

# Variation des caractères biométriques des graines et des plantules de neuf provenances de *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae)

Boukary Ousmane DIALLO<sup>1\*</sup>, Hélène Isabelle JULY<sup>2</sup>, Doyle Mc KEY<sup>3</sup>, Martine HOSSAERT-MCKEY<sup>3</sup>, Marie Hélène CHEVALLIER<sup>4</sup>

<sup>1</sup> DPF/INERA/CNRST,  
03 BP 7047, Ouagadougou,  
Burkina Faso  
ousboukdiallo@yahoo.fr

<sup>2</sup> CIRAD, Bios, UMR CEFE,  
UPR 67, CEFE/CNRS,  
1919 route de Mende,  
34293 Montpellier Cedex 5,  
France

<sup>3</sup> CEFE/CNRS, 1919 route  
de Mende, 34293 Montpellier  
Cedex 5, France

<sup>4</sup> CIRAD, Bios, UMR PVBMT,  
Stn Ligne-Paradis, Pôle 3P,  
7 chemin de l'IRAT,  
97410 Saint-Pierre, Réunion,  
France

## Change in biometric characters of seeds and seedlings of nine provenances of *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae).

**Abstract — Introduction.** *Tamarindus indica* is a fruit species of economic interest. Domestication in the Sahel requires prior assessment of the variability of its phenotypic characteristics throughout its distribution area. The aim of our study was to characterize different provenances of tamarind from the phenotypic characteristics of their seeds and seedlings.

**Materials and methods.** The study in a nursery in Burkina Faso focused on the study of seeds and seedlings from nine provenances including two from East Africa, two from West Africa, two Asian and three insular zones. We measured the length, width, thickness and 100-seed weight of each provenance, and height, collar diameter and dry weight of the stem; and length of the main root, number of secondary roots and dry weight of root systems for 50 seedlings aged 3 months. We conducted an analysis of variance, then a principal component analysis on data-scores of all variables, and finally ascending hierarchical classification based on similarity indices.

**Results and discussion.** Differences between variables were highly significant. In the seed study, we obtained a group linked to the Indian and East African provenances, another linked to West African origins, and a middle group from Thailand. In the seedling study, there was a group with strong aerial growth and a short main root, highly branched, and a group with low aerial growth and a long primary root, but weakly branched. The dendrogram obtained from phenotypic similarities (seed and seedling variables) shows a structure by geographical area.

**Conclusion.** The phenotypic interprovenance variability of seedlings and seeds combined with the correlations between variables could be used to select early provenances according to the objectives defined for the selection.

**Burkina Faso / *Tamarindus indica* / Caesalpinioideae / provenance / genetic variation**

## Variation des caractères biométriques des graines et des plantules de neuf provenances de *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae).

**Résumé — Introduction.** *Tamarindus indica* est une espèce fruitière d'intérêt économique. Sa domestication au Sahel impose d'évaluer en préalable la variabilité de ses caractères phénotypiques sur l'ensemble de son aire de répartition. L'objectif de notre étude a été de caractériser différentes provenances de tamarinier à partir des caractères phénotypiques de leurs graines et plantules. **Matériel et méthodes.** L'étude menée en pépinière au Burkina Faso a porté sur l'étude des graines et germinations issues de neuf provenances dont deux d'Afrique de l'Est, deux d'Afrique de l'Ouest, deux d'Asie et trois de zones insulaires. Nous avons mesuré la longueur, la largeur, l'épaisseur et le poids de 100 graines de chaque provenance, et la hauteur, le diamètre au collet et le poids sec de la tige, ainsi que la longueur de la racine principale, le nombre de racines secondaires et le poids sec du système racinaire de 50 plantules âgées de 3 mois. Nous avons effectué une analyse de variance, puis une analyse en composantes principales sur les données centrées réduites de toutes les variables, enfin une classification hiérarchisée ascendante basée sur des indices de similarité. **Résultats et discussion.** Les différences entre variables ont été hautement significatives. Lors de l'étude des graines, nous avons obtenu un groupe lié à la provenance d'Inde et d'Afrique de l'Est, un autre lié aux provenances ouest-africaines et un groupe intermédiaire en provenance de Thaïlande. Lors de l'étude des plantules, il est apparu un groupe avec croissance aérienne forte et racine principale courte, fortement ramifiée et un groupe avec croissance aérienne faible, racine principale très longue, mais faiblement ramifiée. Le dendrogramme obtenu à partir des ressemblances phénotypiques (variables des graines et plantules) montre une structuration par aire géographique. **Conclusion.** La variabilité phénotypique inter provenance des plantules et des graines combinée aux corrélations entre variables pourrait permettre de sélectionner de façon précoce les provenances en fonction des objectifs définis pour la sélection.

**Burkina Faso / *Tamarindus indica* / Caesalpinioideae / provenance / variation génétique**

\* Correspondance et tirés à part

Reçu le 28 juin 2008

Accepté le 23 septembre 2008

Fruits, 2010, vol. 65, p. 153–167

© 2010 Cirad/EDP Sciences

All rights reserved

DOI: 10.1051/fruits/2010010

www.fruits-journal.org

RESUMEN ESPAÑOL, p. 167

## 1. Introduction

Au Sahel, la valorisation des ressources locales est une voie raisonnable pour atteindre l'auto-suffisance alimentaire. Dans ce contexte, les fruitiers locaux jouent un rôle important dans l'alimentation des populations rurales et urbaines. Ces espèces pleines de symboles sont le véritable gage de la sécurité alimentaire. En plus de leur rôle alimentaire, la commercialisation de leurs fruits et des produits dérivés tels que le jus, l'huile, les beignets et les gâteaux procurent des revenus financiers aux acteurs des différentes filières [1]. Au Sahel, la stratégie de domestication de ces fruitiers locaux consiste à combiner la mise en place progressive des vergers, la gestion *in situ* des populations naturelles de grande valeur économique et l'introduction de cultivars à haut rendement sélectionnés dans d'autres pays. Une telle démarche dans la domestication impose de bien connaître le potentiel du matériel génétique dont on dispose et de comprendre l'organisation de la variabilité des caractères phénotypiques sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce concernée.

Dans le contexte économique, les ressources génétiques ont été le plus souvent évaluées à partir des caractères morphologiques et agronomiques. Ces types de caractères soumis ou non à la sélection qui ont fait l'objet de plusieurs travaux en zone humide sur les espèces d'intérêt économique [2] traduisent l'adaptation de chaque matériel végétal (population/provenance) à des conditions écologiques locales spécifiques. Le phénotype observé est alors le résultat de l'influence du milieu sur le génotype [3].

En zone sahélienne, quelques travaux ont été publiés sur les caractères adaptatifs de *Faidherbia albida* [4–6], de *Tamarindus indica* [7], d'*Adansonia digitata* [8] et de *Vitellaria paradoxa* [9]. Cependant, tous ces travaux portent sur des caractères qui sont mesurés sur des individus adultes soit dans les essais de provenances soit dans les populations *in situ*. Les études de la variabilité phénotypique des propagules (graines) et des plantules sont rares. Pourtant, à ce stade, les effets maternels sur les descendants sont assez forts pour permettre d'éva-

luer indirectement les arbres mères et discriminer ainsi les provenances.

