

Performances de germination et de croissance de trois provenances du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) en région Guinéo-Congolaise

I. VITOEKPON¹, A. B. FANDOHAN¹, A. F. AYIMASSE¹, D. I. ADEKANMBI¹

(Reçu le 19/02/2021; Accepté le 13/04/2021)

Résumé

Cet essai a été conduit en région Guinéo-Congolaise au Bénin afin d'évaluer la variation de l'aptitude des graines et des juvéniles du tamarinier à germer et à croître en fonction des provenances écologiques. Les graines ont été collectées sur dix arbres adultes et sains de trois régions bioclimatiques et trempées dans de l'eau simple pendant 48 heures avant semis. Les résultats ont révélé que la provenance écologique n'a pas eu un effet significatif sur la germination des graines. Pour toutes les provenances, la germination a commencé entre 5 et 7 jours après le semis et a atteint un taux de 87,5 à 99,2 % au bout de 10 à 12 jours. Le rythme de développement des plants a significativement varié d'une provenance à l'autre en pépinière et en plantation. Cependant, les traits de développement des plants des différentes provenances étaient assez similaires au bout de l'expérience en pépinière. En plantation, les meilleures performances en croissance ont été observées au sein de la provenance Soudano-Sahélienne. Toutefois, il a été remarqué que l'effet de la saison sur les paramètres croissance dépend de la provenance. Des investigations à moyen terme plus poussées en écophysiologie donneraient des résultats robustes et vulgarisables.

Mots clés: Taux de germination, Temps moyen de germination, hauteur, diamètre au collet, nombre de branches, Bénin

Germination and growth performances of three tamarind (*Tamarindus indica* L.) provenances in the Guineo-Congolian region

Abstract

This experiment was carried out in the Guineo-Congolese region of Benin in order to assess variation in the ability of seeds and juveniles of tamarind to germinate and grow as a function of their ecological provenance. Seeds were collected from ten healthy mature trees from three bioclimatic regions and soaked in cold water for 48 hours before sowing. The results revealed that ecological provenance did not have a significant effect on seed germination. For all the provenances, germination began 5-7 days after sowing and reached 87.5-99.2% within 10-12 days after sowing. The growth rate in height, diameter and number of leaves and branches of the plants varied significantly according to provenance in the nursery and in plantation. However, the growth traits of plants from different provenances were quite similar at the end of the nursery experience. After transplantation, the best growth performances were observed for the Sudano-Sahelian provenance. Yet, it was observed that the effect of season on growth parameters depends on the provenance. Medium-term and in-depth investigations in ecophysiology would make it possible to obtain robust and worth-extension results for the development of silvicultural itineraries for tamarind in the study area.

Keywords: Germination rate, mean germination time, height, collar diameter, number of branches, Benin

INTRODUCTION

Les plantes alimentaires et médicinales autochtones constituent l'une des options sérieuses de diversification de la production agricole et d'économie verte en Afrique (Fandohan *et al.*, 2013; Fandohan *et al.* 2015). Compte tenu du fait que les populations rurales sont les principales exploitantes et gardiennes des savoirs endogènes sur ces espèces, leur domestication et l'installation de chaînes de valeur pro-pauvre, pourraient contribuer à atteindre le premier et le troisième objectif du millénaire à savoir: éradiquer la pauvreté et la faim, garantir l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes (Garrity *et al.*, 2006; Fandohan *et al.*, 2015).

Tamarindus indica L. (ex *T. occidentalis* [Gaertn], *T. officinalis* [Hook], *T. umbrosa* [Salisb]), de la famille des Fabaceae (El-Siddig *et al.*, 2006; Muok *et Alem*, 2011), est l'une des espèces agroforestières sous-utilisées, ciblées pour les programmes de diversification de culture en Afrique Sub-Saharienne (Franzel *et al.*, 1996; Eyog Matig *et al.* 2002; Assogbadjo *et al.*, 2017). Originaire d'Afrique ou de Madagascar ou d'Asie (Diallo *et al.*, 2010; Azad *et al.*, 2013), *T. indica* est une plante alimentaire, une espèce semi-sempervirente typique des galeries forestières des zones sahéniennes, soudaniennes et soudano-guinéennes (Fandohan, 2007). Elle a été introduite presque partout

sous les tropiques, tolère différentes conditions pédo-climatiques et peut atteindre 15 m de hauteur (Diallo *et al.* 2007; Muok *et Alem*, 2011). Ses organes font l'objet de différentes formes d'utilisations classées dans des catégories d'usages médicaux, culturels, économiques, matériels et magico-thérapeutiques, pour les populations locales de ses aires de répartition (Fandohan *et al.*, 2010a; Fandohan *et al.*, 2013; Lakor *et al.*, 2016). Au plan nutritionnel, sa pulpe constitue, en dehors de ses propriétés physico-chimiques (Van den Bilcke *et al.*, 2014), une bonne source de protéines (comme d'ailleurs les graines de l'espèce), de carbohydrates et de matières grasses, pouvant être utilisée pour combattre la malnutrition infantile (Jama *et al.*, 2007; Fandohan *et al.*, 2013). Au plan économique, la collecte en milieu naturel et la commercialisation de ses fruits constituent une importante source de revenus pour les populations locales (surtout les femmes), en saison sèche au Nord du Bénin (Fandohan *et al.*, 2010a).

Malheureusement, ses populations naturelles sont menacées non seulement par la pression anthropique, mais aussi par certains phénomènes dont les changements climatiques et la dégradation des sols (Fandohan *et al.*, 2017). Cependant, partout dans le monde, l'essor du secteur agro-alimentaire a toujours été basé sur la production de la matière première et non la cueillette. Ceci est dû au fait que les

¹ Université Nationale d'Agriculture, École de Foresterie Tropicale, Unité de Recherche en Foresterie, Agroforesterie et Biogéographie, Kétou, Bénin

populations naturelles des espèces ciblées ne peuvent ni suppléer à, et ni soutenir la demande du marché (Fandohan AB, com. pers.). La domestication des espèces à forte valeur économique en général et celle de *T. indica* en particulier devient alors nécessaire pour: (i) la production en quantité, en qualité et de façon régulière de ces matières premières, (ii) le développement d'une filière et la conservation des populations naturelles (Fandohan A B, com. pers.). Toutefois, les changements climatiques pourraient hypothéquer ou favoriser l'introduction des espèces autochtones comme *T. indica* dans les politiques nationales de diversification de la production agricole (Fandohan *et al.*, 2015).

