

COMPORTEMENT DE LA STRUCTURE DU SOL FACE AU LABOUR MOTORISÉ EN ZONE SOUDANO-GUINÉENNE

**Christelle Sandra Ayina BOKO^{1*}, Gontrand Comlan BAGAN¹,
Edem CHABI¹ et Rodolphe AVOGBANNANON²**

¹*Université Nationale d'Agriculture, Ecole de Génie Rural, Laboratoire de
Génie Rural, BP 43 Kétou, Bénin*

²*Centre National d'Essai et de Recherche des Travaux Publics (CNERTP),
01 BP 1270 Cotonou, Bénin*

* Correspondance, e-mail : bokosandra@gmail.com

RÉSUMÉ

Ce travail porte sur les impacts de la fréquence de labour d'une charrue à trois disques attelés à un tracteur de 60 CV, sur les caractéristiques physiques du sol en zone soudano-guinéenne. Tous les labours sont réalisés successivement à cette charrue dans une même journée sur 21 parcelles, répartie en 3 blocs de 7 parcelles, appelés traitements. La fréquence de labours varie de 1 à 15. Les traitements sont désignés par P0, P1, P2, P4, P8, P12, P15. Le traitement marqué P0, sert de témoin. Les autres traitements sont caractérisés successivement par des fréquences de labour suivantes : 1, 2, 4, 8, 12, 15. Les essais sont conduits suivant les normes : NF EN ISO 17892-4.2018, pour l'analyse granulométrique, NF EN ISO 17892.2018, pour les limites d'Atterberg, NF P 94-050.1995, pour la teneur en eau pondérale et NF XP P 94-047.1998, pour le taux de matières organiques. Les résultats montrent une fragmentation des grains fins en des particules plus fines de la parcelle P1 à P15 en comparaison avec P0. De même, il est montré que la teneur en eau et le taux de matières organiques sont globalement inversement proportionnels par rapport au nombre de labours réalisés, allant de 12,40 % à 8,79 % et de 0,425 % à 0,045 %, respectivement. La réduction du nombre de labour à un seul limiterait les risques de fragilisation et de compactage de ce sol. Cet article intervient dans une vision conservatrice de fertilité des sols agricoles.

Mots-clés : *charrue, labours, granulométrie, limite d'Atterberg, eau, matières organiques.*

ABSTRACT**Behavior of the soil structure in the face of motorized plowing in the Sudano-Guinean zone**

This work focuses on the impacts of the plowing frequency of a three-disc plow coupled to a 60 CV tractor, on the physical characteristics of the soil in the Sudano-Guinean zone. All plowing is carried out successively with this plow in the same day on 21 plots, divided into 3 blocks of 7 plots, called treatments. The frequency of plowing varies from 1 to 15. The treatments are designated by P0, P1, P2, P4, P8, P12, and P15. The treatment marked P0 serves as a control. The other treatments are successively characterized by the following plowing frequencies: 1, 2, 4, 8, 12, and 15. The tests are carried out in accordance with the standards: NF EN ISO 17892-4.2018, for particle size analysis, NF EN ISO 17892.2018, for the Atterberg limits, NF P 94-050.1995, for the weight water content and NF XP P 94-047.1998, for the organic matter content. The results show a fragmentation of fine grains into finer particles of the plot P1 to P15 in comparison with P0. Likewise, it is shown that the water content and the rate of organic matter are generally inversely proportional to the number of plows carried out, ranging from 12.40 % to 8.79 % and from 0.425 % to 0.045 %, respectively. Reducing the number of plows to one would limit the risks of embrittlement and compaction of this soil. This article is part of a conservative vision of agricultural soil fertility.

Keywords : *plow, plowing, grain size, Atterberg limit, water, organic matter.*

I - INTRODUCTION

Le labour motorisé est une intervention culturale qui consiste à retourner le sol avec un instrument aratoire pour englober les engrais, les pesticides et favoriser l'ameublissement du sol, l'enfouissement des matières organiques et l'anéantissement des plantes adventices. En effet, avec l'introduction du tracteur attelé à la charrue, on assiste à la réduction des temps de travaux par unité de surface et l'allègement de la charge du cultivateur. Néanmoins cette opération de labour a d'impacts sur la nature physique du sol et ses différentes composantes. Ainsi le travail mécanisé engendre donc le tassement et le compactage des sols, l'appauvrissement en matière organique et l'érosion selon [1 - 3]. De plus, il est stipulé que le sol ne résiste plus, suite au développement de la motorisation agricole avec l'émergence des engins lourds [4]. En effet, les passages répétés des outils agricoles constituent une cause fondamentale de ce non résistance. [5] abonde dans ce sens en indiquant que le type de charrue (versoire et disques) joue un rôle sur l'intensité du travail du

sol et sur le contrôle des adventices. En outre, les effets de l'utilisation des engins de plus en plus lourds sont causés par les passages répétés de ces engins [6 - 9]. Les auteurs [5, 10] soulignent pour leur part qu'il existe une étroite interaction entre les pratiques du travail du sol et la dynamique des matières organiques du sol et que ces pratiques définissent les modalités d'incorporation et de décomposition des matières organiques. En comparant l'effet du labour aux effets des techniques de semis direct et des techniques de travail superficiel sur le stock de carbone, [11] concluent que le stock de carbone augmente au fil des ans pour le labour mais demeure moins important dans les deux autres cas. Les travaux de [12] expliquent, pour leur part que la profondeur de labour a un impact sur les paramètres du sol. En plus, l'augmentation des superficies, les cultures plus spécifiques, l'amélioration des pratiques d'exploitation du sol amènent un affinement extrême du sol et engendrent les problèmes structuraux [8]. L'utilisation abusive des engins agricoles à travers les passages répétés deviennent problématique au sol [9, 13]. Ces changements au sol ont des conséquences qui accélèrent le processus de minéralisation des matières organiques et azotes organiques, principaux constituants de nutrition aux végétaux [14].

