

Principales caractéristiques de *Sechium edule* Sw.

Karine Monnerville^a, Yannick Boc^a, Odile Jean-Charles^a, Manuel Dornier^{a, b*}, Max Reynes^b

^a École nationale supérieure des industries alimentaires, Section industries alimentaires régions chaudes (Ensia-Siarc), BP 5098, 34033 Montpellier Cedex 1, France

^b Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad-FIhor), Avenue Agropolis, TA 50 / PS4, 34398 Montpellier Cedex 5, France (dornier@cirad.fr)

Principal characteristics of *Sechium edule* Sw.

Abstract — The plant. *Sechium edule* Sw. belongs to the Cucurbitaceae family. The plant is originated in Mexico and is cultivated today in many tropical countries. This robust monoic liana gives pear-shaped fruit (often named chayote) and, under certain conditions, edible tubers rich in starch. The fruit has low edible sugar content and is interesting on the dietetic point of view. **Cultivation.** Chayotte is generally cultivated under arbour, in wetlands at moderate temperatures. Its cultivation is easy and the yields are often high. Chayotte is sometimes attacked by *Oidium*, *Mycosphaella melonis* and nematodes. These pests can effectively be controlled using adequate treatments. **Valorisation.** The principal limitation for the industrial development and for exportations of *S. edule* is its too short post-harvest conservation. More satisfactory results were obtained when the fruit was packed under plastic film and stored at about 10 °C. The shelf-life was extended if this treatment was combined with λ irradiation. **Conclusion.** Nowadays, the various parts of the plant are only processed on a small-scale. Studies in varieties' improvement must be developed to allow chayotte industrial processing.

Sechium edule / biology / crop management / uses / storage / processing

Principales caractéristiques de *Sechium edule* Sw.

Résumé — La plante. *Sechium edule* Sw. appartient à la famille des cucurbitacées. Originaire du Mexique, cette robuste liane monoïque est aujourd'hui cultivée dans de nombreux autres pays tropicaux. Elle produit des fruits piriformes connus principalement sous les noms de christophine, chayotte ou chou chou. Pauvres en calories et riches en sels minéraux, ces fruits sont intéressants sur le plan diététique. Dans certaines conditions, la plante développe également des tubercules comestibles riches en amidon. **Culture.** La Christophine est généralement cultivée sous tonnelle, dans des zones humides à températures modérées. Sa culture est peu contraignante et conduit à des rendements de production élevés. Les attaques fongiques et les nématodes peuvent être évités en mettant en œuvre les traitements adéquats. **Valorisation.** Le principal frein à l'exportation et l'exploitation industrielle de *S. edule* est sa conservation après récolte. Un emballage sous film plastique associé à des températures voisines de 10 °C permet une conservation pendant 40 à 50 j. Ces résultats sont encore améliorés en utilisant une irradiation λ . **Conclusion.** De nos jours, les différentes parties de la plante sont utilisées de façon artisanale dans les domaines culinaire et médicinal. La transformation à l'échelle industrielle de la christophine nécessite la recherche de variétés produisant des fruits de qualité homogène, résistant mieux aux maladies et présentant de bons rendements en fruits, jeunes tiges et tubercules.

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 3 août 2000
Accepté le 12 décembre 2000

Fruits, 2001, vol. 56, p. 155–167
© 2001 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved

RESUMEN ESPAÑOL, p. 167

Sechium edule / biologie / conduite de la culture / utilisation / stockage / traitement

1. Introduction

L'espèce *Sechium edule* Sw., plus communément appelée « christophine », est originaire d'Amérique centrale. Cette plante produit des fruits monospermes, en forme de poire, dont la consommation est déjà mentionnée dans les civilisations précolombiennes. Utilisée traditionnellement dans de nombreuses régions tropicales, elle apparaît aujourd'hui comme un « légume nouveau » dans le reste du monde.

Afin d'évaluer les possibilités d'exploitation de la christophine à l'échelle industrielle, nous avons étudié sa diversité variétale, les différentes phases de son développement, les pratiques associées à sa culture ainsi que les méthodes utilisées pour sa conservation.

Après la caractérisation de la plante qui sera tout d'abord présentée, nous décrivons son mode de culture, les maladies susceptibles de l'affecter et les aspects économiques de son exploitation. Nous aborderons en dernier lieu les différentes techniques utilisées pour sa conservation, l'utilisation qui

est faite de ce produit et proposerons des axes de valorisation de la christophine dans l'industrie agro-alimentaire.

2. La plante

L'espèce *Sechium edule* (Jacq.) Swartz, de la famille des cucurbitacées, a également été référencée sous les termes *Sicyos edule* Jacq. et *Chayota edulis* (Jacq.) Jacq. [1]. La plante et son fruit portent des noms vernaculaires assez divers selon les zones géographiques (*tableau 1*). La dénomination « chayote » semble être la plus ancienne et dérive probablement de son appellation amérindienne originelle [2]. En anglais, *S. edule* est le plus souvent dénommée « madeira marrow », « vegetable pear » ou « chayote squash ».

2.1. Origine et domestication

Originnaire d'Amérique centrale et déjà cultivée par les Aztèques et les Mayas, *Sechium edule* a été introduite aux Antilles et en

Tableau 1.

Principaux noms vernaculaires attribués à *Sechium edule* et son fruit [1, 2].

Zone géographique	Langue	Nom vernaculaire
Caraïbe		
Antilles françaises	Français	Christophine
Guyane française	Français	Christophine, mirliton
Haïti	Français	Mirliton
Porto Rico	Espagnol	Tallote
Sainte-Lucie et Barbade	Anglais	Cho-cho, chayote
Autres Antilles anglophones	Anglais	Choco, chaco
Réunion	Français	Chouchou
Amérique centrale		
Mexique, Nicaragua, Costa-Rica, Panama	Espagnol	Chayote, chocho
Chiapas (Mexique), Guatemala, Salvador	Espagnol	Huisquil, uisquil, guisquil, guispi
Amérique du Sud		
Argentine	Espagnol	Papa del aire, cayota
Brésil	Portugais	Chayote, chuchu, machiche, machuchu, caiota, pepinela, alcaiota
Colombie	Espagnol	Cidrayota
Pérou	Espagnol	Gayota

Amérique du Sud entre le XVIII^e et le XIX^e siècle. La première description de la plante a été proposée en 1756 par P. Brown, à partir d'individus trouvés à la Jamaïque. Pendant cette même période, la christophine a été introduite en Europe puis en Afrique, en Asie et en Australie, alors que son introduction aux États-Unis date de la fin du XIX^e siècle [2].

