

Effets combinés de substrats et pesticides sur la qualité physiologique des plantules de *Theobroma cacao* L. en pépinière au Sud-Bénin.

Combined effects of substrates and pesticides on the physiological quality of *Theobroma cacao* L. seedlings at nursery in Southern Benin.

Faleroun Priscille*, Akpo Essegbemon, Idohou Rodrigue, Avoce Hyppolite

École de Gestion et de Production Végétale et Semencière, Université Nationale d'Agriculture, BP 43, Kétou, Bénin.

(*) Auteur correspondant : priscillefaleroun1@gmail.com

ORCDI des auteurs

FALEROUN Priscille : <https://orcid.org/0009-0002-2370-6092>, AKPO Essegbemon : <https://orcid.org/0000-0003-4528-4281>, IDOHOU Rodrigue : <https://orcid.org/0000-0003-2641-6832>, AVOCE Hyppolite : <https://orcid.org/0009-0005-7910-4367>

Comment citer l'article : Faleroun Priscille, Akpo Essegbemon, Idohou Rodrigue, Avoce Hippolyte. (2024). Effets combinés de substrats et pesticides sur la qualité physiologique des plantules de *Theobroma cacao* L. en pépinière au Sud-Bénin. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(2) : 1-13, e-ISSN (Online) : 2790-3230

DOI: <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4212>

Reçu : 30 septembre 2024

Accepté : 15 décembre 2024

Publié : 30 décembre 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Résumé

La production mondiale de cacao issu du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.), une plante pérenne cultivée pour ses fèves, est assurée principalement par des pays africains comme la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Nigéria et le Cameroun. Malgré son importance économique, sa production au Bénin demeure embryonnaire en raison de diverses contraintes. Parmi celles-ci figurent le mauvais état sanitaire des plantules et les attaques de ravageurs. Afin de pallier ces problèmes, une expérimentation a été menée dans la commune de Sakété, en milieu naturel, afin d'évaluer l'effet combiné de différents substrats et pesticides sur la qualité physiologique des plantules de cacaoyer en pépinière. L'essai a été mis en place selon un dispositif en Split plot à trois répétitions et incluait six traitements : terre humifère sans pesticide (T1), gadoue sans pesticide (T2), terre humifère traitée avec insecticide (T3), gadoue traitée avec insecticide (T4), terre humifère traitée avec fongicide (T5), et gadoue traitée avec fongicide (T6). Le facteur principal, représentant le substrat, comportait deux modalités : la terre humifère et la gadoue. Quant au facteur pesticide, il était décliné en trois modalités : sans pesticide, un insecticide dont la matière active est le phosphate diéthylyle 2,2-dichlorovinyle (communément appelé DDVP), et un fongicide, le mancozèbe. Tout au long de la période d'observation, des données ont été collectées sur différents paramètres. Les données obtenues ont ensuite été soumises à une analyse de variance à deux facteurs, au seuil de 5 % d'erreur, pour chaque paramètre de croissance étudié. Cette analyse a été suivie d'un test de Tukey. Enfin, la terre humifère traitée avec fongicide (T5) a donné les meilleurs résultats sur l'ensemble des paramètres étudiés et pourrait ainsi être recommandée pour la production de plants de cacaoyers vigoureux et de bonne qualité.

Mots clés : Cacaoyer, terre humifère, gadoue, insecticide, fongicide

Abstract

The global production of the cacao tree (*Theobroma cacao* L.), a perennial plant cultivated for its beans, is primarily undertaken by African countries such as Côte d'Ivoire, Ghana, Nigeria, and Cameroon. Despite its economic potential, cacao production in Benin remains at an embryonic stage due to various challenges faced by the sector. Among these challenges are the poor health status of seedlings and pest attacks. To address these issues, an experiment was conducted in the natural environment of Sakete municipality to evaluate the combined effect of substrates and pesticides on the physiological quality of cacao seedlings in nurseries. The trial was set up using a split-plot design with three replications and included six treatments: humus soil without pesticide (T1), sludge without pesticide (T2), humus soil treated with insecticide (T3), sludge treated with insecticide (T4), humus soil treated with fungicide (T5), and sludge treated with fungicide (T6). The primary factor, substrate, was divided into two types: humus soil and sludge. The secondary factor, pesticide, was divided into three types: no pesticide, an insecticide with the active ingredient diethyl 2,2-dichlorovinyl phosphate (commonly known as DDVP), and a fungicide, mancozeb. The collected data were subjected to a two-way analysis of variance at a 5% error threshold using R software version 4.0.5 for each growth parameter studied. This analysis was followed by a Tukey test to compare means when a significant difference existed between treatment effects. Then, humus soil treated with fungicide (T5) yielded the best results across all studied parameters and could therefore be recommended for the production of vigorous, high-quality cacao plants.

Keywords: Cacao tree, humus soil, sludge, insecticide, fungicide

1. Introduction

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est un arbre modeste, cultivée à 95 % en exploitation familiale dans le monde, dont 70 % de ces exploitations se situent en Afrique (Lekossa, 2021). Il constitue une culture de rente très importante dans l'économie de plusieurs pays. La production mondiale de cacao (fèves) était de 5,76 millions de tonnes (Mt) en 2020, contre 3,34 Mt en 2000, 1,67 Mt en 1980 et 1,19 Mt en 1961 (FAOSTAT, 2022). Toutefois, cette hausse globale de la production mondiale de cacao masque de fortes disparités selon les pays (FAOSTAT, 2022). En 2021/2022, le déficit mondial en cacao aurait été de 181 000 tonnes (t), essentiellement dû à la baisse de production au Ghana, selon l'organisation internationale du cacao (ICCO). Cela montre que la production mondiale de cacao est concentrée dans seulement quelques pays. En effet, le Bénin fait partie des pays producteurs de cacao en Afrique, tout comme la Côte d'Ivoire, le Togo et le Nigéria. Comparativement à ces pays, la production de fèves de cacao au Bénin demeure à l'état embryonnaire. Durant la période 2011-2020, le pays en aurait produit à peine 100 tonnes, loin des 1,4 millions de tonnes produites par la Côte d'Ivoire, un des leaders de la production mondiale (Lekossa, 2021). Il convient donc d'identifier les problèmes qui freinent la production cacaoyère au Bénin et d'apporter des solutions innovantes afin de hisser le Bénin au rang des premiers pays producteurs de cacao dans le monde. Aussi, la diversification de cette culture s'avère indispensable pour un bon décollage de l'économie béninoise (Akoton et al., 2022). Selon Assiri et al. (2012), la durabilité de la culture et la production de cacao sont principalement menacées par de nombreuses maladies fongiques et virales. En effet, l'antracnose, qui est une maladie fongique, crée un désordre physiologique très important chez les plants, ce qui pourrait affecter significativement la productivité des arbres (Badara et al., 2024; Folega et al. 2022; Folega et al. 2011). Il est donc indispensable de mener des travaux techniques pour résoudre ces problèmes de maladies fongiques et virales afin d'intensifier la production cacaoyère au Bénin. Koua et al. (2018) affirment que l'absence de traitement des sols avant semis pourrait être à la base de l'incidence des maladies. Dans le but d'identifier les contraintes spécifiques liées à la production cacaoyère au Bénin et d'y apporter des solutions adéquates, une enquête a été menée auprès de quelques producteurs de la commune de Sakété dans le département du Plateau. En nous basant sur la revue de la littérature, sur l'analyse des résultats de l'enquête et des potentielles innovations en rapport avec les contraintes identifiées, nous avons jugé nécessaire d'évaluer l'effet du traitement de quelques

