

EFFETS DE DIFFERENTS SUBSTRATS SUR LA GERMINATION ET LA CROISSANCE DU SAPOTILLIER (*Manilkara zapota* L.) AU SUD DU BENIN



EFFECTS OF DIFFERENT SUBSTRATES ON GERMINATION AND GROWTH OF SAPODILLA (*Manilkara zapota* L.) in southern Benin

| Jhonn, Logbo ^{1*} | Hugues, Kouye ¹ | Sognigbé N'danikou ¹ | Bruno A Djossa ² | et | Christophe Gandonou ³ |

¹ Université Nationale d'Agriculture (UNA) | Unité de Recherche sur l'Adaptation des Plantes aux Stress Abiotiques et l'Amélioration des Productions Végétales | Laboratoire des Sciences Végétales | Horticoles et Forestières (LaSVF) | Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts (EHAUV) | BP : 43 Kétou | République du Bénin |

² Université Nationale d'Agriculture (UNA) | Laboratoire des Sciences Végétales | Horticoles et Forestières (LaSVF) | Ecole de Foresterie Tropicale (EForT), BP : 43 Kétou | République du Bénin |

³ Université d'Abomey-Calavi (UAC) | Faculté des Sciences et Techniques (FAST) | Unité de Recherche sur l'Adaptation des Plantes aux Stress Abiotiques, les Métabolites Secondaires et l'Amélioration des Productions Végétales | Laboratoire de Physiologie Végétale et d'Étude des Stress Environnementaux, 01BP526, Tri Postal, Cotonou | République du Bénin |

| Received February 24, 2022 |

| Accepted March 01, 2022 |

| Published July 01, 2022 |

| ID Article | Logbo-Ref02-ajira240222 |

RESUME

Objectifs : Les semences de nombreuses essences germent sans difficulté en conditions d'humidité et de température favorables. Mais, les semences d'autres essences manifestent une certaine dormance. Lorsque la dormance est forte, la régénération artificielle nécessite une forme de prétraitement, pour assurer un taux de germination élevé en un temps très court. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet des prétraitements sur la germination des semences du sapotillier (*Manilkara zapota* L.). **Méthodologie** : Les effets de la scarification mécanique, l'ébouillantage, le trempage à l'eau de robinet, le trempage à l'acide sulfurique concentré (95%) des graines accompagnés d'un témoin ont été évalués sur des substrats, constitués de terre arable uniquement, de terre végétale mélangée aux crottes de lapin et de terre végétale mélangée à la bouse de vache. Les effets ont été évalués suivant un dispositif en parcelles divisées en douze (12) unités expérimentales. **Résultats** : Le traitement à l'acide sulfurique a donné le meilleur taux de germination (60,74 %), un délai de germination (24 jours) et un temps moyen de germination (11,74 jours) plus court comparativement aux graines scarifiées et aux témoins. Le taux, le délai et le temps moyen de germination des graines scarifiées et les témoins sont respectivement 44,44%, 24 jours et 12,11 jours et 47,41%, 14,17 jours et 26 jours. Les graines traitées à l'eau bouillante n'ont pas germé. Les résultats indiquent également un effet significatif du type de substrat sur la croissance en hauteur des plantules ($p=0,032$). **Conclusion** : L'apport de bouse de vache comme fertilisant a induit une meilleure croissance sur les plantules de *M. zapota*. Compte tenu de leur disponibilité et de leur faible coût, ces techniques peuvent être recommandées aux producteurs pour la production des plants en pépinière.

Mots clés : Bénin, *Manilkara zapota*, taux de germination, traitement pré-germinatif

ABSTRACT

Objectives: The seeds of many tree species germinate without difficulty under favourable conditions of humidity and temperature. However, seeds of other species show some dormancy. When dormancy is strong, artificial regeneration requires some form of pre-treatment to ensure a high germination rate in a very short time. The objective of this work is to study the effect of pre-treatments on seed germination of sapodilla (*Manilkara zapota* L.). **Methodology**: The effects of mechanical scarification, scalding, soaking with tap water, soaking with concentrated sulphuric acid (95%) and a control were evaluated on substrates consisting of topsoil only, topsoil mixed with rabbit dung and topsoil mixed with cow dung. The effects were evaluated in a plot design divided into twelve (12) experimental units. **Results**: The sulphuric acid treatment resulted in the highest germination rate (60.74%), shortest germination time (24 days) and shortest mean germination time (11.74 days) compared to the scarified seeds and the controls. The germination rate, germination time and mean germination time of the scarified seeds and controls were 44.44%, 24 days and 12.11 days and 47.41%, 14.17 days and 26 days respectively. The seeds treated with boiling water did not germinate. The results also indicate a significant effect of substrate type on seedling height growth ($p=0.032$). **Conclusion**: The addition of cow dung as a fertiliser induced better growth in *M. zapota* seedlings. Given their availability and low cost, these techniques can be recommended to producers for nursery production.

Keywords: Benin, *Manilkara zapota*, germination rate, pre-germination treatment.

1. INTRODUCTION

Le sapotillier (*Manilkara zapota* L.) P. Royen, connu au Brésil sous le nom de sapoti ou sapota [1] ou encore sapodilla en Anglais [2], et originaire du Mexique et en Amérique centrale et répandu en Afrique et en Asie [3], est l'espèce d'arbre fruitier forestier la plus connue des Sapotacées [4]. Elle est distribuée dans les régions pantropicales et est