De nos jours, la christophine est largement répandue dans les régions tropicales et subtropicales où elle est cultivée comme plante pérenne ou annuelle. Dans les zones méditerranéennes de l'Europe, elle est, de par le climat, cultivée le plus souvent comme plante annuelle produisant ses fruits en automne [3].

2.2. Description botanique

La christophine est une plante vivace et monoïque. C'est une robuste liane herbacée, un peu pubescente, à très grand développement, capable de se développer à plus de 6 m de hauteur dans les arbres (*figure 1*). Elle est formée de nombreuses tiges très ramifiées et sarmenteuses [2, 4]. La tige centrale peut mesurer au collet jusqu'à 15 cm de diamètre. C'est la partie pérenne à partir de laquelle partent les autres tiges, plus ou moins cylindriques, portant des vrilles de trois à cinq branches opposées aux feuilles. La racine de cette plante est tubéreuse, mais elle ne produit des tubercules que sous certaines conditions climatiques.

Les feuilles simples de 10 à 25 cm de long sur 5 à 20 cm de large, alternes, largement ovées, angulées ou faiblement lobées (avec trois à cinq lobes angulaires), sont assez flasques. Elles sont cordées à la base et apiculées au sommet. Le pétiole mesure de 3 à 15 cm.

Les fleurs axillaires sont monoïques : les fleurs mâles et femelles, très petites, apparaissent côte à côte à l'aisselle des feuilles. Les fleurs mâles, en petits groupes pédonculés, sont portées par un axe de 8 à 30 cm de long ayant deux à six verticilles avec quatre à six fleurs chacun. L'inflorescence femelle est souvent constituée d'une, plus rarement de deux ou trois fleurs. Le calice

est profondément divisé en cinq segments. La corolle gamopétale, verdâtre ou crème, porte cinq lobes étalés. Les étamines, soudées par leurs filets, sont au nombre de cinq. L'ovaire infère porte des styles soudés, terminés par une grosse tête stigmatique commune. Le fruit est récolté 30 j après l'épanouissement d'une fleur femelle.

Le fruit charnu est solitaire ou rarement trouvé par paire. Il est piriforme ou ovoïde, avec plusieurs sillons longitudinaux, et inséré sur un pédoncule mince. Le fruit présente à son extrémité apicale, suivant le plus grand axe transversal, une fente par laquelle émerge à maturité, la partie inférieure de l'amande, dont la radicule principale avorte au contact de l'air. Le péricarpe du fruit peut être blanc, vert pâle ou vert franc, lisse ou épineux. Le mésocarpe est

Figure 1. Représentation de la partie apicale de la plante et du fruit de *Sechium edule* [4].

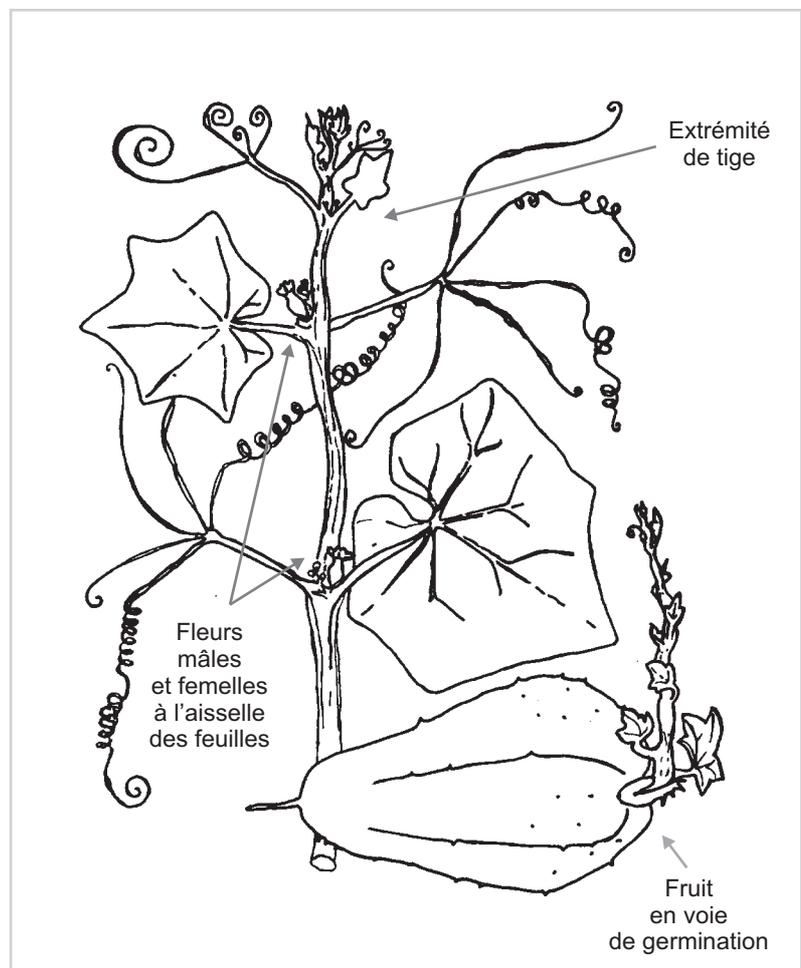


Figure 2.
Vue d'ensemble
et coupe transversale
d'un fruit de *Sechium edule*.



blanchâtre ou verdâtre. Une couche de consistance fibreuse sépare la graine de la chair (*figure 2*). Cette graine ovoïde adhère complètement au fruit et est entourée par une enveloppe lisse non lignifiée [5]. La forme et la taille de ces fruits sont très variables en fonction de la variété.

