



Inventaire des méthodes de production de semenceaux d'igname (*Dioscorea* spp) : une revue de la littérature

Dibi Konan Evrard Brice*¹, Kouakou Amani Michel¹, Camara Brahim², N'zue Boni¹ et Zohouri Goli Pierre¹

¹Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Côte d'Ivoire 01 BP 1740 Abidjan, Tél. (225) 22 48 96 24, Fax. (225) 22 48 96 11. 01 BP 583 Abidjan

²Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire,

*Email du correspondant : dibikonan@yahoo.fr

Keywords: Yam, seeds, production method, Côte d'Ivoire

Mots clés : Igname, semenceaux, méthode de production, Côte d'Ivoire

1 RESUME

L'igname reste l'une des rares cultures dont les techniques culturales ont connu très peu d'amélioration en Côte d'Ivoire alors que de nombreux travaux ont été réalisés sur ses méthodes de production. L'augmentation de la pression démographique et foncière en Côte d'Ivoire entraîne une très forte demande de nos jours en semences d'igname. Il est donc nécessaire de trouver une voie alternative pour la production de semenceaux indépendamment des récoltes, afin d'accroître la productivité de l'igname. Cette étude d'inventaire des différentes méthodes de production de semenceaux d'igname existantes dans la littérature a été conduite dans le but de mettre à la disposition des chercheurs des données fiables dans un document scientifique. Plusieurs méthodes ont été identifiées et décrites. Il s'agit entre autres des techniques de production traditionnelle de semenceaux d'igname, de production de semenceaux d'igname à partir de mini-fragments ou minissetts, de production de semenceaux d'ignames par la culture *in vitro*, de sevrage des plantes et repiquages successifs du tubercule, de multiplication par bulbille et de bouturage *in vivo* des tiges aériennes d'igname. Parmi les méthodes de production d'igname qui existent, la technique des mini-fragments et celle du bouturage des tiges aériennes permettent d'améliorer significativement le taux de multiplication et peuvent facilement être adaptées au milieu paysan.

ABSTRACT

Yam remains one of the few crops whose cultivation techniques have experienced little improvement in Côte d'Ivoire with much work carried out on its production methods. The increase of population and land pressure in Côte d'Ivoire leads to a very high demand of good yam seeds. It is therefore necessary to find an alternative method for the production of seed regardless of crops to increase yam productivity. This inventory study of different methods of yams seeds production in the literature was conducted in order to provide reliable data for researchers in a scientific paper. Several methods have been identified and described. This is among other traditional production techniques of yam seeds, production



of yam seeds from by minissetts, by *in vitro* culture, by withdrawal of plants and successive subcultures of the tuber, multiplication by cuttings from bulbille or yam vine. Among the production methods of yam that exist, the minissetts and *in vivo* yam vine cuttings allow to significantly improve the multiplication rate and can easily be adapted for implementation by farmers.

2 INTRODUCTION

L'igname (*Dioscorea spp*) de la famille des *Dioscoreaceae*, est une plante à tubercules de grande importance alimentaire, économique et socioculturelle dans le monde tropical et surtout en Afrique de l'Ouest. L'igname occupe une place importante parmi les cultures vivrières produites en Côte d'Ivoire. Elle est d'ailleurs la première culture vivrière non céréalière avec une production supérieure à 5,5 millions de tonnes en 2011 produite sur une superficie de plus de 830 000 ha (FAO, 2013). La consommation annuelle par habitant est passée de 105 kg à 120 kg au cours de la dernière décennie (Sylla, 2003). Malgré cette importance, l'igname reste l'une des rares cultures dont les techniques culturales ont connu très peu d'amélioration. La multiplication par voie végétative reste le principal mode de reproduction de cette plante et favorise de ce fait une augmentation du taux de contamination et la disparition progressive de certains génotypes. Cette technique de multiplication végétative présente l'inconvénient qu'une partie non négligeable de

la récolte est conservée comme semences (Hahn, 1995 ; Craufurd *et al.*, 2006). Ce qui réduit la part de la production disponible pour l'alimentation. On estime entre 25 à 50 % en moyenne, la proportion de la récolte d'ignames reconvertie en semenceaux (Onwueme, 1978 ; Foua-bi, 1993 ; Okoli et Akoroda, 1995 ; Zoundjihékpon, 1993 ; Hinvé et Nonfon, 2000 ; Shiwachi *et al.*, 2005). De plus, ce procédé de multiplication est lent et peu adapté dans un programme d'amélioration où l'on recherche à multiplier rapidement des clones sélectionnés ou à tester. Il se pose alors le problème de disponibilité de semenceaux. L'augmentation de la pression démographique et foncière en Côte d'Ivoire entraîne une très forte demande de nos jours. Il est donc nécessaire de trouver une voie alternative pour la production de semenceaux indépendamment des récoltes, afin d'accroître la productivité de l'igname (Okoli et Akoroda, 1995). Le présent document se propose de faire un inventaire des différentes méthodes de production de semenceaux d'igname existantes.

3 PRODUCTION TRADITIONNELLE DE SEMENCEAUX D'IGNAME

L'igname peut être propagée de deux façons, par voie sexuée ou par multiplication végétative. La première voie n'est pratiquement jamais utilisée à cause de la biologie florale de cette plante. En effet, la floraison, la fructification et la germination sont des phénomènes plus ou moins rares et aléatoires. Ainsi, la plupart des variétés agronomiques ne présentent qu'un sexe ou produisent des graines stériles. Cependant, des auteurs (Degras, 1969 ; Lawton et Lawton, 1969 ; Sadik et Okereke, 1975, cités par Espiand, 1983) ont décrit la germination de graines chez diverses espèces. En culture traditionnelle, la multiplication

s'effectue par voie végétative. La plante naît d'un fragment de tubercule appelé bouture ou semenceau mis en terre à la plantation (Wheatley *et al.*, 2002 ; Kim *et al.*, 2003 ; Ile *et al.*, 2006). Traditionnellement, les ignames sont multipliées en plantant des tubercules entiers ou des morceaux de plus de 200 g. Cette technique est connue et pratiquée par l'ensemble des agriculteurs en culture d'igname (Acha *et al.*, 2004 et Otoo *et al.*, 1987). Toutefois, malgré l'adaptation dont cette technique fait l'objet, plusieurs inconvénients liés à sa pratique sont à relever. Le coefficient de multiplication à partir de cette méthode est très limité et de l'ordre de



5. En effet, les fragments utilisés étant grands, ceci impliquerait la plantation d'une quantité relativement importante de matériel végétal (Otoo *et al.*, 1987). Aussi, des tubercules produits doivent-ils être conservés en vue de la plantation suivante. Selon ces mêmes auteurs, la germination des fragments est inégale (car ils sont plantés directement en champ), ce qui prolonge la campagne et intensifie les besoins de sarclage. Les travaux de Mathurin et Degras (1974) ont montré que le taux d'obtention de

plants à partir des fragments de tubercules dépend de la position qu'occupe le fragment sur le tubercule. Ainsi, ces auteurs ont noté l'existence d'une hétérogénéité de germination au niveau du tubercule, avec un gradient longitudinal de précocité, de la partie proximale à la partie distale du tubercule. Une mise en place après la levée de dormance est également possible. Elle suppose un égermage préalable qui retarde la levée mais permet une préparation tardive du sol.

4 PRODUCTION DE SEMENCEAUX D'IGNAME A PARTIR DE MINI-FRAGMENTS OU MINISSETTS

Le semenceau d'igname est un petit tubercule utilisé en agriculture pour reproduire la plante. Les ignames obtenues sont destinées à la consommation (Okoli et Akoroda, 1995). La technique traditionnelle de production de semenceaux ne répond plus aux besoins de la production actuelle. Ainsi, à la fin des années 1970, a été développée une technique qui sépare la production semencière de la production consommable. Il s'agit de la technique des minissetts qui utilise des mini-fragments de tubercules de 20 à 50 g, chacun d'eux ayant une portion de l'épiderme qui est le point de départ de la germination (Okoli et Akoroda, 1995). Notons que cette fragmentation a lieu après sélection des « semenceaux-mères » (tubercules propres et sains pesant de 500 à 1000 g) qui s'opère deux à trois mois après la récolte, c'est-à-dire la levée de la dormance (Otoo *et al.*, 1987). Les mini-fragments de tubercules sont ensuite trempés dans une solution contenant de la cendre de bois et un fongicide (Otoo *et al.*, 1987). Après quoi, ils étaient au départ plantés en pépinière pendant 3 ou 4 semaines où ils sont recouverts d'une couche de sciure de bois arrosée régulièrement pour leur pré-germination. Lorsque cette étape était atteinte, les jeunes plantes étaient transférées au champ (à raison de 80 000 pieds / ha). Avec l'évolution de la technique, la phase de prégermination a été abandonnée. Désormais les mini-fragments ont un poids minimum de 50 g. Ils sont

