

Changements morphologiques et biochimiques au cours du développement et de la maturation des fruits de *Spondias cytherea* Sonn. (Anacardiaceae)

Emmanuel YOUMBI*, N. Madeleine ZEMBOUEM, Libert Brice TONFACK

Dép. Biol. Physiol. Vég.,
Fac. Sci., Univ. Yaoundé I,
Lab. Biotechnol. Environ.,
BP 812, Yaoundé, Cameroun
youbmi_emmanuel@yahoo.fr

Morphological and biochemical changes during development and maturation of *Spondias cytherea* Sonn. (Anacardiaceae) fruits.

Abstract — Introduction. The golden apple is an economically under-exploited fruit in Cameroon because of lack of knowledge about the cultivation techniques of the species, and post-harvest conservation and the nutritional value of its fruit. The aim of our study was to analyze some morphological and biochemical changes produced during the development of the golden apple and to attempt to assess the time between fruit set and fruit ripening, to provide a probable harvest date in Central Cameroon. **Materials and methods.** Some morphological (fruit length, diameter, volume and weight) and biochemical (moisture, total sugars, lipids, proteins and minerals, and chlorophyll *a* and *b* contents) parameters of *S. cytherea* fruits were measured from the time of fruit set up to their maturation. **Results and discussion.** The morphological parameters measured on the fruit increased over time and their evolution followed a sigmoid curve. The peak values were obtained at the twenty-eighth week with nearly 128 g fresh weight, 19 g dry weight, 69 mm in length, 58 mm in diameter and 116 mL in volume. Chlorophyll *a* and *b* contents were decreased during fruit development. The content of mineral elements in fruits decreased with time and potassium was the most abundant element. Its content ranged from 1.6% to 0.9% between the sixth and thirtieth week after fruit set. The total sugars increased with time, while lipids and proteins decreased. Thirty weeks after fruit set, the values were 13.76% of fresh material for sugar, 0.47% dry matter for lipids and 0.43% dry matter for proteins. **Conclusion.** The composition of golden apple fruit would give this fruit a nutritional value as important as that of some better known tropical fruits such as banana, mango and pineapple.

Cameroon / *Spondias cytherea* / fruits / dimensions / proximate composition / developmental stages / growth period / maturity

Changements morphologiques et biochimiques au cours du développement et de la maturation des fruits de *Spondias cytherea* Sonn. (Anacardiaceae).

Résumé — Introduction. La pomme Cythère est un fruit économiquement sous-exploité au Cameroun par manque de connaissances sur les techniques de culture de l'espèce, la conservation post-récolte de son fruit et sa valeur nutritionnelle. L'objectif de notre étude a été d'analyser certains changements morphologiques et biochimiques qui se produisent au cours du développement de la pomme Cythère et de chercher à évaluer le temps s'écoulant entre la nouaison et la maturation des fruits, afin de prévoir une date probable de récolte au Centre Cameroun. **Matériel et méthodes.** Certains paramètres morphologiques (longueur, diamètre, volume et poids du fruit) et biochimiques (teneurs en eau, en sucres totaux, en lipides, protéines et en éléments minéraux, teneur en chlorophylles *a* et *b*) des fruits de *S. cytherea* ont été mesurés à partir de leur nouaison jusqu'à leur maturation. **Résultats et discussion.** Les valeurs des paramètres morphologiques mesurés sur le fruit ont augmenté au cours du temps et leur évolution a suivi une courbe à allure sigmoïdale. Les valeurs maximales ont été obtenues à la vingt-huitième semaine avec près de 128 g pour le poids frais, 19 g pour le poids sec, 69 mm pour la longueur, 58 mm pour le diamètre et 116 mL pour le volume. Les chlorophylles *a* et *b* ont diminué au cours du développement du fruit. La teneur des fruits en éléments minéraux a diminué avec le temps et le potassium a été l'élément le plus abondant. Sa teneur a varié de 1,6 % à 0,9 % entre la sixième et la trentième semaine après nouaison. Les sucres totaux ont augmenté avec le temps alors que les teneurs en lipides et les protéines diminuaient. Trente semaines après la nouaison, les valeurs ont été de 13,76 % de matière fraîche pour les sucres, de 0,47 % de matière sèche pour les lipides et de 0,43 % de matière sèche pour les protéines. **Conclusion.** La composition de la pomme Cythère donnerait à ce fruit une valeur nutritive aussi importante que celle de certains fruits tropicaux plus connus comme la banane, la mangue et l'ananas.

