

LE PAPAYER

(Deuxième partie)

par **A. LASSOUDIÈRE**

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer.

LE PAPAYER

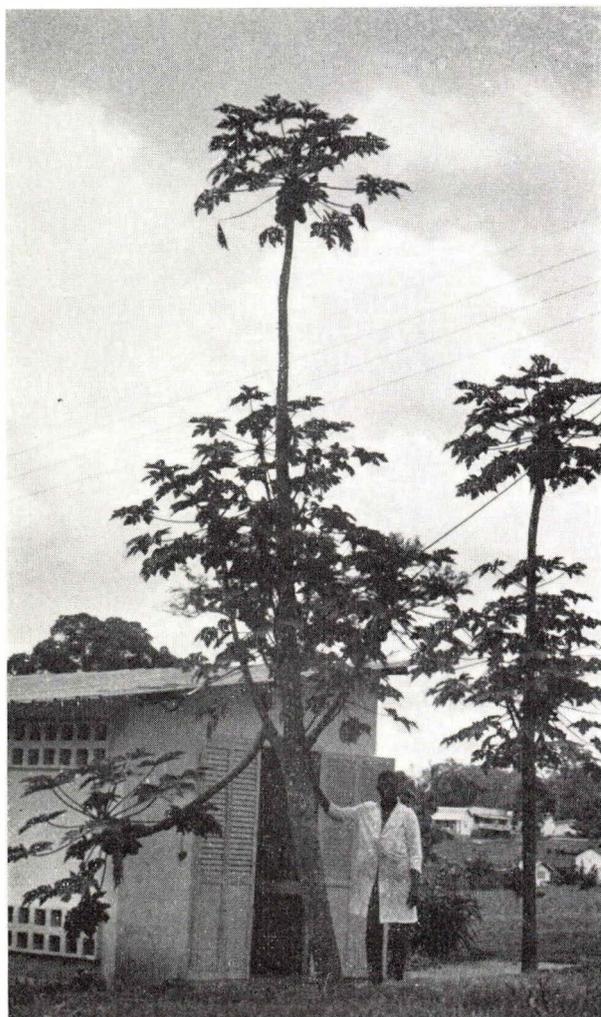
(2^e partie)

DESCRIPTION ET GÉNÉTIQUE

par A. LASSOUDIÈRE (I. F. A. C.).

Fruits, vol. 23, n° 11, déc. 1968, p. 585 à 596.

Photo n° 1. — Papayers solo utilisés comme porte-graines.



RÉSUMÉ. — Le développement de l'embryon est décrit. La graine est enrobée dans un sarcoteste succulent. La germination est épigée. Il existe une phase de jeunesse très nette.

Au point de vue végétatif, il y a d'assez grandes différences entre les trois types sexuels.

Quelques variétés sont mentionnées.

Carica papaya possède neuf paires de chromosomes. L'expression du sexe est très influencée par les conditions climatiques, en particulier les températures minimales.

Il y aurait deux types de facteurs modificateurs (type féminisant et type masculinisant).

† Les études faites par HOFMEYR en République sud-africaine et STOREY à Hawaï permettent de penser que le caractère sexuel principal est déterminé soit par un gène à trois allèles soit par un complexe de gènes liés étroitement.

Min : mâle.

Mzm : hermaphrodite.

mm : femelle.

M1 M2, M1 M1 et M2 M2 seraient léthaux.

STOREY donne une représentation plus détaillée en faisant intervenir des gènes secondaires.

Il est apporté quelques précisions sur la polyploïdie, la pollinisation, le pollen.

(A suivre.)

DESCRIPTION DE LA PLANTE, BOTANIQUE

Le papayer est un arbuste à croissance rapide pouvant acquérir une taille importante.

Cette plante a plusieurs phases de développement :

1. Phase de germination.
2. Phase de jeunesse.
3. Phase adulte comprenant une phase purement végétative et une phase de longueur indéfinie à la fois végétative et reproductrice.

La graine et sa germination.

Les graines sont petites, avant le séchage, elles sont enrobées d'un mucilage. Après séchage, elles sont très

rugueuses, couvertes d'aspérités. La forme et la couleur varient avec les variétés. Les graines de la variété locale de Côte-d'Ivoire sont noires et presque sphériques. Solo n° 8 possède des graines ovoïdes, grises, avec des sillons longitudinaux.

Ces graines ont un goût de cresson. R. C. BADAMI et C. D. DAULATABAD (1967) donnent la composition suivante de l'huile extraite :

Acide	Poids (%)
laurique.....	0,4
myristique.....	0,4
palmitique.....	16,2
stéarique.....	5,0
arachidique.....	0,9
behenique.....	1,6
hexadecenoïque.....	0,8
oléique.....	74,3
linoléique.....	0,4

Il y a 17,8 à 24,5 % d'acides saturés (surtout palmitique).