Nos travaux ont cherché à caractériser phénotypiquement les graines et plantules de diverses provenances de tamarinier, *Tamarindus indica*, fruitier dont la domestication est en cours au Sahel et dans de nombreuses régions d'Afrique. La vente de ses fruits et de leur jus, principal produit dérivé, se fait à travers des circuits commerciaux bien structurés [10]. La pulpe de tamarin renferme des éléments nutritifs essentiels nécessaires à l'alimentation humaine [11].

*Tamarindus indica* L. est une dicotylédone de la famille des Fabaceae qui regroupe 700 genres et 17 000 espèces [12]. Cette espèce appartient à la sous-famille des Caesalpinioideae et à la tribu des Amherstieae [13, 14] qui renferme 25 genres dont 21 en Afrique tropicale, deux en Amérique tropicale et deux en Asie [15]. Parmi eux trois seulement sont afro-asiatiques. Le genre *Tamarindus* est représenté uniquement par *T. indica*. Le tamarinier est diploïde avec  $2n = 24$  chromosomes [16]. La grande diversité génétique observée au cours des deux dernières années [17, 18] à travers son aire de distribution indique que l'évolution aurait commencé il y a fort longtemps. De ce fait, on peut s'attendre à des différenciations phénotypiques entre des provenances qui ont évolué dans des milieux différents. Notre hypothèse de travail a été que les caractères biométriques des graines et des plantules étaient des marqueurs aptes à discriminer les provenances de tamarinier. En effet, par suite de l'isolement géographique, chaque provenance pourrait avoir acquis des caractéristiques morphologiques propres qui la différencieraient des autres. La conséquence serait alors une structuration morphologique proche de la structuration géographique.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Sites d'expérimentation

Nos travaux ont été menés à la pépinière expérimentale de Dindresso (lat. 11° 14' N,

**Tableau I.**

Liste et caractéristiques de neuf sites (= provenances) où ont été récoltées des semences de *Tamarindus indica* L. afin d'étudier certaines caractéristiques biométriques de leurs graines et plantules.

Nom des provenances	Pays d'origine	Nombre d'arbres récoltés	État de la population	Pluviosité annuelle (mm·an <sup>-1</sup> )	Latitude / longitude	N° des lots
Kodiena	Burkina Faso	30	Naturelle	700	15° 04' N / 0° 11' E	CNSF 1048
Pamène	Sénégal	20	Naturelle	350	14° 36' N / 16° 52' W	ISRA/DPRF/87/1802
Déhradun	Inde	25	Naturelle	600	30° 19' N / 78° 04' E	Récolte privée
Pramane	Thaïlande	10	Naturelle	800	13° 43' N / 100° 35' E	T012
Étang-Salé	Réunion	16	Naturelle	790	21° 15' S / 55° 23' E	ONF/T13/90
Anafari	Madagascar	15	Naturelle	700	11° 35' N / 09° 50' E	ONF/T34/92
Guadeloupe	Guadeloupe	10	Plantée	800	16° 13' N / 61° 31' W	Récolte individuelle
Gede	Kenya	25	Naturelle	900	0° 11' N / 36° 20' E	KFR/407-013/88
Mtandika	Tanzanie	22	Naturelle	800	7° 30' S / 37° 45' E	9610362N

long. 04° 26' O, alt. 240 m) située à 18 km à l'ouest de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso. Cette localité se trouve dans le domaine phytogéographique soudanien [19]. Le climat de type tropical soudanien se caractérise par une saison des pluies de 5 mois où dominent les vents marins appelés moussons. La pluviosité annuelle de 965 mm·an<sup>-1</sup> est répartie sur 81 j de pluie (données météorologiques non publiées). La saison sèche, au cours de laquelle souffle un vent continental appelé harmattan, dure 7 mois. Les températures fluctuent au cours de l'année avec des valeurs maximales en mai (40 °C) et minimales en janvier (12 °C). Selon les saisons, les écarts de températures journalières oscillent en moyenne entre 15 °C et 25 °C. Les deux grandes saisons sont séparées par deux intersaisons au cours desquelles il y a quelques pluies éparses et une alternance de vents marins (mousson) et continentaux (harmattan). Les sols sont de types ferrugineux tropicaux lessivés, pauvres en phosphore assimilable et en azote, avec une dalle latéritique profonde.

## 2.2. Matériel végétal

Nous avons étudié comparativement neuf lots de semences de *T. indica* que nous avons appelés « provenances ». Ces lots ont été fournis par une structure de recherche et cinq centres semenciers : le Centre national de semences forestières (CNSF) au Burkina Faso (Kodiena) ; l'Office de recherche forestière (OFI) à l'île de la Réunion (Étang-Salé) ; le *Kenyan Forestry Research Institute* (KEFRI) au Kenya (Gede) et en Tanzanie (Mtandika) ; l'Institut sénégalais de recherche agricole / Direction de la recherche et de la production forestière (ISRA / DRPF) au Sénégal (Pamène) ; Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD) en Thaïlande (Pramane), Guadeloupe et Madagascar (Anafari) ; l'Institut indien des forêts en Inde (Déhradun).

Les caractéristiques des sites où étaient localisés les arbres producteurs des lots de semences étudiées ont été relevées (tableau I).

### 2.3. Mise en place des semis

Avant semis, les graines ont été traitées à l'acide sulfurique concentré (60 %) pendant 15 min puis rincées à l'eau courante. Elles ont été ensuite immergées dans l'eau pendant 1 h avant d'être semées deux à deux, dans des sachets en polyéthylène (8 cm × 25 cm) remplis de terre prélevée en pépinière. Les sachets ont été placés en planches protégées du rayonnement solaire par des ombrières de paille tissée. À la levée, soit environ 45 j après semis, un démariage a été effectué afin de ne laisser qu'une seule plantule par sachet. Sauf en cas de pluie, une irrigation manuelle a été faite tôt le matin et tard le soir. Aucun traitement phytosanitaire n'a été appliqué.

### 2.4. Variables mesurées et analyse statistique des données

Les variables mesurées sur les graines ont été la longueur, la largeur, l'épaisseur et le poids de 100 graines de chaque provenance. Puis, sur les plantules âgées de 3 mois, nous avons relevé la hauteur et le diamètre au collet de la tige principale, la longueur et le diamètre de la racine principale, le nombre de racines secondaires, le poids sec de la tige et des racines. Le rapport [hauteur de la tige / longueur de la racine principale] a été calculé. Toutes ces variables ont été ensuite regroupées en variables explicatives (poids, longueur, largeur et épaisseur de la graine ; longueur de la racine principale ; nombre de racines secondaires ; poids sec des racines) et en variables expliquées (hauteur, diamètre et poids sec de la tige).

Les analyses statistiques des données ont consisté en :

- Une analyse de variance variable par variable avec le modèle linéaire généralisé (GLM) dans lequel nous avons testé l'effet provenance sur chaque variable en suivant le modèle mathématique :  $Y_{eij} = M + P_i + E_i$  dans lequel  $Y_{eij}$  est la valeur observée de la plantule de la provenance  $i$  ;  $M$  la moyenne générale de l'essai ;  $P_i$  l'effet de la provenance  $i$ , avec  $i = \{1, 2, 3, \dots, 9\}$  ;  $E_i$  est le résidu non expliqué par le modèle. Cette analyse a été suivie d'une comparaison de moyenne par le test de Newman et Keuls au seuil de

5 % qui a permis d'identifier les groupes homogènes.

