

# LA PAPAÏNE

## PRODUCTION. PROPRIÉTÉS. UTILISATION

(Dixième partie)

par **A. LASSOUDIÈRE** (suite)

*Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.).*

### LA PAPAÏNE

PRODUCTION. PROPRIÉTÉS. UTILISATION

(10<sup>e</sup> partie)

par A. LASSOUDIÈRE (I. F. A. C.)

*Fruits*, vol. 24, n° 11-12, nov.-déc. 1969, p. 503 à 517.

**RÉSUMÉ.** — L'auteur donne des indications sur les méthodes de récolte et les conditions de production (récolte très tôt le matin, 3-4 incisions deux à trois fois par semaine). Les rendements en papaïne sèche sont de l'ordre de 100 kg/ha/an (sur trois ans).

Précisions sur le séchage, le stockage de la papaïne, son activité protéolytique, sa composition chimique et ses propriétés.

Indications sur les méthodes d'extraction.

Il nous a semblé nécessaire de terminer cette étude bibliographique par des données sur la papaïne. Beaucoup connaissent les principales propriétés mais peu savent comment est obtenue la papaïne commerciale.

Dans cet article, nous passerons en revue :

- la récolte du latex,
- la production (conditions, rendements, marché),
- le séchage et le stockage,
- la préparation, la composition et le séchage de la papaïne,
- l'utilisation.

Il faut rappeler que la production de latex ne peut se faire que sur des plantations spécialement conçues à cet effet. Les variétés sont différentes de celles utilisées pour la production de fruits comme nous le verrons.

Toutefois, les fruits mûrs peuvent, dans une certaine mesure, être utilisés pour la fabrication de confitures.

La papaïne est obtenue par la récolte du latex du papayer. Les conduits laticifères sont formés de grands tubes articulés provenant de cellules dont les parois transversales se sont résorbées. Le réseau s'étend superficiellement dans toute la plante excepté le système racinaire.

L'extraction serait possible aussi bien à partir des feuilles, tronc, pétioles que des fruits. Cependant seuls les fruits sont utilisés car la purification du latex est beaucoup plus facile et le produit obtenu est meilleur. La récolte se fait par scarification des fruits.

### MÉTHODE DE RÉCOLTE.

Le latex contenu surtout dans la peau des fruits verts est plus abondant lorsque la plante est jeune, après une période de pluie et par temps chaud.

La récolte commence lorsque les fruits ont environ 10 cm de diamètre. Il faut récolter par temps frais ou nuageux, de préférence le matin de bonne heure. VAN LAERE, au Congo conseille la saignée à 6 h du matin et la récolte à 9 ou 10 h.

Pour réaliser les saignées, on utilise le plus souvent une lame de rasoir enfoncée dans un bouchon de façon que le tranchant dépasse seulement de 1,5 mm ce qui donne une certitude quant à la profondeur de l'incision. On peut aussi utiliser des instruments en os, en aluminium, en acier inoxydable, en ivoire, en verre ou en bambou. Ils doivent être adaptables à un long manche pour éviter l'utilisation d'échelles.



FIG. 1. — Incisions sur les fruits.



FIG. 2. — Variété locale à forte production de latex.

Les incisions longitudinales se rejoignent à la base du fruit. Au niveau de la circonférence maximale, les coupes sont éloignées de 2,5 à 5 cm.

Le maximum de profondeur est de 3 mm. Une incision trop profonde provoquerait le mélange avec le jus de papaye.

Les canaux laticifères étant coupés, le latex s'écoule et peut être recueilli à la base du fruit.

Il importe de savoir avant tout que le complexe enzymatique contenu dans le latex perd rapidement son activité par oxydation. Il est donc nécessaire de prendre toutes les précautions adéquates afin de limiter cette détérioration.

En particulier, il faut éviter :

- la dilution du latex dans l'eau,
- le chauffage prolongé à l'air,
- le contact avec des métaux comme le fer ou le cuivre.

La récolte se fait dans des récipients appelés « parasols » composés de deux lattes de bois faisant un angle d'ouverture variable. Sur ces lattes sont fixées des tiges d'osier solides et souples formant deux cercles (ou gros fil de fer galvanisé). Sur chaque demi-cercle est tendue une toile solide amovible, chaque latte est garnie d'une gaine de caoutchouc qui évite les blessures du tronc » (H. HAENDLER et R. HUET, 1965). Au Congo, on utilise un cercle fait avec une liane, supporté par trois piquets se terminant par une fourche. Ce cadre porte une toile destinée à recevoir le latex. Le col est fixé au tronc. Le latex est râclé de la toile à l'aide d'une spatule fabriquée par exemple avec le pétiole d'une feuille de papayer. Le latex est mis dans une boîte en bois à couvercle amovible et coulissant, ou bien dans des récipients inoxydables.

L'opérateur place le premier parasol autour du tronc, sous les fruits et pratique les incisions. Durant l'écoulement du latex il peut faire la même chose à plusieurs autres plantes. Lorsque le latex ne coule plus, il râcle le produit coagulé sur la toile et le met dans une boîte. Le latex solidifié sur le fruit ne sera récolté qu'ensuite, à part, car il est de qualité inférieure.

A Porto Rico (station de Rio Pedras), on utilise un disque de matière plastique (plexiglass) piqué au-dessous du fruit à saigner.

La récolte est une opération fastidieuse demandant beaucoup de main d'œuvre. En effet le latex s'écoule rapidement pendant 8 à 10 s puis lentement encore environ 25-30 s. Un opérateur moyen peut inciser 30 à 40 fruits à l'heure.

Le latex étant corrosif, il est judicieux d'éviter les projections dans les yeux et d'utiliser des gants en caoutchouc.

#### PRODUCTION.

Différents facteurs interviennent dans les rendements en latex frais notamment la variété, la taille du

fruit, le nombre et la fréquence des incisions, l'heure de la récolte.

#### Heure de la récolte.

Le latex est plus abondant (c'est-à-dire se coagulant plus lentement sur les lèvres de l'incision) par temps brumeux et frais. Tous les auteurs conseillent la récolte le matin aux premières heures du jour et si possible par temps couvert.

#### Taille du fruit.

Les premières saignées sont faites vers le 8-12<sup>e</sup> mois après la plantation, lorsque les fruits ont atteint la moitié de leur développement.

HAENDLER (1950) mentionne que les très jeunes fruits ont très peu de papaine.