cultivée pour ses fruits, bois et latex [5, 6]. La famille des Sapotacées comprend 58 genres et environ 1250 espèces présentes dans les régions néotropicales du monde [7, 8, 9]. Au Brésil, 233 espèces sont enregistrées en 12 genres [10]. De taille moyenne, la hauteur des arbres du sapotillier (*Manilkara zapota* L.) peut atteindre 30 m et 1,5 m de diamètre. Les feuilles persistantes et disposées en spirales sont légèrement dentées, elliptiques au sommet des pousses. Le fruit comestible est une baie ovoïde à globuleuse contenant 1 à 12 graines brillantes brunes ou noires entourées d'une chaire brunâtre, douce, juteuse et parfumée [11]. *M. zapota* prospère sous les tropiques, mais il est trouvé en grand nombre jusqu'à 2500 m d'altitude en Équateur et dans les régions subtropicales [12]. Le sapotillier est cultivé principalement pour ses fruits, généralement consommés frais. Les différentes parties de l'espèce sont utilisées en médecine traditionnelle dans la gestion de l'inflammation, de la douleur, des fièvres, de la toux, la diarrhée et la dysenterie, car présentant des propriétés diurétique et tonique et prévient la formation de calculs dans les reins et la vessie. Le jus obtenu de la trituration des feuilles sert à traiter le rhume, la fièvre, les plaies et les ulcères [13]. Les fruits très utiles en raison de leur contenu nutritionnel important [2,14], sont bénéfiques pour le traitement des maladies pulmonaires [15,16]. Selon [17], de nombreuses études ont démontré l'existence de propriétés analgésique [18], anti-arthritique [19] ; anti-diarrhéique [20] ; anti-inflammatoire et antipyrétique [21,22] ; anti microbien [23,24] ; antioxydant [25,26,24] ; antitumoral [27] ; des effets hypoglycémiant et hypocholestérolémiant [26, 28]. L'espèce présente également une diversité de substances chimiques composées, tels que les composés phénoliques, les terpènes, les stéroïdes, les saponines, les huiles fixes, les hydrocarbures, les glucides, les acides aminés, les minéraux et les vitamines [29, 30, 31, 26]. Le latex résineux coagulé dérivé de l'écorce est utilisé dans le commerce pour la fabrication de chewing-gum [32]. Le bois est homogène, rouge foncé, très dur et dense, résistant et durable. Il convient pour les constructions lourdes, l'ameublement, la menuiserie, la fabrication de manches d'outils, etc., ce qui accroît sa valeur économique [33]. Pour son écorce attrayante, il est cultivé comme arbre de paysage et ornemental. En dépit de son importance socio-économique, la culture de *M. zapota* n'est pas aisée en raison des difficultés rencontrées par les agriculteurs pour la production des plants en pépinière. En effet, les graines de l'espèce sont difficiles à faire germer [34], suite à la dureté du tégument qui impose à la graine une dormance physique entravant ainsi sa production. La dormance est un mécanisme écologique qui ne permet l'induction de la germination que dans des conditions favorables afin d'assurer la survie des jeunes plants [35] et dont l'intensité pour une même espèce peut varier selon le génotype et l'environnement dans lequel les graines sont produites [36, 37]. L'inhibition tégumentaire qui affecte le pouvoir germinatif constitue un problème crucial qui limite l'établissement des arbres en forêt [38]. Pour ces types d'espèces, les graines exigent des prétraitements avant le semis pour obtenir des germinations rapides avec des taux de germination élevés et uniformes [39, 40, 41]. Il est donc nécessaire de développer des techniques appropriées de lever de dormance des graines imposée par l'enveloppe, car la germination des graines est importante pour la régénération de l'espèce. De nombreuses recherches antérieures ont indiqué que la dormance des graines induite par le tégument peut être levée par scarification (mécanique et chimique) ; par trempage dans de l'eau chaude [42, 43] et par l'acide sulfurique [44]. Néanmoins, l'application et l'efficacité de ces traitements dépendent du degré de dormance, qui varie selon les espèces [45, 46], ce qui rend difficile la prescription d'une procédure standard de lever de dormance des semences. Différentes espèces avec une dormance imposée par les téguments peuvent nécessiter un traitement de pré-germination différent pour rompre la dormance et permettre la germination. Il est alors indispensable d'identifier les techniques appropriées aux différentes espèces endogènes. D'autre part, les réactions de germination des semences à d'autres facteurs, tels que les substrats de germination, doivent encore être documentées pour de nombreuses espèces [47]. Dans l'optique de contribuer à la valorisation de *Manilkara zapota* au Bénin, le présent travail a été conduit et vise à évaluer la performance de différentes techniques de levée de dormance sur la germination et de différents substrats sur la croissance en pépinière de l'espèce. La réponse positive de ces graines aux prétraitements est cruciale pour une régénération meilleure et rapide, pour une intégration dans un programme de reboisement afin d'assurer la survie des essences pérennes et denses dans les écosystèmes dégradés où l'on assiste à un recul important du couvert végétal.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Zone d'étude

Ce travail a été conduit dans la Commune de Kétou sur le site d'expérimentation de l'Université Nationale d'Agriculture (Figure 1). Située dans la zone de forêt humide dans la partie sud-est du Bénin, la Commune de Kétou (Altitudes 7°10' et 7°41'17" N, 2°24'24" et 2°47'40" E) dispose d'un climat caractérisé par un régime de pluie bimodale, avec en moyenne des précipitations de 1073 mm en 65 jours par an. Les deux maxima de ce régime sont observés en juin et septembre. Le sol présent sur le site est de type ferrallitique avec une végétation caractéristique des savanes arborées. L'érosion des sols est réduite avec de faible pente par endroit.

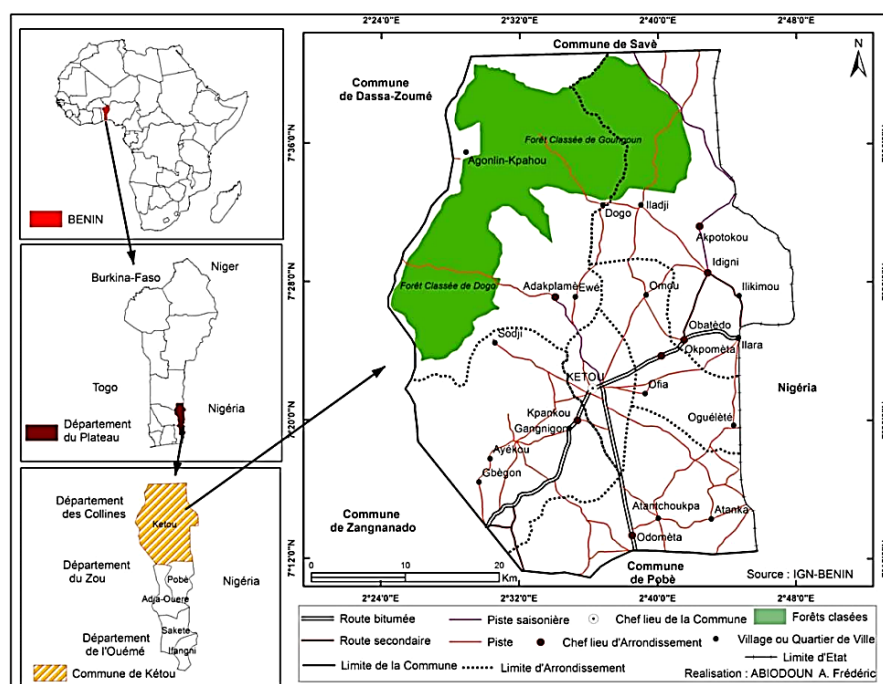


Figure 1 : Carte de localisation de la zone de l'étude.

2.2 Dispositif expérimental et collecte de données

Des lots de semences (graines sèches) de sapotillier (*Manilkara zapota*) provenant de Kétou après un tri morphologique ont été soumis à trois traitements pré-germinatifs dans un dispositif en parcelles divisées avec 12 traitements par bloc répétés trois fois. Les unités expérimentales sont constituées de 15 sachets polyéthylènes contenant chacune une graine. Les graines ont été semées dans des sachets en polyéthylène (15 cm x 10,5 cm) renfermant trois différents substrats disposés sous l'ombrage d'arbres. Les substrats sont constitués de la terre végétale (terre arabe) uniquement [S_1], d'un mélange de la terre végétale ($\frac{2}{3}$) et des crottes de lapin ($\frac{1}{3}$) [S_2] et d'un mélange de terre végétale ($\frac{2}{3}$) et des bouses de vache ($\frac{1}{3}$) [S_3]. Les traitements appliqués sont la scarification (T_1), l'ébouillantage des semences pendant 3 mn puis trempage dans de l'eau du robinet pendant 24 heures (T_2) et trempage des graines dans l'acide sulfurique concentré pendant 15 mn (T_3) puis rinçage à forte eau de robinet. Pour chacun des trois substrats utilisés, les traitements ont été comparés à des traitements témoins. Pour étudier la germination des graines de *Manilkara zapota* et sa croissance, trois (3) traitements de pré-germination (T_1 ; T_2 ; T_3) ont été testés pour leurs effets sur la germination des graines plus un témoin T_0 . Les graines de chaque traitement de pré-germination ont été semées dans des sachets en film plastique de polyéthylène remplis de substrat constitué préalable imprégnés d'eau 24 h avant le semis et ont été percés pour éviter l'engorgement d'eau. Les sacs polyéthylènes ensemencés ont été ensuite placés dans la pépinière. Les unités expérimentales sont constituées de 15 sachets polyéthylènes contenant chacune une graine. Un total de 540 graines a été semé dans trois blocs d'un plan expérimental en parcelles divisées (Figure 2).

Bloc A	A1				A2				A3			
	S1T1	S1T2	S1T3	S1T0	S2T1	S2T2	S2T3	S2T0	S3T1	S3T2	S3T3	S3T0
Bloc B	B1				B2				B3			
	S3T1	S3T2	S3T3	S3T0	S1T1	S1T2	S1T3	S1T0	S2T1	S2T2	S2T3	S2T0
Bloc C	C1				C2				C3			
	S2T1	S2T2	S2T3	S2T0	S3T1	S3T2	S3T3	S3T0	S1T1	S1T2	S1T3	S1T0

Figure 2 : Dispositif en bloc aléatoire complet de l'expérimentation.

