

Évaluation agronomique de trois espèces de Egusi (*Cucurbitaceae*) utilisées dans l'alimentation au Bénin et élaboration d'un modèle de prédiction du rendement

Achigan Dako G. Enoch ⁽¹⁾, Nadia Fanou ⁽²⁾, Alphonse Kouke ⁽¹⁾, Hermane Avohou ⁽³⁾, Raymond S. Vodouhe ⁽³⁾, Adam Ahanchede ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Centre de Recherches agricoles du Sud. Niaouli BP 03 Attogon (Benin). E-mail : dachigan@gmail.com

⁽²⁾ Faculté des Sciences agronomiques. Département de Nutrition et de Sciences alimentaires. Université d'Abomey Calavi (Benin).

⁽³⁾ Institut International des Ressources Phytogénétiques, Bureau de l'Afrique de l'Ouest, Cotonou (Benin).

⁽⁴⁾ Faculté des Sciences agronomiques. Laboratoire de Biologie végétale. Université d'Abomey Calavi (Bénin).

Reçu le 23 juin 2005, accepté le 3 janvier 2006

Six variétés de Egusi appartenant à trois espèces de *Cucurbitaceae* ont été évaluées pour le rendement en fruits et en graines non décortiquées et décortiquées au Centre de Recherches agricoles de Niaouli (Sud-Bénin). La méthode de blocs randomisés a été utilisée pour mesurer des caractères agronomiques comme le taux de germination, la date de floraison à 50 %, le nombre de fruits par plante, le poids moyen du fruit, le poids de mille graines non décortiquées, le poids de mille graines décortiquées, le ratio amande/graine, le rendement en fruits à l'hectare, le rendement en graines non décortiquées et décortiquées à l'hectare. Des six variétés évaluées, la variété Aklamkpa (*Lagenaria siceraria*) s'est montrée particulièrement intéressante pour le rendement en graines non décortiquées et décortiquées. Elle est suivie des variétés Kilonon et Kakoun (*Citrullus lanatus*) dont les rendements dépassent 200 kg·ha⁻¹. À l'opposé, la variété Zohan (*Cucumeropsis edulis*), bien appréciée par les consommateurs pour ses qualités organoleptiques, possède des performances très faibles en plus du fait qu'elle est une variété tardive. L'analyse du modèle de prédiction indique que le nombre de fruits par plante et le poids moyen du fruit sont des facteurs d'augmentation du rendement en graines.

Mots-clés. Bénin, Egusi, évaluation agronomique, prédiction, rendement.

Agronomic evaluation for three Egusi species (*Cucurbitaceae*) used as food in Benin and model analysis for yield prediction.

Six varieties of Egusi from three species of cucurbit were evaluated for the fruit and the seed yield at the Agricultural Research Centre of Niaouli (South-Benin). Using randomised blocs, the agronomic characters such as the germination percentage, the flowering date, the number of fruit per plant, the average fruit weight, the weight of 1,000 unhulled seed, the weight of 1,000 hulled seed, the ratio kernel/seed, the fruit yield, the unhulled seed yield and the hulled seed yield (kg·ha⁻¹) were measured. Out of the six varieties, Aklamkpa (*Lagenaria siceraria*) showed the highest yield for dehulled and unhulled seed. It is followed by Kilonon and Kakoun (*Citrullus lanatus*) which yielded more than 200 kg·ha⁻¹. In contrary Zohan (*Cucumeropsis edulis*), well appreciated by consumers for its organoleptic qualities, appeared to have the lowest yield in addition to the fact that it is a late variety. The prediction model analysis indicated that the number of fruits per plant and the average fruit weight are good estimators of the unhulled and hulled seed yield and could effectively contribute to the increase of seed yield in egusi crops.

Keywords. Benin, Egusi, agronomic evaluation, prediction, yield.

1. INTRODUCTION

Egusi est un nom générique qui désigne un ensemble d'espèces de *Cucurbitaceae* dont les graines sont consommées et constituent une source de protéines, de matières grasses et d'énergie sur la côte du golfe de

Guinée (Nigeria, Bénin, Togo, Ghana, Côte d'Ivoire). Ce nom est attribué aux espèces telles que *Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf. (syn. *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad.), *Cucumeropsis edulis* (Hook. f.) Cogn., *Cucumeropsis manii* Naud., *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl, *Telfairia occidentalis* (Hook. f.) (Keay,

1954 ; Berhaut, 1975 ; Burkill, 1985 ; Schippers, 2000 ; Levi *et al.*, 2001a ; Vodouhe *et al.*, 2001 ; Achigan, 2002 ; Zoro Bi *et al.*, 2003 ; Gusmini *et al.*, 2004).

Au Bénin, trois espèces sont largement cultivées par les agriculteurs pour leur richesse en protéines et en lipides : *Citrullus lanatus*, *Cucumeropsis edulis*, *Lagenaria siceraria*. Les amandes extraites des graines décortiquées de ces espèces sont réduites en pâte pour épaissir la sauce ou pour faire des boulettes dans la sauce (Vodouhe *et al.*, 2001). Les teneurs en protéines et en lipides varient mais restent comparables à celles de l'arachide. Par exemple, *C. lanatus* contient 40 à 44 % de matières grasses, *C. edulis* 44 à 45 % et *L. siceraria* 40 à 46 % (Badifu, Ogunsua, 1991 ; Norman, 1992 ; Schippers, 2000). On comprend donc que les communautés côtières de l'Afrique de l'Ouest attachent du prix à ce groupe d'espèces qui sont généralement cultivées en superficie réduite ou en culture de case. Plus particulièrement, les incertitudes liées aux cultures de rente (essentiellement le coton au Bénin) amènent les producteurs à adopter des stratégies de diversification des sources de revenu en associant des cultures mineures dans leurs systèmes de production. La culture des Egusi représente donc une source potentielle de revenus supplémentaires en même temps qu'elle couvre les besoins alimentaires immédiats de l'unité familiale. Mais malgré cela, il est notoire que les Egusi ont été pendant longtemps absents des principaux programmes de recherche et de développement (Williams, Haq, 2002).

