

# **Effets De l'Acide Naphtalène Acétique, Du Type De Substrat Et De La Grosseur Des Boutures Sur Le Bouturage De Tige De *Pterocarpus Erinaceus* Poir. (Fabaceae)**

***Bodjrenou Toundé Raoul, Doctorant***

***Houètchégnon Towanou, PhD, Assistant***

Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières (LERF),  
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

***Keita N'Gna Timothée, Doctorant***

Laboratoire d'Ecologie de Botanique et de Biologie Végétale (LEB),  
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

***Ouinsavi Christine, PhD, Professeur Titulaire***

Laboratoire d'Etudes et de Recherches Forestières (LERF),  
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, Bénin

Doi: 10.19044/esj.2018.v14n27p297 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n27p297](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n27p297)

---

## **Abstract**

This study, conducted in south-east Benin, aims to provide practical information on the optimal conditions for successful propagation of stem cuttings of *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae), a real alternative to its regeneration and domestication. A trial was conducted to evaluate the effect of different doses of Acid Naphthalene Acetate (ANA) (0; 500; 750; 1000 and 1500 mg/l), the type of substrate (black forest sand and fine sand) and the size of the cuttings used ([1.5-2] and [2.5-3] cm of diameter) on the recovery of these cuttings. To evaluate the effect of different treatments on budding rate, bud burst rate and degenerate cuttings rate, Generalized Linear Mixed Models and Generalized Linear Models of the binomial family with the lme4 and nlme packages were used with the R.3.2.4 statistical software. The results showed that the application of ANA does not significantly improve the cuttings recovery. The probability of budding and budding with 0 mg / l of ANA is similar to that of 500 mg/l, and 750 mg/l of ANA ; doses of 1000 and 1500 mg/l of ANA significantly reduce the probability of budding and bud burst. The diameter of the stems of *Pterocarpus erinaceus* does not affect the recovery of the cuttings while the substrate has a marginal effect. Levels of degenerate cuttings during the trial do not vary with the treatments.

---

**Keywords:** Cutting, Naphthalene Acetic Acid, *Pterocarpus erinaceus*, Benin.

---

## Résumé

La présente étude réalisée au sud-est de la République du Bénin a pour objectif de fournir des informations pratiques sur les conditions optimales de succès de la multiplication par bouturage de tige de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae), une réelle alternative à sa régénération et à sa domestication. Un essai a été conduit pour évaluer l'effet de différentes doses d'Acide Naphtalène Acétique (ANA) (0 ; 500 ; 750 ; 1000 et 1500 mg/l), du type de substrat (sable noir forestier et sable fin) et de la grosseur des boutures utilisées ([1,5-2] et [2,5-3] cm de diamètre) sur la reprise de ces dernières. Pour évaluer l'effet des différents traitements sur le taux de bourgeonnement, le taux de débourrement et le taux de boutures dégénérées, les modèles linéaires mixtes généralisés et les modèles linéaires généralisés de la famille binomial avec les packages lme4 et nlme ont été utilisés dans le logiciel statistique R.3.2.4. Les résultats ont montré que l'application de l'ANA n'améliore pas significativement la reprise des boutures. Les probabilités de bourgeonnement et de débourrement avec 0 mg/l de l'ANA sont similaires à celles de 500 mg/l, et 750 mg/l de l'ANA ; les doses de 1000 et 1500 mg/l d'ANA diminuent significativement les probabilités de bourgeonnement et de débourrement. Le diamètre des tiges de *Pterocarpus erinaceus* n'affecte pas la reprise des boutures tandis que le substrat a un effet marginal. Les taux de boutures dégénérés au cours de l'essai ne varient pas suivant les traitements.

---

**Mots-clés:** Bouturage, Acide Naphtalène Acétique, *Pterocarpus erinaceus*, Bénin.

## Introduction

En Afrique de l'Ouest, les populations rurales dépendent fortement des ressources végétales ligneuses dans la satisfaction de leurs besoins fondamentaux (Diop *et al.*, 2011). En effet, ces plantes contribuent de façon significative à la santé humaine et à l'alimentation (Adomou *et al.*, 2012 ; Assogbadjo *et al.*, 2006 ; Ayena *et al.*, 2016 ; Rabiou *et al.*, 2017), à la production d'énergie (Kokou *et al.*, 2009 ; Yaméogo *et al.*, 2013), à la construction et à l'artisanat (Ganaba *et al.*, 2004 ; Natta *et al.*, 2017). Cependant, les changements climatiques et les actions anthropiques telles que la déforestation, la surexploitation des ressources naturelles, l'agriculture, le surpâturage et les feux de brousse contribuent actuellement à la perte de multiples plantes indigènes à importance capitale (Assogbadjo *et al.*, 2011) dont *Pterocarpus erinaceus* (Rabiou *et al.*, 2015).

*Pterocarpus erinaceus* Poir., de la famille des Fabaceae, est une plante endémique multi-usages des zones guinéo-soudanienne et soudano-sahélienne