Chaque parcelle principale contient les trois substrats (terre végétale uniquement, terre végétale plus crotte de lapin et terre végétale plus bouse de vache), tandis que les trois (3) traitements (T_1 ; T_2 ; T_3) plus le témoin T_0 ont été évalués au niveau de la sous-parcelle. Les traitements ont été attribués au hasard à des unités expérimentales de

manière à avoir 3 substrats $\times$ 4 traitements (les 3 traitements + le témoin) $\times$ 3 répétitions $\times$ 15 semences. Ensuite les paillages des pots et l'étiquetage ont été faits respectivement pour maintenir l'humidité et la reconnaissance des blocs. Après la germination une ombrière a été installée pour protéger les jeunes plants contre les brûlures du soleil. Quant à l'arrosage, il a été fait chaque jour dans la soirée, afin de maintenir les substrats humides. Le site expérimental a été entretenu et désherbé durant toute l'expérimentation. Un comptage systématique des plantules ayant levé a été fait durant une période de 31 jours. La levée correspond à l'apparition de l'hypocotyle en surface du sol. L'atteinte de ce stade a également été prise en considération dans l'évaluation de la durée de la germination. La mensuration des paramètres agromorphologiques (hauteur des plants, diamètre au collet nombre de feuilles) a été réalisée deux semaines après la levée afin d'évaluer l'impact de la nature du substrat utilisé sur la croissance de jeunes plants. Une règle graduée a été utilisée pour Les mesures de la hauteur et du diamètre au collet des plants ont été réalisées respectivement à l'aide d'une règle graduée et d'un pied à coulisse. Les feuilles ont été comptées directement sur les tiges des jeunes plants. Les mesures des paramètres de croissance ont été effectuées à un intervalle régulier d'une semaine, jusqu'à la fin de l'expérimentation.

2.3 Analyse des Données

Les paramètres suivants ont été déterminés :

Le délai d'attente (délai de germination) qui correspond au temps écoulé entre le semis et la première germination ;

$$\text{Le taux de germination (TG\%)} = \frac{\text{nombre total des graines ayant germé}}{\text{nombre total des graines semées}} \times 100 \quad (1)$$

Le temps moyen de germination (TMG). Il est calculé par la formule suivante [48]. Le temps moyen de germination

$$(\text{TMG}) = \frac{\sum_{i=1}^{i=31} n_i t_i}{N} \quad (2)$$

Où n_i est le nombre de graines germées au temps t_i (i allant de 1 à 30) et N le nombre de graines germées à la fin de l'expérimentation. En outre, le taux de germination (TG%) cumulé pour une période de 31 jours a été calculé afin d'évaluer la cinétique de la germination de *Manikkara zapota* sous l'effet de ces divers prétraitements. Les pourcentages et les valeurs moyennes des paramètres étudiés ont été calculés. La différence des valeurs notées est évaluée par une analyse de la variance (ANOVA) et par le test de Newman et Keuls pour le classement des moyennes.

2.1 RESULTATS

2.2 Effet des traitements et des substrats sur la germination des graines

Les figures 3 et 4 traduisent les effets des traitements et des substrats sur les taux de germination des graines de *M. zapota*.

Les résultats soumis à l'analyse des variances ANOVA à deux critères sur les taux de germination des graines de *M. zapota* ont montré que les différents traitements pré-germinatifs ont une influence hautement significative ($p=0,00$) sur la germination des graines.

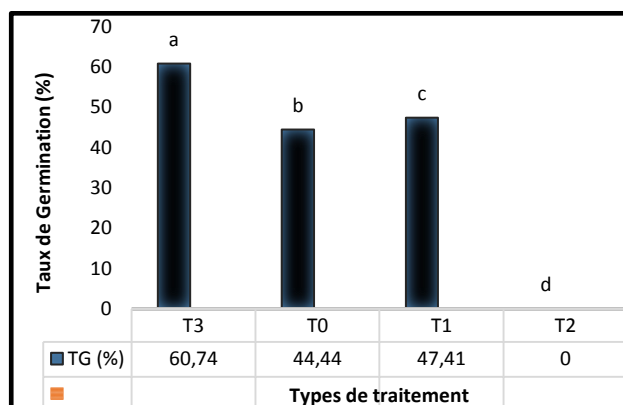


Figure 3 : Effets des traitements sur la germination des graines de *M. zapota*

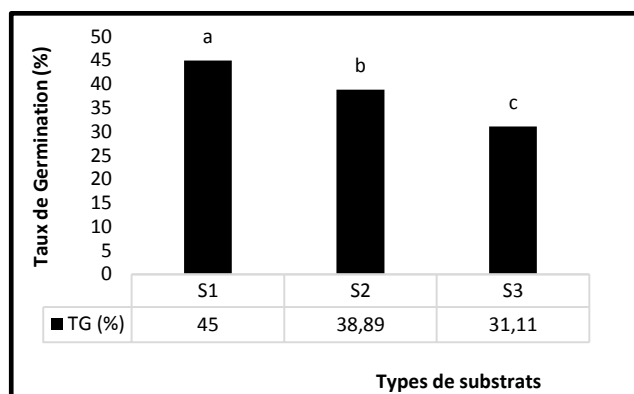


Figure 4 : Effets des traitements sur la germination des graines de *M. zapota*

Il ressort que le traitement à l'aide de l'acide sulfurique permet d'obtenir les meilleurs résultats de germination (60,74%) comparativement à la scarification mécanique et au témoin qui présentent respectivement les performances de 44,44% et 47,41%. Quant aux graines traitées à l'eau bouillante puis à l'eau froide de robinet pendant 24 h, le taux de germination est 0%. En ce qui concerne les différents substrats utilisés (Figure 4), l'analyse de variance a montré également que le type de substrat a une influence significative sur la germination des graines ($F = 190,5$ et $P\text{-value} < 5\%$). En effet, le test Student a montré une différence significative entre les types de substrats. Le substrat S_1 composé uniquement de terre végétale a permis d'obtenir les meilleurs taux de germination des graines (81 graines germées en moyenne, soit 45%), tandis que les substrats S_2 et S_3 ont montré respectivement une performance

moyenne 70 (38,89%) et 56 (31,11%) graines germées. Par contre, de l'analyse de variance à deux facteurs effectuée pour évaluer l'interaction entre les traitements pré-germinatifs et les substrats (Figure 5), il ressort que l'interaction entre ces deux facteurs a une influence hautement significative ($p < 5\%$) sur la germination des graines. Les meilleurs taux de germination ont été observés avec le substrat S_2 . De plus, on déduit que l'association du substrat S_2 avec T_0 ou T_3 a une influence hautement significative sur la germination des graines (94,82% de germination dans les deux cas).

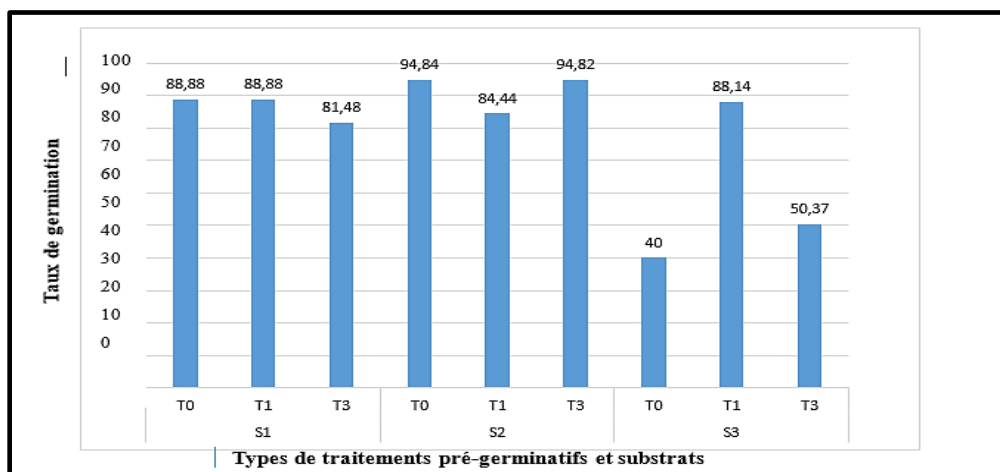


Figure 5 : Interactions des traitements pré-germinatifs et des substrats sur la germination des graines de *M. zapota*.