SEEMANTHANI (1966) en a réalisé une étude détaillée en tenant compte de la variété :

*Influence de la taille (longueur et circonférence) sur la récolte de latex.*

	TAILLE DU FRUIT (cm <sub>2</sub> )	RÉCOLTE DE LATEX (g)	LONGUEUR DU FRUIT (cm)	RÉCOLTE DE LATEX (g)	CIRCONFÉRENCE	RÉCOLTE DE LATEX (g)
'CO 1'	285- 424	1,213	12,3 -14,05	1,180	23,2 -26,49	1,825
	705- 844	2,408	17,58-19,33	2,303	33,10-36,29	2,222
	985-1 124	3,732	22,86-24,61	4,020	43,00-46,29	3,818
	1 405-1 544	4,193	28,14-29,89	4,010	52,9 -56,19	3,460
'Philippines' (Sélect. 4)	390- 508	2,335	14,0 -15,4	1,305	24,5- 27,48	2,170
	747- 865	4,108	17,0 -18,4	2,260	33,47-36,45	3,596
	985-1 103	4,345	23,0 -24,4	3,596	42,44-45,52	3,700
	1 461-1 579	5,180	27,5 -28,9	5,812	51,41-54,39	8,510
'Red fleshed' (Select. 7)	347- 470	3,362	14,6 -16,3	3,301	22,7 -25,7	2,540
	719- 842	4,026	18,2 -19,9	3,744	32,0 -35,0	3,142
	967-1 090	3,911	23,6 -25,3	4,301	51,3 -44,3	4,692
	1 339- 462	4,880	27,2 -28,9	4,880	47,5 -50,5	4,288

Il a montré qu'il existait une forte corrélation positive entre la taille du fruit (1/2 longueur × circonférence maximale) et la récolte de latex. Les caractères variétaux sont également importants à considérer. La longueur et la circonférence prises séparément sont en corrélation positive avec la récolte de papaine (au moins pour CO1 et Red fleshed). On peut estimer la récolte de papaine en se basant seulement sur l'un de ces deux paramètres de préférence la longueur.

#### Circonférence :

$$Y = 0,079 \times - 0,399 \text{ pour CO1 cc : } 0,56 \times$$

$$Y = 0,083 \times + 0,908 \text{ pour Red fleshed cc : } 0,40 \times$$

#### Longueur :

$$Y = 0,170 \times - 0,880 \text{ pour CO1 cc : } 0,64 \times$$

$$Y = 0,282 \times - 2,711 \text{ pour Philippines cc : } 0,55 \times$$

$$Y = 0,165 \times + 0,522 \text{ pour Red fleshed cc. : } 0,42 \times$$

#### Taille :

$$Y = 0,00215 \times + 0,854 \text{ pour CO1 cc : } 0,61 \times$$

$$Y = 0,0033 \times + 0,555 \text{ pour Philippines cc : } 0,52 \times$$

$$Y = 0,0024 \times + 1,064 \text{ pour Red fleshed cc : } 0,42 \times$$

(cc = Coefficient de corrélation)

(x = Signification au seuil 0,001 %)

(xx = Signification au seuil 0,01 %)

Ces expériences ont été faites sur 50 fruits avec 4 récoltes à un intervalle de 3 jours.

SANDERS et ROBERTSON ainsi que SMITH recommandent d'inciser les fruits lorsqu'ils ont 10 cm de diamètre.

SINGH et TRIPATHI ont rapporté que la meilleure récolte est obtenue avec des fruits de 35,7 cm de long et 27 cm de circonférence. Ceci n'est pas en accord avec les résultats des auteurs précédents.

BALLS et THOMPSON puis L. HAENDLER et R. HUET ont montré que le poids de latex obtenu est proportionnel au poids du fruit frais (0,1 %) quel que soit le

poids des fruits et le poids de latex frais récolté. TEXEIRA donne des valeurs comparables (1 kg de fruit donne 0,8 à 1 g de papaine).

POIDS DU FRUIT (g)	POIDS LATEX FRAIS (g)	LATEX FRAIS (% du poids frais)	LATEX SÉCHÉ (g)	LATEX SÉCHÉ (% du poids du fruit)
0,733	5,6	0,77	0,73	0,10
1,000	10,0	1,00	1,00	0,10
1,150	7,5	0,65	1,35	0,12
1,225	5,1	0,42	0,92	0,07
1,470	8,6	0,58	1,60	0,11
1,565	5,2	0,3	—	—

(D'après L. HAENDLER, 1955.)

BALLS a montré que le latex des petits fruits était moins actif sur la congulation du lait. Mais ces résultats ne sont pas en accord avec l'action sur la digestion de la caséine.

#### Nombre d'incisions et fréquence des récoltes.

CHARAVANAPAVAN a étudié ce problème. Il donne les résultats suivants :

#### Production de papaine sèche en grammes (\*).

	3 INCISIONS 2 FOIS PAR SEMAINE	8 INCISIONS 2 FOIS PAR SEMAINE	3 INCISIONS 1 FOIS PAR SEMAINE	8 INCISIONS 1 FOIS PAR SEMAINE
1	40,55	74,87	33,25	42,16
2	68,79	87,11	30,26	52,82
3	61,66	124,12	54,03	46,90
4	54,72	22,95	29,32	25,69
5	31,11	57,25	20,65	43,22
6	24,67	33,61	11,24	42,50
Traitement total.....	301,50	399,91	178,79	293,33
Production moyenne.....	50,25	66,85	29,79	42,32

(\*) (3 arbres par parcelle.)

La récolte réalisée deux fois par semaine donne des rendements plus élevés. Trois incisions par fruit constituent l'optimum.

KRISHNAMEURTHY (1960) montre que 6 incisions en 16 j accroissent le rendement de 25 % par rapport à 4 incisions en 16 j (1<sup>er</sup>, 3<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup>, 9<sup>e</sup>, 12<sup>e</sup> et 16<sup>e</sup> jour). La récolte est la plus importante lors du premier passage.

Ainsi deux ou trois récoltes par semaine en réalisant 3 ou 4 blessures sont à conseiller pour une exploitation optimale du fruit.

#### Variétés.

Les données sont assez peu nombreuses ; quelques résultats très approximatifs établis par l'I. F. A. C. en Guinée peuvent être mentionnés.

On peut citer parmi les plus productives :

- Floride,
- Andes,
- Richbourg,
- Ineac 329,
- Sanguine locale, Gujarati, Singapore.

## Classification des variétés selon leur production de latex (\*).

VARIÉTÉS	RENDEMENT THÉORIQUE (kg/ha)	VARIÉTÉS	RENDEMENT THÉORIQUE (kg/ha)
Red Panama (fem.).....	447,8	Saïgon longue.....	107,6
Floride.....	312,5	Red panama.....	106,0
Red Panama (herm.).....	288,3	Ineac 353.....	87,1
Richbourg.....	224,7	Semensha.....	83,6
Ineac 329.....	194,6	Semensha.....	77,0
Saïgon ronde.....	189,8	Solo (herm.).....	76,0
Jaune.....	167,8	Colombo.....	70,9
Haïti.....	158,3	Ineac 361.....	68,3
Cuba.....	158,1	Solo (Herh) 143.....	55,7
Coïmbra.....	129,5	Sucrée.....	55,5
Stambough.....	120,1	I. F. A. C. 360.....	52,6
Rouge.....	112,8	Orange.....	49,0
Betty.....	107,7	Solo (herm.).....	36,7

(D'après H. HAENDLER et R. HUET.)

(\*) Production moyenne en suc sec.

Toutefois, il serait intéressant de trouver une variété ayant un fort rendement en latex lié avec un rendement et une qualité de fruit appréciables. Ces fruits seraient destinés à la fabrication de jus ou de produits transformés.

Red Panama correspondrait à ces critères. Elle possède une chair ferme rouge clair et un parfum moyen. En Inde, B. SEEMANTHANI a étudié trois sélections comme nous l'avons vu précédemment :

*COI*, arbre de vigueur moyenne, fleurs jaune crème. Les fruits ont de 16 à 18 cm de long, la fleur est jaune et la chair orange assez peu juteuse.