- Une analyse en composantes principales (ACP) qui a permis d'analyser simultanément toutes les variables mesurées à partir des axes principaux. Cette analyse a été faite sur les données centrées réduites obtenues en divisant la moyenne par l'écart-type. Elle a eu pour objectif de donner le même poids à toutes les variables de l'analyse [20].

- Une classification hiérarchisée ascendante basée sur les indices de similarité à partir de toutes les variables (graines et plantules). Cette classification a permis de mesurer le degré de ressemblance phénotypique des provenances.

- Une régression linéaire entre la variable hauteur de tige (expliquée) et les variables nombre de racines secondaires, longueur de la racine principale et diamètre de la racine principale (explicatives) suivant le modèle :  $Y = \alpha + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i}$  dans lequel  $Y$  est la valeur observée de la hauteur de la plantule  $i$  ;  $\alpha$  est le coefficient constant ;  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ , sont les coefficients de régression et  $x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}$  sont les valeurs de la plantule  $i$  pour les variables explicatives, respectivement : nombre de racines secondaires, longueur et diamètre de la racine principale, respectivement.

## 3. Résultats

### 3.1. Phénotype des plantules

Les analyses de variance effectuées variable par variable sur les plantules issues de la germination de semences de *T. indica* de différentes provenances ont révélé des différences hautement significatives pour toutes les variables mesurées (tableau II). Selon la variable analysée, le test de comparaison des moyennes a permis de regrouper les graines de certaines provenances (tableau III, IV).

Pour les variables hauteur de tige, longueur de la racine principale et nombre de racines secondaires, les moyennes générales observées dans l'essai ont été respectivement de 39,1 cm, 23,9 cm et 17,2 cm.

**Table II.**

Analyse de variance effectuée sur différentes variables mesurées sur des plantules de *Tamarindus indica* L. issues de semences collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce (source de variation = provenance de la graine ; nombre de degrés de liberté = 8).

Variable	Somme des carrés	Carrés moyens	Valeur-F	P > F	Coefficient variation	Moyenne essai
Hauteur tige	10628,84	1328,60	32,90	0,0025**	16,17	39,10
Diamètre tige	25,92	3,24	13,19	0,0019**	25,57	2,010
Longueur racine principale	3612,52	451,56	26,64	0,0017**	18,05	23,90
Nombre racines secondaires	5647,48	705,93	18,68	0,0034**	34,32	17,21
Diamètre racine principale	31,54	3,94	10,17	0,0012**	28,85	2,13
Poids sec de la tige	32,54	4,10	17,81	0,0027**	19,47	2,47
Poids sec des racines	7,14	0,89	9,74	0,0045**	16,66	1,61

\*\* Différences très significatives au seuil de 0,01 %.

**Tableau III.**

Comparaison des moyennes pour les variables hauteur de la tige principale, longueur de la racine principale et nombre de racines secondaires de plantules de *Tamarindus indica* L. issues de semences collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce.

Hauteur de la tige principale (cm)			Longueur de la racine principale (cm)			Nombre de racines secondaires		
Provenances	Moyenne	Écart-type	Provenances	Moyenne	Écart-type	Provenances	Moyenne	Écart-type
Gede	49,33 a	± 2,02	Pamène	31,1 a	± 2,2	Mtandika	25,7 a	± 4,6
Etang Salé	44,7 b	± 0,1	Kodiena	29,7 a	± 4,5	Etang Salé	22,3 a	± 3,7
Mtandika	41,2 c	± 1,9	Paramane	27,8 a	± 3,9	Gede	20,1 ab	± 3,3
Guadeloupe	40,3 c	± 1,7	Déhradun	23,8 a	± 2,8	Anafari	18,9 b	± 6,6
Déhradun	40,1 c	± 2,0	Etang Salé	21,5 b	± 2,4	Guadeloupe	17,5 b	± 2,5
Paramane	39,7 c	± 2,6	Mtandika	21,2 b	± 1,8	Paramane	15,6 bc	± 2,1
Pamène	38,1 c	± 1,3	Anafari	20,4 b	± 1,6	Déhradun	13,5 c	± 2,8
Anafari	31,7 d	± 2,5	Guadeloupe	20,4 b	± 1,3	Kodiena	10,7 c	± 3,6
Kodiena	26,9 e	± 2,1	Gede	19,3 b	± 1,2	Pamène	10,5 c	± 2,3

Kodiena (Burkina) ; Pamène (Sénégal) ; Etang-Salé (Réunion) ; Déhradun (Inde) ; Guadeloupe ; Pramane (Thaïlande) ; Anafari (Madagascar) ; Mtandika (Tanzanie) ; Gede (Kenya).

Test de Newman Keuls 5 % : les provenances dont les moyennes portent les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes, donc constituent des groupes homogènes.

Ainsi, les hauteurs moyennes de tige des plantules issues des provenances Déhradun, Étang-Salé, Gede, Guadeloupe, Mtandika et Pramane se sont situées au dessus de celle de l'ensemble de l'essai, tandis que les hauteurs moyennes de tige pour les plantules issues des provenances Anafari, Kodiena et Pamène ont été inférieures à celle de l'essai.

Un effet inverse a été observé pour la variable longueur de la racine principale. Par ailleurs, les plantules issues de graines en provenance d'Anafari, Étang-Salé, Gede, Guadeloupe et Mtandika ont présenté un nombre moyen de racines secondaires supérieur à celui des autres plantules de l'essai. Les plantules présentant une racine

**Table IV.**

Comparaison des moyennes pour les variables [hauteur de la tige principale / longueur de la racine principale], diamètre de la tige au collet et poids secs des racines de plantules de *Tamarindus indica* L. issues de semences collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce.

[Hauteur de la tige / longueur de la racine principale]			Poids sec de la tige (g)			Poids sec des racines (g)		
Provenances	Moyenne	Écart-type	Provenances	Moyenne	Écart-type	Provenances	Moyenne	Écart-type
Gede	2,6	± 0,4	Gede	3,1 a	± 0,6	Mtandika	2,1a	± 0,4
Etang Salé	2,1	± 0,3	Déhradun	2,8 ab	± 0,6	Gede	2,0a	± 0,2
Mtandika	2,0	± 0,5	Paramane	2,6 b	± 0,5	Pamène	1,9ab	± 0,3
Guadeloupe	2,0	± 0,4	Guadeloupe	2,5 b	± 0,5	Guadeloupe	1,9ab	± 0,3
Déhradun	1,7	± 0,4	Pamène	2,5 b	± 0,4	Paramane	1,9ab	± 0,3
Anafari	1,6	± 0,4	Etang Salé	2,4 b	± 0,4	Anafari	1,8ab	± 0,4
Pramane	1,4	± 0,4	Mtandika	2,2 c	± 0,5	Etang Salé	1,7b	± 0,2
Pamène	1,2	± 0,1	Anafari	2,1 c	± 0,5	Déhradun	1,6b	± 0,2
Kodiena	1,0	± 0,4	Kodiena	1,8 c	± 0,3	Kodiena	1,6b	± 0,4

Kodiena (Burkina) ; Pamène (Sénégal) ; Etang-Salé (Réunion) ; Déhradun (Inde) ; Guadeloupe ; Pramane (Thaïlande) ; Anafari (Madagascar) ; Mtandika (Tanzanie) ; Gede (Kenya).

Test de Newman Keuls 5 % : les provenances dont les moyennes portent les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différents, donc constituent des groupes homogènes.