Cameroon / *Spondias cytherea* / fruits / dimension / composition globale / stade de développement / période de croissance / maturité

* Correspondance et tirés à part

Fruits, 2010, vol. 65, p. 285–292
© 2010 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved
DOI: 10.1051/fruits/2010024
www.fruits-journal.org

RESUMEN ESPAÑOL, p. 292

1. Introduction

Spondias cytherea Sonn. est un arbre fruitier de moyenne à grande taille de la famille des Anacardiaceae. Il est originaire de Polynésie [1] et son centre de diversification serait l'Australie [2]. Ses fruits sont connus sous divers noms parmi lesquels la pomme ou prune Cythère en français, *ambarella* ou *golden apple* en anglais, *caja mango* au Brésil [3]. Au Cameroun, son nom vernaculaire est « cassemanga » [4].

Les fruits sont des drupes ovales ou sphériques [3] correspondant à deux types distincts : (i) le type « large » avec un diamètre de 5–6 cm, une longueur de 9–10 cm et un poids moyen de 200 g ; (ii) le type « nain », avec un diamètre de 4–5 cm, une longueur de 5–6 cm et un poids moyen de 65 g [5].

La pomme Cythère est un fruit comestible très apprécié par les consommateurs camerounais. Il constitue, comme tous les fruits charnus, une part importante de la ration alimentaire humaine grâce à ses qualités nutritionnelles et diététiques. Il contribue à l'équilibre alimentaire en procurant vitamines, protéines, fibres, sucres, sels minéraux, lipides et plusieurs autres composés favorables à la santé.

Au Sri Lanka, le fruit est récolté immature pour la consommation locale ou pour l'exportation, la consommation du fruit mûr étant très limitée. Au Cameroun, en revanche, le fruit est récolté vert pour le transport et consommé mûr majoritairement comme dessert ou transformé en jus. Les données scientifiques sur l'aire de production de l'espèce, ses rendements, ses contraintes de production et sa commercialisation restent indisponibles. Toutefois, des enquêtes préliminaires menées dans le contexte de nos travaux ont révélé que le fruit de *S. cytherea* ne serait produit que dans quatre (Centre, Littoral, Sud et Est) des dix régions du Cameroun, la région du Centre étant la plus productive. La production est faite de manière incontrôlée et la superficie exploitée ne peut être donnée qu'en fonction du nombre de pieds (1 à 20) exploités par chaque producteur. Ce nombre réduit s'explique par la grande production en fruits de ces arbres et par l'insuffisance des espaces

cultivables compte tenu du fait que, cette espèce étant très encombrante, sa culture en association est limitée. Une bonne partie de la production est perdue à cause de techniques de récolte inadéquates, de la pourriture massive des fruits récoltés très mûrs ou du mauvais mûrissement ou non mûrissement des fruits récoltés immatures [6]. La production et la commercialisation de la pomme Cythère participent pourtant significativement au Produit National Brut (PNB) du Cameroun car ce fruit est de plus en plus exporté vers les pays de la sous-région d'Afrique centrale. Cependant, le potentiel économique de la pomme Cythère est très peu exploité du fait de la mauvaise qualité des fruits mis sur le marché, de l'incapacité des producteurs à satisfaire les exigences des consommateurs et du manque de données scientifiques sur l'exploitation de cet arbre fruitier.

Afin de prévoir et de contrôler la qualité des fruits mis sur le marché, il s'avère nécessaire de mieux connaître les processus de développement et de maturation de ces fruits ; cela pourrait aider alors à optimiser la production fruitière.