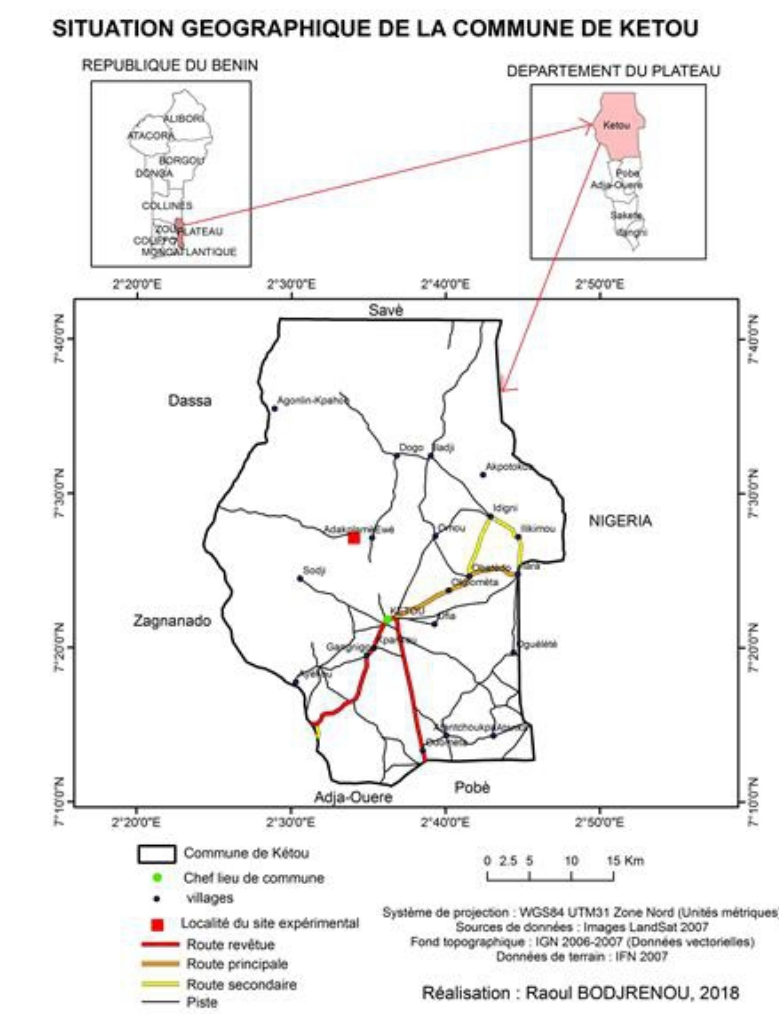
(Ouédraogo *et al.*, 2006 ; Sylla *et al.*, 2002). Avec un bois dense, un retrait linéaire très faible associé à un point de saturation très bas ; *Pterocarpus erinaceus* est une espèce mécaniquement très résistante et très durable (Segla *et al.*, 2015). Elle est fortement recherchée comme bois d'œuvre à cause de la qualité technologique de son bois qui fait d'elle un des meilleurs bois d'œuvre d'Afrique occidentale très apprécié pour l'ébénisterie, la charpente lourde, la menuiserie (Segla *et al.*, 2016). *Pterocarpus erinaceus* est également utilisé comme bois de service, bois énergie, et pour toute une gamme d'usages incluant le fourrage pour les animaux, les produits médicinaux (Adjonou *et al.*, 2010). Ces usages impliquent des mutilations répétées des individus de *Pterocarpus erinaceus*. On assiste également à des émondages sévères des individus de l'espèce dans les forêts, champs et jachères (Rabiou *et al.*, 2017). Cette forte pression, conjuguée au changement climatique, à la faible production semencière et à la croissance lente des plants de *Pterocarpus erinaceus*, fait de cette espèce l'une des plus menacées dans sa zone d'occurrence. Elle est déjà classé dans la liste rouge des espèces du Bénin (Adomou *et al.*, 2011) et localement disparue au Burkina et au Niger (Nacoulma *et al.*, 2011), à travers une influence sur sa capacité de régénération. Notons que la régénération naturelle par graines est souvent difficile à cause de la non disponibilité des graines et de la difficulté de conservation de leur pouvoir germinatif (Muok *et al.*, 2011 ; Ouédraogo *et al.*, 2005 ; Thiombiano *et al.*, 2010).

La régénération végétative, plus rapide et moins coûteuse (Bellefontaine et Monteuis, 2000), apparait comme une stratégie adaptative des espèces indigènes, aux perturbations du milieu et aux aléas climatiques (Ouédraogo *et al.*, 2005). La connaissance de meilleures conditions de multiplication par bouturage des espèces favorise leur domestication et contribue à leur conservation (Bellefontaine et Monteuis, 2000). Le bouturage, produisant des plants identiques au plant mère avec quasiment pas de période de juvénilité, reste la méthode la plus adéquate à l'installation de vergers de production et à la sauvegarde du patrimoine génétique menacé de disparition. Certaines hormones (ANA, AIA, AIB) favorisent une reprise rapide des boutures de tige dans la multiplication végétative (Houar *et al.*, 2014). La présente étude vise à générer des informations pratiques sur les conditions optimales de succès de la multiplication par bouturage de tige de *Pterocarpus erinaceus*. De façon spécifique il s'est agi de tester les effets de différentes doses d'Acide Naphtalène Acétique, de différents substrats et de la grosseur de la bouture sur l'aptitude à la reprise des boutures de *Pterocarpus erinaceus*.

## Matériel et méthodes

### Localisation du milieu d'étude

L'expérimentation a été conduite dans le village d'Adakplama, commune de Kétou, département du Plateau au sud-est du Bénin (Figure 1). La commune de Kétou est située entre les latitudes 7 ° 10 'et 7 ° 41' 17" Nord et les longitudes 2 ° 24 '24" et 2 ° 47' 40" Est (INSAE / RGPH3, 2002). Cette zone bénéficie d'un climat de type tropical à régime pluviométrique bimodal caractérisé par une grande saison des pluies de mars à Juillet suivie d'une petite saison sèche en août et une petite saison de pluies de septembre à octobre suivie d'une grande saison sèche de novembre à Février. Cette répartition des pluies à Kétou permet d'enregistrer une pluviométrie annuelle qui varie de 900 à 1500 mm, la température moyenne annuelle est de 26,5°C, l'humidité relative est en moyenne de 75% par an et l'insolation est de 2290 heures par an.



**Figure 1 : Localisation du milieu d'étude**

## **Matériel végétal**

*Pterocarpus erinaceus* Poir. de la famille des Fabaceae est un arbre pouvant atteindre 12 à 20 mètres voire plus, à fût souvent unicaule droit et cylindrique atteignant un diamètre d'un (01) mètre, bas branchu, à cime ouverte, ovoïde. C'est une espèce soudanienne, très commune en savanes et forêts claires depuis le sud du Sahel jusqu'aux limites de la forêt sub-guinéenne (Delville, 1983), qui pousse sur sol peu épais ou en conditions édaphiques peu spécialisées (Geerling, 1982).

## **Méthodes**

### **Prélèvement et traitement des boutures de tige**

Les boutures de tiges ont été prélevées dans la Forêt Classée de Dogo-Kétou sur des arbres de *Pterocarpus erinaceus* qui sont des individus choisis en tenant compte de leur bon état physiologique et sanitaire (Asseh *et al.*, 2017). Les tiges prélevées ont été effeuillées et découpées en boutures de 15 cm de longueur suivant deux classes de diamètre : [1,5 - 2] cm et [2,5 - 3]). Pour le traitement des tiges, l'auxine a été utilisé sous forme de solution selon les recommandations de Chee (1995), Chong *et al.* (1992), Mitter et Sharma (1999), Hartmann *et al.* (1997) qui conseillent un temps de trempage de 5 à 10 secondes pour des solutions contenant 1000 ppm et plus d'Acide Indole Butyrique. Dans le cadre de cette étude, la partie basale des boutures de tiges a été trempée pendant 10 secondes dans une solution auxinique à diverses concentrations : 0 ; 500 ; 750 ; 1000 et 1500 mg/l d'acide 1-Naphtalène-acétique (ANA).