2.3. Diversité génétique

Beaucoup d'espèces cultivées ont une grande diversité de formes, de tailles, et de couleurs ; c'est le cas en particulier du fruit de *S. edule*. Cette diversité rend difficile la détermination des cultivars [2]. Les espèces sauvages les plus proches de *S. edule* sont *S. compositum* et *S. hintonii*.

La diversité génétique des espèces végétales peut être conservée habituellement par la constitution d'une collection de graines, cependant, pour *S. edule*, la structure non rigide de la graine ne permet pas d'utiliser cette méthode. Ce sont donc les plants des différentes variétés qui sont entretenus en collection. Quelques institutions, comme le centre UACH à Veracruz au Mexique qui possède une collection de 150 cultivars, l'*Instituto Superior de Ciencias Agropecuaria* du Nicaragua ou encore le *Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças* au Brésil (Embrapa), s'efforcent de préserver un important stock génétique afin de maintenir la diversité des espèces cultivées.

2.4. Développement

2.4.1. Germination

La germination de la graine peut débuter alors que le fruit est encore suspendu à la

plante. La tigelle fait demi-tour sur elle-même pour pointer à l'extérieur. En sortant du fruit, elle émet des racinelles qui avortent au contact de l'air tant que le fruit n'est pas en terre. Les premières feuilles et les premières vrilles se forment à partir de la tigelle. Le fruit assure à la tige ses réserves de départ et lui permet d'atteindre plusieurs mètres. L'ablation d'une partie du fruit avant plantation diminue la vigueur de la tige [3]. Bien qu'avec un léger retard de croissance, il est également possible d'obtenir des plants à partir d'amandes excisées avec précaution.

2.4.2. Croissance

Tous les ouvrages d'horticulture s'accordent à dire que la christophine craint les températures élevées. Son altitude optimale se situe vers 1 000 m, ce qui correspond à une température d'environ 25 °C [4]. En fait, *S. edule* pousse traditionnellement dans de nombreuses régions du monde, de préférence entre 800 et 1 800 m d'altitude. La plante est cependant capable d'adapter son cycle cultural à des conditions climatiques plus variées. Elle peut ainsi pousser au niveau de la mer à Rio de Janeiro et au Yucatán et jusqu'à 2 000 m en Bolivie et dans les états de l'Oaxaca et de Chihuahua au Mexique [2].

Aux Antilles françaises, où les températures maximales excèdent rarement 30 °C, la christophine peut être exploitée en plaine. Néanmoins, elle subit un temps d'arrêt végétatif entre mai et septembre qui correspondent aux mois les plus chauds. Ce stade se traduit par le jaunissement des feuilles et par le dessèchement ou le pourrissement de beaucoup de tiges. La végétation repart quand les températures nocturnes redescendent en dessous de 22 °C.

Dans le sud de la France, la production est automnale. Les feuilles sèchent à la fin du mois d'octobre, mais la souche peut survivre si l'hiver est peu rigoureux [4].

2.4.3. Floraison et fructification

Les premières fleurs peuvent apparaître deux mois après le semis lorsque la période est favorable à une bonne croissance. La christophine est une plante de jours courts

ou plus précisément de jours décroissants, d'où son extension en région tropicale.

Aux Antilles, la photopériode critique est de 13 h 53 min. Les travaux de Zinsou et al. ont permis d'aboutir aux résultats suivants [6] :

- Lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant, les parties aériennes de la plante se maintiennent. La plante issue de semis est ainsi capable de fleurir en Guadeloupe, quelle que soit l'époque de semis. La floraison sera d'autant plus précoce que la phase préparatoire à la mise en fleurs se déroulera en jours courts ou décroissants.

- La christophine ayant une floraison continue fleurira et fructifiera d'autant plus abondamment que les jours seront courts.

- Dans les conditions thermophotopériodiques de la Guadeloupe, l'état reproducteur, lorsqu'il est acquis, peut être conservé pendant toute la vie de la plante. Les variations des facteurs climatiques n'interviennent que pour moduler la qualité de l'état floral. Leur amplitude est insuffisante pour permettre le retour de la plante à l'état végétatif.

La pollinisation est assurée par les insectes. Au Mexique, les pollinisateurs les plus efficaces sont des espèces d'abeilles du genre *Trigona* des régions de moyenne et basse altitudes où l'utilisation de pesticides est très rare. Dans les plantations, où l'utilisation de pesticides est fréquente, c'est l'abeille à miel *Apis mellifera* qui est la plus active. D'autres insectes, comme les guêpes des genres *Polybia*, *Synoecca* et *Parachartegus*, favorisent également la fructification [2].

2.4.4. Tubérisation

Au Mexique et à l'île de la Réunion, *S. edule* tubérise en donnant des racines comestibles dès la deuxième ou troisième année. Ce phénomène n'est cependant pas observé dans les Petites Antilles où, pourtant, la plante peut subsister 4 à 5 ans. Les conditions favorables à l'induction de la tubérisation n'y sont donc pas réunies.

L'absence de tubercules aux Antilles pourrait s'expliquer par l'absence d'alternance de conditions de jours courts, favorables à la floraison mais inhibitrice de

la tubérisation, et de jours longs, défavorables à la floraison mais promoteurs de la tubérisation. En effet, les deux principaux facteurs climatiques, températures nocturnes et photopériode, par leur faible amplitude, interdisent l'alternance de la phase végétative et de la phase reproductive dans le cycle de la christophine. Dans ces conditions, la physiologie de la plante privilégie le transfert des assimilats vers les organes aériens, pour assurer à la fois le renouvellement continu de la partie aérienne et le développement des fruits. Ce processus se réalise au détriment des tubercules, organes de réserves souterrains, dont l'initiation est inhibée par les facteurs de l'environnement [6].