Hormis les travaux de Franquin *et al.* [7], très peu de recherches ont porté sur le développement et la maturation de la pomme Cythère. Au Cameroun, la littérature scientifique sur *S. cytherea* étant presque inexistante, l'objectif de notre étude a été d'observer les changements morphologiques et biochimiques produits au cours du développement de la pomme Cythère. Nous avons également cherché à évaluer le temps s'écoulant entre la nouaison et la maturité des fruits, afin de prévoir une date probable de récolte ; par ailleurs, à partir des données des paramètres morphologiques, nous avons tenté de décrire le type de fruit rencontré au Cameroun.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude et dispositif expérimental

Cinq arbres âgés de 5 ans ou plus ont été sélectionnés dans la ville de Yaoundé

(Centre Cameroun) à cause de leur accessibilité. Ces arbres développés de manière spontanée autour des concessions n'avaient reçu aucun traitement particulier. Leurs conditions environnementales étaient similaires : sol ferrallitique, climat de transition entre le type subéquatorial et le climat équatorial et, pendant la période d'observations de février à août 2006, précipitations variant de (32,60 à 25,30) mm et température moyenne de (25,81 à 23,13) °C.

Après floraison, la date de nouaison d'environ 600 fruits observables à l'extérieur de la frondaison a été notée. Ces fruits, étiquetés, ont constitué par la suite le matériel étudié. À chaque stade d'observation, nous avons récolté dix fruits entre 6 h et 8 h du matin sur chacun des cinq arbres échantillonnés, puis nous les avons mélangés et conservés en sachets de plastique, puis acheminés au laboratoire. Les fruits récoltés toutes les deux semaines, de la deuxième à la trentième semaine après nouaison, ont été conservés au congélateur à -18 °C jusqu'à utilisation.

2.2. Paramètres morphologiques

Les paramètres morphologiques ont été mesurés de la deuxième à la vingt-huitième semaine sur au moins dix fruits.

Le poids frais et le poids sec des fruits ont été mesurés à l'aide d'une balance électronique de marque Sartorius ; le diamètre et la longueur des fruits ont été mesurés au pied à coulisse (précision 10 %) ; le volume du fruit a été déterminé par immersion du fruit dans une éprouvette graduée de 1000 mL, puis calcul de la différence entre le volume final (après immersion) et le volume initial (avant immersion).

La teneur en eau (Te) de la pulpe des fruits a été déterminée après séchage à 55–60 °C des pulpes de poids frais (Pf) connus, jusqu'à un poids sec (Ps) constant, à l'aide de la formule : $\{Te = [(Pf - Ps) / Pf] \times 100\}$.

2.3. Paramètres biochimiques

Le dosage des chlorophylles *a* et *b* a été effectué sur les échantillons récoltés à (6, 12, 18, 24, 28 et 30) semaines après nouaison, alors que les dosages des sucres totaux, des

protéines, des lipides et des éléments minéraux ont été effectués sur les échantillons à (12, 18, 24, 28 et 30) semaines après nouaison.

Les chlorophylles *a* et *b* ont été dosées à chaque période d'échantillonnage sur les pelures fraîches de trois fruits, selon la méthode de Lichtenthaler [8].

Les sucres totaux ont été extraits à partir des échantillons frais, selon la méthode de Singh *et al.* [9], puis dosés à l'anthrone selon la méthode de Yem et Willis [10].

Les échantillons séchés ont été broyés, homogénéisés et utilisés pour évaluer les teneurs en protéines, lipides et éléments minéraux.

La teneur en protéine totale a été calculée en multipliant la teneur en azote par le facteur 6,25, après dosage de l'azote total par les méthodes de Buondonno *et al.* [11] et Anderson et Ingram [12].

Les lipides ont été évalués selon la méthode de Bergeret [13] en utilisant le Soxhlet.

Les éléments minéraux ont été analysés selon la méthode de Benton et Vernon pour le Ca, K et Mg [14] et celle de Murphy et Riley pour le phosphore [15].

