

African Crop Science Journal by African Crop Science Society is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 Uganda License. Based on a work at [www.ajol.info/](http://www.ajol.info/) and [www.bioline.org.br/cs](http://www.bioline.org.br/cs)  
DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/acsj.v26i4.4>



## DÉTERMINATION DE L'ÂGE OPTIMAL EN PÉPINIÈRE DES PLANTS DE CACAOYER POUR UNE MEILLEURE RÉUSSITE AU CHAMP

E.M. ASSI<sup>1,2</sup>, O.D. DOGBO<sup>2</sup>, E. KASSIN<sup>1</sup>, A.A. ASSIRI<sup>3</sup>, G.M. TAHI<sup>1</sup>, B. GUIRAUD<sup>1</sup>,  
W.P. N'GUESSAN<sup>1</sup>, R.A. AKA<sup>1</sup>, F. N'GUESSAN<sup>1</sup> et B. KONE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), BP 808 Divo, Divo, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, 02 BP 801  
Abidjan 02, Abidjan, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Cemoui 06 BP 2561 Abidjan 06, Abidjan Côte d'Ivoire

**Auteur correspondant** : evelyne\_assi@yahoo.fr

(Received 16 April, 2018; accepted 6 November, 2018)

### RESUME

Le cacao (*Theobroma cacao* L.) est principalement cultivé dans les régions tropicales d'Amérique centrale et du Sud, d'Asie et d'Afrique et est exploité commercialement pour la production de graines destinées principalement à la fabrication de chocolat. La présente étude a eu pour objectif de déterminer un âge optimal en pépinière de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) permettant un meilleur taux de réussite au champ. Pour ce faire, des plantules âgées de 3, 4, 5, 6, 7 et 8 mois ont été testées au champ. Les paramètres étudiés ont été le taux de mortalité, les paramètres de croissance et de production. Les résultats obtenus ont montré que les plants âgés de 5 mois en pépinière ont le plus fort taux de survie après transplantation (77%). Par ailleurs, leurs accroissements semestriels en diamètre et hauteur ont été les plus élevés. Concernant les paramètres de production, les résultats ont montré que 8 mois après la plantation les taux de couronnement qui étaient d'environ 10% sont passés à plus de 80% pour les plants de 5, 6 et 7 mois après deux ans au champ. Par contre, les plants âgés de 3, 4 et 8 mois ont eu des taux de couronnement inférieurs à 80%. Au bout de deux ans de plantation, les plants âgés de 5 mois en pépinière, ont eu le taux de floraison le plus élevé (environ 60%) mais il n'y a pas eu de différence significative au niveau de la fructification avec les plants âgés de 6 et 7 mois (environ 27%). Pour les plants de 3, 4 et 8 mois, ce taux est resté inférieur à 17%. Au vu de ces résultats, l'âge optimal des cacaoyers pour une meilleure réussite au champ est de 5 mois.

*Mots Clés* : Couronnement, floraison, mortalité, pépinière, *Theobroma cacao*

### ABSTRACT

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is mainly grown in the tropical regions of Central and South America, Asia and Africa. The plant is commercially exploited for production of seeds, primarily for the manufacture of chocolate. The objective of this study was to determine the optimal age in cocoa seedlings that result in a better success rate after transplanting in the field. Seedlings aged 3, 4, 5, 6, 7 and 8 months were evaluated for performance in the field. The studied parameters were mortality rate, growth and production. The results obtained showed that the 5-month-old plants in the nursery had the highest survival rate after transplantation (77%), and their half-yearly increases in diameter and height were the highest. The results showed that at 8 months after planting, crowning rates that were about 10% increased to more than 80% for plants 5, 6 and 7 months after two years in the field. Regarding the production parameters, the results followed similar pattern to that described above. After two

years of planting, the 5-month-old nursery plants had the highest flowering rate (about 60%), but there was no significant difference in fruiting with the seedlings, aged 6 and 7 months (approximately 27%). For plants of 3, 4 and 8 months, this rate remained below 17%. Results indicated that the optimal age of cocoa plants for a better success in the field is 5 months.

*Key Words:* Crowning, flowering, mortality, nursery, *Theobroma cacao*

## INTRODUCTION

Le cacao est principalement cultivé dans les régions tropicales d'Amérique centrale et du Sud, d'Asie et d'Afrique (Marita *et al.*, 2001) et est exploité commercialement pour la production de graines destinées principalement à la fabrication de chocolat. Toutefois, les dérivés et sous-produits du cacao sont également transformés en produits cosmétiques, boissons de qualité, gelées, glaces et jus (De Almeida et Valle, 2009). La culture du cacaoyer a été introduite en Côte d'Ivoire, en partie sud du pays (Anonyme, 2005), où les conditions pédoclimatiques lui étaient favorables. L'utilisation des techniques nouvelles et modernes de culture proposées aux producteurs de l'ensemble des zones de production par la recherche a permis à la Côte d'Ivoire d'être depuis plus de 40 ans le premier pays producteur mondial de cacao avec 2, 010 millions tonnes (ICCO, 2017).

