthodes, Les résultats obtenus pour les mêmes échantillons de sol étaient des données d'entrée pour des analyses de régression utilisant des modèles linéaires, en mettant l'accent sur le coefficient de corrélation de Pearson.

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenues seront traités par deux méthodes :

- Une classification selon le diagramme de texture USDA
- Traitement des résultats par comparaison

III.1 Analyse Du Sol Par Méthode De Diffraction Laser :

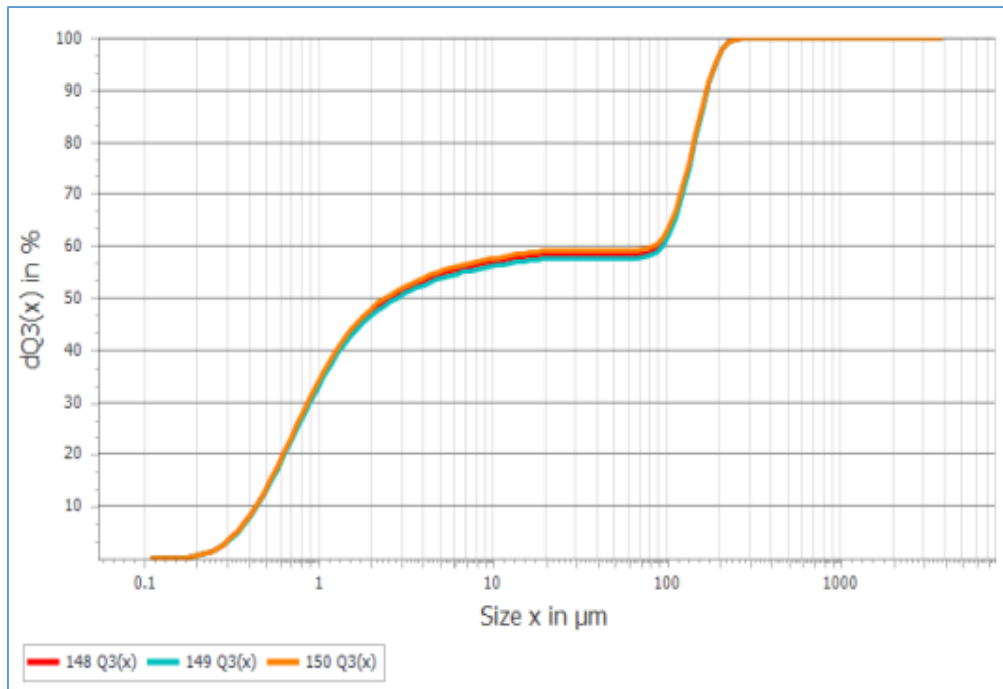
III.1.1 Choix du modèle optique

La norme ISO 13320 (AFNOR, 2009) [10] recommande l'utilisation du modèle optique de Mie pour les échantillons contenant des particules de diamètre inférieur à 50 μm , tandis que le modèle de Fraunhofer est préconisé pour les échantillons présentant des particules de diamètre plus important. Étant donné que les distributions granulométriques des sols peuvent couvrir cette limite de 50 μm , il devient difficile de privilégier un modèle optique par rapport à l'autre. Le modèle de Mie requiert la spécification des indices de réfraction des échantillons, et étant donné que le sol est composé de plusieurs minéraux distincts, il devient complexe de déterminer un indice de réfraction précis pour l'ensemble d'un échantillon donné. Vu l'hétérogénéité des constituants dans un échantillon de sol, ce n'est pas pratique de choisir un indice de réfraction unique. Par conséquent, l'utilisation du modèle optique de Fraunhofer pour tous les échantillons semble être la solution la plus raisonnable.

Dans une étude menée par (Masson & al, 2021) [7], des comparaisons de traitement des données ont été effectuées en utilisant les deux modèles pour déterminer les distributions granulométriques des matières en suspension et des sédiments de rivière. Et le modèle optique Fraunhofer a été appliqué dans toutes les analyses. Le même modèle optique a été choisi par (D. Igaz & al, 2020) [11] en utilisant la même marque de l'appareil.

III.1.2 Analyse du sol par la méthode de diffraction laser et distribution granulométrique

Chaque échantillon a été mesuré au moins trois fois jusqu'à ce que les différences entre les différentes fractions de trois mesures individuelles soient très proches. Les résultats de distribution granulométrique pour le sol sont rapportés en fractions granulométriques cumulées selon la classification X : <0,002 mm ; <0,02mm ; <0,05mm ; <0,20 mm et < 2 mm



Q3 at given Size					
x in µm	Avg in %	CV %	M148	M149	M150
0.1	0	0	0	0	0
2	47.4	1.1	47.5	46.8	48
20	58.4	1.1	58.4	57.6	59.1
50	58.5	1.1	58.6	57.7	59.2
200	96.6	0.1	96.6	96.5	96.7
500	100	0	100	100	100
2,000	100	0	100	100	100

Figure III.1 : Exemple de distribution granulométrique d'un échantillon obtenu avec le granulomètre ANALYSETTE 22 NeXT (FRITSCH).

III.2 Comparaison Des Résultats D'analyse Pour Les Deux Méthodes :

III.2.1 Comparaison globale à l'aide du diagramme de texture :

Avant d'approfondir les comparaisons par classes de particules (argiles, limons grossiers, limons fins, sable fin et sable grossier), une première évaluation comparative des deux méthodes peut être réalisée en se basant sur le diagramme de texture (**Figure III.2**). Dans l'ensemble, on observe une bonne concordance entre les deux techniques, ce qui indique que la méthode de "diffraction laser" peut être utilisée de manière courante pour classer simplement la texture des sols et des sédiments.