Des travaux de recherche sur les caractères agronomiques et botaniques des Egusi en Afrique de l'Ouest sont pratiquement récents. Les informations sur le rendement en fruits ou en graines, les densités de semis, les rendements au décorticage, les problèmes phytosanitaires et les critères de choix des producteurs et des consommateurs restent parcellaires (Zoro Bi *et al.*, 2003). La caractérisation morphologique de *L. siceraria* effectuée par Achigan (2002) n'a pas pris en compte les données agronomiques de l'espèce. Les travaux de Zoro Bi *et al.* (2003) en Côte d'Ivoire ont eu le mérite d'aborder la description botanique et la caractérisation agronomique de trois espèces (*Citrullus* sp., *Lagenaria siceraria*, *Cucumeropsis manii*) mais ces travaux n'ont pas traité des aspects variétaux, éléments importants pour la sélection et l'amélioration variétale. Les travaux de Wehner *et al.* (2001) aux États-Unis ont accordé une large part au melon d'eau (*Citrullus lanatus* var. *lanatus* syn. *Citrullus vulgaris* Schrad.) qui selon les auteurs est bien différente de *Citrullus colocynthis* (type Egusi), plus cultivée en Afrique de l'Ouest et souvent citée comme synonyme (Levi *et al.*, 2001a). Si beaucoup de travaux se sont intéressés aux compositions biochimiques de ces espèces (Oyolu, 1977 ; Badifu, Ogunsua, 1991 ; Norman, 1992 ; Schippers, 2000 ; Enujiugha, Ayodele, 2003), très peu d'études,

par contre, ont abordé les aspects de production. De plus, l'opinion des populations productrices est rarement prise en compte dans les différents travaux conduits sur les Egusi. Or celles-ci se plaignent de plus en plus du cycle de production très long de *C. edulis* en plus de son rendement faible dans l'ensemble des zones agroécologiques du Bénin. La conséquence immédiate est la raréfaction de *Cucumeropsis edulis* aussi bien sur les marchés locaux que urbains. Il est donc à craindre une érosion génétique si aucune action n'est entreprise.

Dans cette étude, nous avons évalué les caractères agronomiques (rendement) de six variétés de Egusi choisies par les producteurs aux ateliers de recherche-développement de l'Institut National de Recherches agricoles du Bénin. Les critères de choix étaient essentiellement : la productivité, l'appréciation des consommateurs, ainsi que la facilité de traitement post-récolte et d'écoulement sur le marché. Les six variétés choisies représentent trois espèces identifiées grâce à la flore de l'Afrique de l'Ouest (Keay, 1954) : *Cucumeropsis edulis*, *Citrullus lanatus* et *Lagenaria siceraria*. Une analyse combinée des paramètres de rendement a permis d'établir une équation de prédiction du rendement en graines décortiquées, partie essentielle de la production, et de tester si le rendement en fruits est un meilleur estimateur du rendement en graines. Cette estimation constitue un préalable pour la mise œuvre de programmes de sélection variétale.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Site expérimental

L'essai a été conduit en 2003 à Sékou, sur un site expérimental du Centre de Recherches agricoles du Sud (2°19' E, 6°12' N) situé à 50 km au nord de Cotonou. Le climat est caractérisé par deux saisons de pluie et deux saisons sèches. Il y tombe en moyenne 1200 mm d'eau pour environ 85 jours de pluie par an. La température moyenne varie entre 27 et 29 °C avec une humidité relative qui atteint en moyenne 70 %. La végétation y est de type guinéen (White, 1983). Le sol, communément appelé terre de barre (Dissou, 1986), est de nature ferrallitique désaturé à kaolinite. Sékou est une zone agricole. Trois cultures principales y sont rencontrées : l'ananas, le manioc et le maïs. Les Egusi y sont cultivées dans quelques exploitations.

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal a été fourni par le Centre de Recherches agricoles du Sud-Bénin (Niaouli). Il est composé de six variétés représentant les trois principales espèces de Egusi les plus cultivées au

Bénin (Vodouhe *et al.*, 2001). Il s'agit de Aklamkpa (ou Accra-kakoun), Kplakata et Go (*Lagenaria siceraria*), Kilonon et Kakoun (*Citrullus lanatus* type egusi) et Zohan (*Cucumeropsis edulis*). Ce matériel provient de la deuxième année de multiplication (en 2002) des accessions collectées en 1998 et en 1999 par l'Institut International des Ressources Phytogénétiques (IPGRI), l'Institut National des Recherche agricoles du Bénin (INRAB) et l'Institut Togolais de Recherches agricoles (ITRA). Le matériel régénéré a été conservé en chambre climatisée (10 °C, HR : 45 %) au Centre de Recherches agricoles du Sud-Bénin (Niaouli). Habituellement, *C. lanatus* et *L. siceraria* sont cultivées du nord au sud du Bénin et leurs graines sont commercialisées sur la plupart des marchés du pays et représentent une source de revenu assez importante pour les ménages (Vodouhe *et al.*, 2001). La culture de *C. edulis* est par contre plus ou moins limitée dans la zone sud et nord guinéen en dessous de 10° N. La grande diversité observée au sein de *L. siceraria* nous a amené à considérer pour cette espèce les variétés les plus performantes (Achigan, 2002). En ce qui concerne *C. edulis*, la seule variété connue et largement cultivée par les agriculteurs est la variété Zohan (nom local de l'espèce) encore appelé vrai Egusi (Burkill, 1985). Pour cette espèce il n'a donc pas été possible de prendre en compte une deuxième variété. *L. siceraria* et *C. lanatus* sont des espèces rampantes alors que *C. edulis* est une espèce grimpante nécessitant des tuteurs pour sa culture.

2.3. Évaluation agronomique

L'essai agronomique a été implanté suivant un dispositif de blocs aléatoires complets à trois répétitions orientés sud-nord. Chaque parcelle élémentaire comprend quatre lignes de 5 m de long, espacées de 2 m les unes des autres et couvrant une superficie de 40 m². La distance entre plantes est de 1 m sur ligne. Cette densité permet de prendre en compte le caractère rampant des espèces qui couvrent très rapidement le sol. Pour *Cucumeropsis edulis*, des tuteurs ont été installés dès la levée. Les graines ont été semées à deux par poquet et démarrées à la levée. Une fumure de 100 kg·ha⁻¹ de triple super-phosphate a été appliquée pour suppléer à la faible fertilité du sol. Les données collectées ont été définies ensemble avec des agriculteurs de Sékou, de Tori et d'Allada (Allada et Tori sont situés dans un rayon de 20 km par rapport à Sékou) qui ont visité deux fois l'essai durant le cycle de végétation. Au total 12 caractères ont été mesurés et/ou calculés : le taux de germination (%), la date de floraison à 50 % (jours après semis), le nombre de fruits produits par plante, le poids moyen du fruit (kg), le rendement en fruits par parcelle élémentaire (kg), le poids de 1000 graines non décortiquées (g), le poids de 1000 graines décortiquées (amande) (g), le ratio graine sur amande, le rendement

parcellaire en graines non décortiquées (kg), le rendement à l'hectare en fruit (kg·ha⁻¹), le rendement à l'hectare en graines non décortiquées (kg·ha⁻¹), le rendement à l'hectare en graines décortiquées (kg·ha⁻¹). Les plantes ont été récoltées après sénescence complète des feuilles.