*Red fleshed*, gros fruits de couleur vert clair, la chair est orange.

*Philippines*, variété de grande taille. Les feuilles sont vert pâle. C'est la variété qui produirait le plus de papaine à condition d'être correctement cultivée.

#### Rendements.

Mis à part les considérations précédentes, le rendement est fonction également de l'âge de la plantation et des techniques culturales appliquées.

PERMANNE donne les chiffres suivants :

1 <sup>re</sup> année	20-25 kg de papaine sèche/ha
2	— 90-110
3	— 60-90
4	— 30-40
5	— environ 20 kg

La récolte décroît pendant la troisième année. Les frais de récupération du latex augmentent car les fruits sont très hauts sur l'arbre. Il serait probablement possible de faire un recépage des arbres comme nous l'avons mentionné dans les chapitres précédents.

Rappelons que le latex perd environ les 4/5 de son poids au séchage : 1 kg de latex fournit 200 à 250 g de papaine sèche, brute.

CADILLAT (1953) mentionne qu'à *Ceylan* les rendements pour la première année sont de 90,7 kg à 113,4 kg par hectare. La deuxième année la production diminue d'environ 50 %. Il est rapporté également des rendements de 356 kg/ha/an avec une plantation 3 m × 3 m.

Au *Tanganyika* : 102 kg la première année, 205 kg pour trois ans (68 kg/an).

On peut espérer, sur trois ans, obtenir un rendement total de 200 à 300 kg de papaine sèche.

En *Inde*, VERMA signale que la variété Gujarati peut produire 115 kg de papaine brute et sèche par arbre et que Singapore donnerait le double.

#### Prix de revient.

(d'après K. FAZLULLAH KHAN et B. SEEMANTHANI.)

Récolte de 70 à 120 kg de papaine sèche/acre pour 3 ans soit : 170 à 295 kg par ha sur 3 ans.

Le prix serait de 55 à 60 Rs/kg (1965).

Pour 10 acres irrigués (Coïmbatore) les différents postes seraient les suivants :

coût de la production (plantation, entretien) pour 3 ans.....	18 000
charges pour récolte de papaïne et incisions sur 2 ans.....	15 000
prix des containers pour emballage, agents chimiques, équipement.....	3 000
	<hr/> 36 000
Prix de vente de la papaïne 700 kg la 1 <sup>re</sup> année	
350 kg la seconde à 55 Rs/kg.....	57 750
Vente des fruits.....	25 000
	<hr/> 82 750

Soit un bénéfice net de 46 750 Rs sur 3 ans et pour 10 acres, c'est-à-dire : 11 540 Rs/ha pour 3 ans.

#### Pays producteurs.

Nous avons assez peu de renseignements récents.

*Ceylan* exporte principalement vers les États-Unis d'Amérique.

Depuis 1903, ce pays produit de la papaïne.

1906....	22 kg (5 \$/livre)
1918....	15 t
1926....	32 t
1929....	57 t
1936....	100 t
1939....	113 t
1941....	145 t
1945....	20 t (du fait de la guerre)

*Tanganyika* (Aruska et Moshi).

Les plantations se sont développées à partir de 1930.

1940....	18 t
1943....	39 t
1945....	101 t

*Ouganda*. 1945 (3 t)-1949 (50 t).

La papaïne est mise en bidons neufs revêtus de paraffine et de papier parcheminé. Ces bidons contiennent 16,6 kg de papaïne.

*Congo Kinshassa*, archipel des Carolines (île de Ponape), Samoa, Siam, île de Montserrat (?), République sud africaine, Mozambique, Cuba, Mexique, Chili, Madagascar, Inde, etc.

#### Pays importateurs.

<i>États-Unis</i> : 137,5 t (moyenne de 1941 à 1951)
143,5 t en 1958
190 t en 1959

La papaïne provient du Congo Kinshassa, Tanganyika, Ceylan, Mexique, Somalie, Éthiopie, Afrique de l'Est. C'est le plus grand consommateur ; 70 à 80 % de la production mondiale.

Elle est utilisée dans les brasseries, la fabrication des aliments précuits, l'industrie de la laine, les préparations pharmaceutiques.

La demande de papaïne est relativement importante. Les prix sont assez variables : — 1,60 \$ — 1,175 \$.

*La Grande-Bretagne* (Afrique de l'Est, Ceylan, Congo).

Valeur pour 1956-57 : 20 000 £.

Les importations sont en augmentation quoique l'utilisation de la papaïne soit limitée aux préparations pharmaceutiques.

*France* : (Tanganyika, Ceylan, Congo, Inde).

1956 : 1 500 kg

1957 : 33 300 livres

La papaïne est importée en granulé, mais aussi en poudre.

Prix : 1 à 17 \$ par 1 b.

*Allemagne de l'Ouest* : (Congo, Ceylan, Afrique de l'Est).

1 200 livres par an. La papaïne y est essentiellement utilisée en industrie pharmaceutique.

Malgré ses possibilités d'utilisation très variées, il ne semble pas que son emploi se généralise car les quantités vendues ne s'accroissent pas sensiblement d'année en année. Les principaux importateurs sont en premier lieu les États-Unis d'Amérique (137 t en moyenne par an de 1941 à 1951), et le Royaume-Uni (3 t à 12 t par an). Les autres pays d'Europe n'en importent que de très faibles quantités. Ceci explique la variabilité des cours de la papaïne. Très élevés en 1952 et 1953, ils dépassaient à cette époque 60 F le kg ; ils se sont effondrés progressivement jusqu'en 1956, puis après une remontée en 1958, ils sont tombés à 18 F en 1961.

En 1963, la papaïne se vendait jusqu'à 70 F le kg pour redescendre à 43 F en 1964. Le marché de ce produit est donc des plus fluctuants car sa fragilité interdit de constituer des stocks importants servant de régulateurs.

La possibilité existe pour les pays associés au Marché commun européen de se lancer dans une production modeste de papaïne. Cette production trouvera un débouché certain à condition d'être homogène et de bonne qualité.

Le marché de la papaïne est relativement peu important et peut être convenablement approvisionné par les pays producteurs actuels. Néanmoins, pour l'Afrique de l'Ouest, il peut constituer un appoint. La

conquête de marchés ne pourra se faire qu'en proposant un produit impeccable.

#### SÉCHAGE DU LATEX.

D'assez nombreux auteurs ont traité ce problème. La dessiccation du latex doit être faite le plus rapidement possible après la récolte car le contact prolongé avec l'air entraîne une perte importante de l'activité protéolytique du produit.

Avant tout traitement, il est nécessaire de tamiser le coagulat afin d'éliminer les impuretés inévitables. Un tamis à mailles de 3-4 mm est le mieux (il ne doit pas être en fer).

Les expériences ont montré que les modalités de séchage ont une influence considérable sur l'activité du produit fini. Pour bien se conserver le latex doit être desséché (perte des 4/5 de son poids). La température de dessiccation est un facteur primordial et en liaison avec le processus utilisé :

- au soleil,
- par four à air chaud,
- sous vide.

*Influence de la température* : HINKEL a comparé le séchage au soleil et le séchage au four.

