



Original Paper

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Influence de la provenance du géniteur et du type de pollen sur la fructification sous pollinisation contrôlée chez *Dacryodes edulis* (Burseraceae) au Cameroun

J.T. MAKUETI^{3*}, Z. TCHOUNDJEU¹, A. KALINGANIRE², B.A. NKONGMENECK³,
E. ASAAH¹, A. TSOBENG¹ et L. KOUODIEKONG¹

¹World Agroforestry Centre, BP 16317, Yaoundé, Cameroun.

²World Agroforestry Centre, ICRAF-WCA/Sahel, BPE 5118, Bamako, Mali.

³Université de Yaoundé I, BP 812, Yaoundé, Cameroun.

*Auteur correspondant, E-mail : josymakueti@yahoo.fr

RESUME

Très peu de travaux ont été réalisés sur l'amélioration variétale des espèces locales. L'amélioration de leur germoplasme aboutit à l'obtention du matériel végétal amélioré destiné à la création de nouveaux cultivars. Des essais de pollinisations croisées contrôlées ont été menés sur *Dacryodes edulis* dans le but d'évaluer l'influence de la provenance des géniteurs et du type de pollen sur la fructification de 14 accessions femelles issues de 03 provenances. Les croisements ont été effectués selon un schéma en bloc imbriqué. Pour chaque croisement effectué, le nombre de fleurs pollinisées, le nombre de fruits noués et le nombre de fruits arrivés à maturité ont été évalués; le taux de nouaison (TN), l'indice de fructification (IF) et le taux de chute des fruits (TC) calculés et soumis à une analyse de variance. A partir des moyennes obtenues, les différentes combinaisons ont été classées en fonction de leur performance à l'aide du 'cluster analysis'. Les résultats obtenus ont montré que l'indice de fructification qui détermine le rendement de l'espèce étudiée varie uniquement et de manière significative ($p=0,010$) sous l'action combinée des trois facteurs étudiés. Six meilleures combinaisons caractérisées principalement par un taux de nouaison, un taux de fructification élevés et un faible taux de chute de fruits après nouaison (plus de 70%, plus de 50% et moins de 20% respectivement) ont été identifiées. Les graines des fruits (hybrides F_1) issues de cette étude ont été caractérisées et les plants ont été produits en pépinière. Ces derniers serviront de matériel de base d'un essai clonal dans un futur proche. © 2012 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Banque de gènes, essai clonal, germoplasme, safoutier, pollinisation contrôlée.

INTRODUCTION

L'importance de la contribution des arbres fruitiers locaux à la réduction de la pauvreté a été reconnue (Garrity, 2004; Kalinganire et al., 2008; Faye et al., 2011). Afin de diversifier et d'intensifier les systèmes agroforestiers des agriculteurs, il est nécessaire de leur fournir une gamme assez variée de

produits forestiers commercialisables dans le souci de diversifier leurs sources de revenu, d'améliorer leur base nutritionnelle et de restaurer la biodiversité. Cette intensification passe par la création de nouveaux cultivars des différents produits locaux (Leakey al., 2003). L'une des principales contraintes de la production de ces essences locales est

l'insuffisance de la disponibilité du germoplasme de qualité (Akinnifesi et al., 2007). Le germoplasme est considéré comme étant le matériel en mesure de transmettre les caractères héréditaires d'une génération à l'autre, à l'instar des spores, des pollens, des tissus ou parties des plantes, des graines, de l'ADN ou de l'ARN (Bacchetta et al., 2007).

La domestication des arbres locaux est un processus pluridimensionnel qui implique l'identification, la production, l'aménagement et l'adoption des germoplasmes désirés (Simons et Leakey, 2004; Degrande et al., 2007). Dans cette perspective, il est donc opportun d'intégrer à la liste des arbres fruitiers exotiques largement cultivés (Leipzig, 1996), en l'occurrence le manguier (*Mangifera indica* L.), l'avocatier (*Persea americana* Mill.), le papayer (*Carica papaya* L.) et les agrumes (*Citrus spp.* L.), des essences locales à haute valeur marchande, sélectionnées en fonction des préférences des agriculteurs et du marché potentiel de l'espèce. C'est le cas de *Dacryodes edulis* (G. Don) H.J. Lam. (Burseraceae) ou safoutier qui a été classé comme deuxième espèce prioritaire de la sous-région d'Afrique Centrale et de l'Ouest, après *Irvingia gabonensis* (Franzel et al., 1996). Il s'agit d'une espèce locale gynodioïque, fruitière et arboricole, endémique du golfe de Guinée dont l'aire de distribution s'étend de la Sierra Léone jusqu'à l'Est de l'Ouganda (Kengue, 2002). Ses fruits sont des drupes oblongues à ellipsoïdes roses (5-10 x 3-4 cm), puis bleu-sombre ou violet à maturité (Nwosuagwu et al., 2009). L'intérêt de la culture du safoutier repose sur la valeur alimentaire de son fruit dont la pulpe comestible est riche en acides gras et en acides aminés (Kinkela et al., 2006; Ajayi et Adesanwo, 2009). Il est essentiellement allogame (Kengue, 2002), avec deux types d'inflorescences et trois types de fleurs réparties sur deux types d'arbres. Le pollen mature est binucléé à exine épaisse et présente un noyau végétatif et un noyau génératif (Youmbi et al., 1998). La pollinisation est entomophile et le principal pollinisateur est

l'abeille domestique *Meliponula erythra* (Tchuenguem et al., 2001).

Au Cameroun, le World Agroforestry Centre (ICRAF) a entrepris depuis 1998, un programme d'amélioration et de propagation de *D. edulis* (Tchoundjeu et al., 2006) basé sur la sélection, la collecte et la multiplication par voie végétative de génotypes améliorés qui se distinguent par des caractéristiques morphologiques, phénologiques, organoleptiques et sensorielles exceptionnelles, destinés à la domestication (Leakey et al., 2002; Waruhiu et al., 2004; Tchoundjeu et al., 2008; Pye-Smith, 2010). Pour cette espèce, la pression de sélection par les cultivateurs est assez forte dans certaines régions du pays telle que la région Sud du Cameroun où 67% d'arbres ont été sélectionnés par les paysans à partir d'espèces sauvages (Schreckenberget al., 2006). Au stade actuel de la recherche, l'amélioration du safoutier est accentuée sur la multiplication végétative par les techniques de marcottage et de bouturage (Mialoundama et al., 2002) des génotypes dits « supérieurs », les études réalisées sur la culture *in vitro* (Youmbi, 1991; Youmbi et Abdelatif, 2001) n'étant pas encore mises en pratique. A cause de cette sélection empirique, les pieds mâles peu productifs et les arbres produisant des fruits au goût aigre sont systématiquement éliminés. Ce mode de sélection, en dépit des résultats très intéressants auxquels il a abouti en termes d'augmentation de la production, contribue à rétrécir la base génétique du safoutier (Kengue, 2002). Ainsi, la multiplication par voie sexuée (pollinisation croisée manuelle) permettrait de combiner certains caractères désirés sur un arbre et surtout d'augmenter l'inter-variabilité entre les arbres tout en conservant sa base génétique.

Cette étude se propose d'améliorer la disponibilité d'un germoplasme de qualité chez *D. edulis* par la création de nouveaux cultivars qui vont servir de matériel de base destiné à la multiplication végétative pour l'enrichissement des agroforêts de safoutiers. De manière plus spécifique, ce travail a pour objectif d'évaluer l'influence de la provenance

des géniteurs et du type de pollen sur (i) le taux de nouaison, (ii) l'indice de fructification, (iii) le taux de chute des fruits chez *D. edulis* sous pollinisation croisée manuelle et de (iv) déterminer les croisements les plus performants sur la base des trois facteurs combinés.

MATERIEL ET METHODES

Site de l'étude

L'étude a été menée à la station de recherche du projet IRAD/ICRAF, basée à Minkoa-Meyos environ 6 km au nord de Yaoundé, Département du Mfoundi, Région du Centre (Figure 1). Située à une altitude de 813 m au-dessus de la mer, la station est logée dans la zone forestière du Cameroun, entre 11°25' et 11°27' de longitude Est et 3°51' et 3°58' de latitude Nord, avec un climat de type équatorial. La température varie entre 19,2 °C et 26,6 °C, avec une moyenne annuelle de l'ordre de 24 °C pour une hygrométrie moyenne de 80% (Ambassa-Kiki, 2000). La distribution annuelle de pluies est bimodale (1500-2000 mm de pluie par an) avec deux pics en mai (grande saison de pluie) et en octobre (petite saison de pluie) et une période de faibles précipitations en juillet (petite saison sèche). Les mois de décembre, janvier et février constituent les périodes majeures de grande sécheresse. Les sols sont considérés comme moyennement acides, c'est-à-dire ayant des caractéristiques tels que pH 1:1, rapport eau:sol < 5 à 6 et la saturation en Aluminium < à 20.