2.4. Analyse des données

La normalité des variables mesurées a été appréciée en observant les courbes de distribution des fréquences. Par la suite, les moyennes, les écart-types et les intervalles de confiance pour chaque variable et chaque variété ont été déterminés (Sokal, Rohlf, 1995). Pour le taux de germination nous avons calculé la moyenne harmonique. Afin de comparer les performances des variétés pour les différents caractères, les données ont été soumises à une analyse de variance multivariée à un seuil de signification de 5 %. Cette analyse a été exécutée par la procédure General Linear Model du logiciel SPSS, version 12.0. La signification du modèle a été déterminée en calculant le Lambda de Wilks. Les probabilités de signification associées aux valeurs F de Fisher ont été calculées de même que les coefficients de détermination R². Les comparaisons multiples post hoc, dans le cas de différence significative, ont été faites avec le test de Duncan, accompagnée de la détermination de la plus petite différence significative (PPDS de Fischer) pour certaines paires de moyennes (Atil, Unver, 2001). Le calcul des corrélations entre caractères a révélé les variables fortement corrélées entre elles et a facilité la détermination des variables à considérer pour l'analyse de régression linéaire. Le modèle de régression a été testé avec le test F en réalisant l'analyse des variances de la régression et des résidus.

3. RÉSULTATS

3.1. Caractères agronomiques

Taux de germination. Le temps de germination des trois espèces varie entre 5 et 10 jours. C'est ce même intervalle de temps qui a été obtenu par Zoro Bi *et al.* (2003) à Abobo Adjamè en Côte d'Ivoire. Le taux de germination est en moyenne élevé pour l'ensemble des variétés (89 % ± 11). Mais il varie significativement en fonction de l'espèce (F = 5,14 ; dl = 5 ; p = 0,014 ; R² = 0,72). Le taux le plus faible est observé chez *Cucumeropsis edulis* (75 % ± 15). Les meilleurs résultats ont été obtenus chez *Citrullus lanatus* dont toutes les graines appartenant aux deux cultivars ont germé. En général *Citrullus lanatus* germe bien et son pouvoir germinatif se conserve longtemps (Demir, van de Venter, 1999 ; Walters *et al.*, 2005).

Lagenaria siceraria présente un taux de germination intermédiaire par rapport aux deux premières espèces. Ce taux de germination varie d'une variété à une autre (Aklamkpa 96,67 % \pm 2,88 ; Go 90 % \pm 8,66 ; Kplakata 85 % \pm 5,0). Mais cette différence n'est pas significative (Test de Duncan $p = 0,11$).

Date de floraison. *Lagenaria siceraria*, *Citrullus lanatus* et *Cucumeropsis edulis* sont des espèces monoïques avec une floraison asynchrone, la floraison mâle apparaissant en premier avec un décalage de sept jours maximum par rapport à la floraison femelle (Achigan, 2002 ; Zoro Bi *et al.*, 2003). Dans cette étude nous avons considéré que les individus d'une parcelle expérimentale ont atteint 50 % de floraison lorsque environ 50 % des individus de la parcelle ont émis au moins une fleur. Le **tableau 1** indique les valeurs des dates de floraison à 50 % des trois espèces. Cette date varie significativement d'une espèce à l'autre ($F = 20,90$; $dl = 5$; $p < 0,01$; $R^2 = 0,90$). Elle est plus précoce chez *Citrullus lanatus* (35,67 jours \pm 2,88 pour Kakoun et 34 jours pour Kilonon). Pour ces deux variétés, on n'a pas noté de différence significative entre les dates de floraison (Test de Duncan $p = 0,051$). Chez *Cucumeropsis edulis* (Zohan) la date de floraison est plus longue (57 jours \pm 8) et peut atteindre deux mois après semis. Cette espèce a le cycle de production le plus long. Les variétés de *Lagenaria siceraria* présentent plutôt des valeurs intermédiaires entre ces deux extrêmes (40,67 \pm 3 jours, 47,67 \pm 4 jours et 52,0 \pm 5 respectivement pour Aklamkpa, Go et Kplakata). Cette différence entre les variétés de *Lagenaria* est significative comme le témoigne le calcul de la plus petite différence significative entre les moyennes prises deux à deux ($p = 0,03$ pour la paire Aklamkpa-Go et $p = 0,003$ pour la paire Aklamkpa-Kplakata). Cette différence entre cultivars de *Lagenaria* avait déjà été observée par Achigan (2002) qui avait indiqué que la date de floraison est un caractère discriminant des populations de *Lagenaria siceraria* collectées au Bénin et au Togo.

Rendements en fruits. Pour des besoins de comparaison, nous avons considéré le nombre de fruits produits par plante, le poids moyen du fruit et le rendement par unité de superficie (hectare) déterminé à partir des productions parcellaires. Le **tableau 1** indique également le nombre de fruits par plante et le poids moyen du fruit (kg). Le nombre de fruits produits par plante varie d'une espèce à une autre ($F = 11,02$; $dl = 2$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,59$). Les variétés de *Citrullus* produisent trois à quatre fruits par plante ; celles de *Lagenaria* produisent un à trois fruits par plante (le maximum de fruits est obtenu chez la variété Aklamkpa). La seule variété testée de *Cucumeropsis edulis* produit un fruit par plante et accessoirement deux. Le poids moyen du fruit diffère d'une espèce