Le travail du sol affecte les facteurs abiotiques du sol, directement en modifiant les propriétés structurales du sol (l'arrangement des vides, les agrégats, la connectivité des pores) ou indirectement en changeant les conditions d'aération, de température et de pénétrabilité du sol par les racines [10, 15]. La macroporosité du sol est diminuée sur les sols labourés que sur les sols non labourés. La présence de fragmentation et d'homogénéisation du sol due à l'action de la charrue diminue le développement des macros pores d'origine biologique (racines, galeries des vers de terres) [16, 30]. Les modifications de l'espace poral du sol agissent sur la conductivité hydraulique du sol et la capacité d'infiltration de l'eau [15]. Pour ces raisons, l'optimisation des stratégies d'utilisation des machines constitue un enjeu important en agronomie. La présente étude s'est basée sur un nombre varié de labour motorisé, allant de zéro (0) à quinze (15) et a pour objectif d'identifier les effets de ces labours répétés de tracteur attelé à la charrue à trois disques sur la composante physique du sol (granulométrie, limites d'Atterberg, teneur en eau, matières organiques). Il s'agit de mettre en évidence les transformations subies par la structure du sol puis discuter de l'impact que ces dernières ont sur sa qualité agronomique.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Site d'étude

L'expérimentation a été conduite dans la zone soudano-guinéenne au centre de production permanente de Kétou, situé à environ 3km du sud de Kétou-centre et dans le village d'Akpangbahou de l'arrondissement de Kpankou, caractérisé

par les sols ferrallitiques ; des sols sur sédiment meuble argilo-sableux du Continental Terminal. C'est en effet une ferme semencière, où se produisent des semences de base du maïs et du coton. La ferme sous tutelle de la direction de l'agriculture (DAGRI) couvre environ 500 ha. Le climat est de type tropical à régime pluviométrique bimodal à deux nuances : une grande saison des pluies : Mars à Juillet, une petite saison sèche : Août, une petite saison des pluies : Septembre à Octobre et une grande saison sèche : Novembre à Février. La moyenne pluviométrique annuelle est de l'ordre de 1073 mm en 65 jours [17]. Les deux maxima de ce régime sont centrés sur Juin et Septembre. La **Figure 1** montre la situation de la Commune de Kétou qui abrite le site d'étude.

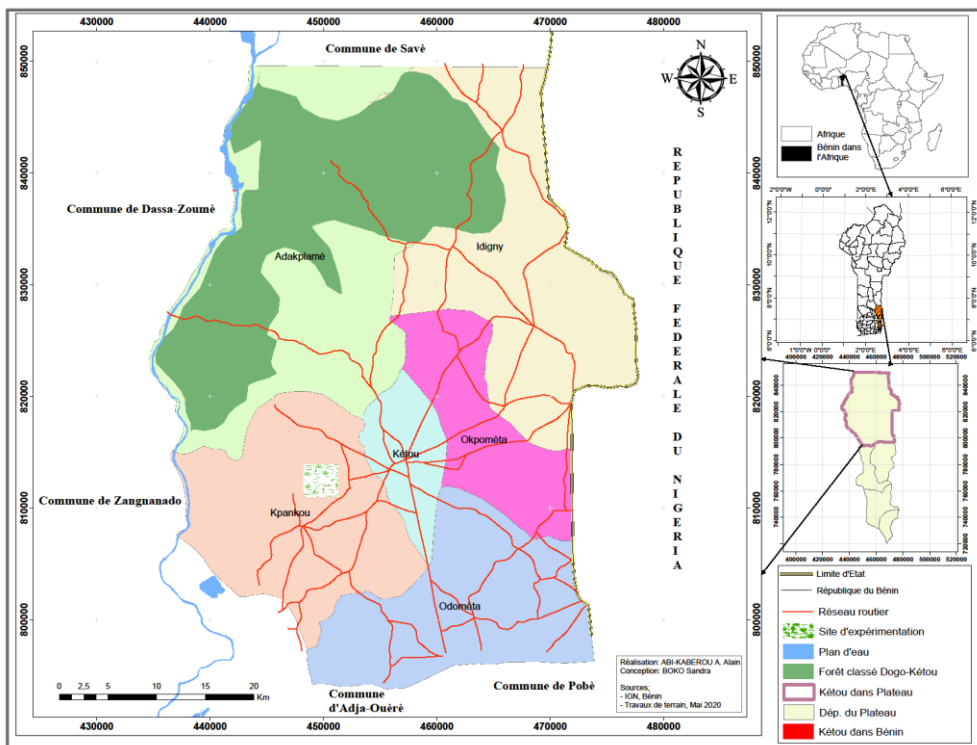


Figure 1 : Carte de situation de la Commune de Kétou

II-2. Protocole expérimental

Les essais sont effectués sur un champ de 2160 m² de superficie, délimité et divisé en 3 blocs. Chaque bloc représente 7 traitements (0 labour motorisé pour la parcelle témoin désignée par P0, 1 labour pour P1, 2 labours pour P2, 4 labours pour P4, 8 labours pour P8, 12 labours pour P12 et 15 labours pour P15). Chaque bloc, constituant une répétition, est randomisé à travers ces traitements disposés en des parcelles élémentaires de 40 m² de superficie chacun, écarté

l'une de l'autre de 3 m pour permettre le passage du tracteur. Une fréquence de labour successive est réalisée dans une même journée par parcelle par une charrue à 3 disques d'une largeur de travail de 1,20 m attelée à un tracteur de 60 CV de puissance, avec une vitesse d'avancement de 4km/h. La profondeur de labour est de 25 cm pour chaque traitement. Au total, 21 parcelles élémentaires de 40 m² réparties dans 3 blocs contenant chacun 7 traitements comme illustre la **Figure 2** ci-dessous.