TEMPÉRATURE DE SÉCHAGE	SÉCHAGE SOUS VIDE		SÉCHAGE A ÉTUVE A AIR CHAUD	
	Activité (*)	Couleur	Activité	COULEUR
50°	1,04	blanc	1,04	blanc légèrement crème
60°	1,04	blanc	0,92	
70°	1,04	blanc	0,88	blanc crème légèrement bruni
80°	0,83	blanc	0,59	
90°	0,81	blanc	0,19	
100°	0,81	blanc	—	
120°	0,60	blanc	—	

(D'après R. HUET, 1956.)

(\*) Activité dosée par la méthode de coagulation du lait de BALLS et HOOVER (unités par mg de matière sèche).

Si nous comparons les deux tableaux, les différences sont importantes et les conclusions divergentes. L'unité d'activité de HINKEL est égal à 250 fois l'unité définie par BALLS et HOOVER.

Le latex de papaye supporte beaucoup mieux l'action de la chaleur sous vide qu'en présence d'air.

La pratique courante du chauffage à 55° C donne une grande marge de sécurité qu'il faut conserver.

*Le séchage au soleil* est le plus ancien et le plus rustique. Il suffit d'étaler le latex en couches minces sur une toile et de laisser évaporer en plein air. Les résultats

	TEMPÉRATURE DE SÉCHAGE	ACTIVITÉ		
		Coagulation du lait	Digestion gélatine	Digestion viande
Latex frais.....	—	314	3,28	1,50
Papaïne.....	70° C	213	2,29	1,26
Papaïne.....	55° C	315	2,77	1,00
Papaïne.....	soleil	322	2,82	1,30

L'activité de coagulation du lait (U. A/gr de latex sec) n'est pas affectée par le mode de séchage.

Les trois processus réduisent l'activité sur la « digestion de la gélatine » avec une plus grande perte à 70° C.

Les méthodes de dosage de l'activité (gélatine et viande) donnent des réponses qui sont proportionnelles au logarithme de la concentration en enzyme alors que la coagulation du lait est directement proportionnelle à la concentration de l'enzyme (HINKEL, 1951).

R. HUET a comparé le séchage à l'étuve au séchage sous vide :

sont aléatoires et varient selon la température et l'hygrométrie.

La méthode la plus courante et qui donne de bons résultats est *le séchage par l'air chaud*. Un grand nombre de modèles de séchoirs existent :

*Séchoir fermé*, simple bâti où est prévu l'accrochage des tôles, placé dans le four d'une cuisinière.

Ce système comprend au stade industriel : un foyer, une salle de chauffe close où les claies sont superposées. Il est onéreux et le produit est de médiocre qualité.

*Séchoir ouvert*, basé sur le principe d'un courant d'air chaud traversant le produit à sécher. Le plus simple et le plus courant est le four à carneau.

*Le séchage sous vide* permettrait d'obtenir un produit d'excellente qualité, beaucoup plus stable que la papaïne obtenue par séchage à l'air libre. Malheureusement, cette technique nécessite des frais d'investissement élevés.

#### LE STOCKAGE DE LA PAPAÏNE.

Après le séchage qui doit fournir un produit blanc crème, grumeleux et non collant, il est procédé à un broyage dans un broyeur à billes par exemple.

La papaïne doit être mise à l'abri de l'humidité et des agents d'oxydation. L'emballage doit être fait rapidement.

Les emballages utilisés sont :

— la caisse doublée ou le papier d'aluminium entouré de papier paraffiné,

— les boîtes et bidons métalliques étanches, étamés, paraffinés intérieurement,

— les sacs de toile ou de papier doublés avec du polyéthylène dont on soude l'ouverture.

L'emballage sous vide fut conseillé mais cette précaution semble superflue car il n'est pas possible d'assurer un vide poussé.

La papaïne étant un produit fragile et cher, le transport par avion vers les pays utilisateurs est pratiquement obligatoire.

#### Conservation de l'activité protéolytique au cours du stockage.

HINKEL et col. ont étudié divers modes de conservation et leur influence sur l'activité protéolytique. Ils ont montré qu'il était possible de conserver le latex au congélateur.

Divers modes de conservations sont aussi envisageables :

- stockage à l'air ambiant,
- conservation au dessiccateur,
- stockage avec addition de stabilisants.

D'après R. HUET, le latex perd rapidement son activité :

- stockage à l'air ambiant (la moitié en 1 semaine),
- stockage à l'air sec (évolution plus lente).

Les meilleurs résultats sont obtenus en séchant sous vide à 50° C et en stockant à l'air sec.

On peut limiter les pertes d'activité par l'addition de stabilisants au latex frais.

HINKEL a obtenu de bons résultats avec un mélange de 0,5 % de bisulfite de soude et 0,2 % de thymol. La réaction de ce mélange avec le latex frais est lente et il doit être incorporé 24 h avant le séchage.

Nombre de jours de stockage.....	0	100	270	400	700
1) Latex frais séché à 55° C conservé en flacon bouché, à la température ambiante.....	314	231	100	68	58
2) Comme 1 avec 2 % d'hyposulfite de sodium.	169	170	87	65	75
3) Comme 1 avec 0,5 % de bisulfite de sodium..	322	443	456	381	343

R. HUET obtient les résultats ci-après :

Nombre de jours de conservation.....	0	25	60	90	120
1) Latex séché dans une étuve ordinaire à 48° C (24 h).....	1,02	0,26	0,16 0,71 (*)	0,13 0,60	0,09 0,44
2) Comme 1 avec 2 % d'hyposulfite de soude...	1,02	0,03	0,00 0,00		
3) Comme 1 avec 0,5 % de bisulfite de soude...	1,12 1,12	0,38 0,54		0,09 0,45 (*)	

(\*) Activité sur la coagulation du lait après activation réalisée en dissolvant la papaïne dans une solution de Na CN 0,02 M.



ACIDES AMINÉS	MADHAVAKRISHNA (1962)		CLOSE J. (2)
	Calotropine (1)	Papaïne (1)	Papaïne
Arginine.....	4,5	7,6	5,6
Histidine.....	1,5	0,7	0,78 %
Lysine.....	3,6	5,7	4,5
Acide aspartique...	22,9	12,1	9,5 %
Acide glutamique...	10	13,1	0,8 %
Glycine.....	3,8	9,0	glycocolle 14,1
Alanine.....	3,5	5,5	6,7
Sérine.....	4,8	4,8	6,1
Thréonine.....	3,9	3,6	3,9
Valine.....	6,5	8,4	8,2
I leucine.....	6,8	6,2	5,9
Isoleucine.....	13,4	5,8	5,5
Phénylalanine.....	6,7	3,1	2,1
Thyrocinine.....	9,7	14,0	8,95
Proline.....	3,5	5,0	5,0
Thryptophane.....	4,5	4,7	2,75
Acide cysteïque.....	4,7	5,0	Cystine 1,1

Terminaison N pour la calotropine : ac. glutamiques, glycine.

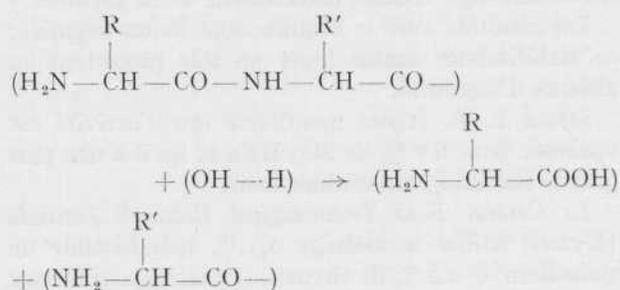
Terminaison N pour la papaïne : isoleucine.