FOSTER, le premier, a étudié le développement du sac embryonnaire de *Carica papaya*. Ce développement est du type *Polygonum*. Le tube pollinique est persistant.

D. SINGH a complété les études antérieures. L'ovaire, supère, contient un grand nombre d'ovules anatropes bitégumentés.

Le développement de l'endosperme est du type *noyaux libres*. Dans les premiers stades les nucléi et le cytoplasme sont concentrés dans la zone périphérique du sac embryonnaire.

Les régions du micropyle et de la chalaze sont plus denses. La formation des cloisons est centripétale, elle commence seulement lorsque les noyaux sont bien formés.

Les cellules de l'endosperme se divisent d'une manière péricleinale et forment des rangées de cellules régulièrement disposées. L'endosperme est persistant et sert de réserve.

L'embryon se développe très lentement et les jeunes zygotes sont orientés d'une manière quelconque dans le sac embryonnaire. La première division du zygote est transversale (une cellule basale et une cellule terminale ou apicale).

Les premiers stades du développement sont irréguliers. En fin de développement les cotylédons sont différenciés. L'embryon comporte un suspenseur à l'extrémité de la radicule. Ce suspenseur persiste dans l'embryon mature.

En ce qui concerne le développement des graines, D. SINGH a montré :

— que les cellules nucellaires augmentent de taille et se différencient (cutinisation de la zone externe de l'épiderme nucellaire dans le micropyle).

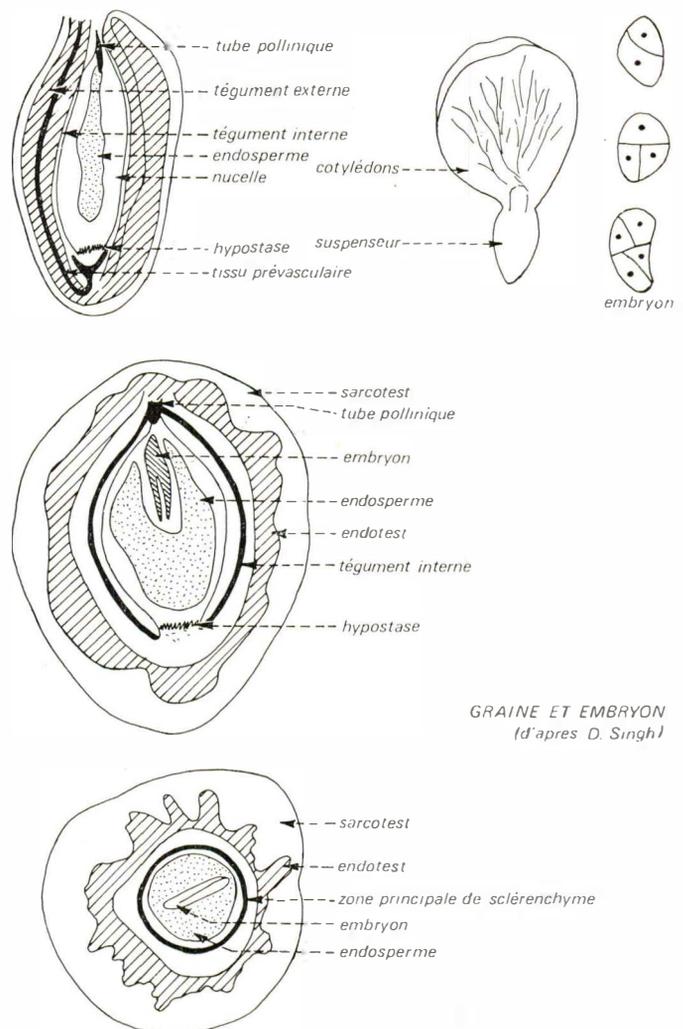
— que « l'hypostase » se forme tout à fait à la base du nucelle (six à sept couches de cellules) ;

— que toutes les cellules de la chalaze persistent dans la graine mature.

Le tégument interne est composé de six couches de cellules. Les cellules de

la couche externe augmentent de taille et se sclérifient (zone de rupture). Dans les couches internes, il y a imprégnation de tannins. Le tégument interne (exine) est formé de six à huit couches de cellules. Les couches externes sont plus grosses et se multiplient par divisions péricleinales (épaississement du tégument). Ces cellules se divisent plus rapidement dans certaines zones (formation de sillons et crêtes) et constituent l'*endotest*.