directement plantés sur des planches à une profondeur de 5 à 7 cm et un écartement de 30 cm entre lignes et 30 cm sur la ligne (à raison de trois lignes par planche). Pour assurer l'homogénéité de la levée, les mini-fragments sont plantés sur des planches différentes selon qu'ils soient issus des 3 parties (tête, milieu, queue) du tubercule. La récolte intervient au bout de 5 à 6 mois de végétation où on obtient tubercules dont le poids unitaire varie de 50 à 1000 g (Otoo *et al.*, 1987). Les tubercules compris entre 100 et 400 g sont les mieux appropriés à l'utilisation semencière. La principale application de la technique des minissetts est la multiplication rapide et la diffusion des variétés améliorées. Toutefois, la technique accroît aussi la qualité des semences au niveau du matériel végétal traditionnel. La fragmentation a permis d'obtenir un coefficient multiplicateur de l'ordre de 30 pour *D. alata*. (Mathurin et Degras, 1974; Degras et Mathurin, 1980). La meilleure production (25 kg/16 plantes, issus d'un même tubercule-mère a été obtenue avec des fragments de 50g au lieu de 200g (8 kg/4 plantes, issus d'un même tubercule-mère). Afin de produire des semences, Kalu (1989) a évalué la production de trois espèces d'ignames (*D. alata*, *D. cayenensis* et *D. rotundata*) au moyen de la technique des minissetts. Ainsi, des fragments de tubercules pesant 20, 25, 30, 35,40g ont fait l'objet des travaux. Ayant fait une prise à trois niveaux (tête, partie médiane, partie distale) sur chaque



catégorie de poids, les fragments venants de la tête ont donnés les meilleurs résultats (en termes de taux de germination et poids moyen de tubercules produits). De plus, il a observé que la meilleure réponse à la technique des minisetts vient de *D. alata* tandis que le résultat le moins bon, est fourni par *D. cayenensis*. Ce dernier résultat est confirmé par Wilson (1989) et Kwadwo (2009). De plus, au niveau du taux de germination en pépinière, l'on a observé 80% pour *D. alata* contre 54% pour *D. rotundata*. De même les rendements obtenus après repiquage au champ, s'élèvent à 11,6 et 4,7 t/ha respectivement pour *D. alata* et *D.*

rotundata. Cependant, la technologie des mini-fragments a développé des échecs en termes de mauvaises repousses et de sensibilité au stress d'humidité dans le sol (Ayankanmi *et al.*, 2005). Une enquête sur la technique des minisetts, menée au Nigéria chez des producteurs d'ignames a montré un faible taux d'adoption de celle-ci (Asiabaka, 1994). Ceux-ci ont évoqué non seulement le coût élevé de la technique, mais aussi de la difficulté de mise en œuvre de la technique et sa méconnaissance. Enfin, une des difficultés serait liée au caractère extensif de la production des ignames nécessitant une main d'œuvre abondante (Chikwendu *et al.*, 1995).

5 PRODUCTION DE SEMENCEAUX D'IGNAMES PAR LA CULTURE *IN VITRO*

Diverses modalités de multiplication végétative de l'igname existent en culture *in vitro*. Les plus utilisées sont la micropropagation par bourgeonnement axillaire et la microtuberisation. En comparant les deux modalités, Ondo ovono *et al.* (2007) ont montré qu'à partir d'un micro-tubercule cultivé sur un milieu MS sans hormone, le taux de multiplication est beaucoup plus élevé qu'à partir d'un nœud et cela sur un temps plus court (16 semaines). En effet, à partir d'un nœud, subcultivé toutes les 28 semaines on peut obtenir 3800 nœuds (coefficient de 15.7) après 21 mois. Si au contraire, on alterne boutures de nœuds et germination de tubercules, le taux de multiplication est 4 fois supérieur. Le découpage des tubercules, permet encore d'améliorer le taux de multiplication. Cela correspond aux observations réalisées précédemment sur les tubercules cultivés en champs (Zoundjhehpon *et al.*, 1995).

5.1 Multiplication par bourgeonnement axillaire : En culture *in vitro*, différents facteurs externes contrôlent la morphogenèse et la croissance des vitroplants de diverses espèces de *Dioscoreacées* et donc leur multiplication par bourgeonnement axillaire. Il s'agit de cytokinines (Mantell et Hugo, 1989) ou d'acide jasmonique (Koda 1997 ; Jasik et Mantell, 2000), d'une teneur élevée en sucres (Balogun *et*

al., 2006) ou de l'âge des explants (Passam, 1995). Parmi ces facteurs, l'acide jasmonique a un effet bénéfique. L'acide jasmonique (JA) est une phytohormone qui appartient à la famille des jasmonates. Les jasmonates sont présents dans tous les organes de la plante (Mithöfer *et al.*, 2005). Ainsi, étant impliqués dans différents phénomènes morphologiques et physiologiques des végétaux (Koda et Kikuta, 1991 ; Koda, 1997 ; Yoshihara *et al.*, 1989 ; Sarkar *et al.*, 2006), ces composés ont été testés en culture *in vitro*. Les travaux de Bazabakana *et al.* (1999) menés chez l'igname *D. alata* ont montré que l'effet des JA ajoutés au milieu de culture *in vitro* est fonction de sa concentration. Ainsi, après un mois de culture de fragments de nœuds de tiges de *D. alata*, sur le milieu de Murashige et Skoog (1962) avec ou sans JA, on constate qu'à forte concentration, le JA inhibe l'apparition des feuilles, et la croissance en longueur des plants. Les concentrations intermédiaires de JA (0,01 à 10 μ M) stimulent la formation de bourgeons axillaires, la tubérisation et la formation des racines.

5.2 Microtuberisation : La production d'organes de réserve peut aussi être considérée comme technique de micropropagation. La culture *in vitro* peut induire la formation d'organes de réserves tels que les microtubercules ou microbulbilles (Ng, 1988)



chez l'igname. Concernant le signal d'induction, il est connu que les feuilles sont les sites de synthèse des composés permettant ou inhibant la tubérisation (Jackson et Prat, 1996; Martinez-Garcia *et al.*, 2002). Malaurie et Trouslot (1995) montrent que plusieurs facteurs physiques et chimiques peuvent également affecter ce phénomène physiologique. La photopériode est l'un des facteurs physiques les plus importants influençant la tubérisation chez l'igname. Différents travaux (Mantell et Hugo, 1989; Vaillant *et al.*, 2005) réalisés chez *D. alata* L. et chez *D. bulbifera* L. montrent que les taux de tubérisation obtenus chez ces deux espèces après douze semaines en culture *in vitro* sont plus élevés en conditions de photopériode de 8 h de lumière et 16 h d'obscurité (50% chez *D. alata* L. et 95% chez *D. bulbifera* L.), qu'en conditions de 16 h de lumière et 8 h d'obscurité (7,5% *D. alata* L. et 12,3% chez *D. bulbifera* L.). La température influence également la tubérisation chez l'igname et chez la pomme de terre (Ng, 1988; Grison, 1991). Il est nécessaire d'avoir une variation de température entre la période lumineuse (25°C) et la période obscure (18 à 21°C) pour le déclenchement de la tubérisation chez l'igname (Forsyth et Van Staden, 1984; Jean et Cappadocia, 1992). Du point de vue des facteurs chimiques, la présence ou l'absence de régulateurs de croissance (ou phytohormones) peut affecter ce phénomène physiologique ainsi que différents éléments du milieu de culture. Ainsi, une faible quantité (2,7 µM) de l'acide naphthalène acétique (ANA) favorise la formation d'un nombre important de microtubercules par plant chez *D. alata*. et de grandes quantités (de 27 et 54 µM) de cette auxine favorisent chez cette même espèce une augmentation de la taille des microtubercules et de la biomasse totale (Jean et Cappadocia, 1992). Les travaux de Mantell et Hugo (1989) ont confirmé l'effet initiateur (à la dose 2,5 µM) de la kinétine (une des cytokines) sur la tubérisation de *D. rotundata*, *D. cayenensis* - *D. rotundata* (cv Kratsi) (Odah, 2002) et de *D. alata* L. (cv Crop Lisbon) (Mantel et Hugo, 1989), ainsi que *D. bulbifera* L. Toutefois, elle inhibe le

développement des microtubercules (poids frais moyen inférieur) chez *D. alata* L. cv Oriental (John *et al.*, 1993) et *D. bulbifera* L. (Forsyth et Van Staden, 1984). Notons toutefois qu'en combinaison avec l'acide abscissique (1 µM), la kinétine (1, 2,5 et 5 µM), bien qu'entraînant une diminution du nombre de microtubercules, favorise une augmentation du poids de chaque tubercule chez le même cultivar de *D. alata* L. (Alhassan et Mantell, 1994). Au niveau des gibbérélines, l'acide gibbérélique inhibe la tubérisation (Kefi *et al.*, 1995). A une forte concentration (2,9 µM), elle change également la texture des microtubercules (forme ovoïde et peau molle) de *D. composita* (Alizadeh *et al.*, 1998). De plus, la littérature montre que les jasmonates sont impliqués dans le processus de la tubérisation chez l'igname (Koda et Kikuta, 1991; Jasik et Mantell, 2000; Bazabakana *et al.*, 2003). Ainsi, Jasik et Mantel (2000) ont cultivé *in vitro* des nœuds de *D. alata* L., *D. cayenensis* Lamk. et *D. rotundata* Poir en présence de JA (10 µM) sous une photopériode de 8 h de lumière / 16 h d'obscurité ou 16 h de lumière / 8 h d'obscurité. Les résultats obtenus ont montré que le JA favorise significativement la formation des microtubercules sous une photopériode de 8 h de lumière / 16 h d'obscurité. Enfin, des concentrations élevées de saccharose (5 à 12 %) dans les milieux de culture induisent la tubérisation chez l'igname (Forsyth et Van Staden, 1984; Alizadeh *et al.*, 1998). C'est le cas chez *D. rotundata* Poir où le taux de tubérisation et le nombre de tubercules par plante sont plus élevés lorsque le taux de saccharose est de 5% sous une photopériode de 12 heures de lumière et de 3% sous une photopériode de 24 heures de lumière (Ng, 1988; Chen *et al.*, 2007). La multiplication végétative *in vitro* présente à priori de nombreux avantages : taux de multiplication inégalé permettant une production de matériel à très grande échelle occupant peu de place et coût réduit par plante produite. Toutefois, plusieurs facteurs peuvent avoir un impact sur l'efficacité de cette approche : la présence ou l'absence de régulateurs de croissance, la teneur en

saccharose ou en éléments minéraux du milieu de culture, la photopériode et la température (Malaurie et Trouslot, 1995 ; Omologo *et al.*, 2003 ; Tsafack *et al.*, 2009). L'effet de quelques

régulateurs de croissance sur le développement de *D. alata* L. et de *D. abyssinica* Hoch *in vitro* a été étudié par Jean et Cappadocia (1992).