à l'autre ($F = 6,19$; $dl = 2$; $p < 0,01$; $R^2 = 0,45$) mais le coefficient de détermination est faible. Les meilleurs poids moyens sont obtenus chez *Lagenaria siceraria* avec une différence de valeurs entre variétés (0,86 kg \pm 0,24 pour Aklamkpa, 2,63 kg \pm 0,80 pour Go et 3,59 kg \pm 0,71 pour Kplakata). *Citrullus lanatus* produit des fruits de poids moyen de 0,77 kg. Pour cette espèce nous n'avons pas observé une différence significative entre variétés ($ppds = 0,169$; $p = 0,684$). Chez *Cucumeropsis edulis*, le poids moyen du fruit est faible : 0,73 kg \pm 0,08. La combinaison de cette faible valeur avec le nombre réduit de fruits par plante explique la production en fruits à l'hectare très basse chez cette dernière espèce (2983,33 kg·ha⁻¹). Cette valeur est significativement différente des valeurs de production des variétés appartenant aux deux autres espèces (13075 à 16866 kg·ha⁻¹) dont les moyennes sont proches (test de Duncan $p = 0,24$). Le rendement en fruits similaire entre *L. siceraria* et *C. lanatus* laisse supposer que le nombre de fruits par plante et le poids moyen du fruit se compensent chez Aklamkpa, Go, Kplakata (*L. siceraria*), Kilonon et Kakoun (*C. lanatus*) pour aboutir à un même rendement en fruits en fin de récolte. Il est important de déterminer si cette similitude de rendement en fruits se répercute aussi sur le rendement en graines qui constitue l'objectif majeur du producteur.

Rendement en graines. Le péricarpe du fruit joue un rôle secondaire chez *Cucumeropsis edulis* et chez *Citrullus lanatus* contrairement à *Lagenaria siceraria* où il peut servir d'instruments de musique ou de récipient selon sa forme et sa taille (Achigan, 2002 ; Morimoto *et al.*, 2004). Mais la variété Aklamkpa de *L. siceraria* est essentiellement produite pour ses graines,

Tableau 1. Date de floraison à 50 % (jours après semis), nombre de fruits par plante et poids moyen du fruit (kg) de trois variétés de *Lagenaria siceraria* (Aklamkpa, Go, Kplakata), deux variétés de *Citrullus lanatus* (Kakoun, Kilonon) et une variété de *Cucumeropsis edulis* (Zohan). Les valeurs entre parenthèses représentent les écart-types — *Flowering date (days), number of fruits per plant and average fruit weight of three varieties of Lagenaria siceraria (Aklamkpa, Go, Kplakata), two varieties of Citrullus lanatus (Kakoun, Kilonon) and one variety of Cucumeropsis edulis (Zohan). Values in parentheses are standard deviations.*

Espèces	Variétés	Date de floraison	Nombre de fruits/plante	Poids moyen du fruit (kg)
<i>C. lanatus</i>	Kakoun	35,67 (2,88)	3,98 (0,57)	0,69 (0,03)
	Kilonon	34,00 (0,0)	3,38 (0,70)	0,86 (0,07)
<i>L. siceraria</i>	Aklamkpa	40,67 (2,88)	3,08 (1,15)	0,86 (0,24)
	Go	47,67 (4,04)	1,42 (0,18)	2,63 (0,80)
	Kplakata	52,00 (4,58)	0,98 (0,08)	3,59 (0,71)
<i>C. edulis</i>	Zohan	57,33 (8,08)	1,00 (0,34)	0,73 (0,08)

le péricarpe étant fragile à maturité et ne pouvant être utilisé comme calebasse. Dans l'un ou l'autre cas, le rendement en graines détermine l'intérêt du producteur et le fruit est laissé jusqu'à pourriture complète de manière à faciliter l'extraction des graines. La **figure 1** illustre la différence entre variétés par rapport au poids de 1000 graines non décortiquées et décortiquées. Le poids de 1000 graines non décortiquées est plus élevé pour les variétés de *Lagenaria* que pour les autres espèces. Pour la variété Kplakata, 1000 graines non décortiquées pèsent $345,67 \text{ g} \pm 56,61$ et 1000 graines décortiquées pèsent $140,50 \text{ g} \pm 8,23$. Le ratio amande/graine est très faible pour cette variété (41,08 %) dont le tégument est épais. Ce ratio donne une idée du poids du tégument pour chaque variété. La variété Zohan (*C. edulis*) possède le plus petit poids en graines non décortiquées et décortiquées. Le ratio amande/graine est plus élevé pour les variétés de *Citrullus* (78,52 % pour Kakoun et 73,66 % pour Kilonon). Cela signifie simplement que cette espèce possède un tégument assez léger. Les variétés Aklamkpa (*L. siceraria*) et Zohan (*C. edulis*) possèdent des ratios amande/tégument intermédiaires (64,56

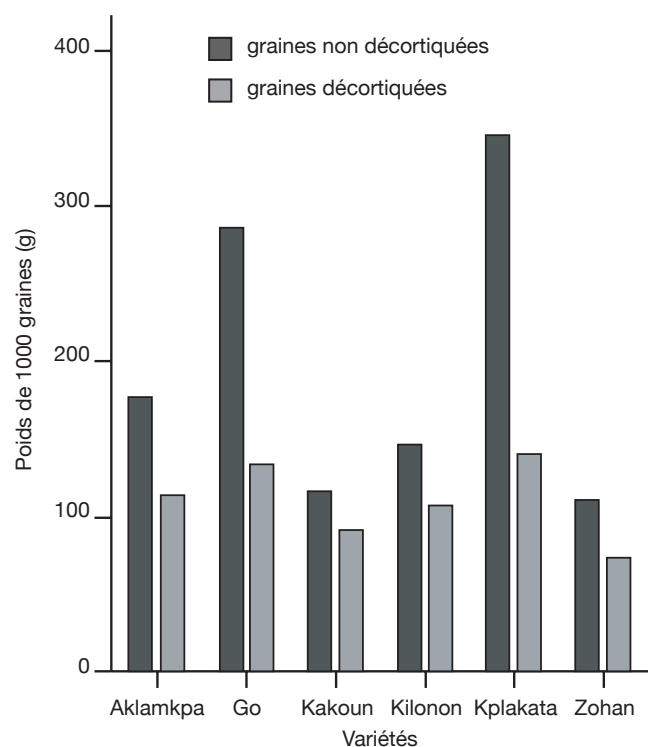


Figure 1. Poids de 1000 graines (g) non décortiquées et décortiquées pour trois variétés de *Lagenaria siceraria* (Aklamkpa, Go, Kplakata), deux variétés de *Citrullus lanatus* (Kakoun, Kilonon) et une variété de *Cucumeropsis edulis* (Zohan) — Weight of 1,000 unhulled and hulled seeds (g) of three varieties of *Lagenaria siceraria* (Aklamkpa, Go, Kplakata), two varieties of *Citrullus lanatus* (Kakoun, Kilonon) and one variety of *Cucumeropsis edulis* (Zohan).