Les cellules de l'épiderme externe s'allongent radialement et par place d'une manière péricleinale. Les tissus constituent le *sarcotest*, portion succulente de la graine, translucide et tendre. Les cellules du sarcotest, exposées à l'air, perdent leur eau rapidement et se désagrègent.



GRAINE ET EMBRYON
(d'après D. Singh)



РНОТО n° 2. — Jeune papayer. Observer l'évolution de la forme des feuilles.



РНОТО n° 3. — Papayer de 2 ans recepté.

Les graines de *Carica papaya* ressemblent beaucoup à celles des violacées et passifloracées.

La germination des graines est rapide elle est du type épigé. Les deux cotylédons possèdent un limbe simple non découpé épais. Le pétiole est très court.

Phase de jeunesse.

La première feuille est toujours perpendiculaire à l'axe passant par les deux cotylédons.

A notre connaissance, l'étude de cette phase de jeunesse n'a pas été poussée au maximum, notamment en ce qui concerne l'évolution de la phyllotaxie et l'évolution de la forme des feuilles.

Ces études seraient à envisager en liaison avec le sexe de la plante.

Au point de vue forme des feuilles, on trouve tous les stades entre feuille entière et feuille à sept lobes ou neuf lobes.

Phase végétative.

La phase végétative pure est de courte durée (six à douze mois selon les conditions écologiques et les variétés).

La dominance apicale est très forte, si bien que l'arbre ne possède pas de branches latérales.

Mais cette dominance est variable selon les variétés (*Blue Solo* et *Tapachula Red* ont assez souvent, après un an, des branches axillaires vers 30 cm au-dessus du sol).

Dans les essais de recepage, sur des papayers de deux ans, nous avons constaté :

— Le faible développement des bourgeons entre 0 et 30 cm au-dessus du sol.

— La dominance acquise rapidement d'une branche sur les autres.

Assez souvent, nous trouvons deux branches — en position opposée — d'égal développement.

A chaque aisselle foliaire, il existe plusieurs bourgeons végétatifs. Souvent, lors d'un recepage, on observe trois ou quatre départs de branches à la même aisselle.

Phase végétative et fructifère.

Les premières inflorescences apparaissent rapidement. A chaque aisselle foliaire il y a une branche inflorescentielle et une série de bourgeons végétatifs disposés au-dessus de l'inflorescence.

Un fait intéressant est à noter : c'est la différence de croissance entre plantes mâles, femelles et hermaphrodites comme le montre le tableau ci-dessous.

Hauteur et circonférence, un an après la plantation.

Sexe	Nombre de plantes	Hauteur	Circonférence
Mâles.....	20	348,5	40
Femelles.....	82	244	30
Femelles gros fruits.....	16	279	33
Hermaphrodites.....	261	268	34
Total.....	379		

(Azaguié — Plantation Solo n° 8).

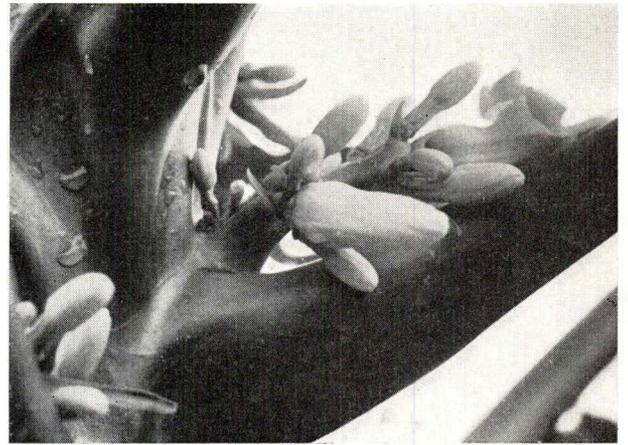
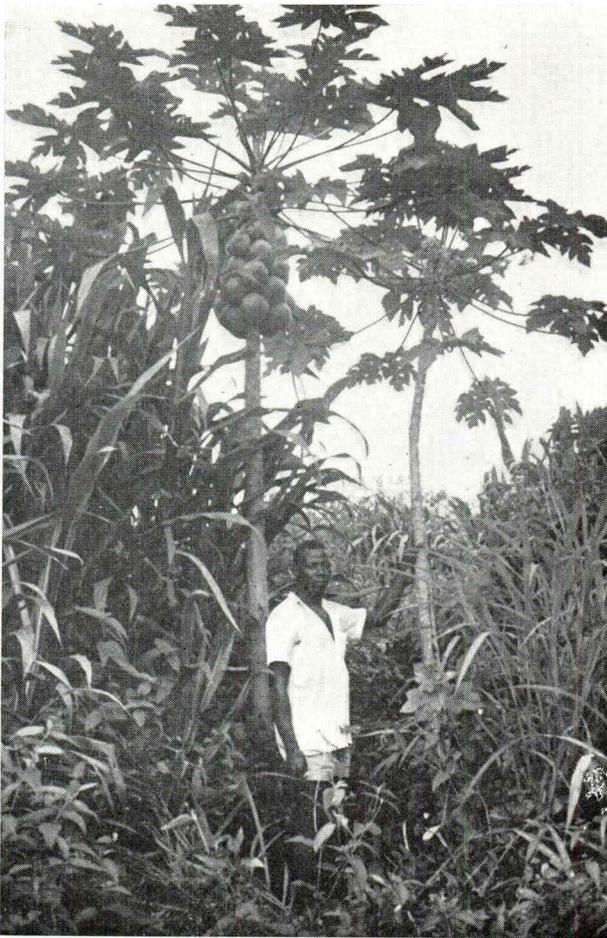