2.4. Analyse statistique

Le dispositif expérimental a consisté en blocs complètement randomisés avec dix répétitions pour l'analyse des paramètres morphologiques et trois répétitions pour celle des paramètres biochimiques.

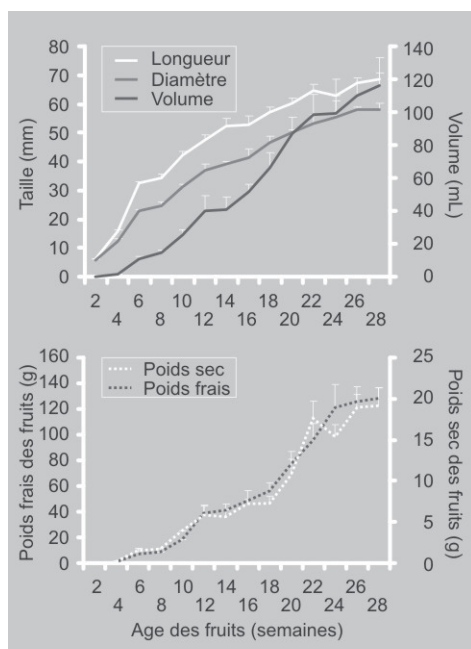
Les données obtenues ont été soumises à un test statistique en utilisant le logiciel GraphPad InStat où le test de Newman-Keuls a permis de faire l'analyse de variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes au seuil de 5 %.

3. Résultats

3.1. Paramètres morphologiques

La longueur, le diamètre, le volume, les poids frais et sec des fruits de *S. cytherea* échantillonnés ont augmenté de la deuxième à la vingt-huitième semaine avec un

Figure 1. Évolution de la longueur, du diamètre, du volume, du poids frais et du poids sec des fruits de *Spondias cytherea* entre la deuxième et la vingt-huitième semaine après la nouaison (Centre-Cameroun).



profil sigmoïdal (figure 1). Le poids frais a augmenté jusqu'à la vingt-quatrième semaine, puis il s'est stabilisé jusqu'à la vingt-huitième semaine.

Les valeurs maximales moyennes pour tous ces paramètres ont été observées à la vingt-huitième semaine. Elles ont été de $(68,6 \pm 2,1)$ mm par fruit pour la longueur, $(58,2 \pm 2,1)$ mm par fruit pour le diamètre, $(116,5 \pm 2,1)$ mL par fruit pour le volume, $(127,6 \pm 2,2)$ g par fruit pour le poids frais, $(19,1 \pm 16,4)$ g par fruit pour le poids sec (figure 1).

Cependant, pour la plupart des paramètres (poids frais, longueur, diamètre et volume), l'analyse statistique n'a pas révélé de différences significatives pour la période allant de la vingt-quatrième à la vingt-huitième semaine du développement du fruit après nouaison.

3.2. Paramètres biochimiques des fruits

3.2.1. Teneur en chlorophylle a et b dans les pelures

La chlorophylle a (chl_a) et la chlorophylle b (chl_b) ont globalement diminué de la

sixième à la trentième semaine (tableau I). Cependant une légère augmentation de ces deux indices a été observée entre la sixième et la douzième semaine ; elle a été suivie d'une baisse jusqu'à la dix-huitième semaine. De la vingt-quatrième à la vingt-huitième semaine, les teneurs en chlorophylle a ($1,95\text{--}1,94 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ de pelure) et b ($0,36\text{--}0,38 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ de pelure) ont été constantes et, en fin de développement du fruit (trentième semaine), ces quantités ont chuté jusqu'à $0,93 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ de pelure pour la chlorophylle a et $0,23 \mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ de pelure pour la chlorophylle b. A tous les stades de développement, la teneur en chlorophylle a a été supérieure à celle de la chlorophylle b avec un rapport [chl_a / chl_b] supérieur à 1.

3.2.2. Teneur en éléments minéraux

Les fruits en début de développement se sont révélés riches en éléments minéraux (tableau I), le potassium étant l'élément dominant. Il y a eu une baisse globale d'environ 30 % de la teneur de chacun des éléments mesurés (potassium, calcium, phosphore et magnésium) durant le cycle de développement du fruit, avec, cependant, un accroissement transitoire de la teneur en potassium à la vingt-quatrième semaine.