Les changements climatiques peuvent en effet induire des dynamiques profondes par rapport aux spéculations agricoles. Au Bénin, bien que la plupart des projections climatiques prédisent une élévation des températures, certaines projettent une augmentation des pluviométries alors que d'autres prédisent un assèchement du climat (IPCC, 2014). Afin de bien renseigner les prises de décision pour choisir les zones propices à chaque espèce d'intérêt, il serait judicieux d'évaluer la réponse de ces espèces à différents scénarios climatiques attendus (humidification vs. aridification) (Fandohan *et al.*, 2013). De telles expérimentations permettraient de projeter si une espèce de milieu aride s'adapterait bien à une humidification de son habitat naturel et vice-versa. *T. indica* étant une espèce dont l'étendue de distribution va jusqu'au bord des zones désertiques, les prédictions climatiques (assèchement) ne devraient pas constituer un problème pour sa culture au Bénin, un pays situé en dessous du Sahel (Fandohan *et al.*, 2013). Cependant, elles pourraient induire des effets non négligeables sur les écotypes locaux (ex. réduction ou augmentation du taux de germination, de la vitesse de croissance, et de la productivité, etc.). Des travaux de recherche expérimentale pourraient alors permettre non seulement d'évaluer (i) l'effet de variations climatiques sur les écotypes autochtones mais aussi (ii) la possibilité d'introduire l'espèce dans des zones non incluses dans son aire de distribution naturelle mais où ses produits sont très prisés. En effet, au Bénin, la plupart des micro-industries de transformation de produits du tamarinier sont situées dans la zone guinéo-congolaise, hors de son aire de distribution naturelle.

Par ailleurs, la gamme variée de conditions écologiques auxquelles sont exposées les espèces végétales dans leur habitat naturel, sont susceptibles d'engendrer des mécanismes d'adaptation de celles-ci et de favoriser ainsi une diversité génétique au sein et entre leurs populations naturelles (Loha *et al.*, 2006; Fandohan, 2011). Des essais de provenances des espèces désirées pourraient permettre de rendre compte de cette variabilité génétique dans le cadre de l'identification d'individus élites pour des besoins de domestication dans un bio-pédo-climat donné (Loha *et al.*, 2006). Les performances de germination et de croissance de *T. indica*, comme pour toute autre espèce forestière, peuvent être influencées par la provenance écologique (Fandohan *et al.*, 2010b; Azad *et al.*, 2013; Azad *et al.*, 2014). De même, la variation saisonnière pourrait influencer la croissance des juvéniles de *T. indica* (Azad *et al.*, 2014). La connaissance à juste titre de telles informations permettrait de faire des choix d'écotypes prometteurs de *T. indica* convenables aux zones ciblées pour sa domestication au Bénin. Le présent travail s'inscrit dans cet ordre d'idées.

Les objectifs spécifiques de la présente expérimentation sont de: évaluer l'aptitude des graines de trois provenances écologiques de *T. indica* à la germination sur sol ferrugineux sans concrétion en zone Guinéo-Congolaise au Bénin; évaluer la variation des paramètres de croissance initiale post transplantation des juvéniles de trois provenances de *T. indica* dans la zone Guinéo-Congolaise au Bénin.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Milieu d'étude

La présente étude a été conduite au Bénin sur une station d'expérimentation (7°36' N et 2°62' E) de l'école de Foresterie Tropicale de l'Université Nationale d'Agriculture, située dans la Commune de Kétou. La Commune de Kétou se localise entre les latitudes 7°10' et 7°41'17 Nord puis les longitudes 2°24'24 et 2°47'40 Est (INSAE, 2016). Elle se trouve dans le 'Dahomey Gap' qui est une interruption des forêts denses sur la côte de l'Afrique de l'Ouest (Akoegninou, 2006). Elle est située dans la zone Guinéo-Congolaise (6°25''-7°30'' N) (Akoegninou, 2006). Elle est caractérisée par un climat subhumide à une tendance sèche, une pluviométrie unimodale allant de Mai à Octobre qui dure environ 113 jours (Adomou *et al.*, 2006). La pluviométrie totale annuelle varie entre 900 et 1110 mm, la température moyenne annuelle, de 25° à 29° avec une humidité relative de 31 à 98% et les sols sont ferrugineux (Adomou *et al.*, 2006). De décembre à février, le harmattan, un vent continental sec se manifeste (Adam et Boko, 1993). La végétation naturelle de la zone est constituée de forêts claires et de savanes arborées, dominées par les espèces végétales à savoirs *Isobertinia doka*, *Daniella Oliveri*, *Lophira lanceolata* et *Parkia biglobosa* (Adomou *et al.*, 2006).

Évaluation de l'aptitude des graines de trois provenances de *T. indica* à la germination

L'essai de germination a mis en jeu les graines de trois différentes provenances écologiques (Bama, Pétchinga et Kofounou) situées au Bénin et au Burkina-faso, suivant un gradient climatique Nord-Sud (Tableau 1). Des fruits mûrs de *T. indica* ont été collectés sur dix (10) arbres adultes, sains et distants l'un de l'autre d'au moins 1 km, dans chacune des trois zones phyto-géographiques de l'étude. Les graines ont été ensuite extraites manuellement des fruits collectés et mélangées par provenance. Trois lots de graines hétérogènes, relativement représentatifs de chacune des provenances ont été ainsi constitués. Ceux-ci ont été soumis à un test de viabilité selon la méthode de Assogbadjo (2006), dans le but de les débarrasser des graines non viables, vides ou pourries. Ce test consistait à immerger chaque lot de graines dans de l'eau ordinaire et enlever celles qui flottent à la surface.

Au total 360 (120 x 3) graines viables dont 120 par provenances ont été sélectionnées des lots de graines testées (Figure 1). Celles-ci ont été prétraitées par trempage dans de l'eau ordinaire pendant 48 h. Des sachets en polyéthylène (4 cm x 6 cm) ont été remplis de substrat de sol ferrugineux sans concrétion. Les pots obtenus après l'empotage étaient alignés en pépinière en adoptant un dispositif de bloc aléatoire complet à trois répétitions, à raison de 120 (40 x 3) pots par bloc, dont 40 par provenance. Au total

360 (40 x 3 x 3) pots étaient utilisés pour l'alignement. Les provenances ont été randomisées au sein de chaque bloc. Les graines prétraitées ont été semées en pot par provenance, entre 0,5 et 1,5 cm de profondeur à raison d'une graine par pot.

Après le semis, les pots ont été ombragés avec des feuilles de *Elaeis guineensis* afin de maintenir les substrats à leur capacité au champ, et arrosés deux fois par jour entre 7 h - 8 h et entre 16 h-17 h (GMT) comme recommandé par Aho et Kossou (1997). Le nombre de graines germées par jour ainsi que le jour de chaque germination ont été régulièrement reportés par provenance pendant un mois, sur des fiches de collecte pré-confectionnées.

Évaluation de la variation des performances de croissance des juvéniles

En pépinière

Les graines une fois germées en pépinière, ont continué d'être arrosées deux fois par jour entre 7 h - 8 h et entre 16 h - 17 h (GMT). La hauteur (à l'aide d'une règle graduée de 0 à 30 cm) et le nombre de feuilles (manuellement) étaient mesurés/comptés par semaine durant sept semaines et le diamètre au collet (à l'aide d'un caliper électronique digital; 150 mm, précision $\pm 0,2$ mm/0,01", LR44, 2006/66/EC) après un mois, à partir du jour de germination de chaque graine. Les données ont été reportées sur des fiches de collecte pré-établies.