Caractéristiques des arbres constituant la banque de semis

La banque de semis a été installée de manière participative avec les paysans en 2001 et la première floraison a eu lieu en 2007 (Tchoundjeu et al., 2002). Elle dispose de quatre provenances de semis dont trois ont été choisies pour la réalisation de la présente étude à savoir Boumnyebel (Région du Littoral), Makénéne (Région du Centre) et Kékem (Région de l'Ouest-Cameroun), la 4^{ème} provenance Ongot (Région du Centre) ayant été

victime des feux de brousse. Elles représentent les deux grandes zones agro-écologiques où poussent *D. edulis*. Chaque provenance est constituée de deux arbres en ligne pour chacune des cinq familles, soit au total trente descendants par famille, disposées en blocs randomisés de 150 arbres par bloc, avec une distance maximale entre les blocs d'environ 100 m. Chaque bloc randomisé, constitué par des accessions d'une même provenance, comprend 15 répétitions. La distance maximale entre les provenances était de 200 km. Dans chaque provenance, cinq arbres distants d'au moins 100 m ont été sélectionnés en fonction des caractéristiques morphologiques, organoleptiques et sensorielles telles que la taille et la saveur du fruit, la couleur et l'épaisseur du mésocarpe (pulpe), sa richesse en huile, la saison de fructification, la résistance aux maladies et aux ravageurs, la fréquence de fructification et la régularité du rendement. Tous les arbres sélectionnés étaient issus soit des forêts secondaires, soit des champs cultivés ou encore des jardins de case. Cinquante graines ont été récoltées sur chaque arbre, ensemencées et cultivées dans des sacs en polyéthylène à la pépinière de recherche de l'ICRAF à Yaoundé au Cameroun. Après six mois de croissance en pépinière, les semis ont été transplantés sous forme d'essai de provenance dans deux parcelles conservatoires dont une a été l'objet de la présente étude. Ces semis ont été plantés dans des trous de 40x40x60 cm et remplis à la profondeur de 30 cm de fumier et à un espacement de 5x5 m. Pour chaque arbre sélectionné, les informations sur sa position géographique (latitude, longitude et altitude) ont été enregistrées en vue de l'élaboration de la carte des sites de collecte. Les blocs ont des conditions environnementales similaires. Les arbres situés en bordure de chaque bloc sont de provenance inconnue avec le même espacement.

Espèce étudiée

D. edulis est une espèce oléagineuse très appréciée surtout pour ses fruits. Ils font l'objet

d'importantes transactions commerciales dans les grands centres de consommation à l'intérieur du pays, entre les pays de la sous région d'Afrique Centrale et Occidentale et même avec certains pays de l'Europe (Awono et al., 2002). Contrairement aux autres oléagineux, l'huile extraite de la pulpe, de la graine et de la résine de *D. edulis* entre dans l'industrie alimentaire (Kengni, 2002; Ikhuria et Maliki, 2007), pharmaceutique (Koudou et al., 2008) et cosmétique pour la fabrication des savons, des crèmes corporelles et des parfums (Arisa et Lazarus, 2008; Dawodu, 2009; Ajibesin, 2011). En ce qui concerne l'estimation du rendement à l'hectare, Hamid-Gony (2007) fixe un rendement en l'espace de deux années à environ 1000 kg pour les arbres issus des semis, à 1800 kg pour ceux issus des boutures et enfin à 4000 kg pour les arbres issus des marcottes. Des études réalisées sur la morphologie du grain de pollen de *D. edulis* par Kengue (1990) et Youmbi et al. (1998) ont donné des valeurs pas très similaires, soient respectivement $P=28,2 \mu\text{m}$ pour l'axe polaire et $E=21,50 \mu\text{m}$ pour le diamètre équatorial contre $P=41,0 \mu\text{m}$ et $30,9 \mu\text{m}$. D'après ces résultats, on pourrait penser que Kengue (1990) aurait prélevé l'échantillon de pollen sur un arbre mâle pur tandis le second auteur aurait prélevé son échantillon sur un arbre hermaphrodite.

Choix des arbres

Le choix des arbres qui ont servi à la pollinisation contrôlée s'est basé sur les résultats des travaux de Biakaiy (2008), travaux relatifs à la caractérisation biométrique des fruits de *D. edulis* issus des arbres présents dans les parcelles conservatoires susmentionnées. D'après ces travaux, à l'intérieur des principales classes déterminées à partir des caractéristiques retenues (la taille, la forme, la saveur, la couleur de l'épicarpe et du mésocarpe du fruit; la saisonnalité et la précocité de production; la résistance aux maladies et aux ravageurs; la régularité de production et le rendement), des accessions saines et faisant partie des parents les plus performants (arbres supérieurs) ont

été sélectionnées suivant la méthodologie choisie, c'est-à-dire sept arbres minimum par provenance soit, un mâle pur, un mâle-hermaphrodite et cinq femelles. Suivant cette méthodologie, dans la provenance de Makéné, le nombre d'arbres femelles en floraison qui répondait aux critères susmentionnés n'a été que de 4 au lieu de 5. En effet, chez *D. edulis* comme chez la plupart des arbres fruitiers, les années de grande production sont généralement suivies soit d'une faible production, soit simplement d'un défaut de production (Herrera et al., 1998). Ce phénomène d'alternance et d'irrégularité de production, très marqué chez le safoutier, est d'ailleurs bien connu chez d'autres espèces fruitières telles que le manguier (De la Rousilhe, 1980) et l'avocatier (Gaillard, 1987).

Dispositif expérimental

Du fait de la nature hiérarchisée des facteurs étudiés, cet essai de croisement génétique a été conduit suivant un dispositif en blocs imbriqués adapté de Zobel et Talbert (1984) et de Nanson (2004) sur des travaux de pollinisations croisées réalisés sur les arbres fruitiers, la provenance des géniteurs (Tableau 1) étant considérée comme le bloc au sein duquel les croisements entre les arbres sont effectués suivant le schéma présenté à la Figure 2. Trois facteurs ont été étudiés : (i) la provenance du parent mâle: Boumnyebel (BUM29), Makéné (MAK33) et Kékem (KEK02); (ii) le type de pollen (pur ou hermaphrodite) et le parent femelle. Dans chaque bloc, le pollen prélevé sur chacun des 2 géniteurs mâles a été utilisé pour polliniser 4 ou 5 arbres femelles issus de la même provenance. Sur chaque arbre femelle, dix panicules florales vigoureuses ont été marquées et isolées, toutes les fleurs ouvertes au moment de la manipulation pollinisées manuellement. Au total, 06 parents mâles distincts dont 03 purs et 03 hermaphrodites ont été utilisés pour le croisement de 14 arbres femelles sélectionnés, faisant un total de 20 arbres pour l'essai.

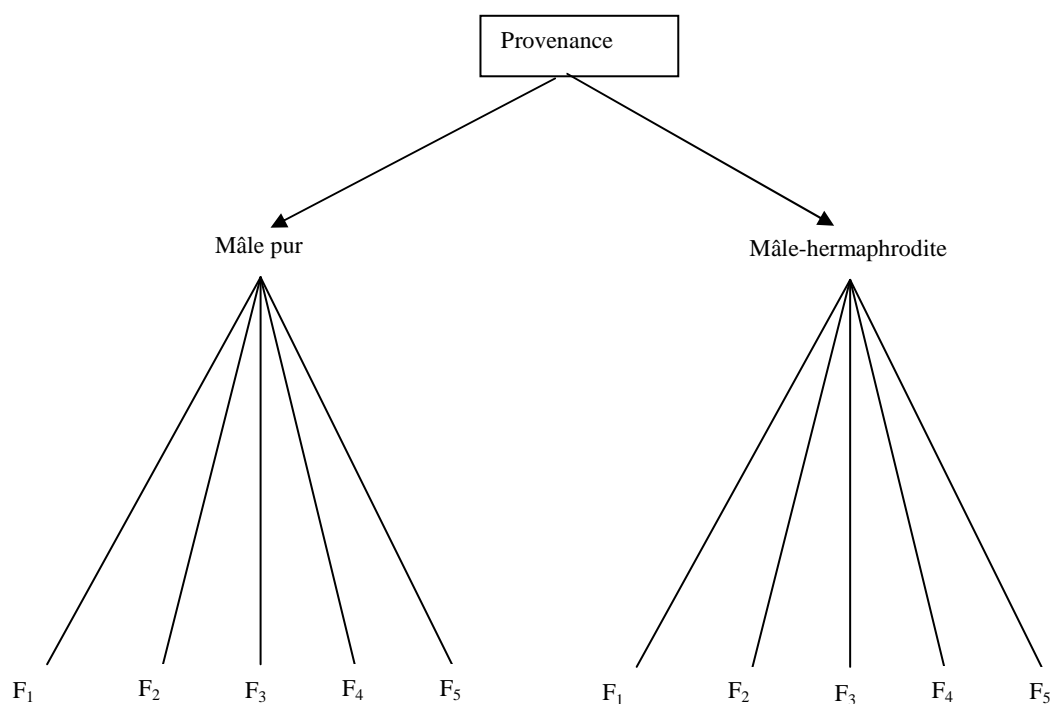


Figure 1: Localisation du site de l'étude.