6 SEVRAGE DES PLANTES ET REPIQUAGES SUCCESSIFS DU TUBERCULE

Cette technique d'exploitation maximale des réserves du tubercule est celle proposée par Okigbo et Ibe (1973). Ces auteurs entendent par sevrage, l'opération qui consiste à séparer la plante fille du tubercule-mère suivi de la transplantation de celui-ci (figure 1). L'époque optimale pour le premier sevrage se situerait aux environs de la sixième semaine après plantation de tubercule à dormance récemment

levée (Nwoke et Okonkwo, 1978). Aussi, ont-ils constaté que le stade de sevrage le plus précoce sans influence négative sur la production correspond à 3-6 feuilles. Chez *D. alata*, le moment idéal pour le sévrage est : cinq à dix jours après la germination et avec une plante possédant quatre à six feuilles, dont, deux à quatre adultes, fonctionnelles (Mathurin, 1982).

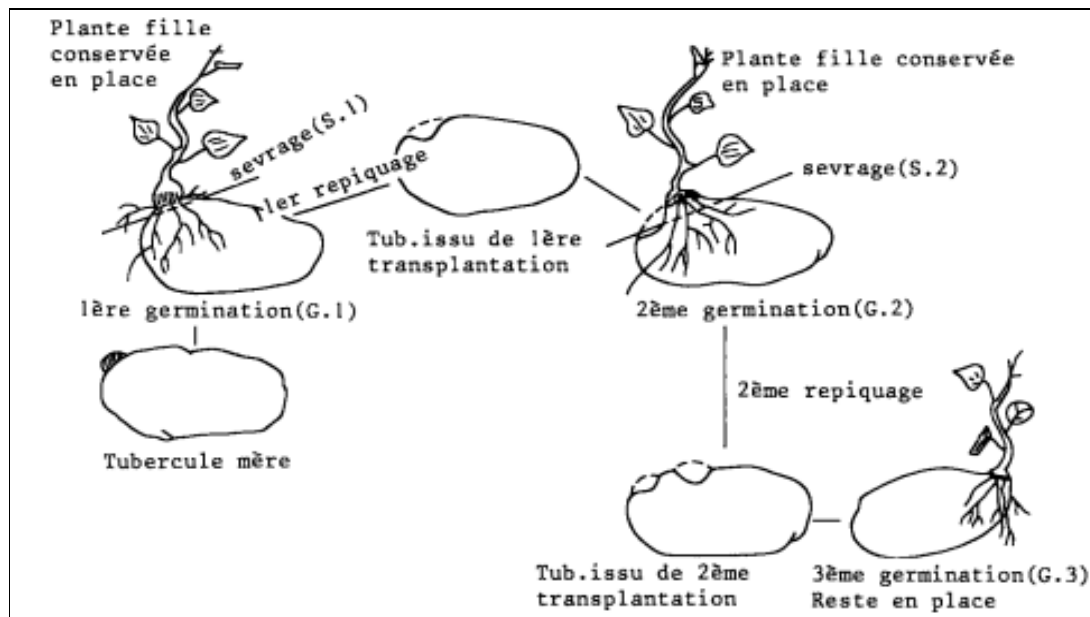


Figure 1 : Différentes étapes de la technique du sevrage et repiquage de l'igname (Mathurin, 1982)

Le sevrage permet une levée de la dominance du bourgeon apical de la plante-fille sur les sites de néoformation latents dans les assises corticales profondes de la semence. Le nombre de repiquages s'accroît avec le poids du tubercule. Il est de l'ordre de 2 (soit 3 plantations) pour une production acceptable sous les conditions normales de notre écologie, avec des tubercules de 100 à 500 g. Le sevrage donne également la possibilité d'avoir outre une première plante fille fournissant une production

normale (1,47 kg/plant), au moins une seconde dont la production supplémentaire n'est pas négligeable (1,22 kg/plant). De plus, cette technique permet d'accroître la multiplication végétative à partir de l'utilisation des réserves d'un même tubercule et de sa capacité de néoformation de bourgeons. Cependant, explorée de nouveau par Nwoke et Okonkwo (1978) chez *D. rotundata* et par Mathurin (1982) chez *D. alata*, cette technique paraît être difficilement applicable en culture industrielle.



Clairon et Zinsou (1980) ainsi que Lacoïnte (1989) ont ensuite montré qu'au cours des plantations successives, la production individuelle des plantes sevrées et non sevrées diminue progressivement en raison de l'effet conjoint des facteurs du climat et du vieillissement du tubercule (les plantes filles issues de sevrage d'avril-juillet donnent une production de 1,500 kg/plants contre 0,300 kg

pour les plantes sevrées en aout-septembre). Enfin, Mathurin et Degras (1988) ont montré qu'en 1980 et 1981 que les égermages successifs des tubercules entiers révèlent que le comportement des plantes filles est influencé par l'âge des tubercules. En effet, à partir du 3^{ème} égermage la croissance en longueur des germes diminue par rapport à celle des germes issus de la première germination.

7 MULTIPLICATION PAR BULBILLE

La propagation des ignames peut se faire aussi au moyen de bulbilles pour certaines espèces (Lacoïnte et Zinsou, 1987). Ces bulbilles sont aussi appelées tubercules aériens. Des travaux réalisés en Guadeloupe (Bulle-Légrand, 1983) avec *D. bulbifera* cv Thuma signalent la réduction de la dormance quand le poids augmente et que la récolte de la bulbille est relativement tardive. La fréquence et la large dispersion des *D. alata* bulbifères dans les

petites Antilles incitaient à comparer les performances des bulbilles (utilisées occasionnellement comme semence dans la pratique) à celles des tubercules (Degras, 1976). La principale difficulté liée à l'utilisation des bulbilles comme semence est due au fait que cette utilisation n'est régulière que chez *D. bulbifera* où elles peuvent être les seuls éléments tubérisés (Martin, 1974) et chez certains cultivars de *D. opposita* (Tanaka, 1977).

8 BOUTURAGE *IN VIVO* DES TIGES AÉRIENNES D'IGNAME

Les tubercules de *Dioscorea* ont deux fonctions agronomiques : premièrement, ils sont utilisés comme source de nourriture pour des millions de personnes et deuxièmement, ils sont utilisés comme matériel de plantation (Hahn, 1995 ; Craufurd *et al.*, 2006). En effet, environ 2 à 3 tonnes de matériel végétal sont utilisés à l'hectare. Ainsi, le coût du matériel végétal augmente le coût de production (Onwueme, 1978 ; Shiwachi *et al.*, 2005). Ce coût du matériel végétal occupe plus de 33% du coût total de production de l'igname, il y a donc besoin d'améliorer le taux de multiplication (Okoli et Akoroda, 1995). Au vue de cette large quantité de tubercules ou de bulbilles engagée comme semence qui auraient pu être disponibles pour la consommation humaine ou animale (Vander Zaag et Fox, 1981), d'autres méthodes de multiplication utilisant les tiges aériennes ont été mises au point. Par ailleurs, les semences issues des boutures aériennes sont exemptes de nématodes et bien d'autres agents pathogènes contenus dans le sol, si le substrat est stérilisé (Wilson, 1978). A ce propos, Njoku

(1963) attire l'attention sur les possibilités d'utiliser les tiges aériennes des ignames de *D. alata*, *D. rotundata* et *D. dumetorum* à la place des tubercules. Le coefficient de multiplication varie de 20 à 60 en fonction de la variété, du type et de la taille de la bouture (Coyne *et al.*, 2010). Il a été démontré que des boutures sans nœuds ne peuvent jamais donner des racines, même si elles sont traitées avec des substances racinaires. La facilité avec laquelle les boutures aériennes peuvent former des racines et établir des différences entre espèces, cultivars et facteurs physiologiques est relatée par Hartman *et al.* (1990). Les travaux pionniers de Njoku (1963) ont été générés en utilisant des boutures aériennes comme matériel de plantation au vu de leurs potentialités physiologiques pour non seulement la multiplication clonale, mais aussi la réplique et l'uniformité du matériel de départ. A partir de boutures aériennes ayant formé des racines, Akoroda et Okonmah (1982) ont obtenu des micro-tubercules dont la taille et la quantité n'ont pas été spécifiées. Cette technique a été développée à partir de la



demande industrielles des plantes à corticoïdes et stéroïdes (Correl *et al.*, 1955 ; Preston et Haun, 1962 ; Martin et Delphin, 1969). Envisagé surtout comme technique d'étude physiologique et morphogénétique par Sawada (1952), Njoku (1963) et Ferguson (1972), le bouturage de tiges n'était présentée que chez les ignames non alimentaires (Correl *et al.*, 1955). Ce n'est que plus tard qu'il apparait d'utilité pratique chez les ignames alimentaires (Degras et Kermarrec, 1976 ; Vander Zaag et Fox, 1981). Le bouturage de tiges se réalisait dans des chambres couvertes de buées (Zaag et Fox, 1981 ; Akoroda et Okonmah, 1982 ; Ng, 1990). Les chercheurs utilisaient des boutures aériennes obtenues à partir de tubercules entiers (250-300g) (Okoli et Akoroda, 1995). Et, 120-150 jours après repiquage, des feuilles se développaient sur les boutures. Plus tard, Igwilo et Okoli, (1988) ont observé que les boutures issues de fragments de tubercules (25 g) développaient leurs feuilles plus tôt. Aussi, Phillips, (1971) et Wilkins, (1990) ont-ils observés que les jeunes feuilles étaient plus résistantes à l'abscission et la sénescence que les feuilles âgées.