Terminaison C cystéine et glycine pour les deux.

(1) En grammes pour 100 g d'enzyme sèche.

(2) (Calcul sur base molaire.)

Les exopeptidases ne permettent que la scission en bout de chaîne en libérant directement des acides aminés :



La papaïne aurait des propriétés d'endo et d'exopeptidase.

#### Facteurs influençant l'action de la papaïne.

##### Température.

La papaïne résiste à des températures relativement élevées. HARLAY a montré la résistance pendant 3 h à 100° C en atmosphère sèche. En solution, son activité est détruite après 30 mn à 82,5° C. La purification la rend plus fragile, ainsi la papaïne cristallisée perd son activité à 70° C.

DESIKACHAR pense que les protéines présentes dans le latex frais protègent la papaïne de la destruction par la chaleur bien qu'elle-même soit thermosensible.

L'intervalle de température est relativement grand. A 10° C son action est déjà très nette. La température optimale de digestion de la fibrine se situe à 70° C, celle de la caséine à 40° C, la coagulation du lait à 40° C également. Ces différences peuvent s'expliquer par la nature des liaisons enzyme-substrat qui sont plus ou moins thermorésistantes.

##### pH du milieu.

La papaïne est instable à pH 2,5 ou à pH supérieur à 12,0 mais la papaïne cristallisée très stable à pH 10,5 est inactive au-dessous de pH 4,5.

L'optimum se situerait dans la série pH5-pH6. La chymopapaïne cristallisée est plus stable en milieu acide (activité non perturbée après plusieurs semaines à pH 2 et 10° C). Les résultats assez divergents sont dus aux différences de conditions expérimentales.

Le pH optima de la digestion des protéines comme la caséine, l'ovalbumine, est compris entre 7 et 7,5. En utilisant la gélatine comme substrat, il est de 5 et,

avec la fibrine, on a trouvé 2  $pH$  optima : 2,5 et 11. Une étude plus complète de la digestion de l'albumine du blanc d'œuf a permis de distinguer deux  $pH$  optima : l'un à 3-4, l'autre à 7-8. L'activité relative à ces deux optima dépend de la méthode de mesure. Si l'on dose l'activité par précipitation des protéines non digérées à l'acide trichloracétique, l'activité mesurée à  $pH$  4 est supérieure à celle mesurée à  $pH$  7,5. Par contre, la formoltitration indique une activité supérieure à  $pH$  7,5.

Les substances dosées diffèrent avec la méthode de dosage.

Il semble donc que les réactions de digestion soient différentes lorsque varie le  $pH$ . Avec la caséine comme substrat, HOOVER et KOKES ont démontré que le  $pH$  optima variait au cours de la digestion. S'il était de 7 au début de la digestion, c'est finalement en l'abaissant à 5 qu'ils obtinrent le plus d'acides aminés libres.

On peut donc en conclure que le  $pH$ , non seulement influe sur l'intensité de l'activité de la papaïne, mais aussi oriente son action.

#### *Activateurs et inhibiteurs de l'activité protéolytique de la papaïne.*

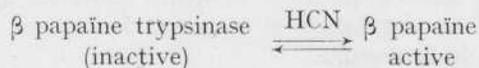
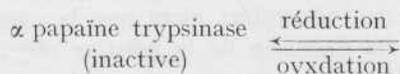
MENDEL et BLOOD, dès 1910, ont montré que l'activation de la papaïne par HCN et  $H_2S$  était une réaction réversible.

De nombreux agents oxydants inactivent la papaïne ( $O_2$ , eau oxygénée, acide monoiodacétique, etc.).

Certains auteurs expliquent ces réactions par les groupements thiols de l'enzyme. Ces groupes —SH catalyseraient la réaction d'hydrolyse par oxydo-réduction.

Des réducteurs comme HCN, cyanures alcalins,  $H_2S$ , cystéines, thiols, bisulfite de sodium ont des propriétés activantes.

Les activateurs peuvent aussi orienter l'action de l'enzyme. Ainsi, dans le latex, la papaïne trypsinase existant sous deux formes inactives  $\alpha$  et  $\beta$ , seule la papaïne trypsinase peut être activée par l'acide cyanhydrique. La forme  $\alpha$  peut se transformer en  $\beta$  sous l'action de groupements SH.



WINNICK et col. pensent que l'enzyme est active seulement sous forme réduite. Les cyanures et autres thiols agiraient comme coenzymes.

SCOTT propose de considérer l'activation de la papaïne comme un phénomène de surface.

Certains pensent que l'activation de la papaïne cristallisée peut se faire par action des thiols sur la vitesse de décomposition du complexe enzyme-substrat mais cela n'explique pas le fond du problème.

D'autres agents ont une influence sur l'activité protéolytique de la papaïne.

Signalons pour terminer l'influence de l'incorporation de bisulfate ou d'hyposulfite de soude au latex avant séchage pour conserver l'activité protéolytique du produit (voir stockage de la papaïne).

#### AUTRES PROPRIÉTÉS DE LA PAPAÏNE.

##### Synthèse enzymatique.

SAWJALOW en 1901 a rapporté les premiers essais.

BERGMENN a défini un certain nombre de conditions expérimentales. Il a été possible de préparer ainsi l'acide glutamique.

##### Coagulation du sang.

A la différence de la trypsinase, la papaïne agit directement sur le fibrinogène.

PILLAI a montré qu'il existait un facteur anticoagulant dans le latex. La purification par absorption et précipitation fractionnées à l'acide de solvants organiques (acétone) lui a permis de mettre en évidence un facteur inhibant la transformation de la prothrombine en thrombine et détruisant l'activité de la thrombine.

Le traitement à l'iodacétate supprime l'effet anticoagulant (1).

**La papaïne possède** diverses autres propriétés. Signalons son action sur *phytophthora parasitica*. La papaïne arrête le mouvement et provoque la mort des zoospores à des concentrations de 10-20 ppm.

Les sporanges ne germent pas et le contenu cellulaire se désorganise. Les zoospores enkystées résistent à 250-500 ppm.

Par contre, le mycellium est tolérant aux fortes concentrations de l'ordre de 1 000 ppm.

(1) Ce facteur anticoagulant augmente le temps de coagulation du sang des chiens, lapins, rats. Le maximum d'activité est obtenu après 30 mn (injection intraveineuse). Le seuil de sensibilité serait de 2 mg/kg.

Nous donnons d'autres propriétés dans le paragraphe utilisation.

#### DOSAGE DE LA PAPAÏNE.

La papaïne commerciale est quelquefois adultérée notamment avec le latex de cactus, eau de cuisson de riz, etc.

Diverses méthodes ont été utilisées pour la mesure de l'activité de la papaïne. Les conditions expérimentales doivent être très bien définies. Il suffit de rappeler l'influence de la température, du pH, la nature du substrat, le mode de séchage et les conditions de stockage, la présence d'impuretés.