3.2 Temps de latence et cinétique de germination des graines de *M. zapota*

Les figures 6 et 7 traduisent les temps de latence et la cinétique de germination des graines de *M. zapota* suivant la variation des traitements pré-germinatifs et les différents substrats.

Le temps de latence des germinations des graines varie suivant les traitements prégerminatifs (Figure 6).

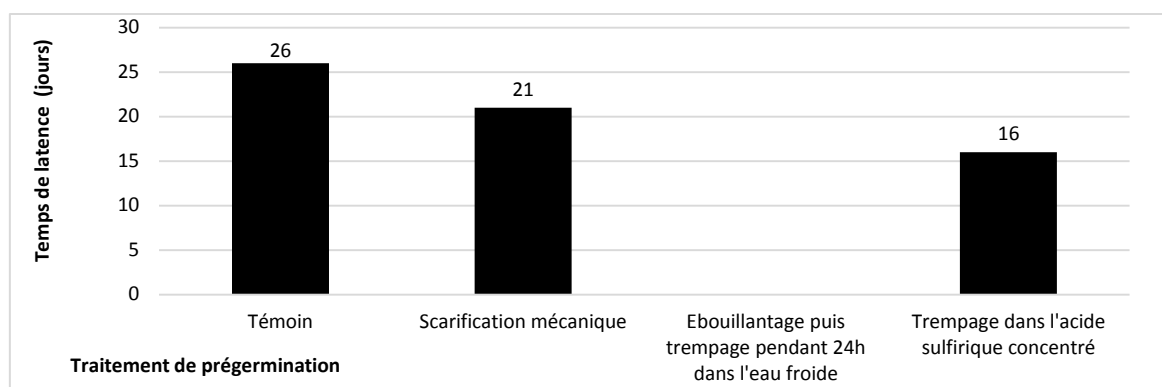


Figure 6 : Temps de Latence entre le semis et la première germination pour les différents prétraitements.

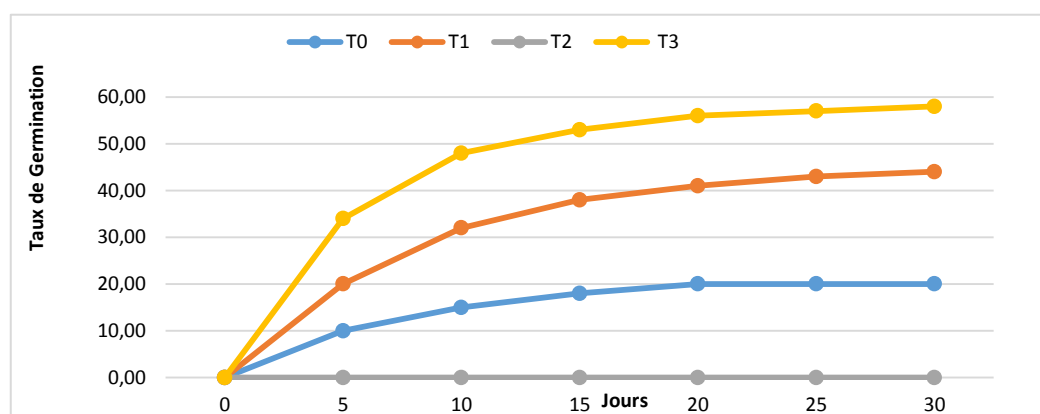


Figure 7 : Cinétique de la germination de *M. zapota* sous l'effet des différents prétraitements.

Il est de 16 jours, 21 jours et 26 jours respectivement pour les traitements de trempage à l'acide sulfurique concentré, à la scarification mécanique et au témoin. Il faut noter que le traitement ayant consisté à l'ébouillantage puis trempage dans l'eau froide pendant 24 heures n'a pas donné de résultat. De l'analyse de ces données, il ressort que

les traitements réalisés ont permis de réduire la durée d'entrée en germination des graines scarifiées et traitées à l'acide sulfurique de 10 jours (16 jours vs. 26 jours). Par contre, il ressort de la cinétique de germination des graines pour chacun des prétraitements testés sur une période de 30 jours que le traitement à l'acide sulfurique a un effet remarquable sur le démarrage des graines et par conséquent sur la vitesse de germination (Figure 7).

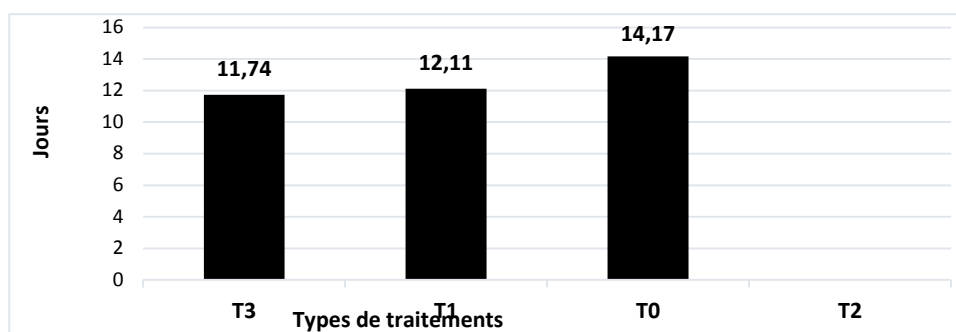


Figure 8 : Temps moyen de germination (TMG) de *M. zapota* sous l'effet des prétraitements.

D'après la figure ci-dessus (figure 8), les différents traitements appliqués sur les graines ont un effet sur le temps moyen de germination. En effet, le traitement à l'acide sulfurique permet d'obtenir un temps moyen de germination très court (11,74 jours) comparativement à la scarification mécanique et au témoin. La scarification mécanique a donné un temps moyen de germination égale à 12,11 jours. Quant au lot témoin le temps moyen de germination est de 14,17 jours.

3.3 Effet des traitements et des substrats sur les paramètres agronomiques

Les figures 9 et 10 montrent les variations de la hauteur moyenne des jeunes plants de *M. zapota* respectivement en fonction des traitements et des substrats. La Figure 9 présente la comparaison des valeurs moyennes des hauteurs des plantules de *M. zapota* des traitements pré-germinatifs T₀, T₁ et T₃.

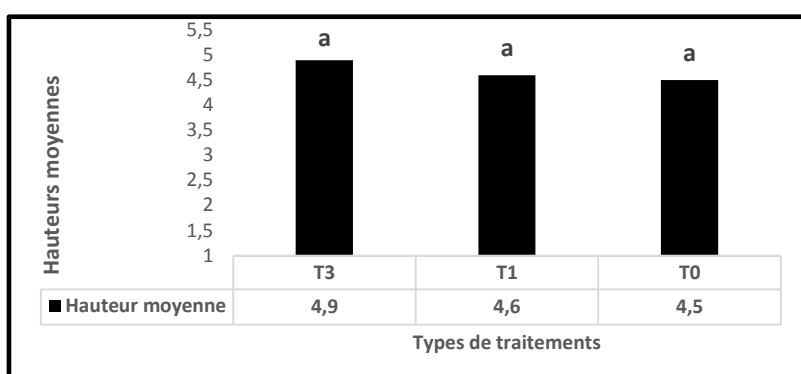


Figure 9 : Hauteurs moyennes des plants de *M. zapota* suivant les traitements T₀, T₁, T₃.