8.1 Techniques culturales du bouturage : Les techniques culturales utilisées pour le bouturage diffèrent peu les unes des autres. Les boutures sont mises le plus souvent dans du sable (Correl *et al.*, 1955 ; Hawley, 1956; Martin et Delpin, 1969 ; Wilson, 1978), mais peuvent se faire dans la sciure (Nwosu, 1975) ou dans la terre (Njoku, 1963 ; Degras, 1978), ce qui présente l'avantage dans ce dernier cas de ne pas avoir à les repiquer. Une humidité constante et un éclairage diffus sont préconisés. Les prélèvements se font le plus souvent sur des lianes en pleine croissance (Preston et Haun, 1962 ; Degras, 1978) en utilisant les jeunes pousses au feuilles vigoureuses (Martin et Delpin, 1969 ; Degras, 1978). Des portions de tiges partiellement lignifiées peuvent également être prélevées dans les zones où la croissance est terminée (Correl *et al.*, 1955 ; Hawley, 1956 ; Njoku, 1963 ; Wilson, 1978). Toutefois, notons que Preston

et Haun (1962) ainsi que Martin et Delpin (1969) ont montré que les fragments prélevés sur des plantes-plus âgées se développaient moins bien et évoluaient moins rapidement. La meilleur période de prélèvement se situe entre 8 et 12 semaines après la levée des pieds mères (Kikuno *et al.* (2007) et Otoo *et al.* (2016). Les boutures d'un seul nœud comprenant une partie de l'entre-nœud inférieur sont le plus souvent utilisées ; Preston et Haun, Wilson, ont prélevé par contre des boutures de plusieurs nœuds. Dibi *et al.* (2014) ont évalué la réponse de deux (2) cultivars locaux de *D. rotundata* (kponan, krenglè) et de deux (2) variétés améliorées de *D. alata* (C18 et 140) au bouturage de tige aérienne selon trois modes de repiquage. Le mode de repiquage avec une bouture à 3 nœuds dont 2 sont enterrés horizontalement a montré des taux de reprise de 60% pour les *D. rotundata* à 90% chez les *D. alata*.

8.2 Association des techniques de bouturage de tiges et de culture de tissus : Cette association consiste à utiliser des boutures de tiges aériennes issues de la culture des tissus. En effet, des parties végétales (pousse apicale, racine, feuille etc.) sont d'abord prélevées et cultivées dans un milieu artificiel (hormones, sucre, vitamines) afin de permettre le développement du matériel en question. Ensuite, sur la plante obtenue, des prélèvements de boutures aériennes comportant au moins un nœud sont réalisés. Enfin, les boutures prélevées sont repiquées dans un milieu de culture pour ainsi produire des tubercules. Ce système de multiplication des ignames a été développé par Correl *et al.* (1955) ; Preston et Haun, (1962); Martin et Delphin, (1969). Selon ces auteurs, la production de tubercules à partir des tiges aériennes d'ignames et la multiplication *in vitro* est rapide, rentable et donne du matériel végétal sain. Kikuno *et al.* (2007) ont rapporté que le moment approprié pour faire le prélèvement des boutures issues de culture de tissus, se situe bien avant le stade de tubérisation rapide des ignames. Aussi, disent-ils que les boutures prélevées après ce stade auront du mal à



repandre après repiquage. Pour la technique de bouturage de tiges aériennes, des substrats de bases appelés aussi milieux de culture sont très souvent utilisés afin de favoriser l'enracinement et la tubérisation.

8.3 Milieux de culture : La balle de riz carbonisée est utilisée comme milieu de culture pour la production de semence en pépinière (Komaki *et al.*, 2002). Ayankanmi et Agele, (2010) et Otoo *et al.* (2011) ont également montré que considérant les milieux de culture, les meilleurs résultats (en termes de nombre et de poids de tubercules), sont obtenus avec la balle de riz carbonisée comparée au sol stérilisé et au sol non stérilisé. La balle de riz permet de produire un tubercule/bouture pesant 3.29g (Ayankanmi et Agele, 2010). Les boutures aériennes des clones (TDr 98/011230, TDr335 et TDr 97/00940) repiquées dans des milieux différents (balle de riz carbonisée, sol stérilisé et sol non stérilisé) et traitées avec des substances (cendre de bois, AIB, acide pyroligneux, l'eau de coco) donne des micro-tubercules. Ainsi, les nombres de mini-tubercules obtenus en moyenne avec la balle de riz pour TDr335, TDr 97/00940, TDr 98/011230 étaient respectivement 0.6, 0.7 et 0.7 et pesaient 1.30 g, 1.44g et 2.53 g (Ayankanmi et Agele, 2010). Kikuno *et al.* (2006) avaient trouvé en moyenne, des mini-tubercules pesant 30 g chacune. En condition de plein champ. Shiwachi *et al.*, (2005) ont testé des boutures de sept variétés de *D. rotundata* sur la balle de riz carbonisée et ils ont trouvé des tubercules pesant 3.0 g et 1.7 g par bouture. Ceci corrobore les résultats d'une étude réalisée en condition irriguée utilisant la balle de riz carbonisée comme milieu de culture, au Crops Research Institute (CRI) du Ghana. En effet, des prélèvements des boutures comportant deux nœuds ont été faits sur des variétés locales de *D. rotundata* (Pona, Dentè et Mulchumudu). Puis elles furent repiquées horizontalement sur billons dans des poquets comportant au préalable la balle de riz carbonisée. Et, six à huit mois plus tard selon les variétés, des taux de réussite (pieds vivants) et des mini-tubercules (10 à 50g) ont été

obtenus. Ces mini-tubercules replantés en plein champ ont donné naissance à des tubercules de 200 à 1 kg pouvant donc servir de semences. Des résultats similaires ont été obtenus par Dibi *et al.* (2014) avec des *D. rotundata* (kponan, krenglè) et *D. alata* (C18 et 140), utilisant la balle de riz carbonisée mais avec un arrosage manuel. L'utilisation de la balle de riz comme milieu de culture en pépinière, augmente le nombre de racines, le nombre et la longueur de nouvelles pousses ainsi que le nombre de feuilles sur celles-ci ; c'est donc un excellent milieu de culture (Kikuno *et al.*, 2006). En plus de la balle de riz carbonisée, de bons résultats ont été enregistrés avec la tourbe de coco testée comme milieu de culture sur deux variétés de *D. rotundata* (Shiwachi *et al.*, 2005).

Selon les travaux de Otoo *et al.* (2016), en boustant l'état nutritionnel de la plante mère avec la section des boutures on augmenterait le taux de reprise des boutures et le rendement en minitubercules. L'incorporation de biochar dans le substrat de culture et l'application foliaire de phosphore (P) et de potassium (K) amélioreraient l'absorption des nutriments et le développement des boutures. En plus des milieux de cultures, différents autres facteurs externes (hormones, autres substances) contrôlent la morphogenèse et la tubérisation de diverses espèces de *Dioscoreacées* et donc leur multiplication par bouturage.

8.4 Utilisation de phytohormones et autres substances : De nombreux travaux de recherches ont été conduits sur la multiplication de l'igname utilisant des boutures aériennes avec des phytohormones (Auxines de synthèse) comme l'acide indole butyrique (AIB) et l'acide α -naphthalène-acétique (ANA) (Okoli et Akoroda, 1995 ; Acha *et al.*, 2004). Acha *et al.* (2004) ont suggéré que le traitement de boutures aériennes issues de meilleurs clones de *D. rotundata*, avec des concentrations différentes d'hormones peuvent être évaluées en vue de déterminer la concentration optimale de l'hormone efficace pour favoriser la formation des racines. Le développement de la tige et des feuilles (bourgeons) est la résultante d'une



synthèse d'hormones de croissance endogènes (Cleveland, 1969 ; Fox, 1969 ; Thimann, 1969 ; Wilkins, 1990). Les boutures aériennes de plusieurs espèces d'ignames repiquées dans du sable, ont pu former des racines sans intervention d'hormones (Ferguson, 1971 ; Ferguson et Gumbs, 1976). Toutefois, le traitement hormonal peut accélérer la formation des racines, des pousses et des tubercules (Cabanillas et Martin, 1978). Par exemple, Acha *et al.* (2004) ont étudié l'effet de l'auxine sur le développement des racines et des micro-tubercules sur les boutures aériennes de *D. rotundata*. En plus de AIB, ANA, d'autres hormones ou substances (Urée, Acide gibbérellique, hormones naturelles) sont utilisées. Toutes Ces hormones produisent divers effets sur les boutures aériennes d'ignames.