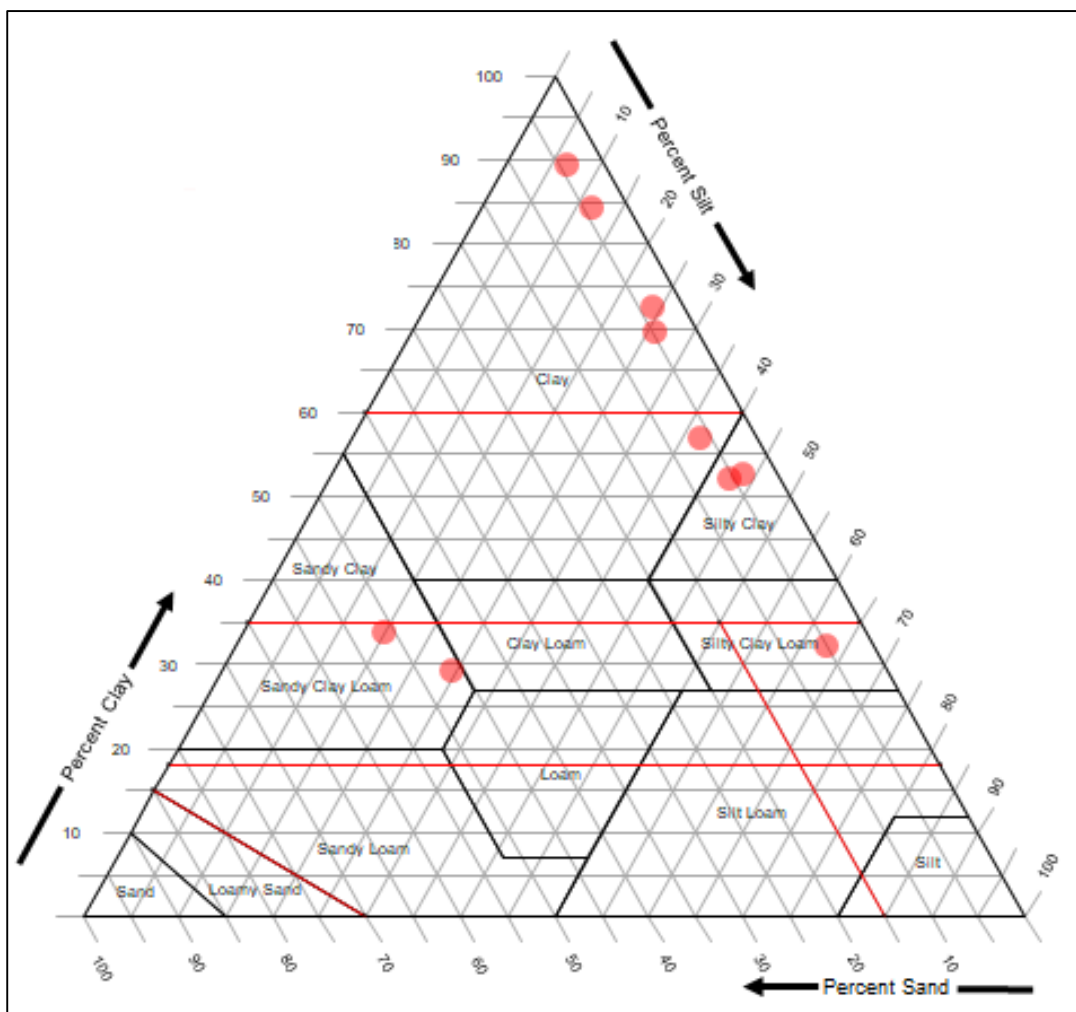


Figure III.2 : classement textural des sols à l'aide des diagrammes de texture selon la méthode « pipette de Robinson ». (Classification USDA)

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau III.1 : classement textural des sols selon la méthode « pipette de Robinson». (Classification USDA)

	Sable	Argile	Limon	Classement Textural	Classement Textural
M1	3.48	52.49	44.03	silty clay	Limon argileux
M2	5.43	51.79	42.78	silty clay	Limon argileux
M3	5.95	56.68	37.37	clay	argileux
Z1	3.88	89.18	6.94	clay	argileux
Z2	4.43	69.25	26.32	clay	argileux
Z3	3.83	83.99	12.18	clay	argileux
T	46.06	29.10	24.84	sandy clay loam	Limon sablo-argileux
S	4.89	31.89	63.22	silty clay loam	Limon silto-argileux
O	51.00	33.64	15.36	sandy clay loam	Limon sablo-argileux
L	3.13	72.36	24.51	clay	argileux

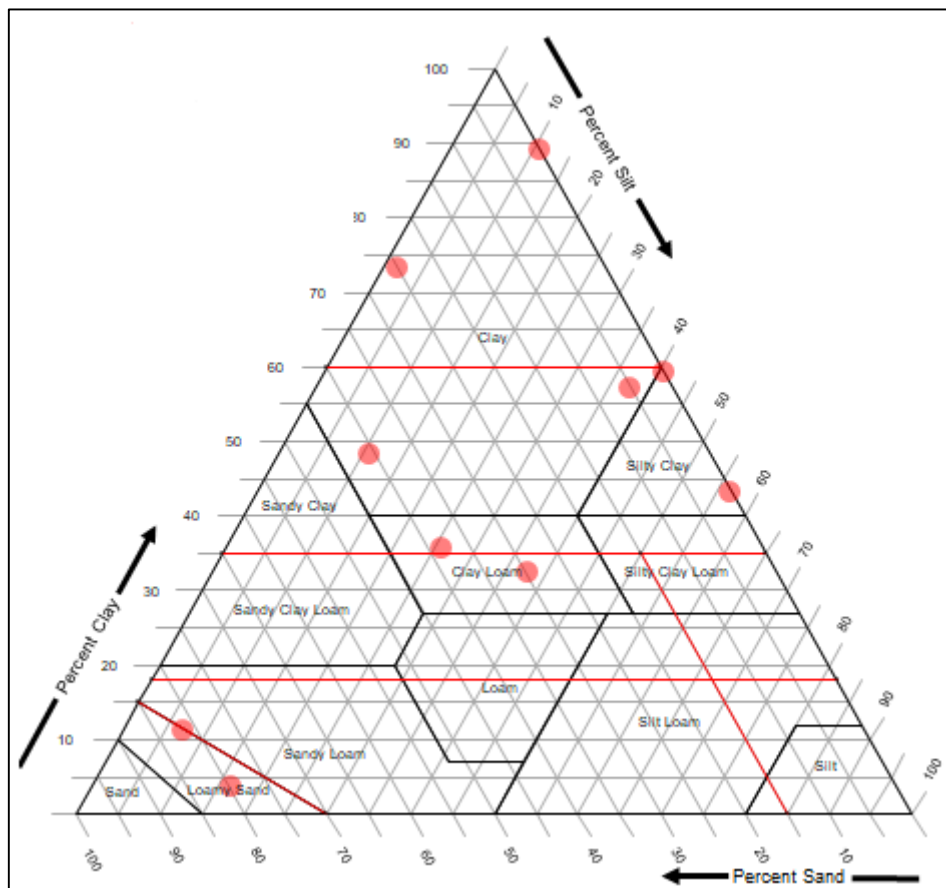


Figure III.3 : classement textural des sols à l'aide des diagrammes de texture selon la méthode « diffraction laser». (Classification USDA)

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau III.2 : classement textural des sols selon la méthode « diffraction laser».