### **Dispositif expérimental et collecte des données**

Les essais de bouturage ont été effectués dans des pots plastiques en sachés contenant deux types de substrats à savoir le sable fin des rigoles et le sable noir forestier prélevé dans la Forêt Classée Dogo-Kétou. Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire complet avec 10 répétitions (Figure 3). Il est constitué de 200 pots de boutures. Ces boutures de tiges sont réparties en deux grandes variantes à savoir : 100 pots contenant du sable fin et 100 autres contenant du sable noir forestier. Chaque grande variante de 100 pots ainsi traités est réparti en deux sous - variantes de 50 pots de boutures de tige chacun, dont les uns composés des boutures de tige ayant un diamètre de [1,5-2] cm et les autres composés des boutures de tige avec un diamètre de [2,5-3] cm. Chaque sous - variante est subdivisé en cinq petites sous- variantes de 10 pots de boutures de tiges chacun aux quels ont été appliqués respectivement des doses d'Acide Naphtalène Acétique : 0 ; 500 ; 750 ; 1000 et 1500 mg/l (Figure 2). L'unité d'échantillonnage (d'observation) étant le pot avec un pied de bouture de *Pterocarpus erinaceus*. Les traitements sont appliqués suivant le plan équilibré. Les facteurs étudiés sont : les différentes doses d'Acide

Naphtalène Acétique, les substrats et les grosseurs des boutures sur le bouturage de tige de *Pterocarpus erinaceus* avec 20 modalités (T1 à T20, Figure 2). Au cours de la conduite de l'essai, les pots contenant les boutures sont restés en contact avec le soleil. Une quantité d'eau de 0,4 l a été régulièrement apportée les matins très tôt et les soirs très tard. Le nombre de boutures bourgeonnées, le nombre de boutures débourrées, le nombre de feuilles par bouture et le nombre de boutures dégénérées ont été comptés à l'intervalle de 3 jours pour chaque traitement.

### **Analyse des données**

Le premier bourgeon a été observé 9 jours après la mise en pot des boutures. Pour les analyses, nous avons considéré ce délai comme le temps de la première collecte des données. Pour tester l'effet de ANA, du substrat et du diamètre sur la probabilité d'apparition des bourgeons, des feuilles et des boutures dégénérées, les modèles linéaires mixtes généralisés et les modèles linéaires généralisés de la famille binomial avec les packages lme4 (Bates *et al.*, 2015) et nlme (Pinheiro *et al.*, 2016) ont été utilisés. Des modèles ont été proposés et le meilleur qui ajuste parfaitement les données a été choisi en utilisant le Critère d'Information de AKAIKE (AIC) (Burnham et Anderson, 2002). Les modèles avec un  $\Delta AIC < 2$  ont été considérés comme meilleurs (Burnham *et al.*, 2011).  $\Delta AIC = AIC_i - AIC_{min}$  est la différence entre le AIC d'un modèle  $i$  donné et le AIC le plus petit. Mais pour raison de parcimonie, le modèle qui a la plus petite valeur de AIC et le plus petit nombre de termes a été choisit du fait des facteurs qui influencent les probabilités. Toutes les analyses ont été effectuées avec le logiciel R version 3.4.2.

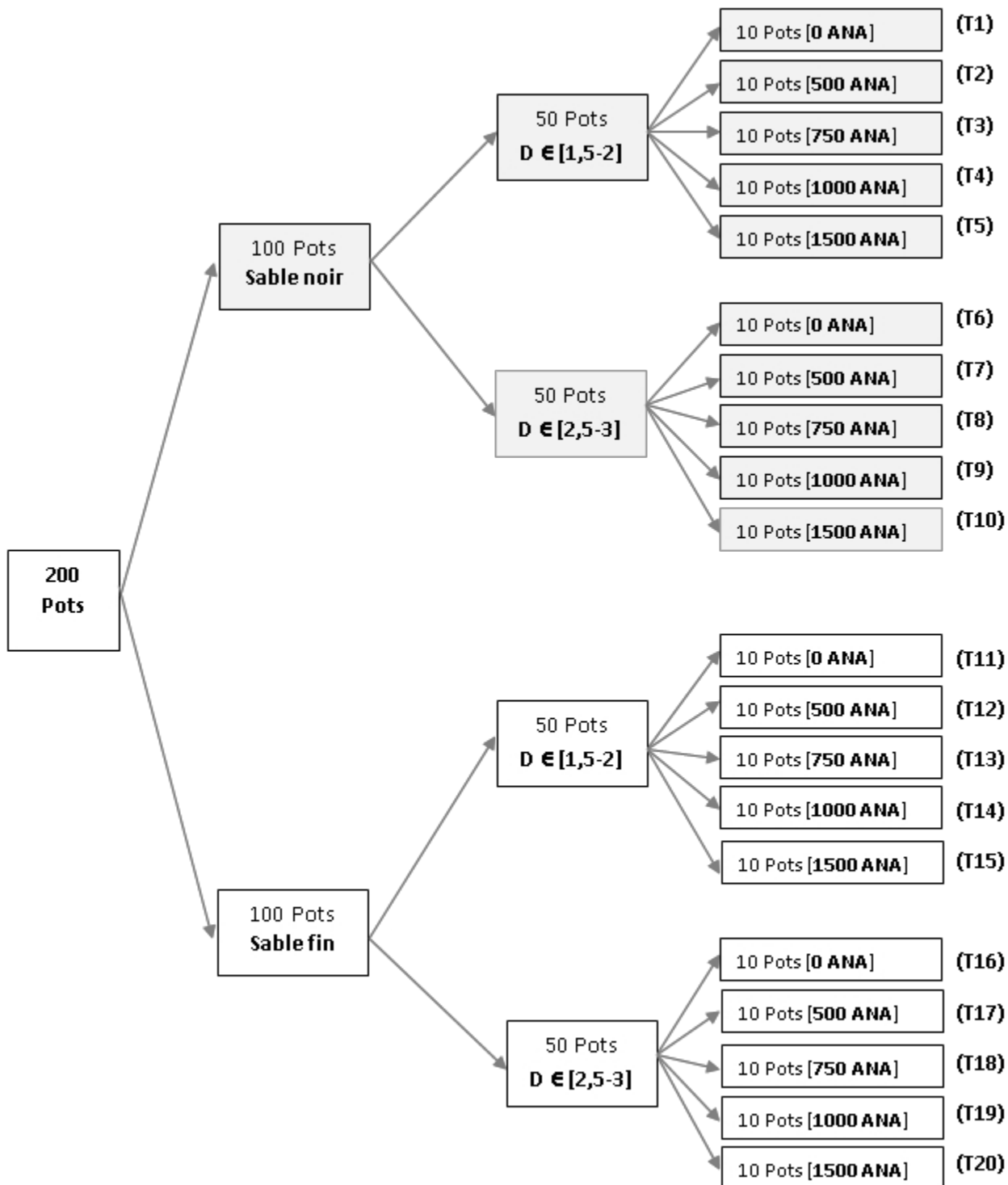


Figure 2 : Composition du dispositif expérimental

Bloc1	T1	T2	T5	T18	T7	T12	T14	T15	T16	T13	T10	T19	T11	T9	T3	T4	T17	T6	T8	T20
Bloc2	T19	T20	T18	T11	T8	T10	T13	T14	T17	T16	T12	T7	T6	T5	T2	T1	T15	T4	T3	T9
Bloc3	T15	T16	T12	T7	T6	T5	T2	T14	T4	T3	T9	T11	T13	T8	T1	T10	T18	T17	T19	T20
Bloc4	T3	T9	T11	T13	T8	T19	T10	T15	T16	T12	T7	T6	T5	T2	T4	T14	T20	T1	T17	T18
Bloc5	T7	T18	T3	T13	T8	T14	T12	T11	T15	T2	T16	T17	T4	T6	T1	T5	T10	T20	T19	T9
Bloc6	T11	T7	T9	T3	T18	T13	T19	T12	T2	T16	T15	T10	T4	T1	T5	T6	T8	T20	T14	T17
Bloc7	T11	T16	T18	T9	T3	T8	T13	T14	T20	T15	T2	T10	T1	T4	T5	T6	T19	T12	T17	T7
Bloc8	T1	T2	T5	T6	T7	T12	T16	T17	T10	T8	T11	T9	T3	T4	T14	T15	T19	T13	T18	T20
Bloc9	T14	T4	T19	T9	T11	T8	T10	T13	T20	T12	T7	T6	T5	T1	T2	T15	T17	T18	T3	T16
Bloc10	T18	T9	T5	T13	T8	T14	T12	T11	T15	T2	T16	T10	T4	T6	T1	T3	T17	T7	T19	T20