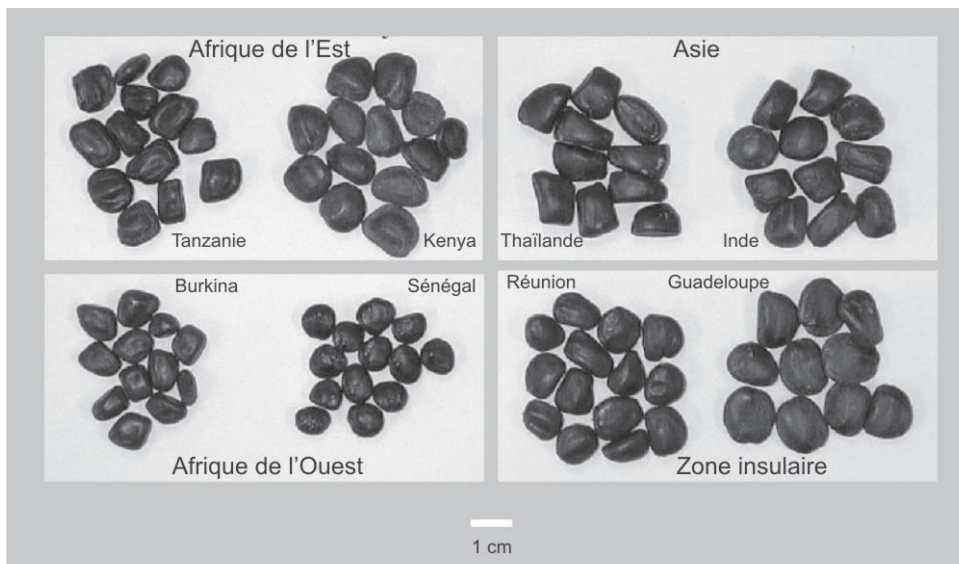
**Tableau V.**

Comparaison des moyennes pour les variables longueur, largeur, épaisseur et poids de graines de *Tamarindus indica* L. collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce.

Provenance	Longueur (mm)	Provenance	Largeur (mm)	Provenance	Épaisseur (mm)	Provenance	Poids (g)
Anafari	14,6 a	Déhradun	14,3 a	Gede	7,1a	Déhradun	69,3 a
Déhradun	14,3 a	Gede	13,5 b	Mtandika	6,8ab	Mtandika	69,2 a
Etang-Salé	14,3 a	Mtandika	12,8 bc	Déhradun	6,6ab	Gede	68,0 a
Gede	13,9 a	Pramane	12,4 b	Anafari	6,5ab	Guadeloupe	66,4 b
Guadeloupe	13,9 a	Guadeloupe	12,1 c	Guadeloupe	6,5ab	Anafari	65,0 b
Mtandika	12,8 b	Anafari	11,9 c	Pramane	6,4ab	Pramane	62,0 bc
Pramane	10,8 c	Etang-Salé	11,7 c	Etang-Salé	6,3ab	Etang-Salé	56,0 d
Kodiena	8,6 d	Pamène	8,8 d	Pamène	5,6c	Kodiena	48,1 e
Pamène	7,8 d	Kodiena	8,2 d	Kodiena	4,9c	Pamène	36,4 e

Kodiena (Burkina) ; Pamène (Sénégal) ; Etang-Salé (Réunion) ; Déhradun (Inde) ; Guadeloupe ; Pramane (Thaïlande) ; Anafari (Madagascar) ; Mtandika (Tanzanie) ; Gede (Kenya).

Test de Newman Keuls 5 % : les provenances dont les moyennes portent les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différents, donc constituent des groupes homogènes.



**Figure 1.** Morphologie des graines de *Tamarindus indica* collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce.

principale courte seraient donc également fortement ramifiées.

À partir des trois variables hauteur de tige, longueur de la racine principale et nombre de racines secondaires, nous avons pu définir trois groupes de plantules :

- (i) les plantules à forte croissance de la tige avec une racine principale pivotante courte fortement ramifiée (provenances Déhradun, Étang-Salé, Gede, Guadeloupe et Mtandika) ;
- (ii) les plantules à faible croissance aérienne dont la racine principale est très longue mais peu ramifiée (provenances Kodiena, Pamène et Pramane) ;
- (iii) les plantules en provenance d'Anafari qui constituent un groupe isolé car difficile à classer à partir de ces trois variables.

Ce regroupement se traduit par un rapport [biomasse souterraine / biomasse aérienne] élevé pour le premier groupe, faible pour le deuxième et moyen pour le troisième.

### 3.2. Morphologie des graines

L'analyse de variance effectuée pour chacune des variables mesurées sur les graines a mis en évidence un effet provenances hautement significatif ( $P < 0,001$ ) pour toutes

ces variables (tableau V). Le test de Newman-Keuls au seuil de 5 % a fait ressortir trois grands groupes. Les provenances de l'Afrique de l'Ouest (Kodiena, Palene) sont celles d'où ont été obtenues les graines de petites dimensions (tableau V, figure 1).

### 3.3. Corrélations entre variables

Une analyse de corrélation effectuée sur les variables mesurées sur les graines et les plantules de 3 mois a mis en évidence deux catégories de corrélations entre variables : des corrélations positives et des corrélations négatives (tableau VI).

L'analyse des relations entre les variables explicatives et les variables expliquées fait ressortir que la croissance aérienne des plantules au stade juvénile, caractérisée par les variables hauteur, diamètre et poids sec de la tige, est positivement corrélée avec les variables nombre de racines secondaires, ainsi que longueur, largeur, épaisseur et poids de la graine ; elle est négativement corrélée avec la variable longueur de la racine principale (tableau VII).

La croissance radiale matérialisée par la variable diamètre au collet de la tige apparaît être indépendante de toutes les variables explicatives si ce n'est de la variable largeur des graines avec laquelle

**Table VI.**

Corrélation entre certaines variables biométriques mesurées sur les graines de *Tamarindus indica* L collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce et sur les plantules de 3 mois qui en ont été issues.

Variable	Plantules de 3 mois							Graine			
	Diamètre tige principale	Racine principale		Nombre racines secondaires	Poids sec		Hauteur tige	Longueur	Largeur	Épaisseur	Poids
		Longueur	Diamètre		tige	racines					
Diamètre tige principale	1										
Longueur racine principale	-0,18	1									
Diamètre racine principale	-0,42	0,73**	1								
Nombre racines secondaires	-0,05	-0,79***	-0,84***	1							
Poids sec tige	0,56	-0,67**	-0,87***	0,73**	1						
Poids sec racines	0,43	-0,27	-0,71**	0,51*	0,62*	1					
Hauteur tige	0,49*	-0,52*	-0,65**	0,54*	0,88**	0,46	1				
Longueur graine	0,46	-0,30	-0,53*	0,45	0,78***	0,28	0,84***	1			
Largeur graine	0,66**	-0,23	-0,45	0,24	0,77***	0,55*	0,79***	0,70**	1,		
Épaisseur graine	0,35	-0,22	-0,45	0,43	0,69**	0,72**	0,68**	0,60*	0,86***	1	
Poids graine	0,46	-0,23	-0,47	0,37	0,75***	0,53*	0,86***	0,86***	0,89***	0,88***	1

\*, \*\*, \*\*\* : Coefficient de corrélation significatif au seuil de 5 %, 0,1 % et 0,01 %, respectivement.