En plantation

Les jeunes plants issus de la pépinière ont été transplantés après le piquetage et la trouaison (30 x 30 x 30 cm) sur un site de plantation d'un hectare à pente inférieure à 5%, en adoptant le même dispositif que celui de la pépinière. Un entretien (sarclage) régulier du site était fait à chaque apparition des adventices. A l'aide du caliper électronique digital (150 mm, précision $\pm 0,2$ mm/0,01", LR44, 2006/66/EC) et du ruban métallique (0-100 cm), le diamètre au collet

et la hauteur des plants ont été respectivement mesurés mensuellement. Le nombre de branches émises a été aussi mensuellement compté. Ces trois paramètres ont été pris au quinzième jour de chaque mois durant 12 mois.

Traitement des données

A l'aide du tableur Excel, les données de germination collectées dont le nombre de graines germées par jour et le jour de chaque germination ont été saisies. Ensuite, elles ont été utilisées pour calculer les paramètres tels que les taux de germination (TG), le temps moyen de germination (TMG) et pour déterminer le temps de la première germination (T1st) et le temps mis par les lots de graines pour atteindre 50% de germination (T50), par jour durant 30 jours. Les paramètres TG et TMG ont été calculés de la manière suivante:

- Le taux de germination (TG)

$$TG = \left(\frac{Ni}{N} \right) \times 100$$

où T est le taux de germination, Ni le nombre de graines germées pour une provenance au sein d'un bloc et N, le nombre total de graines semées pour la provenance au sein du bloc.

- Le temps moyen de germination (TMG)

$$TMG = \frac{\sum_{i=1}^n ni di}{\sum_{i=1}^n ni}$$

où TMG est le temps moyen de germination, ni le nombre de graines germées par jour et di, le jour de la germination (Yousheng et Sziklai, 1985). Il représente en effet, le temps théorique que doit mettre une graine avant de germer et au-delà duquel, la probabilité pour qu'elle germe est très faible.

Pour de comparer l'investissement des juvéniles des différentes provenances en biomasse aérienne durant les sept semaines en pépinière, les moyennes et écarts-type

Tableau 1: Différentes origines des graines de *T. indica*, coordonnées géographiques et taille des échantillons utilisées

Nom du pays	Zones phyto-géographiques	Provenances	Coordonnées géographiques	Nombre de graines utilisées
Burkina Faso	Sahélienne	P ₁ : Bama (Ba)	11.37°32'42"N -04°41'31"O	120
Bénin	Soudano-Sahélienne	P ₂ : Pétchinga (Pe)	12°41' N 02°84' E	120
Bénin	Soudanienne	P ₃ :Kofounou (Ko)	12.05°03'62"N 03.02°92'33" E	120



Figure 1: Graines soudaniennes (à gauche), soudano-sahéliennes (au milieu) et sahéliennes (à droite)

des paramètres de croissance mesurés et comptés, ont été calculés par semaine (hauteurs et nombres de feuilles) et après un mois (diamètres), pour chaque provenance.

Les données de croissance prises en plantation ont servi à calculer trimestriellement et par provenance les moyennes et écarts-type de tous les paramètres mesurés après transplantation des plants dont la hauteur, le diamètre au collet et le nombre de branches.

Afin d'évaluer l'effet de la provenance écologique des graines de *T. indica* sur ses performances sylvicoles, les différentes variables de germination des graines et de croissance des juvéniles ont été intégrées séparément dans des modèles d'ajustement, simple ou généralisé, à effet mixte ou non, en fonction du type de variable et des facteurs pris en compte, et ceci à l'aide du logiciel R 4.0.3. La fonction lm du package 'stats' a permis d'ajuster les modèles intégrant des facteurs fixes et des variables de réponse à distribution normale et à variances homogènes. Par contre, pour des modèles intégrant à la fois des facteurs fixes et aléatoires, la fonction d'ajustement des modèles à effet mixte 'lmer' du package 'lme4' a été appliquée. Par ailleurs, pour des variables de réponse à distribution anormale et à variances hétérogènes, les fonctions glm du package 'stats' et glmer du package 'lme4' ont servi à ajuster les modèles simple et mixte, respectivement. Dans ces cas, la structure des erreurs associées à chaque variable de réponse a été définie dans les modèles d'ajustement à l'aide de l'argument 'family', soit family = gaussian ou poisson selon que les variables soient continues ou discrètes. Les facteurs aléatoires considérés étaient le bloc et le temps étant source de pseudo-répétition de certaines variables de réponse alors que la provenance des graines et saisonnalité étaient considérés comme des

facteurs fixes. Les fonctions d'analyses des variances du package 'car' ou de déviations du package 'stats' ont été appliquées aux différents modèles d'ajustement afin de déterminer les probabilités de significativité au seuil de 5%, de l'effet des facteurs étudiés et éventuellement de leur interaction, sur les performances sylvicoles de *T. indica*. La visualisation des performances sylvicoles des graines et juvéniles de *T. indica*, a été faite au moyen du package 'ggplot2' du logiciel R.

RÉSULTATS

Aptitude des graines de trois provenances écologiques de *T. indica* à la germination

Les informations relatives à la germination des graines de *T. indica* provenant de trois zones bioclimatiques au Bénin et au Burkina-faso ont été reportés durant un mois en pépinière. Le tableau 1 présente les résultats de l'analyse des variances/déviations. Ces résultats ont révélé qu'aucune différence significative ($p > 0,05$; Figure 2) ne s'observe entre les provenances, pour tous les paramètres investigués. Néanmoins, la germination a commencé plus tôt au sein des graines des provenances Sahélienne (Ba) et Soudano-Sahélienne (Pe). Le temps de 50% germination (T50) et le temps moyen de germination (TMG) étaient respectivement d'environ onze (11) et douze (12) jours après le semis au sein des graines des provenances Sahélienne (Ba) et Soudanienne (Ko), contre environ deux (2) jours de moins pour celles du Soudano-Sahélien (Pe). Par contre, les graines Soudano-Sahélienne (Pe) ont donné le plus faible taux de germination qui est de 87,5%, contre 99,2% (plus élevé) pour celles Sahéliennes (Ba).