substrats avec certains pesticides sur la qualité des plantules de cacao en pépinière. Ceci pourrait contribuer à réduire l'incidence des maladies dans les pépinières et, par la suite, dans les plantations de cacao au Bénin. Les résultats de l'expérimentation menée par Akpo et al. (2022) avaient montré que le terreau de forêt était le meilleur substrat pour la production des plantules de cacao en pépinière. L'objectif général de la présente étude est donc d'améliorer la qualité des plants de *Theobroma cacao* L. en pépinière. De façon spécifique, cette étude vise à évaluer d'une part l'effet de différents substrats, et d'autre part l'effet de différents pesticides, puis enfin l'effet de la combinaison de ces deux facteurs sur la qualité physiologique du cacao en pépinière.

2. Matériel et Méthodes

2.1 Description du milieu d'étude

Cette étude a consisté en une phase d'enquêtes auprès des cacaoculteurs, suivie d'une phase expérimentale à Sakété, au sud du Bénin. Le choix de cette zone dans le cadre de notre étude s'explique par le fait qu'au Bénin, le cacao est principalement produit dans la commune de Sakété (Akoton et al., 2022). La commune de Sakété est située au sud du Bénin, dans le département du Plateau, entre les latitudes 6°44'10'' Nord et les longitudes 2°39'31'' Est, et se trouve à une altitude de 80 m au-dessus du niveau de la mer (INSEED, 2016). Le climat de la commune de Sakété est de type guinéen, avec deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses qui s'alternent au cours de l'année. La commune de Sakété présente un relief peu accidenté, ponctué par endroits de petites et moyennes dépressions aux pentes très peu marquées, donnant lieu à des zones marécageuses (Gandonou, 2006). On retrouve à Sakété trois types de sols : au sud de la commune, des terres sablo-argileuses et légèrement ferrallitiques ; au nord, des terres ferrallitiques rouges et profondes, qui sont fertiles ; et au centre, des terres argilo-sablonneuses et hydromorphes (Gandonou, 2006). En 2020, la population de la commune de Sakété était de 114 088 habitants, dont 53 777 hommes et 60 311 femmes. La taille moyenne des ménages était de 5,5. La figure 1 illustre la localisation géographique de la commune de Sakété.

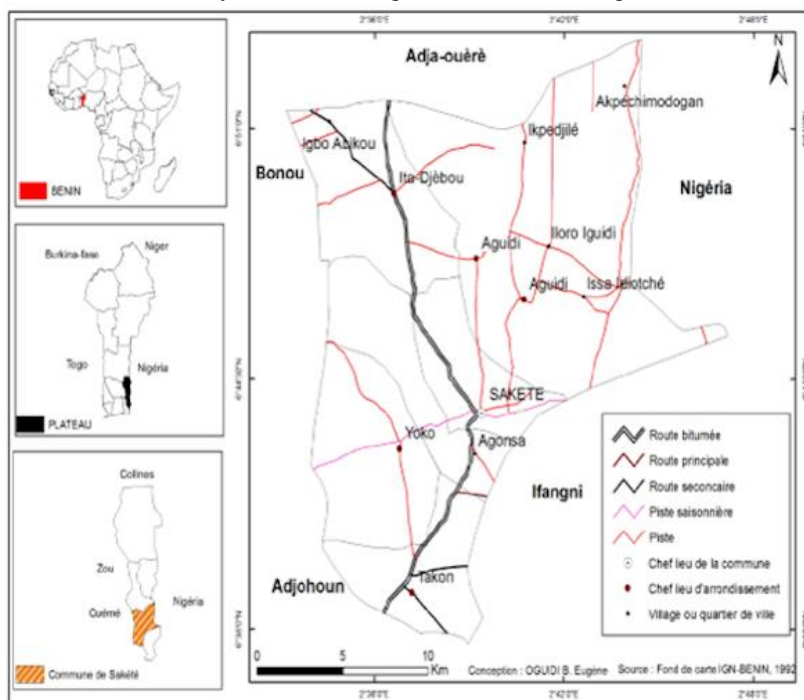


Figure 1. Localisation géographique de la commune de Sakété

2.2. Identification des contraintes majeures à la production du cacao

Le questionnaire élaboré a été administré par interview individuelle à 20 producteurs dans les villages d'Ikpédjilé et d'Aguidi, soit 10 producteurs par village. Ces deux villages ont été choisis avec l'aide des agents d'encadrement ruraux, en raison de l'importance de la culture de *Theobroma cacao* chez eux comparativement aux autres villages de la commune de Sakété. Le nombre limité de producteurs enquêtés s'explique par le fait que la filière est en renaissance, avec un nombre restreint de producteurs. Lors des entretiens, des notes de 0 à 10 ont été attribuées à chaque contrainte selon leur ordre d'importance pour chaque

cacaoculteur. Le total recueilli pour chaque contrainte auprès de l'ensemble des producteurs enquêtés représente son score final (équation 1).