PHOTO n° 5. — Inflorescence de papayers femelles.

←
PHOTO n° 4. — Papayers de 2 ans. Variété locale à pétiole rouge.
Illustration de la dominance apicale.

Nous avons décrit les types d'inflorescences et de fleurs dans un autre article. Ici, nous rappellerons seulement que la répartition entre les différents types de fleurs est variable selon les saisons.

Nous donnons ci-dessous le nombre de fruits ayant dépassé le stade 3 cm de long pendant le mois de juin 1968.

Plantes hermaphrodites.

	Nombre total	Valeur moyenne	Total par plante	Pourcentage
Moins de 5 carpelles.....	131	1,4	0,5	3,22
Type 4.....	2 661		10,19	65,33
Type 5.....	20		0,08	0,49
Type I.....	181		0,69	4,44
Plus de 5 carpelles.....	373	2,1	1,43	9,16
Aisselles sans fruits.....	707		2,71	17,36
Total fruits.....	3 366		12,90	82,64
Total aisselles.....	4 073		15,00	100

Plantes femelles.

	Nombre	Total par plante	Pourcentage
Aisselles avec fruits.....	838	8,5	54,6
Aisselles sans fruits.....	697	7,2	45,4
Total.....	1 535	15,7	100

Formation du fruit.

Le fruit du papayer est une baie. Le développement du fruit dépend des conditions climatiques et de la pollinisation.

Une fleur non pollinisée se développe légèrement puis tombe.

Le nombre de graines dans le fruit ainsi que leur répartition influencent le développement de la pulpe.

Le développement du fruit demande souvent six à sept mois, cette durée est fonction :

- des conditions climatiques (en particulier les températures minimales et l'humidité) ;
- du temps d'initiation de la fleur (nombre cumulé d'unités de chaleur) ;
- de la compétition avec les autres fruits ;
- de l'effet clonal ;
- de la source de pollen. En effet le pollen de certains arbres mâles semble entraîner une croissance plus faible.

Variétés.

Il est nécessaire de distinguer les variétés utilisées pour la production de papaine des variétés pour la production de fruits.

Les principales variétés utilisées pour la production de fruits sont :

— *Solo n° 8*, papayer de taille moyenne, fruits de 350-400 g. La pulpe est rouge à maturité et très bonne. Le rendement espéré est de 40 à 60 t par hectare et par an. L'auto-fécondation des fleurs hermaphrodites peut aboutir à l'obtention d'hermaphrodites que si la sélection est continue.

— *Bluestem* : l'une des variétés les plus répandues en Floride.

— *Betty* : variété dioïque. Les fruits sont de taille moyenne, la pulpe est tendre. Elle ne peut servir que pour les marchés locaux.

— *Hortus gold* (Afrique du Sud) : très bonne variété. Elle est utilisée aussi pour la fabrication de boissons (papaye + banane).

— *Singapore* : taille élevée. Fruits allongés.

La peau est verte tournant au jaune à maturité. Les graines sont nombreuses, la pulpe bonne (fruits de 0,9

à 1,3 kg). A la station de Malaya, elle est considérée comme la plus productive.

— *Hawaiian* ou *Hawaiian Breakfast* : fruits ronds pesant de 750 g à 1,500 kg) bonne saveur.

— *Semangka* : fruits allongés et lisses, 1,5 à 2,5 kg. Pulpe rose.

On trouve encore d'autres variétés : *Frairchild*, *Graham*, *Kissimmee*, etc.

En Floride, *Blue Solo* est également une variété importante. Elle provient d'un croisement *Solo* × papayer de grande taille *blue*. Les fruits sont presque uniformes, bon rendement, bonne qualité.