Figure 3 : Schéma du dispositif expérimental (bloc aléatoire complet avec 10 répétitions)



## Résultats

### Effet de l'Acide Naphtalène Acétique, la grosseur des boutures et le type de substrat sur le bourgeonnement

A la fin de l'essai, un taux de bourgeonnement de 35,5% a été observé. La probabilité de bourgeonnement varie significativement suivant la concentration de l'ANA et du délai après application. Cependant, le diamètre présente un effet marginal sur l'apparition de bourgeons (dAIC = 0,3). La probabilité d'apparition des bourgeons avec 0 mg/l d'ANA est significativement différente de celle de 1000 mg/l d'ANA ( $Z = -2,497$  ;  $P = 0,0125$ ) et de 1500 mg/l d'ANA ( $Z = -2,284$  ;  $P = 0,0224$ ) mais pas avec 500 mg/L d'ANA ( $Z = 0,061$ ,  $P = 0,9513$ ) et 750 mg/l d'ANA ( $Z = -1,317$  ;  $P = 0,1878$ ). L'optimum se situe entre 0 mg/l et 750 mg/l d'ANA. L'augmentation de la dose d'ANA au-delà de 750 mg/l réduit la probabilité d'apparition des bourgeons. Le taux de bourgeonnement est plus élevé entre le délai 9 jours et 18 jours et moins élevé entre le délai 21 jours et 45 jours après la mise en pots des boutures (Tableau 1).

**Tableau 1** : Capacité de bourgeonnement selon les concentrations de l'ANA et le délai de collecte

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-4.116e-01	4.266e-01	-0.965	0.3347
ANA500	3.403e-02	5.575e-01	0.061	0.9513
ANA750	-7.372e-01	5.597e-01	-1.317	0.1878
ANA1000	-1.416e+00	5.674e-01	-2.497	0.0125*
ANA1500	-1.290e+00	5.649e-01	-2.284	0.0224*
Délai 9j	-2.292e+00	3.760e-01	-6.096	1.09e-09***
Délai 12j	-1.996e+00	3.439e-01	-5.802	6.54e-09***
Délai 15j	-1.309e+00	2.909e-01	-4.500	6.80e-06***
Délai 18j	-5.576e-01	2.571e-01	-2.169	0.0301*
Délai 21j	-4.496e-01	2.537e-01	-1.772	0.0764.
Délai 24j	-2.803e-01	2.490e-01	-1.126	0.2603
Délai 27j	-1.210e-01	2.452e-01	-0.493	0.6218
Délai 33j	5.892e-02	2.416e-01	0.244	0.8074
Délai 36j	8.794e-02	2.411e-01	0.365	0.7153
Délai 39j	7.839e-05	2.427e-01	0.000	0.9997
Délai 42j	-5.996e-02	2.439e-01	-0.246	0.8058
Délai 45j	-1.522e-01	2.459e-01	-0.619	0.5360

Significativité: '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

### Effet de l'Acide Naphtalène Acétique, la grosseur des boutures et le type de substrat sur le débourrement

Au total 94,36% des boutures bourgeonnées ont pu produire de feuilles à la fin de l'essai (Photo 1). L'ANA et le délai ont un effet significatif sur le débourrement tandis que le type de substrat présente un effet marginale (dAIC

= 1). La probabilité d'apparition des feuilles avec 0 mg/l d'ANA est significativement différente de celle de 1000 mg/l d'ANA ( $Z = -2,658$  ;  $P = 0,00786$ ) et de 1500 mg/l d'ANA ( $Z = -2,489$ ,  $P = 0,01281$ ) mais pas avec 500 mg/l d'ANA ( $Z = 1,299$  ;  $P = 0,1941$ ) et 750 mg/l d'ANA ( $Z = -0,458$  ;  $P = 0,64673$ ). L'optimum est compris entre 0 et 750mg/l d'ANA. L'augmentation de la dose d'ANA au-delà de 750 mg/l réduit la probabilité d'apparition des feuilles. Le taux de débourrement est plus élevé entre les délais 18 et 21 jours. (Tableau 2).

**Tableau 2** : Capacité de débourrement selon les concentrations de l'ANA et le délai de collecte

	Estimate	Std, Error	z value	Pr(> z )
<b>(Intercept)</b>	-2,03257	0,41787	-4,864	1,15e-06***
<b>ANA500</b>	0,63223	0,48687	1,299	0,1941
<b>ANA750</b>	-0,22955	0,50086	-0,458	0,64673
<b>ANA1000</b>	-1,48361	0,55819	-2,658	0,00786**
<b>ANA1500</b>	-1,3712	0,55092	-2,489	0,01281*
<b>Délai 9j</b>	-17,62499	1321,10817	-0,013	0,98936
<b>Délai 12j</b>	-17,03608	984,14456	-0,017	0,98619
<b>Délai 15j</b>	-17,30435	1125,41661	-0,015	0,98773
<b>Délai 18j</b>	-3,26206	1,04374	-3,125	0,00178**
<b>Délai 21j</b>	-3,26251	1,04396	-3,125	0,00178**
<b>Délai 24j</b>	-0,56684	0,38354	-1,478	0,13942
<b>Délai 27j</b>	-0,12195	0,34977	-0,349	0,72734
<b>Délai 33j</b>	0,31732	0,32649	0,972	0,33109
<b>Délai 36j</b>	0,05755	0,33921	0,17	0,86527
<b>Délai 39j</b>	0,31728	0,32649	0,972	0,33115
<b>Délai 42j</b>	0,41073	0,32258	1,273	0,20292
<b>Délai 45j</b>	0,26848	0,32867	0,817	0,41401

Significativité: '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1



**Photo 1** : Boutures débourrées de *Pterocarpus erinaceus*

## Effet de l'Acide Naphtalène Acétique, la grosseur des boutures et le type de substrat sur la dégénérescence des boutures

Sur l'ensemble des boutures bourgeonnées 25,35% ont dégénéré à la fin de l'essai. L'analyse statistique montre que la probabilité d'obtenir des boutures dégénérées ne varie pas significativement au seuil de 5% entre les différents traitements mais plutôt avec un effet marginal (Tableau 3).