(Classification USDA)

	sable	argile	limon	Classement Textural	Classement Textural
M1	0.00	59.00	41.00	silty clay	Limon argileux
M2	29.70	32.20	37.70	clay loam	Limon argileux
M3	24.90	73.10	1.90	clay	argileux
Z1	0.00	88.90	11.10	clay	argileux
Z2	5.10	56.90	38.00	clay	argileux
Z3	40.80	48.00	11.20	clay	argileux
T	38.30	35.60	26.10	clay loam	Limon argileux
S	81.50	11.00	6.00	loamy sand	Limon sableux
O	79.70	3.50	16.80	loamy sand	Limon sableux
L	0.20	43.10	56.70	silty clay	Limon argileux

D'après la classification de la texture des échantillons des sols selon la classification USDA 60% des sols ont la même classe texturale pour les deux méthodes et 40% des sols ont une texture divergente.

III.2.2 Comparaison par classes de particules :

III.2.2.1 Comparaison Sable grossier :

Les figures III.4 et III.5 montrent la comparaison des résultats de taux de sable grossier par la méthode de pipette de Robinson et la méthode de diffraction laser de dix échantillons du sol étudié.

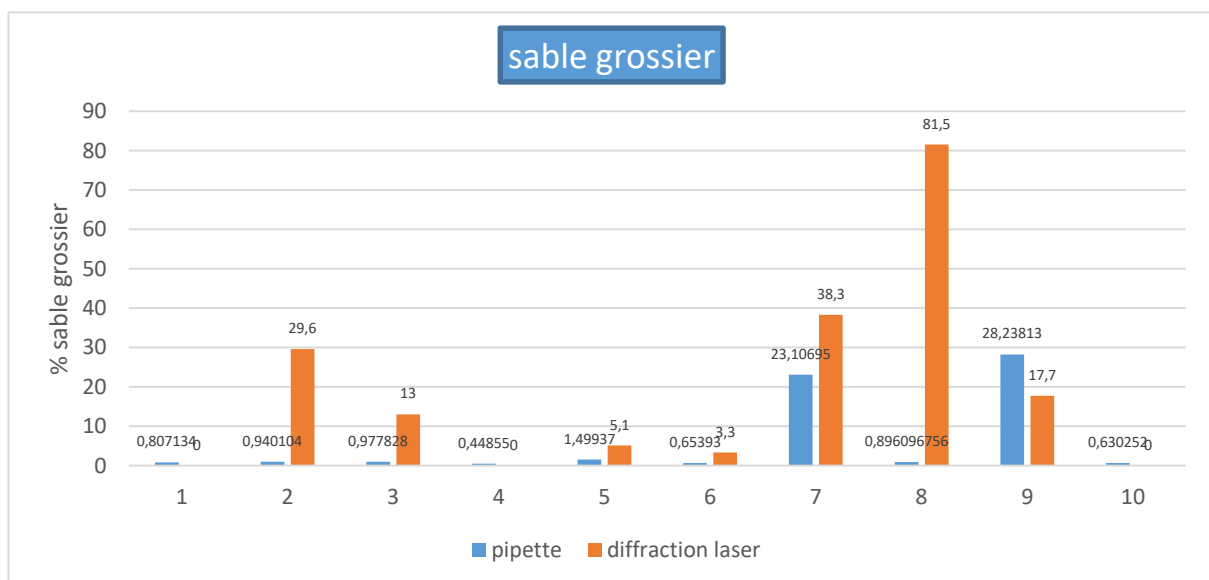


Figure III.4 : les taux de sable grossier des sols pour les deux méthodes

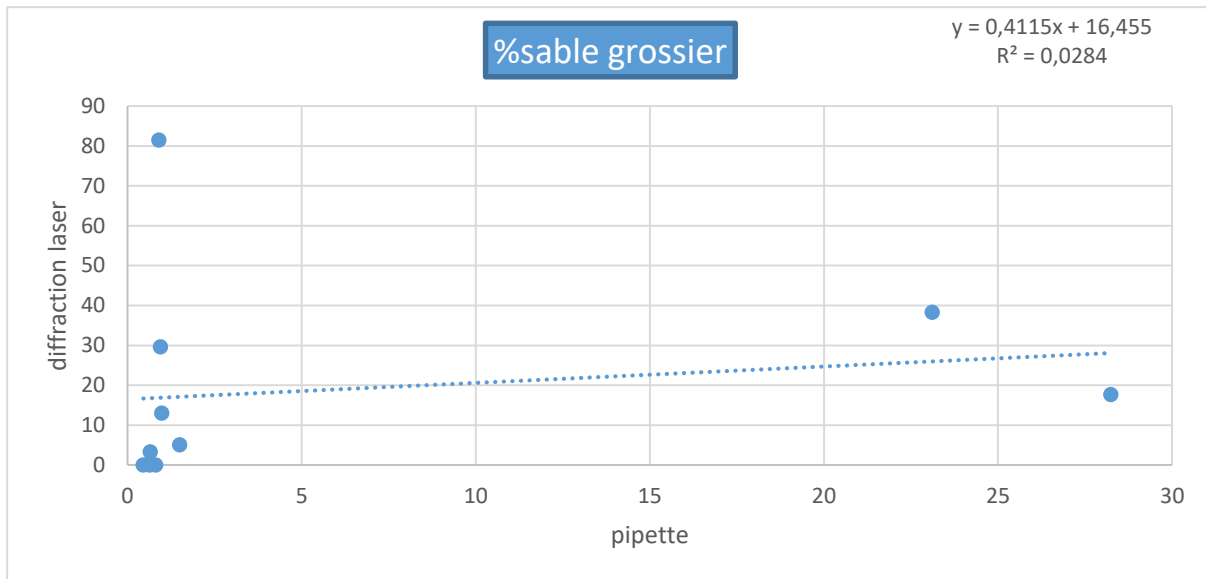


Figure III.5 : courbe de corrélation des taux de sable grossier des sols pour les deux méthodes

Nous remarquons, d'après les figures III.4 et III.5 : les taux de sable grossier déterminés que Ce soit par la méthode de pipette ou de diffractions laser sont très divergents du faite que l'écart entre les taux de sable grossier peut attendre une valeur de 80,60 % qui correspond aux échantillons des sols de Sidi-okba et un écart de 0,63% des sols de Loutaya.

L'étude de corrélation entre les taux de sable grossier par les deux méthodes figure III.5, montre que le coefficient de détermination R^2 est proche de zéro avec une valeur de $R^2 = 0,0284$ se qui signifier qu'il n'ya pas de corrélation entre les taux de sable grossier déterminer par les deux méthodes « pipette de robinson et diffraction laser » cela peut être est dû à la non maitrise de la technique diffraction laser.

III.3.2.2 Comparaison Sable Fin :

Les figures III.6 et III.7 montrent la comparaison des résultats de taux de sable fin par la méthode de pipette de Robinson et la méthode de diffraction laser de dix échantillons du sol étudié.