et 65,48 % respectivement). Par ailleurs, Aklamkpa possède un rendement à l'hectare plus élevé aussi bien en graines non décortiquées qu'en graines décortiquées (**Figure 2**). Son rendement avoisine $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ avec une différence significative par rapport aux autres variétés ($F = 6,24$; $dl = 5$; $p = 0,006$; $R^2 = 0,80$). Le regroupement en sous groupes homogènes isole la variété Zohan par rapport aux cinq autres variétés pour le rendement en graines non décortiquées (Test de Duncan $p = 1,00$). Zohan a un rendement à l'hectare très faible aussi bien en graines non décortiquées qu'en graines décortiquées ($83,33 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ et $30,52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivement). Cela explique qu'il est rare de rencontrer des cultures pures de *Cucumeropsis edulis*, la plupart des paysans produisant seulement quelques pieds près des arbres morts de leur champ. Les deux facteurs limitants de l'espèce, à savoir la faible production et le cycle long de croissance, sont ainsi confirmés par cet essai. Malheureusement, il existe peu de variétés connues pour cette espèce aussi bien au niveau de la recherche qu'au niveau paysan et des efforts de sélection massale pourraient constituer une piste pour l'amélioration du rendement.

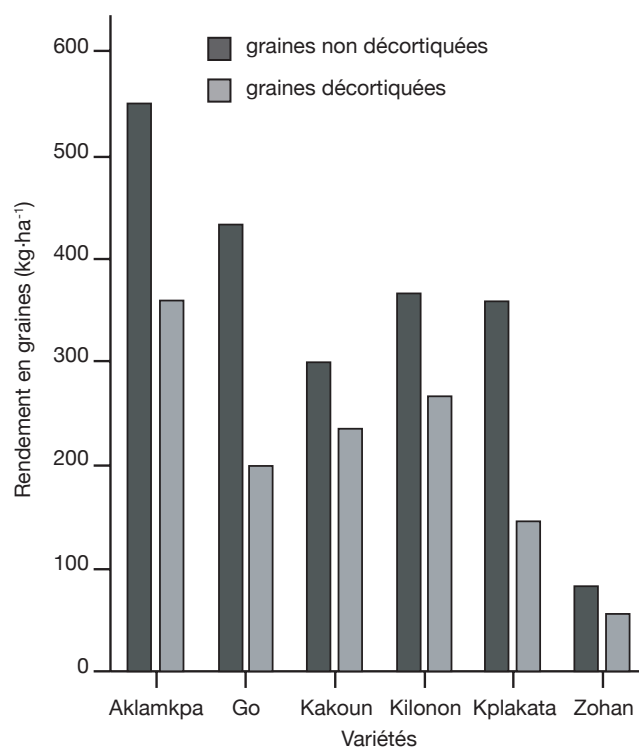


Figure 2. Rendement en graines ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) non décortiquées et décortiquées pour trois variétés de *Lagenaria siceraria* (Aklamkpa, Go, Kplakata), deux variétés de *Citrullus lanatus* (Kakoun, Kilonon) et une variété de *Cucumeropsis edulis* (Zohan) — Yield of unhulled and hulled seeds ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) of three varieties of *Lagenaria siceraria* (Aklamkpa, Go, Kplakata), two varieties of *Citrullus lanatus* (Kakoun, Kilonon) and one variety of *Cucumeropsis edulis* (Zohan).

3.2. Modèle de prédiction du rendement en graines

La relation entre le rendement en fruits (nombre et poids moyen du fruit) et le rendement en graines (décortiquées ou non), lorsqu'elle est forte, est une bonne information pour orienter les stratégies d'amélioration. L'analyse de corrélation entre les différents caractères mesurés indique plusieurs corrélations élevées positives entre le pourcentage de germination et le nombre de fruits par plant ($R^2 = 0,75$; $p < 0,001$), entre le poids moyen du fruit et le poids de 1000 graines ($R^2 = 0,93$; $p < 0,001$), entre le poids moyen du fruit et le poids de 1000 graines décortiquées ($R^2 = 0,78$; $p < 0,001$), entre le rendement en graines décortiquées à l'hectare et le pourcentage de germination ($R^2 = 0,61$; $p = 0,008$), entre le nombre de fruits par plante et le rendement en graines décortiquées ($R^2 = 0,73$; $p = 0,001$). Des corrélations élevées négatives sont observées entre la date de floraison et le pourcentage de germination ($R^2 = -0,84$; $p < 0,001$), entre la date de floraison et le nombre de fruit par plante ($R^2 = -0,88$; $p < 0,001$), entre la date de floraison et le rendement en graines décortiquées ($R^2 = -0,71$; $p = 0,001$), entre le nombre de fruits par plante et le poids moyen du fruit ($R^2 = -0,55$; $p < 0,018$).

Les **figures 3** et **4** présentent les relations entre le rendement en graines non décortiquées et décortiquées par rapport au poids et au nombre de fruits par plante. L'analyse de régression linéaire du rendement en graines non décortiquées et décortiquées par rapport au poids et au nombre de fruits par plante comme meilleurs estimateurs de production en graines montre une relation négative entre le nombre de fruits par plante et le poids de 1000 graines (**Figure 3a**), quoique le coefficient de détermination soit relativement faible. En d'autres termes, le poids de 1000 graines des variétés produisant plusieurs fruits par plante est plus faible. Cependant une compensation en rendement total en graines décortiquées est envisageable lorsque le nombre de fruits par plante augmente (**Figure 3b**). Autrement dit, la plante récupère ce qu'elle perd en poids unitaire de graine en multipliant le nombre de fruits par pied. Cette relation claire de cause à effet entre le nombre de fruits par plante et le rendement en graines décortiquées appelle à s'interroger aussi sur la relation entre le poids moyen du fruit et le poids de 1000 graines décortiquées ou non. En effet, la linéarisation de la relation poids fruits/poids graines affiche clairement que le poids du fruit affecte positivement le poids des graines aussi bien décortiquées que non décortiquées (**Figure 4a** et **4b**). Le test de signification du modèle d'analyse donne une probabilité d'erreur $p < 0,001$ pour une valeur de $F = 97,45$ pour le poids de 1000 graines non décortiquées et une valeur de $F = 24,59$ pour le poids de 1000 graines décortiquées. Une analyse de régression multiple prenant en compte le nombre de fruits par plante et le poids moyen du fruit n'est pas envisageable

du fait de la forte corrélation entre le nombre de fruits et le poids moyen du fruit ($R^2 = -0,55$; $p = 0,01$). Un troisième facteur intéressant pourrait être le nombre de graines par fruit qui n'a pas été pris en compte dans cette étude. Mais on pourrait d'ores et déjà présupposer que même si le poids des graines affecte négativement le nombre de graines produites par fruit, son effet serait moindre et certainement compensé aussi par l'augmentation du nombre de fruits par plante.