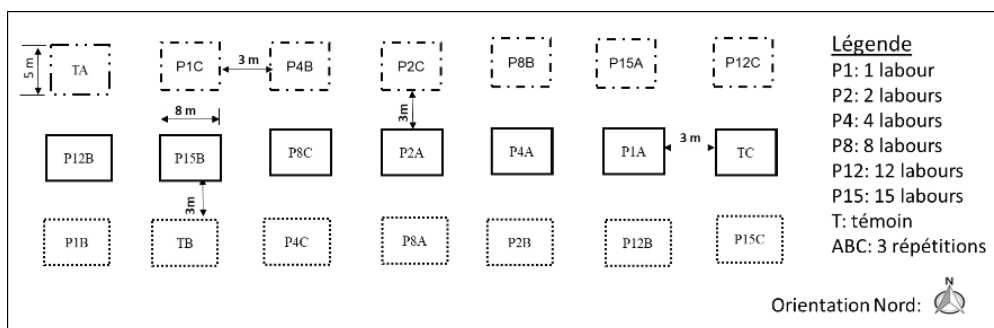


Figure 2 : Dispositif expérimental en bloc aléatoire complet

II-3. Mesures et analyses effectuées

Un profil cultural de 1,5m x1m réalisé suivant les différentes étapes de [18] est examiné pour déterminer la profondeur de la couche arable. Il est revenu après mesure, que la couche arable fait 30 cm. Ainsi la profondeur de labour retenue est de 25 cm. Pour les essais au laboratoire (teneur en eau, matière organique), un cylindre de diamètre 100 mm et de hauteur 10 cm est utilisé pour prélever les échantillons par carottage manuel. Ainsi, les 2 orifices du tuyau sont hermétiquement fermés pour maintenir l'humidité et la densité en place. Deux échantillons sont pris sur la profondeur de labour par parcelle (0-10 cm et 10-20 cm). Pour les essais d'analyse granulométrique et des limites d'Atterberg, des échantillons remaniés de sol sont prélevés par parcelle sur la profondeur de labour ; sur la diagonale de la parcelle en trois points ; notamment sur les deux bouts et au milieu de la diagonale avec la tarière manuelle et puis mélangés pour avoir un échantillon représentatif par parcelle et ensuite par traitement.

▪ Analyses granulométriques

L'analyse granulométrique est une opération qui consiste à déterminer exactement la constitution d'un matériau pour en déduire ses caractéristiques mécaniques en suivant la norme NF EN ISO 17892-4.2018 [19].

▪ Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg servent à identifier le sol, à reconnaître sa composition et ses limites d'utilisation à travers son comportement face à l'eau. Ils sont déterminés à l'aide d'un appareil de Casagrande suivant la norme NF EN ISO 17892.2018 [20].

Pour interpréter les résultats, nous avons utilisé l'indice de plasticité I_p déterminé par l'expression :

$$I_p = W_l - W_p, \quad (1)$$

où,

- W_l , la limite de liquidité qui caractérise la transition entre un état liquide et un état plastique, est la teneur en eau correspondant à la fermeture de la rainure de 1 à 1,5 cm de longueur pour 25 coups,
- W_p , la limite de plasticité qui caractérise la transition entre un état plastique et un état solide avec retrait, est aussi défini comme étant la teneur en eau exprimée en pourcentage du poids sec du rouleau qui se brise au moment où son diamètre atteint 3 mm.

Faisant usage du diagramme de plasticité sur la **Figure 4**, les particules fines sont identifiées et classifiées à partir des valeurs de I_p .

- Teneur en eau pondérale des matériaux

Obtenue suivant la norme NF P 94-050.1995. [21], elle désigne le rapport de l'eau évaporée par étuvage sur la masse des grains solides :

$$w (\%) = M_w * 100 / M_d, \quad (2)$$

où, w désigne la teneur en eau pondérale, M_w - la masse de l'eau et M_d - la masse des grains solides.

- Teneur en Matières Organiques (MO)

Il est l'essai qui donne la quantité ou la proportion de matières organiques contenues dans un sol. Il s'effectue sur les particules de diamètre inférieur à 0,400mm. Cet essai est réalisé sur un matériau à l'aide d'un appareillage constitué d'une éprouvette millimétrée, d'une tare, d'une solution Biomax, d'un agitateur, d'une étuve et de la balance électronique suivant la norme NF XP P 94-047.1998 [22]. Elle est calculée suivant la **Formule** suivante :

$$MO (\%) = (M_i - M_f) * 100 / M_i, \quad (3)$$

où, MO désigne les matières organiques, M_i la masse initiale avant étuvage et M_f la masse finale après étuvage.

II-4. Analyse statistique de données

Le logiciel R a été utilisé pour l'analyse des données. L'analyse statistique de l'ensemble des mesures réalisées pour les différentes variables, est basée sur la méthode de l'analyse de variance suivie du test t de structuration des moyennes.

III - RÉSULTATS

Les résultats seront présentés pour chaque paramètre de caractérisation, après la mise en exergue de la validation de leurs données statistiques excepté l'analyse granulométrique.

III-1. Analyse granulométrique

Conduite selon la norme NF EN ISO 17892-4.2018, l'analyse granulométrique est présentée sur la **Figure 3** suivant.