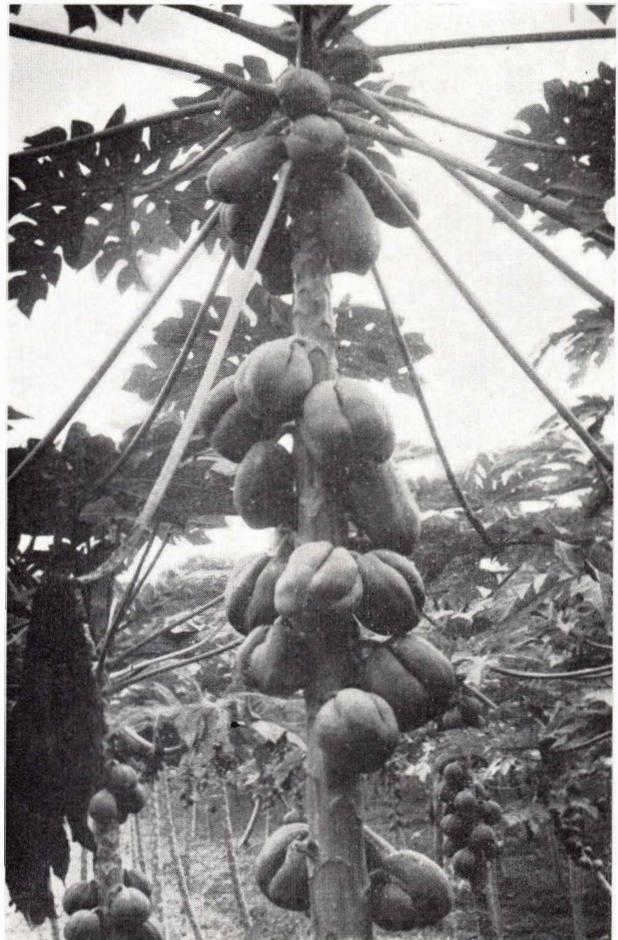
A Cuba, *Maradol* semble une bonne variété, riche en sucre. Les fruits pèsent de 1 à 3 kg.

DE CARVALHO indique que le rendement augmente de 50 % lorsque l'on passe avec cette variété de la plantation (3 m × 2,5) à (3 m × 1 m).

NAKASONE a montré sur *Betty* (demi-nain, fructification précoce) croisée avec *Solo n° 5* (grande, fructification tardive) qu'il existait une corrélation hautement significative entre la hauteur de la première fleur et le nombre de nœuds existant au moment où elle se forme. La floraison est d'autant plus précoce que le nombre de nœuds est plus faible.

AIPPA (1958) signale que la variété *Coory Honey* donne trente à quarante fruits par an et par arbre soit 45 à 60 kg. Ces fruits sont doux, petits et presque aspermes.

PHOTO n° 6. — Variété locale à gros fruits.



QUELQUES ÉLÉMENTS SUR LA GÉNÉTIQUE DU PAPAYER

Carica papaya possède neuf paires de chromosomes. Des études ont été faites pour déterminer s'il n'y avait pas de chromosomes sexuels.

Les opinions sont divergentes sur ce sujet. ABRAHAM et SRINIVASAN pensent qu'il y a une paire de chromosomes se séparant précocement à l'anaphase I de la méiose des mâles et hermaphrodites alors qu'ils n'ont rien observé de tel dans la méiose des femelles.

W. S. STOREY n'a jamais observé de faits très significatifs.

Les gènes étudiés à partir de mutants sont les suivants d'après STOREY.

- a : plante albinos, récessif de plante normale verte ;
- d : plante naine, très branchue, récessif sur normal ;
- dp : plante naine (récessif), feuilles petites avec pétiole court et frêle ;
- cp : feuilles crispées (récessif) ;
- rg : feuilles rugueuses (récessif) ;
- w : feuilles avec ondulations (récessif) ;
- r : pulpe rouge (récessif) ;
- y : couleur jaune des fleurs (dominant) ;
- p : tige et pétioles rouges (dominant) ;
- B : graines grises (dominant sur noir).

HOFMEYER rapporte que Y et P sont liés au sexe avec la relation approximative suivante : M, 25 Y 16 p (confirmé par STOREY) mais cette liaison sexe-couleur de la fleur n'est pas intéressante pour déterminer le type sexuel (l'anatomie florale est beaucoup plus simple à voir).

D'autre part la valeur du crossing-over entre couleur des graines et sexe serait de $31,1 \pm 4,5 \%$.

Diverses considérations (notamment les valeurs de C. O.) font dire à STOREY que les facteurs déterminant le sexe sont localisés dans une zone étroite.