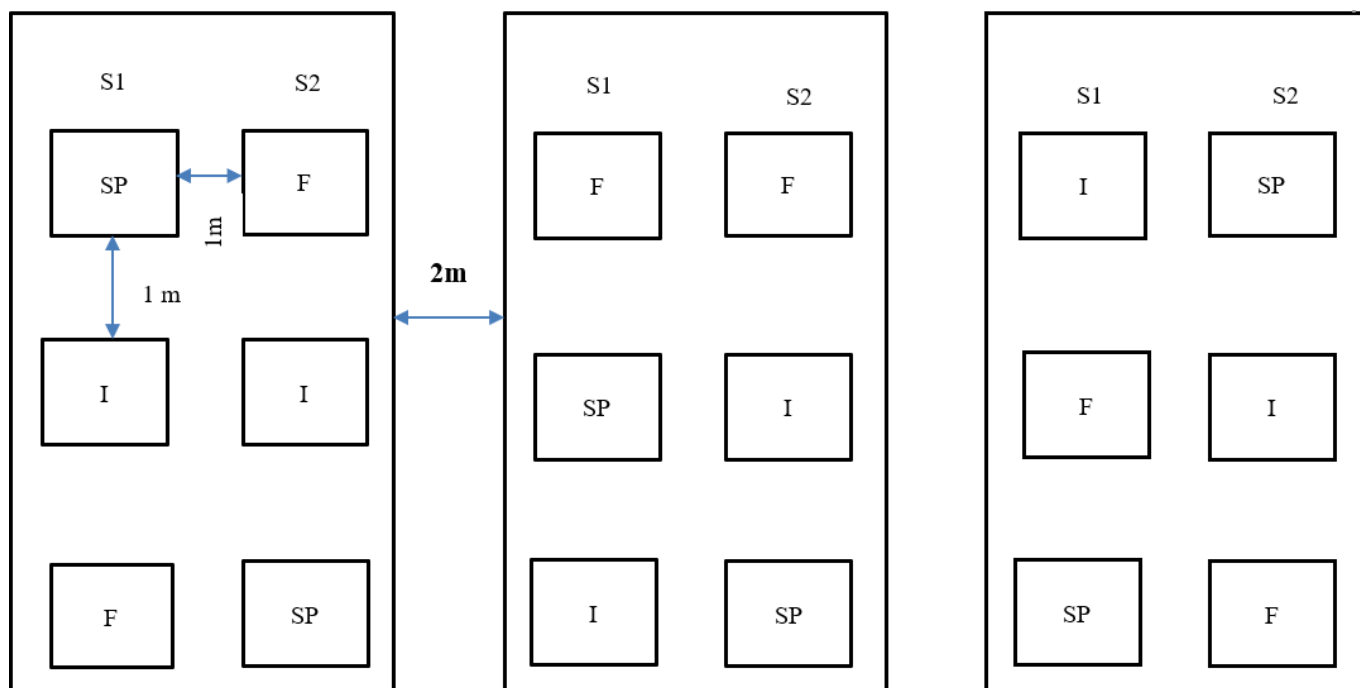
Total des scores attribués = Σ des scores attribués par les 20 producteurs enquêtés (équation 1).

Après analyse des résultats de l'enquête et calcul des différents taux, les contraintes relatives au mauvais état sanitaire des jeunes plants et aux attaques de ravageurs se sont avérées les plus pertinentes.

2.3. Expérimentation

À l'issue de l'enquête, nous avons pu identifier le mauvais état sanitaire et l'attaque des ravageurs comme problèmes majeurs de la production cacaoyère dans les deux villages enquêtés. Koua et al. (2018) affirment que l'absence de traitement des sols avant le semis pourrait être à l'origine de l'incidence des maladies. Afin de pallier ces problèmes, nous avons jugé nécessaire de mener un essai pour évaluer l'effet combiné de substrats (terre humifère et gadoue) et de pesticides (insecticide, fongicide) sur la qualité des plantules de cacaoyer. L'idée derrière cet essai est de trouver une solution double aux deux contraintes majeures identifiées. L'expérimentation a été conduite dans un dispositif en split plot à deux facteurs et trois répétitions. Le facteur principal était le substrat, et le facteur secondaire, le pesticide (figure 1). Pour le facteur principal, deux substrats ont été utilisés : le substrat 1 (S1), qui est la terre humifère prélevée sous plantation forestière, et le substrat 2 (S2), qui est la gadoue. Le facteur pesticide comprenait trois modalités : sans pesticide (SP), un insecticide (I), communément appelé par le nom de son principe actif DDVP (phosphate de diéthyle 2,2-dichlorovinyle), et un fongicide (F), le mancozèbe. L'essai comprenait 18 parcelles élémentaires, soit 6 traitements répétés 3 fois. Les traitements T1, T2, T3, T4, T5 et T6 représentent respectivement : substrat 1 sans pesticide, substrat 2 sans pesticide, substrat 1 traité avec l'insecticide, substrat 2 traité avec l'insecticide, substrat 1 traité avec le fongicide et substrat 2 traité avec le fongicide. Une parcelle élémentaire contient 10 pots de plants, pour un total de 180 pots.

Le choix de ces substrats réside dans leur accessibilité et leur coût nul pour les producteurs. Les pesticides utilisés sont également facilement accessibles et abordables, permettant aux producteurs de s'en procurer aisément. La figure 2 illustre le schéma simplifié du dispositif expérimental.



SP : Sans Pesticide ; I : Insecticide ; F : Fongicide ; S1 : Terre humifère ; S2 : Gadoue

Figure 2 : Schéma du dispositif expérimental

2.4. Mise en place de l'essai

Pour la mise en place de l'essai, les substrats S1 et S2 ont été traités avec la même dose de chacun des deux pesticides (insecticide et fongicide). Pour le traitement de ces substrats, un prélèvement de 150 kg a été mélangé avec 15 g de fongicide dilué dans 2 L d'eau, pour le remplissage de 30 pots de pépinière. Un autre prélèvement de même quantité a été traité avec 0,08 L d'insecticide dilué dans 0,5 L d'eau, pour le remplissage de 30 pots également. Les doses utilisées ainsi que la méthode de traitement ont scrupuleusement respecté le dosage prescrit par le fabricant pour chacun des pesticides. L'insecticide utilisé, communément appelé par son abréviation DDVP, est un insecticide dont le principe actif est le phosphate de diéthyle 2,2-dichlorovinyle. Le DDVP est un insecticide organophosphoré à large spectre, utilisé pour lutter contre divers insectes nuisibles. Le fongicide utilisé est un fongicide de contact appartenant à la famille des carbamates, plus précisément un dithiocarbamate, non-inhibiteur des cholinestérases. Ce fongicide a été employé dans notre étude pour rendre les substrats exempts de certains champignons du sol.

2.5. Données collectées et analyse

Les données qui ont été collectées pendant l'expérimentation furent : le nombre de graines levées, la hauteur des plants ; le diamètre au collet, le nombre de feuilles, la largeur des feuilles, la longueur des feuilles et la longueur du pivot.

À l'issue de la collecte des données, le calcul du taux de levée de graines par substrat a été fait par la formule suivante :

$$\text{Taux de levée} = \frac{\text{Nombre de graines levées}}{\text{Nombre de graines semées}} \times 100 \text{ (équation 2)}$$

Le taux de levée a été calculé à partir du nombre de levées constatées dès la première levée jusqu'à la dernière. La longueur du pivot, et les données concernant les attaques parasitaires ont été prises à la fin de l'expérimentation ; c'est-à-dire le dernier jour de la collecte des données. Tous les autres paramètres ont été mesurés de manière hebdomadaire pendant 07 semaines à partir de quatrième la semaine après le semis. Excepté le taux de levée qui a concerné tous les 180 pots de l'essai et la longueur du pivot qui a pris en compte 18 plants (à raison de 1 plant par parcelle élémentaire), les données ont été collectées sur 5 plants choisis dans chaque traitement de chacune des répétitions. Toutes ces données obtenues ont été insérées dans une base de données EXCEL puis analysées avec le logiciel R version 4.0.5 (R Core Team, 2021). L'analyse de variance à un facteur a été effectuée au seuil d'erreur de 5 % pour chaque paramètre de croissance étudié. Elle a été suivie d'un test de Tukey de structuration des moyennes afin de les comparer lorsqu'il existe une différence significative entre l'effet des traitements. Les travaux ont été effectués entre mai et septembre 2022.