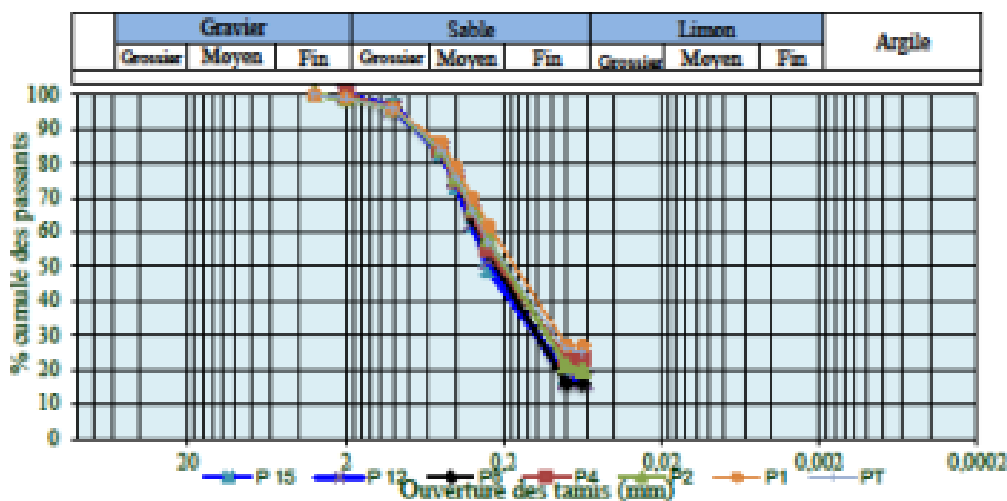


Figure 3 : Courbes de l'analyse granulométrique des différents labours

Elle présente les différentes courbes d'analyses granulométriques tracées en fonction du pourcentage des passants par rapport aux différentes mailles de tamis. Nous constatons globalement que de la parcelle témoin P0 au P15, il y a une diminution de tous les passants donc une augmentation du tamisât pour chaque classe de granulat. En effet l'analyse granulométrique ne permet pas de caractériser les particules ayant des tailles inférieures à 80µm. D'autre essai comme les limites de consistance ou d'Atterberg, permettra certainement de confirmer cette hypothèse.

III-2. Caractérisation des sols selon les limites d'Atterberg

L'analyse statistique des résultats des limites d'Atterberg obtenus sont consignés dans le **Tableau 1** ci-dessous.

Tableau 1 : Résultats d'analyses de variances des limites d'atterberg en fonction des traitements et des blocs

	Degré de liberté	Probabilités et significativité
Sources de variation	ddl	P
Blocs	2	0,8110 ^{ns}
Traitements	6	0,001 ^{***}
Erreur	12	-

****différences significatives au seuil $\alpha = 5\%$; ns = Pas de différences significatives.*

Suivant le **Tableau 1**, il résulte du test de significativité de l'indice de plasticité par traitement que ce indice varie significativement en fonction du nombre de labours 0, 4, 8, 12 et 15 au seuil de 5 %. De plus la proportion de la corrélation intra-classe due à l'effet aléatoire du bloc est de 31,01 % selon le logiciel R; ce qui traduit que le bloc a un effet faible sur la variation du nombre de labours par traitement. Nous concluons que la grande différence entre les traitements n'est pas liée au bloc. Ainsi, ce **Tableau 1** révèle que les tests statistiques d'analyses de variances de l'indice de plasticité en fonction de la fréquence de labour effectués sur les différents traitements sont validés. De plus, le coefficient de détermination R^2 du modèle réalisé, a donné 87 % et aussi statistiquement, les résultats sont significatifs à 95 % ; ainsi 87 % des données entre les traitements de labours sont expliquées par l'indice de plasticité avec une précision de 95 %. De tout ce qui précède, il revient que les paramètres de caractérisation des particules fines sont acceptables. IL est remarqué d'après le **Tableau 2** que les résultats de l'indice de plasticité de P0 et de P1 étant quasi-identiques statistiquement, doivent appartenir à une même classe de sol. Aussi on remarque que de P2 à P15, les indices de plasticité du sol, bien que différents de ceux de P0 et de P1, n'ont pas changé statistiquement, révélant ainsi leur appartenance à une même classe. On déduit ainsi que la fréquence de labour a une influence nette sur l'indice de plasticité avec un changement de classe de sol. C'est ce que démontre le **Tableau 2** ci-dessous, qui résume les valeurs moyennes et erreurs types de l'indice de plasticité suivies des lettres a et b désignant les classes de valeur en fonction des fréquences de labour.

Tableau 2 : Valeurs moyennes et erreurs types de l'indice de plasticité en fonction des labours

Traitements	P0	P1	P2	P4	P8	P12	P15
Moyennes \pm erreurs types	23 \pm 0,899 A	24 \pm 0,899 a	16 \pm 0,899 b	18 \pm 0,899 b	14 \pm 0,899 b	14 \pm 0,899 b	15 \pm 0,899 b

Les moyennes dans une colonne suivie d'une même lettre ne sont pas sensiblement différents au $\alpha = 5\%$.

Les valeurs des limites de liquidité et de plasticité obtenues sont repérées dans le diagramme de plasticité de Casagrande illustré à travers la **Figure 4**.

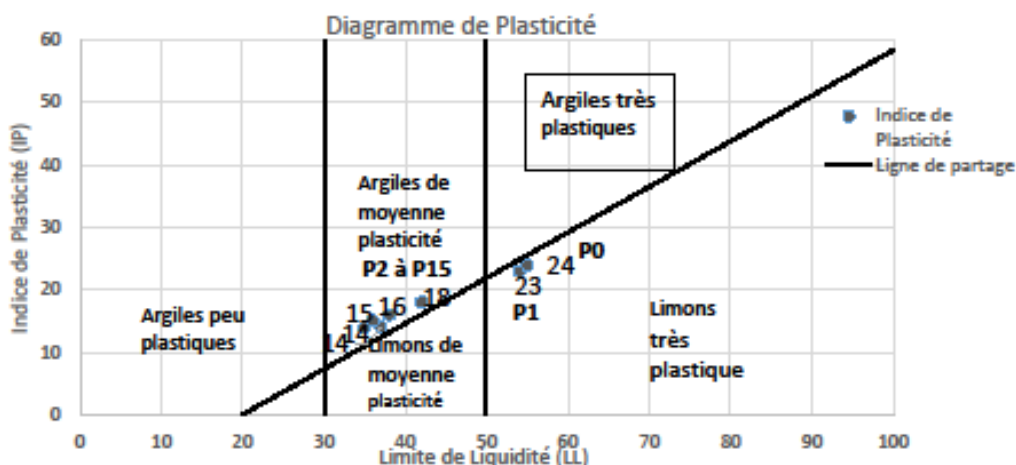


Figure 4 : Diagramme de plasticité de Casagrande

Ces valeurs ont permis, d’après le diagramme de plasticité de Casagrande, d’identifier les classes des différents fines des passants issus de l’analyse granulométrique de chaque parcelle. De plus, selon la classification des sols fins à la **Figure 4**, les fines des passants de P0, P1 appartiennent à la classe des limons de forte plasticité; les fines des passants de P2 à P15 quant à elles, appartiennent à la classe des argiles de moyenne plasticité. Enfin, il est à remarquer que, lorsque la fréquence de labour est importante, les particules fines passent de plus en plus de la classe des limons vers la classe des argiles attribuant ainsi aux parcelles respectives des caractères bien spécifiques.