4. DISCUSSION

Les travaux d'amélioration du melon d'eau (*C. lanatus* var. *lanatus*) ont visé par le passé l'augmentation du poids du fruit (Mohr, 1986 ; Wehner *et al.*, 2001) et la production de fruit sans graine (spécifiquement intéressant pour d'autres formes de consommation) pour satisfaire les besoins du marché. Dans les conditions de l'Afrique de l'Ouest, la performance qui intéresse aussi bien le producteur que le consommateur final est le rendement en graines et surtout en graines décortiquées pour les espèces de cucurbites utilisées comme Egusi (Norman, 1992 ; Schippers, 2000 ; Vodouhe *et al.*, 2001 ; Achigan 2002 ; Zoro Bi *et al.*, 2003). Ainsi, dans cette région du monde, les programmes d'amélioration des variétés de Egusi devront s'orienter vers une augmentation du rendement en graines décortiquées pour répondre au besoin du marché Ouest Africain. Cette étude sur l'évaluation agronomique de six variétés de Egusi appartenant à trois espèces communément utilisées en Afrique de l'Ouest (Burkill, 1985, p. 577) met en évidence des variétés à cycle court et des variétés à cycle long, de même que des variétés productives et des variétés moins productives. La participation des producteurs à cette évaluation offre l'avantage que les caractères recherchés par eux soient pris en compte. La variété Zohan (*C. edulis*) est la variété la mieux appréciée par le producteur et le consommateur pour ses qualités organoleptiques. Cependant, cette variété a présenté de très faibles performances productives, combinées avec un cycle long. Par le passé on attribuait, à défaut d'information fiable, la faible production observée au niveau de cette espèce à la nécessité d'utilisation de tuteurs pour la culture qui n'est plus aisée du fait de la raréfaction du bois. La nécessité d'approvisionnement en tuteurs et le temps additionnel de travail que cela engendre ne sont malheureusement pas compensés par le rendement de cette espèce qui reste faible pour les producteurs. Un programme d'amélioration de cette variété devrait avoir comme objectifs l'augmentation du poids moyen du fruit et du nombre de fruits par plante. À cet effet, Gusmini et Wehner (2005) par exemple avaient criblé à Clinton et Kinston, aux États-Unis, 80 accessions de *C. lanatus* afin de sélectionner les plus

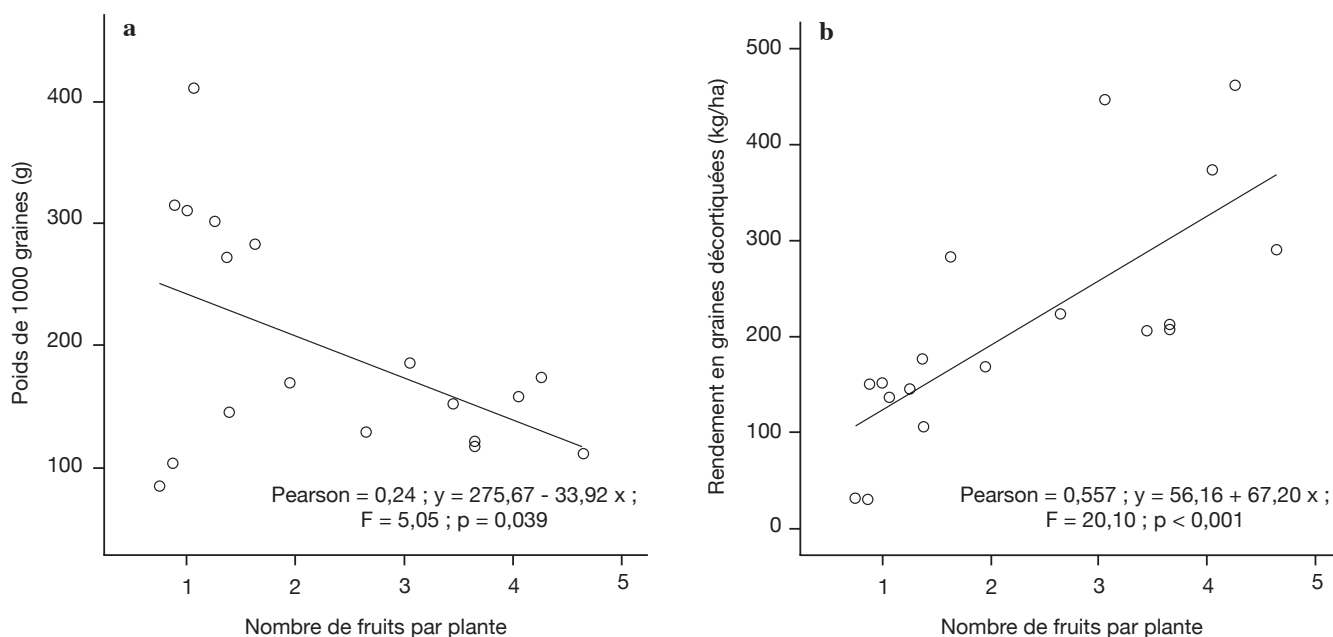


Figure 3. Modèle de prédiction du poids de 1000 graines non décortiquées (a) et du rendement en graines décortiquées (b) par rapport au nombre de fruit par plante pour trois espèces de *Cucurbitaceae* : *Lagenaria siceraria*, *Citrullus lanatus* et *Cucumeropsis edulis* — Prediction model of the weight of 1,000 unhulled seeds (a) and the yield of hulled seeds (b) in relation with the number of fruits per plant for three species of cucurbitaceae: *Lagenaria siceraria*, *Citrullus lanatus* and *Cucumeropsis edulis*.