3. Résultats

Effet des traitements sur la levée des graines

Les taux de levée des fèves de cacao obtenus par substrat sont consignés dans le tableau. Il ressort de l'analyse des résultats que le traitement T3 a permis d'obtenir le meilleur taux de levée tandis que le faible taux porte l'empreinte des traitements T2 et T4.

Tableau 1 : Taux de levées des graines semées

Traitements	Nombre de graines semées	Nombres de graines levées	Taux de levée (%)
T1 : Terre humifère sans pesticide	30	23	76,67
T2: Gadoue sans pesticide	30	22	73,33
T3: Terre humifère +insecticide	30	27	90,00
T4: Gadoue+insecticide	30	22	73,33
T5: Terre humifère +fongicide	30	23	76,67
T6: Gadoue + fongicide	30	24	80,00

Effet des traitements sur le diamètre au collet

Le tableau 2 présente les résultats de l'analyse de variance du diamètre au collet des plants de cacaoyers après 7 semaines en pépinière. Il ressort de son analyse que les types de substrats, pesticides ou combinaisons n'ont pas été significativement déterminants dans la croissance en diamètre des plants à un seuil d'erreur de 5 % ($p > 0,05$ à tous les niveaux).

Tableau 2 : Résultats de l'analyse de variance du diamètre au collet des plants

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	F calculé	Probabilité (> F)
Substrat	1	0,0029	0,5549	0,4584
Pesticide	2	0,0177	1,6758	0,1934
Substrat: Pesticide	2	0,0087	0,8274	0,4407
Résidu	84	0,4379	-	-

Signification des codes : 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

La figure 3 montre l'influence exercée par les traitements sur les diamètres moyens au collet des plantules durant leur croissance. Il ressort de son analyse que le diamètre moyen varie en fonction de chaque traitement durant le temps de l'essai. Le traitement T1 affiche la plus forte moyenne à la fin des observations ($5,29 \pm 0,73$ mm) devant T5 ($5,27 \pm 0,73$ mm); T6 ($5,13 \pm 0,92$ mm); T2 ($4,93 \pm 0,70$ mm); T4 ($4,93 \pm 0,59$ mm) et T3 ($4,80 \pm 0,56$ mm).

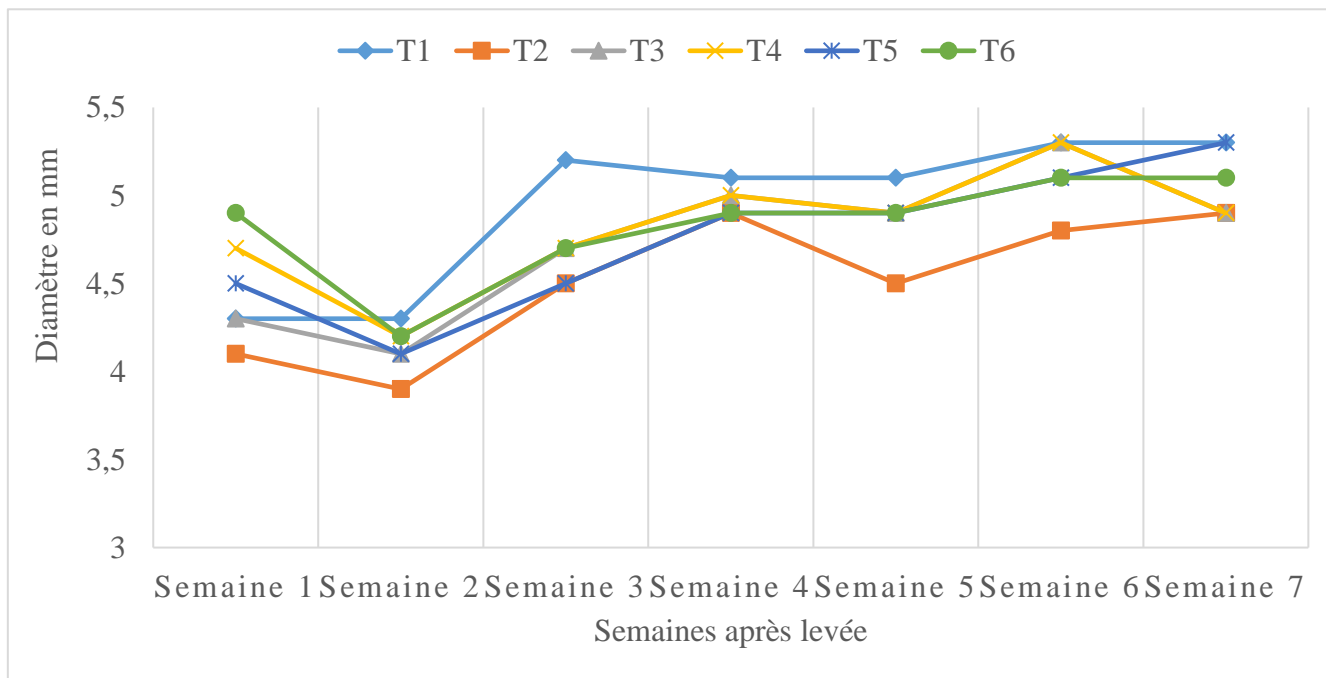


Figure 3: Effet des substrats sur le diamètre au collet des plantules

Le tableau 4 présente les résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plants de cacaoyers après x semaines en pépinière. Il ressort de son analyse que le type de substrat a significativement influencé la croissance en hauteur des plants à un seuil d'erreur de 5 % ($p=0.003706$). Par contre, le type pesticide ou encore le type de combinaison n'ont pas été significativement déterminants.

Tableau 3 : Résultats de l'analyse de variance de la hauteur des plants de cacaoyer

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	F calculé	Probabilité (> F)
Substrat	1	141,13	8,9146	0,003706 **
Pesticide	2	86,03	2,7171	0,071873
Substrat: Pesticide	2	47,02	1,4852	0,232340
Résiduel	84	1329,79	-	-

Signification des codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Le tableau 4 présente la classification des hauteurs moyennes. Il en ressort que les différences observées (entre T2 et T5 et entre T4 et T5) se situent au niveau des traitements de substrats différents comme énoncé ci-haut.

Tableau 4 : Classification des hauteurs moyennes par traitement

Traitement	Hauteur moyenne
T1	21,70±2,34 ab
T2	18,03±2,64 a
T3	19,17±2,44 ab
T4	18,70±4,66 a
T5	23,00±5,11 b
T6	19,62±5,37 ab

a, b: il n'existe aucune différence significative entre les hauteurs des traitements portant les mêmes lettres

La figure 4 illustre l'évolution des hauteurs moyennes des plants en fonction des traitements. On note une augmentation graduelle des valeurs au cours du temps. Au bout de sept semaines, la meilleure moyenne a été obtenue avec le traitement T5 (23±5,11 cm) devant T1 (21,7±2,34 cm); T6 (19,62±5,37 cm); T3 (19,17±2,44 cm); T4 (18,7±4,66 cm) et T2 (18,03±2,62 cm).