Source: Institut National de Cartographie (Adapté de la Carte Administrative 2006 par Priscilla Ngaukam).

Tableau 1: Provenance et famille des parents utilisés dans les croisements contrôlés.

Provenance des parents	Parent mâle		Parent femelle
	Mâle pur	Mâle-hermaphrodite	
Boumnyebel (BUM29)	BUM/DE/29 Seedling 070	BUM/DE/29 Seedling 050	BUM/DE/26 Seedling 015
			BUM/DE/25 Seedling 026
			BUM/DE/37 Seedling 111
			BUM/DE/25 Seedling 114
			BUM/DE/26 Seedling 122
			MAK/DE/04 Seedling 078
			MAK/DE/28 Seedling 104
Makénéne (MAK33)	MAK/DE/33 Seedling 106	MAK/DE/33 Seedling 126	MAK/DE/01 Seedling 116
			MAK/DE/04 Seedling 144
			KEK/DE/18 Seedling 050
			KEK/DE/18 Seedling 070
			KEK/DE/07 Seedling 074
Kékem (KEK02)	KEK/DE/02 Seedling 088	KEK/DE/02 Seedling 102	KEK/DE/13 Seedling 079
			KEK/DE/07 Seedling 142



F_n : Nombre de femelle

Figure 2: Schéma des croisements hiérarchisés ou imbriqués (pollinisation contrôlée) (Zobel et Talbert, 1984). Dans le diagramme, le mâle choisi est croisé avec 05 plants femelles différents appartenant à la même provenance, tout en sachant que nous avons utilisé 03 provenances.

Conduite de la pollinisation contrôlée

En fonction du sexe de l'accession déterminé au préalable grâce à la morphologie des inflorescences (Figures 3 et 4), soit 8 à 40 cm de longueur pour les panicules mâles et hermaphrodites et 5 à 20 cm pour les panicules femelles, des panicules vigoureuses ont été étiquetées et isolées dans des sachets en toile de 30 cm de longueur sur 15 cm de largeur (i) sur des arbres mâles purs. Ce sont des géniteurs mâles-hermaphrodites qui, depuis la première floraison de l'accession, ont toujours fleuri sans jamais porter de fruits et dont le rôle principal est celui de la production du pollen nécessaire à la pollinisation des individus femelles), (ii) puis sur des arbres mâle-hermaphrodites (géniteurs qui ont porté saisonnièrement des fruits en faible proportion comparée aux accessions

femelles qui assurent l'essentiel de la production) et (iii) enfin sur des arbres femelles. Ces panicules ont toutes été isolées avant toute anthèse, afin d'éviter toute contamination avec le pollen mis en place par les insectes (Figure 5). Cette toile comportait des mailles fines laissant librement l'air, mais suffisamment petites (environ 1 mm²) pour empêcher le passage des abeilles, principales pollinisatrices naturelles de ladite espèce.

Puisqu'il existait un gradient d'ouverture des fleurs aussi bien au niveau d'un rameau florifère que d'une panicule, il n'a pas été possible de polliniser les fleurs le même jour. Les sachets isolés sur les fleurs femelles ont été détachés tous les jours à 9 heures du matin et les fleurs ouvertes ont été pollinisées. À l'aide d'une pince, le grain de

pollen minutieusement récolté (Figures 6 et 7), a été déposé délicatement sur le stigmate de chaque fleur femelle nouvellement ouverte. Les sachets ont été remplacés immédiatement après chaque pollinisation. Le style s'est desséché 48 heures plus tard. Les pièces du périanthe se sont resserrées autour de l'ovaire qui a augmenté rapidement de volume, et n'a pas tardé à chuter. Cette manifestation a été le premier symptôme visible de la nouaison d'une fleur chez le safoutier (Figure 8).

Collecte des données et analyse statistique

Pour évaluer le pouvoir fécondant des géniteurs et la performance des arbres testés en fonction de la nature du pollen et de la provenance, quatre variables ont été observées au cours de l'étude: (i) le nombre de fleurs pollinisées; (ii) le nombre de fruits ayant effectivement noués; (iii) le nombre de fruits arrivés à maturité et enfin (iv) le nombre de fruits ayant chuté. Le nombre de fleurs effectivement pollinisées par panicule et par arbre femelle a été compté immédiatement après la pollinisation. Le comptage des jeunes fruits noués a débuté trois jours après la pollinisation et s'est poursuivi tous les 2 jours et ce pendant 8 jours. Au terme de cette période d'observation, toutes les fleurs non encore ouvertes des panicules étiquetées ont été supprimées. Dès le début de la maturité des fruits, 17 à 21 semaines après la pollinisation, chaque arbre a été visité tous les sept jours, les fruits mûrs récoltés, comptés et transportés aussitôt au laboratoire de l'ICRAF pour la caractérisation.

En fonction du nombre de fleurs pollinisées et pour chaque croisement réalisé, le taux de nouaison (TN), l'indice de fructification (IF) et le taux de chute des fruits (TC) ont été calculés à l'aide des équations 1, 2 et 3 ci-dessous.

$$TN(\%) = \frac{\text{nombre de fruits ayant effectivement noués}}{\text{nombre de fleurs pollinisées}} \times 100 \dots \text{EQ1}$$

$$IF = \frac{\text{nombre de fruits arrivés à maturité}}{\text{nombre de fleurs pollinisées}} \dots \text{EQ2}$$

$$TC(\%) = \frac{\text{nombre de fruits à maturité} - \text{nombre de fruits noués}}{\text{nombre de fleurs pollinisées}} \times 100 \dots \text{EQ3}$$

Le degré de relation entre les taux de nouaison, de chute et l'indice de fructification a été évalué à l'aide d'une analyse de corrélation. Ensuite, les données ont été soumises à une analyse de variance au moyen de la procédure 'General Treatment Structure' du logiciel Genstat v14. Pour les facteurs ayant un effet significatif sur les variables observées (taux de nouaison, indice de fructification et taux de chute), les moyennes ont été calculées et séparées à l'aide de la Plus Petite Différence Significative (Atil et Unver, 2001; Allan et al., 2006) à un seuil de probabilité de 5%. Enfin, pour déterminer les croisements les plus performants sur la base des trois critères d'évaluation utilisés dans cette étude (taux de nouaison, de chute et l'indice de fructification), les moyennes obtenues ont été regroupées en classe de performance similaire à l'aide de la méthode de classification hiérarchique ascendante (cluster analysis). Les résultats détaillés sont présentés sous forme tabulaire ou graphique dans le paragraphe suivant.

RESULTATS

Taux de nouaison des accessions femelles (TN)

L'analyse des données obtenues au cours de cette étude a révélé un effet principal hautement significatif ($p=0,044$) de la provenance des géniteurs et une interaction significative ($p=0,005$) du type de pollen et du parent femelle sur le taux de nouaison des fleurs de *D. edulis* pollinisées manuellement, le type de pollen utilisé pour le croisement n'ayant aucun effet significatif ($p=0,15$) sur le pourcentage de fruits ayant noué (Tableau 2).

Le Tableau 3 présente les taux moyens de nouaison obtenus en fonction de la provenance des géniteurs, du type de pollen utilisé et du parent femelle croisé. Il en ressort que dans la provenance MAK33, le taux de nouaison est significativement plus élevé (76,65%) que dans les provenances BUM29 (70,18%) et KEK02 (69,90%).