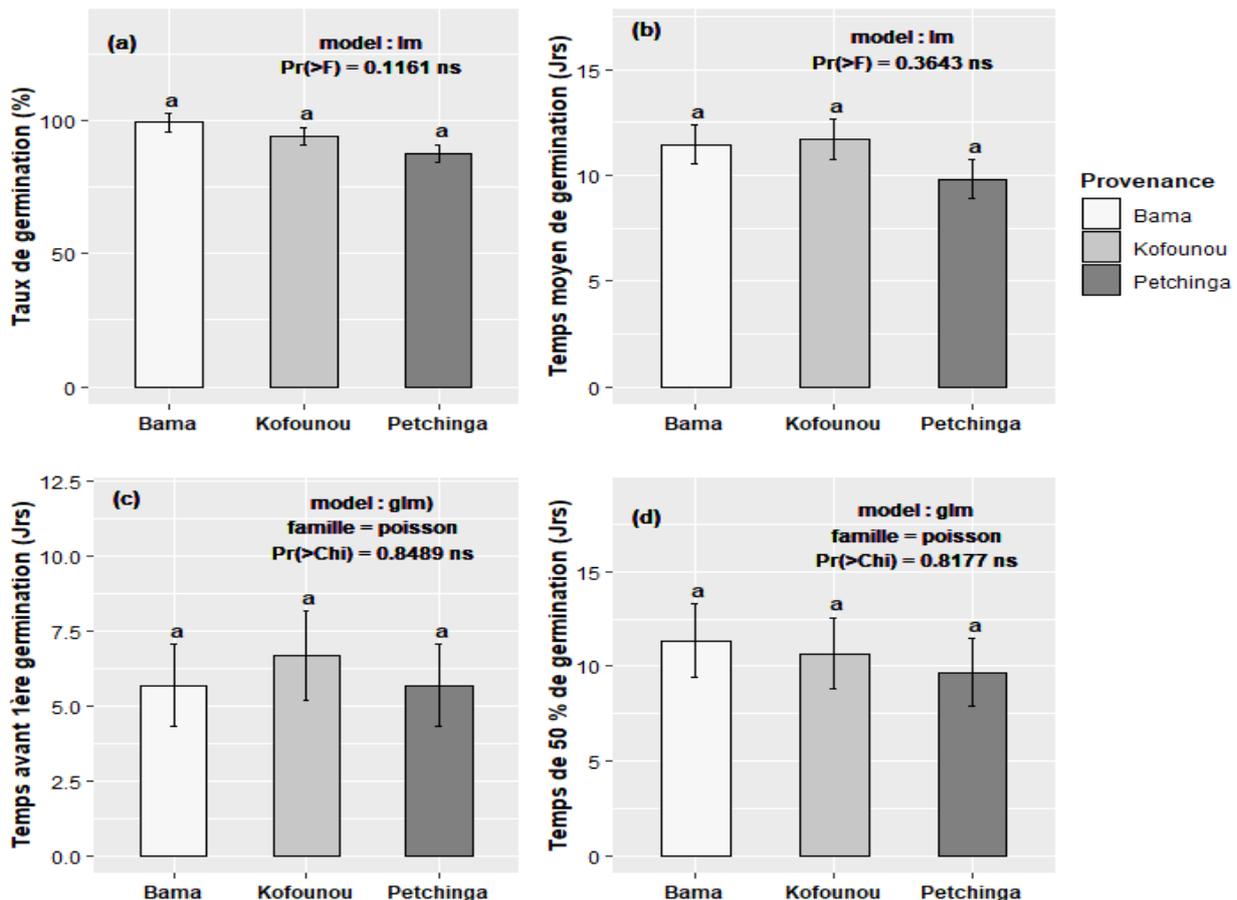


Figure 2: Caractéristiques de germination de trois provenances écologiques de tamarinier

Variabilité des paramètres de croissance des juvéniles de trois provenances de tamarinier en pépinière

Croissance en pépinière

Des différences significatives ($p < 0,05$) ont été observées d’une provenance à l’autre pour la hauteur durant les six premières semaines après la germination des graines (Figure 3). Le nombre de feuilles n’a significativement divergé qu’à la sixième semaine après la germination (Figure 3). La provenance ‘Pétchinga’ (Soudano-Sahélienne) s’est montrée relativement plus performante en terme d’investissement en hauteur et en diamètre au collet des plants après sept semaines en pépinière, suivie de la provenance ‘Kofounou’ (Soudanienne). Ces deux provenances ont également montré le plus grand investissement en nombre de feuilles après sept semaines en pépinière. Cependant, aucune différence significative n’a été observée pour le nombre de feuilles pendant le suivi en pépinière, exception faite de la semaine six (Figure 3). Au bout du 49^{ème} jour d’observations en pépinière, tous les paramètres mesurés avaient en moyenne des valeurs similaires, quelle que soit la provenance ($p > 0,05$).

Croissance en plantation

Les performances en croissance (hauteur, diamètre au collet et nombre de branches) des jeunes plants des trois provenances écologiques de *T. indica* ont été explorées durant douze (12) mois en plantation. L’évolution de tous les trois paramètres a montré une tendance exponentielle remarquable à partir du deuxième trimestre (Mars) (Figure 4-h-i-j). La hauteur, le diamètre au collet et le nombre de branches ont significativement divergé ($p < 0,05$) d’une provenance à l’autre durant tous les quatre trimestres de l’étude, à l’exception du diamètre au collet du dernier trimestre. Quant au nombre de branches, des différences significatives ($p < 0,05$) n’ont été observées qu’au second trimestre (Figure 4-h-i-j). Après douze mois (septembre), les meilleures performances en croissance en hauteur et en nombre de branches ont été observées au sein de la provenance ‘Pétchinga’ (Soudano-Sahélienne) et en diamètre au collet au sein de la provenance ‘Bama’ (Sahélienne).