2.5. Composition

La composition de la christophine peut varier dans une large mesure en fonction de la variété, mais aussi en fonction de l'âge du fruit à la récolte. Ce fruit est particulièrement riche en eau. La matière sèche est essentiellement composée de sucres solubles – glucose, fructose et saccharose, principalement – et de polyosides – amidon, hémicelluloses et lignocellulose – (*tableau II*). L'azote contenu dans le fruit est principalement sous forme protéique. Exprimée par rapport à la quantité de matière sèche, la teneur en protéines n'atteint pas celle des légumes feuilles, mais elle dépasse tout de même celle de la pomme de terre. L'amande et les fibres qui l'entourent est la partie la plus riche en méthionine [4]. La composition du fruit en éléments minéraux est équilibrée. Sa richesse en potassium explique vraisemblablement les propriétés hypotensives du fruit qui sont liées à ses vertus diurétiques. La valeur nutritive du fruit est de 24 kcal × 100 g⁻¹ de matière fraîche. Cette valeur très faible est légèrement supérieure à celle du concombre. Lors de la cuisson, une grande part des sucres solubles disparaissent dans l'eau de cuisson. Le fruit de la christophine peut ainsi être considéré comme un aliment de régime [5].

Le tubercule est deux fois plus riche en matière sèche que le fruit [6]. Les teneurs en oses solubles y sont également plus importantes, de même que celles en amidon qui

Tableau II.

Principales caractéristiques de la production d'un cultivar guadeloupéen de *Sechium edule* à fruits à chair blanche et sans épine [6, 7].

a) Teneurs en sucres et en polysides ($\text{g} \times 100 \text{g}^{-1} \text{ms}$)

Organe	Glucides totaux	Glucose	Fructose	Saccharose	Amidon	Hémicellulose	Lignocellulose
Fruit	69	7,9	6,8	3,0	27,0	4,7	12,1
Tubercule	–	1,4	2,2	0,9	72,8	–	–

b) Autres teneurs

Organe	Énergie ($\text{kJ} \times 100 \text{g}^{-1} \text{mf}$)	Matière sèche ($\text{g} \times 100 \text{g}^{-1} \text{mf}$)	Protéines $\text{N} \times 6,25$ ($\text{g} \times 100 \text{g}^{-1} \text{ms}$)	Éléments minéraux ($\text{g} \times 100 \text{g}^{-1} \text{ms}$)			
				Calcium	Potassium	Magnésium	Phosphore
Fruit	100	9,4	11,0	0,30	2,49	0,16	0,41
Tubercule	–	18,5	4,5	0,07	0,34	0,06	0,43

ms : matière sèche ; mf : matière fraîche.

sont alors comparables à celles de la pomme de terre (65–85 %) ou de la patate douce (70 %). En revanche, le fruit est deux fois plus riche en azote que le tubercule. Les deux organes végétaux ont la même teneur en phosphore, alors que le potassium, le calcium et le magnésium se trouvent en plus grande quantité dans le fruit (*tableau II*).

Les feuilles de la christophine, consommées au Mexique ou à l'île de la Réunion, et les extrémités de tiges (bourgeons), consommées notamment en Haïti, contiennent 24 % de protéines par rapport à la matière sèche. Elles sont de bonne qualité nutritionnelle [3].

3. Culture

3.1. Conditions pédoclimatiques

Plusieurs paramètres importants pour la croissance de la christophine doivent être pris en compte avant d'entreprendre sa culture.

Tout d'abord, la fructification de la plante est gênée par de trop hautes températures ;

il est donc préférable de la cultiver dans des régions où la température est inférieure à 22 °C, du moins pendant la nuit. Généralement, les plantations sont exposées au soleil levant et à une certaine ventilation. Elles sont le plus souvent trouvées entre 500 et 2 000 m d'altitude.

La christophine est un fruit constitué en majorité d'eau ; elle a besoin, par conséquent, d'être cultivée dans des zones humides ou équipées d'un système d'irrigation.

Enfin, la culture de la christophine peut permettre de valoriser des terrains marginaux, c'est-à-dire pentus ou parsemés de pierres [8]. Il est cependant préférable d'occuper des terrains plans et accessibles, cela afin de faciliter l'accès aux parcelles lors des récoltes et de diminuer les coûts de productions.

3.2. Préparation du sol et plantation

Le travail du sol se fait à l'aide des techniques habituelles. Un labour superficiel d'environ 30 cm de profondeur convient sur les terrains mécanisables. Sur les terrains pentus, il est plus fréquent de réaliser

des trous d'environ 40 cm de profondeur et espacés de 40 cm. La parcelle peut être organisée en plates-bandes de 60 cm de largeur, d'environ 10 m de long et espacées de 1 m. L'installation d'une tonnelle est également indispensable au bon épanouissement de la plante [9].

La semence est constituée par un fruit germé, portant une tige d'environ 10 cm. S'il est prévu d'exporter la récolte, le choix des semences doit faire l'objet de soins attentifs car les fruits doivent respecter des normes d'uniformité et d'homogénéité. Actuellement, les fruits destinés à l'export ont une peau blanchâtre, sans épines, de forme légèrement allongée, sans côtes trop marquées, d'environ 15 cm de long pour un poids de 450 g environ [2].

Les techniques de plantation sont fonction des pratiques culturales. Cependant, dans tous les cas, il est recommandé de traiter le plant avant la mise en terre. Son immersion pendant quelques minutes dans un bain d'insecticide et de fongicide permet alors de le prémunir contre les maladies cryptogamiques, les moisissures et les parasites (cochenilles). En général, la plantation s'effectue en enterrant le plant aux trois quarts dans la fosse creusée lors de la préparation du sol. La tige dirigée vers le haut peut rester à l'air libre ou être recouverte de branchages et d'herbes sèches pour la protéger du soleil. La germination étant difficile, deux à trois fruits sont déposés conjointement dans chacune des fosses.

3.3. Conduite de la culture et entretien

La christophine est une plante se présentant sous forme de liane qui, par conséquent, a besoin d'un support pour s'épanouir. Deux types de supports peuvent être utilisés :

– La culture se pratique le plus souvent sous tonnelles de 4 à 6 m de côté et d'au moins 2 m de hauteur. De nombreux petits producteurs se contentent d'une tonnelle rudimentaire, en utilisant des matériaux qui existent à proximité de leur exploitation (bambous, fougères arborescentes, etc.). Ces matériaux ont généralement une durée de vie courte et nécessitent un travail d'entretien important. Bien que plus

conséquents en investissements, les matériaux de type acier galvanisé doivent être préférés si l'agriculteur souhaite planifier sa production sur plusieurs années.