Les résultats issus du test de comparaison SNK ; de ce test il ressort que les trois méthodes physiques de traitements affichent relativement les mêmes performances sur la hauteur des plants (4,59 ; 4,61 et 4,74) respectivement pour T₀, T₁ et T₃. La Figure 9 présente la comparaison des valeurs moyennes des hauteurs des plantules de *M. zapota* des traitements pré-germinatifs T₀, T₁ et T₃. L'analyse de variance réalisée suivant les traitements pré-germinatifs (Tableau 2) montre que le traitement utilisé n'a statistiquement aucune influence sur la croissance en hauteur des plants ($p > 5\%$).

Tableau 2 : Comparaison des traitements pré-germinatifs et des substrats sur hauteur des plantules.

	Df	Sum sq	Mean sq	F – Value	Pr(>F)	Significatif
Traitements	2	0,2106	0,10530	0,075	0,9286	Non
Substrats	2	4,5650	2,28250	18,4359	0,03198	Oui
Traitements x Substrats	4	0,0457	0,01143	0,0923	0,9837	Non
Residuals	18	2,2285	0,12381			

Le test de Student a été effectué pour comparer les effets des substrats sur la croissance en hauteur des jeunes plants de *M. zapota*.

Cette comparaison des valeurs moyennes des hauteurs des plants montre qu'il n'existe pas de différence significative entre la hauteur moyenne des plants pour les substrats S₁ et S₂ d'une part et S₂ et S₃ d'autre part sur la hauteur

moyenne des plants (Figure 10). Cependant, un effet significatif au seuil de 5% est noté entre les substrats S_1 et S_3 ($p=0,026$). En effet, le substrat S_3 se présente comme étant le meilleur substrat pour permettre une bonne croissance en hauteur des tiges.

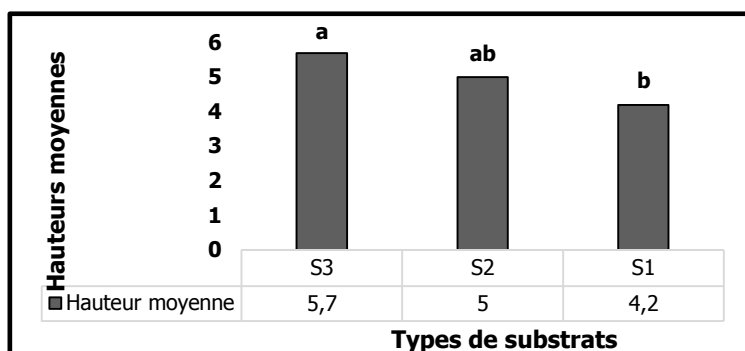


Figure 10 : Hauteurs moyennes des jeunes plants de *M. zapota* en fonction des substrats.

Tableau 3 : Comparaison des hauteurs des plantules de *Manilkara zapota*, sur les trois substrats.

	Diff	Lwr	Upr	p adj	Significatif
S_2-S_1	0,595	-0,2703466	1,460347	0,1886261	Non
S_3-S_1	0,990	0,1246534	1,855347	0,0267261	Oui
S_3-S_2	0,395	-0,4703466	1,260347	0,4430249	Non

Les figures 11, 12 et 13 montrent l'effet des substrats sur la hauteur, le diamètre au collet et le nombre de feuilles chez les jeunes plants de *Manilkara zapota* durant les 30 jours qu'ont duré les observations. La hauteur de ces plants (Figure 11) varie suivant le type de substrat qui est utilisé. Les jeunes plants de sapotillier se développent mieux sur le substrat composé de terre végétale plus bouse de vache (S_3). Les taux de croissance en hauteur les plus faibles obtenus ont été constatés chez les jeunes plants dont les substrats sont composés de terre végétale uniquement (S_1) (3,75 cm à 4,72 cm). La terre végétale plus bouse de vache a donc induit une meilleure croissance des plantules par rapport aux substrats S_1 et S_2 . L'évolution de la hauteur des plantules présente une allure de croissance régulière sur toute la durée de l'étude, quel que soit le substrat.

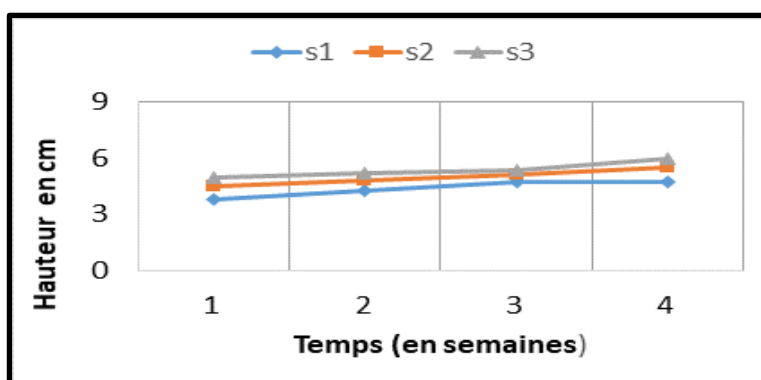


Figure 11 : Évolution de la hauteur des plantules de *M. zapota*

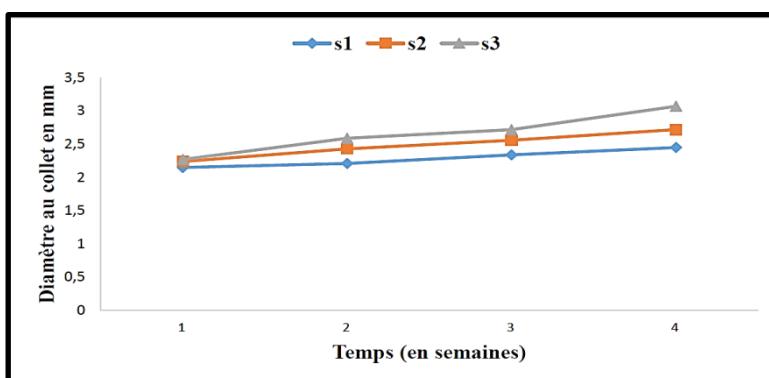


Figure 12 : Évolution du diamètre au collet des jeunes plants de *M. zapota*

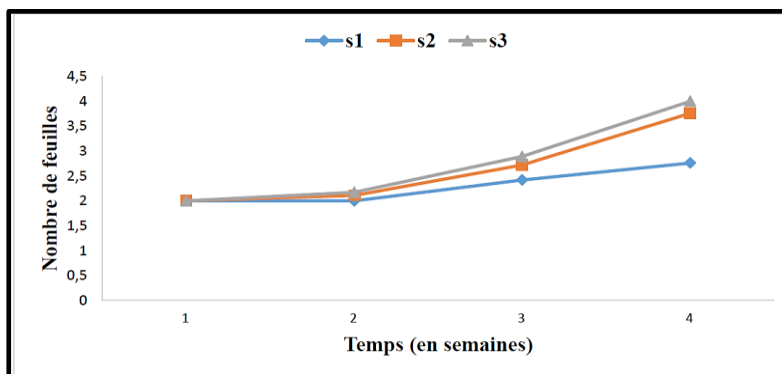


Figure 13 : Évolution du nombre de feuilles des plantules de *M. zapota*.

Tableau 3 : Effet des traitements et des substrats sur la croissance en diamètre.