Mais, dans tous les cas, les méthodes sont basées sur les propriétés protéolytiques de la papaïne. On peut les classer en trois groupes selon qu'il est mesuré :

- la quantité d'acides aminés libérés,
- la quantité de protéines non digérées,
- le pouvoir de coagulation du lait.

#### Coagulation du lait.

BALLS et HOOVER ont mis au point cette méthode. Dans 25 cm<sup>3</sup> de lait, à 40° C, on ajoute 1 à 3 cm<sup>3</sup> de papaïne en suspension. On note la quantité de lait coagulé après un temps *t*. Les résultats sont exprimés en unités d'activité par gramme, l'unité d'activité étant la quantité de papaïne nécessaire pour coaguler 25 cm<sup>3</sup> de lait en 1 mn à 40° C.

Par l'étude cinétique de la coagulation, HINKEL a mis au point une mesure simple, sensible et rapide. Pour des quantités de papaïne assez importantes, le temps de coagulation est inversement proportionnel au poids de la papaïne utilisée.

$$\text{Poids : } P = \frac{C^{\text{te}} \text{ fonction de la papaïne utilisée}}{\text{temps}} = \frac{C}{t}$$

$$\text{Activité : } \frac{1}{C} = \frac{1}{P \cdot t}$$

(P en mg, t en mn)

L'activité varie autour de 0,5 en opérant à 40° C et pH 4,6 ± 0,1.

#### Quantité d'acides aminés libérés.

HINKEL utilise la digestion de la caséine à pH 5. L'albumine sèche provenant d'œufs montre un maximum à pH 4 et pH 7-8.

Il a été montré que la digestion est une fonction

linéaire du logarithme de la concentration en enzymes et du temps dosée par une liqueur de potasse alcoolique N/10 en présence de thymolphthaléine : virage pH 9,4-10,4.

L'unité de papaïne est celle qui produit une différence de titration de 1 cm<sup>3</sup> de KOH N/10 avec le témoin.

L'activité est mesurée par le nombre d'unités contenues dans 1 mg de papaïne (varie entre 0,10 et 0,20).

#### Quantité de protéines non digérées.

On met en suspension une quantité connue de poudre de viande de bœuf et une quantité déterminée de papaye dans un volume donné d'eau.

Après incubation, la viande est en partie digérée c'est-à-dire liquéfiée. Il suffit, après centrifugation, de comparer la quantité de viande restante à une valeur de référence. Par différence, on en déduit l'activité de la papaïne.

Cette méthode préconisée par ANON « national Formaly » est reprise par HINKEL et ALFORD en utilisant des protéines solubles : caséine, albumine de sérum de bœuf. Les protéines sont précipitées par l'acide trichloroacétique et le volume est mesuré après centrifugation.

En France, le Codex indique une série de tests qui, s'ils sont positifs, permettent d'apprécier une valeur minimale de l'activité :

- 1) L'échantillon doit hydrolyser 166 fois son poids de fibrine de porc sèche soit 660 fois son poids de fibrine fraîche essorée.
- 2) L'extrait sec de l'hydrolysate doit être au moins de 1,5 g pour 2,5 g de fibrine sèche mise en jeu.
- 3) L'hydrolysate doit donner au polarimètre une déviation d'au moins 3° pour 2 dm<sup>3</sup> de solution.

#### En conclusion.

HINKEL et ALFORD ont démontré que la digestion aussi bien de la poudre de bœuf que de la caséine et gélatine est proportionnelle au logarithme de la concentration en enzymes.

En utilisant ces relations, ils ont pu comparer les 3 méthodes. La digestion de la viande permettrait de mesurer la quantité totale d'enzyme (forme active et forme inactive réversible) alors que la coagulation du lait ou la digestion de la gélatine mesureraient l'activité de l'enzyme inactive réversible.

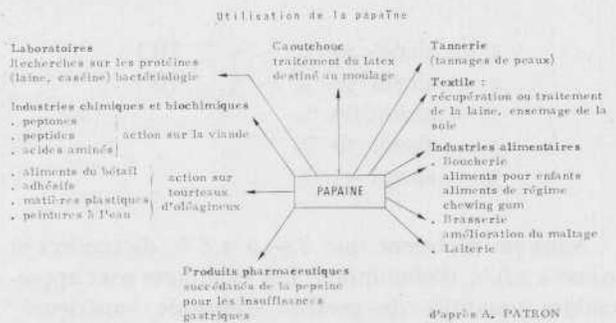
Il est montré que les 2 dernières méthodes apparaissent en corrélation et mesurent les mêmes propriétés de la papaïne.

La digestion de la viande de bœuf est également en corrélation avec les deux autres lorsque la papaïne a été activée.

Pour des travaux de routine, la méthode de coagulation du lait reste la plus valable car elle est facilement reproductible, sensible et simple (HINKEL et ZIPPIN).

UTILISATION DE LA PAPAÏNE.

PECKOLT, en 1879, indique que la papaïne est utilisée en médecine en Amérique.



Utilisation commerciale.

L'utilisation comme attendrisseur de la viande est connue depuis très longtemps dans les régions tropicales et subtropicales où le papayer est cultivé : en général, les morceaux de viande sont enveloppés dans les feuilles.

En brasserie, elle sert à la stabilisation de la bière surtout en présence de glutathion et d'acide ascorbique ; en tannerie, pour le chipage de la peau et des cuirs, en industrie du textile pour l'obtention d'une meilleure qualité de laine.

Utilisation thérapeutique.

GREENWAY (1948) fait la description suivante :

« Le fruit est utilisé comme dessert. Du latex on extrait la papaïne, enzyme ressemblant à la pepsine et utilisée pour faciliter la digestion, contre la dyspepsie, la fermentation gastrique, la diphtérie, le croup, en injections contre le cancer, pour attendrir la viande et clarifier les boissons ».

Actuellement, il n'est pas possible d'être aussi affirmatif en ce qui concerne le cancer notamment.

La papaïne fut remarquée pour ses propriétés anthelminthiques. L'injection de latex frais ou d'une solution de papaïne a pour effet une digestion des vers intestinaux tel que ascaris et tenia. Les difficultés de traitement et les suites quelquefois graves ont fait abandonner ce traitement.

Étant un enzyme protéolytique, la papaïne peut remplacer la pepsine stomacale et son emploi s'est montré très efficace dans des cas de dyspepsie et d'indigestion.

Elle est utilisée, à très faible dose, dans la préparation d'aliments pour enfants (aliments prédigérés).

Les utilisations sont nombreuses mais ne demandent souvent que de faibles quantités de papaïne : nous reproduisons ci-contre un tableau donné par A. PATRON en 1952 et que nous avons complété par quelques autres renseignements.

En France son utilisation est limitée aux industries de brasserie, produits pharmaceutiques, textile, tannerie, caoutchouc.

- Laboratoires : Préparation de milieux de culture.
- Pharmacie { Insuffisances gastriques et duodénales.  
Anémie tropicale et tenia.  
Utilisation comme « présure ».

LA PECTINE

C'est un constituant primordial des confitures et gelées. A partir d'une tonne de fruits, il est possible d'obtenir 10 kg de pectine. L'utilisation de la pectine de papaye a surtout été développée en Inde.