3.2.3. Teneur en lipides, protéines et sucres totaux

D'une manière générale, la teneur de la pulpe en lipides (2,42 % de matière sèche) et en protéines (7,13 % ms) a diminué de la douzième semaine à la trentième semaine (0,47 % ms pour les lipides et 4,29 % ms pour les protéines), tandis que la teneur en sucres totaux a augmenté de 2,73 % de matière fraîche à la douzième semaine à 13,76 % mf à la trentième semaine (tableau I).

La teneur en eau a légèrement diminué de la douzième semaine (90,83 % mf) à la vingt-huitième semaine (83,67 % mf), puis elle a un peu augmenté jusqu'à la trentième semaine (85,6 % mf).

La pulpe de la pomme Cythère est donc très riche en eau, puis, par ordre décroissant, en sucres totaux, lipides et protéines.

Table I.

Paramètres biochimiques des fruits de *Spondias cytherea* mesurés entre la sixième et la trentième semaine après la nouaison dans la région Centre-Cameroun.

Nombre de semaines	Chlorophylle a	Chlorophylle b	Teneur en eau	Sucres totaux	Calcium	Magnésium	Phosphore	Potassium	Lipides	Protéines
	($\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ de pelure)		(% de matière fraîche)		(% de matière sèche)					
6	2,75 b	1,05 a	Non déterminé		0,44 a	0,11 a	0,23 b	1,60 a	Non déterminé	
12	3,47 a	1,08 a	90,83 a	2,73 b	0,32 a	0,08 a	0,17 c	1,19 b	2,42 a	7,13 a
18	1,77 c	0,50 b	87,27 a	4,76 b	0,24 a	0,06 a	0,13 d	0,91 e	1,58 a	4,13 a
24	1,95 c	0,36 b	86,18 a	7,09 a	0,14 a	0,05 a	0,5 a	1,11 c	2,15 a	6,55 a
28	1,94 c	0,38 b	83,67 b	13,35 a	0,15 a	0,04 a	0,13 d	0,94 d	1,57 a	5,46 a
30	0,93 d	0,23 c	85,60 b	13,75 a	0,09 a	0,03 a	0,12 e	0,83 f	0,47 a	4,29 a

* Les chiffres de la même colonne qui sont suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %.

4. Discussion

L'allure sigmoïdale des courbes qui décrivent l'évolution des paramètres morphologiques étudiés en fonction du développement des fruits évoque la forme classique de croissance des variables biologiques telle que rapportée par différents auteurs [16, 17]. Par ailleurs, elle corrobore les résultats d'Owen *et al.* portant sur les fruits de la même espèce [18]. La légère variation de ces paramètres observée entre la vingt-sixième et la vingt-huitième semaine suggère que, à ce stade, le fruit pourrait atteindre sa maturité. D'autre part, le fait que l'analyse statistique n'ait pas révélé de différences significatives entre la vingt-quatrième et la vingt-huitième semaine pour la plupart des paramètres considérés pourrait suggérer que cette période correspond à la phase de maturité des fruits. Cependant, les travaux d'Owen *et al.* avaient montré que la pomme Cythère était mature entre la dix-neuvième et la vingt-et-unième semaine après la nouaison [18]. La différence de cycle de développement constatée entre nos résultats et ceux d'Owen *et al.* [18] pourrait être attribuable à des variations pédoclimatiques ou variétales.

Les valeurs maximales des paramètres morphologiques que nous avons observées à la vingt-huitième semaine sont proches de celles obtenues par Franquin *et al.* [7] à

savoir 71 mm pour la longueur, 54 mm pour le diamètre et 116,4 g pour le poids frais des fruits de *S. cytherea*. Cependant, les valeurs que nous avons mesurées ne concordent pas avec les observations de Winsborrow [19] qui proposait de définir deux types de pomme Cythère en fonction des caractéristiques longueur (L), diamètre (D) et poids frais (PF) du fruit :

– un type large avec L = 9–10 cm, D = 5–6 cm, PF moyen de 200 g,

– un type nain avec L = 5–6 cm, D = 4–5 cm, PF = moyen 65 g.