Dans la provenance Boumnyebel, avec les mâles-hermaphrodites, l'accession BUM/DE/25 Seedling026 a un taux de nouaison statistiquement plus faible (50,94%) que les quatre autres accessions sur lesquelles ce taux dépassait 75%. Il s'agit de: BUM/DE/25 Seedling114 (78,44%), BUM/DE/37 Seedling111 (79,23%), BUM/DE/26 Seedling122 (76,06%) et BUM/DE/26 Seedling015 (75,38%). Avec les mâles purs, la même tendance est observée à la seule différence que trois groupes se distinguent: BUM/DE/25 Seedling114 a le taux le plus élevé (76,14%), BUM/DE/25 Seedling026 présente le taux le plus faible (55,93%) alors que BUM/DE/37 Seedling111, BUM/DE/26 Seedling122 et BUM/DE/26 Seedling015 occupent des positions intermédiaires avec respectivement 72,45%, 68,56% et 68,69% de fruits noués.

Pour les croisements avec les parents hermaphrodites dans la provenance de Kékem, l'accession KEK/DE/07 Seedling074 a un taux de nouaison significativement plus faible, 51,35% seulement contre 74,89 et 72,22% respectivement pour KEK/DE/13 Seedling079 et KEK/DE/18 Seedling070. KEK/DE/18 Seedling050 et KEK/DE/07 Seedling142 occupent une position intermédiaire avec un taux de nouaison de 67,15% et 63,33% respectivement. Quant aux arbres croisés avec les mâles purs, les pourcentages de fruits noués par accession femelle au terme de la pollinisation manuelle varient de 65 à 80%, mais les différences observées ne sont pas significatives au seuil de 5%.

Dans la provenance Makéné, le mâle-hermaphrodite a induit le meilleur taux de nouaison sur l'accession MAK/DE/04 Seedling144 (88,20%) et le plus faible taux sur MAK/DE/04 Seedling116 (64,40%). Par contre, avec les mâles purs, ces deux accessions ont les taux de nouaison les plus élevés (80%), MAK/DE/04 Seedling078 est l'accession femelle la moins performante avec seulement 49% de fruits noués. Avec un taux de nouaison de 78%, MAK/DE/28 Seedling104 occupe une position

intermédiaire quel que soit le parent mâle avec lequel il a été croisé.

Indice de fructification (IF) des accessions femelles

L'indice moyen de fructification des 14 accessions femelles testées (Tableau 4) varie en fonction de la provenance des géniteurs, du type de pollen utilisé et du parent femelle croisé. L'analyse de variance (Tableau 2) a montré que cette variation de l'indice de fructification a été liée uniquement à l'action combinée des trois facteurs étudiés: la provenance, le parent femelle dans la provenance et le type de pollen utilisé au cours des croisements ($p=0,01$). Aucun des trois facteurs pris individuellement n'ayant un effet significatif sur le nombre de fruits arrivés à maturité à l'issue des croisements réalisés ($p=0,21$ et $0,37$ respectivement pour le type de pollen et la provenance des géniteurs).

Ainsi donc, dans la provenance MAK33, avec les mâles-hermaphrodites, les accessions femelles MAK/DE/04 Seedling144 et MAK/DE/28 Seedling104 ont eu des indices de fructification statistiquement identiques (0,68) et plus élevés que ceux obtenus sur les accessions MAK/DE/04 Seedling078 (0,41) et MAK/DE/04 Seedling116 (0,37). Par contre, avec les parents mâles purs, 3 des 4 femelles étudiées ont eu un indice de fructification similaire (0,54) et significativement plus élevé que celui obtenu sur MAK/DE/04 Seedling116 (0,37); il s'agit de MAK/DE/04 Seedling144, MAK/DE/28 Seedling104 et MAK/DE/04 Seedling078.

Quant à la provenance BUM29, les 5 accessions testées dont BUM/DE/25 Seedling114, BUM/DE/37 Seedling111, BUM/DE/26 Seedling122, BUM/DE/26 Seedling015 et BUM/DE/25 Seedling026 ont eu un indice de fructification variant de 0,38 à 0,53. Les différences observées entre les moyennes ne se sont pas révélées significatives au seuil de 5%, que les femelles aient été croisées avec un mâle-hermaphrodite ou un mâle pur. Dans la provenance KEK02, la même tendance a été observée mais

seulement dans les croisements avec le mâle-hermaphrodite; toutes les accessions femelles ayant eu un taux de fructification statistiquement similaire (0,38-0,54). Par contre, croisées avec le mâle pur, trois groupes ont été identifiés: la meilleure accession KEK/DE/18 Seedling050 avec un indice de fructification de 0,62; la moins performante KEK/DE/07 Seedling142 (0,42) et les accessions intermédiaires KEK/DE/13 Seedling079, KEK/DE/07 Seedling074 et KEK/DE/18 Seedling070 avec des indices compris entre 0,45 et 0,60.

Le taux de chute des fruits (TC)

Le Tableau 5 présente les taux moyens de chute de fruits après nouaison à l'issue des pollinisations manuelles chez *D. edulis* en fonction de la provenance des géniteurs, du type de pollen et du parent femelle. Il en ressort que ce taux de chute des fruits varie dans chaque provenance d'une accession femelle à l'autre suivant le type de mâle qui l'a croisé. L'analyse de variance (Tableau 2) a montré qu'en dehors de l'action combinée du type de pollen et de la plante mère ($p=0,012$) dans une provenance donnée, aucun des trois facteurs étudiés pris individuellement n'affectait significativement ($p \geq 0,470$) le taux de chute des fruits après nouaison chez *D. edulis*. Ainsi donc, dans la provenance BUM29, en croisant les femelles avec les mâles-hermaphrodites de même origine, l'accession BUM/DE/25 Seedling026 présente le taux de chute le plus faible 13,17% seulement contre 34,29% pour l'accession BUM/DE/26 Seedling122. La chute est moyenne et statistiquement identique chez les individus BUM/DE/26 Seedling015 (22,71%), BUM/DE/37 Seedling111 (26,12%) et BUM/DE/25 Seedling114 (28,44%). Avec le mâle pur, la même tendance est observée entre les 5 accessions femelles et les valeurs apparemment plus faibles que dans les croisements faisant intervenir les hermaphrodites comme mâles; min 7,9% et max 30,73% chez BUM/DE/25 Seedling026 et BUM/DE/26 Seedling122 respectivement.

Dans la provenance KEK33, l'accession KEK/DE/07 Seedling074 croisée avec le mâle-hermaphrodite de même origine a eu le meilleur taux de chute 5,15%, contre 32,53% et 29,07% pour KEK/DE/13 Seedling079 et KEK/DE/18 Seedling050. Croisées avec les mâles purs, l'accession KEK/DE/07 Seedling074 a maintenu le plus faible taux de chute (14,49%) mais cette fois-ci avec KEK/DE/13 Seedling079 (14,94%) et KEK/DE/18 Seedling050 (15,33%). Le taux le plus élevé a été enregistré sur KEK/DE/07 Seedling142 (36,29%).

Dans la provenance MAK33, le plus faible taux de chute des fruits après nouaison a été enregistré sur MAK/DE/28 Seedling104 (10,47%) croisée avec un mâle-hermaphrodite. Pour les trois autres accessions, les taux obtenus étaient supérieurs à 20% : MAK/DE/04 Seedling144 (20,73%), MAK/DE/04 Seedling116 (27,67%) et MAK/DE/04 Seedling078 (31,28%). Croisées avec les parents mâles purs de même origine, toutes les six accessions ont enregistré des taux de chute supérieurs à 20% et statistiquement équivalents.

Classification des croisements

La Figure 9 présente le dendrogramme de regroupement des 28 croisements génétiques réalisés au cours de cette étude en fonction de la similarité de la performance sur la base des critères d'évaluation (taux de nouaison, de chute et taux de fructification). Il en ressort que ces croisements peuvent se classer en 5 groupes distincts:

- Le groupe I composé de 4 croisements entre géniteurs mâles provenant exclusivement de Kékem est caractérisé par un taux de nouaison supérieur à 70%, un taux de fructification supérieur à 50% mais un taux de chute qui dépasse 25% des fleurs pollinisées.
- Le groupe II qui comprend six croisements caractérisés principalement par un taux de nouaison et de fructification élevé et un faible taux de chute de fruits après nouaison (plus de 70%, plus de 50% et moins de 20% respectivement). Il s'agit de:

BUM_050*015, BUM_070*111,
BUM_070*114, MAK_106*104,
MAK_126*104 et MAK_126*144.

- Le groupe III qui est composé des croisements à l'issu desquels les faibles taux de nouaison, de fructification et de chute des fruits sont observés, plus de 70%, plus de 50% et moins de 25% respectivement.