**Tableau 3** : Effet de l'ANA, du diamètre et du délai sur la probabilité des boutures dégénérées.

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-4,54E+00	1,07E+00	-4,231	2,32e-05***
ANA500	3,00E-01	5,51E-01	0,544	0,5865
ANA750	-7,11E-01	7,16E-01	-0,994	0,3203
ANA1000	-1,82E+00	1,09E+00	-1,678	0,0934.
ANA1500	-1,12E+00	8,24E-01	-1,363	0,173
diam2.75	-8,71E-01	4,94E-01	-1,763	0,0779.
Délai 39j	1,12E+00	1,16E+00	0,96	0,337
Délai 9j	-3,52E+01	4,75E+06	0	1
Délai 42j	-5,41E-07	1,42E+00	0	1
Délai 12j	-3,27E+01	4,75E+06	0	1
Délai 45j	1,41E+00	1,13E+00	1,254	0,2098
Délai 15j	-2,58E+01	4,01E+05	0	0,9999
Délai 18j	-2,44E+01	1,96E+05	0	0,9999
Délai 21j	-2,82E+01	1,31E+06	0	1
Délai 24j	-2,86E+01	1,63E+06	0	1
Délai 27j	-1,99E-07	1,42E+00	0	1
Délai 33j	1,41E+00	1,13E+00	1,254	0,2098
Délai 36j	1,83E+00	1,09E+00	1,686	0,0918.

Significativité: '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

## Discussion

### Développement végétatif des boutures de tiges de *Pterocarpus erinaceus*

Au total, l'essai a donné 35,5% de boutures bourgeonnées et 33,5% de boutures débourrées avec des proportions significativement variables suivant les doses d'ANA utilisées. Ces taux bien que faibles, sont meilleurs que les résultats obtenus sur le bouturage d'autres espèces : Agbogon *et al.* (2014) avec 0 % de débourrement chez les boutures de tiges et de racines de *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause (Anacardiaceae) et *Haematostaphis barteri* Hook. f. (Anacardiaceae) ; Harivel *et al.* (2006) ayant obtenu 0 % de débourrement avec les segments de racines de *L. microcarpa* ; Sereme *et al.* (2008) avec 16 % de réussite chez *L. microcarpa*. Plusieurs paramètres pourraient expliquer le faible taux de bourgeonnement. Dans de nombreux cas, les boutures ne réussissent pas l'étape de la cicatrisation, ce qui ne favorise pas l'émission des racines de ces dernières (Asseh *et al.*, 2017). La

cicatrisation est en effet une étape clé du bouturage qui est influencée par plusieurs facteurs dont la balance hormonale entre l'auxine utilisée et les autres hormones végétales comme la cytokinine (Agbogon *et al.*, 2014 ; Jaenicke et Benies, 2003).

Pour cette étude, le taux de bourgeonnement est plus élevé entre 9 et 18 jours et celui de débourrement entre 18 et 21 jours après l'installation des boutures. Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Asseh *et al.* (2017) sur *Thunbergia atacorensis* Akoegninou & Lisowski (Acanthaceae) dont le délai de 11 jours était globalement celui du bourgeonnement des boutures. *Pterocarpus erinaceus* est une espèce facile à bouturer par rapport à *Anogeissus leicarpus* (DC) Guill & Perr. (Combretaceae ; Dembélé, 2012), *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (Malvaceae ; Mapongmetsem, 1994) et *Lovoa trichilioides* Harms (Meliaceae ; Tchoundjeu et Leakey, 2001) qui mettent trois semaines pour s'enraciner. Cette différence sur le délai de bourgeonnement peut s'expliquer par le fait que l'enracinement des espèces tropicales varie dans différents milieux de culture et que cela est très bon dans certains substrats que dans d'autres (Asseh *et al.*, 2017).

Le dessèchement des boutures observé au cours de l'essai pourrait s'expliquer par l'insuffisance des réserves dans les tiges. Cette hypothèse est en accord avec les travaux de Traore, (2000) qui a rapporté que l'échec du bouturage des jeunes rameaux de *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst. (Fabaceae) était dû au fait qu'ils ne contiennent pas assez de réserves nutritives nécessaires pour permettre une éventuelle levée. Ceci pourrait être dû également à l'attaque des termites sur les boutures observées durant l'essai. La perte remarquable des pousses sur les boutures de tige de *Pterocarpus erinaceus* peut s'expliquer par le réchauffement excessif qui pourrait résulter d'un manque d'ombrage provoquant la plupart du temps une hausse importante de la transpiration du feuillage et la dessiccation des boutures. Par ailleurs, une température ambiante plus élevée peut entraîner le débourrement des bourgeons avant l'initiation des racines et accroître la perte d'eau par transpiration, ce qui cause souvent un dessèchement des boutures et la mort de ces dernières (Hartmann *et al.*, 1997).

### **Effet de l'ANA sur la reprise végétative des boutures de tiges de *Pterocarpus erinaceus***

Les traitements par l'application de différentes doses d'ANA de 0 ; 500 ; 750 mg/l ont montré des taux de réussites plus élevés que ceux avec 1000 et 1500 mg/l. De plus, il n'y a pas une différence significative entre la dose 0 mg/l et les doses 500 mg/l et 750 mg/l. Il en ressort donc que l'ANA n'a pas un effet positif significatif sur la reprise végétative des boutures de *Pterocarpus erinaceus* et son application en grande dose affecte négativement le bouturage de l'espèce. Ce résultat corrobore celui de Moncousin et Ducreux.