Les valeurs moyennes maximales que nous avons observées nous conduiraient à classer les fruits étudiés dans un type dit « intermédiaire » entre le type large et le type nain.

La décroissance de la teneur en pigments (chlorophylles *a* et *b*) que nous avons mise en évidence au cours de l'évolution du fruit est en accord avec les travaux de Ben et Gaweda chez les cultivars de cerises acides [20]. Le rapport [*chl a* / *chl b*] supérieur à 1 observé à tous les stades de développement rend compte du taux élevé de chlorophylle *a* signalé par ces auteurs.

En accord avec les résultats publiés par Wills *et al.* [16], nous avons mis en évidence que le potassium était l'élément minéral le plus abondant dans la pulpe de la pomme Cythère.

Nos observations ont révélé que les fruits mûrs auraient relativement moins d'éléments minéraux que les fruits jeunes. N'ayant travaillé qu'avec la pulpe, nous pensons que ces éléments auraient migré de la pulpe vers la pelure. En effet, Cornillon *et al.*, étudiant la maturation du melon Cantaloup, ont montré que la teneur en calcium de la pulpe diminuait en même temps que cet ion migrerait vers la pelure du fruit [21]. Cette observation pourrait expliquer la diminution de la teneur des éléments minéraux dans la pulpe au cours du temps.

Dans nos expérimentations, les valeurs des teneurs en eau et en sucres totaux aux vingt-huitième et trentième semaines se sont révélées supérieures à celles trouvées par Morton [3], alors que les teneurs en lipides et en protéines seraient proches de celles publiées par cet auteur selon lequel, pour 100 g de partie consommable du fruit mûr de pomme Cythère, il y aurait 8,05 % à 10,54 % de sucres, 0,28 % à 1,79 % de lipides et 0,50 % à 0,80 % de protéines.

Le fait que l'eau et les sucres totaux présentent les teneurs les plus élevées parmi celles de l'ensemble des composants de la pulpe du fruit, devant des lipides, puis des protéines, est en accord avec les résultats publiés par plusieurs auteurs tels que Turner sur banane et plantain [22], Mitra et Baldwin sur la mangue [23] ou Biale et Young sur l'ananas [24] ; ceux-ci ont montré en effet que les fruits étaient en général pauvres en lipides et protéines et très riches en eau et en sucres. Dans leurs travaux sur la pomme Cythère, Owen *et al.* ont dosé l'amidon, les sucres solubles et les sucres totaux [18] et ils ont montré que la teneur en amidon baissait pendant le développement du fruit, tandis que la teneur en sucres solubles et sucres totaux augmentait considérablement.

5. Conclusion

La valeur des caractères morphologiques mesurés sur la pomme Cythère a augmenté de la nouaison à la maturité du fruit. Les optima ont été obtenus vingt-huit semaines après nouaison, délai qui serait donc néces-

saire à la maturité du fruit de *S. cytherea* dans la région du Centre Cameroun. Les courbes d'évolution des paramètres évalués ont été sigmoïdales. D'après les résultats obtenus, la pomme Cythère étudiée serait d'un type « intermédiaire » par rapport aux autres types décrits auparavant. Quel que soit le stade de développement du fruit, la teneur de la pelure en chlorophylle *a* a été supérieure à celle en chlorophylle *b*. La teneur en éléments minéraux a diminué avec le temps de maturation du fruit. Le potassium s'est révélé être l'élément minéral de la pulpe le plus abondant à tous les stades de développement et le magnésium, le moindre élément. Contrairement aux teneurs en lipides et protéines, la quantité de sucres totaux a augmenté également au cours du temps. Bien que notre expérimentation n'ait pas permis de doser certains autres composants probablement présents dans le fruit, la composition de la pomme Cythère donnerait à ce produit une valeur nutritive équivalente à celle de fruits tropicaux plus connus comme la banane, la mangue et l'ananas.