Malheureusement, la durabilité de la cacao-culture est compromise par de nombreuses contraintes (Assiri *et al.*, 2015) dont les majeures sont la recrudescence des maladies et ravageurs, le non-respect des recommandations culturelles et les conditions pédoclimatiques de plus en plus défavorables. Ainsi, pour améliorer les rendements des producteurs, le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) a proposé de nouveaux hybrides caractérisés par la précocité de production, une production élevée et une forte vigueur. Mais, la pratique des producteurs qui consiste à utiliser des pépinières de cacaoyers âgés de huit mois et plus, se soldent parfois par des échecs en plantation dus à une mauvaise reprise après la plantation.

La présente étude a été entreprise pour identifier l'âge optimal des pépinières pour la transplantation des cacaoyers afin d'améliorer le taux de réussite au champ.

## MATERIELS ET METHODES

**Zone d'étude.** L'étude a été conduite à la station de recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) localisée dans le département de Divo, dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. Cette station située à 200 Km au Nord-ouest d'Abidjan entre 5°48' latitude nord et 5°18' longitude ouest, est à 17 km de la ville de Divo. Cette ville est située dans le département de Divo qui présente un relief ondulé avec des altitudes comprises entre 101 et 200 m au-dessus de la mer. La végétation, jadis, constituées de forêt dense semi-décidue, est réduite à une mosaïque de reliques forestières à cause des activités agricoles et l'exploitation forestière. Cette végétation est composée de jachères arbustives et de jachères à *Chromolaena odorata* et à *Panicum* sp. L'humidité moyenne de 85% connaît de fortes variations saisonnières. La température moyenne de 27°C varie annuellement de 19 à 33°C et la durée d'insolation annuelle entre 1800 et 2000 heures. La zone de Divo est caractérisée par des vergers de cacaoyers sénescents dont l'âge moyen est de 22 ans (Aguilar *et al.*, 2003).

**Matériel végétal.** Le matériel végétal utilisé dans cette étude est composé d'un mélange d'hybrides provenant de trois croisements : C 306 × C 421, UPA 603 × C 409 et UPA 608 × C 412. Ces hybrides sont des variétés améliorées de cacaoyers issues de pollinisation

contrôlée. Ils sont généralement vigoureux et, caractérisés par la précocité et la haute production.

### Méthodes

**Réalisation de la pépinière et obtention des plants.** La pépinière a été faite en utilisant des sachets de dimensions 20 cm x 15 cm. Ces sachets ont été remplis avec 2 Kg de la terre arable de forêt. Chaque sachet a reçu une fève semée à plat à 1 cm de profondeur. La mise en place de la pépinière s'est étalée de Septembre 2013 à février 2014. Pour ce faire, à partir de septembre, un semis a été fait chaque mois, à partir d'un mélange de fèves de cabosses des trois types d'hybrides. Ce processus a permis d'obtenir des plants âgés de 3, 4, 5, 6, 7 et 8 mois au moment de la plantation en mai 2014.

**Dispositif expérimental et plantation.** Le dispositif expérimental était un bloc de Fisher avec 3 répétitions de 6 traitements. Chaque traitement est représenté par 2 lignes de 12 cacaoyers. Les cacaoyers ont été installés sur la parcelle au mois de mai 2014 aux écartements 3 m x 2,5 m, sous ombrage de bananiers préalablement plantés à la même densité que les cacaoyers soit 1333 bananiers.ha<sup>-1</sup>. Les blocs ont été séparés de 9 m. Chaque bloc était entouré d'une bordure constituée par une ligne et un rang de cacaoyers. La superficie totale de l'essai est de 0,32 ha. Chaque traitement constitué par l'âge des cacaoyers a la plantation a été composé de 72 plants. Les traitements sont :

T1 : cacaoyers âgés de 3 mois en pépinière  
 T2 : cacaoyers âgés de 4 mois en pépinière  
 T3 : cacaoyers âgés de 5 mois en pépinière  
 T4 : cacaoyers âgés de 6 mois en pépinière  
 T5 : cacaoyers âgés de 7 mois en pépinière  
 T6 : cacaoyers âgés de 8 mois en pépinière

Les paramètres évalués ont été regroupés en caractères agromorphologiques et de production.

### Paramètres agromorphologiques

**Plants en pépinière.** Les mesures prises sur les plants en pépinière ont été effectuées avant la transplantation. Un lot de 10 plants de chaque traitement a été prélevé en pépinière et le système racinaire a été délicatement débarrassé du sable et rincé. Des observations du système racinaire ont été effectuées sur des plants à différents âges pour détecter la présence ou non de déformations (- : absence de déformations ; + : présence de déformations). Ensuite, les mesures de la hauteur des plants, la longueur des pivots et les diamètres au collet ont été évaluées respectivement à l'aide d'un mètre ruban et d'un pied à coulisse. Le nombre de feuilles et d'attaches des racines secondaires a été déterminé par comptage. Ces racines ont été délicatement sectionnées à leur point d'attache à l'aide d'un couteau et leur poids frais a été évalué à l'aide d'une balance de précision au millième près (Scout Pro). Pour la détermination du poids sec, les racines ont été placées dans l'étuve (Binder) à 50°C pendant 48 heures. Pour chaque paramètre, la moyenne a été calculée.