(1984) sur le bouturage de *Cynaras cloymus* L. (Asteraceae) ( $4\pm 2$  pour 5 mg/l ;  $48\pm 2$  pour 2 mg/l). Ainsi la mauvaise réponse des boutures de *Pterocarpus erinaceus* traitées à l'auxine ANA par rapport aux boutures témoins pourrait s'expliquer par un excès d'hormone et donc une action inhibitrice ou une incapacité de cette hormone à activer la rhizogénèse chez *Pterocarpus erinaceus*. Al-Bahrany, (2002) a abouti à des résultats presque équivalents pour *Citrus aurantifolia* (Christm) Swing, dont l'enracinement est totalement inhibé avec l'application de l'ANA. Par ailleurs, Touré (2011) a obtenu des résultats similaires sur *Pterocarpus erinaceus* avec le traitement par AIB (témoin = 12/20 de boutures vivantes avec cales racinaires et 9/20 de boutures vivantes avec cales racinaires traitées avec une concentration 0,1% AIA). Ces résultats suggèrent que l'ANA et l'AIB sont inefficaces dans la rhizogénèse de *Pterocarpus erinaceus*. Un comportement identique est rapporté chez *Lovoa trichilioides* (Tchoundjeu et Leakey, 2001) et *Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam (Burseraceae ; Mialoundama *et al.*, 2002) Ces auteurs ont signalé que les différentes concentrations d'AIB. (0 ; 50 ; 100 ; 150 et 200 $\mu$ g) ou les différents types d'hormones (ANA, ANA+AIB, AIB) n'ont pas eu un effet significatif sur l'enracinement des boutures de tige de la Meliaceae et de la Burseraceae respectivement. Houar *et al.*, (2014) ; Choffe *et al.* (2000) ont montré que parmi les trois auxines (AIB, AIA et ANA), c'est le traitement par AIB qui permet d'obtenir des meilleurs taux d'enracinement, suivie de l'AIA, ensuite de l'ANA respectivement sur des boutures semi ligneuses de *Simmondsia chinensis* L. (Simmondsiaceae). Aussi, Sané *et al.* (2001) dans leurs travaux "Induction in vitro de l'enracinement de microboutures d'*Acacia tortilis* sub sp. *raddiana* (Fabaceae) par traitement transitoire à l'auxine" ont montré que l'ANA induit la formation de racines peu nombreuses et de type orthotrope proche de la morphologie racinaire normale de cette espèce et l'AIB, au contraire, induit la formation de très nombreuses racines fines et plagiotropes. Les mêmes auteurs confirment que la formation des racines anormales en présence d'AIB suggère que cette auxine aurait pu être en surdosage dans leurs conditions expérimentales. Cependant la spécificité des espèces à répondre aux traitements avec les hormones seraient due à plusieurs facteurs dont : le génotype et le phénotype de l'espèce ; les conditions de l'environnement, l'âge de l'arbre, la capacité qu'a l'espèce à s'enraciner naturellement et la stabilité des différentes auxines dans les plantes (Houar *et al.*, 2014). Leakey *et al.* (1990) expliquent que, bien que le rôle des auxines sur la stimulation et l'accélération de l'enracinement soit connu, les exigences des boutures relatives à la quantité et à la qualité d'auxine appliquée varient avec les espèces et même la variété.

## **Effet du substrat et de la grosseur de la tige sur le bouture de tiges de *Pterocarpus erinaceus***

Les deux types de substrats (sable noir et sable fin) n'ont pas affecté de façon significative le bourgeonnement et le débournement de *Pterocarpus erinaceus*. Ce résultat est comparable à celui de Marie *et al.*, (2012) sur l'enracinement des boutures uninodales de *Vitex doniana* Sweet (Verbenaceae) avec effets des substrats (terre noire/sciure, terre noire/sable et sable/sciure) et dont le taux d'enracinement des boutures était identique dans les trois substrats à la fin de l'essai. Nous avons cependant constaté que les boutures installées sur du sable noir avaient des feuilles légèrement développées que celles des boutures installées sur du sable fin et ceci de façon générale. On pourrait dire que le sable noir favorise plus le développement des feuilles. Selon Loach (1985), la qualité du substrat est un paramètre très important pour le succès du processus d'enracinement des boutures. Aussi, les exigences des espèces par rapport aux différents substrats dépendent de leur caractère hydromorphe ou xéromorphe. Aussi semblerait-il, qu'il existe une relation entre la teneur en eau du substrat et celle de la bouture. Par exemple, il est connu que différents substrats affectent l'alimentation en eau des boutures (Grange et Loach, 1983) et ont un effet sur la photosynthèse et la conductance stomatale des boutures (Mesen *et al.*, 1997).

Quant à l'effet de la grosseur des boutures sur leur chance de reprise, les résultats ont montré que le diamètre de la bouture n'avait aucune influence significative. Ce résultat est différent de celui de Gupta *et al.* (1997) qui ont trouvé un bon taux de bourgeonnement avec les boutures de tige de diamètre compris entre 1 à 1,5 cm sur *Anogeissus leiocarpa* mais contraire et celui de Mapongmetsem *et al.* (2012) sur le bouturage des segments racinaires de *Vitex doniana* chez qui a révélé que le bourgeonnement augmente avec l'augmentation du diamètre de racine.

## **Conclusion**

L'étude a consisté à un essai de multiplication végétative par bouturage de tiges de *Pterocarpus erinaceus* afin d'évaluer l'effet de différentes doses d'Acide Naphtalène Acétique (0 ; 500 ; 750 ; 1000 et 1500 mg/l), du type de substrats (sable noir forestier et sable fin) et de la grosseur des boutures utilisées ([1,5-2] et [2,5-3] cm de diamètre) sur la reprise et le développement de ces boutures. Les résultats de l'étude indiquent globalement que la multiplication végétative par bouturage de tiges de *Pterocarpus erinaceus* est possible et peut donc être utilisée dans les actions de conservation de l'espèce. Il a été noté que la probabilité de bourgeonnement varie significativement suivant la concentration de l'ANA et du délai après application tandis que le diamètre des boutures et le type de substrat n'ont pas un effet significatif sur l'apparition des bourgeons. Pour les différentes doses d'ANA, la probabilité

d'apparition des bourgeons avec 0 mg/l d'ANA est significativement différente de celle des concentrations 1000 mg/l et de 1500 mg/l mais pas avec celles de 500 mg/L et 750 mg/l, le plus grand nombre de bourgeons étant observé avec 500 mg/l d'ANA. Le taux de bourgeonnement est plus élevé entre le délai 9 jours et 18 jours et moins élevé entre le délai 21 jours et 45 jours après la mise en pots des boutures. Tout comme le bourgeonnement, la probabilité d'apparition des feuilles des boutures ayant repris avec 0 mg/l d'ANA est significativement différente de celle avec les concentrations en ANA de 1000 mg/l et de 1500 mg/l mais pas avec 500 mg/l et 750 mg/l. Le taux de débourrement le plus élevé entre le délai 18 et 21 jours. Contrairement au bourgeonnement et au débourrement, les différents traitements n'influencent pas la dégénérescence des boutures.

Il s'avère important de poursuivre l'étude en conditions d'enracinement mieux contrôlées, avec une durée d'essai bien longue. Il est probable que, la plante mère de part ses caractéristiques (génotype, âge, conditions de croissance), les qualités de la bouture, les conditions de prélèvement et de préparation des boutures puis le maintien de l'humidité relative, exercent à divers degrés une influence sur le taux d'enracinement.

### **Conflit d'intérêt**

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

### **References:**

1. Adjonou, K., Ali, N., Kokutse, A.D., & Novigno, S.K. (2010). Etude de la dynamique des peuplements naturels de *Pterocarpus ericaceus* poir.(Fabaceae) surexploités au Togo. *Bois For. Trop.* 306, 45–55.
2. Adomou, A.C., Agbani, O.P., & Sinsin, B. (2011). *Plantes* Plants, 21-46. In : Neenschwander P., Sinsin B. et G. Goergen (eds). 2011. *Protection de la Nature en Afrique de l'Ouest : Une Liste Rouge pour le Bénin. Nature Conservation in West Africa: Red List for Benin.* International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 365p.
3. Adomou, A.C., Yedomonhan, H., Djossa, B., Legba, S.I., Oumorou, M., & Akoegninou, A. (2012). Etude Ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6, 745–772.
4. Agbogban, A., Bammite, D., Tozo, K., & Akpagana, K. (2014). Contribution a la multiplication, par graines et par bouturage de segments de tiges et de racines, de trois fruitiers spontanés de la région des savanes au Togo: *Haematostaphis barteri* hook. F., *Lanea microcarpa* Engl. & K. Krauss et *sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst. *Eur. Sci. J. ESJ* 10, 195–211.