	Df	Sum sq	Mean sq	F – Value	Pr(>F)	Significatif
Traitements pré germinatifs	2	0,017422	0,0087111	0,7943	0,4943	Non
Substrats	2	0,28167	0,140833	2,5019	0,1368	Non
Traitements *Substrats	4	0,050926	0,012731	1,9388	0,1475846	Non
Residuals	18	0,118200	0,006567			

Tableau 4 : Effet des traitements et des substrats sur la croissance en nombre de feuilles.

	Df	Sum sq	Mean sq	F – Value	Pr(>F)	Significatif
Traitements pré germinatifs	2	0,85762	0,42881	1,6797	0,2635	Non
Substrats	2	0,4786	0,23931	0,4453	0,654	Non
Traitements *Substrats	4	2,2840	0,57099	1,3502	0,2901	Non
Residuals	18	7,6123	0,42290			

L'évolution de la croissance en diamètre des jeunes plants de *M. zapota* (Figure 12) montre une variation du diamètre moyen au collet de la tige de 2,27mm à 3,07mm au bout des 30 jours au niveau du substrat S₃ composé de terre végétale plus bouse de vache avec un nombre élevé de feuilles. Par contre, les diamètres moyens au collet des tiges des jeunes plants ont varié de 2,24mm à 2,72mm au niveau de S₂ et de 2,15mm à 2,45mm chez S₁. L'analyse de variance à deux facteurs réalisée (Tableau 3) révèle que le type de substrat, la méthode de traitement pré-germinatif et la combinaison de ces facteurs n'ont aucune influence significative sur l'évolution du diamètre des plants (Pr > 5%). Les trois types de substrats présentent des valeurs moyennes de diamètre sensiblement identiques.

L'analyse comparative de l'évolution en nombre des feuilles (Figure 13) des jeunes plants de *M. zapota* en fonction des substrats indique que les plus grands nombres de feuilles (4 et 3,75) sont obtenus respectivement avec le substrat terre végétale plus bouse de vache (S₃) et le substrat terre végétale plus crotte de lapin (S₂). A l'exception du substrat (S₁) composé de terre végétale uniquement (2,76). L'analyse comparative de la croissance en nombre des feuilles des plants de *M. zapota* en fonction des fumures organiques (Tableau 4) indique qu'il n'y a pas eu de différence significative entre les substrats (Df=2 ; p=0,654), les traitements pré-germinatifs (Df=2 ; p=0,263) ainsi que l'interaction entre ces deux facteurs (Df= 4 ; p=0,290). La nature du substrat, les traitements pré-germinatifs et l'interaction entre ces deux facteurs n'ont affecté aucunement les performances de production foliaire des plants de sapotillier. En effet, les trois types de substrats présentent en moyenne les mêmes mesures de nombre de feuilles observés chez les plantules.

3.4 Interaction traitement pré-germinatifs et substrat sur la croissance de *M. zapota*

L'analyse de variance à deux facteurs a été effectuée pour évaluer si l'interaction entre les traitements pré-germinatifs et les substrats ont également une influence sur la croissance des plants de *M. zapota*. Il en ressort que l'interaction entre ces deux facteurs n'a aucune influence sur la croissance des graines avec les probabilités supérieures à 5%.

4. DISCUSSION

La domestication des espèces agroforestières comme le sapotillier nécessite une connaissance de l'itinéraire technique de l'espèce ainsi que des conditions optimales de croissance. La présente étude a identifié les meilleures conditions de croissance morphologique des plants de sapotillier et l'effet des différents prétraitements sur sa germination.

Cette étude a montré que pour avoir une germination rapide des graines de *M. zapota*, le prétraitement des semences est nécessaire. Les graines ayant subi des prétraitements avant leur semis ont des durées d'attente plus courtes que

celles qui n'ont pas été traitées. Pour les prétraitements des semences appliqués dans le cadre de ce travail, les résultats obtenus mettent en évidence le rôle capital de l'acide sulfurique pour lever l'inhibition tégumentaire des graines. En effet, dans le cadre de cette étude, l'immersion des semences pendant 15mn dans l'acide sulfurique pur a permis non seulement d'obtenir le plus fort taux de germination mais aussi une diminution du temps moyen de germination. L'efficacité de l'acide sulfurique pour lever l'inhibition tégumentaire d'autres espèces avait été démontrée par plusieurs auteurs [49, 43]. Ceci confirme partiellement l'hypothèse de départ qui stipulait en partie que l'acide sulfurique serait plus recommandée pour accélérer la germination des graines du sapotillier. Toutefois, une immersion prolongée des graines dans l'acide peut endommager l'embryon et réduire les performances germinatives. La durée optimale de trempage paraît être en rapport avec la dureté des téguments [50]. De plus, l'inhibition occasionnée par l'acide sulfurique s'est traduite par une modification de la cinétique de la germination, une augmentation de sa vitesse et une augmentation notable du taux de germination. Ceci corrobore les résultats de [43] qui ont mené une étude similaire sur la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. Les résultats issus de cette étude ont révélé que le traitement à l'acide sulfurique a permis aux graines de germer à un taux de germination 80,67%.

Selon Ahoton et al., (2003) [51], la scarification mécanique accélère la germination mais elle expose l'embryon et les cotylédons gorgés d'eau et de protéines à des pourritures et aux attaques parasitaires. Ceci pourrait expliquer la non germination d'une proportion importante des graines soumises à ce traitement pré-germinatif. L'ébouillantage puis trempage pendant 24 h dans de l'eau froide dans le cadre de cette étude n'a favorisé la germination d'aucune graine. Ces résultats confirment ceux de Grouzis et Floc'h (2003) [52] qui ont montré que le trempage des graines d'*Acacia raddiana* dans l'eau n'est d'aucune efficacité pour lever l'inhibition tégumentaire quelle que soit sa durée ou sa température. Toutefois, selon Ahoton et al., (2003) [51], la durée de trempage des graines dans l'eau à 100°C dépend de l'épaisseur et de la dureté des téguments de la graine. Compte tenu du fait que les graines témoins ont germé contrairement aux graines trempées dans l'eau chaude, l'on pourrait stipuler que cette dernière a abîmé les graines par cuisson. Il est alors indispensable de conduire des travaux à l'avenir afin d'évaluer la durée et la température appropriées de trempage des graines de sapotillier dans de l'eau bouillante. Les différents taux de germination observés au niveau de certains traitements pré-germinatifs, montrent que ceux-ci favorisent la germination de l'espèce. La scarification mécanique entraîne l'imbibition rapide du tégument des graines et l'entrée d'eau dans les réserves ce qui permet la sortie rapide de la radicule et le déclenchement des réactions métaboliques de l'embryon et des cotylédons. De même, le trempage des graines dans l'acide sulfurique concentré pendant 15 minutes a ramolli le tégument des graines et a été un atout pour le déclenchement de la germination de celles-ci. Par contre, la chaleur humide reçue par les graines lors de leur ébouillantage dans de l'eau à 100°C pendant trois minutes, puis rinçage à deux reprises dans l'eau froide et trempage pendant 24 heures dans de l'eau du robinet n'a permis la germination d'aucune graine. Ceci s'expliquerait par le fait que la plupart des embryons des graines seraient détruits par la température trop élevée ou durée de trempage des semences dans l'eau chaude.