**Tableau VII.**

Corrélation entre variables explicatives et variables expliquées mesurées sur des graines de *Tamarindus indica* L collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce et sur les plantules de 3 mois qui en ont été issues.

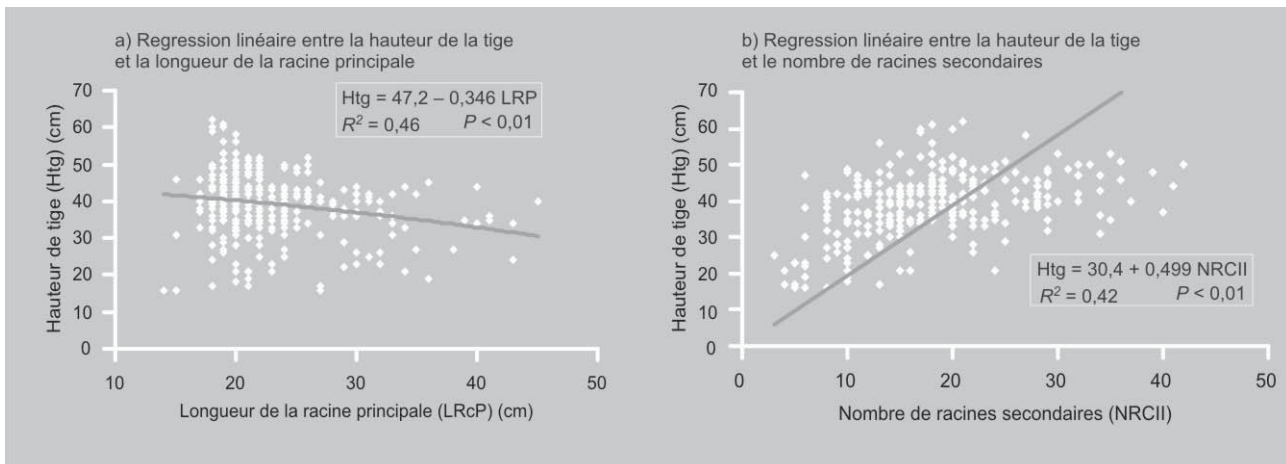
Variables expliquées	Variables explicatives					
	Graine				Longueur racine principale	Nombre racines secondaires
	Longueur	Largeur	Épaisseur	Poids		
Hauteur tige	0,84***	0,79***	0,68**	0,86***	-0,52*	0,54*
Diamètre tige principale	0,46	0,66**	0,35	0,46	0,46	0,05
Poids sec tige	0,78***	0,77***	0,69**	0,75***	-0,67**	0,73**

\*, \*\*, \*\*\* : Coefficient de corrélation significatif au seuil de 5 %, 0,1 % et 0,01 %, respectivement.

elle présente une corrélation positive de 0,66 (tableau VII). En considérant de façon isolée l'action de chaque variable explicative (longueur de la racine principale et nombre de racines secondaires) sur la variable expliquée (hauteur de tige) nous avons observé une corrélation respective-

ment négative et positive (figure 2). Une régression linéaire multiple entre les variables explicatives longueur de la racine principale (LRcP), poids sec de racines (PSRc), nombre de racines secondaires (NRcI) et diamètre de la racine principale (DRcP) et la variable expliquée hauteur de





tige (HTg) a abouti à l'équation suivante :  $HTg = 20,3 + 0,149 NRCII - 0,302 LRCp + 5,76 DRcP$ .

### 3.4. Analyse multivariée

L'analyse en composantes principales (ACP) effectuée sur les caractéristiques de la graine et de la plantule de 3 mois a montré que les trois premiers axes principaux expliquaient 86 % de la variabilité observée (axe 1 : 62 %, axe 2 : 16 %, axe 3 : 8 %).

Les variables explicatives de l'axe 1 ont été la longueur, la largeur, l'épaisseur et de poids de la graine, ainsi que le diamètre, la hauteur et le poids sec de la tige (biomasse aérienne) (figure 3). Cet axe pourrait donc être défini comme l'axe de la biomasse.

L'axe 2 influencé par les variables longueur de la racine principale et nombre de racines secondaires (figure 3) constituerait l'axe du système racinaire.

L'axe 3 a surtout été expliqué par le poids sec des racines ; il pourrait être défini comme l'axe de la biomasse racinaire.

En superposant les cercles de corrélation des variables et la carte des provenances des semences utilisées créés par les axes principaux, il ressort que les provenances Anafari (Madagascar), Déhradun (Inde), Guadeloupe, Kodiena (Burkina) et Mtandika (Tanzanie) sont très corrélés à l'axe 1 (figure 3). Cependant, à l'inverse des autres provenances, celle de Kodiena (Burkina) est

située du côté négatif de cet axe 1. Sur l'axe 2, les provenances Anafari (Madagascar) et Pamène (Sénégal) sont du côté négatif alors que la provenance Gede (Kenya) est située du côté positif.

Une analyse du dendrogramme de classification hiérarchique fait ressortir deux groupes de provenances (figure 4) :

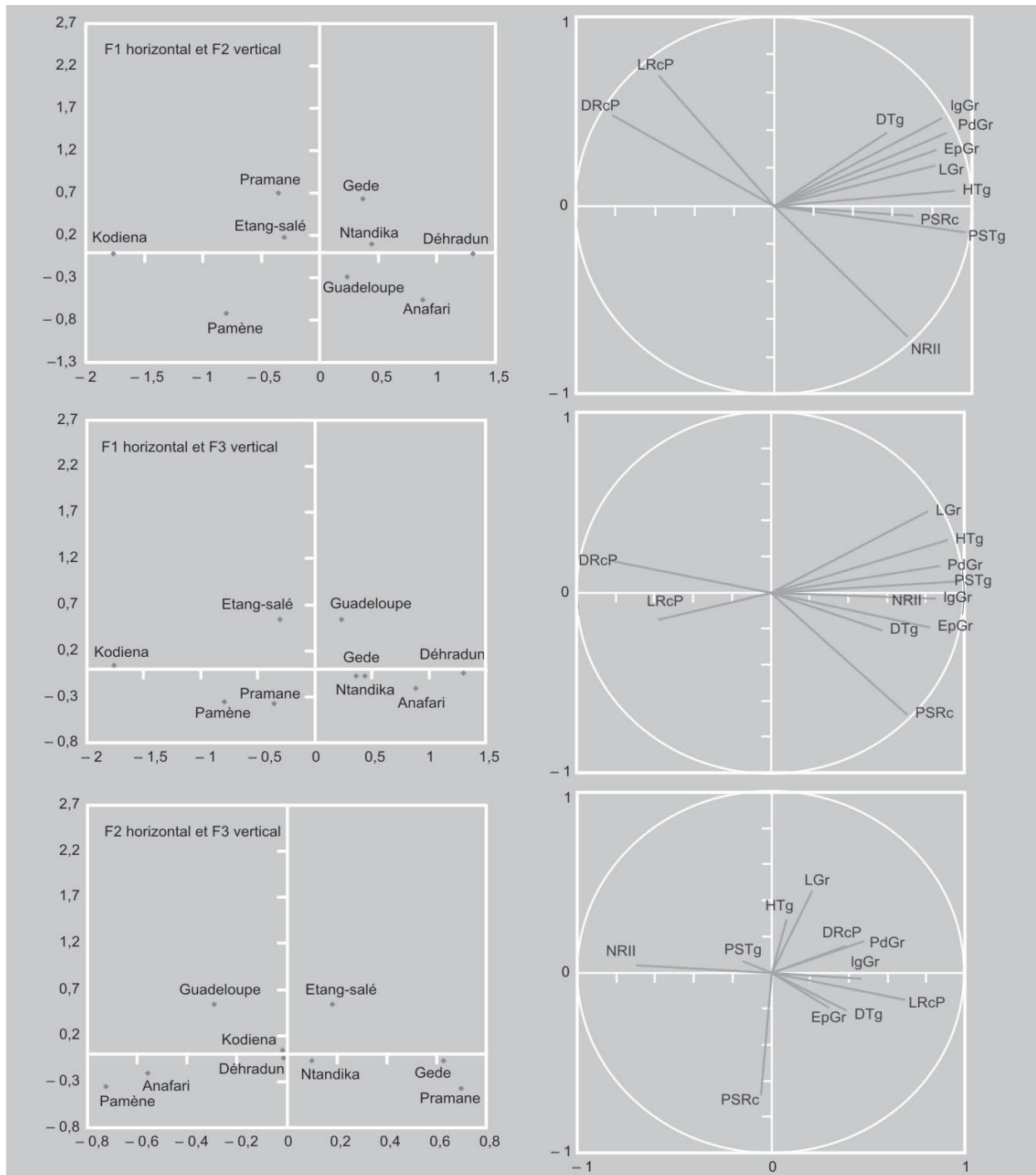
- les provenances sahéliennes (Burkina et Sénégal) ;
- les provenances d'Afrique de l'Est, des îles de l'océan Indien et d'Asie. Ce deuxième groupe se scinde lui-même en deux sous-groupes, l'un constitué par les semences en provenance de l'Inde et de Madagascar, l'autre par les semences en provenance d'Afrique de l'Est (Gede, Mtandika), de la Réunion (Étang-Salé), de la Thaïlande (Pramane) et de la Guadeloupe. Ce deuxième sous groupe montre la forte proximité des deux provenances d'Afrique de l'Est : Gede (Kenya) et Mtandika (Tanzanie).