Quelques données sont fournies par STOREY sur les caractères quantitatifs. La taille des fruits dans les hybrides F₁ semble liée à la moyenne arithmétique des parents ; dans la F₂, STOREY trouve la série normale (d'un extrême à l'autre). La même distribution semble exister pour le poids des fruits. NAKASONE indique que la hauteur de la première inflorescence est déterminée par deux groupes de facteurs multiples indépendants :

- longueur des entre-nœuds,
- nombre de nœuds.

L'intervalle germination de la graine — floraison est lié au nombre de nœuds.

HIGGINS donne une liste des caractères principaux à étudier dans un programme de sélection :

- vigueur de l'arbre,
- précocité de fructification,
- port des arbres,
- productivité mais pas excès de graines,
- hermaphroditisme,
- taille du fruit,
- récolte de papaine,
- uniformité de la forme,
- uniformité de maturité,
- coloration de la pulpe,
- placenta aisément séparable,

— bonne flaveur, bonnes qualités gustatives.

Auxquels on peut ajouter (cavité ovarienne petite, fermeté de la pulpe, nanisme des arbres).

L'expression du sexe en relation avec les conditions climatiques et nutritionnelles.

Les expériences et observations ont eu pour objet l'étude de l'influence :

- du climat (température, longueur du jour,
- de l'ensachage,
- de la vigueur des plants,
- de la défoliation et de la défloraison.

Influence de climat.

Minoru AWADA (Hawai Agricultural Experiments Station), travaille sur des papayers *Solo* dont les graines donnent un pourcentage relativement faible de fleur « carpelloïdes ».

Les études ont été menées dans trois stations dont les caractéristiques météorologiques sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Les variations des pourcentages de fleurs carpelloïdes dans chaque localité sont significativement plus faibles que celles entre les stations :

- Plus de fleurs carpelloïdes quand les températures sont plus faibles.
- Prédominance de fleurs stériles (4 +) quand les températures sont élevées (Honolulu).

Les résultats de M. AWADA

	Altitude (m)	Pluviométrie (mm)	Longueur — jour	Température moyenne	
				Minimum oF	Maximum oF
Honolulu.....	30,5	950	10,9 — 13,4	69,7	80,8
Kainaliu.....	450	1 800	11,0 — 13,5	59,9	76,1
Makawao.....	630	1 925	11,0 — 13,6	58,3	72,0

montrent que le pourcentage de fleurs carpelloïdes est en corrélation significative avec la température minimale et le taux de croissance (hauteur et circonférence).

A. H. LANGE indique pour sa part que la température minimale très faible, ou de grandes différences entre jour et nuit, stimule la formation de fleurs femelles.

Effet de l'ensachage.

Les arbres sont placés sous tente de polyéthylène.

Une tente mise pendant un mois, sur un papayer hermaphrodite normal, entraîne une modification du type floral assez importante (transformation en femelle complète après quatre semaines).

L'effet du polyéthylène se fait sentir pendant encore un mois après son enlèvement.

Il suffit que le traitement soit fait pendant douze à quinze jours pour observer les mêmes effets. Il apparaît (selon LANGE) que, de la différenciation sexuelle à la fleur (5 mm de long) il s'écoule un délai de un mois.

	Traitement	Type floral Moyenne après :					
		0 semaine	1 semaine	8 semaines	12 semaines	14 semaines	18 semaines
	Témoin.....	10,2	11,6	12,8	12,7	13,4	12,1
	Polyéthylène.....	8,3 NS	0,5 S	1,7 S	9,8 NS	11,8 NS	10,5 NS
		0 semaine	5 semaines	7 semaines			
Expérience de 1 mois sur 2 branches type 10	Témoins branche n° 1...	10,3	10,2	8,7			
	Témoin branche n° 2...	10,2	9,4	8,9			
	Polyéthylène 1.....	10,0	2,4	7,1			
	Non traité 2.....	10,0	8,0	8,1			
		NS	S	NS			

D'après A. H. LANGE (modifié).

Mais dans ces expériences il est difficile de savoir quel est le facteur d'action :

- Humidité relative (100 %).
- Composition atmosphérique.

- Intensité lumineuse.
- Température.

Vigueur des plantes.

Nous avons déjà vu que, d'après

M. AWADA, il y avait une corrélation entre pourcentage de fleurs carpelloïdes et vigueur des plants.

A. H. LANGE donne des comparaisons entre plantes faibles et plantes fortes, à différents âges :

	Vigueur	Age (mois)	Hauteur (cm)	Circonférence (cm)	Type floral
1	T	8	238,8	43,6	7,9 S à 1 %
	F	8	164,8	27,9	9,9
2	T	9	178,6	27,3	8,6 S à 1 %
	F	9	140,7	22,6	9,3 S à 1 %
3	T	11	277,6	48,3	7,4 S à 1 %
	F	11	238,2	43,4	8,7
4	T	14	365,0	55,2	9,5 NS à 1 %
	F	14	329,2	48,8	9,6
5	T	23	472,8	43,0	9,5 NS à 1 %
	F	23	387,2	57,2	9,8

T = grande taille (croissance rapide).
F = petite taille (croissance lente).