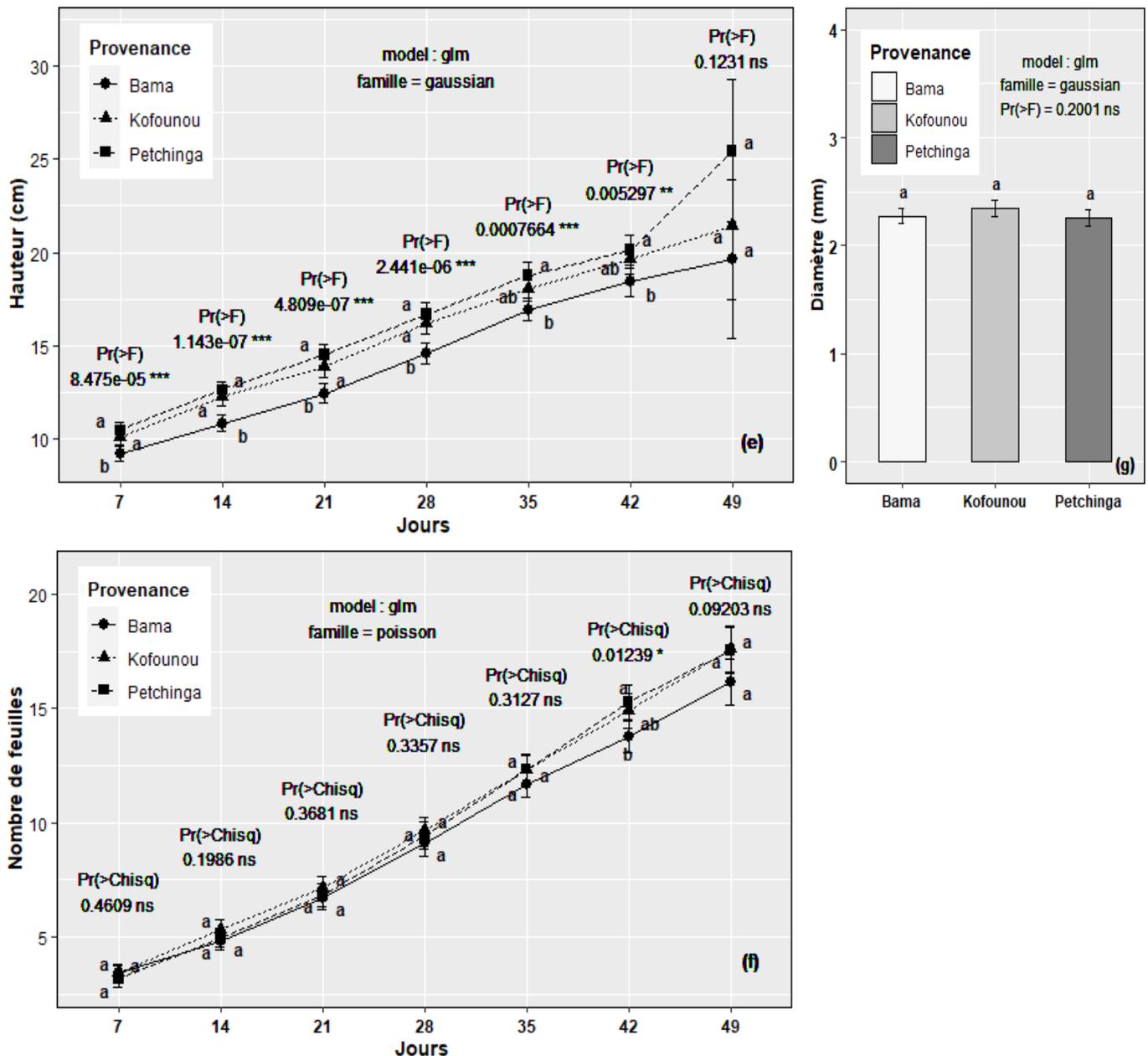


Figure 3: Variation de la croissance initiale des plants en pépinière en fonction des provenances

Variation intersaison du développement des plants

La variation inter saisonnières de l'accroissement moyen mensuel en hauteur, en diamètre et en nombres de branches était très hautement significatif ($p < 0,001$) quelle que soit la provenance (Figure 5, Tableau 2). Cependant, l'effet de la provenance n'était significatif ($p < 0,05$) que sur l'accroissement moyen en diamètre au collet moyen men-

suel des sujets (Figure 4). Ainsi a-t-il été observé, un effet significatif de l'interaction de la saison et de la provenance ($p < 0,05$) sur l'investissement moyen mensuel en hauteur et diamètre au collet des plants. Ce qui suggère que l'effet de la saison sur ces deux paramètres dépend du type de provenance (Tableau 2). Par contre, l'effet de la saison sur l'accroissement moyen mensuel en nombre de branches n'était pas dépendant de la provenance.

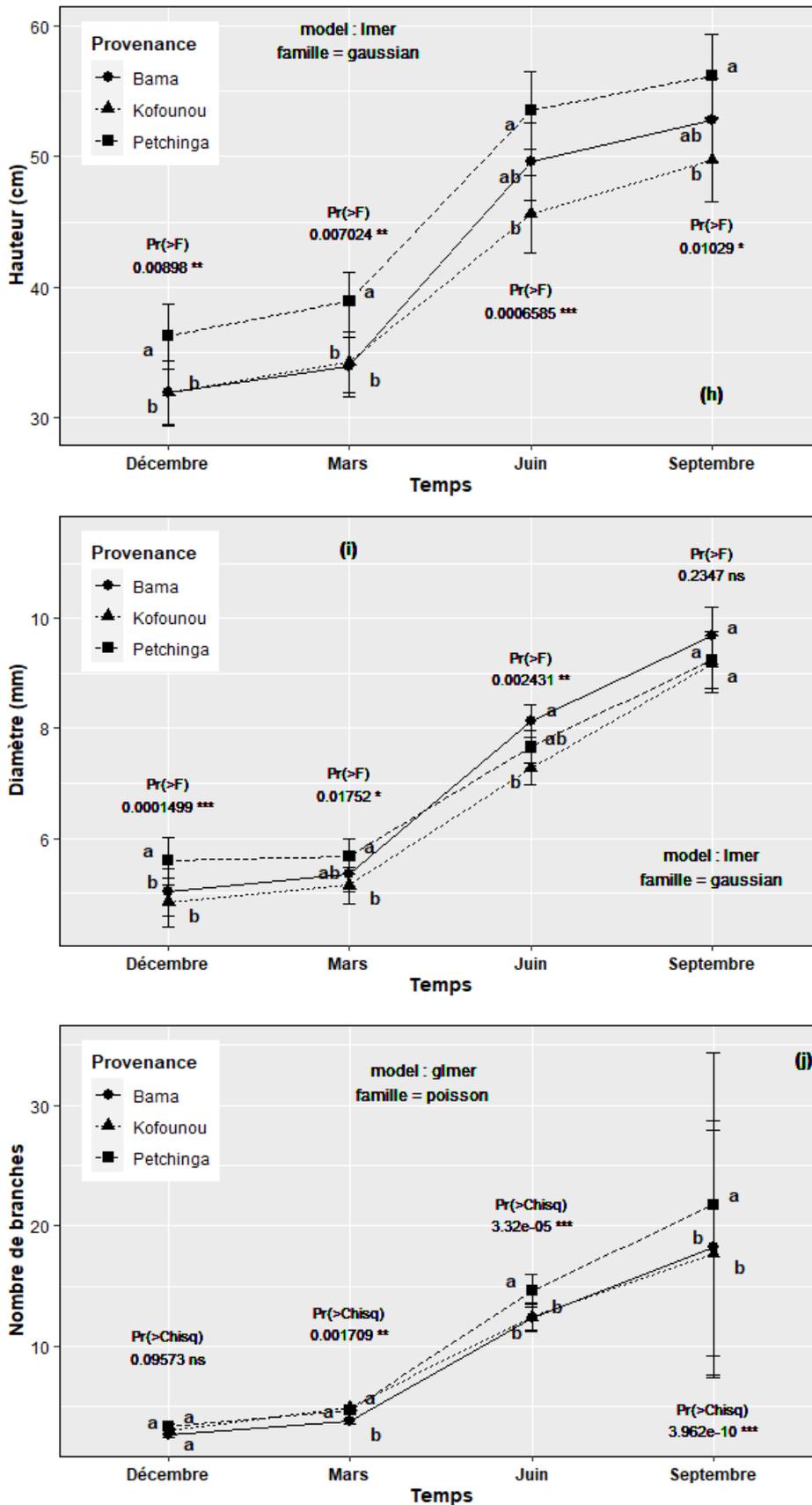


Figure 4: Variation de la croissance initiale des plants après transplantation en fonction des provenances

Pour toutes les provenances, l'investissement moyen mensuel en croissance est environ trois fois plus élevé durant les mois pluvieux que les mois secs (Figure 5). Durant les mois secs, les plus grandes performances s'observent au sein de la provenance 'Pétchinga' en hauteur et de la provenance 'Kofounou' en diamètre au collet et en nombre de branches (Figure 5). Durant les mois pluvieux, les mesures plus élevées s'observent au sein la provenance 'Bama' en hauteur et en diamètre au collet, puis au sein de la provenance 'Pétchinga', en nombre de branches (Figure 5).