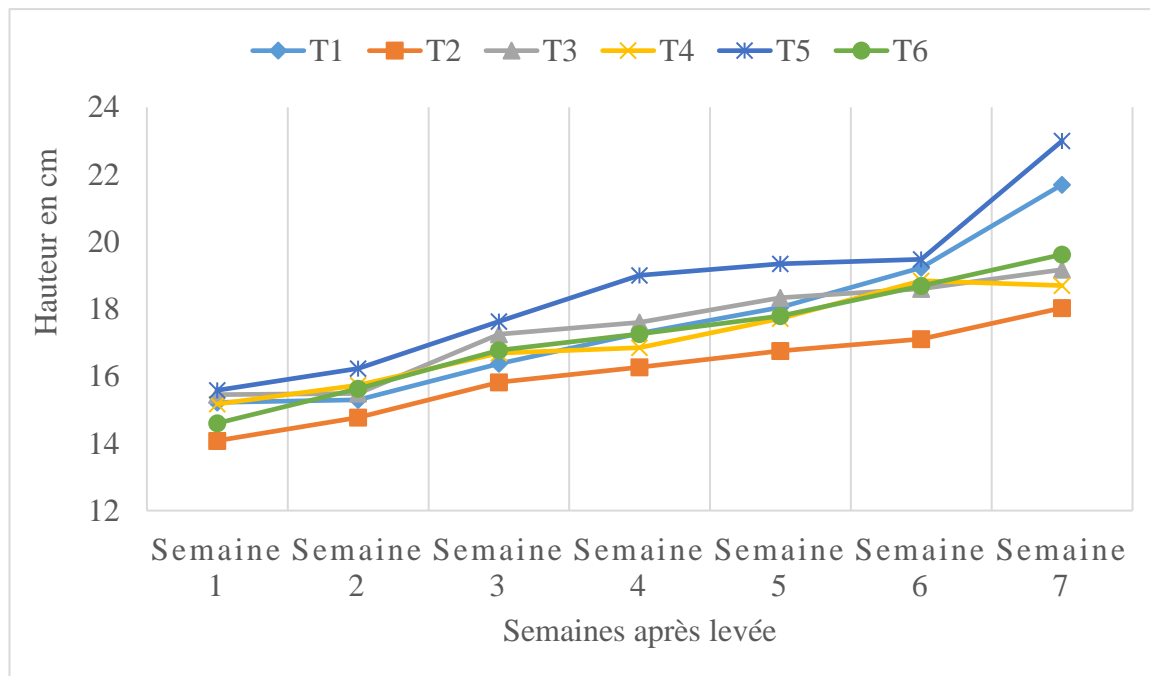


Figure 4 : Évolution de la hauteur des plantules en fonction des traitements.

Effet des traitements sur le nombre de feuilles

Le tableau 5 présente les résultats de l'analyse de variance du nombre de feuilles émises par les plants de cacaoyers après 7 semaines en pépinière. Il ressort de son analyse que le type de substrat et le type de pesticide ont significativement influencé l'émission des feuilles chez les plants de cacaoyers à un seuil d'erreur de 5 % ($p < 0,05$ pour chaque facteur). Par contre, leur combinaison n'a exercé aucun effet significatif sur le nombre de feuilles obtenu.

Tableau 5 : Résultats de l'analyse de variance du nombre de feuilles

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	F calculé	Probabilité (> F)
Substrat	1	12,844	5,0512	0,027230 *
Pesticide	2	28,022	5,5100	0,005643 **
Substrat: Pesticide	2	7,489	1,4725	0,235202
Résiduel	84	213,600	-	-

Signification des codes : 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Le tableau 6 présente la classification du nombre moyen de feuilles. La différence observée se retrouve entre T2 et T5, deux traitements appartenant à différents substrats et différents pesticides.

Tableau 6. Classification du nombre moyen de feuilles par traitement

Traitement	Nombre de feuilles
T1	8,07±1,53 ab
T2	7,20±1,37 a
T3	8,80±1,37 ab
T4	8,80±1,42 ab
T5	9,53±1,64 b
T6	8,13±2,10 ab

a, b : il n'existe aucune différence significative entre le nombre moyen des traitements portant les mêmes lettres

La figure 4 présente l'évolution du nombre moyen de feuilles par plant en fonction des traitements. On constate que le nombre de feuilles augmente généralement durant la période d'observation. Au bout de sept semaines, le plus grand nombre moyen de feuilles a été obtenu avec le traitement T5 (9,53±1,64 feuille) devant T4 (8,80±1,42 feuille) ; T3 (8,80±1,37 feuille) ; T6 (8,13±2,10 feuilles) ; T1 (8,07±1,53 feuille) et T2 (7,20±1,37 feuille).

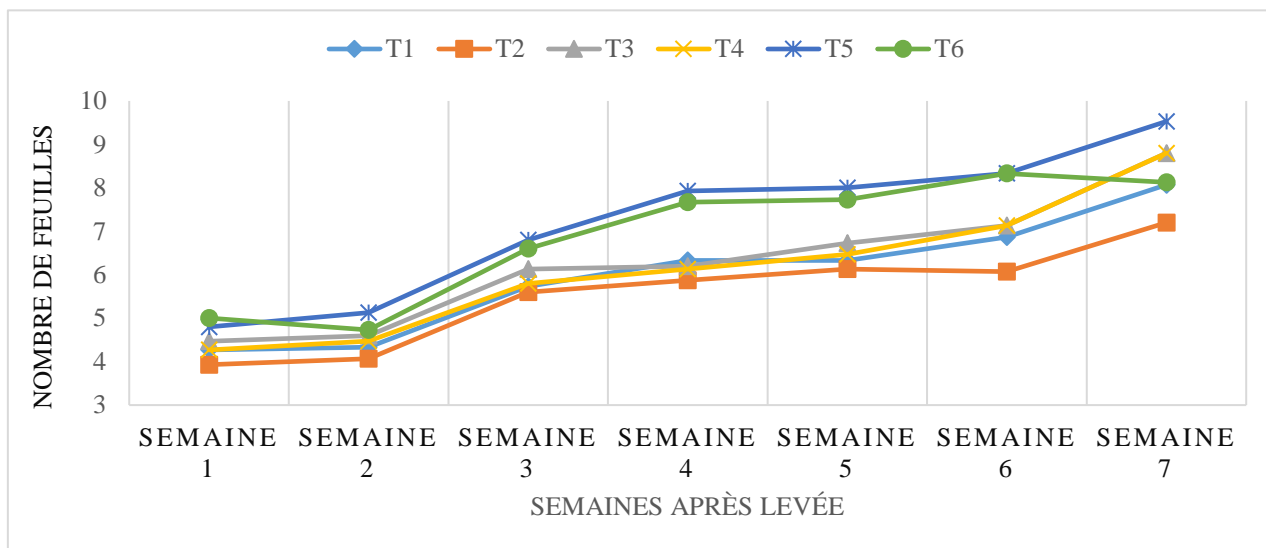


Figure 1 : Variation du nombre de feuilles en fonction des traitements.