Cinq stades physiologiques du fruit furent déterminés :

- 1) fruit jeune, peau verte, pulpe blanche ;
- 2) fruit ayant terminé son développement, peau verte mais pulpe jaune pâle ;
- 3) *idem* à 2 avec peau jaune pâle et pulpe jaune ;

4) fruits de grande taille à peau jaune et pulpe jaune intense ;

5) fruits mûrs.

La quantité de pectine augmente jusqu'au 3<sup>e</sup> stade puis décroît. Le 3<sup>e</sup> stade est le plus adéquat (7 à 13 semaines après le début de la formation du fruit).

Les incisions pour la récolte de la papaïne ne paraissent pas influencer d'une manière appréciable le rendement en pectine (SINGH M. P.).

Plusieurs méthodes d'extraction ont été décrites.

— Les fruits mûrissants sont coupés en petits morceaux et passés dans un hachoir. La pulpe est pressée et le jus obtenu est mélangé avec celui s'égouttant du hachoir. Les matières colorantes, sucres et autres impuretés solubles sont enlevées par lavage à l'eau et décantation.

La pulpe est laissée dans l'alcool à 95 % pendant une nuit. Ensuite laisser égoutter, laver à l'eau, sécher à l'air (50-55° C).

La pulpe sèche est mélangée avec du sable et des aliquots sont extraits avec de l'eau distillée 0,5 % acide oxalique et 0,5 % oxalate d'ammonium. Après filtration, le filtrat peut être utilisé pour estimer la quantité de la pectine.

— Le C. F. T. R. I. (Mysore) propose la méthode suivante :

Les papayes sont pelées (les graines enlevées) mixées et trempées dans l'eau. La pectine est extraite avec HCl N/60 ou N/50 en 3 fois 30 mn à 97-100° C. Les extraits obtenus sont refroidis après addition de 0,1 % de métabisulfite de potassium (stockage pendant 1 nuit : sédimentation, décoloration).

L'extrait clarifié et décoloré est concentré 7 fois à 50° C sous un vide de 68,5 cm. La pectine est précipitée par 2 volumes d'alcool 95 % acidifié. L'acide chlorhydrique est ajouté à l'alcool ainsi que 0,5 % de métabisulfite de potassium. La pectine précipitée est séparée le lendemain. Elle est lavée 2 fois avec de

l'alcool à 90 % et finalement avec de l'alcool absolu. Ensuite on procède au séchage.

Une autre méthode est également proposée. Les extraits sont précipités avec du chlorure d'aluminium à pH 4,0.

Le pectinate d'aluminium précipité est purifié par lavage à l'alcool contenant du HCl. Le séchage est fait à 37° C pendant 5 h. La pectine obtenue par cette méthode est blanche et n'a pas d'odeur de papaye. (12-15 % de cendre, 4-5 % d'alcool.)

Pour diminuer la quantité de cendres on peut laver en suivant la série ci-après :

- 1 — alcool 40 % + 5 % HCl
- 2 — alcool 50 % + 5 % HCl
- 3 — alcool 60 %
- 4 — alcool 70 %
- 5 — alcool 95 %

Ainsi on n'obtient que 0,95 à 1,8 % de cendres et 0,008 à 2,6 % d'aluminium. Les avantages sont appréciables (quantité de pectine récupérée supérieure ; besoin en alcool très réduits, 17-20 l/kg de pectine contre 86 l/kg par précipitation à l'alcool ; concentration sous vide et précipitation à l'alcool non nécessaires). Le stockage peut être réalisé pendant 4 jours à 2-5° C sans SO<sub>2</sub> ou bien à température ambiante avec SO<sub>2</sub>.

Récolte de pectine et caractéristiques (influence des méthodes d'extraction).

EXTRACTION	FRUITS MÛRS			FRUITS VERTS	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N/50	0,5 % oxalate d'ammonium	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N/50	0,5 % oxalate ammonium
Récolte (%).....	25	36		26	39
Humidité (%).....	13,9	13,36		7,50	15,66
Cendres (%).....	2,16	1,98	0,27	3,61	2,83
Pectate de calcium (%).....	59,55	67,75	74,28	50,65	56,45
Anhydride uronique (CO <sub>2</sub> × 4).....	59,44	64,28	66,34	46,04	51,84
Furfural (%).....	23,27	24,12		15,69	51,84
Valeur methoxilique (%).....	5,87	6,23	7,08	4,36	4,82
Force de gélification (s).....	93	97		67	81
« Syneresis » (°C).....	42	47		34	39
Acide dans gel (%).....	1,42	1,38		1,43	1,28
Sucre dans gel (%).....	60,5	59,3		62,8	63,2
Pectine dans gel (%).....	0,42	0,47		0,48	0,37

D'après KRISHNAMURTHY C. R. et GIRI K. V. (1949), TREHAN Y. N. et col. (1947).

Une méthode regroupant la récolte de papaïne et la récolte de pectine est proposée. A la fin de la production du latex, les fruits sont récoltés pour l'extraction de la pectine.

La production de pectine est de 117 kg/ha soit 1 %.

Pour augmenter la durée de conservation de la pectine, on peut inhiber la pectinestérase par le saccharose à une concentration de 7 à 13 %. L'effet inhibiteur serait linéaire pour toutes les concentrations de saccharose (jusqu'à 50 %).

En Inde, on estime que le bénéfice correspond à 19 % du capital investi (production intégrée de papaïne et de pectine).

*Schéma du processus intégré.*  
Plantation de 1 ha (1,7 t de fruits).

incision avec couteau ou une lame de rasoir	à la fin de la récolte de papaïne récolte des fruits coupe, épluchage, mixage, filtration, 3 extractions avec eau bouillante (pH 4,0)
récolte du latex séchage et purification	extrait de pectine filtration suivie par précipitation par $AlCl_3$
4,2 kg de papaïne (0,25 %)	pectine brute filtrations suivies par un lavage à l'alcool
	pectine purifiée séchage
	<i>poudre de pectine 17 kg (1 %)</i>

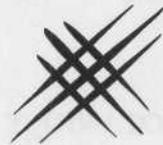
(D'après C. F. T. R. I. Mysore.)

### CONCLUSION GÉNÉRALE

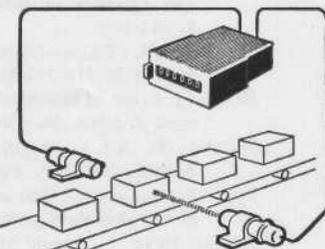
*Carica papaya L* est une plante intéressante à maints égards :

- déterminisme sexuel (3 sexes avec des équilibres plus ou moins stables),
- morphogénèse (forme des feuilles, phyllotaxie) en relation avec les conditions écologiques,
- culture (techniques, rendements),
- utilisation des fruits comme aliment ou bien pour l'extraction de papaïne et de pectine.

Pour achever cette étude, nous avons pensé qu'il serait utile de donner une bibliographie étendue. Les documents, signalés dans les pages qui suivent, sont classés par grands chapitres.