DISCUSSION

La présente étude a fait ressortir l'effet de la provenance écologique sur les performances de germination et de croissances au stade juvénile de *T. indica*. Les résultats de l'essai de germination n'ont révélé aucune différence majeure entre provenance au niveau du taux de germination, le temps de 50% germination, et du temps moyen de germination, des graines des trois provenances. De pareils résultats ont été déjà observés dans les études récentes sur *T. indica* (Azad et al., 2013) et *Albizia procera* (Azad et al., 2012) au Bangladesh. Selon Loha et al. (2006) et Assogbadjo et al. (2011), l'aptitude germinative des graines est généralement liée à des facteurs d'ordres génétiques et/ou environnementaux (édapho-climatiques). L'absence de différence majeure entre les provenances augure d'une bonne conservation du pouvoir germinatif des graines de l'espèce à travers divers conditions environnementales. Paradoxalement, les résultats sont contraires à ceux d'autres travaux récents sur *T. indica* au Bénin (Fandohan et al., 2010b). Ceci pourrait s'expliquer par une différence liée soit aux provenances étudiées (du point de vue de la dormance physique induit par l'aridité et l'héritabilité) (Azad et al., 2013), aux conditions d'expérimentation, ou à la durée de conservation des graines utilisées (Fandohan et al., 2010). Selon Diallo et al. (2010), les graines constituent l'organe où l'expression de la diversité génétique au sein du tamarinier est la plus élevée. L'étude a également révélé que le taux de germination maximal est de 99,2 % pour la provenance Sahélienne (Ba) contre 87,5 % (minimal) pour la provenance Soudano-Sahélienne (Pe). Le temps de la première germination, le temps de 50% de germination et le temps moyen de germination sont respectivement de 5 à 7 jours, de 9 à 11 jours et de 9 à 12 jours pour toutes les provenances. L'observation du plus grand taux de germination pour la provenance de la zone la plus aride (Sahélienne) est contraire aux résultats de Hamasha et Hensen (2009) et ceux de Niang et al. (2015) qui suggère

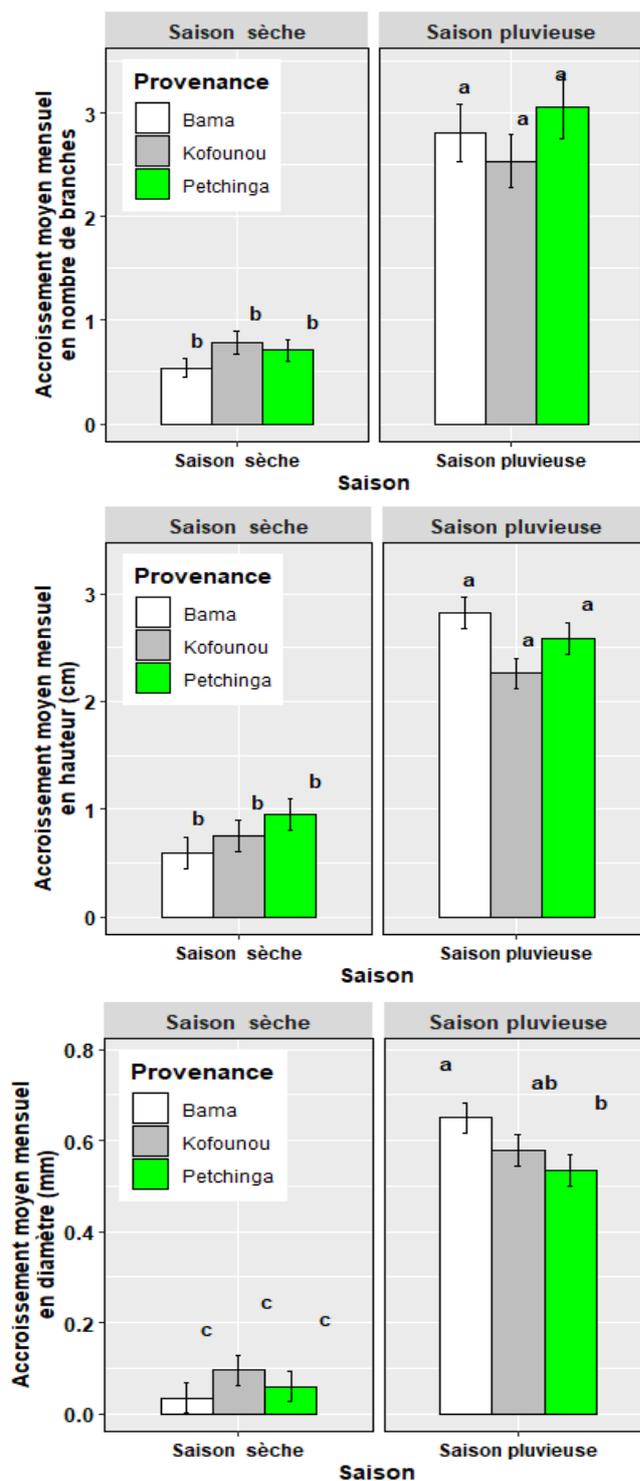


Figure 5: Variation du développement moyen mensuel des plants après transplantation en fonction de la saison

Tableau 2: Analyse des variances/déviations des accroissements moyens mensuels des variables de croissance des juvéniles de *T. indica* en plantation, en fonction de la provenance écologique, de la saison de croissance et de leur interaction

Sources de variation	Probabilités de significativité (p)		
	Variables de réponse		
	AMM _{hauteur} (cm) Pr (>F)	AMM _{diamètre} (mm) Pr (>F)	AMM _{branches} Pr (>Chisq)
Provenance	0.16230 ns	0.0559322 ns	0.26450 ns
Saison	< 2e-16 ***	< 2,2e-16 ***	< 2e-16 ***
Provenance: Saison	0,03302 *	0,0006657 ***	0,07195 ns
Erreur	-	-	-

Note: AMMi = Accroissement moyen mensuel de la variable i; Pr (>F) = pvalue de Fisher avec la méthode de 'Satterthwaite' de Type III; Pr(>Chisq) = pvalue du test de Chisquare de 'Wald' de Type II; ns: pas de différence significative à un taux de 5%; *: différence significative à un taux de 5%; ***: différence très hautement significative à un taux de 5%.

une corrélation positive entre la dormance tégumentaire et l'aridité des conditions environnementales. Plusieurs autres facteurs non contrôlés dans cette étude peuvent expliquer les divergences de nos résultats avec ceux antérieurs, dont les conditions de conservations. Un test rigoureux sur l'effet de la durée de conservation sur la germination des graines de l'espèce pourrait permettre de mieux comprendre les processus responsables des différences observées. En ce qui le temps de 50% de germination (T50) et la cinétique de germination (TMG), les différences pourraient être due à une variation de la taille des graines, d'une provenance à l'autre, les meilleurs scores étant obtenu pour les graines les plus grosses (Milberg et Lamont, 1997). Selon Willan (1985), la vitesse de germination renseigne sur la vigueur des graines et des plants qui en seront issus. Ceci indique donc que les graines du Soudano-Sahélien (Petchinga) bien qu'ayant les plus faibles taux de germination dans cette étude, seraient plus vigoureux et par hypothèse, donneraient les plants les plus vigoureux en terme de développement.