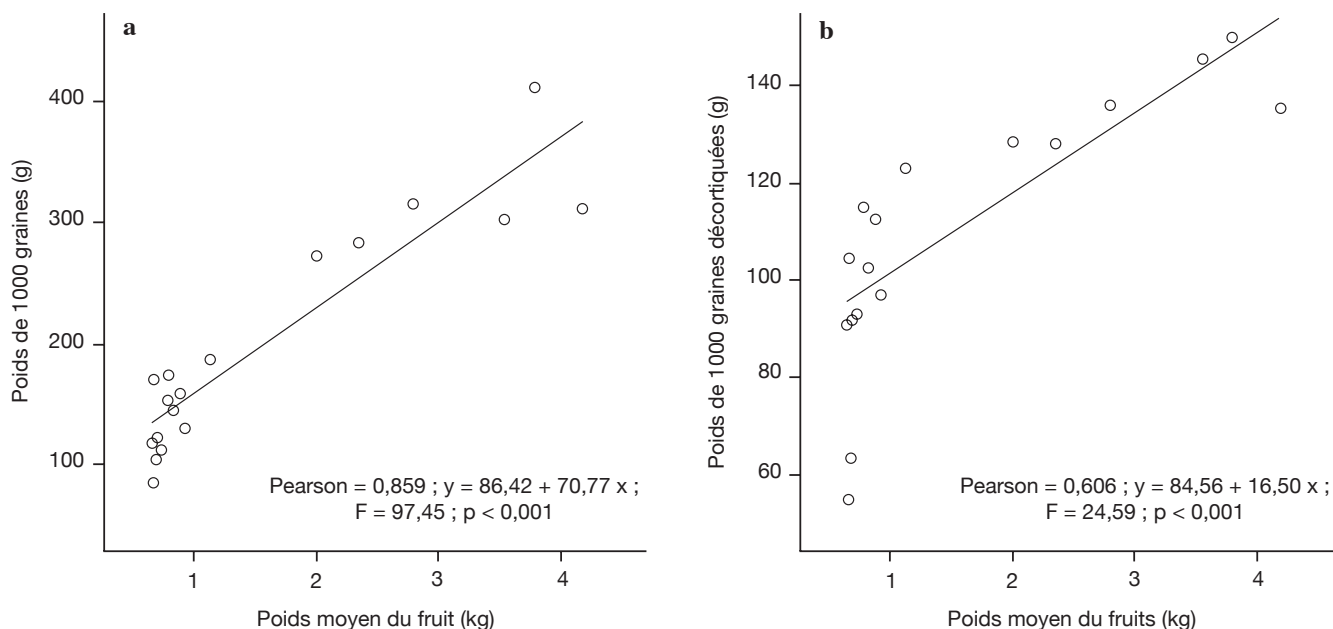


Figure 4. Modèle de prédiction du poids de 1000 graines non décortiquées (a) et du poids de 1000 graines décortiquées (b) par rapport au poids moyen du fruit pour trois espèces de *Cucurbitaceae* : *Lagenaria siceraria*, *Citrullus lanatus* et *Cucumeropsis edulis* — Prediction model of the weight of 1,000 unhulled seeds (a) and the weight of 1,000 hulled seeds in relation with the average fruit weight for three species of cucurbitaceae: *Lagenaria siceraria*, *Citrullus lanatus* and *Cucumeropsis edulis*.

performantes pour des programmes d'amélioration. On pourrait donc envisager l'exploitation du réservoir génétique de chacune des espèces et surtout de *C. edulis* pour des fins d'amélioration variétale. Néanmoins, plusieurs contraintes devront être prises en compte. Premièrement, la taille du fruit est probablement un caractère polygénique. Près de 25 gènes sont impliqués pour ce caractère chez le melon d'eau (Wehner *et al.*, 2001). Chez *L. siceraria* et *C. edulis* on ignore le nombre de gènes impliqués mais chez *L. siceraria* Achigan (2002) a montré une forte variation de la taille des fruits. Dans les analyses génétiques de ces espèces, il ne faut pas négliger le caractère allogame de la biologie reproductrice, source de variation possible. Pour ces différentes raisons, la stratégie de sélection doit privilégier la sélection par population pour éviter la perte d'allèles rares bénéfiques. Une autre contrainte concerne, chez *C. edulis*, le poids du fruit qui varie très peu : les accessions collectées en 1999 et 2000 par Vodouhe *et al.* (2001) ont montré une faible diversité en essai de multiplication. Au stade actuel de nos connaissances sur cette espèce, la recherche des voies d'amélioration pourrait être difficile et longue par des méthodes de sélection massale de populations comme l'ont observé Levi *et al.* (2001b) dans le cas des cultivars de melon d'eau (*C. lanatus* var. *lanatus*) cultivés aux États-Unis. Cependant on pourrait envisager un élargissement de la base génétique chez *C. edulis* par des prospections complémentaires aussi bien au Bénin que dans toute la zone Ouest Africaine.

L'amélioration des caractères liés au rendement chez *C. lanatus* a donné des résultats contradictoires en Égypte et en Inde (Sachan, Nath, 1976 ; Gill, Kumar, 1988 ; Rajendran, Thamburaj, 1993). Dans notre étude nous avons observé que l'augmentation du poids moyen du fruit peut s'accompagner d'une amélioration sensible du rendement en graines. Une meilleure stratégie d'amélioration pourrait consister à sélectionner les individus produisant plusieurs gros fruits par plante. C'est à ce niveau qu'un gain en graines est plus probable. Une importante leçon à retenir de cette recherche est la nécessité de dissocier le rendement en fruit du rendement en graines dans les programmes futurs d'amélioration. Ces deux caractères agronomiques doivent être considérés comme deux composantes séparées. Il est donc important de focaliser les programmes d'amélioration variétale futurs sur la productivité en graines puisqu'elles constituent des sources de protéines et de matières grasses importantes pour les communautés de l'Afrique de l'Ouest.

5. CONCLUSION

Cette étude a contribué à une meilleure connaissance de six variétés de Egusi pour les travaux d'amélioration agronomique au Bénin. Elle révèle que la variété

Aklamkpa (*Lagenaria siceraria*) possède de bonnes performances en termes de production de graines. À l'opposé, la variété Zohan (*Cucumeropsis edulis*), très appréciée des consommateurs, se caractérise par un cycle long et produit très peu de fruits dont le poids moyen est faible. Ceci nécessite la mise en œuvre d'un programme d'amélioration variétale basé sur le nombre de fruits produits par plante et le poids moyen du fruit comme facteurs importants du rendement en graines non décortiquées et décortiquées. Un travail préalable de criblage intensif au niveau de chacune des variétés est à envisager pour constituer des populations performantes pour le caractère rendement en graines. On pourrait aussi envisager le développement d'hybrides interspécifiques. Mais cette deuxième perspective risque d'être longue et onéreuse. L'amélioration variétale de *Cucumeropsis edulis*, *Lagenaria siceraria* ou de *Citrullus edulis* répondant aux désirs des producteurs et des consommateurs suscitera à n'en point douter un nouvel engouement chez les producteurs et contribuera au développement de la production des Egusi qui représentent une alternative et une source de revenu indéniable pour beaucoup de petits producteurs du Bénin.