### Plants en champ

**Mesure de croissance.** Les premières mesures de diamètre au collet à 10 cm au-dessus de la surface du sol et de hauteur des plants ont été effectuées, 30 jours après la plantation. Ce délai correspond à la reprise de la croissance après le repiquage. Ces mesures faites sur tous les plants de chaque traitement (60 plants), ont été renouvelées à 6 et 12 mois après la plantation. L'accroissement moyen semestriel et annuel des diamètres au collet et hauteurs des plants ont été calculés selon la formule ci-dessous :

Accroissement (cm) = [ $T_x$  (Diamètre ou hauteur) -  $T_0$  (Diamètre ou hauteur)] / NP  
 T0 : mesure de diamètre ou hauteur 30 jours après la plantation ; Tx : mesure de diamètre

ou hauteur à 6 ou 12 mois après la plantation ;  
NP : nombre total de plants vivants

$$TFr = \frac{NFr}{NP} \times 100$$

**Taux de mortalité.** Pour déterminer le taux de mortalité, 1 mois après la plantation puis tous les 3 mois, les cacaoyers vivants et morts ont été dénombrés dans tous les traitements. Ce processus a été fait sur 15 mois. Le taux de mortalité des plants a été calculé selon la formule suivante :

$$TM = \frac{NM}{NP} \times 100$$

TM : Taux de mortalité ; NM : nombre de cacaoyers morts ; NP : nombre total de cacaoyers plantés

**Paramètres de production.** Les paramètres de production retenus étaient le couronnement, la floraison et la fructification. Le couronnement et la floraison des arbres ainsi que la présence de chérelles sur les cacaoyers ont été évalués par comptage, huit mois après la plantation. Ces relevées ont été renouvelés tous les 6 mois jusqu'à 26 mois après la plantation. Les taux de couronnement, de floraison et de fructification (formation de chérelles et/ou cabosses) des cacaoyers ont été calculés.

$$TC = \frac{NC}{NP} \times 100$$

TC : Taux de couronnement ; NC : nombre de cacaoyers couronnés ; NP : nombre total de cacaoyers plantés

$$TF = \frac{NF}{NP} \times 100$$

TF : Taux de floraison ; NF : nombre de cacaoyers fleuris ; NP: nombre total de cacaoyers plantés

TF : Taux de fructification ; NFr : nombre de cacaoyers avec chérelles/cabosses ; NP : nombre total de cacaoyers plantés

**Analyse statistique.** Les taux de mortalité, de couronnement, floraison et fructification des plants ont été comparés par des tests de Khi<sup>2</sup> et de Monte Carlo. Les données de croissance, (diamètre au collet et hauteur) ont été soumises à une analyse de variance. Les tests de Newman-Keuls (SNK) ont permis de comparer le nombre de plants avec couronnement et floraison et fructification, de même que les accroissements de hauteurs et de diamètres au collet des plants, à l'aide du logiciel XLSTAT.

## RESULTATS

**La croissance et le développement des organes végétatifs des plants de cacaoyers en pépinière.** Les résultats présentés dans le Tableau 1 ont montré que les plants les plus âgés (8 mois) ont enregistré les valeurs les plus élevées de diamètre au collet, de hauteur, du nombre de feuilles et de poids frais et sec des racines (Tableau 1). Par contre, la valeur du nombre d'attaches racinaires est la plus faible. L'analyse statistique des données a relevé une différence significative par rapport aux autres traitements. Ces derniers ne présentent aucune différence pour ce qui concerne le nombre d'attaches racinaires. Par contre, pour les autres paramètres de croissance, des différences sont parfois constatées. La déformation des racines a été observée chez les plants de pépinière âgés de 7 et 8 mois.

**Le taux de mortalité des cacaoyers au champ.** La Figure 1 présente l'évolution du taux de mortalité des hybrides de cacaoyers mis au point par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) après la

TABLEAU 1. Evolution de la croissance des systèmes aérien et racinaire du cacaoier en fonction de la durée des plants en pépinière

Paramètres évalués	Age des plants en pépinière (mois)					
	3	4	5	6	7	8
Diamètre collet (cm)	0,514 d	0,568 d	0,672 c	0,794 b	0,865 ab	0,914 a
Hauteur (cm)	39,9 e	47,4 d	52 d	74,7 c	87,12 b	112,45 a
Nombre de feuilles	7,6 c	9,9 c	10,2 c	18,7 b	19,9 b	30,7 a
Long du pivot (cm)	16,7 a	17 b	19,8 ab	20,1 a	20,55 a	22,07 a
Poids Frais racines (g)	0,157 b	0,259 b	0,334 b	0,564 a	0,601 a	0,694 a
Poids sec racines (g)	0,142 c	0,255 bc	0,256 bc	0,3 bc	0,422 ab	0,502 a
Attaches racinaires	64,2 a	73,4 a	62,5 a	59,3 a	59,6 a	36,4 b
Déformations racinaires	-	-	-	-	+	+