8.4.1 Effet de l'urée : L'urée est utilisée pour traiter les boutures aériennes en vue d'accélérer la formation des micro-tubercules. Ceux-ci pourront être utilisés comme matériel de plantation. Chez *Dioscorea alata* L., les travaux de Behera *et al.* (2009) ont montré que le traitement d'une concentration de 2% d'urée donne de meilleurs résultats du point de vue des paramètres suivants : la durée d'enracinement (6.98 jours), la longueur des racines (7.68 cm), le nombre de racines par bouture (38.16), le taux de survivance aussi bien en plein champ (42.42%) qu'en pépinière (68.45%) et le nombre de micro-tubercules (1.84). Ceci est confirmé par Suja *et al.* (2003) quand ils montrent que le traitement de boutures aériennes avec 2% d'urée induit très tôt la formation de jeunes pousses vigoureuses.

8.4.2 Effet de l'acide gibbérellique (AG) : Chez l'igname l'acide gibbérellique inhibe la tubérisation (Kefi *et al.*, 1995). Cependant, Behera *et al.* (2009) nous renseignent au travers de leurs travaux que 100 ppm d'acide gibbérellique améliorent la tubérisation des boutures aériennes. Ces mêmes travaux révèlent qu'avec 1 ppm du même acide, l'on peut améliorer la durée d'enracinement (14.12 jours) et le nombre de racines par bouture

(4.92). De plus, 100 ppm de l'acide gibbérellique donnent les meilleurs résultats sur le taux de réussite en pépinière (62.32%), le développement des bourgeons axillaires (41.54%), la longueur des pousses (8.81 cm), le nombre de micro-tubercule (1.74) et le poids des tubercules (7.28 g). En utilisant des boutures aériennes issues de tubercules de 25g de *D. alata* cv Um 680 et de *D. rotundata* cv Obiaoturugo, Igwilo (2003) a rapporté que l'acide gibbérellique réduit le nombre de boutures ayant des racines. Aussi, a-t-il montré que l'acide gibbérellique est défavorisant pour non seulement la formation des racines, mais aussi pour la formation des tubercules et la formation des bourgeons axillaires. Dans ce dernier cas, notons que d'autres travaux antérieurs non publiés de Igwilo l'avait déjà confirmé. Phillips (1971) et Wilkins (1990) ont reporté que l'initiation des racines adventives des boutures aériennes chez l'igname est fortement réduite par l'acide gibbérellique. Par ailleurs, L'application de cet acide sur les patates (*Solanum tuberosum*) retarde la formation de tubercules (Moorby and Milthorpe, 1975).

8.4.3 Effet combiné d'acide indole Acétique (AIA), d'acide gibbérellique (AG) et de Benzyladenine (BA) : L'utilisation d'une solution hormonale composée de 50 ppm d'acide indole Acétique (AIA), 5 ppm d'acide gibbérellique (AG) et 10 ppm de Benzyladenine (BA) favorise plus les boutures aériennes de *D. rotundata* cv Obiaoturugo que celles de *D. alata* cv Um 680 (Igwilo, 2003). En effet, les plus grands taux de réussite au niveau : des pieds vivants, de l'enracinement et de la tubérisation, ont été constatés chez *D. rotundata* cv Obiaoturugo. De plus, Igwilo (2003) a rapporté que les boutures de chaque variété possédant au préalable des bourgeons, avant le traitement de la solution hormonale, ont affiché un taux de pieds vivant de plus de 15% que les boutures sans bougeons. Aussi, cette présence de bourgeons sur les boutures a-t-elle favorisé le nombre racines et de tubercules formés. A la fin de l'étude, 27% des boutures possédaient des feuilles (avec 17% de plus chez



Obiaoturugo que chez Um 680). Les boutures avec bourgeons ont augmenté le nombre de feuille de 17%. La présence de bourgeons axillaires limite fortement la mort des boutures et des feuilles tout en favorisant la formation de racines et de tubercules (Igwilo, 2003) ; Ce qui rend superflu, l'utilisation de phytohormones pour la même cause. Le fait que *D. rotundata* cv Obiaoturugo se soit montré meilleur que *D. alata* cv Um 680, du point de vue des paramètres examinés est dû au fait que le système d'irrigation était mal adapté à Um 680 (Igwilo, 2001).

8.4.4 Effet de l'Acide butyrique acétique (AIB) : Trois semaines après repiquage, la formation de racines a été constatée sur des boutures aériennes issues de deux cultivars (TDr 335 et TDr 93-49) traitées avec de l'AIB. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux cultivars du point de vue des paramètres tels que le nombre des racines, la longueur des racines et le nombre des tubercules (Agele *et al.*, 2010). Ceci est confirmé par Acha *et al.* (2002) qui, après avoir traité cinq clones avec de l'AIB, trois ont pratiquement réalisé les mêmes pourcentages d'enracinement. En considérant les mêmes paramètres précités, Agele *et al.* (2010) ont montré au travers de leurs travaux qu'une dilution de 1% AIB appliquée aux mêmes cultivars (TDr 335 et TDr 93-49) donne de meilleurs résultats comparativement aux cultivars n'ayant rien reçu (témoin). Il en va de même lorsqu'on utilise l'AIB en poudre (non dilué). A cet effet, Acha *et al.* (2004) ont fait une publication sur l'effet de l'auxine sur le développement des racines et la formation de mini-tubercules en utilisant des variétés issues de *D. rotundata*. Il a été donc démontré que l'AIB augmente significativement le nombre de racines des boutures aériennes de 10 cultivars de *D. rotundata*. Les boutures aériennes issues de certains clones (TDr 98/011230, TDr335 et TDr 97/00940), ont été moins sensibles aux substances telles que l'AIB et la cendre de bois, en termes de nombre de racines formées (Ayankanmi et Agele, 2010). Ce qui corrobore les propos de Acha *et al.* (2004)

quant au non effet significatif des substances ou hormones dans la formation des racines. Toutefois, les tubercules obtenus des boutures traitées avec de l'AIB, ont un poids considérable (0.82g) comparée à ceux obtenus des boutures traitées avec la cendre de bois (0.52g). En effet les travaux de Kabeya *et al* (2013) n'ont pas montré de différence significative entre les clones (TDr 131, TDr 335, TDr 97/00925, TDr 98/01230, TDr 98/00718 et TDr 97/00940) pour le nombre et la longueur des racines des boutures aériennes traités à l'AIB (1%). Toutefois des différences significatives ont été enregistrées pour le nombre et le poids des minitubercules récoltés.

8.4.5 Effet d'utilisation d'hormones naturelles

8.4.5.1 Effet des cendres de bois (non diluée) : Le coût que l'utilisation des hormones synthétiques (AIB, ANA, AG, etc.) implique est élevé. De plus, la facilité avec laquelle elles sont obtenues est limitée. Ce qui signifie alors qu'il faille utiliser des composés naturels (auxines naturelles) convenables qui soient accessibles et moins chères. Une concentration optimale, favorisant la formation des racines, de ces hormones devra être déterminée. A cet effet, Agele *et al.* (2010) ont utilisé quatre hormones naturelles (cendre de la paille de riz, cendre de bois de bambou, cendre de bois de *Glyricidia. sepium* (*G.sepium*) et des feuilles sèches de neem). Ces hormones et une hormone chimique (IBA) utilisée comme témoin ont été testées sur des boutures aériennes de deux cultivars (TDr 335 et TDr 93-49). De ce fait, Agele *et al.* (2010) nous renseignent qu'il n'y a pas de différence significative entre les effets des quatre hormones naturelles et AIB en poudre (non dilué), du point de vue des paramètres suivants : pourcentage d'enracinement, nombre et longueur des racines, nombre de mini-tubercules). Mais d'une façon plus spéciale, vu le taux d'enracinement très élevé (> 70%) de la cendre de tiges de riz, de la cendre du bois de bambou et les feuilles de neem, ils peuvent être utilisées en lieu et place de AIB en poudre. Aussi, les deux cultivars ont-ils pratiquement



réagit de la même façon aux différentes hormones.

8.4.5.2 Effet des cendres de bois (diluée à différentes proportions) : Partant du principe que certaines concentrations peuvent être intolérables ou toxiques pour les boutures aériennes, Agele *et al.* (2010), ont dilué avec de l'eau, à différentes proportions (1, 3 et 5%) certaines hormones naturelles. Ce sont : la cendre de tiges de riz, la cendre du bois de bambou et la cendre du bois de *G.sepium*. En utilisant comme témoins de l'eau ordinaire et du KCl_2 (dilué à 1, 3 et 5% dans de l'eau), ce sont les boutures aériennes des clones (TDr 335 et TDr 93-49) qui ont été traitées. Alors d'après Agele *et al.* (2010), La cendre du bois *G.sepium* (quel que soit la concentration) s'est montrée plus performante sur les boutures de TDr 93-49 (en termes de nombre de racines, de longueur de racines et de nombre de mini-tubercules) que les autres cendres et les témoins. Cependant, sur les boutures de TDr 335, c'est la cendre issue des chaumes de riz (quel que soit la concentration) qui a donné les meilleurs pourcentages d'enracinement et de tubérisation. De plus, ont-ils démontré que 5% de la cendre des chaumes de riz, est la concentration optimale favorisant la formation des racines et des tubercules (à plus de 80%) sur les deux cultivars. Ceci corrobore les résultats trouvés par Yamasaki et Kurata (1950) de leurs travaux portant sur les repousses de tiges de riz.