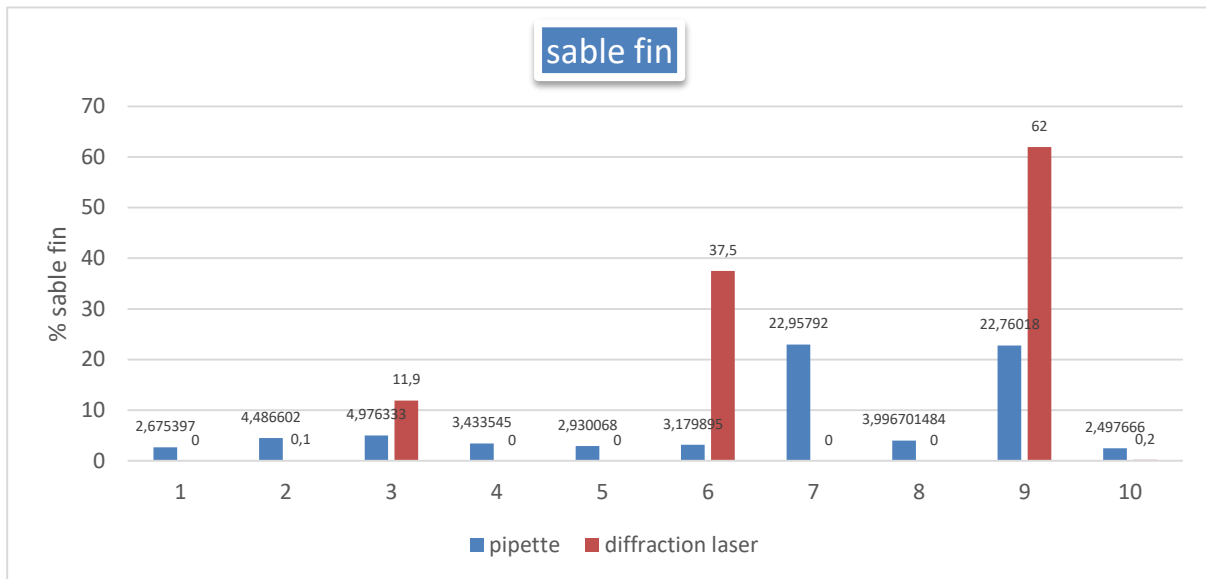


Figure III.6 : les taux de sable fin des sols pour les deux méthodes

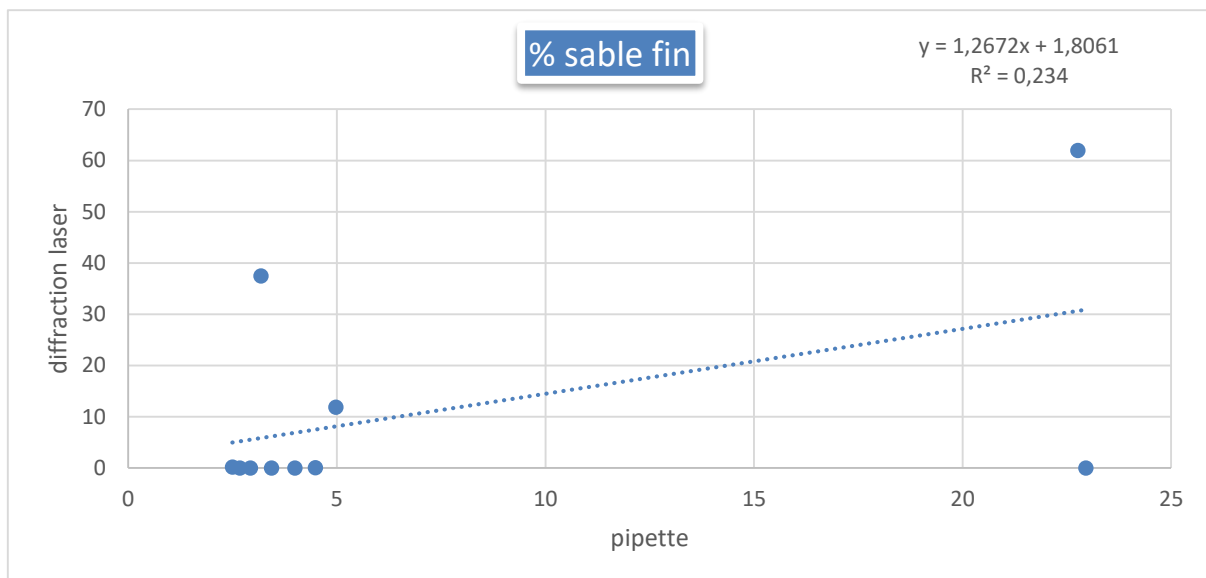


Figure III.7 : courbe de corrélation des taux de sable fin des sols pour les deux méthodes

Nous remarquons, d’après les figures III.6 et III.7 : les taux de sable fin déterminés que Ce soit par la méthode de pipette ou de diffractions laser sont très divergents du faite que l’écart entre les taux de sable fin peut attendre une valeur de 39,24% qui correspond aux échantillons des sols d’Ouarlal et un écart de 2,29% des sols de Loutaya.

L’étude de corrélation entre les taux de sable fin par les deux méthodes figure III.7 , montre que le coefficient de détermination R^2 est proche de zéro avec une valeur de $R^2= 0,234$ se qui signifier qu’il n’ya pas de corrélation entre les taux de sable fin déterminer par les deux méthodes « pipette de robinson et diffraction laser » cela peut être est dû à la non maitrise de la technique diffraction laser.

III.3.2.3 Comparaison Limon Grossier :

Les figures III.8 et III.9 montrent la comparaison des résultats de taux de limon grossier par la méthode de pipette de Robinson et la méthode de diffraction laser de dix échantillons du sol étudié.