**Contrôle le plus sûr, le moins cher!**



Compteur totalisateur  
**B L E T**  
combiné avec  
Ensemble de  
Commande photo-électrique

- comptage
- protection
- sécurité
- sanitaire

BLET

INSTRUMENTS DE MESURE  
ET DE CONTRÔLE DE PRÉCISION  
132, faubourg St-Denis, PARIS (X<sup>e</sup>)  
Tél. : COMbat 44.16 (3 lignes groupées)  
BORDEAUX - LYON - STRASBOURG

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### GÉNÉRALITÉS

- AIYAPPA (K. M.) et NANAJAPPA (P. P.). — (1958). New varieties of fruit plants in Coorg. *Mysore agri. j.*, 33, n° 3, p. 160-161.
- CADILLAT (R. M.). — (1967). Les fruits tropicaux et subtropicaux, *doc. ronéotypé* I. F. A. C. 85 p.
- CHANDLER (W. H.). — (1950). Evergreen orchards. Lea and Febiger ed. Philadelphie, ch. 10, p. 229-242.
- HILGEMAN (R. N.) et REUTHER (W.). — Evergreen tree fruits in irrigation of agriculture lands, p. 704-718.
- HUGUES (G.). — (1750). The natural history of Barbados, p. 181, Londres.
- JONKER (F. P.). — (1964). Heyerdahl's Kon Tiki and its relation to ethnobotany. *Ann. Rep. Smithsonian Inst. Wash.*, n° 4778, p. 535-550.
- LEROY (J. F.). — (1944). Fruits tropicaux et subtropicaux d'importance secondaire. *Rev. bot. appl.*, XXIV, p. 190-199.
- LEROY (J. F.). — (1946). Le papayer (*Carica papaya* L.) et les problèmes scientifiques que posent sa culture et son amélioration. F. O. M., I (11).
- LEROY (J. F.). — (1968). Les fruits tropicaux et subtropicaux. P. U. F., coll. Que sais-je, 126 p.
- MOREAU (B.). — (1964). Mission auprès de la « fédéрация nacional de cafeteros » de Colombie I. F. A. C.
- MORINC. — (1955). Cultivo de frutales tropicales y menores. Lima, ed. jurídica, 401 p.
- MUDERJEE (S. K.) et SINGH (R. N.). — (1964). Fruit that grow well in Delhi region. *India Hort.*, p. 21-27.
- MULLER (A. S.). — (1941). El reconocimiento de las enfermedades de las plantas cultivadas en Venezuela. *Bol. Soc. Venezuela cienc. nat.*, 7, p. 99-113.
- MUNIER (P.). — (1967). Étude pour le développement des cultures fruitières en Haute-Volta. I. F. A. C. Paris, fév., 63 p.
- OCHSE (J. J.) et col. — (1961). Tropical and subtropical agriculture. vol. I, Mac Millan Company (N. Y.) p. 586-695.
- OPPENHEIMER (C.). — (1947). The acclimatisation of new tropical and subtropical fruit trees in Palestine.
- PY (C.). — (1950). Notes sur l'arboriculture fruitière et les stations de recherches agricoles aux U. S. A. Hawaï, Antilles, 5 p.
- PY (C.). — La production fruitière des îles Hawaï. F. O. M., 5, n° 7.
- PY (C.) et FOUQUE (A.). — (1963). Les cultures fruitières de Porto Rico. *Fruits*, 18, n° 7, p. 325-336.
- SAITO (Y.) et YAMAMOTOS. — (1965). Some studies on the cultivation of tropical horticulture crops in the warm region of Japan. *Miyazaki Uni. fac. agri. Bull.*, II (1-2), p. 206-219.
- SCHUNCK DE GOLDFLIEM (J.). — (1934). Le *C. Papaya* au jardin d'essai de Guinée. Presse med., 42, p. 387.
- TACHDJIAN (Ed.). — (1933). État actuel de nos connaissances sur le papayer. *Rev. bot. appl.*, XIII.
- VAN DEN ABEELE (M.) et VANDENPUT (R.). — (1956). Les principales cultures du Congo belge. 5<sup>e</sup> ed., p. 789-798.
- VAN DER MEULEN (D. R.). — (1967). Our subtropical fruit industry farming in S. A. august, p. 362-33-35.
- ZIMMERMANN (M. M.). — (1964). The formation of wood in forest trees. Academic Press, 562 p.
- (1965). Cultivos agrícolas de Costa Rica. Manuel de recomendaciones. *Bol. tech. minist. agri. Ganaderia*, 35, p. 1-161.
- (1966). A plan for agricultural development in Hawaii. Dep. of agri., p. 57-66.

### BOTANIQUE

- ARNOLD (G. H.) et BAAS BERCKING. — (1949). Notes on the stem structure of *Carica papaya* L. *Annals of the Botanic Gardens Buitenzorg*, vol. 51, p. 199-230.
- ASOEVA (E. Z.). — (1961). — Structure anatomique de *Carica quercifolia*. *Ouch. sap. Piatigarshijpharmazevt. Int. T.*, vol. 5, p. 99-102.
- COBLEY (L. S.). — An introduction to the botany of tropical crop. p. 281-285.
- CORREA (D. C.), MELLO (J.) et SPRUCE (R.). — (1869). Notes on papayaceae. *J. Linn. Soc. Bot.*, X, p. 1-15.
- FOSTER (L. T.). — (1943). Morphological and cytological studies on *Carica papaya*. *Bot. Gaz.*, 105, p. 116-126.
- GRAF ZU SOLMS (H.). — (1895). Caricaceae : in Engler A. et Prantl K. *Natürliche Pflanzenfamilien* III, 6 a, p. 94-99.
- HEILBORN (O.). — (1922). Taxonomical and cytological studies on cultivated Ecuadorian species of *Carica*. *Arkiv. for Botanik*, 17 (12), p. 1-16.
- HOFMEYR (J. D. F.). — (1949). Cytogenetics in relation to breeding problems of *Carica papaya* L. *S. Afr. J. Sci.*, vol. 45, p. 96-97.
- KRATZER (J.). — (1918). Du verwandtschaftlichen beziehungen der cucurbitaceen auf grend ihrer samenentwicklung mit spezieller beruchsihtigung der Caricaceen, Passifloraceen, Aristolochiaceen und Loasaceen. *Flora*, 10, p. 275-343.
- KILMER (F. B.). — (1903). The history of the papaw. *Bull. Dep. Agri. Jamaica*, 1.
- KUMAR (L. S. S.), Abraham (A.) et Srinivasan (V. K.). — (1945). The cytology of *carica papaya* L. *Ind. J. Agr. Sci.*, 15, p. 242-253.
- MASTERS (M. T.). — (1869). Vegetable teratology. For Royal Soc. by R. Hardwicke Lon.
- MELLO (J. C. de) et SPRUCES (R.). — (1869). Notes on the Papayaceae. *J. Linn. Soc. (Bot.)*, 10, p. 1-14.
- MILANO (V. A.). — (1959). Caricaceae. *Plant. cultiv. Republ. Argent. Inst. Bot. Agri.* (135), p. 3-13.
- PURI (V.). — (1951). The role of floral anatomy in the solution of morphological problems. *Bot. Rev.*, 17, p. 471-553.
- SHANTI DEVI. — (1952). Studies in the order Parietales. III. — Vascular anatomy of the flower of *Carica papaya* L. with special reference to the structure of the gynoecium. *Proc. indian. Acad. Sci.*, vol. 36, n° 2, sec. B, p. 59-69.
- USTERI (A.). — (1907). Studien über *Carica papaya*. *Ber. Deutsch. Bot. Gesell.*, 25, p. 485-495.