8.4.5.3 Effet de l'eau de coco : L'eau de coco diluée avec de l'eau (à 1, 5 et 10 %) a été appliquée sur les boutures aériennes des deux cultivars (TDr 335 et TDr 93-49) 24 heures avant d'être repiquées dans la balle de riz carbonisée. Ceci a favorisé de 54.99 % la formation des racines chez TDr 93-49 (Agele *et al.*, 2010). Cependant, les différentes proportions de dilutions comparées à l'eau ordinaire (témoin) ont pratiquement les mêmes effets sur les deux cultivars en termes de formation racinaires et de tubercules. De plus, ces mêmes auteurs ont constaté que les boutures de TDr 93-49 ont plus répondu aux

différents niveaux de dilutions de l'eau de coco que celles de TDr 335. Le rapport annuel d'IITA (2000) a montré que l'eau de coco est une substance renfermant des composés de bases (sucre, acide aminé, urée...), utilisée pour la culture de tissus en vue d'obtenir des racines et des plants à partir de semence immature d'ignames. De plus, ce même rapport stipule que cette eau rend efficace l'activité des cytokines, de l'AIA et de l'AG. L'eau de coco est habituellement ajoutée, à une concentration de 5-10 %, aux milieux de culture (Komamine *et al.*, 1990). Lorsque l'eau de coco est diluée à une proportion de 1.7 à 10 % par l'eau, elle favorise la formation de mini-tubercules.

8.4.5.4 Effet de l'acide pyroligneux : L'acide Pyroligneux est une vapeur obtenue à partir d'un brûlage de bambou sec. Les composants de l'acide pyroligneux sont : l'acide acétique, l'alcool, les cétones, les acides carboxyliques, les furanes et les phénols (Yoshida *et al.*, 2000). 1 mL de cet acide dilué dans 5000, 3000, 2000, 1000, 500, 100 mL d'eau a été appliqué sur les boutures des cultivars (TDr 93-49 et TDr 335) ; puis celles-ci furent repiquées dans la balle de riz carbonisée. 21 jours après repiquage, Agele *et al.* (2010) stipule que TDr 93-49 réagit bien aux différents traitements du point de vue de tous les paramètres observés (pourcentage d'enracinement : 56.7% ; nombre de racines : 26,2 ; longueur des racines : 13cm ; nombre de mini-tubercules). Aussi, a-t-il été constaté que les différentes proportions de dilutions de l'acide et l'eau ordinaire (utilisée comme témoin) présentent pratiquement les mêmes effets sur les boutures chez les deux cultivars. L'acide pyroligneux améliore la croissance des repousses de tiges de riz et accélère la croissance de leurs racines (Ichikawa *et al.*, 1982). Il a été rapporté aussi que l'acide pyroligneux fortifie les tiges riz. De ces résultats, l'acide pyroligneux a été considéré comme un activateur efficace de l'auxine. Hua *et al.* (1998) ont trouvé que l'acide pyroligneux appliqué aux patates, améliore la croissance des racines (nombre, longueur, poids, etc.) et augmente leurs activités.



9 CONCLUSION

Parmi les méthodes de production de semences d'igname qui existent, la technique des mini-fragments et celle du bouturage des tiges aériennes permettent d'améliorer significativement le taux de multiplication. Le bouturage des tiges avec un coefficient de 50 est prometteur car il conduit au cours de la

même campagne à la production de tubercules normaux (pour la consommation et la commercialisation) sur le pied mère et de semenceaux. En plus de leur coefficient de multiplication élevé ces deux techniques peuvent facilement être adaptées au milieu paysan. Elles sont donc à promouvoir.

10 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acha I.A., 2002. *Suitability of Yam (Dioscorea spp.) Clones for Rapid multiplication*. A Master of science project thesis submitted to the Department of Agronomy. Faculty of Agriculture and Forestry, University of Ibadan, 68p.
- Acha, I.A., H. Shiwachi, R. Asiedu & M.O.Akoroda., 2004. Effect of auxins on root development in yam (*Dioscorea rotundata*) vine. *Tropical Science*, 44, 80-84.
- Agele S. O., Ayankanmi T. G. & Kikuno H., 2010. Effects of synthetic hormone substitutes and genotypes on rooting and mini tuber production of vines cuttings obtained from white yam (*Dioscorea rotundata*, Poir), *African Journal of Biotechnology*, 9, 30, 4714-4724.
- Akoroda M.O. & Okonmah L.U., 1982. Sett production and Germplasm maintenance through vine cuttings in yams. *Tropical Agriculture*, 59, 30, 311-314.
- Alhassan AY, Mantell SH (1994). Manipulation of cultural factors to increase microtuber size and frequency in shoot cultures of food yam, *Dioscorea alata* L.cv. oriental Lisbon. In; F.Ofori and S.k. Hahn (Eds), Proc. 9th. Int.Soc. Trop. Root Crops, 20-26 October, 1991. Accra, Ghana, pp. 342-348.
- Alizadeh S., Mantell S.H. & Viana A.M., 1998. In vitro shoot culture and microtuber induction in the stéroïda yam *Dioscorea composita* Hemsl. In *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 53,107-112.
- Asiabaka C., 1994. the rate of adoption of yam minissett technology among farmers in Imo State, Nigeria. International Symposium of the International Society for Tropical Roots Crop. 13-19/11/1994; Bahia, 10 p.
- Ayankanmi T., Shiwachi H. & Asiedu R., 2005. Sprouting and Yield of yam (*Dioscorea spp.*) minissetts in relation to set size, *soil moisture and agro-ecology*. *Tropical Science*, 45, 23- 25.
- Ayankanmi, T.G. & Agele, S.O., 2010. Effects of Genotype, Root- Promoting Substances and Planting Media on Yam (*Dioscorea Rotundata*, Poir) Vine Cuttings for Mini Tuber Production. *Advances in Environmental Biology*, 4, 3, 353-359.
- Balogun M.O., Fawole I., Ng S.Y.C., Ng N.Q., Shiwachi H. & Kikonu H., 2006. Interactions among cultural factors in microtuberization of white yam (*Dioscorea rotundata*). *Tropical. Science*, 46, 55-99.
- Bazabakana R, Fauconnier B, Dialo JP, Dupont J Homes, Jaziri M (1999). Control of *Dioscorea alata* microtuber dormancy and sprouting by jasmonic acid. *Plant Growth Regul.* 27: 113-117.
- Bazabakana R, Wattiez R, Baucher M, Diallo B, Jaziri M (2003) Effect of jasmonic acid on developmental morphology during in vitro tuberisation of *Dioscorea alata* (L.). *J Plant Growth Regul* 40:229-237.
- Behera, K.K., Sahoo S. & Prusti A.B., 2009. Relative Agronomic performance of different *Dioscorea* species found in different parts of Orissa. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40, 229-237.



- Bulle-Legrand, M., 1983. Étude de la floraison de quatre espèces d'Ignames en vue d'une amélioration par la voie sexuée. Thèse de Doctorat de troisième cycle. Université de Paris-Sud, Orsay, France, 158 pp.
- Cabanilas E. & Martin F. W., 1978. The propagation of edible yam from cuttings. *Journal and Agriculture of University of Puerto-rico*. 62, n°3; 249-254.
- Chen F.Q., Fu Y., Wang D.L., Gao X. & Wang L., 2007. The effect of Plant Growth Regulators and Sucrose on the Micropropagation and Microtuberization of *Dioscorea nipponica* Makino. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26, 38-45.
- Chikwendu D.O. Chinaka C.C. & Omotayo A.M., 1995. Adoption of minisett technique of seed yams production by farmers in the eastern forest zone of Nigeria. *National Agricultural Extension and Research Liaison Services*, 7, 4, 367-375.
- Clairon M., Zinsou C., 1980. Étude de plantations échelonnées d'igname (*Dioscorea alata*, cv. « Lupias ») : effet du vieillissement du tubercule sur la croissance et le développement de la plante. In : « L'igname », Séminaire Int., Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, édit. I.N.R.A., Paris, 125-141
- Cleveland, R.E., 1969. *The gibberellins in: Physiology and plant growth development*, M. B. Wilkins (Ed.), MC Grew Hill, London. pp 49-81
- Correl D.-S., Chubert B.-G., Gentry H. S. & Hawley W. O., 1955. The search for Plant Precursors of Cortisone. *Econ. Bot.*, 9, 307-376.
- Coyne, D.A. Claudius-Cole and Kikuno H., 2010. Sowing the seeds of better yam. SP-IPM Technical Innovation Briefs, www.spipm.cgiar.org, 2p.
- Craufurd P.Q., Battey N.H., Ile E.I. & Asedu R., 2006. Phases of dormancy in yam tubers (*Dioscorea rotundata*). *Ann. Bot.* 97, 497-504
- Dégras L. & Kermarrec A., 1976. Introduction, nématodes 27 bouturage des ignames. *Nouvelles Agronomiques des Antilles et de la Guyane*, 2, 1, 1-14.
- Dégras L. & Mathurin P., 1980. *L'hétérogénéité du tubercule de l'igname et quelques-unes de ses conséquences biologiques et culturelles*. Séminaire International sur l'igname. Pointe-à-Pitre. Les colloques de L'INRA, pp 207-225.
- Dégras L. 1969. Quelques données sur la variabilité de descendance d'Igname Cousse-couche D. trifida. In: Proc. 7th Annual Meeting Carib. Food Crops Soc., Guadeloupe-Martinique : 27 June - 2 July 1969, Petit-Bourg. INRA-AG. pp. 59-65.
- Dégras L. 1976. Étude d'une igname, *Dioscorea alata* L., bulbifère et subspontanée aux Antilles. *J. Agric. Trop. Bot. Appl. (JATBA)*. 23(7-12): 159-182.
- Dégras L., 1978. *La reproduction végétative de l'igname*, données- fondamentales et utilisations actuelles. Cf. Miegé & Lyonga éd., 608p.
- Dibi K., Kouakou A.M., T.J. Yéo, I. Fofana, B. N'Zué, C.Y. Brou. 2014. Effects of Planting Modes on Yam (*Dioscorea rotundata*, Poir and *Dioscorea Alata* L) Vine Cuttings for Mini Tubers Production, *Int. j. sci.* 11(2014):1. Vol. 3, October 2014. 1-8.
- Espiand H., 1983. *Conséquences de la culture in vitro sur la morphogenèse de boutures nodales de l'igname (Dioscorea alata L. cv. Tahiti)*. Thèse de doctorat, Université de Paris XI. 80 p.
- FAO., 2013. Côte d'Ivoire. *L'irrigation en Afrique en chiffres*. Enquête AQUASTAT., 2005, (page consultée le 20 août 2013) <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/>>
- Ferguson T. U., 1972. The propagation of *Dioscorea spp.* by vine cuttings a critical