L'appréciation de la qualité des plants est traditionnellement et exclusivement fondée sur la base de critères morphologiques tels que la hauteur, le nombre de feuilles et le diamètre au collet. L'étude de la croissance des jeunes plants nous a permis de mettre en évidence l'effet de la nature du substrat sur leur développement. Les substrats S₂ (terre végétale + crotte de lapin) et S₃ (terre végétale + bouse de vache) apparaissent favorable à la croissance en hauteur des plantules de *Manilkara zapota*. Ce fait s'explique par les propriétés physico-chimiques de ces deux fumures organiques [53]. En effet, ces dernières contiennent de l'humus qui d'une part, forme un complexe argilo-humique favorable à une bonne porosité du sol et d'autre part est riche en éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le fer, le zinc etc., indispensables à la croissance de la plante [54]. Le substrat S₁ composé uniquement de terre végétale est pauvre en substances nutritives. Ainsi, les fumures organiques induisent des propriétés biologiques et physico-chimiques favorables à une croissance optimale de *Manilkara zapota* sur terre ferme [53]. Ceci vient confirmer le second volet de notre hypothèse qui mettait l'accent sur la fumure organique notamment la bouse de vache comme un fertilisant clé pouvant assurer la croissance des plants du sapotillier. De plus, ces résultats confirment ceux de [55], qui ont mené une étude sur l'effet de la composition de différents substrats culturels sur quelques paramètres de croissance de *Gambeya lacourtiana* (sapotacées) en pépinière au nord-est du Gabon. [54] a recommandé qu'en pépinière, le substrat doit être composé de matières organiques pour permettre un bon développement des plants. Selon [53], la matière organique apportée aux plants en se décomposant stimule ces derniers. Cela se traduit alors par une croissance accélérée au niveau de ces plants marquant ainsi la différence entre les traitements.

La germination est meilleure avec S₁, mais la croissance meilleure avec S₃ et S₂. Le taux de germination le plus élevé a été observé pour le substrat S₁. L'analyse de l'effet des trois substrats culturels S₁, S₂ et S₃ sur la germination de *Manilkara zapota* a révélé que le substrat S₁ a induit de meilleurs résultats du taux de germination par rapport aux deux autres substrats S₂ et S₃. Ces résultats peuvent être expliqués par les éléments de base qui composent les substrats et corroborent les observations de [55] sur l'espèce *Gambeya lacourtiana* De Wild (sapotacées). En effet, d'après les travaux similaires antérieurs [56,57], il s'avère que le substrat approprié en pépinière agroforestière est une composition de sable et de terre humifère. Ce substrat est similaire à celui rentrant dans la composition du substrat S₁, qui est constitué de terre végétale.

5. CONCLUSION

Le présent travail a permis de tester plusieurs traitements pré-germinatifs sur différents substrats. A l'issue de ces essais, les traitements pré-germinatifs appliqués, notamment l'acide sulfurique, a favorisé la germination des graines. L'utilisation de substrat composé de terre végétale mélangée aux bouses de vache a permis une accélération de la croissance en hauteur des plants de sapotillier. Ainsi, pour rendre disponible de façon permanente des jeunes plantules de sapotillier pour les projets d'aménagement ou de reconstruction des couverts végétaux, il faudra à la fois un traitement à l'acide sulfurique pour lever la dormance des graines et un apport de bouse de vache pour la fertilisation.

6. REFERENCES

1. Miranda, MRA., Silva FS., Alves RE., Filgueiras HAC., Araujo NCC. Storage of two types of sapodilla under ambient condition. *Rev. Bras. Frutic.* 2002. 24:644-646
2. Lim T.K. *Manilkara zapota*. *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants I*, 2013. 110-118.
3. Gevaert O., Xu J., Hoang C.D., Leung A.N., Xu Y., Quon A., Rubin D.L. et al. Non-small cell lung cancer: identifying prognostic imaging biomarkers by leveraging public gene expression microarray data-methods and preliminary results. *Radiology*; 2012. 264(2): 387-396
4. Silva J.F., Bezerra J.E.F., Lederman I.E., Moura R.J.M. Sapodilla tree in Brazil, 2014. 36(1): 86-99.
5. Lorenzi T., Chisholm R.H., Desvillettes L., Hughes B.D. Dissecting the dynamics of epigenetic changes in phenotype-structured populations exposed to fluctuating environments. *Journal of theoretical biology*; 2015. 386: 166-176.
6. Milind P. Monika. Sweet potato as a super-food. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*; 2015. 6(4): 557-562.
7. Pennington B.F., Gilger J.W., Pauls D., Smith S.A., Smith S.D. et DeFries J.C. Evidence for major gene transmission of developmental dyslexia. *Jama*; 1991. 266(11): 1527-1534.
8. Govaerts R. How many species of seed plants are there ? *Taxon*; 2001. 50(4): 1085-1090.
9. APG IV. The linnean society of London. *Botanical journal of the linnean society*; 2016. 181: 1-20.
10. Alves-Araújo A., Alves M. Checklist of Sapotaceae in northeastern Brazil. *Check List*; 2013. 9(1): 59-62
11. Pingale R., Dash G.K. Pharmacognostic Evaluation of *Manilkara zapota* (L.) P. Royen Root. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*; 2015. 7(3): 405-408.
12. Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R., Simons A. *Agro-forest tree database: a tree reference and selection guide*; 2009. Version 4.0.
13. Jain P.K., Soni P., Upmanyu N., Shivhare Y. Evaluation of Analgesic Activity of *Manilkara Zapota* (Leaves). *European J of Expt Bio*; 2011. 1(1):14-17.
14. Milind P., Preeti M. Chickoo: a wonderful gift from nature. *Int J Res Ayurveda Pharm*; (2015). 6(4): 544-550.
15. Raju V.S., Reddy K.N. Ethnomedicine of dysentery and diarrhea from Khammam district of Andhra Pradesh. *Indian J of Traditional Knowledge*; 2005. 4(4): 443-447.
16. Kothari V., Seshadri S. In vitro antibacterial activity in seed extracts of *Manilkara zapota*, *Anona squamosa* and *Tamarindus indica*. *Boil Res.*; 2010. 43:165-168.
17. Moura B.I.D.V., Araújo B.P.L.D., Sá R.D., Randau K.P. Pharmacobotanical study of *Manilkara zapota* (L.) P. Royen (Sapotaceae). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*; 2019. 55.
18. Sultana F., Manirujjaman M., Imran-Ul-Haque M.A., Sharmin S. An overview of nanogel drug delivery system. *J Appl Pharm Sci*; 2013. 3(8) : 95-105.
19. Singh J., Mishra N.S., Banerjee S., Sharma Y.C. Comparative studies of physical characteristics of raw and modified sawdust for their use as adsorbents for removal of acid dye. *Bioresources*; 2011. 6(3): 2732-2743.
20. Manirujjaman M., Khan M.M.H., Uddin M., Islam M., Rahman M., Khatun M. et Islam M.A. Comparison of different nutritional parameters and oil properties of two fish species (*Catla catla* and *Cirrhinus cirrhosus*) from wild and farmed sources found in Bangladesh. *Journal of Food and Nutrition Research*; 2014. 2(1): 47-50.
21. Hossain M.A., Piyatida P., da Silva J.A.T., Fujita M. Molecular mechanism of heavy metal toxicity and tolerance in plants: central role of glutathione in detoxification of reactive oxygen species and methylglyoxal and in heavy metal chelation. *Journal of Botany*; 2012
22. Ganguly D., Haak S., Sisirak V., Reizis B. The role of dendritic cells in autoimmunity. *Nature Reviews Immunology*; 2013. 13(8): 566-577.
23. Shah N., Ul-Islam M., Khattak W.A., Park J.K. Overview of bacterial cellulose composites: a multipurpose advanced material. *Carbohydrate polymers*; 2013. 98(2):1585-1598.
24. Priya B., Gupta V.K., Pathania D., Singha A.S. Synthesis, characterization and antibacterial activity of biodegradable starch/PVA composite films reinforced with cellulosic fibre. *Carbohydrate polymers*; 2014. 109 : 171-179.
25. Chanda S.V., Kaneria M.J. Optimization of conditions for the extraction of antioxidants from leaves of *Syzygium cumini* L. using different solvents. *Food Analytical Methods*; 2012. 5(3): 332-338.
26. Fayek H.M., Lech M., Cavedon L. 2012. Towards real-time speech emotion recognition using deep neural networks. In: *9th international conference on signal processing and communication systems (ICSPCS)*; 2015. IEEE.pp1-5.
27. Khalek M.A., Khatun Z., Habib M.R., Karim M.R., 2015. Antitumor activity of *Manilkara zapota* (L.) fruits against Ehrlich ascites carcinoma in mice. *Biologia*. Vol. 61. No. 3-4. P. 145-152
28. Paul S.R. et Hakim M.L. In vivo hypoglycemic study of *Manilkara zapota* leaf and seed extracts. *Bangladesh Journal of Pharmacology*; 2015. 10(1): 246-50.
29. Ahmed S., Rao M.R. Performance of maize-soybean intercrop combination in the tropics: Results of a multi-location study. *Field Crops Research* ; 1982. 5 : 147-161
30. Selvaraj Y., Pal D.K. Changes in the chemical composition and enzyme activity of two sapodilla (*Manilkara zapota*) cultivars during development and ripening. *Journal of horticultural science*; 1984. 59(2) : 275-281.
31. Carvalho-Filho M.A., Carvalho B.M., Oliveira A.G., Guadagnini D., Ueno M., Dias M.M., Saad M.J. Double-stranded RNA-activated protein kinase is a key modulator of insulin sensitivity in physiological conditions and in obesity in mice. *Endocrinology*; 2012. 153(11): 5261-5274.
32. Hamza S., Naseem S., Bashir E., Rizwani G.H., Hina B. Trace element geochemistry of *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, fruit from winder, Balochistan, Pakistan in perspective of medical geology. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*; 2013. 26(4): 805-811.
33. O'Farrell G., Chapman C.A., Gonzalez A. Origin and deposition sites influence seed germination and seedling survival of *Manilkara zapota*: implication for long-distance, animal-mediated seed dispersal. *Seed Science Research*; 2011. 21: 305-313.
34. Mickelbart M.V. Sapodilla: A potential crop for subtropical climates. In: Janick J.(ed.). *Progress in new crops*; 1996. Alexandria, USA. Pp 439-446.
35. Venier O., Pascal C., Braun A., Namane C., Mougnot P., Crespin O., Castro A. Discovery of SAR184841, a potent and long-lasting inhibitor of 11 β -hydroxysteroid dehydrogenase type 1, active in a physiopathological animal model of T2D. *Bioorganic et medicinal chemistry letters*; 2013. 23(8) : 2414-2421.
36. Kheloufi A., Mansouri L.M., Boukhatem F.Z. Application and use of sulphuric acid pretreatment to improve seed germination of three acacia species. *Reforesta*; 2017. (3): 1-10.
37. Kheloufi A., Mansouri L.M., Bouafia B., Khamari Y., Khelouf H., Bouguern Y. Morphological characteristics and seed germination improvement of two ecotypes of *Astragalus armatus* Willd. subsp. *Armatus*; 2019. in Algeria.
38. Khurana E.K.T.A. et Singh J.S. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental conservation*; 2001. 28(1): 39-52.
39. Travlos I.S., Economou G., Karamanos A.I. Germination and emergence of the hard seed coated *Tylosema esculentum* (Burch) A. Schreib in response to different pre-sowing seed treatments. *Journal of Arid Environments*; 2007. 68(3): 501-507.