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne sont statiquement comparables (Test de Newman-Keuls, P = 5 %) ; - : absence de déformation ; + : présence de déformations

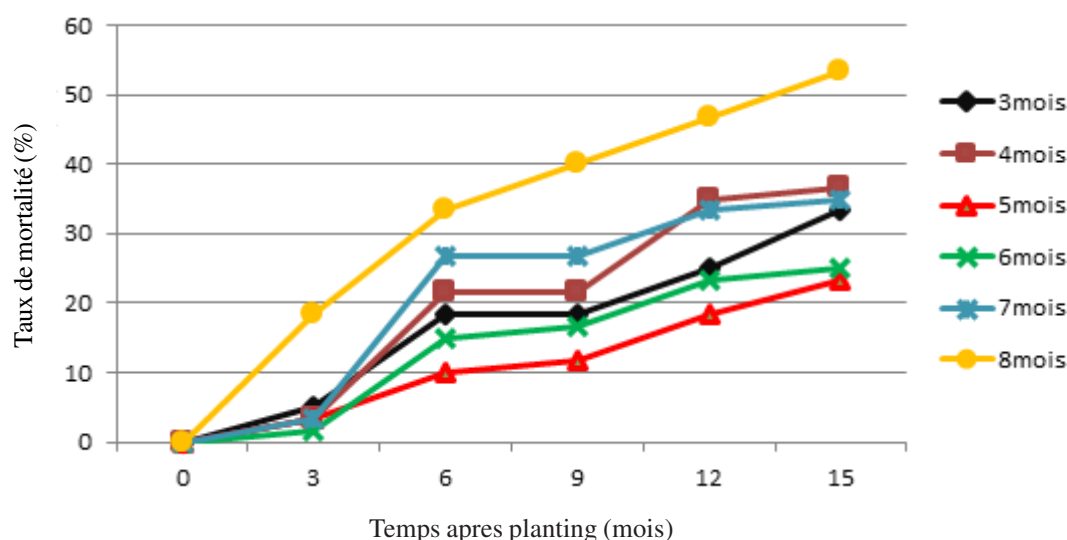


Figure 1. Evolution du taux de mortalité des différentes pépinières de cacaoiers après planting.

plantation. Le taux de mortalité des plants de 8 mois le plus élevé, était passé de 18,33% à 53,33% respectivement 3 à 15 mois après la plantation. Cependant, les faibles taux de mortalité ont été enregistrés pour les traitements de 5 et 6 mois avec 23,33 et 25%. Les jeunes pépinières de 3 à 4 mois et celle de 7 mois ont eu des taux de mortalité intermédiaires.

### La croissance des cacaoiers au champ.

L'évolution de la croissance des cacaoiers évaluée par l'augmentation du diamètre au collet et de la hauteur des plants est présentée dans le Tableau 2. Les plants transférés au champ à l'âge de 5 mois ont subi une forte croissance diamétrale (0,92 cm) et en hauteur (47,75 cm) après 6 mois. L'analyse statistique a relevé une différence significative entre les

traitements. Les plants de 3 ; 6 ; 7 et 8 mois ont eu des taux d'accroissement statistiquement identiques en diamètre (0,70 cm à 0,88 cm) et en hauteur (39,95-45,07 cm). Les plants de 4 mois ont obtenu le plus faible taux d'accroissement en diamètre (0,69 cm). Après 12 mois de plantation, les taux d'accroissement du diamètre au collet et de la hauteur sont statistiquement identiques pour tous les traitements (Tableau 2).

**Effet de l'âge des pépinières sur le taux de couronnement des cacaoyers au champ.** Le Tableau 3 montre que le couronnement des

cacaoyers a commencé 8 mois après le transfert au champ des pépinières quel que soit l'âge des plantules. Ces taux de couronnement étaient faibles (moins de 10%) et n'étaient pas significativement différents. Malgré l'augmentation du taux de couronnement, c'est après 20 mois qu'il a été supérieur à 50%. Après 26 mois de plantation, les pépinières âgées de 5, 6 et 7 mois avaient eu les taux de couronnement les plus élevés (82 à 85%). Elles ont été suivies de ceux de 3 et 4 mois (72,1-76%). Enfin, les plants de 8 mois ont eu un taux de 60%.