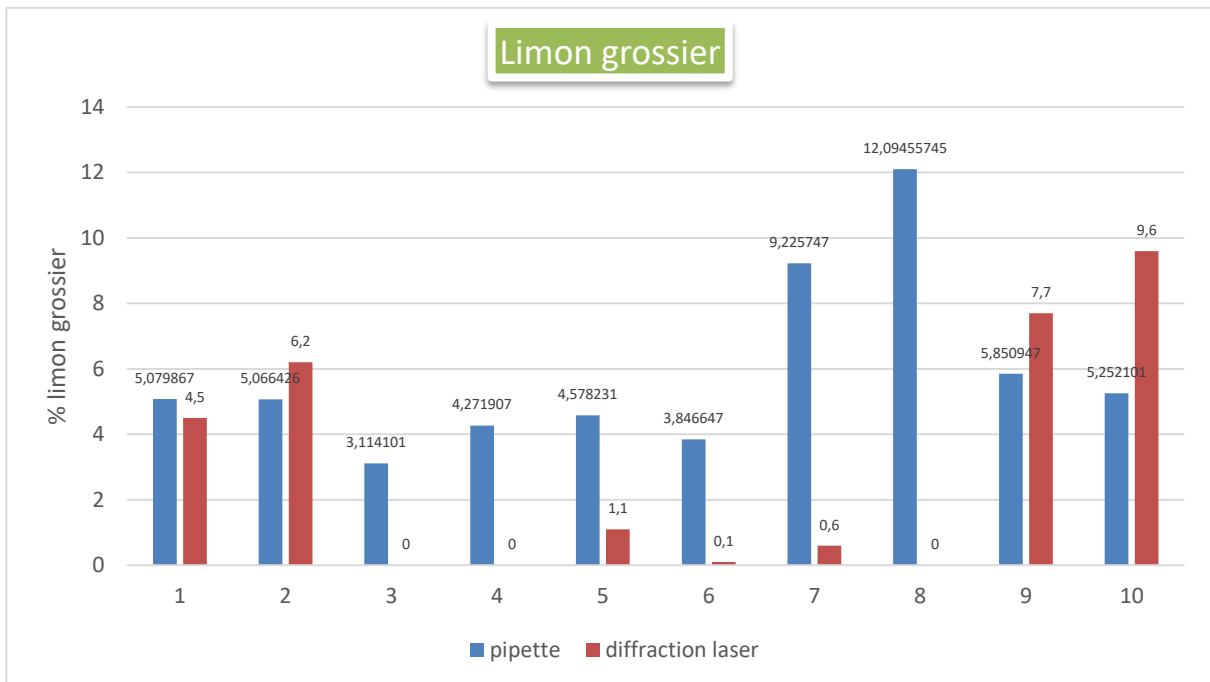


Figure III.8 : les taux de limon grossier des sols pour les deux méthodes

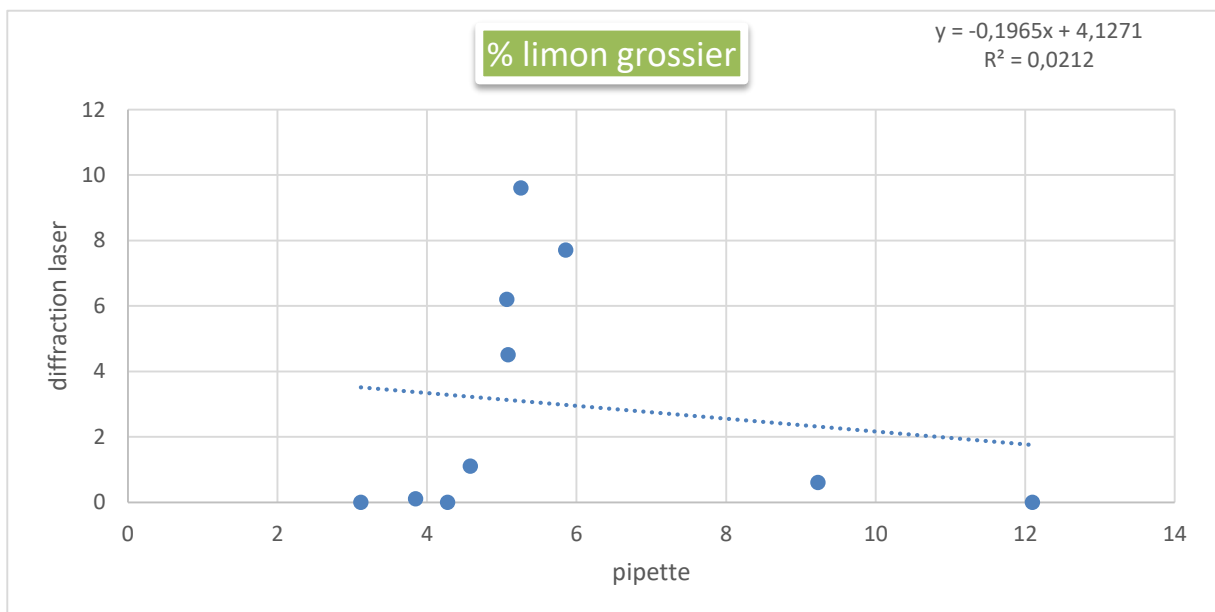


Figure III.9 : courbe de corrélation des taux de limon grossier des sols pour les deux méthodes

Nous apercevons, d'après les figures III.8 et III.9 : les taux de limon grossier enregistrés que ce soit par la méthode de pipette ou de diffractions laser sont très distincts du faite que l'écart entre les taux de limon grossier peut attendre une valeur de 12,09 % qui correspond aux échantillons des sols de Sidi-okba et un écart de 3,11 % des sols de M'ziraa.

L'étude de corrélation entre les taux de limon grossier par les deux méthodes figure III.9, montre que le coefficient de détermination R^2 est proche de zéro avec une valeur de $R^2 = 0,0212$ se qui signifie qu'il n'y a pas de corrélation entre les taux de limon grossier déterminés par les deux méthodes « pipette de robinson et diffraction laser » cela peut être dû à la non maîtrise de la technique de diffraction laser.

III.3.2.4 Comparaison Limon Fin :

Les figures III.10 et III.11 montrent la comparaison des résultats de taux de limon fin par la méthode de pipette de Robinson et la méthode de diffraction laser de dix échantillons du sol étudié.