Remerciement

Les auteurs remercient le Projet de Gestion de la Recherche agricole de l'Institut National de Recherches agricoles du Bénin pour le financement de cette étude. Ils remercient également l'Institut International des Ressources Phyto-génétiques, Bureau de l'Afrique de l'Ouest pour sa contribution scientifique.

Bibliographie

- Achigan Dako GE. (2002). *Caractérisation morphologique et analyse du niveau de ploïdie des Cucurbitaceae du genre Lagenaria siceraria prospectées au Bénin et au Togo*. Mémoire de DEA. UFR Biosciences, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 52 p.
- Atil H., Unver Y. (2001). Multiple comparisons. *Online J. Biol. Sci.* **18**, p. 723–727.
- Badifu GIO., Ogunsua AO. (1991). Chemical composition of kernels from some species of *Cucurbitaceae* grown in Nigeria. *Plant Foods Hum. Nutr.* **41**, p. 35–44.
- Berhaut J. (1975). *Flore illustrée du Sénégal. Dicotylédones (vol. 3). Connaracées à Euphorbiacées*. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal, 634 p.
- Burkill HM. (1985). *The useful plants of West Tropical Africa* (2nd ed.) Vol. 1. *Families A-D*. Kew, UK: Royal Botanical Gardens, 960 p.

- Demir I., van de Venter HA. (1999). Survival of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai) seeds at 40°C prolonged by prior storage at 30°C. *Seed Sci. Res.* **9** (3), p. 259–261.
- Dissou M. (1986). *La République Populaire du Bénin : milieux naturels, régions, économie agricole régionale. 1^e part. : Le Bas-Bénin.* P/UNB/UVA/ER. Cotonou, Bénin. 174 p.
- Enujiughha VN, Ayodele O. (2003). Evaluation of nutrients and some anti-nutrients in lesser-known, underutilized oilseeds. *Int. J. Food Sci. Technol.* **38** (5), p. 525.
- Gill BS., Kumar JC. (1988). Combining ability analysis in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.Mansf.). *Indian J. Hortic.* **45**, p. 104–109.
- Gusmini G., Wehner TC., Jarret RL. (2004). Inheritance of egusi seed type in watermelon. *J. Hered.* **95** (3), p. 268–270.
- Gusmini G., Wehner TC. (2005). Foundation of yield improvement in watermelon. *Crop Sci. Soc. Am.* **45**, p. 141–146.
- Keay RWJ. (ed.) (1954). *Cucurbitaceae. Flora of West Tropical Africa (vol. 1, part 1) (2nd ed.)*. London: Crown Agents for Oversea Governments and Administrations. 828 p.
- Levi A., Thomas CE., Keinath AP., Wehner TC. (2001a). Genetic diversity among watermelon (*Citrullus lanatus* and *Citrullus colocynthis*) accessions. *Genet. Resour. Crop Evol.* **48**, p. 559–566.
- Levi A., Thomas CE., Wehner TC., Zhang X. (2001b). Low genetic diversity indicates the need to broaden the genetic base of cultivated watermelon. *Hort. Sci.* **36** (6), p. 1096–1101.
- Mohr HC. (1986). Watermelon breeding. In Basset MJ. *Breeding vegetable crops*. Westport, CT, AVI Publ. p. 37–66.
- Morimoto Y., Gikungu M., Maundu P. (2004). Pollinators of the bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) observed in Kenya. *Inter. J. Trop. Insect Sci.* **24** (1), p. 79–86.
- Norman JC. (1992). *Tropical vegetable crops. Cucurbitaceous crops*. Ilfracombe Devon, UK: AH. Stockwell, p. 107–119.
- Oyolu C. (1977). Extraction rates and chemical composition of seed types in egusi (*Colocynthis citrullus* L.). *Acta Hort.* **53**, p. 287–290.
- Rajendran PC., Thamburaj S. (1993). Heterosis in watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb. Mansf.). *Madrass Agric. J.* **80**, p. 40–46.
- Sachan SCP., Nath P. (1976). Combining ability of some quantitative characters in 10 × 10 diallel crosses of watermelon, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf. *Egypt. J. Genet. Cytol.* **5**, p. 65–79.
- Schippers RR. (2000). *African Indigenous vegetables. An overview of the cultivated species*. Chatham, UK: Natural Resources Institute/ACP-EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, 224 p.
- Sokal RR., Rohlf FJ. (1995). *Biometry* (3rd ed.). New-York: Freeman WH. and Company, 887 p.
- Vodouhe RS., Achigan Dako GE., Adjakidje V. (2001). Observation de la diversité génétique des Egusi collectées au Bénin et au Togo. In Agbo BP., Isidore TI., Adjahoun A., Sagbohan J., Ganglo J., Bankolé C., Igué K., Matthes A. (eds). *Actes 2 de l'Atelier Scientifique Sud et Centre, Niaouli, 12-13 décembre 2001*. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, p. 53–61.
- Walters C., Lana WM., Grotenhuis MJ. (2005). Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. *Seed Sci. Res.* **15**, p. 1–20.
- Wehner TC., Shetty NV., Elmstrom GW. (2001). Breeding and seed production. In Maynard DN. (ed.). *Watermelons: Characteristics, production, and marketing*. Alexandria, Va: ASHS Press. p. 27–73.
- White F. (1983). *The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the Unesco AETFAT/UNSO vegetation map of Africa*. Paris: Unesco. 356 p.
- Williams JT., Haq N. (2002). *Global research on underutilized crops. An assessment of current activities and proposal for enhanced cooperation*. Southampton, UK: ICUC. 46 p.
- Zoro Bi I., Koffi KK., Dje Y. (2003). Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbits consommées en sauce en Afrique de l'ouest : *Citrullus* sp., *Cucumeropsis manii*, *Lagenaria siceraria*. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **7**, p. 187–199.

(28 réf.)