TABLEAU 2. Influence de l'âge des plants de cacaoyer en pépinière sur leur croissance diamétrale et en hauteur au champ

Age des plants en pépinière	Accroissement semestriel (cm)		Accroissement annuel (cm)	
	Diamètre au collet	Hauteur	Diamètre au collet	Hauteur
3 mois	0,75 ab ± 0,36	41,78 ab ± 21,77	2,26 a ± 0,82	120,19 a ± 61,22
4 mois	0,69 b ± 0,371	41,60 ab ± 22,97	2,10 a ± 0,86	114,70 a ± 64,29
5 mois	0,92 a ± 0,370	47,75 a ± 23,01	2,33 a ± 0,853	114,43 a ± 64,58
6 mois	0,84 ab ± 0,371	39,95 ab ± 22,53	2,14 a ± 0,857	99,32 a ± 62,52
7 mois	0,88 ab ± 0,366	45,07 ab ± 22,65	2,44 a ± 0,845	113,56 a ± 64,37
8 mois	0,70 ab ± 0,375	31,54 b ± 23,02	2,02 a ± 0,851	97,86 a ± 65,04
F	2,935	2,184	1,182	1,211
P	0,014	0,057	0,319	0,305

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même ligne sont statistiquement comparables (Test de Newman-Keuls, P = 5 %)

TABLEAU 3. Evolution du taux de couronnement des cacaoyers en fonction de la durée de pépinière

Age des plants en pépinière	Taux de couronnement (%) des cacaoyers après plantation au champ			
	8 Mois	14 Mois	20 Mois	26 Mois
3 Mois	9,3 a	28,9 ab	69,0 a	76,2 ab
4 Mois	5,4 a	21,6 ab	61,70 ab	72,1 ab
5 Mois	8,5 a	36,84 ab	78,43 ab	82,2 a
6 Mois	9,3 a	25 ab	82,22 a	85,7 a
7 Mois	9,1 a	42 a	73,33 ab	84,4 a
8 Mois	9,8 a	15,6 b	56,3 b	60 b

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne sont statistiquement comparables (Test de Khi 2, P = 5 %)

**Effet de l'âge des pépinières sur la floraison des cacaoyers au champ.** L'analyse du Tableau 4 a montré que la floraison des cacaoyers qui a démarré 14 mois après la plantation a été identique pour les traitements 3, 5, 6 et 7 mois mais aucune floraison n'était observée chez les plants de 4 et 8 mois. L'analyse statistique a révélé, 20 mois après la plantation, une différence significative entre les taux de floraison des cacaoyers en fonction de la durée en pépinière. En effet les plants de 7 mois ont eu le taux le plus élevé tandis que celui de 8 mois a été le plus faible. Cette floraison a progressé lentement. Vingt-six mois après la plantation, les plants de 5 mois ont obtenu le taux de floraison le plus élevé

(60,03%), suivis des plants de 6 mois (49%). Le taux de floraison le plus faible est obtenu avec les plants de 8 mois (20,0%).

**Effet de l'âge des pépinières sur la production de fruits au champ.** La formation des fruits (chêrelles et cabosses) a été observée dans tous les traitements, 20 mois après plantation (Tableau 5), avec des taux inférieurs à 15%. Après 26 mois de plantation, les taux de fructification des plants de 5, 6 et 7 mois ont été les plus élevés et statistiquement identiques entre eux et plus élevé tandis que le taux le plus faible a été celui des plants de 8 mois avec 12,5% de fructification

TABLEAU 4. Evolution du taux de floraison des cacaoyers en fonction de la durée de pépinière

Age des plants en pépinière	Taux de floraison (%) des cacaoyers après plantation au champ			
	8 Mois	14 Mois	20 Mois	26 Mois
3 Mois	-	2,20 a	21,4 ab	38,1 bc
4 Mois	-	0 b	17 ab	44,2 abc
5 Mois	-	7,0 a	27,5 a	60,03 a
6 Mois	-	1,90 a	17,8 ab	49 ab
7 Mois	-	6a	31,1 a	48.9 abc
8 Mois	-	0 b	6,3 b	20,0 c

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne sont statistiquement comparables (Test de Khi 2 P = 5 %)

TABLEAU 5. Taux de fructification des cacaoyers en fonction de la durée de pépinière

Age des plants en pépinière	Taux de fructification (%) des cacaoyers après plantation au champ			
	8 Mois	14 Mois	20 Mois	26 Mois
3 Mois	-	-	12,24 a	16,7 ab
4 Mois	-	-	14,29 a	16,3 ab
5 Mois	-	-	13,46 a	27,5 a
6 Mois	-	-	14,89 a	33,3 a
7 Mois	-	-	11,63 a	31,1 a
8 Mois	-	-	11,76 a	12,5 b

Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne sont statistiquement comparables (Test de Khi 2; P = 5 %)

## DISCUSSION

### **Effet de l'âge des pépinières sur la croissance et le développement des systèmes aérien et souterrain des cacaoyers en pépinière.**