5. Al-Bahrany, A.M. (2002). Effect of phytohormones on in vitro shoot multiplication and rooting of lime *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing. *Sci. Hortic.* 95, 285–295.
6. Asseh, E.E., Aké-Assi, E., Koffi, K.J., & Faustine, K.A. (2017). Domestication De *Thunbergia Atacorensis* Akoegninou & Lisowski (Acanthaceae): Effet Du Type De Substrat Et Du Mode D'éclairage Sur L'aptitude A La Reprise Vegetative Des Boutures Et La Croissance Des Plantes. *Eur. Sci. J. ESJ* 13, 328–354.
7. Assogbadjo, A.E., Glegrave, R., Azihou, A.F., Kyndt, T., & Codjia, J.T.C. (2011). Ethnic differences in use value and use patterns of the threatened multipurpose scrambling shrub (*Caesalpinia bonduc* L.) in Benin. *J. Med. Plants Res.* 5, 1549–1557.
8. Assogbadjo, A.E., Kyndt, T., Sinsin, B., Gheysen, G., & Van Damme, P. (2006). Patterns of genetic and morphometric diversity in baobab (*Adansonia digitata*) populations across different climatic zones of Benin (West Africa). *Ann. Bot.* 97, 819–830.
9. Ayena, A.C., Agassounon, D.T.M., Assogbadjo, A.E., Adoukonou-Sagbadja, H., Mensah, G.A., Agbangla, C., & Ahanhanzo, C. (2016). Usages Et Vulnérabilité De *Pterocarpus Santalinoides* L'her. Ex De (Papilionoidae), Une Plante Utilisée Dans Le Traitement Des Gastro-Enterites Dans Le Sud Du Bénin. *Eur. Sci. J. ESJ* 12.
10. Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *J. Stat. Softw.* 67, 1–48.
11. Bellefontaine, R., & Monteuis, O. (2000). Le drageonnage des arbres hors forêt : un moyen pour revégétaliser partiellement les zones arides et semi-arides sahéliennes? In Verger M. Multiplication végétative des ligneux forestiers, fruitiers et ornementaux, 3ème rencontre du Groupe de la Ste Catherine, Orléans : 22-24 novembre 2000. CIRAD-INRA Collect. Cirad 12.
12. Burnham, K.P., & Anderson, D.R. (2002). Model selection and multimodel inference : a practical information-theoretic approach, 2nd edn. Springer, New York
13. Burnham, K.P., Anderson, D.R., & Huyvaert, K.P. (2011). AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 65, 23–35.
14. Chee, P.P. (1995). Stimulation of adventitious rooting of *Taxus* species by thiamine. *Plant Cell Rep.* 14, 753–757.
15. Choffe, K.L., Murch, S.J., & Saxena, P.K. (2000). Regeneration of *Echinacea purpurea*: induction of root organogenesis from hypocotyl and cotyledon explants. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 62, 227–234.



16. Chong, C., Allen, O.B., & Barnes, H.W. (1992). Comparative rooting of stem cuttings of selected woody landscape shrub and tree taxa to varying concentrations of IBA in talc, ethanol and glycol carriers. *J. Environ. Hortic.* 10, 245–250.
17. Delville, J.P. (1983). *Botanique forestière 2, principaux ligneux guinéens et soudano- guinéens*, Projet de coopération Sénégal - suisse en matière d'enseignement agricole et forestier – Section EF - DJIBELOR.
18. Dembélé, I.C. (2012). *Étude préliminaire du potentiel de multiplication par bouturage de l'Anogeissus leiocarpus (DC) Guill. et Perr. au Mali: influence de l'état physiologique des boutures et des régulateurs de croissance (Maîtrise ès Sciences)*. Université Laval, Québec.
19. Diop, M., Sambou, B., Goudiaby, A., Guiro, I., & Niang-Diop, F. (2011). Ressources végétales et préférences sociales en milieu rural sénégalais. *Bois For. Trop.* 310, 57–68.
20. Ganaba, S., Ouadba, J.-M., & Bognounou, O. (2004). Plantes de construction d'habitations en région sahélienne: Usages forestiers. *Bois For. Trop.* 11–17.
21. Geerling, C. (1982). *Guide de terrain des ligneux sahéliens et soudano guinéens*. vol. 82: *Meded Landbouwhoges. Wagening. Illus Map Keys Fr Icones Maps Geog* 5, 340.
22. Grange, R.I., & Loach, K. (1983). The water economy of unrooted leafy cuttings. *J. Hortic. Sci.* 58, 9–17.
23. Gupta, V.K., Kumar, R.V., Datta, A., & Solanki, K.R. (1997). Vegetation propagation in *Anogeissus leiocarpus*. *Range Manag. Agroforestry* 85–90.
24. Harivel, A., Bellefontaine, R., & Boly, O. (2006). Aptitude à la multiplication végétative de huit espèces forestières d'intérêt au Burkina Faso. *Bois For. Trop.* 288, 39–50.
25. Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., & Geneve, J.R.L. (1997). *Plant propagation : principes and practices*. 6è Ed. Prentice-Hall Inc Somon Schuster Up. Saddle River N. J. 07458 USA 770.
26. Houar, F.Z., El Arbi, D., Boulghalagh, J., Boukroute, A., Nour-Eddine, K., & Abdelbasset, B. (2014). Effet des différents types d'auxines sur l'enracinement des boutures du jojoba (*Simmondsia chinensis* L.). *Nat. Technol. Sci. Agron. Biol.* 2014, 46–51.
27. Jaenicke, H., & Benies, J. (2003). *La multiplication végétative des ligneux en agroforesterie. Manuel de formation et bibliographie*. World Agrofor. Cent. ICRAF ISBN 92 9059 1501 KulGraphics Ltd Nairobi Kenya.