- Pour les croisements du groupe IV par contre, les taux de nouaison (plus de 70%) et de fructification sont élevées (plus de 50%),

mais à la différence du Groupe II précédemment décrit, les chutes sont abondantes (plus de 25%).

- Le groupe V enfin présente la même tendance que le groupe III mais à la différence que le taux de chute est élevé (plus de 25%). Il comprend 4 croisements dont 2 avec les géniteurs de Makénéne, (MAK_106*078 et MAK_126*116), et un seul avec les géniteurs provenant des deux autres provenances (BUM_070*122 et KEK_088*142).



Figure 3: Panicule mâle de *D. edulis* .



Figure 4 : Panicule femelle de *D. edulis*.



Figure 5: Panicule étiquetée et isolée dans la toile.



Figure 6 : Fleurs mâles de *D. edulis*.



Figure 7: Pollens de *D. edulis* dans une boîte de Pétri.



Figure 8: Nouaison chez *D. edulis*

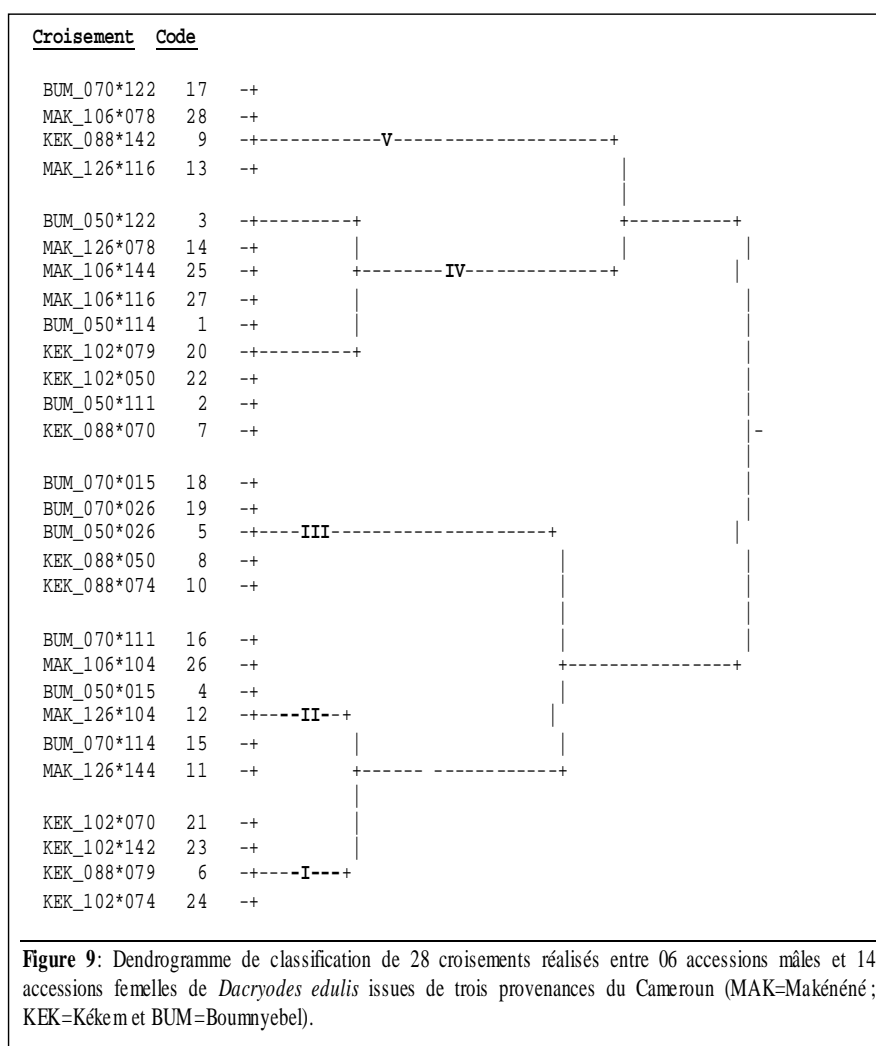


Tableau 2 : ANOVA du taux de nouaison, de chute des fruits et de l'indice de fructification de *D. edulis* en fonction de la provenance des géniteurs, du type de pollen et de l'arbre mère pollinisé manuellement dans chaque provenance.

Source de variation	Taux de nouaison			Indice de fructification		Taux de chute des fruits	
	D.F.	SCE	F pr.	SCE.	F pr.	SCE	F pr.
Provenance géniteur	2	125,7	0,044	0,042	0,369	282,6	0,479
Provenance Type pollen	3	1050,4	0,151	0,095	0,214	485,6	0,470
Parent femelle	22	9265,9	0,005	0,909	0,010	8254,5	0,012
Résidus	112	21752,1		2,323		21371,5	
Total	139	33319		3,368		30394,2	

Tableau 3: Taux de nouaison de *D. edulis* sous pollinisation manuelle.

Provenance	Parent femelle	Type de pollen		
		Hermaphrodite	Mâle pur	
BUM29	BUM/DE/25 Seedling114	78,44 a	76,14 a	70,18 b
	BUM/DE/37 Seedling111	79,23 a	72,45 ab	
	BUM/DE/26 Seedling122	76,06 a	68,56 ab	
	BUM/DE/26 Seedling015	75,38 a	68,69 ab	
	BUM/DE/25 Seedling026	50,94 b	55,93 b	
		72,01	68,35	
KEK02	KEK/DE/13 Seedling079	74,89 a	74,10 a	69,90 b
	KEK/DE/18 Seedling070	72,22 a	75,13 a	
	KEK/DE/18 Seedling050	67,15 ab	77,05 a	
	KEK/DE/07 Seedling142	63,33 ab	78,50 a	
	KEK/DE/07 Seedling074	51,35 b	65,26 a	
		65,79	74,01	
MAK33	MAK/DE/04 Seedling144	88,20 a	86,51 a	76,65 a
	MAK/DE/28 Seedling104	78,03 ab	77,77 ab	
	MAK/DE/04 Seedling116	64,40 b	82,80 a	
	MAK/DE/04 Seedling078	72,01 ab	63,49 b	
		75,66	77,64	

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 4 : Indice de fructification de *D. edulis* sous pollinisation contrôlée.

Provenance	Parent femelle	Type de pollen		
		Hermaphrodite	Mâle pur	
BUM29	BUM/DE/25 Seedling114	0,50 a	0,53 a	0,47a
	BUM/DE/37 Seedling111	0,53 a	0,51 a	
	BUM/DE/26 Seedling122	0,42 a	0,38 a	
	BUM/DE/26 Seedling015	0,53 a	0,46 a	
	BUM/DE/25 Seedling026	0,38 a	0,48 a	
		0,47	0,47	
KEK02	KEK/DE/13 Seedling079	0,42 a	0,59 ab	0,48a
	KEK/DE/18 Seedling070	0,54 a	0,48 ab	
	KEK/DE/18 Seedling050	0,38 a	0,62 a	
	KEK/DE/07 Seedling142	0,40 a	0,42 b	
	KEK/DE/07 Seedling074	0,46 a	0,51 ab	
		0,44	0,52	
MAK33	MAK/DE/04 Seedling144	0,68 a	0,54 a	0,51a
	MAK/DE/28 Seedling104	0,68 a	0,54 a	
	MAK/DE/04 Seedling116	0,37 b	0,54 a	
	MAK/DE/04 Seedling078	0,41 b	0,37 b	
		0,53	0,50	

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 5: Taux de chute des fruits de *D. edulis* sous pollinisation contrôlée.