– La haie fruitière est plus simple à réaliser et semble mieux adaptée à une culture moderne car elle facilite les traitements. Cependant, les feuilles sèches, alors plus facilement plaquées sur les fruits, peuvent entraîner leur dépréciation en les tachant.

Quel que soit le type de pratique culturale retenue, il est nécessaire de guider les premières tiges jusqu'au support en utilisant un tuteur.

La christophine étant une plante exigeante en matière organique, l'apport d'une quantité importante de fumure s'avère indispensable durant la phase de préparation du sol, puis, tous les 3 mois, durant toute la période de la culture. En plus de la fumure, un chaulage qui permet d'apporter un complément en calcium et magnésium est recommandé à des doses d'environ 60 g par plant. Comme les autres cucurbitacées, la christophine a besoin d'un sol riche en sels minéraux.

Le sol sous la tonnelle doit rester propre. Il est donc préconisé de réaliser un sarclage manuel ou mécanique afin d'éliminer les adventices concurrentes. L'élimination, sur les lianes, des tiges et des feuilles desséchées permet d'éviter le développement de parasites et la dévalorisation des fruits. Cependant, cet effeuillage doit être évité durant la floraison car les fleurs sont fragiles et se détachent facilement. Pour limiter les risques de développements parasitaires, les déchets obtenus doivent être brûlés. En région humide, il est également recommandé de recéper la culture avant la phase de repos végétatif. Cette opération permettrait d'avoir sans cesse de jeunes tiges en production.

3.4. Cycle de culture et récolte

Le cycle de culture varie avec le climat. Aux Antilles, la plantation se fait en général en septembre lors du départ en végétation, c'est-à-dire à la fin de la période de repos. Les premières fleurs apparaissent environ 2 mois après, lorsque la période est

favorable à une bonne croissance. La récolte est alors possible 6 semaines après l'apparition des fleurs femelles, soit environ 30 j après la pollinisation. La production du premier cycle est faible (de 40 à 50 t × ha⁻¹). Après une année de culture, le rendement peut atteindre jusqu'à 100 t × ha⁻¹ par an. Durant la deuxième année, la récolte s'étale d'octobre à juin avec des rendements mensuels qui varient de 3 à 20 t × ha⁻¹ selon la variété, la densité, le climat, et l'état sanitaire de la tonnelle. Après la deuxième année, les rendements diminuent. Il est donc conseillé de replanter progressivement la totalité de la parcelle au terme de la deuxième année [3].

La qualité culinaire du fruit est fortement influencée par son état de maturité lors de la récolte : un fruit trop jeune est fortement aqueux et se conserve mal ; un fruit trop âgé est fibreux et difficile à préparer. Le point de coupe se traduit par un durcissement de la peau traditionnellement atteint quand, par une légère pression, l'ongle ne peut plus pénétrer dans le fruit. Bien qu'assez fiable, cette méthode empirique n'est pas conseillée puisqu'elle provoque une dévalorisation des fruits [3].

3.5. Maladies et ravageurs

Jusqu'à ces dernières années, la christophine était reconnue comme une plante assez rustique, dont la tolérance à la plupart des parasites et ravageurs (puçerons, chenilles, etc.) était exceptionnelle comparée aux autres cucurbitacées [6]. Cependant, des cas d'infection par des moisissures ont été récemment signalés dans la plupart des pays producteurs. Les plantations antillaises assez âgées y sont particulièrement exposées.

Des cas d'oïdium, de mildiou (*Pseudoperonospora cubensis* signalé aux Antilles, *Glomerella* et *Cercospora* signalés en Inde) et d'attaque par *Mycosphaerella melonis* ont ainsi été recensés [3, 10]. Ce dernier parasite se conserverait dans (ou sur) le sol et sur des débris de végétaux et se disséminerait à partir des spores produites sur les organes attaqués, dispersées par l'eau ou mécaniquement lors d'opérations culturales. Son développement est favorisé par des

températures supérieures à 25 °C et par une forte humidité. Les méthodes de luttés sont nombreuses et commencent dès l'apparition des premiers symptômes par la destruction impérative des organes attaqués. Des pratiques relativement aisées à mettre en œuvre, comme l'élimination des débris végétaux, l'aération des tonnelles, la désinfection des tuteurs à l'eau de Javel, les rotations culturales ou l'utilisation de plants sains, permettent de réduire considérablement les risques de contamination [10]. Bien que les conditions pluviométriques généralement élevées y soient peu favorables, un traitement fongicide peut également être envisagé. Certains traitements sont alors préférentiellement recommandés (*tableau III*), en alternance avec d'autres produits afin d'éviter de développer des résistances [11].

La christophine s'est aussi révélée sensible aux nématodes (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica* et *M. halpa*), notamment en Amérique latine et aux Antilles françaises [12]. D'autres ravageurs peuvent aussi entraîner des dégâts considérables sur les plantations. Une tétranyque (araignée rouge) a été signalée à Madagascar et repérée plusieurs fois en Martinique. Les chenilles des bourgeons, *Polyphagotarsonemus latus* (agent de déformations foliaires), les cochenilles et les pucerons *Myzus persicae* sont présents sous les tonnelles antillaises [3]. Ils peuvent être combattus par divers traitements (*tableau III*).

Tous ces maladies et parasites, obstacles à la croissance du plant de *S. edule*, peuvent être surmontés en entretenant convenablement les tonnelles et en utilisant les traitements adéquats. Le développement des moisissures est généralement favorisé dans les zones humides, régions préférées pour la culture de la christophine. Dans ces conditions, des actions préventives d'entretien doivent être systématiquement menées. Enfin, le choix des variétés de christophine à exploiter est primordial.

4. Aspects économiques

L'espèce *S. edule* est essentiellement cultivée en Amérique latine, dans la zone

Tableau III.