Pourcentage de feuilles enlevées	Type floral moyen 5 semaines après
0	8,0
50	10,1
90	11,9
LSD	1,87
	2,73

Les résultats fournis par M. AWADA sont plus détaillés :

Traitements en février	2 mois		3 mois		4 mois	
	4 +	Carpel.	4 +	Carpel.	4 +	Carpel.
Défoliation.....	80,4	0	1,6	1,8	0	0
Témoin.....	0	15,3	0	35,5	0	6,4
F à 1 %.....	S	S	NS	S	NS	S

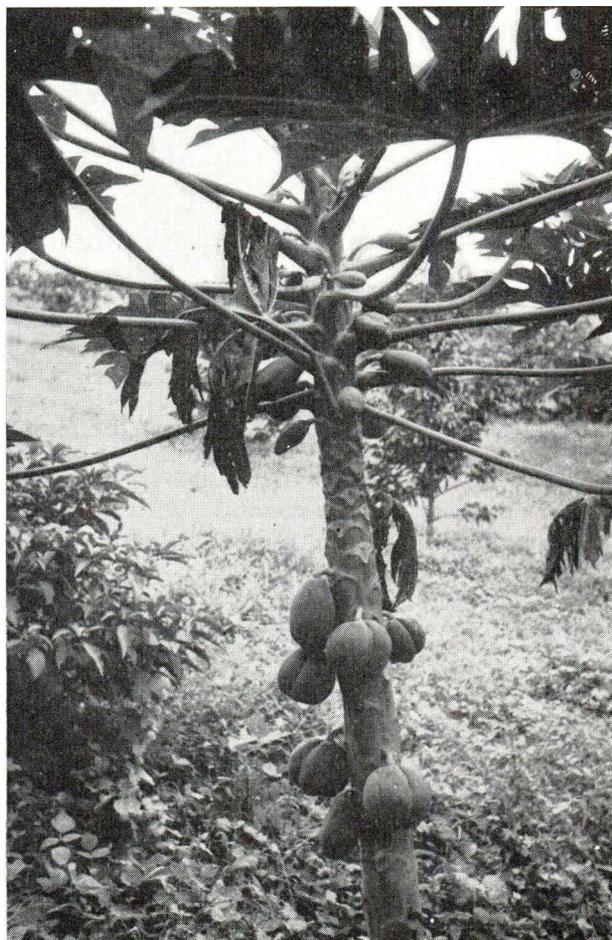


PHOTO n° 7. — Influence des conditions climatiques défavorables sur la fructification d'un papayer hermaphrodite.

Les jeunes arbres vigoureux, fleurissant au début de l'hiver produisent plus de fleurs et de fruits tendant à être carpelloïdes que les arbres plus faibles de la même expérience.

Défoliation, défloraison.

A. H. LANGE a enlevé de 50 à 90 % des feuilles de jeunes plants juste avant la floraison :

La défoliation forte en février permet de réduire la croissance. Cette défoliation tend à favoriser le développement de plus (4 +) alors que la défloraison aurait une certaine tendance à accentuer la production de fleurs carpelloïdes.

Les résultats semblent peu clairs surtout si l'on tient compte des actions indirectes.

Conclusion.

La modification de l'expression du sexe par les conditions externes ont été reportées par beaucoup d'auteurs. Les résultats sont quelque peu divergents.

Les températures basses — ou une grande amplitude thermique entre le jour et la nuit — favoriseraient l'ini-

tiation de fleurs à tendance femelle. Pourtant SINGH et col. (1963) mentionnent que, pour les arbres hermaphrodites, en début d'hiver, la stérilité femelle augmente. La fertilité ne redevenant correcte que lorsque les températures sont élevées et l'humidité faible.

La photopériode ne semble pas très influente.

Toutes les études entreprises ont montré l'influence de la température mais elles ne sont pas suffisamment précises et souvent ne concernent qu'un seul facteur alors que, probablement, il y a interaction notamment entre température et humidité.

Étude du comportement sexuel.

Nous avons vu précédemment le nombre de types de fleurs chez le papayer. Toutefois trois types principaux s'en dégagent :

- type mâle pur (pédoncules longs, inflorescences assez complexes),
- type hermaphrodite (inflorescences avec peu de fleurs),
- type femelle (peu de fleurs; fleurs sans étamine).