40. Burrows S.M., Butler T., Jöckel P., Tost H., Kerkweg A., Pöschl U. et Lawrence M. G. Bacteria in the global atmosphere–Part 2: Modeling of emissions and transport between different ecosystems. *Atmospheric Chemistry and Physics*; 2009. 9(23): 9281-9297.
41. Olatunji D., Maku J. O., Odumefun O. P., 2013. The effect of pre-treatments on the germination and early seedlings growth of *Acacia auriculiformis* Cunn. Ex. Benth. *African Journal of Plant Science* Vol. 7(8), pp. 325-330, August 2013 Available online at <http://www.academicjournals.org/AJPS> DOI: 10.5897/AJPS11.255 ISSN 1996-0824 ©2013 Academic Journals
42. Hessou C., Glele Kakai R., Assogbadjo A.E., Odjo T., Sinsin B. Test de germination des graines de *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*; (2009). 3(2): 310-317.
43. Ibiang Y.B., Ita E.E., Ekanem B.E., Edu N.E. Effect of different pretreatment protocols on seed germination of *Tetraptera tetrapleura* (Schum and Thonn). *IOSR J. Env. Sci. Toxicol. Food Technol*; 2012. 2(3) : 25-29.
44. Jaouadi W., Hamrouni L., Souayah N., Khouja M.L. Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* ; 2010. 14(4) :643-652.
45. Oliveira L.M., David A.C., Carvalho M.L.M. Avaliação de metodos para quebra da dormencia e para a desinfestação de sementes de canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). *Revista Arvore*; 2003. 27(5): 597-603
46. Nascimento H., Alves E.U, Bruno R.L.A., Goncalves E.P., Colares P.N.Q., de Medeiros M.S. Superação da dormencia em sementes de faveira (*Parkia platycephala* Benth). *Revista Arvore*; 2009. 33(1) : 33-45.
47. Kanmegne G., Fotso D.A.M. et Omokolo D.N. Effects of substrates, different pretreatment protocols and dehydration on the induction of seeds germination of *Xylopia aethiopica* (Dunal) A. Rich. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*; 2017. 11(2), 597-608.
48. Berka S., Harfouche A. Effets de quelques traitements physico-chimiques et de la température sur la faculté germinative de la graine d'Arganier. *Rev. For. Fr.* LIII - 2-2001
49. Vora R.S. Seed germination characteristics of selected native plants of the Low Rio; 1989.
50. Neffati M. *Caractérisation morpho-biologique de certaines espèces végétales nord africaines : implication pour l'amélioration pastorale* ; 1994. Thèse de doctorat : Université de Gand. Belgique.
51. Ahoton L.E., Adjakpa J.B., M'po I.M. et Akpo E.L. Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniciées). *Tropicultura* ; 2009. 27(4): 233-238.
52. Grouzis M. et Le Floc'h. *Un arbre au désert Acacia raddiana*. IRD Editions ; 2003. Paris. 313p.
53. Houehoume G, Djego J.G., Gbaguidi F., Avode A., Aminou T.C., Napporn T., Moudachirou M., Leclercq J.Q. Effets de différentes fumures sur la croissance de *Artemisia annua* L. *Science de la vie, de la terre et agronomie* ; (2014). 02(02) : 2424-7235.
54. Schippers C. (2007). *Valorisation des pépinières villageoises*. Nature +. Gembloux. 47p.
55. Nguema N.P., Ondo-Azi A.S., Mouele B.J., Ntsame N.R.L., Souza A. Effet de la composition de différents substrats culturaux sur quelques paramètres de croissance de *Gambeya lacourtiana* De Wild en pépinière au nord-est du Gabon de *Gambeya lacourtiana* en pépinière, Gabon. *Journal of Applied Biosciences* ; 2014. 73 : 5902– 5910.
56. Weigel J. *Agroforesterie Pratique : à l'usage des agents de terrain en Afrique tropicale sèche* ; 1994. 208p.
57. Ammari Y., Lamhamedi M.S., Akrimi N., Zine E.I., Abidine A. Compostage de la biomasse forestière et son utilisation comme substrat de croissance pour la production de plants en pépinières forestières modernes. *Revue de l'I.N.A.T.* ; 2003. 18: 99-119.



How to cite this article: Jhonn, Logbo, Hugues, Kouye, Sognigbé N'danikou, Bruno A Djossa, et Christophe Gandonou. EFFETS DE DIFFERENTS SUBSTRATS SUR LA GERMINATION ET LA CROISSANCE DU SAPOTILLIER (Manilkara zapota L.) AU SUD DU BENIN. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2022; 14(6): 312-322.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>