Remerciements

Les auteurs remercient Dr. Rose Ndango de l'Institut Internationale d'Agriculture Tropicale (IITA) pour son aide lors du dosage des minéraux.

Références

- [1] Le Bellec F., Le Bellec V., À la découverte des fruits des Antilles, PLB Ed., Guadeloupe, France, 2004, 128 p.
- [2] Samson J.A., Tropical fruits, Gordon Wrigley (Ed.), Tropical agriculture series, 2nd ed., Longman Sci. Techn., London, U.K., 1986, 330 p.
- [3] Morton J., Ambarella, in: Fruits of warm climates, Julia F. Morton, Miami, U.S.A., 1987, pp. 240–242.
- [4] Dondjang J.P., Tchoundjeu Z., ZeJ L.P., Domestication des fruitiers sauvages de la zone humide de basse altitude du Cameroun ; cas du kassémanga (*Spondias*

- mombin* Linn.) et d'andock (*Irvingia gabonensis* A. Lecomte O.), in: Duguma B., Mallet B. (Eds.), Recherche et développement dans les zones tropicales humides d'Afrique centrale et de l'Ouest, Actes Symp., Irad, Yaoundé, Cameroun, 1998, pp. 19–34.
- [5] Persad C., Production and marketing of golden apples, in: Forde S.C. (Ed.), Proc. CARDI/CTA Workshop Marketability of Caribbean Minor Fruits, Port-of-Spain, Trinidad and Tobago, 1996, pp. 89–97.
- [6] Temple L., Le marché des fruits et légumes au Cameroun : quantification des flux – analyse des prix, Rapp. Projet Fruits et légumes, IRAD / CIRAD, Yaoundé, Cameroun, 1999, 163 p.
- [7] Franquin S., Marcelin O., Aurore G., Reynes M., Brillouet J.-M., Physicochemical characterisation of the mature-green golden apple (*Spondias cytherea* Sonnerat), Fruits 60 (2005) 203–210.
- [8] Lichtenthaler H., Chlorophylls and carotenoids: The pigments of photosynthetic biomembranes, Methods Enzymol. 148 (1987) 350–382.
- [9] Sing R., Aggarwal A., Bhullar S.S., Goyal J., Import of sucrose and its partitioning in the synthesis of galactomannan and raffinose oligosaccharides in the developing guar (*Cyamopsis tetragonolobus*) seed, J. Exp. Bot. 44 (1990) 101–110.
- [10] Yem E.M., Willis A.J., The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthron, Biochem. J. 57 (1954) 508–514.
- [11] Buondonno A., Rashad A.A., Coppola E., Comparing tests for soil fertility. The hydrogen peroxide/sulfuric acid treatment as an alternative to the copper/selenium catalyzed digestion process for routine determination of soil nitrogen-Kjeldahl, Commun. Soil Sci. Plant Anal. 26 (1995) 1607–1619.
- [12] Anderson J.M., Ingram J.S.I., Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods, 2nd ed., CAB Int., Wallingford, U.K., 1993, 221 p.
- [13] Bergeret B., La chimie analytique dans un laboratoire d'Outre-mer. Organisation des techniques d'analyses du laboratoire : étude critique des techniques d'analyses employées au laboratoire de la section nutrition de l'IRCAM-ORSTOM, IRCAM, Yaoundé, Cameroun, 1955, 56 p.
- [14] Benton J., Vernon W.C., Sampling, handling and analyzing plant tissue samples, in: Westerman R.L. (Ed.), Soil testing and plant analysis, 3rd ed., SSSA Book Ser. No. 3, 1990.
- [15] Murphy J., Riley J.P., A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters, Anal. Chim. Acta 27 (1962) 31–36.
- [16] Wills R.B.H., Lee T.H., Graham D., Mcglasson W.B., Hall E.G., Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables, 2nd ed., AVI Publ. Co. Inc., 1982, 150 p.
- [17] Heller R., Esnaut R., Lance C., Physiologie végétale 2, 4e éd., Tome 2, Développement, Masson, Paris, 1990.
- [18] Owen S.G., Lynda D.W., Majeed M., Growth, development and quality attributes of miniature golden apple fruit (*Spondias cytherea* Sonn.). Part I: Fruit growth and development to maturity, Food Agric. Environ. Vol. 2 (1) (2004) 90–94.
- [19] Winsborrow C., Golden apple production, Third Reg. Workshop Tropical Fruits, IICA, Tacarigua, Trinidad and Tobago, 1996, pp. 113–114.
- [20] Ben J., Gaweda M., Changes in the quantity of pigments in the developing Tart Cherries of North star and Lutowka cultivars, Part I. Chlorophylls and carotenoides, Fruit Sci. Rep. 14 (4) (1987) 163–170.
- [21] Cornillon P., Duprat F., Grotte M., Loonis D., Augé M., Cartographie de caractéristiques du fruit de melon Cantaloup, Cah. Agric. 9 (4) (2000) 283–286.
- [22] Turner D.W., Bananas and plantains, in: Mitra S. (Ed.), Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits, CAB Int., Wallingford, U.K., 1997, pp. 47–83.
- [23] Mitra S., Baldwin E.A., Mango, in: Mitra S. (Ed.), Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits, CAB Int., Wallingford, U.K., 1997, pp. 85–122.
- [24] Biale J.B., Young R., Respiration and ripening in fruits - Retrospect and prospect, in: Friend J., Rhodes M.J.C. (Eds.), Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables, Acad. Press, N.Y., U.S.A., 1981, pp. 2–39.