Effet des traitements sur la longueur des feuilles

Le tableau 7 présente les résultats de l’analyse de variance de la longueur des feuilles de cacaoyers après 7 semaines en pépinière. Il ressort de son analyse les types de substrats, pesticides ou combinaisons n’ont pas été significativement déterminants dans le développement en longueur des feuilles chez les plants de cacaoyers à un seuil d’erreur de 5 % ($p > 0,05$ à tous les niveaux).

Tableau 7 : Résultats de l’analyse de variance de la longueur des feuilles

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	F calculé	Probabilité (> F)
Substrat	1	1,47	0,2213	0,6392
Pesticide	2	39,24	2,9552	0,0575
Substrat : Pesticide	2	21,87	1,6473	0,2352
Résiduel	84	557,67	-	-

La figure 5 illustre l’évolution des longueurs moyennes des feuilles en fonction des traitements. On note une variation des valeurs observées au cours du temps. Au bout de sept semaines, la meilleure moyenne a été obtenue avec le traitement T2 ($14,83 \pm 2,33$ cm) devant T5 ($14,40 \pm 3,14$ cm); T1 ($13,97 \pm 2,25$ cm); T6 ($12,87 \pm 2,55$ cm); T3 ($12,83 \pm 2,40$ cm) et T4 ($12,73 \pm 26,9$ cm).

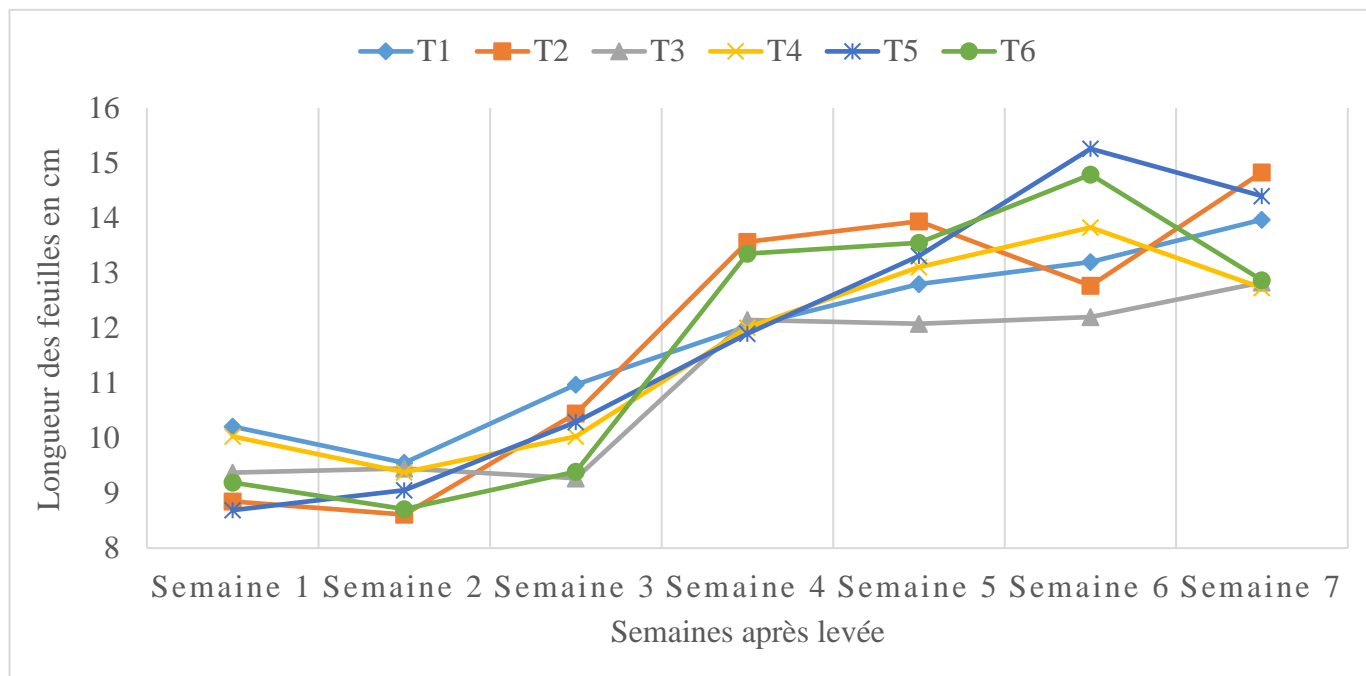


Figure 2 : Évolution de la longueur des feuilles en fonction des traitements.

Le tableau 8 présente les résultats de l’analyse de variance de la largeur des feuilles de cacaoyers après 7 semaines en pépinière. Il ressort de son analyse que les types de substrats et combinaisons n’ont pas été significativement déterminants dans le développement en largeur des feuilles chez les plants de cacaoyers à un seuil d’erreur de 5 % ($p > 0,05$). Par contre, le type de pesticide a significativement influencé le paramètre en question.

Tableau 8 : Résultats de l’analyse de variance de la largeur des feuilles

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés	F calculé	Probabilité (> F)
Substrat	1	0,114	0,0821	0,77512
Pesticide	2	9,931	3,5849	0,03206 *
Substrat: Pesticide	2	2,414	0,8715	0,42206
Résiduel	84	116,345	-	-

Signification des codes : 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '*' 0.1 '.' 1

Le tableau 9 présente la classification de la largeur moyenne des feuilles. Il en ressort que les différences observées (entre T2 et T3 et entre T2 et T4) se situent au niveau des traitements auxquels différents pesticides ont été appliqués.

Tableau9 : Classification de la largeur moyenne des feuilles par traitement

Traitement	Largeur des feuilles
T1	5, 61±1,30 ab
T2	6,15±1,48 b
T3	5,19±0,70 a
T4	5,00±1,18 a
T5	5,73±1,22 ab

T6	5,60±1,02 ab
----	--------------

a, b: il n'existe aucune différence significative entre la largeur moyenne des feuilles des plants des traitements portant les mêmes codes.

La figure 6 illustre l'évolution des largeurs moyennes des feuilles en fonction des traitements. On note une variation des valeurs observées au cours du temps. Au bout de sept semaines, la meilleure moyenne a été obtenue avec le traitement T2 (6,15±1,48 cm) devant T5 (5,73±1,22 cm); T1 (5,61±1,30 cm); T6 (5,60±1,02 cm); T3 (5,19±0,70 cm) et T4 (5,00±1,18 cm).