## 4. Discussion

Les variables mesurées sur les graines et les plantules de *T. indica* de différentes provenances ont révélé des différences significatives entre ces provenances. Notre étude permet de confirmer les résultats de certains travaux obtenus en zone tropicale sèche sur les plantules de *Faidherbia albida* [4, 5] et

**Figure 2.**

Régressions linéaires entre la variable hauteur de tige au collet et les variables explicatives longueur de la racine principale et nombre de racines secondaires pour des plantules de 3 mois de *Tamarindus indica* issues de graines collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce.



**Figure 3.**

Analyse en composantes principales sur certaines variables biométriques [diamètre (DRcP) et longueur (LRcP) de la racine principale ; longueur (LGr), largeur (lgGr), épaisseur (EpGr) et poids (PdGr) de la graine ; hauteur (HTg), diamètre (DTg) et poids sec (PSTg) de la tige ; poids sec des racines (PSRc) et nombre de racines secondaires (NRII)] et sur des individus de *Tamarindus indica* issues de graines collectées dans neuf provenances de l'aire de répartition de l'espèce [(Kodiena (Burkina) ; Pamène (Sénégal) ; Etang-Salé (Réunion) ; Déhradun (Inde) ; Guadeloupe ; Pramane (Thaïlande) ; Anafari (Madagascar) ; Mtrandika (Tanzanie) ; Gede (Kenya)].

**Figure 4.**

Classification hiérarchisée ascendante de neuf provenances de collectes de *Tamarindus indica*, effectuée à partir d'indices de similarité entre variables biométriques [Anafari (Madagascar) ; Déhradun (Inde) ; Étang-Salé (Réunion) ; Gede (Kenya) ; Guadeloupe ; Kodiena (Burkina) ; Mtandika (Tanzanie) ; Pamène (Sénégal) ; Pramane (Thaïlande)].

sur des plants adultes d'autres espèces développées en zone humide telles que *Gliricidia sepium* [21], *Pinus tecunumaii* [22] ou *Pinus silvestris* [23]. Chez le tamarinier, la variabilité mise en évidence pourrait être expliquée par les actions combinées de l'isolement géographique et de la mutation des gènes [24]. Les différences que nous avons observées entre les deux groupes de variable caractérisant la partie aérienne et la partie souterraine des plantules étudiées indiquent que les germinations en provenance de Guadeloupe, d'Inde, de Madagascar et de Tanzanie investissent plus dans la croissance de la tige et dans la densité des racines secondaires que dans la croissance de la racine principale. À l'inverse, celles en provenance du Burkina, du Sénégal et de Thaïlande investissent surtout dans le développement de la racine principale. Une telle différence dans l'allocation des ressources pourrait être liée à la stratégie développée par chaque type de plantules pour s'adapter à son environnement. La similarité d'investissement entre les plantules des deux provenances sahéliennes pourrait faire penser qu'il s'agit d'une fonction adaptative qui consisterait à bien développer une racine pivotante à la recherche de la nappe phréatique profonde avant de commencer la croissance aérienne. À l'inverse, les plantules de provenance insulaire (Guadeloupe, Madagascar, Réunion) et de l'Inde, qui auraient évolué dans des zones où la nappe phréatique serait peu profonde, auraient

développé une autre stratégie consistant à densifier les racines secondaires. Toutefois, la fonction adaptative d'une telle stratégie qui consiste à investir très tôt dans la partie aérienne et dans la densité des racines secondaires n'est pas expliquée. Une étude basée sur des caractères phénotypiques d'autres espèces ont permis également de différencier des provenances [25, 26]. La morphologie des graines s'est révélée être un caractère discriminant les provenances de tamarinier. Trois groupes de graines ont été obtenus qui conduisent à différencier les provenances d'Afrique de l'Ouest, les provenances d'Afrique de l'Est et d'Asie et, occupant une position intermédiaire, les provenances insulaires.

Les graines de provenance sahélienne ont été caractérisées par une petite taille. Des explications très controversées sur la dimension des graines avaient abouti à la formulation de cinq hypothèses pour expliquer les différences de tailles : certains auteurs parlent surtout d'effets écologiques [27–29], d'autres de la prédation [30, 31] ou du système de reproduction et du coût de la pollinisation [32, 33] et d'autres enfin évoquent le mode de dispersion des graines [34, 35]. Pourtant il a été démontré par ailleurs que le poids des graines était très stable. L'hypothèse avancée serait que les caractères des graines sont le résultat d'un processus d'adaptation ; ils auraient été tellement sélectionnés qu'une partie de la variabilité aurait été perdue au cours de

l'évolution. Les différences de poids observées seraient plutôt dues aux effets de l'environnement et ne seraient donc pas d'ordre génétique [36]. En effet, d'après Roach et Wulff, dans les zones très humides où les pluviosités varient entre (1 000 et 1 500) mm·an<sup>-1</sup>, les graines seraient généralement de grande taille [36]. Dans le cas du tamarinier, les provenances se trouvent pour la plupart dans des zones écologiquement proches avec des pluviosités comprises entre (600 et 1 000) mm·an<sup>-1</sup>. Les différences observées seraient alors en partie le résultat de la réponse du génotype aux effets additifs de plusieurs facteurs du milieu [37]. Pourtant, la morphologie des graines a souvent été utilisée pour différencier les provenances des espèces [38]. La forte interaction entre le génotype et son environnement déjà mise en évidence lors de certaines études [39–42] est considérée comme une fonction linéaire [43–46]. Considérées séparément, les structurations morphologiques induites d'une part par les caractéristiques des graines et d'autre part par celles des plantules ne suit pas la structuration géographique et ne correspond pas non plus à la structuration génétique démontrée sur les mêmes provenances [16]. Dans cette dernière étude les auteurs ont montré que la population de *T. indica* de l'île de la Réunion (Étang-Salé) était très proche des populations ouest-africaines. Cependant, la combinaison de toutes les variables mesurées sur les graines et plantules a permis un regroupement des provenances en fonction de leurs situations géographiques. Cela tendrait à montrer que les caractères phénotypiques des plantules combinés avec ceux des graines discriminent fortement les provenances de tamarinier en fonction de l'aire géographique d'origine des semences.