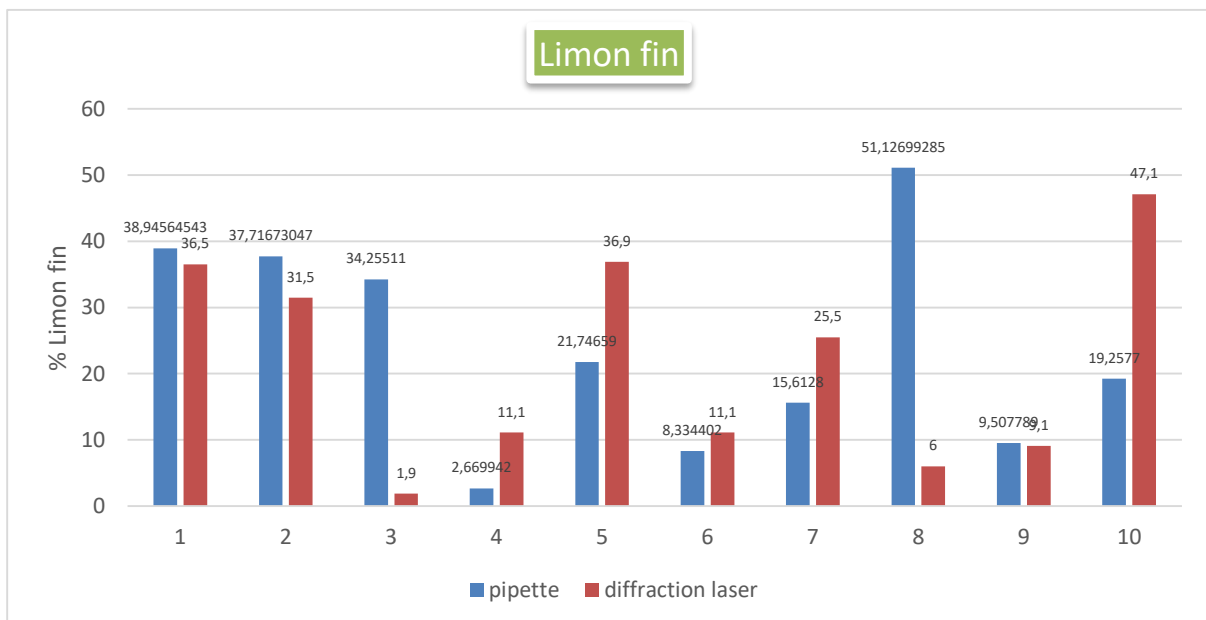


Figure III.10 : les taux de limon fin des sols pour les deux méthodes

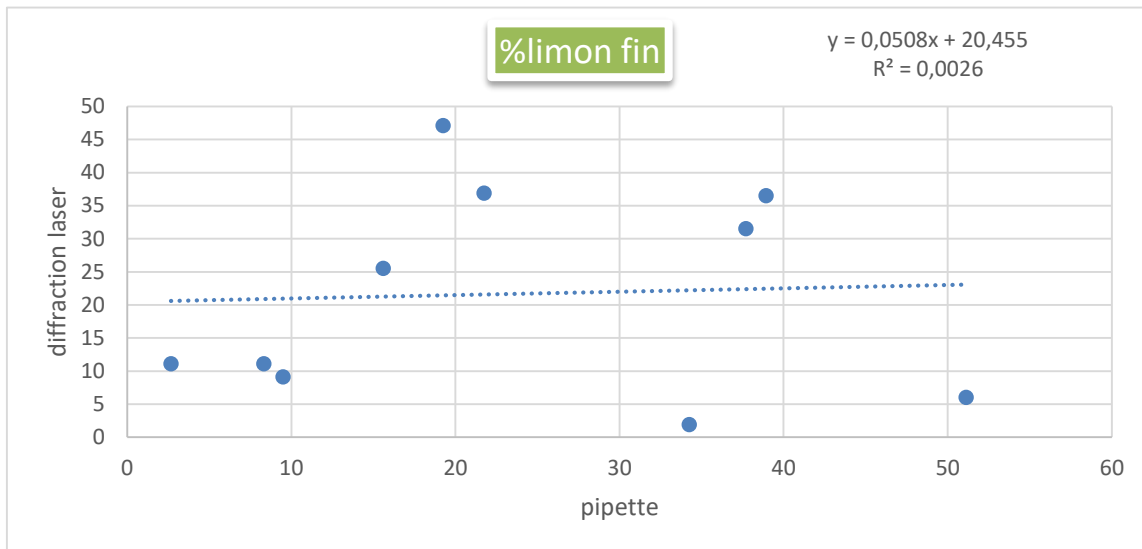


Figure III.11 : courbe de corrélation des taux de limon fin des sols pour les deux méthodes

Nous remarquons, d'après les figures III.10 et III.11 : les taux de sable grossier déterminés que Ce soit par la méthode de pipette ou de diffractions laser sont très divergents du faite que l'écart entre les taux de limon fin peut attendre une valeur de 45,12% qui correspond aux échantillons des sols de Sidi-okba et un écart de 0,40% des sols d'Ouarlal.

L'étude de corrélation entre les taux de limon fin par les deux méthodes figure III.11, montre que le coefficient de détermination R^2 est proche de zéro avec une valeur de $R^2 = 0,0026$ se qui signifie qu'il n'y a pas de corrélation entre les taux de limon fin déterminés par les deux méthodes « pipette de robinson et diffraction laser » cela peut être dû à la non maîtrise de la technique diffraction laser.

III.3.2.5 Comparaison D'Argile :

Les figures III.12 et III.13 montrent la comparaison des résultats de taux d'argile par la méthode de pipette de Robinson et la méthode de diffraction laser de dix échantillons du sol étudié.