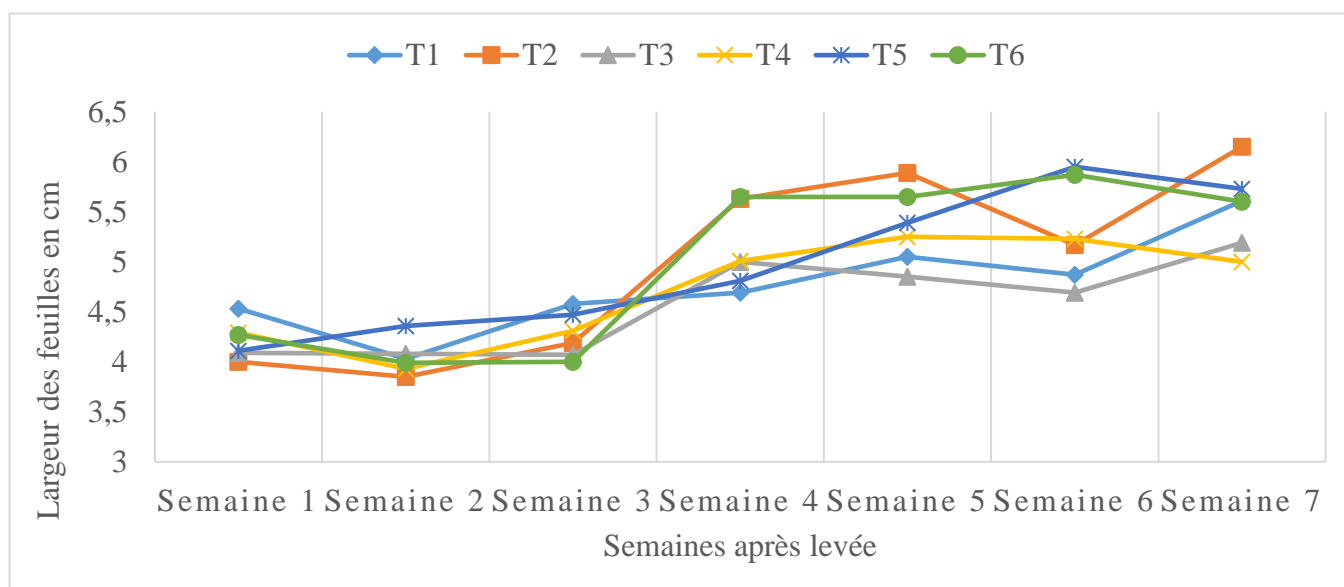


Figure 3 : Variation de la largeur des feuilles en fonction des traitements.

3. Discussion

4.1. Effet des traitements sur la levée et la vitesse de germination des fèves

Les résultats de l'étude indiquent que les meilleurs taux de levée des fèves ont été obtenus avec la terre humifère traitée au pesticide et la gadoue enrichie en fongicide, atteignant respectivement 90 % et 80 %. En revanche, les mêmes substrats, non traités, ont présenté des taux de levée plus faibles, de 76,67 % et 73,33 %. Ces performances pourraient être expliquées par l'effet favorable des pesticides sur les substrats. Cependant, des études antérieures ont rapporté des taux de levée variés selon les substrats utilisés. Par exemple, Kouassi (2012) a observé un taux de levée de 100 % en utilisant trois substrats, dont la gadoue issue d'un dépotoir. De même, Akpo et al. (2022) ont rapporté un taux de levée de 75 % pour la terre humifère provenant d'un sol sous acacia, et de 41,67 % pour la gadoue.

Par ailleurs, les résultats montrent que tous les traitements ont permis d'atteindre plus de 90 % de levée après 14 jours suivant le semis. Ce phénomène pourrait être attribué au fait que les fèves utilisées dans cette expérimentation ont été semées immédiatement après leur récolte. Cela confirme les recommandations d'Olaiya (2016), qui préconise de semer immédiatement après la récolte des cabosses mures jaunes pour optimiser le taux de levée. De plus, une étude de Saajah et Maalekuu (2014) souligne que les graines issues de cabosses stockées entre 0 et 15 jours après récolte (DAH) offrent des performances supérieures en termes de germination et maintiennent une viabilité maximale, comparativement aux graines stockées entre 15 et 30 DAH ou au-delà.

4.2. Effet des traitements sur la croissance et le développement des jeunes plants de cacaoyers

L'étude sur le développement et la croissance des jeunes plants de cacaoyers s'est appuyée sur plusieurs paramètres : la hauteur des plants, le diamètre au collet, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que la longueur du pivot. Les résultats indiquent que la terre humifère traitée avec le fongicide a donné des résultats satisfaisants pour presque tous les paramètres, à l'exception de la longueur du pivot, où elle a présenté les pires résultats de l'expérimentation. En comparaison, la terre humifère sans pesticide a montré des résultats similaires à ceux obtenus avec la terre humifère traitée au fongicide. Ces variations peuvent être expliquées par l'effet du fongicide (qui inhibe la croissance des champignons) et par les caractéristiques intrinsèques du substrat. En effet, la terre humifère est très fertile, riche en matière organique et a la capacité de retenir l'eau sans excès. Dakou (2020) a observé de bons résultats avec ce substrat pour les jeunes plants d'anacardiens en pépinière.

Agbahungba et Assa (2000) ont montré que l'évolution des sols sous *Acacia auriculiformis*, sous lequel la terre humifère de notre étude a été prélevée, est marquée par une amélioration de la matière organique du sol et de l'azote total dans les horizons de surface. En ce qui concerne la gadoue, qu'elle soit traitée ou non avec des pesticides, elle a donné des résultats modérément bons pour tous les paramètres. Il en ressort que l'application de pesticides sur la gadoue ne modifie pas de manière significative ses effets sur la croissance des plants. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Akpo et al. (2022) et Kouassi (2012) sur le cacaoyer. Dakou (2020) a également observé des résultats similaires sur l'anacardier. Selon Kouassi (2012), cela pourrait être lié au pH élevé de la gadoue. Lamhamedi et al. (2011) ont corroboré cette hypothèse en indiquant qu'un pH élevé d'un substrat peut nuire à la croissance générale des plants. Kouassi (2012) recommande d'ailleurs de mélanger la gadoue avec d'autres substrats, car elle contient des éléments chimiques comme le phosphore, essentiel au développement du cacaoyer.

Enfin, concernant la terre humifère traitée avec l'insecticide, les résultats ont été peu satisfaisants, tandis que la terre humifère non traitée ou traitée avec le fongicide a montré des résultats plus ou moins satisfaisants. Il semble donc que l'application d'insecticide sur la terre humifère n'ait pas d'effet significatif sur la croissance des plantules de cacaoyer en pépinière.

Les résultats ont montré que le traitement des substrats en pépinière pourrait significativement améliorer la qualité physiologique des plantules de cacaoyer. Cependant, il est important de rappeler que les pesticides chimiques présentent des risques pour la santé humaine, la santé des sols et la biodiversité. Pour cette raison, l'utilisation de pesticides biologiques serait une alternative plus durable et respectueuse de l'environnement. À cet égard, Ouédraogo et al. (2024) et Atakpama et al. (2024) recommandent une approche agroécologique comme solution optimale pour améliorer les rendements tout en préservant les écosystèmes.