Provenance	Parent femelle	Type de pollen		
		Hermaphrodite	Mâle pur	
BUM29	BUM/DE/25 Seedling114	28,44 ab	22,93 ab	
	BUM/DE/37 Seedling111	26,12 ab	21,04 ab	
	BUM/DE/26 Seedling122	34,29 a	30,73 a	22,97 a
	BUM/DE/26 Seedling015	22,71 ab	22,71 ab	
	BUM/DE/25 Seedling026	13,17 b	07,90 b	
		24,95	20,99	
KEK02	KEK/DE/07 Seedling142	23,22 ab	36,29 a	
	KEK/DE/13 Seedling079	32,53 a	14,94 b	
	KEK/DE/18 Seedling070	18,22 ab	27,54 ab	21,68 a
	KEK/DE/18 Seedling050	29,07 a	15,33 b	
	KEK/DE/07 Seedling074	05,15 b	14,49 b	
		21,64	21,72	
MAK33	MAK/DE/04 Seedling144	20,73 ab	32,10 a	
	MAK/DE/28 Seedling104	10,47 b	23,70 a	
	MAK/DE/04 Seedling116	27,67 a	29,06 a	25,23 a
	MAK/DE/04 Seedling078	31,28 a	26,80 a	
		22,54	27,92	

Les chiffres suivis par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

DISCUSSION

Pendant la conduite de l'expérimentation, la pollinisation manuelle a semblé très difficile pour les géniteurs mâles purs à cause de la nature agglutinée de leur pollen de très petite taille donc difficile à récolter et qui se desséchait rapidement à l'air libre lorsqu'on le conservait dans une boîte de Pétri (observations pers.). Par contre, pour les géniteurs mâles-hermaphrodites, compte tenu de la taille assez appréciable du pollen, sa récolte a été plus facile et il y avait plus de précision à le déposer sur le stigmate de la fleur. Compte tenu de ces observations, on s'attendrait à ce que la pollinisation réalisée à partir du pollen mâle-hermaphrodite donne les meilleurs résultats. Cette hypothèse a été confirmée pour les provenances de Boumnyebel et de Makéné, la provenance de Kékem ayant présenté une tendance inverse. De cette étude, on pourrait penser que le pollen mâle pur, par sa petite taille, est plus apte à adhérer au micropyle de l'ovule, limitant ainsi les erreurs de manipulations. Cette aptitude expliquerait le phénomène qui

se passe dans les conditions naturelles lorsque l'abeille domestique, principale pollinisatrice de ladite espèce, disperse le pollen.

En ce qui concerne l'estimation du taux de nouaison, les résultats de la présente étude ne s'éloignent pas de ceux des travaux de Kengue (1990) sur *D. edulis*. En effet, ce dernier, lors de ses travaux d'essai de pollinisation manuelle sur *D. edulis* sur un échantillon de 3 arbres, a obtenu un taux moyen de nouaison de 93,62%. La différence observée entre ces deux résultats peut être imputée soit à la disposition génétique de l'échantillon choisi couplée à l'environnement dans lequel il se trouve, soit à la méthodologie appliquée (facteurs étudiés). Les résultats de la présente étude réalisée sur la pollinisation manuelle de *D. edulis*, comparés aux études réalisées sur la pollinisation de certaines espèces fruitières dans les conditions naturelles, permettraient d'admettre que le processus de pollinisation manuelle améliore la nouaison (Kalinganire et al., 2001; Omokhua et Ukoimah, 2008; Omokhua et Koyejo, 2009; Omokhua et Chima, 2009).

Cette amélioration peut être attribuée à la précision avec laquelle le pollen est appliqué sur le stigmate.

L'indice de fructification est fortement corrélé à l'indice de floraison. Chez *D. edulis*, une inflorescence mâle ou mâle-hermaphrodite peut porter entre 300 à 500 fleurs dont 75 à 120 seulement, compte tenu de leurs positions, arrivent à l'anthèse (Kengue, 1990). Chez les arbres femelles, les rameaux florifères portent 5 à 10 inflorescences composées chacune de 90 fleurs. Au regard de cette physiologie, il est donc évident qu'un grand nombre de fleurs formées n'évolueront pas en fruits. Cette situation à tendance à épuiser les ressources de l'arbre. Ainsi, pour la réalisation des travaux de pollinisation, que ce soit en conditions naturelle ou contrôlée (manuelle), il serait judicieux de penser à contrôler le phénomène de nouaison car chez *D. edulis*, certaines panicules présentant un taux de nouaison particulièrement élevé perdent prématurément beaucoup de fruits. Ce résultat corrobore ceux des travaux de nombreux auteurs réalisés sur des arbres fruitiers (Anila et Radha, 2003; Basharat et al., 2008; Al-Naggar et al., 2009). L'une des méthodes consisterait à pulvériser un inhibiteur de croissance tel que l'éthéphon ou acide 2-chloroéthylphosphorique, l'acide gibbérellique (AG_3) et l'acide perlagonic ou l'Endothall pendant la floraison pour réduire le taux de nouaison afin de diminuer la charge pondérale et d'améliorer le rendement (Liao et al., 2006; Delaunay et Chamet, 2007; Ferré et al., 2008; Modise et al., 2009).

Le phénomène de chute de fruits est très prononcé chez la plupart des arbres fruitiers (Iqbal et Karacali, 2004). Il peut s'agir d'une chute physiologique ou de l'abscission des fruits mûrs, toutes liées à certains facteurs qui pourront être explorés lors des travaux futurs. Pour la chute physiologique, il est à noter que, de la nouaison à la maturité, les fruits peuvent tomber à différents stades comme cela a été démontré chez d'autres arbres fruitiers à

noyaux (Alcaraz et Hormaza, 2009; Muhammad et al., 2011). La chute physiologique dépendrait de la réussite de la fécondation indispensable au maintien des fruits sur l'arbre, ou encore des conditions climatiques telles que les effets néfastes de la sécheresse, les vents violents et les fortes pluies. En ce qui concerne l'abscission des fruits mûrs, certains facteurs peuvent diminuer la précision de l'estimation de l'activité pollinisatrice. Il peut s'agir: (i) des compétitions d'une part entre les jeunes fruits et les organes végétatifs en croissance, et d'autre part entre les fruits eux-mêmes pour les substances minérales, les hormones de croissance et surtout pour les hydrates de carbone (Lebon, 2005; Sheard, 2008); (ii) des risques de prédation des fruits et de maladies (Bos et al., 2007) ainsi que (iii) les conditions environnementales. L'interaction de ces facteurs physiologiques et environnementaux pourrait expliquer la sélection qui s'opère au niveau de l'arbre entre les fruits qui tombent et ceux qui restent (Shiell et al., 2001; Mehdi et al., 2007). Le phénomène de chute de fruits est probablement aussi sous le contrôle des hormones de croissance telles que l'éthylène (Hilt et Bessis, 2003), les cytokinines (Ollat et al., 2002), les gibbérellines et les auxines (Roberts et al., 2002) et enfin les polyamines (Malik et Singh, 2003).

De cette étude, on peut déduire que lors du processus de pollinisation, plusieurs facteurs peuvent influencer la fructification d'un arbre chez une espèce donnée. Il peut s'agir: (1) du succès de la pollinisation garantie par la méthodologie utilisée. En effet, pendant ce processus, la viabilité pollinique ainsi que la réceptivité du stigmate peuvent être remises en cause; le micropyle de l'ovule peut être endommagé lors de l'application du pollen; (2) la quantité de ressources disponibles pendant la floraison. En effet, pendant la floraison, la compétition pour l'eau et les nutriments entre les différentes parties de la plante notamment les panicules florales en formation et les organes végétatifs en croissance peut constituer un facteur limitant

de la fructification; (3) la disposition génétique de l'échantillon et (4) les conditions environnementales peuvent aussi influencer le processus. Lahav et Gazit (1994) et Klein et al. (2003) pensent que par le processus de pollinisation contrôlée (manuelle), il est plus probable que les fruits noués atteignent la maturité. Cette hypothèse est en conformité avec les résultats de la présente étude.

Conclusion

La présente étude a permis de constater que les provenances de Boumnyebel et de Makénéne présentent les meilleures combinaisons caractérisées principalement par un taux de nouaison, un taux de fructification élevés et un faible taux de chute de fruits après nouaison (plus de 70%, plus de 50% et moins de 20% respectivement). Pour la provenance Boumnyebel, il s'agit des accessions BUM/DE/37 Seedling111; BUM/DE/25 Seedling 114 croisées avec le géniteur mâle pur et BUM/DE/26 Seedling015 croisée avec le géniteur mâle-hermaphrodite. Dans la provenance Makénéne, il s'agit de l'accession MAK/DE/28 Seedling104 croisée avec le géniteur mâle pur et MAK/DE/28 Seedling104 et MAK/DE/04 Seedling144 croisées avec le géniteur mâle-hermaphrodite. La variation de l'indice de fructification qui détermine le rendement de l'espèce étudiée est liée uniquement à l'action combinée des trois facteurs étudiés: la provenance, le parent femelle dans la provenance et le type de pollen utilisé au cours des croisements, aucun des trois facteurs pris individuellement n'ayant un effet significatif sur le nombre de fruits arrivés à maturité à l'issue des croisements réalisés. Sous pollinisation manuelle, l'estimation de la capacité fruitière des accessions femelles de *D. edulis* dépend non seulement de la provenance du géniteur mâle et du type de pollen, mais aussi et surtout de la disposition génétique de chaque parent femelle.