L'analyse de la croissance des cacaoyers en pépinière a montré de façon générale, une évolution des dimensions des organes mesurés (Tableau 1). En effet, au niveau de la croissance du système aérien (diamètre au collet, hauteur du plant, nombre de feuilles), les plants âgés de 8 mois ont eu des dimensions significativement supérieures à celles des plants des autres durées de pépinière tandis que ceux de 3 mois avaient les dimensions les plus petites. Les résultats avaient également montré qu'au niveau du système racinaire, les plants de 8 mois ont obtenu la longueur de pivot (22,07), le poids frais des racines (0,694 g) et sec (0,502 g) les plus élevés par rapport aux autres traitements. En effet, La croissance des plantes peut être définie comme une augmentation du volume et / ou de la masse des plantes avec ou sans formation de nouvelles structures telles que des organes, des tissus, des cellules ou des organites cellulaires (Brukhin et Morozova, 2011). Et celle-ci, mesurable dans le temps, commence par les divisions cellulaires dans les zones méristématiques suivies de leur élongation. En effet, cette affirmation justifie donc que les plants plus âgés en pépinière, auraient inéluctablement eu les caractéristiques morphométriques les plus élevés par rapport aux plants plus jeunes. Cependant, au niveau des attaches racinaires, le plus faible nombre d'attaches racinaires (36,4) a été obtenu avec les plants âgés de 8 mois. Cela pourrait s'expliquer par une faible rhizogénèse ou par la perte des radicelles dans les parties basses du pivot. Quant à la présence de déformations au niveau du système racinaire des plants de 7 et 8 mois, elle est due au fait que le sachet constitue un obstacle. Pour continuer sa croissance, la racine doit explorer l'espace disponible. Ce phénomène a été constaté par Hansenn-catania *et al.* (2012) sur les systèmes

racinaires des plants cultivés en pots. En effet, selon ces auteurs, le moment d'apparition des déformations dépend de la vitesse de croissance des racines, de la durée de séjour de la plante en pot et de sa taille.

### **Effet de l'âge des pépinières des plants de cacaoyers sur le taux de mortalité au champ.**

L'analyse des taux de mortalité des cacaoyers après transplantation au champ a montré que les plants de 8 mois ont obtenus le taux de mortalité le plus élevé (18%) par rapport aux cacaoyers des autres traitements (1,66-3,33%) au bout de 3 mois. Cette tendance est restée inchangée, 15 mois après planting, soit 53% pour les plants de 8 mois contre 23 et 25% respectivement pour les plants de 5 et 6 mois. Ce fort taux de mortalité en champ pour les plants les plus âgés (7 et 8 mois) après transplantation (Fig. 1), pourrait être dû à la déformation du système racinaire et au nombre insuffisant de radicelles causé par le long séjour dans les sachets. Nos résultats corroborent avec les propos de Durand (2005), qui affirme que les mauvaises reprises de végétaux, les nombreux dysfonctionnements et sensibilité, les dépérissements et la mort des jeunes plants ont, en général des causes multiples, cependant, l'une des causes majeures de mortalité est la mauvaise qualité des systèmes racinaires des plants élevés en conteneurs et laissées trop longtemps dans ces derniers. En effet, l'établissement d'une plante après la transplantation dépend de sa nutrition hydrominérale qui est fonction des radicelles munies de poils absorbants. La spiralisation et l'orthotropie des racines latérales plagiotropes engendrées par ces déformations diminuent la capacité de développement des racines après plantation en limitant l'utilisation des ressources en eau et en fertilisants du sol. Elles nuisent aussi à l'ancrage stable et durable des plants qui pourraient être déracinés par les vents. De plus, lorsque le pivot est déformé, le point de courbure peut constituer une zone d'entrée des agents pathogènes telleriques dans la plante et provoquer la maladie. Au total,



ces déformations limitent le potentiel de reprise et de croissance des végétaux. Ce qui a conduit Hansenn-Catania *et al.* (2012), à dire que la présence de déformation au niveau des pivots affecte le végétal en réduisant sa résistance aux stress (abiotiques : température, eau, sol... et biotiques : maladies, insectes...). Par contre, chez les jeunes plants de pépinière de 3 à 6 mois, les plus faibles taux de mortalité au champ pourraient s'expliquer à la fois par la densité des racelles matérialisée par le nombre d'attaches des racines et l'absence de déformations. En effet, les racelles portent les poils absorbants qui contribuent à la nutrition hydrominérale des plants. Plus ils sont nombreux et plus la plante tire au maximum les nutriments du substrat. Les pivots non déformés assurent un bon ancrage de la plante et une meilleure prospection du sol (Hansenn-catania *et al.*, 2012) ; ce qui contribue à réduire les mortalités au champ.