5. CONCLUSION

La présente étude a pour objectif d'évaluer d'une part l'effet de différents substrats, et d'autre part l'effet de différents pesticides, puis enfin l'effet de la combinaison de ces deux facteurs sur la qualité physiologique du cacaoyer en pépinière. Ceci pour pallier aux contraintes liées au mauvais état sanitaire des jeunes plants et aux attaques des ravageurs. Compte tenu des différents résultats obtenus, la combinaison terre humifère **et** fongicide s'est révélée comme la meilleure combinaison. Sans application de pesticide, ce substrat permet également d'obtenir des plantules de bonne qualité à quelques limites près. Cependant, l'utilisation des pesticides utilisés dans le cadre de notre étude doit être raisonnée, puisque ces produits chimiques de synthèse sont toxiques et nuisent non seulement à la santé humaine, mais aussi à la biodiversité. Au vu des contraintes identifiées et des résultats de l'expérimentation, nous suggérons que : l'expérimentation soit réalisée à nouveau sous différentes doses très précises de pesticides ; le mélange des substrats soit traité avec les mêmes produits ou d'autres types de pesticides ; d'autres types de pesticides (acaricides, nématicides, etc.) soient essayés sur les substrats, d'autres techniques écologiques de traitement de substrats soient mises en œuvre, la durée d'observation soit élargie afin d'avoir une vue plus large de l'effet du traitement des substrats aux pesticides sur le développement des plantules et les attaques parasitaires des plantules dans le temps.

Remerciements

Les auteurs remercient les cacaoculteurs de Sakété et le service d'encadrement pour l'accompagnement.

Contribution des auteurs (section obligatoire)

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	Tous
Gestion des données	Tous
Analyse formelle	Tous
Enquête et investigation	FALEROUN Priscille, AVOCE Djohodo Hippolyte

Méthodologie	Tous
Supervision Validation	AKPO Essegbemon, IDOHOU Rodrigue
Écriture – Préparation	FALEROUN Priscille, AKPO Essegbemon
Écriture – Révision	Tous

Références

- Agbahungba, A., & Assa, A. (2000). Étude de l'évolution des sols sous *Acacia auriculiformis* (Cunn.A) et caractérisation de la matière organique de l'espèce dans trois stations forestières dans le sud du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, 30, 18–36.
- Akoton, T. P., Odjoubéré, J., Djossou, J.-M., Gbodjinou, Y. B. B., & Ali, R. K. F. M. (2022). Système de culture de cacaoyer (*Theobroma cacao L.*) dans l'arrondissement de Aguidi (Commune de Sakété) au Sud-Est du Bénin : Problèmes et perspectives pour un développement de la filière. *Afrique Science*, 20(3), 118–129.
- Akpo, E., Idohou, R., Tode, T., & Zohou, H. (2022). Effets des substrats sur la qualité germinative et morphologique des plantules de *Theobroma cacao L.* en pépinière au Sud-Bénin. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 2(2), 177–186. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg2212>
- Assiri, A. A., Kacou, E. A., Assi, F. A., Ekra, S., Dji, K. F., Couloud, J. Y., & Yapo, A. R. (2012). Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao L.*) en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 14(2), 939–951. <http://www.m.elewa.org/JAPS>
- Atakpama, W., Kokou, K. B., Issifou, A., Folega, F., Agbati, K., Douhadji, A., Carla, C. M., & Batawila, K. (2024). Améliorer les rendements de maïs (*Zea mays L.*) grâce à une approche agroécologique. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(1), 1–14. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4104>
- Dakou, N. (2020). Effet de cinq substrats sur la germination et le développement des jeunes plants d'anacardier. *Mémoire de licence*, École de Gestion et de Production Végétale et Semencière, Université Nationale d'Agriculture, Kétou, Bénin.
- Diop, A. B., Samb, C. O., Niang, A., Cissé, O., Sy, M., & Faye, E. (2024). Inventaire des maladies chez l'anacardier (*Anacardium occidentale L.*) dans la commune de Keur Samba Guéye (Fatick/Sénégal). *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(1), 1–18. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4107>
- FAOSTAT. (2022). UN brings together cocoa producers and consumers to finalize new trade pact. *UN News, Atlasocio.com*. Consulté le 21 juin 2022.
- Folega F, Datche-Danha KE, Folega AA, Woegan AY, Kperkouma W, Akpagana K (2022). Diversité des services écosystémiques et utilisation des terres dans le paysage du socle Eburnéen au Togo. *Revue Nature et Technologie*, 14(02), 61-75 35.
- Folega, F., Zhang, C.Y., Samake, G., Kperkouma, W., Batawila, K., Zhao, X.H., Akpagana, K. (2011): Evaluation of agroforestry species in potential fallows of areas gazette as protected areas. *African Journal of Agricultural Research*, 6(12):2828-2834.
- Fountain, A. C., & Hütz-Adams, F. (2020). *Baromètre du cacao 2020*.
- Gandonou, B. (2006). *Monographie de la commune de Sakété*. Afrique Conseil.
- INSEED. (2016). *Cahier des villages et quartiers de ville du département du Plateau (RGPH-4, 2013)*.
- Koua, S. H., Coulibaly, N. A. M., & Alloueborand, W. A. M. (2018). Caractérisation des vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire : Cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(3), 5706–5714.
- Kouassi, K. G. (2012). Évaluation de différents fertilisants sur la croissance et le développement de pépinières de cacaoyer (*Theobroma cacao L.*) élevées sur différents substrats. *Mémoire d'agronomie approfondie*, École Supérieure d'Agronomie, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.
- Lamhamedi, M. S., & Fortin, J. A. (1994). La qualité des plants forestiers : Critères d'évaluation et performance dans les sites de reboisement. In M. Abourouh (Éd.), *Actes de la première journée nationale sur les plants forestiers* (pp. 35–50). Centre de Recherche et d'Expérimentation Forestières.
- Lekossa, L. (2021). Filière cacao au Bénin : Une production à l'étape embryonnaire et très peu soutenue. *Le Rural Agriculture*. Consulté le 20 avril 2022. <https://lerural.bj/filiere-cacao-au-benin-une-production-a-letape-embryonnaire-et-tres-peu-soutenue>
- Olaiya, A. O. (2016). Growth and development of cacao (*Theobroma cacao L.*) seedlings in the nursery as influenced by pod maturity and retaining period after harvesting. *Nigerian Journal of Ecology*, 15(1), 19–23.

- Ouédraogo, H. A., Yarga, H.-P., Traoré, A., & Kouakou, K. P. (2024). Effet de la perception de la technicité du compostage par les agriculteurs sur son adoption pour une transition agroécologique à l'Ouest du Burkina. *Revue Écosystèmes et Paysages*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4109>
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Saajah, J. K., & Maalekuu, B. K. (2014). Determination of postharvest pod storage on viability and seedling growth performance of cocoa (*Theobroma cacao L.*) in the nursery. *Journal of Agricultural Science*, 6(4), 77–90. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n4p77>
- SGG. (2021). Compte rendu du Conseil des Ministres du 28 juillet. N°23/2021/PR/SGG/CM/OJ/ORD.