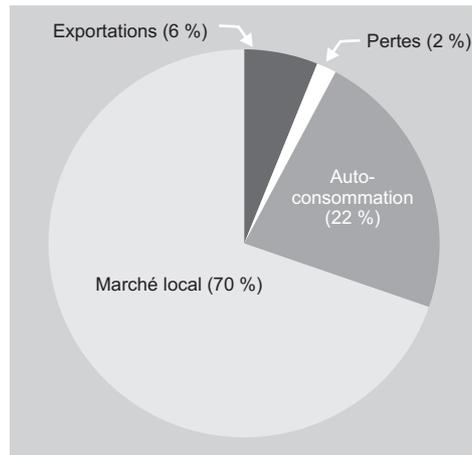
Principales maladies et ravageurs de la christophine (*Sechium edule*) et traitements recommandés [11].

a) Moisissures				
Agent ou maladie	Localisation	Symptômes	Traitement	Dosage (g × L ⁻¹)
Oïdium	Très répandu aux Antilles	Tâches non délimitées, légèrement translucides sur la face inférieure des feuilles et pouvant entraîner le dessèchement total des feuilles	Peltar Flo (thiophate-méthyl +manèbe) Bayleton 25 (triadiméfon)	1,5 0,3
<i>Mycosphaerella melonis</i>	Antilles Amérique latine	Dessèchement des parties aériennes de la plante et nécroses du fruit	Benlate (bénomyl)	1
<i>Pseudoperonospora cubense</i> (mildiou)	Antilles		Antracol (popinèbe)	3
<i>Glomerella</i> et <i>Cercospora</i> (mildiou)	Inde		Dithane M45 (mancozèbe)	2
b) Ravageurs				
Ravageur	Localisation	Traitement	Dosage	
Acarie	–	Technufan (endosulfan)	2 mL × L ⁻¹	
Nématodes :				
<i>Méloïdogyne incognita</i>	Brésil	Semis préventif de persil		
<i>M. halpa</i> et <i>javanica</i>	Amérique latine	Semis préventif de persil		
Chenilles diverses	–	Thiodan (endosulfan) ou Lanniete	2 mL × L ⁻¹	
<i>Diabrotica</i>	–	Thiodan ou basudine (diazinon)	2 mL × L ⁻¹	
Cochenilles	–	Ultracide 20 liquide (méthidathion)	2 mL × L ⁻¹	
Puceron :				
<i>Myzus persicae</i>	Antilles	Pirimor (pyrimicarbe)	0,75 g × L ⁻¹	
Aleurodes	–	Rogor (diméthoate) Lannate (méthonyl)	2 mL × L ⁻¹ 1,5 mL × L ⁻¹	

caraiïbe et à l'île de la Réunion. L'Amérique latine, berceau de la plante, regroupe les trois premiers producteurs mondiaux, représentés, par ordre décroissant d'importance, par le Costa Rica, le Guatemala et le Mexique [2]. La production annuelle du Brésil est à elle seule de l'ordre de 300 000 t. La demande locale en christophines fraîches y est très importante, puisqu'il s'agit du neuvième légume (sur une trentaine) réclamé sur le marché de « Juiz de Fora » à Ceasa au Brésil, en 1997 [14].

Dans certaines îles de l'archipel des Caraïbes, comme la République dominicaine (quatrième producteur mondial), la Martinique ou la Guadeloupe, la culture de la christophine fait partie intégrante de l'économie agricole locale. En Guadeloupe, par exemple, où la production était de 2 015 t en 1997 [13], c'est le quatrième légume frais produit et le premier exporté. En fait, la production, dont seulement 6 % sont exportés, permet essentiellement d'approvisionner le marché local et de satisfaire

Figure 3.
Répartition de la production
de christophines
en Guadeloupe en 1997 [13].



l'autoconsommation (*figure 3*). Il s'agit aussi du légume frais présentant le meilleur rendement de production : environ $43 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$. Ces valeurs sont très largement supérieures à celles enregistrées pour d'autres légumes frais (*tableau IV*). Selon la saison, le prix de la christophine fluctue autour de 4,50 FF le kg, ce qui situe ce produit dans la gamme des légumes frais bon marché. Face au potentiel de production et de marché de la christophine, l'office de Développement de l'économie agricole des départements d'outremer (Odeadom) a fait paraître, en 1998, une circulaire relative au programme de développement des cultures fruitières de la

Guadeloupe. Il y est proposé une aide, sous forme d'une subvention, visant à y encourager la culture de la christophine [9].

À l'île de la Réunion, la culture de *S. edule* occupait environ 50 ha pour une production annuelle de 2 500 t en 1997 ; cela place la christophine au huitième rang des légumes produits sur l'île [13].

Les États-Unis sont les plus grands importateurs mondiaux de christophine dont environ 16 700 t ont été importées en 1995, en provenance à 99 % du Costa Rica et du Mexique. Le marché de ce légume est en pleine expansion. En effet, les importations qui n'étaient que de 2 000 t en 1980 et de 6 000 t en 1988 [15] ont subi une croissance de 23 % de 1993 à 1995. Sa consommation est principalement assurée par les communautés latino-américaines et asiatiques, très importantes aux États-Unis. Depuis quelques années, les grandes firmes importatrices de christophine ont entrepris d'initier les autres populations à ce nouveau goût, ce qui devrait permettre de développer encore le marché. Cependant, ces entreprises sont confrontées à un problème de détérioration du fruit durant le transport qui semble être trop long.

Le marché européen est peu important et reste inexploité. La France y est le premier importateur [16].

Tableau IV.

Données de production pour les principaux légumes frais cultivés en Guadeloupe en 1997 [13], présentées par ordre décroissant de quantités produites.