III-3. Effets de la fréquence de labour sur la teneur en eau du sol

Les paramètres inter-granulaires sont sujets à des modifications suites aux différents labours par les outils agricoles. Les résultats statistiques d’analyses de variance de la teneur en eau en fonction de la fréquence de labour s’illustrent à travers le **Tableau 3**.

Tableau 3 : Résultats d'analyses de variances de la teneur en eau en fonction des traitements et des blocs

Sources de variation	ddl	P
Blocs	2	0,116 ^{ns}
Traitements	6	0,001 ^{***}
Erreur	12	-

****différences significatives au seuil $\alpha = 5\%$; ns = Pas de différences significatives.*

D'après le **Tableau 3**, il résulte du test de significativité de la teneur en eau par traitement que ce paramètre varie significativement en fonction de la fréquence de labours au seuil de 5 %. La corrélation intra-classe (Icc) liée à l'effet aléatoire du bloc a donné 45,27 % ; justifiant du faible effet des blocs sur la teneur en eau pour chacun des traitements. Les tests effectués sur les différents traitements sont validés, par conséquent les valeurs de teneur en eau sont acceptables. Le coefficient de détermination R² du modèle réalisé a donné 85 % avec des résultats significatifs à 95 %. IL est remarqué que les résultats de la teneur en eau de P0 (de non labour) et de P1 d'une part, et, ceux de P2 jusqu'à P15 d'autre part, se diffèrent statistiquement. On déduit ainsi que la fréquence de labour a une influence nette sur la teneur en eau. C'est ce que démontre le **Tableau 4** qui résume les valeurs moyennes et erreurs types de la teneur en eau suivies des lettres a et b désignant les classes de valeurs en fonction des fréquences de labour.

Tableau 4 : Valeurs moyennes et erreurs types de la teneur en eau en fonction du labour

Traitements	P1	P0	P2	P4	P8	P12	P15
Moyennes \pm	12,56 \pm	12,40 \pm	9,91 \pm	9,58 \pm	9,29 \pm	9,25 \pm	8,79 \pm
erreurs types	0,44a	0,44a	0,44b	0,44b	0,44b	0,44b	0,44b

Les moyennes et erreurs types suivies d'une même lettre ne sont pas sensiblement différents.

Les valeurs de la teneur en eau obtenus ont permis de tracer la courbe illustrée sur la **Figure 5** ci-dessous.

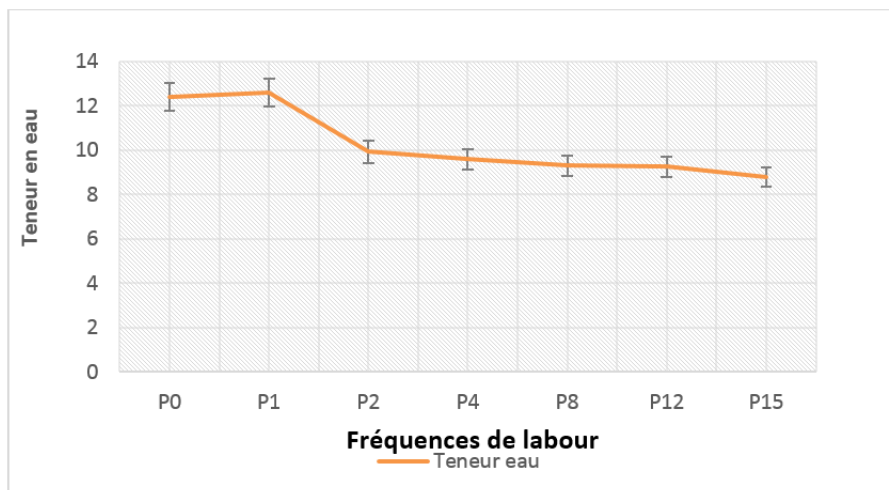


Figure 5 : Teneur en eau des fréquences de labour

Nous voyons à travers cette **Figure 5** que la teneur en eau est globalement inversement proportionnelle au nombre de labour.

III-4. Influence des labours sur la matière organique du sol

Il résulte du test d'analyse de variance des matières organiques par traitements que ce dernier varie significativement en fonction de la fréquence de labours au seuil de 5 % ($dl = 6, P = 0,000^{**}$). De plus, le seuil de la corrélation intra-classe due à l'effet aléatoire du bloc est de 0 % ; ce qui traduit que le bloc a un effet nul sur la variation des matières organiques par traitements. Nous concluons que la grande différence entre les traitements n'est pas liée au bloc ($dl = 2$ et $P = 1^{ns}$). De plus, le coefficient de détermination R^2 du modèle réalisé a donné 99,61 % avec des résultats significatifs à 95 %. D'après l'analyse de variance, le test de significativité est validé ; par conséquent les taux de matières organiques des différents traitements traitées sont acceptables. IL est remarqué des valeurs moyennes et erreurs types des matières organiques en fonction de la fréquence des labours (**Tableau 5**) que : P0, P1 et P2, P4 jusqu'à P15 se diffèrent statistiquement. On déduit ainsi que le nombre de labour a une influence nette sur les matières organiques avec une certaine variabilité.

Tableau 5 : Valeurs moyennes et erreurs types des matières organiques en fonction du labour

Traitements	P0	P1	P2	P4	P8	P12	P15
Moyennes±	0,629±	0,425±	0,408±	0,068±	0,062±	0,062±	0,045±
erreurs types	0,44a	0,44b	0,44b	0,44c	0,44c	0,44c	0,44c

Les moyennes et erreurs types dans une colonne suivie d'une même lettre ne sont pas sensiblement différents. Les valeurs des taux de matières organiques obtenus ont permis de tracer la courbe illustrée sur la **Figure 6**.