Le test de croissance en pépinière des juvéniles de *T. indica* a révélé que l'effet de la provenance est significatif sur la hauteur des six premières semaines et le nombre de feuilles des 3 premières semaines de croissance après la germination des graines ($p < 0,05$), contrairement au diamètre au collet. Ces différences indiquent une certaine variabilité dans la dynamique de la croissance des plants des différentes provenances. Cependant, au bout de l'observation, les différences n'étaient pas significatives. Dans une expérimentation similaire, Fandohan *et al.* (2010b) ont mis en évidence des différences non significatives dans la croissance en hauteur et en diamètre des juvéniles de différentes provenances de tamarinier durant les trois premiers mois post germination. Les différences observées dans le temps indiquent une diversité de réponses des provenances à la variation des conditions environnementales dans le temps. Toutes les provenances ayant été testées dans un même milieu, on pourrait soupçonner une origine génétique et donc potentiellement héritable dans les variations observées (Loha *et al.*, 2006). En plantation, les meilleures performances de croissance des sujets du Soudano-Sahélien (Petchinga) renforce l'hypothèse d'une plus grande vigueur des sujets de cette provenance comparée aux autres. Selon Khan (2004), Loha *et al.* (2006), Parker *et al.* (2006), Fandohan *et al.* (2010b) et Assogbadjo *et al.* (2011), la croissance initiale rapides des juvéniles d'espèces forestières est positivement corrélée avec la taille des graines (réserves nutritives). La pris en compte de cette dimension dans une étude subséquente pourrait améliorer la compréhension des causes sous-jacentes expliquant les variations observées

Le test de croissance en plantation des juvéniles de *T. indica* a révélé que la hauteur et le diamètre au collet diffèrent significativement ($p < 0,05$) d'une provenance à l'autre durant les quatre trimestres de l'étude, à l'exception du diamètre au collet du dernier trimestre. Par contre, le nombre de branches n'a significativement différé ($p < 0,05$) qu'au second trimestre. Pour des espèces à large de distribution comme le tamarinier, les différences significatives induites par les provenances écologiques dans les caractéristiques de croissance sont très fréquentes (Hamasha et Hensen, 2009; Fandohan *et al.*, 2010b; Assogbadjo *et al.*, 2011; Azad *et al.*, 2014). Ces différences sont probablement dues à une certaine hérabilité au sein des sujets de chaque provenance (Loha *et al.*, 2006). En effet, tous les trois échantillons testés

dans la présente étude ont été soumis à la croissance dans un même milieu, mais aux conditions édapho-climatiques différentes de leur milieu d'origine. L'effet de l'environnement se trouverait ainsi réduit et l'expression du potentiel héritable de chaque provenance. Toutefois, les différences non significatives observées au niveau des diamètres au collet des provenances au bout de l'expérimentation suggère globalement, une similarité entre les réponses des provenances pour ce paramètre. Le présent test a également révélé un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) de la saison sur la croissance moyenne mensuelle en hauteur, en diamètre au collet et en nombre de branches des sujets de toutes les provenances. L'investissement moyen en croissance mensuel est beaucoup plus élevé durant les mois pluvieux que les mois secs pour toutes les provenances. Ceci est probablement dû à la différence en disponibilité des ressources en eau et d'évapotranspiration entre les saisons. Des résultats similaires ont été discutés sur *Acacia auriculiformis* (Azad *et al.*, 2011) et sur *T. indica* (Azad *et al.*, 2014). La significativité ($p < 0,001$) de l'effet de l'interaction entre la saison et la provenance sur l'investissement moyen en hauteur et diamètre au collet des plants suggère que l'influence de la saison sur ces deux paramètres dépend du type de provenance. Ce constat laisse soupçonner une variabilité de la sensibilité ou de la réponse des provenances à la sécheresse. Ce qui confirmerait la thèse du caractère héritable de la réponse des provenances à l'aridité. Les meilleures performances en croissance en hauteur et en nombre de branches observées toujours au sein de la provenance Soudano-Sahélienne (Petchinga) après douze mois suggère que la vitesse de germination des graines pourrait être utilisée comme un paramètre fiable dans la sélection des populations d'élites d'espèces d'intérêt, en terme de vigueur à la germination et à la croissance initiale. Par contre, celles observées dans la croissance en diamètre au collet au sein de la provenance Sahélienne (Bama) après douze mois pourrait être due à une réponse à des conditions environnementales moins stressante que celles de son aire de provenance. Ces différentes hypothèses pourraient être testées au moyen de suivis des plantations à moyen terme d'évaluations éco-physiologiques approfondies afin d'obtenir des résultats plus fiables.

CONCLUSION

La présente étude a apprécié l'influence de la provenance écologique des graines de *T. indica* sur la germination et la croissance initiale des juvéniles. Les provenances testées ont révélé des différences au niveau de leurs performances de germination mais relativement non influencés par les conditions climatiques des zones de prélèvement des graines. Les tests de croissance quant à eux, ont suggéré l'existence d'une variabilité génétique dans l'aptitude de croissance initiale des juvéniles des trois zones écologiques. L'étude a également montré une variation saisonnière de la croissance des juvéniles de *T. indica* dépendant de la provenance. Les juvéniles de la provenance Soudano-Sahélienne ont montré de bonnes performances en croissance en pépinière et en plantation et pourraient donc avoir un intérêt dans le cadre du développement d'itinéraires sylvicoles de production de l'espèce. Des études approfondies sur une période prolongée intégrant des dimensions éco-physiologiques pourraient permettre d'obtenir des résultats robustes et vulgarisables.