Espèce	Production annuelle (t)	Surface cultivée (ha)	Rendement moyen ($\text{t} \times \text{ha}^{-1}$)
Banane plantain	6 210	380	10
Concombre	2 770	70	18
Chou	2 460	135	9
Christophine	2 015	35	43
Giraumon	704	11	—
Cive	492	55	5
Carotte	476	52	8
Aubergine	165	11	15
Courgette	109	14	6
Épinard	97	3	7
Cresson	32	3	4

5. Valorisation

5.1. Conservation du fruit en frais

La christophine est un fruit qui est consommé à un stade immature. Sa qualité est évaluée sur des critères de taille (150 g à 500 g), d'absence de réticulation ou d'épines sur la peau et de signe de germination. Une christophine trop mûre a une peau dure, fibreuse, qui gêne sa consommation. De plus, pour être acceptable à la vente, elle doit avoir une peau tendre et ferme, recouverte d'une cire naturelle brillante. D'un point de vue culinaire, la fermeté de la peau et de la chair détermine la possibilité d'utilisation et de vente du fruit [17].

Les christophines se conservent pendant quelques semaines quand elles sont maintenues dans un local réfrigéré à une température comprise entre 7 °C et 14 °C et une humidité relative entre 45 % et 55 %. Au-dessus de 14 °C, la germination du fruit est favorisée, alors que des températures inférieures à 7 °C causent des anomalies physiologiques dues au froid qui se manifestent par des brunissements internes et en surface ou du *pitting* [15, 17]. L'utilisation d'un film de PVC non-perforé pour des fruits conservés à des températures comprises entre 10 °C et 15 °C diminue de façon significative les pertes de poids (*figure 4*). Avec ce type d'emballage, l'aspect et la valeur commerciale du fruit sont conservés pendant 5 semaines. La durée de conservation du produit peut encore être améliorée en associant, à la réfrigération et à un emballage en polyéthylène, une irradiation λ à des doses comprises entre 25 Gy et 75 Gy [18]. Cette méthode de conservation permet de retarder significativement les processus de mûrissement et de germination et de réduire les pertes causées par les développements microbiens.

5.2. Utilisations

La christophine est un fruit utilisé comme légume de façon traditionnelle par les populations d'Amérique centrale, de la

zone caraïbe, du Brésil et du sud des États-Unis. Elle peut être consommée à la crème, cuite à l'eau, beurrée, cuite au four, en gratin, en purée, en soufflé, saumurée, en soupe, en salade, frite ou en tourte. Elle peut être aussi utilisée comme ingrédient de ragoûts [2].

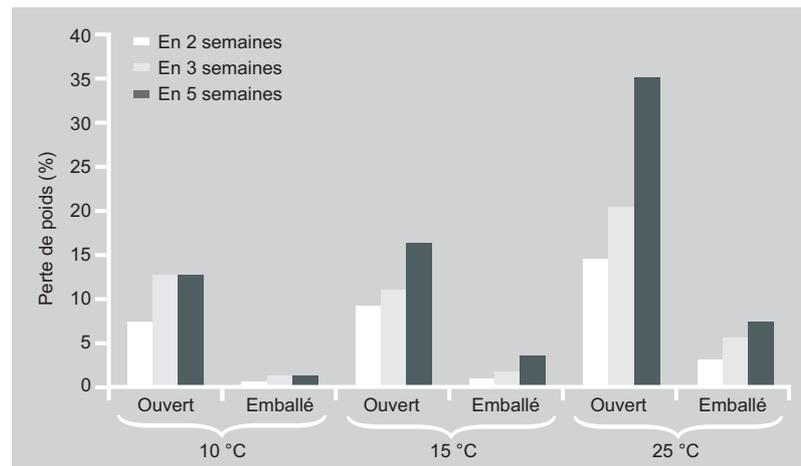
Elle présente de façon générale un goût assez discret qui ne s'exprime complètement qu'avec divers assaisonnements. Cette caractéristique a été utilisée pour la substituer aux pommes dans les *apple pies* [8] et également dans la nourriture pour bébé, les jus et les sauces. Séchée, la christophine a été incorporée dans la préparation de confitures et de bonbons [2].

Les jeunes feuilles et les racines peuvent être consommées comme des légumes crus ou cuits [2]. Les tubercules, comestibles, riches en amidon, peuvent être utilisés dans la confection de bonbons.

Les feuilles sont utilisées en infusion pour dissoudre les calculs rénaux et pour assister les traitements de l'artériosclérose et de l'hypertension. Ces propriétés cardiovasculaires sont utilisées de façon courante depuis l'époque coloniale dans la péninsule du Yucatán au Mexique [2].

Le fruit de la christophine est riche en eau et pauvre en énergie, d'où les propriétés diurétiques et diététiques qui lui sont attribuées. Parfois prescrit en infusion pour les infections urinaires, il présenterait

Figure 4. Effet d'un emballage sous film PVC et de la température de conservation, sur la perte de poids des fruits de *Sechium edule* pendant leur stockage en frais [17].



également des propriétés anti-inflammatoires pour les intestins et pour la peau [19, 20]. La chair du fruit favoriserait enfin la cicatrisation des plaies [8].

6. Conclusion et perspectives

Les caractéristiques botaniques de *S. edule* lui confèrent un large intérêt agronomique. En effet, cette plante a la capacité exceptionnelle de produire à la fois des fruits et des tubercules comestibles. De plus, les rendements en fruits observés sur les plantations sont élevés et sont donc favorables à un développement rapide de la production.

Néanmoins, les marchés de la christophine demeurent encore sous-exploités. Les problèmes rencontrés lors de sa conservation limite ses exportations. La recherche dans ce domaine est donc primordiale. Afin de proposer un produit en bonne adéquation avec les exigences des marchés d'exportation, la sélection des variétés les mieux appropriées est de plus indispensable. Enfin, la grande diversité des utilisations de la christophine est encore mal connue dans les pays non producteurs. Ce manque d'informations est également préjudiciable à son développement. En effet, face à ce légume nouveau, le consommateur néophyte est souvent décontenancé et il n'apprécie pas toujours le produit à sa juste valeur.

Ainsi, dans le contexte actuel, le développement du marché de la christophine nécessiterait :

- des programmes de sélection variétale qui prendraient en compte la rusticité de la plante, le rendement et les caractéristiques marchandes du fruit (calibre, qualité sensorielle, etc.) ;
- le développement des méthodes de propagation végétative pour fournir aux agriculteurs du matériel végétal à des prix raisonnables ;
- la résolution des problèmes de manipulations après-récolte, de l'emballage et du stockage des fruits ;
- des campagnes commerciales d'information sur les modes de préparation

culinaire de la christophine dans les zones où le légume est mal connu.