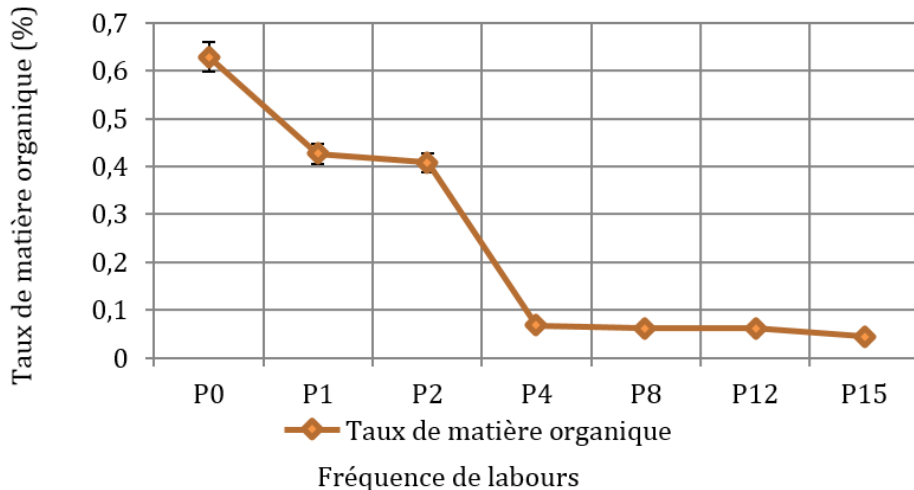


Figure 6 : Évolution du taux de matière organique du sol

On constate que la teneur en matière organique est inversement proportionnelle à la fréquence de labour.

IV - DISCUSSION

IV-1. Interprétation granulométrique

De la **Figure 3**, On constate de P0 à P1 un accroissement du pourcentage des particules fines en fonction de l'intensité de labour. Cette augmentation pourrait s'expliquer par le fait qu'il y a eu une fragmentation des grains, due au brassage de l'engin avec le sol rendant plus fins. Mais de P2 à P15 un phénomène contraire est observé, laissant croire à une disparition d'une partie des particules fines. Ce qui présage non seulement d'une évolution des classes des fines obtenues des tamisât mais aussi et surtout d'oxydation des particules fines de nature végétale. Cette oxydation des fines végétales est justifiée par l'allure de la courbe du taux de matières organiques sur les **Figures 6 et 7**.

IV-2. Identification des sols selon les limites d'Atterberg

L'analyse granulométrique a révélé une action significative du labour sur le sol. En effet, la fragmentation des grains observés abouti à un changement de classe des fines (**Figure 4**) conférant aux sols des caractères bien spécifiques.

Caractère évoluant de celui de sols limoneux très plastiques vers les sols argileux de moyenne plasticité, conformément aux travaux de [23, 24]. En outre, le sol limoneux très plastique dans la couche arable des parcelles P0 et P1 permet une bonne infiltration d'eau associée à une bonne aération du sol du fait de son caractère perméable tandis que l'argile de quantité de plus en plus croissante dans la couche arable des parcelles marquées P2 à P15, en plus de son imperméabilité a une capacité importante de rétention d'eau. La fraction argileuse de moyenne plasticité dans la couche arable aura tendance à se compacter par désagrégation et à former une croûte de battance permettant des risques de mauvais drainage et d'érosion hydrique. En cas de pluies abondantes, la rétention hydrique par la fraction argileuse peut être nocive à certaines spéculations. Dans ce cas, lorsque l'intensité de labours motorisé rend argileuse, la texture de la couche arable lui conférant un milieu imperméable et mal aéré formant un obstacle à la pénétration des racines.

IV-3. Influence du nombre de labours à la charrue à disques sur la teneur en eau du sol

Le nombre de labours inversement proportionnel de la teneur en eau au labour illustré sur la *Figure 5* s'explique par le fait que le brassage répété de l'outil agricole (la charrue à disques) avec le sol a engendré une évaporation des eaux libres d'une part et d'autre part le décollement et la libération des eaux liées qui s'évaporent à leur tour. L'absorption d'eau s'effectue essentiellement par remplissage des interstices composés non seulement des pores, micropores et capillaires inter particulaires, mais aussi des microfissures éventuelles apparues sur chaque particule granulaire. Si la pénétration d'eau dans les pores s'opère par le phénomène d'absorption physique et capillaire, alors au niveau des microfissures, c'est un phénomène de transport couplé avec une condensation capillaire qui est observé [25]. Les eaux interstitielles intra particulaires sont constituées des eaux libres et des eaux capillaires. Plus le brassage est important, plus les eaux libres résultant de l'absorption, et du transport vont être libérées. En effet les eaux libres, rencontrées dans les interstices et les microfissures sont soumises aux lois d'écoulements hydrauliques, alors que les eaux capillaires sont tractées par les forces de tensions superficielles et restent liées aux particules [25]. Ce qui justifie la libération davantage d'eau sous forme de vapeur, avec l'intensité du brassage du sol, et la proportionnalité de la diminution de la teneur en eau avec la fréquence de labour. D'autres auteurs indiquent que le non labour permet une meilleure conservation de l'humidité [26, 27] en raison du non perturbation des granulats par brassage et de la couverture du sol non touchée.