RÉFÉRENCES

- Adam K.S., Boko K. (1993). Le Bénin, EDICEF. Les Éditions du Flamboyant. Paris, France. 96 p.
- Adomou C.A., Sinsin B., Van der Maesen L.J.G. (2006). Phytosociological and chorological approaches to phytogeography: a meso-scale study in Benin. *Sys. & Geog. of Plants*, 76: 155-178.
- Aho N., Kossou D.K. (1997). Précis d'Agriculture Tropicale: Bases et Éléments d'Applications. Éditions du Flamboyant, Cotonou, Bénin, 464 p.
- Akoègninou A., Van Der Burg W.J., Van Der Maesen L.J.G., Adjakidjè V., Essou J.P., Sinsin B., Yédomonhan H. (2006). Flore analytique du Bénin. Backhuys Publishers, 1034 p.
- Assogbadjo A.E. (2006). Importance socio-économique et étude de la variabilité écologique, morphologique, génétique et biochimique du baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin. Thèse de Doctorat, Université de Ghent, Belgique, 239 p.
- Assogbadjo A.E., Glèlè-Kakaï R., Edon S., Kyndt T., Sinsin B. (2011). Natural variation in fruit characteristics, seed germination and seedling growth of *Adansonia digitata* L. in Benin. *New Forests*, 41: 113-125.
- Assogbadjo A.E., Idohou R., Chadaré F.J., Salako V.K., Djagoun C.A.M.S., Akouehou G., Mbairamadji J. (2017). Diversity and prioritization of non-timber forest products for economic valuation in Benin (West Africa). *Afr. J. Rur. Dev.*, 2: 105-115.
- Azad S., Manik M.R., Hasan S., Matin A. (2011). Effect of different pre-sowing treatments on seed germination and growth performance of *Acacia auriculiformis*. *J. For. Res.*, 22: 183-188.
- Azad M.S., Biswas R.K., Matin M.A. (2012). Seed germination of *Albizia procera* (Roxb.) Benth. in Bangladesh: a basis for seed source variation and pre-sowing treatment effect. *Forestry Studies in China*, 14: 124-130.
- Azad M.S., Nahar N., Matin M.A. (2013). Effects of variation in seed sources and pre-sowing treatments on seed germination of *Tamarindus indica*: a multi-purpose tree species in Bangladesh. *Forest Science and Practice*, 15: 121-129.
- Azad M.S., Nahar N., Mollick A.S., Matin M.A. (2014). Variation in Seedling Growth of *Tamarindus indica* (L.): A Threatening Medicinal Fruit Tree Species in Bangladesh. *J. Ecosys.*, 2014: 1-9.
- Diallo B.O., Joly H.I., McKey D., Hossaert-McKey M., Chevallier M.H. (2007). Genetic Diversity of *Tamarindus indica* Populations: Any Clues on the Origin from Its Current Distribution? *African Journal of Biotechnology*, 6: 853-860.
- Diallo B.O., Joly H.I., McKey D., Hossaert-McKey M., Chevallier M.H. (2010). Variation des caractères biométriques des graines et des plantules de neuf provenances de *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae). *Fruits*, 65: 153-167.
- El-Siddig K., Gunasena H.P.M., Prasad B.A., Pushpakumara D.K.N.G., Ramana K.V.R., Vijayanand P., Williams J.T. (2006). Tamarind, *Tamarindus indica* L. Southampton Centre for Underutilized Crops, Southampton, United Kingdom. 188 p.
- Eyog-Matig O., Gaoué O.G., Obel-Lawson E. (eds.). (2002). Development of appropriate conservation strategies on African forest trees identified as priority species by SAFORGEN member countries. Inter. Plant Gen. Res. Institute, Nairobi, Kenya. 90 p.
- Fandohan A.B. (2007). Structure des populations et importance socioculturelle du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) dans la Commune de Karimama (Bénin). Mémoire de DEA, Université d'Abomey Calavi, Abomey-Calavi, Bénin. 60 p.
- Fandohan B., Assogbadjo A.E., Glèlè Kakaï R., Kyndt T., De Caluwé E., Codjia J.T.C., Sinsin B. (2010a). Women's traditional knowledge, use value and the contribution of tamarind (*Tamarindus indica* L.) to rural households cash income in Benin. *Econ. Bot.*, 64: 248-259.
- Fandohan B., Assogbadjo A.E., Glèlè Kakaï R., Sinsin B. (2010b). Variation in seed morphometric traits, germination and early seedling growth performances of *Tamarindus indica* L. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4: 1102-1109.
- Fandohan A.B. (2011). Conservation biology of *Tamarindus indica* (Fabaceae) in Benin, West Africa. PhD Thesis, University of Abomey Calavi, Benin Republic. 227 p.
- Fandohan B., Gouwakinnou G.N., Fonton N.H., Sinsin B., Liu J. (2013). Impact des changements climatiques sur la répartition géographique des aires favorables à la culture et à la conservation des fruitiers sous-utilisés: cas du tamarinier au Bénin. *Biotech., Agron., Soc. & Env.*, 17: 450-462.
- Fandohan A.B., Gouwakinnou N.G., Déléké Koko K.I.E., Glèlè Kakaï R., Assogbadjo A.E. (2015). Domesticating and conserving indigenous trees species: an ecosystem based approach for adaptation to climate change in Sub-Sahara Africa. *CAMES, Science de la vie, de la terre et agronomie*, 3: 55-60.
- Fandohan A.B., Azihou A.F., Assogbadjo A.E., Fonton N.H., Van Damme P., Sinsin A.B. (2017). Environment-driven spatial pattern of tamarind trees in riparian forests. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 111: 23-37.
- Franzel S., Jaenicke H., Janssen W. (1996). Choosing the right trees: setting priorities for multipurpose tree improvement. ISNAR Research Report 8. The Hague, The Netherlands. 81 p.
- Garrity D., Okono A., Grayson M., Parrott S. (2006). World Agroforestry into the Future. World Agroforestry Centre. Nairobi, Kenya. 196 p.
- Hamasha H.R., Hensen I. (2009). Seed germination of four Jordanian *Stipa* spp: differences in temperature regimes and seed provenances. *Plant Speciation Biology*, 24: 127-132.
- Institut National de Statistique Appliquée et d'Économie (INSAE). (2016). Effectifs de la population des villages et Quartiers de ville du Bénin (RGPH-4 2013). Direction des études démographiques. Cotonou, Bénin. 85 p.
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Working Groups I, II and III, Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Switzerland. 151 p.
- Jama B.A., Mohamed A.M., Mulatya J., Njui A.N. (2007). Comparing the "Big Five": a framework for the sustainable management of indigenous fruit trees in the drylands of East and Central Africa. *Ecological Indicators*, 8: 170-179.
- Khan M.L. (2004). Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., a tropical tree species of north-east India. *Acta Oecologica*, 25: 103-110.
- Lakor J., Elepu G., Buyinza M.J., Nyeko P. (2016). Analysis of *Tamarindus (Tamarindus Indica* L.) Value Chain in Uganda: Identification of Opportunities and Constraints to Its Commercialization and Domestication. *J. Agr. & Env. Sci.*, 5: 101-112.
- Loha A., Tigabu M., Teketay D., Lundkvist K., Fries A. (2006). Provenance variation in seed morphometric traits, germination, and seedling growth of *Cordia africana* Lam. *New Forests*, 32: 71-86.
- Milberg P., Lamont B.B. (1997). Seed/cotyledon size and nutrient content play a major role in early performance of species on nutrient-poor soil. *New Phytologist*, 137: 65-72.
- Muok B.O., Alem Sh. (2011). *Tamarindus indica*, tamarind: Conservation and Sustainable Use of Genetic Resources of Priority Food Tree Species in sub-Saharan Africa. Bioversity International, Rome, Italy, 9 p.
- Niang M., Diouf M., Samba S.A.N., Ndoye O., Cissé N., Van Damme P. (2015). Difference in germination rate of Baobab (*Adansonia digitata* L.) provenances contrasting in their seed morphometrics when pretreated with concentrated sulfuric acid. *Afr. J. Agric. Res.*, 10: 1412-1420.
- Parker W.C., Noland T.L., Momeault A.E. (2006). The effects of seed mass on germination, seedling emergence, and early seedling growth of eastern white pine (*Pinus strobus* L.). *New Forests*, 32: 33-49.
- Van den Bilcke N., Alaerts K., Ghaffaripour S., Simbo D.J., Samson R. (2014). Physico-chemical properties of tamarind (*Tamarindus indica* L.) fruits from Mali: selection of elite trees for domestication. *Gen. Resources for Crop Evolution*, 61: 537-553.
- Willan R.L. (1985). A guide to forest seed handling with particular reference to the topics. FAO Forestry 20.
- Yousheng C., Sziklai O. (1985). Preliminary study on the germination of *Toona sinensis* (A. Juss.) roem. seed from eleven Chinese provenances. *Forest Ecology and Management*, 10: 269-281.