28. Kokou, K., Nuto, Y., & Atsri, H. (2009). Impact of charcoal production on woody plant species in West Africa: A case study in Togo. *Sci. Res. Essays* 4, 881–893.
29. Leakey, R.R., Mesen, J.F.T., Tchoundjeu, Z., Longman, K.A., Dick, J.M., Newton, A., Matin, A., Grace, J., Munro, R.C., & Muthoka, P.N. (1990). Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. *Commonw. For. Rev.* 63, 247–257.
30. Loach, K. (1985). Rooting of cuttings in relation to the medium. *Comb. Proceeding Int. Propag. Soc.* 472–485.
31. Mapongmetsem, P.M. (1994). Phénologie et propagation de quelques essences locales à potentiel agroforestier en zone forestière. Thèse 3ème cycle. Université de Yaoundé I Cameroun. 172.
32. Mapongmetsem, P.M., Fawa, G., & Bellefontaine, R. (2012). Bouturage des segments racinaires de *Vitex doniana* Sweet.(Verbenaceae): technique de multiplication végétative à faible coût.
33. Marie, M.P., Constantine, D.M., Myriam, Y.T., Guidawa, F., David, D.G., Baptiste, N.T.J., Louise, A.T.M., & Ronald, B. (2012). Domestication de *Vitex doniana* Sweet.(Verbenaceae): influence du type de substrat, de la stimulation hormonale, de la surface foliaire et de la position du noeud sur l'enracinement des boutures uninodales. *J. Agric. Environ. Int. Dev. JAEID* 106, 23–45.
34. Mesen, F.J., Newton, A.C., & Leakey, R.R. (1997). Vegetative propagation of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken: the effects of IBA concentration, propagation medium and cutting origin. *For. Ecol. Manag.* 92, 45–54.
35. Mialoundama, F., Avana, M.L., Youmbi, E., Mampouya, P.C., Tchoundjeu, Z., Mbeuyo, M., Galamo, G.R., Bell, J.M., Kogpuep, F., & Tsobeng, A.C. (2002). Vegetative propagation of *Dacryodes edulis* (G. Don) HJ Lam by marcots, cuttings and micropropagation. *For. Trees Livelihoods* 12, 85–96.
36. Mitter, H., & Sharma, A. (1999). Propagation of *Taxus baccata* Linn. by stem cuttings. *Indian For.* 125, 159–162.
37. Moncousin, C., & Ducreux, G. (1984). Activité peroxydasique et rhizogénèse dans le cas de *Cynara scolymus* L.: évolution au cours de repiquages successifs de boutures cultivées in vitro. Comparaison avec de jeunes plantes issues de graines. *Agronomie* 4, 105–111.
38. Muok, B.O., Khumalo, S.G., Tadesse, W., & Alem, S. (2011). Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaires prioritaires de l'Afrique subsaharienne : *Sclerocarya birrea*, Prunier d'Afrique in *Bioersivity International. Rome Ital.* 12.

39. Nacoulma, B.M.I., Traoré, S., Hahn, K., & Thiombiano, A. (2011). Impact of land use types on population structure and extent of bark and foliage harvest of *Azelia africana* and *Pterocarpus erinaceus* in Eastern Burkina Faso. *Int. J. Biodivers. Conserv.* 3, 62–72.
40. Natta, A.K., Bachabi, F.X., & Kéïta, T.N. (2017). Caractéristiques des matériaux, richesse spécifique et gestion des ressources végétales entrant dans la construction des Tatas Somba en pays Otammari au nord-ouest du Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin* 10–21.
41. Ouédraogo, A., Thiombiano, A., & Guinko, S. (2005). Utilisations, état des peuplements et régénération de cinq espèces ligneuses utilitaires dans l'Est du Burkina Faso, in: *Homme, Plantes et Environnement Au Sahel Occidental*. Aarhus University Aarhus, Denmark, pp. 173–183.
42. Ouédraogo, A., Thiombiano, A., Hahn-Hadjali, K., & Guinko, S. (2006). Diagnostic de l'état de dégradation des peuplements de quatre espèces ligneuses en zone soudanienne du Burkina Faso. *Sci. Chang. PlanétairesSécheresse* 17, 485–491.
43. Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., & R Core Team. (2016). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-128, <URL: <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>>.Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D and R Core Team.
44. Rabiou, H., Bationo, B.A., Adjonou, K., Kokutse, A.D., Mahamane, A., & Kokou, K. (2017). Perception paysanne et importance socioculturelle et ethnobotanique de *Pterocarpus erinaceus* au Burkina Faso et au Niger. *Afr. Sci.* 13, 43–60.
45. Rabiou, H., Diouf, A., Bationo, B. A., Segla, K. N., Adjonou, K., Kokutse, A. D., Radji, R., Kokou K., Mahamane, A., & Saadou, M. (2015). Structure des peuplements naturels de *Pterocarpus erinaceus* Poir dans le domaine soudanien, au Niger et au Burkina faso. *Bois For. Trop.* 325(325), 71-83.
46. Sané, D., Borgel, A., Chevallier, M.-H., & Gassama-Dia, Y.K. (2001). Induction in vitro de l'enracinement de microboutures d'*Acacia tortilis* subsp. *raddiana* par traitement transitoire à l'auxine. *Ann. For. Sci.* 58, 431–437.
47. Segla, K.N., Kokutse, A.D., Adjonou, K., Langbour, P., Chaix, G., Guibal, D., & Kokou, K. (2015). Caractéristiques biophysiques du bois de *Pterocarpus erinaceus* (Poir.) en zones guinéenne et soudanienne au Togo. *Bois For. Trop.* 51–64.
48. Segla, N.K., Rabiou, H., Adjonou, K., Moussa, B.M., Saley, K., Radji, R.A., Kokutse, A.D., Bationo, A.B., Mahamane, A., & Kokou, K. (2016). Population structure and minimum felling diameter of

- Pterocarpus erinaceus* Poir in arid and semi-arid climate zones of West Africa. *South Afr. J. Bot.* 103, 17–24.
49. Sereme, A., Millogo-Rasolodimby, J., Kouda-Bonafos, M., Guinko, S., & Nacro, M. (2008). Bouturage horticole du résinier sauvage: *Lannea microcarpa* Engl. et K. Krause. *J. Sci.* 8, 18–24.
  50. Sylla, S.N., Samba, R.T., Neyra, M., Ndoye, I., Giraud, E., Willems, A., de Lajudie, P., & Dreyfus, B. (2002). Phenotypic and genotypic diversity of rhizobia nodulating *Pterocarpus erinaceus* and *P. lucens* in Senegal. *Syst. Appl. Microbiol.* 25, 572–583.
  51. Tchoundjeu, Z., & Leakey, R.R.B. (2001). Vegetative propagation of *Lovoa trichilioides*: effects of provenance, substrate, auxins and leaf area. *J. Trop. For. Sci.* 13, 116–129.
  52. Thiombiano, D.N.E., Lamien, N., Dibong, S.D., & Boussim, I.J. (2010). Etat des peuplements des espèces ligneuses de soudure des communes rurales de Pobé-Mengao et de Nobéré (Burkina Faso). *J. Anim. Plant Sci.* 9, 1104–1116.
  53. Touré, Y. (2011). Etude des potentialités agroforestières, de la multiplication et des usages de *Pterocarpuserinaceus*Poir. en zone soudanienne du Burkina Faso. (Mémoire de fin d'études, Ingénieur du Développement Rural.). Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
  54. Traore, M. (2000). Etude de la phénologie, de la régénération naturelle, et des usages de *Piliostigma reticulatum* (de.) Hochst. en zone nord soudanienne du Burkina Faso (Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural). Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso.
  55. Yaméogo, G., Yélémo, B., Kaboré, O., & Traoré, D. (2013). Bois d'énergie du 'dolo'et bois de service: deux modes de consommation de bois à Vipalogo au Burkina Faso. *Bull. Rech. Agron. Bénin* 73, 1–12.