- review. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter*, 5, 4-7.
- Ferguson T.U., 1971. The propagation of *Dioscorea spp.* by vine cuttings a critical review: *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter*, 4, 4-7.
- Ferguson TU. & Gumbs FA., 1976. *Effect of soil compaction on leaf number and area and tuber yield of white Lisbon yam.* In: Proceedings fourth symposium of international society of tropical root crops. J. Cock, R. MacIntyre and M. Graham, editors. CIAT, Cali, Colombia IDRC-080e pp. 89-93.
- Forsyth C. & Van Staden J., 1984. Tuberization of *Dioscorea bulbifera* stems nodes in culture. *Journal of Plant Physiology*, 115, 79-83.
- Foua-Bi K., 1993 : Les altérations post-récoltes des fruits, des tubercules, rhizomes et racines. Atelier sur les problèmes de stockage des fruits, tubercules et autres denrées périssables tenu à Yamoussoukro, du 22-26/11/1993, 24 p.
- Fox J. E., 1969. *The cytokinins*, in: Physiology and plant growth development, M. B. Wilkins (Ed), MC Grew Hill, London, pp 85-123.
- Grison C (1991) La germination et les relations nombre de germes-nombres de tiges. *Pomme Terre fr* (462): 7-15
- Hahn S.K., 1995 Yams: *Dioscorea spp.* (*Dioscoreaceae*) In: J. Smartt and N.W. Simmonds (Eds), *Evolution of crop plants.* Longman Scientific and Technical, UK: pp.112-120.
- Hartman H.T, Kester DE. & Davies (Jr.) FT., 1990. *Plant propagation: Principles and practices*, 5th edition New Jersey: Reagents/prentice Hall. 113p.
- Hawley W.O., 1956. *Dioscoreas* as ornamental foliage- plants. *Nat. Hort. Mag.*, 35, 23-29.
- Hinvi, J. C. & Nonfon R., 2000 : La production et la commercialisation des semenceaux d'igname à Ouaké (Bénin) : une nécessité de plus en plus incontournable. Dans Ebet A.W. et Djinandou I.K. (eds)-l'igname et la pomme de terre en Afrique de L'Ouest. Actes de séminaire,
- Hua GD, Etsuko M, Hiroyuki T. & Eiji T., 1998. Effect of the mixture of Charcoal with Pyroligneous Acid on Shoot and Root Growth of Sweet Potato, *Jpn. J. Crop Sci.* 67, 2, 149-152.
- Ichikawa T. & Ota Y., 1982. Effect of Pyroligneous acid on the growth of rice seedlings. *Japanese Journal of Crop Science*, 51 n°1, 14-17.
- Igwilo N & Okoli. O. O., 1988. Evaluation of yam cultivars for seed yam production, using the minissett technic. *Field Crops Research*, 19, 81-89
- Igwilo N., 2003. Presence of axillary bud and application of plant growth hormones on rooting and tuberization of yam (*Dioscorea spp*) vine cuttings. *Global Journal of Agricultural, sciences.* 2, 2, 128-130
- Igwilo. N., 2001. Effect of staking, mulching and seedbed preparation on the field performance of two yam varieties grown off-season. *Nigerian Agricultural Journal*, 32, 129-132
- Ile I.E., Craufurd P.Q., Battey N.H. & Asiedu R., 2006. Phases of dormancy in yams tubers (*Dioscorea rotundata*). *Annals of Botany*, 97, 497-504.
- Jackson SD et Prat S (1996) Control of tuberization in potato by gibberellins and phytochrome B. *Physiol Plant* 98: 407-412
- Jasik J., Mantell S.H. (2000). Effects of jasmonic acid and its methylesther on in vitro microtuberisation of three food yam (*Dioscorea*) species. *Plant Cell Rep.*, 19, 863-867.
- Jean M., Cappadocia M., 1992. Effects of some growth regulators on in vitro tuberization in *Dioscorea alata* L. "Brazo fuerte" and *D. abyssinica* Hoch. *Plant Cell Reports.* 11, 34-38.



- John J.L., Courtney W.H. & Decoteau D.R., 1993. The influence of plant growth regulator and light on microtuber induction and formation in *Dioscorea alata* L. Cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 34, 245-252.
- Kabeya M.J., Kabeya U.C., Bekele B.D. and Kikuno H., 2013. Vine cuttings technology in food yam (*Dioscorea Rotundata*) production. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2013, 3(3):107-111
- Kalu BA, 1989. "Seedyam multiplication by minisett technique: Evaluation of three *Dioscorea* species in the Guinea and derived Savanna Zone of Nigeria". *Trop. Agric. (Trinidad)* 66(1): 83-85.
- Kefi S., Read P.E., Pavlista A., Kachman S.D., 1995. The effect of different concentrations of gibberellic acid (GA₃) and kinetin on *in vitro* tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Horticultural Science*, 30, 752-758.
- Kikuno H., Muamba K., Shiwachi H., Micho Onjo., Asiedu R. & March., 2006. Mini tuber production of white yam (*D. rotundata*) using vines: *Japanese Journal of Tropical Agriculture* 50 extra issue, 1, 1-3.
- Kikuno, H., Matsumoto, R., Shiwachi, H., Youohara, H. & Asiedu, R. (2007). Comparative effects of explants sources and age of plant on rooting, shooting and tuber formation of Vine cutting of yams. *Japanese Journal of Tropical Agriculture*, 51(2), 71-72.
- Kim S.K., Lee S.K., Kim K.M., Lee B.H. & Lee I.J., 2003. Possible residual effects of gibberellic acid and gibberellin biosynthesis inhibitors on sprouting, early bulbil formation and tuber yield in Chinese yam. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 189, 428- 432.
- Koda Y and Kikuta Y (1991). Possible Involvement of Jasmonic acid In Tuberization of yam plants. *Plant Cell Physiol.* 32(5): 629-633.
- Koda Y., 1997. Possible involvement of jasmonates in various morphogenic events. *Journal of plant Physiology*, 100, 639-646.
- Komaki Y., Nakano A., Katoh H & Uehara Y., 2002. Utilization of chaff charcoal for medium of flowerbed seedlings and its effect on growth and quality of Madagascar periwinkle (*Catharanthus roseus* G. Don) seedlings. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 73: 49-52.
- Komamine A., Ojima K., Sankawa V., Syouno K., Harada H., Hinata K., Fujimura T. & Yamaguchi H., 1990. Dictionary of plant biotechnology. Asakura shoten, Tokyo. pp. 217-219.
- Kwadwo Osei-Sarpong, 2009. The effect of type of mother yam and botanical extracts on the performance of the yam minisett. Thesis of MSc. Agronomy (Plant Breeding option), Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi. 69p.
- Lacointe A. & Zinsou C., 1987. Croissance et développement au champ de l'igname (*Dioscorea alata* L.) à partir de plants produits par culture *in vitro*. *Agronomie*, 7, 331-338.
- Lacointe, A. (1989). Assimilate allocation and carbon reserves in *Juglans regia* L. seedlings. *Annales des Sciences Forestieres* 46, 832-836.
- Lamarck., 1789. "Encyclopédie Méthodique. 3, 231 p.
- Lawton, J. R. and Lawton, J. R. S. 1969. The development of the tuber in seedlings of five species of *Dioscorea* from Nigeria. *J. Linn. Soc.* 62: 223.
- Malaurie B., Trouslot M.F. (1995). Les ignames. In : Biotechnologies végétales, CNED-AUPELF-UREF, 49-77.
- Mantell S.H. & Hugo S.A., 1989. Effects of photoperiod, mineral medium strength, inorganic ammonium, sucrose and citikinin on root, shoot and microtuber development in shoot cultures of