**Effet de l'âge des pépinières des plants de cacaoyers sur la croissance au champ.** La croissance des cacaoyers évaluée par l'accroissement diamétrale et l'allongement des plantules au champ a été plus forte chez les plants âgés de 5 mois après 6 mois de transplantation. Cette différence serait due au fait que ces plantules ont présenté les caractéristiques morphophysiologiques les mieux adaptées. En effet, l'analyse des données morphométriques montre que les plants de 5 mois peuvent être classés soit parmi les jeunes plants (3 et 4 mois) pour certains paramètres (diamètre au collet, hauteur, nombre de feuilles, poids des racines ...) soit parmi les plants plus âgés (6, 7 et 8 mois) pour d'autres. Cette position intermédiaire, c'est-à-dire celle d'être classés soit parmi les jeunes plants (3 et 4 mois), soit parmi les plants âgés (6, 7 et 8 mois), leur permet d'être plus flexibles vis-à-vis des facteurs de l'environnement (climat, sol...) car ayant un système racinaire non déformé et dense leur permettant un bon ancrage et une meilleure absorption d'eau et des nutriments, un nombre de feuilles assez

réduit leur permettant de limiter la perte d'eau par évapotranspiration, ce qui a contribué aux meilleurs accroissements des diamètres et hauteurs observés. La plus faible croissance enregistrée chez les plants de 8 mois serait liée aux difficultés de reprise au champ : la faible quantité de racelles, couplé aux déformations des racines, réduisent l'absorption de l'eau et des nutriments tandis que le nombre élevé de feuilles favorise la perte d'eau par transpiration. L'absence de différence dans la croissance des plants, un an après leur transfert au champ pourrait s'expliquer par le fait qu'ils ont été tous acclimatés. Cette adaptation leur a permis de mettre en place une stratégie pour mieux répondre aux perturbations environnementales

**Effet de l'âge des pépinières des plants de cacaoyers sur le taux de couronnement au champ.** Le couronnement est un paramètre de reproduction, car il constitue la phase de maturité de l'arbre (De Almeida et Valle, 2008). Il intervient après un certain temps de croissance végétative. Le couronnement des cacaoyers est intervenu au bout de 8 mois de plantation. En effet, le couronnement de cacaoyers est généralement appelé ramification chez toutes les plantes. Ce processus intervient lorsque la dominance apicale est levée. Chez le cacaoyer, la ramification intervient lorsque le végétal a atteint un certain niveau de développement, soit environ 1,5 m de hauteur (Mossu, 1990). Selon Lachenaud (1991), le tronc de l'arbre provenant du développement de l'axe épicotylé, cesse entre 6 et 18 mois pour former la couronne. De même selon les travaux effectués par Braudeau (1969), les cacaoyers traditionnellement cultivés couronnent vers l'âge de 18 mois alors que chez les cultivars améliorés, le couronnement intervient à 8 mois. Les résultats de ce travail corroborent avec ceux de ces auteurs car les hybrides utilisés ont été améliorés et sont précoces. Au moment du couronnement, les valeurs moyennes des diamètres et hauteurs calculées étaient respectivement autour de 2 cm et 1m. D'une manière générale, lors du

couronnement, la croissance du tronc ou tige principale s'interrompt pour donner naissance à 5 branches formant la couronne ; ce qui a d'ailleurs réduit la croissance en hauteur des plants âgés matérialisée par le taux d'accroissement (Tableau 2). Huit mois après le transfert au champ jusqu'à plus de 2 ans après le transfert au champ, les taux de couronnement sont passés d'environ 10% à 80% sans toutefois être différents statistiquement entre eux. Cependant, les plants de 5 mois ont eu un plus grand nombre d'arbres couronnés. L'augmentation des taux de couronnement pourrait s'expliquer par l'acquisition progressive par les plants de l'aptitude au couronnement. Cette aptitude a été plus forte pour les plants âgés de 5 mois lors du transfert au champ dans la mesure où ces derniers ont probablement atteint plus vite et en plus grand nombre la taille requise pour la formation de la couronne.

#### **Effet de l'âge des pépinières des plants de cacaoyers sur la production au champ.**

L'entrée en production se traduit par la floraison et l'apparition des chérelles sur les cacaoyers. La floraison a démarré 14 mois après la plantation chez les cacaoyers au champ dans certains traitements mais c'est après 2 ans que la majorité des cacaoyers ont fleuri. Cette acquisition de la maturité de floraison est fonction du génotype. De même, la production de chérelles (cabosses) a été effective 2 ans après plantation. En effet, les travaux de Deheuvels (2003) ont mentionné que les variétés précoces de cacaoyer, entrent en production en année 3, soit 2 ans après transplantation. L'analyse statistique a fait apparaître trois groupes de plants selon son âge au moment du transfert au champ. Les plants âgés de 5, 6 et 7 mois ont eu les meilleurs taux de fructification (environ 30%) et le plus faible taux a été trouvé chez les plants plus âgés (8 mois). Les plants de 3 et 4 mois ont eu une production intermédiaire (16%). Cette différence de production des plants pourrait s'expliquer par la différence de vigueur lors de leur transfert au champ ainsi que le délai de