De cette étude, on peut déduire que pendant la floraison, plusieurs facteurs que nous devons explorer au cours des travaux

futurs peuvent influencer le rendement de l'espèce étudiée, en l'occurrence: (i) la position de la fleur sur la panicule femelle; (ii) la viabilité pollinique; (iii) l'état génétique de l'embryon et (iv) les compétitions pour l'eau et les éléments nutritifs. Il est aussi nécessaire d'explorer les pistes de réduction de la nouaison afin de diminuer la charge pondérale en utilisant un inhibiteur de croissance pendant la floraison qui permettrait d'améliorer le rendement. Les graines issues des fruits (hybrides F₁) ont été récoltées sur chaque arbre, caractérisées, ensemencées et cultivées dans des sacs en polyéthylène à la pépinière de recherche de l'ICRAF pour la poursuite des travaux d'amélioration.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec l'appui financier et la contribution scientifique des chercheurs du World Agroforestry Centre (ICRAF). Nous remercions vivement Biakaiy Norbert (Assistant de Recherche), les techniciens de l'ICRAF (Ebengue Gustave, Mbouombouo Amadou, Baba Gaspard et Ndzana Modeste) qui ont activement participé à la collecte des données ainsi que les nombreuses autres personnes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de cette étude.

REFERENCES

- Ajayi IA, Adesanwo O. 2009. Comparative study of the mineral element and fatty acid composition of *Dacryodes edulis* pulp and seed. *World Journal of Agricultural Sciences*, **5**(3): 279-183.
- Ajibesin KK. 2011. *Dacryodes edulis* (G.Don) H.J.Lam.: A Review on its Medicinal, Phytochemical and Economical Properties. *Research Journal of Medicinal Plant*, **5**(1): 32-41.
- Akinnifesi FK, Leakey RRB, Ajayi OC, Sileshi G, Tchoundjeu Z, Matakala P, Kwesiga FR. 2007. *Indigenous Fruit Trees in the Tropics: Domestication, Utilization and Commercialization*. CAB International: Wallingford, UK; 457.

- Al-Naggar AMN, Adelzاهر MH, Shaban AEA. 2009. Fruit, Seed and Seedlings characteristics of Eight Newly-developed Interspecific Hybrids of Citrus. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, **5**(5): 639-648.
- Allan EF, Abayesekera S, Stern RD. 2006. Writing up research: a statistical perspective. Guidance prepared for the DFID Forestry Research Programme. The University of Reading Statistical Services Centre, p. 35.
- Alcaraz ML, Hormaza JI. 2009. Avocado pollination and fruit set. A perspective from Spain. *California Avocado Society*, **92**: 113-135.
- Ambassa-Kiki R. 2000. Caractérisation biophysique succincte des différentes zones agroécologiques du Cameroun. *IRAD*, Yaoundé, p.4.
- Anila R, Radha T. 2003. Studies on fruit drop in mango varieties. *Journal of Tropical Agriculture*, **41**: 30-32.
- Ariza N, Lazarus A. 2008. Production and refining of *Dacryodes edulis* "native pear" Seeds oil. *African Journal of Biotechnology*, **7**(9): 1344-1346.
- Atil H, Unver Y. 2001. Multiple comparisons. *J. Biol. Sci.*, **18**: 723-727.
- Awono A, Ndoye O, SchreckenberG K, Tabuna H, Isseri F, Temple L. 2002. Production and marketing of safou (*Dacryodes edulis*) in Cameroon and internationally: Market development issues. Forest in the West Africa humid forest zone. Community forestry note N° 6, FAO, Rome, Italy, p. 232.
- Bacchetta G, Belletti P, Brullo S, Cagelli L, Carasso V, Josè LC, Cervelli, Escribà MC, Fenu G, Gorian F, Güemes J, Mattana E, Nepi M, Pacini E, Pietro P, Beti P, Pontecorvo C, Prada A, Venora G, Vietto L et Virevaire M. 2007. Manuel pour la récolte, l'étude, la conservation et la gestion *ex situ* du matériel végétal. Agenzia per la Protezione dello Ambiente, Roma, p. 217.
- Basharat AS, Malik AU, Pervez MA, Khan AS. 2008. Growth regulators application affects vegetative and reproductive behavior of "Blood Red" sweet orange. *Pak. J. Bot.*, **40**(5): 2115-2125.
- Biakaïy N. 2008. Assessment of the biometric characterization of superior clones: case of *Dacryodes edulis* in Cameroon. End of course dissertation presented for the award of the diploma Forest and Wildlife Engineer, option: Forestry, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, University of Dschang, Cameroon, p.72.
- Bos MM, Steffan-Dewenter I, Tschardtke T. 2007. Shade tree management affects fruit abortion, insects' pests and pathogens of cacao. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **120**: 201-205.
- Dawodu FA. 2009. Physico-chemical studies on oil extraction processes from some Nigerian grown plant seeds. *Electronic Journal of Environment, Agricultural and Food Chemistry*, **8**(2): 102-110.
- Degrande A, Essomba H, Bikoué-Mekongo C, Kamga A. 2007. Domestication, genre et vulnérabilité. Participation des femmes, des jeunes et des catégories les plus pauvres à la domestication des arbres agroforestiers au Cameroun. Working Paper n° 48, Yaoundé, ICRAF-WCA/HT, p.73.
- De la Roussilhe F. 1980. *Le Manguier*. G.P. Maisonneuve et Larose: Paris ; 312.
- Delaunay V, Chamet C. 2007. *Réduction de la Nouaison par l'Utilisation d'Éthéphon*. Le Cerisier. SEFRA, Ctifl; 2.
- Faye MD, Webber JC, Abasse TA, Boureïma M, Larwanou M, Bationo AB, Diallo BO, Sigué H, Dakouo J-M, Samaké O, Diaté DS. 2011. Farmer's preferences for tree functions and species in the West Africa Sahel. *Forests Trees and Livelihoods*, **20**: 113-136.
- Férré G, Crété X, Faure K, Tronel C. 2008. Essai de l'Éthéphon comme éclaircissant chimique du pommier-variété 'Granny Smith'. « Gestion de la charge de l'arbre

- et contrôle de la fructification: pollinisation, taille, éclaircissage manuel et chimique ». Centre Expérimental Horticole de Marsillargues (CEHM), p.2.
- Franzel S, Jaenicke H, Janssen W. 1996. Choosing the right trees: setting priorities for multi-purpose tree improvement. ISNAR Research Report No. 8. ISNAR, The Hague, p. 87.
- Gaillard JP. 1987. *L'Avocatier; sa Culture; ses Produits*. ACCT, G.P. Maisonneuve et Larose: Paris ; p. 419.
- Garrity D. 2004. World agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*, **61**: 5-17.
- Hamid-Gony O. 2007. Analyse des diverses techniques de multiplication des arbres fruitiers locaux au Cameroun: Cas du safoutier (*Dacryodes edulis*). Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome, option: Economie et Sociologie Rurales, Université de Dschang, Cameroun, p.101.
- Herrera CM, Jordano P, Guitian J, Trasevet A. 1998. Annual variability in seed production by woody plants and the mastering concept: Reassessment of principles and relationship to pollination and seed dispersal. *American Naturalist*, **152**: 576-594.
- Hilt C, Bessis R. 2003. Abscission of grapevine fruitlets in relation to ethylene biosynthesis. *Vitis*, **42**(1): 1-3.
- Ikhuoria EU, Maliki M. 2007. Characterization of avocado pear (*Persea americana*) and African pear (*Dacryodes edulis*) extracts. *African Journal of Biotechnology*, **6**(7): 950-952.
- Iqbal N, Karacali I. 2004. Flowering and Fruit set Behaviour of *Satsuma mandarin* (*Citrus unshiu*, Marc.) as Influenced by Environment. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **7**(11): 1832-1836.
- Kalinganire A, Harwood CE, Shee MU, Simons AJ. 2001. Pollination and fruit set of *Grevillea robusta* in Western Kenya. *Austr. Ecol.*, **26**: 637-648.
- Kalinganire A, Webber JC, Uwamariya A, Koné B. 2008. Improving Rural Livelihoods through Domestication of Indigenous Fruit Trees in the Parklands of the Sahel. In *Indigenous Fruit Trees in the Tropics: Domestication, Utilization and Commercialization*. World Agroforestry Centre (ICRAF), Lilongwe, Malawi.
- Kengue. 1990. Le safoutier (*Dacryodes edulis*) (G. Don) H. J. Lam: Premières données sur la morphologie et la biologie. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Yaoundé, p.154.
- Kengue J. 2002. *Safou (Dacryodes edulis)*. International Centre for Underutilized Crops: Southampton, UK; 147.
- Kengni E. 2002. Food value of fruits from indigenous fruit trees in the lowland humid tropics of West and Central Africa: case of *Iringia gabonensis* and *Dacryodes edulis* in Cameroon. PhD Thesis, University of Yaoundé I, p. 259.
- Kinkela T, Niamayoua RK, Mampouya D, Silou T. 2006. Variations in morphological characteristics, lipid content chemical composition of safou (*Dacryodes edulis* (G.Don) H.J.Lam) according to fruit distribution: A case study. *Afr. J. Biotechnol.*, **5**(12): 1233-1238.
- Klein AM, Ingolf SD, Teja T. 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. Proceedings of the Royal Society, 270(1518), pp 955-961.
- Koudou J, Edou P, Abame LC, Bassole IH, Figueredo G, Agnanié H, Chalchat JC, Traore AS. 2008. Volatile components, antioxidant and antimicrobial properties of the essential oil of *Dacryodes edulis* (G.Don) H.J. Lam, from Gabon. *Journal of Applied Sciences*, **8**: 3532-3535.
- Lahav E, Gazit S. 1994. World listing of avocado cultivars according to flowering type. *Fruits*, **49**: 299-313.