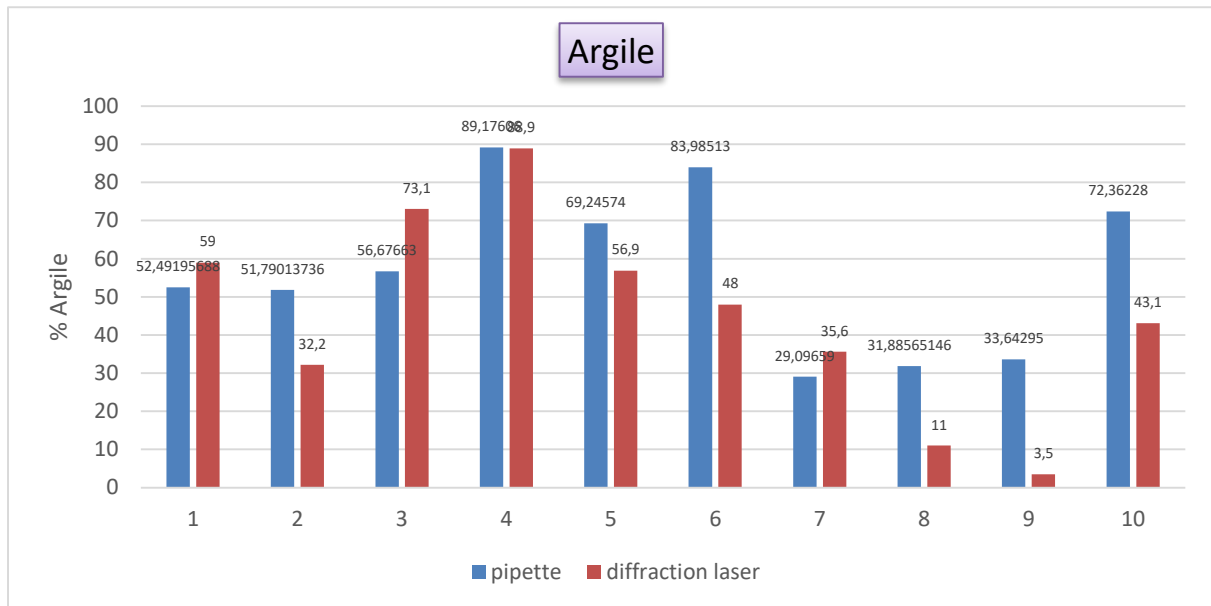


Figure III.12 : les taux d'Argile des sols pour les deux méthodes

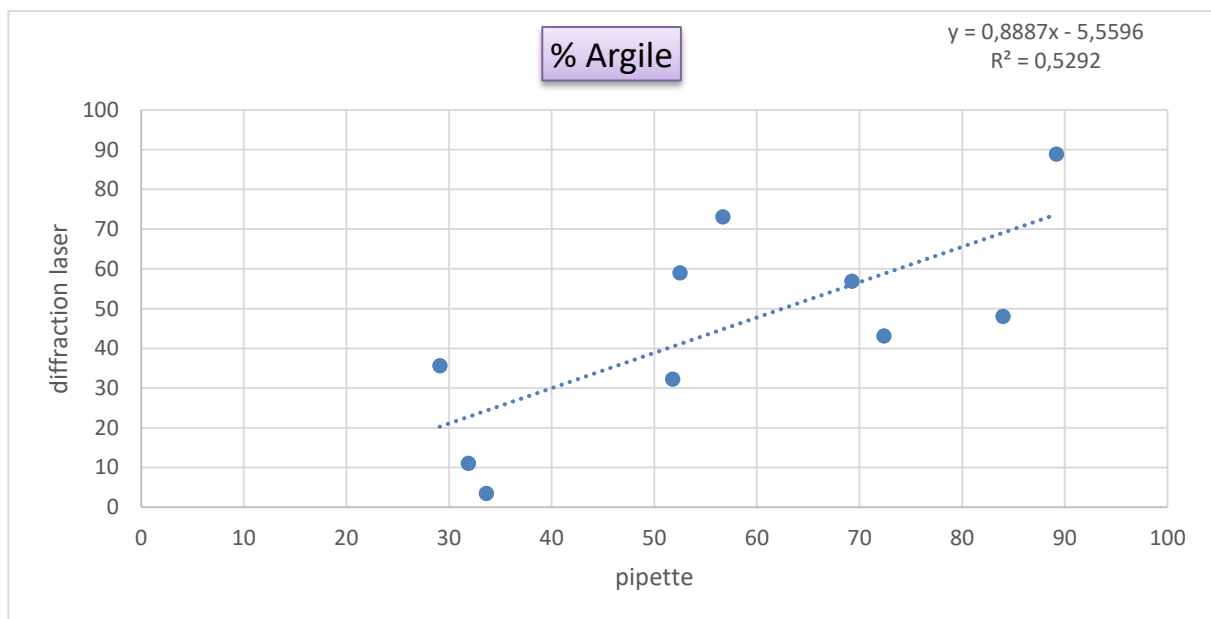


Figure III.13 : courbe de corrélation des taux d'Argile des sols pour les deux méthodes

Nous remarquons, d'après les figures III.12 et III.13 : les taux d'Argile déterminés que Ce soit par la méthode de pipette ou de diffractions laser sont très convergents du faite que l'écart entre les taux d'argile peut attendre une valeur de 0,276% qui correspond aux échantillons des sols de Zribet El-Oued et un écart de 30,14% des sols d'Ouarlal.

L'étude de corrélation entre les taux d'argile par les deux méthodes figure III.13, montre que le coefficient de détermination R^2 a une valeur moyenne qui est $R^2 = 0,5292$ se qui signifier qu'il y a de corrélation moyenne entre les taux d'argile déterminer par les deux méthodes «

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

pipette de robinson et diffraction laser » cela peut être est dû à la non maîtrise de la technique diffraction laser.

Tableau III.3 : les résultats de comparaison entre les différentes fractions pour les deux méthodes d'analyse granulométrique.

fraction	équation de droites	coefficient de corrélation R²
Argiles	$Y=0.8887x-5.5596$	0,5292
Limon fin	$Y=0.0508x+20.4552$	0,0026
Limon grossier	$Y=0.1965x+41271$	0,0212
Sable fin	$Y=1.2672x+1.8061$	0,234
Sable grossier	$Y=0.4115x+16.4552$	0,0284

CONCLUSION

D'après la classification de la texture des échantillons des sols selon la classification USDA 60% des sols ont la même classe texturale pour les deux méthodes et 40% des sols ont une texture divergente aussi pour les deux méthodes

La méthode « Laser » conduit à des résultats très lointains comparativement avec les résultats de la texture obtenus par la méthode de Pipette de Robinson pour les fractions (sable grossier, sable fin, limon grossier, limon fin). Cela est peut-être dû au non maîtrise de la méthode de diffraction laser.

Par contre la fraction argileuse montre des résultats moyennement proche pour les deux méthodes diffraction laser et pipette de Robinson.

Référence :

- [1] : Zitouni R, Meguedmi. D. (2021). Relation entre les fractions granulométriques et la conductivité électrique cas de Sebket Melloul Willaya de Sétif. 3- 4.
- [2] : Baize, D. (2000). Guide des analyses en pédologie. Dans D. Baize, guide des analyses en pédologie (pp. 51-52-54). INRA.
- [3] : Prone, A. (2003). L'analyse texturale et microstructurale des sols. Dans A. Prone, l'analyse texturale et microstructurale des sols (pp. 47-50-109-155). PUP.
- [4] : M, R. (1996). Les sols cultivés. Dans R. M, Les sol cultivés (pp. 119-123).
- [5] : Michel-Claude Girard, C. S. (2011). Étude des sols. 18-19
- [6] : FOURNIER, J., BONNOT-COURTOIS, C., PARIS, R., & VOT, M. L. (2012). Analyses granulométriques Principes et méthodes. Centre National de la Recherche Scientifique Ecole Pratique des Hautes Etudes, 9-10 p.
- [7] : M. Masson, L. Richard, and A. Gruat, "Recommandations techniques pour la mesure de la distribution granulométrique des sédiments et matières en suspension de cours d'eau," 2021.
- [8] : Delanghe D., Lepage H., Masson M., Le Bescond C. (2018). Synthèse sur les techniques granulométriques - Méthodologie et inter-comparaison des analyses granulométriques. Rapport OSR4 2015-2017, 66 p.
- [9] : Heidi Taubner, B. R. (2009). Determination of soil texture: Comparison of the sedimentation method and the laser-diffraction analysis. 162 p.
- [10] : AFNOR (2009). ISO 13320 : Analyse granulométrique – Méthode par diffraction laser – Principes généraux. 51 p.
- [11] : Igaz, E. Aydin, M. Šinkovičová, V. Šimanský, A. Tall, and J. Horák, "Laser diffraction as an innovative alternative to standard pipette method for determination of soil texture classes in central Europe," *Water (Switzerland)*, vol. 12, no. 5, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/W12051232.