reprise des fonctions physiologiques. En effet, le choc de transplantation a été effectif chez tous les plants. Cependant, chez les jeunes plants de 3 et 4 mois avec de plus petites mensurations et les plants de 8 mois qui ont eu une très forte vigueur et un système racinaire réduit et déformé, le choc de transplantation a été plus intense. Cela a provoqué un retard de démarrage de certaines fonctions biologiques par rapport aux autres plants, ce qui a impacté en définitive sur leur production. Le choc de la transplantation qui est un état de détresse lié à des blessures, à l'épuisement et à une altération des fonctions biologiques (débourrement, accroissement et photosynthèse ...), est généralement provoqué par une perte du système racinaire (Struve, 2009), lorsque les semis sont transplantés d'un conteneur dans un champ (Gauthier *et al.*, 2014). Ainsi, la croissance des racines, l'accumulation et la répartition de la biomasse, la photosynthèse, la teneur en chlorophylle des feuilles, les relations entre l'eau et les plantes, l'absorption de nutriments, la respiration, la floraison et la production sont tous affectés par la restriction des racines (NeSmith et Duval, 1998). De façon générale, ce résultat montre que l'entrée en production des plants de cacaoyers n'est pas directement influencée par leur âge en pépinière mais par les valeurs intrinsèques des hybrides étudiés, cependant l'âge des plants peut influencer le nombre de pieds de cacaoyer entrant en production.

#### **CONCLUSION**

Les résultats de cette étude ont montré que les plants de 5 et 6 mois ont eu les plus forts taux de survie (77 et 75%) alors que pour ceux de 8 mois le taux a été le plus faible (47%) quinze mois après leur transfert au champ. En outre, les plants transférés au champ à l'âge de 5 mois ont subi une forte croissance diamétrale (0,92 cm) et en hauteur (47,75 cm) après 6 mois. Même si après un an, il n'y avait pas de différence significative au niveau de la croissance diamétrale et en hauteur. Les plants âgés de 5 mois ont obtenus un taux de

couronnement élevé de 82,2%, de même que le plus fort taux de floraison (60%). Enfin, les plants de 5 mois à la plantation ont donné l'un des taux de fructification les plus élevés (27,5%). Au vu de toutes ces performances, les plants de 5 mois peuvent être recommandés pour la plantation afin de favoriser une meilleure réussite au champ.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aguilar, P., Paulin, D., Keho, Y., N'Kamleu, G., Raillard, A., Deheuvels, O., Petithuguenin, P. et Gockowski, J. 2003. L'évolution des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire entre 1995 et 2002. In: Actes de la 14<sup>ème</sup> conférence internationale sur la recherche cacaoyère. Accra, Ghana, 18-23 Octobre 2003. pp. 11167-1175.
- Anonyme, 2005. Ambassade de France en Côte d'Ivoire. Mission économique. Le cacao en Côte d'Ivoire. Fiche de synthèse. 4p.
- Assiri, A.A., Konan, A., N'guessan, K.F., Kébé, B.I., Kassin, K.E., Couloud, J.Y., Yapo, A.R., Yoro, G.R. et Yao-Kouamé, A. 2015. Comparaison de deux techniques de replantation cacaoyère sur antécédents culturels non-forestiers en Côte D'ivoire. *African Crop Science Journal* 23(4):365 - 378.
- Braudeau, J. 1969. Le cacaoyer. Techniques agricoles et productions tropicales, Maisonneuve et Larose, Paris, France. 304p.
- Brukhin, V. et Morozova, N. 2011. Plant growth and development basic knowledge and current views. *Math. Model. Nat. Phenom.* 6(2):1-53 DOI : 10.1051. 54p.
- De Almeida, A.A.F. et Valle, R.R. 2008. Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19(4):425-448.
- De Almeida, A.A.F. et Valle, R.R. 2009. Cacao: Ecophysiology of growth and production. In: *Ecophysiology of tropical tree crops*. ISBN 978-1-60876-392-4. Nova Publisher Inc. 34p.
- Deheuvels, O. 2003. Dynamiques de plantation / replantation cacaoyère en Côte d'Ivoire: Comparaison de choix techniques avec Olympe. CIRAD-CP. Programme cacao. 13p.
- Gauthier, N.W., Kaiser, C. et Klahr, M. 2009. Transplant Shock: Disease or Cultural Problem? Cooperative Extension service University of Kentucky College of agriculture, Food and Environment PFFS-OR-W-19. 10p.
- Hansen-Catania, S. et Miquel, M. 2012. Cernage aérien des systèmes racinaires en culture en pots biodégradables à parois pénétrables par les racines. 4p.
- ICCO, 2017. Quarterly bulletin of cocoa statistics November 2017. <https://www.icco.org/...cocoa.../29-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics>
- Lachenaud P. 1991. Facteurs de fructification chez le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) : Influence sur le nombre de graines par fruit. Thèse de doctorat de l'Institut National d'Agronomie Paris-Grignon. 186pp.
- Marita J.M., Nienhuis J., Pires J.L., Aitken W.M., 2001. Analysis of genetic diversity in *Theobroma cacao* with emphasis on wicche's broom disease resistance. *Crop Science* 41:1305-1316.
- NeSmith, D.S. et Duval, J.R. 1998. The effect of container size Hort. Technology October-December 1998 8(4):4.
- Struve, D. 2009. Tree establishment : A review of some of the factors affecting transplant survival and establishment. *Arboriculture & Urban Forestry* 35(1):10-13.