IV-4. Effet des labours sur la matière organique du sol

L'apparence et l'équilibre des agrégats, le volume et le type de vides du sol déterminent l'intensité du tassement [28]. Une proportion de matières organiques considérable assure une meilleure invariabilité des agrégats et excite la vie du sol. La diminution du taux de matières organiques présentée sur la **Figure 6** est proportionnelle à la fréquence de labour. On observe de la parcelle P2 à P4 une brusque baisse du taux de matières organiques qui s'accroît peu à peu jusqu'à la parcelle P15. En effet la diminution du taux de matières organiques, proportionnelle à l'intensité de labour s'explique par le fait que, à chaque labour, le brassage de l'outil agricole avec le sol crée une oxydation des matières organiques et provoque une dilution de la matière organique en favorisant sa minéralisation rapide. La dilution de matières organiques rendra le sol plus sensible au tassement. Plus il y a de labours, plus le sol est susceptible au tassement conduisant au durcissement des semelles de labour à tel point que les racines rencontreront des difficultés à la traverser. Ce qui empêche l'infiltration d'eau vers les couches profondes. D'où l'absence d'échanges entre la couche labourée et la couche en dessous. Aussi, plus il y a de brassage, il est observé une fragmentation des débris végétaux, responsable de la décomposition rapide de ces derniers. A ceci s'ajoute la teneur en eau de plus en plus faible proportionnellement au taux de matières organiques. Tout ceci aura des répercussions sur le taux de levée des plants. Suite aux labours répétés par les engins agricoles, le développement de la plante se retrouve affecté ; on assiste le plus souvent à un retard phénologique dès l'évolution des cotylédons [29 - 31]. Du fait de la modification des paramètres physiques du sol, une répercussion directe sur la façon de reproduction des plantes cultivées sera observée [32].

IV-5. Influence de la fréquence de labour sur le taux de matières organiques relatif et de teneur en eau relative

Les courbes de tendances polynomiales (**Figure 7**) illustrent la relation entre le taux relatif de matières organiques et la teneur relative en eau des différents blocs de traitements expérimentés.

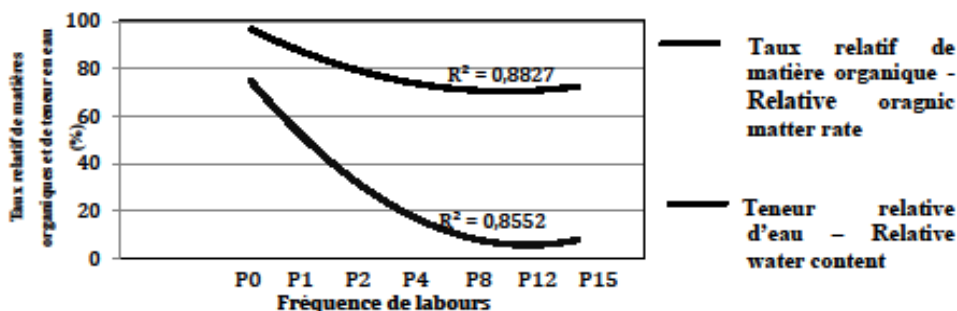


Figure 7 : Courbes de tendance du taux de matières organiques relatif et de la teneur en eau relative en fonction de l'intensité de labour

Trend curves of the relative organic matter rate and relative water content as a function of the intensity of plowing. Nous remarquons que le modèle utilisé explique parfaitement l'influence de l'intensité de labour mécanisé sur les variations des différents paramètres avec des coefficients de régression très forts de R^2 proche de 1 (0,882 à 0,855). Nous remarquons que la teneur en matières organiques et la teneur en eau ne sont pas conservées avec la fréquence de labour. En effet, lorsque le brassage de l'outil avec le sol est important, on assiste à une chute du taux de matières organiques avec la teneur en eau. Enfin, nous déduisons que l'intensité de labour affecte négativement la structure du sol étudiée ce qui aura comme corollaire un mauvais taux de levée des plants de culture envisagée.

V - CONCLUSION

Les résultats obtenus indiquent que la fréquence de labour motorisé à la charrue à disques a des effets sur les paramètres physiques du sol. Nos travaux ont permis de prouver que du nombre de labour 1 à 15, il y a une fragmentation des grains due au brassage répété de l'outil avec le sol : modification de la structure du sol et changement de classe des fines conférant aux sols des caractères bien spécifiques. Caractère évoluant de celui de sols limoneux très plastiques vers les sols argileux de moyenne plasticité. Une relativement bonne conservation de l'eau est remarquée sur les blocs P0, P1 et P2 par rapport aux autres blocs (3 % au moins de différence). Enfin, nous pouvons conclure que dans les conditions agro-pédologiques et climatiques propres à notre essai, la réduction du nombre de labour à un seul, limiterait les risques de fragilisation et de compactage du sol. De même, étant donné que le brassage créé par la charrue à disques, pendant le labour, est la source principale de la diminution de la teneur en eau et d'oxydation des matières organiques dans ce type de sol, nous estimons que l'utilisation de charrue, brassant moins ce type de sol, diminuerait son impact sur la teneur en eau et le taux de matières organiques. Nos prochaines investigations s'orienteront sur les impacts d'autres charrues sur la structure du sol.