En ce qui concerne les plantules, la corrélation positive, dès l'âge de 3 mois, entre la variable expliquée hauteur de la tige et les variables explicatives longueur et diamètre de la racine principale, poids sec des racines et nombre de racines secondaires qui caractérisent le système racinaire montre le compromis existant entre la partie souterraine de la plantule et sa phase aérienne dans l'allocation des ressources lors de la phase végétative initiale. La forte relation entre la hauteur de la tige et les variables

longueur, largeur, épaisseur et poids de la graine, qui caractérisent la dimension des graines, montre que la quantité des réserves contenues dans la graine est importante pour une bonne croissance initiale des plantules. Toutefois, il est connu que cette relation positive ne se poursuit pas lorsque les plantes sont soumises à l'effet de l'environnement [47]. C'est le cas chez *Faidherbia albida* où les plants des provenances à forte croissance aérienne initiale se font rattraper dès la deuxième année de plantation par les plants des provenances à faible croissance [6].

## 5. Conclusion

Notre étude sur certains caractères biométriques des plantules et des graines de neuf provenances de *Tamarindus indica* a mis en évidence une forte variabilité inter provenances tant au niveau de la morphologie des graines que du phénotype des plantules. Si les différences observées étaient aptes à traduire le devenir des plantules en milieu réel, cette variabilité pourrait être exploitée dans les schémas de sélection. La largeur des graines qui s'est révélée être positivement corrélée avec la vigueur de croissance juvénile de la plantule pourrait être un indicateur de sélection au stade de la pépinière utilisable pour raccourcir le schéma de sélection. Cette sélection sera renforcée s'il est établi ultérieurement une relation entre la largeur des graines et le taux de survie des plantules en milieu réel dès les premières années de plantation. La connaissance des corrélations entre variables et la possibilité de construire des modèles de régression offrent des opportunités non seulement pour choisir les variables les plus intéressantes en sélection mais également pour faire des tris ciblés sur les provenances des semences afin de répondre ponctuellement à chaque objectif de sélection.

## Remerciements

Cet article a été réalisé grâce au soutien financier du projet de l'Union européenne

*Sabelian Fruit Trees* (SAFRUIT). C'est l'occasion pour nous de remercier l'Union européenne pour l'intérêt accordé, à travers ce projet, au fruitiers sahéliens en cours de domestication.

## Références

- [1] Dao M., Diallo B.O., Tamini Z., Bastide B., Guinko S., Biologie florale chez *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae), Cameroon J. Exp. Biol. 02 (02) (2007) 70–76.
- [2] Doligez A., Évolution de la diversité génétique intra population et de sa structure : étude d'un modèle de simulation spatialisé en vue de la gestion des ressources génétiques forestières tropicales, Inst. Natl. Agron. Paris Grignon, thèse, Paris, France, 1996, 273 p.
- [3] Hébert Y., Vincourt P., Mesures de la divergence génétique. Distances calculées sur les critères biométriques, in : Lefort-Buson M., de Vienne D. (Éds.), Les distances génétiques : estimations et applications, Inst. Natl. Rech. Agron. (INRA), Paris, France, 1985, 181 p.
- [4] Billand A., Deframond H., Variabilité génétique d'*Acacia albida* (synonyme *Faidherbia albida*) en essais comparatifs de provenances au Burkina Faso, in : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, 1990, Groupe d'étude de l'arbre, Paris, France, pp. 235–248.
- [5] Vandenbelt R.J., Rooting systems of western and southern African *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. (synonyme *Acacia albida* Del.). A comparative analysis with biogeographic implications, Agrofor. Syst. 14 (1991) 233–244.
- [6] Bastide B., Diallo B.O., Essai comparatif de provenances de *Faidherbia albida* Del., in : Peltier R. (Éd.), Les parcs Agroforestiers de *Faidherbia albida*, Cirad-Forêt, Baillarguet, France, 1996.
- [7] Diallo B.O., Biologie de la reproduction et évaluation de la diversité génétique chez une légumineuse : *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae), Univ. Montpellier II, Sci. Tech. Languedoc, thèse, Montpellier, France, 2001, 119 p.
- [8] Assogbadjo A.E., Kyndt T., Sinsin V., Gheysen G., Van Damme P., Patterns of genetic and morphometric diversity in Baobab (*Adansonia digitata*) population across different climatic zones of Benin (West Africa), Ann. Bot. 97 (5) (2006) 819–830.
- [9] Diarrassouba N., N'Guessan A., Koffi E., Sangaré A., Évaluation des performances de quelques descripteurs quantitatifs et leur utilisation dans la structuration de la population d'un parc naturel de karité en Côte d'Ivoire, Plant Genet. Resour. Newsl. (FAO Publ.) 152 (2008) 65–72.
- [10] Diallo B.O., Sanou J., Dao M.E.C., Cao V., Assimi S., Amélioration génétique des ligneux soudano-sahéliens, Rapport Act. Final Projet FAC/94/CD/78/BKA, CNRST / INERA / DPF, Ouagadougou, Burkina Faso, 2000, 199 p.
- [11] Lumen B.O., Becker R., Reyes P.S., Legumes and a cereal with high methionine/cysteine contents, J. Agric. Food Chem. 34 (1986) 361–364.
- [12] Chant S.R., Fabales, in: Heywood V.H. (Ed.), Flowering plants of the world, Springer New York, U. S. A., 1993, 315 p.
- [13] Käss E., Wink M., Molecular evolution of the leguminosae: Phylogeny of three subfamilies based on rbcL-sequences, Biochem. Syst. Ecol. 24 (5) (1996) 365–378.
- [14] Da N., Ecuadendron (Fabaceae: Caesalpinioideae: Detarieae): A new arborescent genus from Western Ecuador, Novon (1998) 8 (1) 45–49.
- [15] Léonard J., Genre des Cynometrae et des Amherstieae africaines (Leguminosae-Caesalpinioideae), Mém. Acad. R. Belg. 30 (1957) 1–314.
- [16] Purseglove J.W., Tropical crops dicotyledons, Longman Sci. Technol., Harlow, Essex, U. K., 1987, 204–206
- [17] Kumar A., Sharga A.N., Pushpangadan P., Genetic diversity of Tamarind (*Tamarindus indica* Linn), Physiol. Mol. Biol. Plants 12 (2006) 2 185–187.
- [18] Diallo B.O., Joly I.H., Hossaert-McKey M., McKey D., Chevallier M.H., Genetic diversity of *Tamarindus indica* populations: Any clues on the origin from its current distribution? Afr. J. Biotechnol. 6 (7) (2007) 853–860.
- [19] Fontès J., Guinko S., Carte de la végétation et de l'occupation des sols du Burkina Faso, IGB (Inst. Géogr. Burkina), Note explic., Ouagadougou, Burkina, 1995, 67 p.
- [20] Dagnelie P., Statistique théorique et appliquée, De Boeck et Larcier, Brux., Belg., 1998.