- Leakey RRB, Atangana AR, Kengni E, Waruhiu AN, Usoro C, Anegbeh PO, Tchoundjeu Z. 2002. Domestication of *Dacryodes edulis* in West and Central Africa; characterization of genetic variation. *Forests, Trees and Livelihoods*, **12**: 57-77.
- Leakey RRB, Schreckenber K, Tchoundjeu Z. 2003. The participatory domestication of West African indigenous fruits. *Int. Forest Rev.*, **5**: 338-347.
- Lebon G. 2005. Importance des glucides lors de la floraison chez la vigne (*Vitis vinifera* L.). Exemples de cépages présentant une sensibilité différente à la coulure. Thèse présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Reims Champagne-Ardenne, France, p. 215.
- Leipzig. 1996. Rapport de pays pour la conférence technique internationale de la FAO sur les ressources phylogénétiques. Ministère de la Recherche Scientifique et Technique ; Ministère de l'Environnement et des Forêts, Yaoundé.
- Liao HL, Chen H, Chung KR. 2006. Plant hormone inhibitors for reducing post bloom fruit drop of citrus. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, **119**: 78-81.
- Malik AU, Singh Z. 2003. Abscission of mango fruit let as influenced by biosynthesis of polyamines. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, **78**: 721-727.
- Mehdi M, Muhammad SM, Abdul J. 2007. Causes and potential remedies of mango (*Mangifera indica* L.) fruit drop in Pakistan. Proceedings: International Symposium on Prospects of Horticultural Industry in Pakistan, p. 6.
- Mialoundama F, Avana M-L, Youmbi E, Mampouya PC, Tchoundjeu Z, Beuyo M, Galamo GR, Bell JM, Kopguez F, Tsobeng AC, Abega J. 2002. Vegetative propagation of *Dacryodes edulis* (G.Don) H.J. Lam. marcots, cutting and micropropagation. *Forest, Trees and Livelihoods*, **12**(1-2): 85-96.
- Modise DM, Likuku AS, Thuma M, Phuti R. 2009. The influence of exogenously applied 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on fruit drop and quality of navel oranges (*Citrus sinensis* L.). *Afr. J. Biotech.*, **8**(10): 2131-2137.
- Muhammad I, Abbasi NA, Hafez-Ur-Rahman, Hussain A, Hafiz IA. 2011. Phenological behavior and effect of chemicals on pre-harvest fruit drop of sweet orange cv. "Salustiana". *Pak. J. Bot.*, **43**(1): 453-457.
- Nanson A. 2004. *Génétique et Amélioration des Arbres Forestiers*. Les Presses Agronomiques de Gembloux: Belgique; 712.
- Nwosuagwu UH, Ngozika CO, Chiaka C. 2009. The chemical properties of African pear pulp at different stages of fruit development. *International NGO Journal*, **4**(9): 380-385.
- Ollat N, Diakou-Verdin P, Carde JP, Barrieu F, Gaudillère JP, Moing A. 2002. Grape berry development: a review. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, **36**(3): 109-131.
- Omokhua GE, Ukoimah HN. 2008. Fruiting Pattern of *Tetrapleura tetraptera* (Schum and Thonn) in Benin and Ekpoma areas, Edo State, Nigeria. *P.A.T.*, **4**(2): 80-84.
- Omokhua GE, Chima UD. 2009. Fruiting efficiency of avocado (*Persea Americana* Mill.): A case study in Ekpoma and Onne, Niger delta, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, **5**(2-4): 16-19.
- Omokhua GE, Koyejo AO. 2009. Fruiting efficiency in *Dacryodes edulis* (G.Don.): A case study in Ekpoma, South-south, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, **8**: 1552-1554.
- Pye-Smith C. 2010. Les fruits du succès: Un programme visant à domestiquer les arbres fruitiers sauvages en Afrique occidentale et centrale accroît les revenus de la population, lui assure une meilleure santé et stimule l'économie rurale. In *Les Arbres pour le Changement* N°4. World

- Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, p.44.
- Roberts JA, Elliott KA, Gonzalez-Carranza ZH. 2002. Abscission, dehiscence, and other cell separation processes. *Annual Review of Plant Biology*, **53**: 131-158.
- Schreckenber K, Awono A, Degrande A, Mbosso C, Ndoye O, Tchoundjeu Z. 2006. Domesticating indigenous fruit trees as a contribution to poverty reduction. *Forests, Trees and Livelihoods*, **16**: 35-52.
- Sheard GA. 2008. Factors leading to poor fruit set and yield of sweet cherries in South Africa. Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the requirements for the degree Master of Science in Agriculture in the Department of Horticultural Science, University of Stellenbosch, and p.126.
- Shiell KJ, St-Pierre RG, Zatylny AM. 2001. Timing, magnitude and causes of flower and immature fruit loss in pin cherry and choke cherry. *Can. J. Plant Sci.*, **82**: 157-164.
- Simons AJ, Leakey RRB. 2004. Tree domestication in tropical agroforestry. *Agroforestry Systems*, **61**: 167-181.
- Tchuenguem FN, Messi J, Pauly A. 2001. Activité de *Melipoluna erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*, **56**: 179-188.
- Tchoundjeu Z, Kengue J, Leakey RRR. 2002. Domestication of *Dacryodes edulis*: state-of-the-art. *Forest, Trees and Livelihoods*, **12**: 3-13.
- Tchoundjeu Z, Asaah EK, Anegbeh P, Degrande A, Mbile P, Facheux C, Tsobeng A, Atangana AR, Ngo-Mpeck ML, Simons AJ. 2006. Putting participatory domestication into practice in West and Central Africa. *Forests, Trees and Livelihoods*, **16**: 53-69.
- Tchoundjeu Z, Atangana A, Assah E, Tsobeng A, Facheux C, Foundjem, D, Mbosso C, Degrande A, Sado T, Kanmegne J, Mbile P, Tabuna H, Anegbeh P, Useni M. 2008. Domestication, utilization and marketing of indigenous fruit trees in west and central africa. In *Indigenous Fruit Trees in The Tropics: Domestication, Utilization and Commercialization*. World Agroforestry Centre (ICRAF): Lilongwe, Malawi.
- Waruhiu AN, Kengue J, Atangana AR, Tchoundjeu Z, Leakey RRB. 2004. Domestication of *Dacryodes edulis*. 2. Phenotypic variation of fruits in 200 trees from four populations in the humid lowlands of Cameroon. *Food, Agriculture and Environment*, **2**(1): 340-346.
- Youmbi E. 1991. Etudes histologique, cytochimique de la graine, culture *in vitro* et micropropagation du safoutier (*Dacryodes edulis* (Don) Lam. Thèse de Doctorat, Université Paris VII, p.191.
- Youmbi E, Cerceau-Larrival MT, Verhille AM, Carbonier-Jarreau MC. 1998. Morphologie et germination *in vitro* du pollen de *Dacryodes edulis* (Burseraceae). *Grana*, **37**(2): 87-92.
- Youmbi E, Abdelatif B. 2001. Régénération *in vitro* de plants à partir des bourgeons axillaires et de l'apex de plantules sexuées de *Dacryodes edulis* (Don) Lam. *Fruits*, **56**: 333-343.
- Zobel B, Talbert J. 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. North Carolina University: New York; 505.