RÉFÉRENCES

- [1] - P. DUCHAUFOR, P. FAIVRE, J. POULENARD, S. HOUOT, M. GURY, Introduction à la science du sol : Sol, végétation, environnement-collection livre, Science sup, *Dunod*, 7 (2018) 472
- [2] - CHERVET, Comparaison du semis direct et du labour pendant 10 ans. Article. *Revue Suisse Agric.*, 37 (6) (2005) 249 - 256
- [3] - R. MRABET, Les actes des 4e Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct, Institut National de la Recherche Agronomique, Article, n° spécial INRA Algérie, (2010) 106 - 126
- [4] - H. BOIZARD, le tassement du sol, une affaire sérieuse, Réussir Grandes Cultures, Article, (38) N° 285 (2014) 3 p.
- [5] - M. AMARA, Contribution à la modélisation interface outils aratoires sol Optimisation de la forme et de l'effort de résistance à la traction des corps de charrues à socs et outils à dents. Thèse de doctorat d'État en Sciences Agronomiques. Institut National Agronomique, El-Harrach, (28), N°1 et 2 (2007) 260 p.
- [6] - R. CHERFOUH, K. MEROUKI & A. DERRIDJ. Effets des passages de tracteur agricole sur la structure d'un sol limono-sableux et le développement de la pomme de terre. Article, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, (1998) 5 p.
- [7] - M. AMARA, J. P. COURHET & F. HARRAD, Effet de la succession des machines agricoles pour la mise en place d'un blé sous pivot sur le développement des racines et conséquences sur le rendement : Note de recherche. Académie d'Agriculture de France, (2003) 1 - 7 p.
- [8] - V. MIRLEAU-THEBAUD, Effets des contraintes mécaniques du sol sur la limitation des rendements du tournesol. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse-France, 1 (2012) 282 p.
- [9] - J. LABREUCHE, Perspectives agricoles, Article, N° 397 (2013) 16 - 18 p.
- [10] - M. A. FEDDAL, Analyse du comportement du sol sous l'action de deux techniques de mise en place d'une culture de céréale. Thèse de magister, École Nationale Supérieure Agronomique - El-Harrach. Algérie, (2011) 174 p.
- [11] - B. NICOLARDOT, B. MARY, F. LAURENT & J. LABREUCHE, Travail du sol et minéralisation du Carbone et de azote: Les enseignements du dispositif de longue durée de Boigneville. Article, 8ème rencontre de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre, Blois, (2007) 12 p.
- [12] - B. L. K. ZOKPODO, Y. A. AKOSSOU, D. E. DAYOU & W. MEADAN, Impact of the motorized ploughing on the structure of tropical ferruginous soils and the efficiency of a corn culture (*Zea mays*, L.) in the N'Dali Township in North-Benin. Article of Asian Journal of Science and Technology, 3, Vol. 08, Issue, 05 (2017) 4828 - 4834 p.
- [13] - M-F. DESTAIN, la compaction des sols en Wallonie, Université de Liège, Sciences et technologie de l'environnement, ouvrage, l'agriculture de précision, SPW, (2014) 53 p.

- [14] - A. BOUTHIER, C. PELOSI, C. VILLENAVE, G. PERES, M. HEDDE, L. RANJARD, J. F. VIAN, J. PEIGNE, J. CORTET, A. BISPO et D. PIRON, Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique, Acquis et innovations pour une agriculture durable, Article, (2014) 85 - 108
- [15] - B. HUWE, The role of soil tillage for soil structure. *Soil Tillage in Agro ecosystems. Article of Agronomy journal*, 98 (2003) 622 - 636
- [16] - B. D. KAY & A. J. VANDEN BYGAART, Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Article of Soil and Tillage Research*, 66 (2002) 107 - 118
- [17] - ASEGNA, Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar, Service données climatiques et pluviométriques, Cotonou-Bénin, (2019)
- [18] - A. DELAUNOIS, Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols. Chambre d'agriculture, INRA de Montpellier, 81 (2008) 1 - 37
- [19] - NF EN ISO 17892-4, Analyse granulométrique par lavage et par tamisage, AFNOR, (2018)
- [20] - NF EN ISO 17892, Reconnaissance et essais géotechniques - Essais de laboratoire sur les sols - Partie 12 : détermination des limites de liquidité et de plasticité, (2018)
- [21] - NFP 94-050. Détermination de la teneur en eau pondérale, AFNOR, (1995)
- [22] - NF XP P 94-047. Détermination du taux de matière organique, AFNOR, (1998)
- [23] - R. HORN, T. BAUMGARTL, *Soil Physics Companion*, E-books, In Warrick, A.W, CRC Press, (2001) 400 p.
- [24] - L. VILLET, L. LALLOUI et J. ZHAO, Mécanique des sols et des roches avec écoulements souterrains et transfert de chaleur. E-Books. Presses polytechniques et universitaires Romandes. Amazon France. TGC, Vol. 18, (2016) 628 p. (Juin 2020)
- [25] - C. G. BAGAN, Contribution à l'amélioration des tuiles en micro-béton - caractérisation des matériaux et des structures, thèse de doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi, option mécanique, N°10 (2002) 144 p.
- [26] - M. AMARA, L. BOUDHAR, N. ADLI, A. M. FEDDAL, Evolution de la résistance pénétrométrique du sol en relation avec l'humidité et la porosité, sous l'action des pièces travaillantes d'une chaîne classique de préparation du sol. Article, *Sciences appliquées et Technologies. Burkina Faso*. Vol. 2, N° 1 et 2, Janvier-décembre (2008) 11 p.
- [27] - M. AMARA, M. AMINE FEDDAL, A. HAMANI, Analyse du comportement du sol sous l'action de trois techniques de mise en place d'un blé dur (*Triticum durum*) : Effet sur le développement des racines et conséquences sur le rendement. Laboratoire de Machinisme agricole et des agroéquipements, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, El-Harrach Alger, Article de la Revue « Nature & Technologie ». *B-Sciences Agronomiques et Biologiques*, N° 12 (2015) 11 p.
- [28] - VLAAMSELANDMAATSCHAPPIJ, Le tassement des sols agricoles, Prévenir et remédier. Livre de l'Université Catholique de Louvain. www.prosensols.eu, (2011) 1 - 30 p.
- [29] - Y. BAYHAN, B. KAYISOGLU et E. GONULOL, Effect of soil compaction on sunflower growth. Article, *Soil and Tillage Research*, 68 (2002) 31 - 38

- [30] - A. SESSIZ, R. ESGICI, E. GUZEL et M. OZCAN, Tillage effects of sunflower emergence, yield, quality, and fuel consumption in double cropping system. *Article of Journal of Central European of Agriculture*, 9 (2008) 697 - 710
- [31] - K. NADJEM, Contribution à l'étude des effets du semis direct sur l'efficacité d'utilisation de l'eau et le comportement variétal de la culture de blé en région semi-aride. Collection, Mémoire de Magister. <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/2019>, (Juin 2020)
- [32] - T. S. MOROKE, R. C. SCHWARTZ, K. W. BROWN et A. S. R. JUO, Water use efficiency of dryland cowpea, sorghum, and sunflower under reduced tillage. *Article of Soil and Tillage Research*, 112 (2011) 76 - 84