- Dioscorea alata* L. and *Dioscorea bulbifera* L. yams. *Plant Cell, Tiss. Organ Cult*, 16, 23-37.
- Martin F.W. & Delpin H., 1969. Techniques and Problems in the Propagation of Sapogenin-bearing yams from Stem cuttings. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 53, 3, 191-198.
- Martin, F.W. 1974. Tropical yams and their potential. Part 2. *Dioscorea bulbifera*. USDA, Handbook 466.
- Martinez-Garcia, J.F., Virgos-Soler, A. and Prat, S. (2002) Control of photoperiod-regulated tuberization in potato by the Arabidopsis flowering-time gene CONSTANS. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99, 15 211–15 216.
- Mathurin P et Degras L. 1988. Principaux résultats dans la multiplication végétative de l'igname (*Dioscorea* spp.) : conséquences pour la production aux Antilles. In: 7th Symposium ISTRC (international society for tropical root crops), Gosier (Guadeloupe), 1-6 July 1985. Edited by: L. Degras. INRA. Paris, France. pp. 399-409
- Mathurin P. & Degras L., 1974. Effects of division levels of seed tubers on yams (*D. alata*, *D. trifida*) germination and yield. *Proceedings 12th Annual meeting. Caribbean Food Crops Soc., Jamaica*. pp. 52-56.
- Mathurin P. 1982. Nouvelle contribution à la multiplication végétative de l'igname : sevrage et repiquage répétés des tubercules de *D. alata* cv. Pacala. These Docteur-Ingenieur nO 72/82. Fac. des Sciences (Abidjan).
- Mithöfer A., Gerhard W. and Wilhelm B., 2005. Effects of Feeding Spodoptera littoralis on Lima Bean Leaves. II. Continuous Mechanical Wounding Resembling Insect Feeding Is Sufficient to Elicit Herbivory-Related Volatile Emission. Published in *Plant Physiology Online*, Plant Physiology Preview Section, 9p.
- Moorby, J. & Milthorpe, F. L., 1975. *Potato in. Crop physiology* (some case studies), edited by LT. EVANSm Cambridge University Press, 238p.
- Murashige T, Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15, 473-479.
- Ng S.Y.C., 1988. *In vitro* tuberization in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 14, 121-128.
- Njoku E., 1963. The propagation of yams (*Dioscorea* spp.) by vine cuttings *Journal of the West African Sciences Association*. 8, 1, 29-32.
- Nwoke F, Okonkwo SNC (1978) Structure and development of the primary haustorium in *Alectra 410 vogelii* Benth. *Ann Bot* 42:447–454
- Nwosu M.A., 1975. Recent developments in vegetative propagation of the edible yam. 11th Annual Conference of the Agricultural Society of Nigeria.
- Odah K., 2002. *Étude de l'influence de quelques facteurs exogènes sur le développement In vitro de Dioscorea cayenensis-rotundata et Dioscorea alata (Dioscoreaceae)* cultivées au Togo. Thèse de doctorat. Université de Lomé. Togo. 91 p.
- Okigbo, B.N. and Ibe, D.G. 1973. A new method of yam propagation. Provo 3rd. Int. Symp. Root Crops, Ibadan, Nigeria.
- Okoli, O.O. & Akoroda M.O., 1995. Providing seed tubers for the production of food yams. *African Journal of Root and Tuber Crops*, 1, 1-6.
- Omokolo N.D., Boudjeko T., Tsafack T.J.J. (2003). *In vitro* tuberization of *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott: effects of phytohormones, sucrose, nitrogen and photoperiod. *Sci. Hort.*, 98, 337-345.
- Ondo Ovono P, Kevers C and Dommes J (2007). Axillary proliferation and tuberisation of *Dioscorea cayenensis* – *D. rotundata* complex. *Plant Cell Tiss. Organ Cult.* 91:107-114.



- Onwueme IC., 1978. The tropical tuber crops. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Onwueme, I. C., 1978b. Sett weight effects on time of tuber formation and tuber yield Characteristics in water yam (*Dioscorea alata* L.) *Journal of agricultural Sciences of Cumberland*, 91, 317-319.
- Otoo E., Anyakanmi T.G., Kikuno H. & Asiedu R., 2016. *In Vivo* Yam (*Dioscorea* spp.) Vine Multiplication Technique: The Plausible Solution to Seed Yam Generation Menace. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 8, No. 2; 2016, pp 88-97.
- Otoo, E., Hironobu S., Hideniko, K., & Ayankami, T. (2011). Preliminary Studies into the Use of Vine Multiplication Technique in Yam (*Dioscorea* Spp.) Seedyam Generation. *West Africa Root and Tuber Conference*, Mensvic, September 12-16, 2011.
- Otoo, J. A., Osiru, D. S. O., Ng, N. Q., et Hahn, S. K., 1987. Improved Technology for Seed Yam Production IITA Ibadan, Nigeria 56p.
- Passam H.C., 1995. Induction, storage and germination of microtuber derived from single- node cuttings of mature yam plants. *Tropical Science*, 35, 217- 219
- Phillips, I. D. J., 1971. The Biochemistry and physiology of plant growth hormones, MC GRAW-Hill Book Company, New York, 71, 124-126
- Preston W.-H. Jr. & Haun J.R., 1962. Factors involved in the vegetative propagation of *Dioscorea spiculiflora* Hems from vines. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 80, 417-429.
- Sadik, S. & O. U. Okereke, 1975. Flowering, pollen grain germination, fruiting, seed germination and seedling development of white yam, *Dioscorea rotundata* Poir. *Ann. Bot* 39: 597–604.
- Sarkar D., Pandey S.K., Sharma S. (2006). Cytokinins antagonize the jasmonate of potato (*Solanum tuberosum*) tuber formation in vitro. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.*, 87, 285-295.
- Sawada E., 1952. Über die wahre natur der erh-und luftknollen von *Dioscorea batatas* Decne. *Journal of the faculty of science Hokkaido*, 47, 4, 267-314.
- Shiwachi. H., Kikuno H. & Asiedu R., 2005. Micro tuber production using yam (*D. rotundata*) vines: *Tropical Science*, 45, 4, 163-169.
- Suja G., V.M. Nair P. Saraswathy, Geetha V.L, Kumari., 2003. Influence of growth promoting substances on sprouting of white yam (*Dioscorea rotundata*) setts. *Tropical Science*, 43,4, 170-173.
- Sylla K., 2003. Production de l'igname et environnement socio-économique. *Agronomie Africaine*, 4, 177-185.
- Tanaka, S. (1977). Chinese yam *Dioscorea opposita* Thunb. in Japan. *Tropical Root and Tuber Crops Newsletter* n°10, pp. 4-5.
- Thimann, K. V., 1969. The auxins in: *Physiology and plant growth developpement*, M. B. Wilkins (Ed)., MC Grew Hill, London. pp 3-45
- Tsafack T.J.J., Charles J.P., Hourmant A., Omokolo N.D. & Branchard M., 2009. Effect of photoperiod and thermoperiode on microtuberization and carbohydrate levels in Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott). *Plant Cell, Tissue and Organs Culture*, 96, 151-159.
- Vaillant, V., Bade P. & Constant C., 2005. Photoperiod affects the growth and development of yam plantlets obtained by in vitro propagation. *Journal of plant Biology*, 49, 355-359.
- Vander Zaag P. & Fox R.L., 1981. Field production of yams (*Dioscorea alata*) from stem cuttings. *Tropical Agriculture*, 58, 143-145.
- Wheatley A.O., Iyare O.A. & Asemota H.N., 2002. Effect of section of yam (*Dioscorea cayenensis*) tuber used in minissett on the biochemical properties of the resultant tuber. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1579-1583



- Wilkins, M. B., 1990. Advanced plant physiology. Longman's Scientific and Technical, 514 p
- Wilson Jill E., 1989. Rapid multiplication of yams (*Dioscorea spp.*). IRETA Publications, 11p.
- Wilson-Jill E. 1978. Recent developments in the propagation of yam (*Dioscorea spp.*). International Seminar on yams, Buea, Cameroon.
- Yamasaki M. & Kurita T., 1950. Hasting the root growth of crop plants by straw ash treatment. *Japanese Journal of Crop Science* 19,185-188.
- Yoshida T, Terao H, Tsuzuki E. & Kamiunten H., 2000. Effects of components of pyroligneous acid on the several plants pathogenic fungi. *Japanese Journal of Crop Science*. 69, 2,196-197.
- Yoshihara, T., Omer, E.A., Koshino, H., Sakamura S., Kikuta, Y. and Koda, Y. (1989) Structure of a tuber-inducing stimulus from potato leaves (*Solanum tuberosum* L.). *Agric. Biol. Chem.* 53: 2835-2837.
- Zoundjihékpon J., Hamon P., Ahoussou N. Doukouré S., Tio-Touré B., Hamon S. (1995). Biotechnologies et gestion des ressources génétiques des ignames africaines. Cinquièmes journées scientifiques de l'AUPELF-UREF, Dakar-Sénégal du 13 au 15 Décembre 1995, 18 p.
- Zoundjihékpon, J., 1993: *Biologie de la reproduction et génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'ouest, Dioscorea cayenensis-rotundata*, Thèse de Doctorat d'Etat, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 306 p.