ANNEXES

Annexe n°1 : L'analyse granulométrique par pipette de Robinson :

La méthode internationale à la pipette de Robinson a été la méthode utilisée afin de déterminer la granulométrie des échantillons.

Réactifs :

- Eau oxygénée « détruire la matière organique » volume 130 ; 30%
- Hexamétaphosphate de sodium (100g/l) « Dispersion des argiles »
- Ethanol « pour diminution de la mousse ».
- HCl « détruire les carbonates du CaCO₃ (calcaire)».

Mode opératoire :

- Peser 10g de sol (10g pour une terre argileuse, 20g pour une terre sableuse). les mettre dans un bécher de 600ml.
- Verser dans le bécher 50ml d'eau oxygénée, agiter pour homogénéiser en tenant sous contrôle la formation de mousse, si la mousse risque de déborder ajouter un jet d'alcool éthylique.
- Couvrir le bécher d'un verre de montre et laisser réagir au moins 12h (une nuit).
- Mettre le bécher sur le bain de sable dont la température ne doit pas dépasser 85°C.
- Si une certaine effervescence se prolonge ajouter de temps en temps et par petites quantités de l'eau oxygénée.
- Laisser refroidir
- Verser le HCl (1N) en quantité suffisante pour détruire les carbonates, attendre la fin de l'effervescence.
- Transvaser dans un flacon de sédimentation jaugé de 1000ml le contenu du bécher à l'aide d'un jet de pissette.
- Verser dans le flacon 10ml d'hexamétaphosphate de sodium.
- Compléter avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (1000ml).
- Agiter le flacon pendant 1h au moins sur l'agitateur rotatif.
- Porter le flacon à proximité de la pipette de Robinson.
- Mettre le flacon dans un récipient contenant de l'eau maintenue à 20°C.
- Agiter à l'aide d'un thermomètre le liquide d'un flacon, Si la température indiquée est égale à 20°C, sortir le flacon, l'agiter immédiatement et violemment par retournement répétés de manière à mettre en suspension toute la terre (environ 10 retournement).

- Peser très rapidement le flacon sous la pipette de Robinson.



Figure.1 : Préparation des échantillons

1- Premier prélèvement : (argile + limon fin + limon grossier) < 50 μ

- Température de la solution : 20°C
- Temps de sédimentation : 46 secondes
- Profondeur 10cm

2- Deuxième prélèvement : (argile + limon fin) < 20 μ

- Température de la solution : 20°C
- Temps de sédimentation : 4 min et 48 secondes
- Profondeur 10cm

3- Troisième prélèvement : argile < 2 μ

- Température de la solution : 30°C
- Temps de sédimentation : 6h et 21 min
- Profondeur 10cm

4- Séparation des sables grossier et des sables fins par les tamis 200 μ m et 50 μ m

- Verser la solution tamis de 200 μ m et Tamis de 50 μ m
- Transvaser les prélèvements dans des capsules, les peser avant utilisation.
- Porter les capsules à l'étuve à 105°C jusqu'à 24h.
- Peser les capsules.

Annexe n°2. Résultats D'analyse Pour Les Deux Méthodes :

Tableau.1 : les résultats des différentes fractions de sol obtenues par les deux méthodes d'analyse granulométrique « méthode pipette de Robinson et diffraction laser ».

Les Noms Des Echantillo ns	A %		LF %		LG %		SF %		SG %	
	laser	pipette	laser	pipette	laser	pipette	laser	pipette	laser	pipette
M1	59	52,4919569	36,5	38,94564 54	4,5	5,079867	0	2,675397	0	0,807134
M2	32,2	51,7901374	31,5	37,71673 05	6,2	5,066426	0,1	4,486602	29,6	0,940104
M3	73,1	56,67663	1,9	34,25511	0	3,114101	11,9	4,976333	13	0,977828
Z1	88,9	89,17606	11,1	2,669942	0	4,271907	0	3,433545	0	0,44855
Z2	56,9	69,24574	36,9	21,74659	1,1	4,578231	0	2,930068	5,1	1,49937
Z3	48	83,98513	11,1	8,334402	0,1	3,846647	37,5	3,179895	3,3	0,65393
T	35,6	29,09659	25,5	15,6128	0,6	9,225747	0	22,95792	38,3	23,10695
S	11	31,8856515	6	51,12699 29	0	12,0945574	0	3,99670148	81,5	0,89609675 6
O	3,5	33,64295	9,1	9,507789	7,7	5,850947	62	22,76018	17,7	28,23813
L	43,1	72,36228	47,1	19,2577	9,6	5,252101	0,2	2,497666	0	0,630252

Résumé :

Notre étude expérimentale vise à connaître la texture du sol par en l'analysant de différentes manières, Où nous analysons le sol par pipette (pipette de Robinson), dont le principe est basé sur la sédimentation. Où nous pesons le sol après son sédimentation pour déterminer les pourcentages des particules et connaître la texture de sol.

Mais la diffraction laser est un à rayons réflexes des particules de sol, où il se reflète sous certains angles, il est ensuite automatiquement comparé aux standards stockés dans l'appareil.

Puis les résultats sont donnés sous forme de courbe et de données montrant la texture de sol.

Après c'est nous comparons entre cette résultats par premier méthode et deuxième.

Les Mots Clés :

La texture du sol ; sédimentation ; diffraction ; rayons.

Summary:

Our experimental study aims to know the texture of the soil by analysing it in different ways, where we analyse the soil by pipette (Robinson pipette), the principle of which is based on sedimentation. Where we weigh the soil after its sedimentation to determine the percentages of the particles and know the soil texture.

But laser diffraction is a reflex ray of soil particles, where it is reflected with certain angles, it is then automatically compared to the standards stored in the device. Then the results are given in the form of a curve and data showing the soil texture. Afterwards it is we compare between these results by first method and second.

Keywords : soil texture ; Rays ; sedimentation ; diffraction

ملخص:

الدراسة التجريبية التي قمنا بها تهدف الى معرفة ملمس التربة من خلال تحليلها بطرق مختلفة، حيث نقوم بتحليل التربة عن طريق الماصة (ماصة روبنسون) التي يعمل مبدؤها على الترسيب حيث نقوم بوزن التربة بعد ترسيبها من اجل حساب نسب الجزيئات ومعرفة ملمس التربة.

اما انتشار الليزر فهو عبارة عن شعاع ناتج عن شعاع الليزر المنعكس من جزيئات التربة، حيث ينعكس بزوايا معينة ثم تقارن اوتوماتيكيا بالمعايير المحفوظة بالجهاز ثم تعطى النتائج على شكل منحنى بياني وبيانات توضح ملمس تربة بعدها نقارن بين هذه النتائج المتحصل عليها من الطريقة الأولى والثانية.

كلمات مفتاحية:

ترسيب. ملمس التربة. انتشار. شعاع