- [21] Kwesiga F., Maghenbe J.A., Performance of fifteen provenances of *Gliricidia sepium* in Eastern Zambia. Special Issue: Agroforestry research in the African miombo ecozone, in: Proc. Reg. Conf. Agrofor. Res. Afr. Miombo Ecozone, Lilongwe, Malawi, 16–22 June 1991, Zambia/ICRAF Agrofor. Project, Msekera Reg. Res. Stn., Chipata, Zambia.
- [22] Hodge S.K., Dvorak W.S., Genetic parameters and provenances variation of *Pinus tecunumanu* in 78 international trials, *For. Genet.* 6 (1999) 157–180.
- [23] Hertel H., Schneck V., Genetic and phenotypical variation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations due to seed origin and environmental conditions at experimental site, *For. Genet.* 6 (1999) 65–72.
- [24] Feungchan S., Yimsawat T., Cindaprosert S., Kippowsong P., Tamarind (*Tamarindus indica*) plant genetic resources in Thailand, *Thai J. Agric. Sci. (Spec. Issue)* (1996) 1–11.
- [25] Koffi K.K., Anzara G.K., Malice M., Djè Y., Bertin P., Baudoin J.P., Bi I.A.Z., Morphological and allozyme variation in a collection of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. from Côte d'Ivoire, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009 13 (2) 257–270.
- [26] Nasri N., Khaldi A., Triki S., Variabilité morphologique des cônes et graines de pin d'Alpe et pin pignon en Tunisie, *Rev. For. Fr.* 56 (1) (2004) 22–28.
- [27] Salisbury E.J., The reproductive capacity of plants, G Bell (Ed.), London, U. K., 1942.
- [28] Baker H.G., Seed weight in relation to environmental condition in California, *Ecology* 53 (1972) 997–1010.
- [29] Foster S.A., Janson C.H., The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants, *Ecology* 66 (1985) 773–780.
- [30] Janzen D.H., Seed-eaters versus seed size, number, toxicity and dispersal, *Evolution* 23 (1999) 1–27.
- [31] Armstrong D.P., Westoby M., Seedlings from large seeds tolerates defoliation better: a test using phylogenetically independent contrasts, *Ecology* 74 (1993) 1082–1100.
- [32] Ali S.I., Correlation between seed weight and breeding system in closely related amphimitic taxa, *Nature* 218 (1968) 492–493.
- [33] Haig D., Westoby M., Seed size, pollination cost angiosperm success, *Evol. Ecol.* 5 (1991) 231–247.
- [34] Van der Pijl L., Principal of dispersal in higher plants, 3rd ed., Springer, New York, U. S. A., 1982, 557 p.
- [35] Matlack G.R., Diaspore size, shape and fall behaviour in wind dispersed plant species, *Am. J. Bot.* 74 (1987) 1150–1160.
- [36] Roach D.A., Wulff R.D., Maternal effects in plant, *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18 (1987) 209–235.
- [37] Legay J.M., Debouzie F.A., Introduction à la biologie des populations, Masson, Paris, France, 1985, 512 p.
- [38] Urbaniak L., Biometric characters of seeds and wings as markers of geographical differentiation between European Scots pine (*Pinus sylvestris*), *Acta Soc. Bot. Pol.* (1997) 66 (3–4) 371–378.
- [39] Lebot V., Genetic improvement of exotic broadleaved species in Madagascar, *Bois For. Trop.* 247 (1996) 21–36.
- [40] Ying C.C., Effects on site, provenance and provenance and site interaction in Sitka spruce in Coastal British Columbia, *For. Genet.* 4 (1997) 99–112.
- [41] Raymond C.A., Volker P.W., Williams E.R., Provenance variation, genotype by environment interactions and age-age correlations for *Eucalyptus regnans* on nine sites in south eastern Australia, *For. Genet.* 4 (1997) 235–251.
- [42] Kundu S.K., Islam Q.N., Emmanuel G.J.S.K., Tigerstedt P.M.A., Observation on genotype × environment interactions and stability in the international neem (*Azadirachta indica* A. Juss) provenance trials in Bangladesh and India, *For. Genet.* 5 (1998) 35–96.
- [43] Finlay K.W., Wilkinson G.N., The analysis of adaptation in plant breeding programs, *Aust. J. Agric. Res.* 14 (1963) 742–754.
- [44] Wricke G., Übereine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen, *Z. Pflanzenzüchtung* 47 (1962) 92–96.
- [45] Eberhart S.A., Russel W.A., Stability parameters for comparing varieties, *Crop Sci.* 6 (1966) 36–40.
- [46] Shukla G.K., Some statistical aspects of partitioning genotype-environment components of variability, *Heredity* 29 (1972) 237–345.
- [47] Startton D.A., Competition prolongs expression of maternal effects in seedlings of *Erigeron annuus* (Asteraceae), *Am. J. Bot.* 76 (1989) 1646–1653.

### Variación de rasgos biométricos de las semillas y de las plántulas de nueve procedencias de *Tamarindus indica* L. (Caesalpinioideae).

**Resumen — Introducción.** *Tamarindus indica* es una especie frutera de interés económico. Su domesticación en la zona del Sahel obliga a evaluar antes de todo la variabilidad de sus rasgos fenotípicos en el conjunto de su zona de reparto. El objetivo de nuestra investigación fue el de caracterizar diversas procedencias del tamarindo a partir de los rasgos fenotípicos de sus semillas y plántulas. **Material y métodos.** El estudio realizado en un huerto en Burkina Faso se basó en el estudio de semillas y germinaciones procedentes de nueve lugares, de los cuales dos al este de África, dos al oeste de África, dos en Asia y tres en zonas insulares. Medimos la longitud, la anchura, el grosor y el peso de 100 semillas de cada procedencia, así como la altura, el diámetro en el cuello y el peso seco de la rama; finalmente también medimos la longitud de la raíz principal, el número de raíces secundarias y el peso seco del sistema de raíz de 50 plántulas de 3 meses de edad. Efectuamos un análisis de varianza, así como un análisis de los compuestos principales sobre los datos centrados reducidos de todas las variables. Finalmente realizamos una clasificación jerarquizada ascendente basada en los índices de similitud. **Resultados y discusión.** Las diferencias entre variables fueron muy significantes. En el estudio de las semillas, obtuvimos un grupo relacionado con la procedencia de India y del este de África, otro relacionado con las procedencias del oeste de África y un grupo intermedio procedente de Tailandia. En el estudio de las plántulas, apareció un grupo con fuerte crecimiento aéreo y raíz principal corta, altamente ramificada y otro grupo con flojo crecimiento aéreo y raíz principal muy larga, pero poco ramificada. El dendograma obtenido a partir de las semejanzas fenotípicas (variables de las semillas y de las plántulas) muestra una estructuración según la zona geográfica. **Conclusión.** La variabilidad fenotípica entre procedencias de las plántulas y de las semillas, en combinación con las correlaciones entre variables, podría permitir una selección precoz de las procedencias en función de los objetivos definidos para la selección.

**Burkina Faso / *Tamarindus indica* / Caesalpinioideae / procedencia / variación genética**