Cambios morfológicos y bioquímicos en el curso del desarrollo y de la maduración de los frutos de *Spondias cytherea* Sonn. (Anacardiaceae).

Resumen — Introducción. El ciruelo de Citera es un fruto económicamente poco explotado en Camerún por causa de la falta de conocimientos sobre las técnicas de cultivo de la especie, la conservación poscosecha de su fruto; y, sobre su valor nutricional. El objeto de nuestro estudio fue el análisis de ciertos cambios morfológicos y bioquímicos, producidos en el curso del desarrollo de la ciruela de Citera, así como intentar evaluar el tiempo transcurrido entre la fructificación y la maduración de los frutos, con el fin de prever una fecha probable de cosecha en el centro de Camerún. **Material y métodos.** Se midieron ciertos parámetros morfológicos (longitud, diámetro, volumen y peso del fruto) y bioquímicos (contenidos en agua, en azúcares totales, en lípidos, proteínas y en elementos minerales, contenido en clorofilas *a* y *b*) de los frutos de *S. cytherea*, desde su fructificación hasta su maduración. **Resultados y discusión.** Los parámetros morfológicos medidos en el fruto, aumentaron con el tiempo, y su evolución siguió una curva de forma sigmoidea. Los valores máximos se obtuvieron en la semana veintiocho con cerca de 128 g para el peso fresco, 19 g para el peso seco, 69 mm para la longitud, 58 mm para el diámetro y 116 mL para el volumen. Las clorofilas *a* y *b* disminuyeron durante el desarrollo del fruto. El contenido en elementos minerales disminuyó con el tiempo y el potasio fue el elemento más abundante. Su contenido varió del 1,6% al 0,9%, entre la sexta y la décimo tercera semana después de la fructificación. Los azúcares totales aumentaron con el tiempo, mientras que disminuyeron los contenidos en lípidos y las proteínas. Treinta semanas después de la fructificación, los valores fueron del 13,76% de materia fresca para los azúcares, del 0,47% de materia seca para los lípidos, y del 0,43% de materia seca para las proteínas. **Conclusión.** La composición de los frutos de la ciruela de Citera ofrece a este fruto un valor nutritivo tan importante como el de algunos frutos tropicales más conocidos, como el plátano, el mango y la piña.

Camerún / *Spondias cytherea* / frutas / dimensión / composición aproximada / etapas de desarrollo / período de crecimiento / madurez