Références

- [1] Porcher M.H., Multilingual multiscrypt plant data base, Université de Melbourne (Australie), <http://gmr.landfood.unimelb.edu.au/Plantnames/Sorting/Sechium.html>, 2001.
- [2] Lira Saade R., Neglected Crops: 1492 from a different perspective, In: Hernando Bermejo J.E., Leon J. (Eds), Plant Production and Protection Series n° 26, FAO, Rome, 1994, pp. 79–84.
- [3] Anonyme, La christophine, In: groupement d'Étude et de recherche pour le développement de l'agronomie tropicale (Gerdat), institut de Recherche agronomique tropicale et des cultures vivrières (Irat) (Éds.), Rapport de synthèse, résultats 1982, Martinique, Document interne, Martinique, 1983.
- [4] Messiaen C.-M., Le potager tropical. 2. Cultures spéciales, Presses Universitaires de France, Collection « techniques vivantes », Paris, 1998.
- [5] Fournet J., La grande encyclopédie de la Caraïbe, Éditions Sanoli, Paris, 1990.
- [6] Zinsou C., Mestres C., Vansuyt G., Perron F., Pourquoi la christophine (*Sechium edule* Swartz) ne tubérise pas aux Antilles ?, In: Degras L. (Éd.), VIIth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Institut national de la recherche a (INRA), Paris, France, 1988, pp. 859–873.
- [7] Zinsou C., Sobesky O., Clairon M., Composition minérale et glucidique du fruit de la christophine ou chayote, *Sechium edule* Sw., au cours du grossissement du fruit, *Agronomie* 3 (6) (1983) 529–536.
- [8] Sharma M.D., Newstrom-Lloyd L.E., Neupane K.R., Nepal's new chayote genebank offers great potential for food production in marginal lands, *Diversity* 11 (4) (1995) 7–8.
- [9] Lefevre F., Complément à la circulaire du 15 septembre 1993 relative au programme de développement des cultures fruitières en Guadeloupe, Office de Développement de l'économie agricole des départements d'outre-Mer (Odeadom), Guadeloupe, 1998.
- [10] Hostachy B., Daly P., La culture de la christophine en danger ou le réveil de *Mycosphaerella melonis* en Martinique, *Phytoma* 455 (1993) 53–56.

- [11] Anonyme, Rapport interne du Groupement Régional d'Intérêt Scientifique Phytosanitaire (GRISP) Antilles-Guyane, Guadeloupe, 1992.
- [12] D'Arc de Lima R., Pereira Dias W., Mauro da Cunha e Castro J., Doenças causadas por nematoides em cucurbitaceas, Inform. Agropec. Belo Horizonte 17 (182) (1995) 57-59.
- [13] Anonyme, Statistique annuelle, culture légumière 1997, Office de Développement de l'économie agricole des départements d'outre-Mer (Odeadom), Guadeloupe, Réunion, France, 1998.
- [14] Anonyme, AGRIDATA, Base de données sur le développement agricole de l'état de Minas Gerais, Brésil, <http://www.agridata.mg.gov.br/buscasim.html>, 1998.
- [15] Anonyme, Chayote, mirliton, vegetable pear, In: Speciality crops information sheets developed by University of California, Washington State University (WSU), <http://www.island.wsu.edu/CROPS/CHAYOTE.htm>, 1992.
- [16] Utterback L., International Horticulture Global Agribusiness Information Network, <http://www.fintrac.com/mkinfo/tpm/novdec96/nov1.htm>, 1996.
- [17] Aung L.H, Harris C.M, Rij R.E, Post-harvest storage temperature and film wrap effects on quality of chayote, *Sechium edule* Sw., J. Hortic. Sci. 71 (6) (1996) 297-304.
- [18] Wiendl F.M., Arthur V., Wiendl T.A., Conservação pos Colheito do chuchu, *Sechium edule* L., comm o uso da refrigeração radiações gama do cabalto-60 e filme de polietileno, Rev. Agr. Picaricaba 72 (2) (1997) 179-188.
- [19] Lira Saade R., Chayote, *Sechium edule* (Jacq.) Sw., Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 8, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute), Roma, Italy, 1996, 58 p.
- [20] Timothy, J.N., New opportunities in the Cucurbitaceae, In: Janick J., Simon J.E. (Eds.), New crops, Wiley, New York, 1993, pp. 538-546.

Las características principales de *Sechium edule* Sw.

Resumen — La planta. *Sechium edule* Sw. pertenece a la familia de los Cucurbitaceae. Originaria de México, esta planta se cultiva hoy en otros países tropicales. Esta liana monoica da frutas en forma de pera, y bajo ciertas condiciones, tubérculos comestibles ricos en almidón. La fruta tiene pocas calorías y es rica en elementos minerales. Es interesante en el ámbito dietético y medicinal. **Cultivación.** El chayote se cultiva generalmente en zonas húmedas con temperaturas moderadas. Su cultivar es muy apremiante. El interés agronómico por esta planta viene de su cultivo que tiene un rendimiento muy alto. Chayote es atacado por los hongos, los nematodos y otros devastadores. Tratamientos eficaces permiten actualmente superar estos obstáculos. **Valorización.** Su conservación después de la cosecha es la barrera principal para exportar y para la explotación industrial de *S. edule*. El embalaje con una película plástica asociada con una temperatura de 10 °C constituye la técnica que presenta mejores resultados. El mismo método usando también radiaciones (del Cobalto 60), da resultados más satisfactorios. Hoy en día, las diferentes partes de la planta se utilizan de forma artesanal en los campos culinarios y medicinales. **Conclusión.** La transformación industrial del chayote necesita el desarrollo de investigaciones para elaborar una variedad dando frutas homogéneas, resistente a las enfermedades y dando buenos rendimientos en frutas, jóvenes tallos y tubérculos.

***Sechium edule* / biología / manejo del cultivo / usos / almacenamiento / procesamiento**