Les études de W. B. STOREY laissent penser que le déterminisme génique d'absence ou présence d'ovules,

absence d'étamines est identique pour l'ensemble des trois types. Il se pourrait qu'il soit dû à un seul gène ayant des effets pléiotropiques.

HOROVITZ (d'après STOREY) postule l'existence de substances florigènes spécifiques femelles ou mâles sous le contrôle d'un gène ayant deux allèles. L'allèle dominant donnerait une structure mâle, le récessif entraînant la formation d'une structure femelle. STOREY pense plutôt à deux jeux de facteurs génétiques modifiant l'expression du sexe :

- un jeu serait responsable des changements saisonniers de la fertilité femelle (action sur le développement antigénique des carpelles) ;
- un jeu serait responsable des formes carpelloïdes.

La stérilité femelle est un caractère sexuel limité se trouvant seulement dans les génomes des arbres hermaphrodites ou mâles.

Peu de détail sont fournis sur les gènes intervenant dans la stérilité femelle et le phénomène carpelloïque (dominance, nombre de gènes, etc.).

Quand les deux ensembles de facteurs se trouvent dans le même génome, STOREY pense que le caractère stérilité femelle devient épistatique.

HOROVITZ (1954) pense que la

variabilité sexuelle dépend de la présence des allèles F ou Fh qui sont indispensables pour la formation des anthères. Pour un génotype donné, la température est le facteur décisif pour la détermination du type floral.

Mais tous ces caractères, comme nous l'avons mentionné sont modifiés assez profondément par les conditions écologiques.

STOREY donne un tableau indiquant bien ce fait.

La détermination du sexe primaire chez les arbres mâles et hermaphrodites est identique sauf pour la longueur et la ramification des inflorescences.

Des observations de STOREY, il faut surtout retenir le fait que l'étude des sexes doit porter sur une période d'au moins une année. Ceci permet en plus des constatations intéressantes qui sont exposées plus loin.

B. SEEMANTHANI à l'Agricultural College and Research Institute of Coimbatore a étudié les formes sexuelles de plusieurs inbred.

Entre les plantations de janvier et juillet, il n'y a aucune différence marquée dans l'expression du sexe.

La sélection 4 (Philippines) est la meilleure car elle donne près de la moitié de plantes femelles.

Été	Automne	Hiver	Printemps	Dans les descendants de :
n	n	n	n	(HAES (I) 43 × 4 (HAES 50 × 19)
n	n	n	n	(44 × 9) (50 × 19)
n	n	c	c	Solo (Nishihawa strain) × HAES (42 × 75)
n	c	c	c	(40 × 6) Betty × Solo F1
c	n	n	n	Solo inbred line 1
—	n	n	c	Solo inbred line 5
—	n	c	c	(44 × 9) × (44 × 28)
—	n	c	c	(44 × 9) × (44 × 11)
—	c	n	c	(42 × 63) × (44 × 27)
—	—	n	c	Wilhelm × (44 × 29)
—	—	c	c	Wilhelm × (50 × 35)
—	—	c	n	Washington × (44 × 2)
—	—	—	c	Wilhelm × (50 × 35)
—	—	—	—	Betty × Solo F2 × (50 × 24)

HAES : Hawai Agricultural Experiment Station.
 n : Fleurs normales.
 c : Fleurs avec étamines carpelloïdes.
 — : Fleurs femelles stériles.

Sélection	Plantation janvier (a)				Plantation juillet (b)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1. C. O. I.....	40	31	9	22,5	17	11	6	25,3
2. (Washington).....	29	20	9	34,6	21	15	6	28,6
3. (Madhubinda).....	26	15	11	42,3	—	—	—	—
4. (Phillippines).....	27	12	15	55,6	23	14	9	39,1
5. (Peradeniya).....	23	17	6	26,1	22	15	7	31,8
6. Giant.....	26	14	12	46,2	—	—	—	—
7. Red-Fleshed.....	27	15	12	44,4	23	15	8	34,8
8. Honey Dew.....	23	12	9 + 2 (*)	39,1 + 8,7	25	—	25 +	—
9. Perinanaichampalayam.....	31	20	11	35,5	—	—	—	—
10. American.....	26	15	11	42,3	—	—	—	—
11. Burliar Long.....	27	18	9	33,3	—	—	—	—
12. (Ceylon Botanist's Selection)....	35	25	10	28,6	—	—	—	—

(*) Plantes hermaphrodites

(1) Nombre de plantes.

(2) Nombre de plantes à tendance mâle.

(3) Nombre de plantes à tendance femelle.

(4) Pourcentage de plantes femelles.

(a) Lors de la fin croissance et floraison : été (température élevée, pas de pluies).

(b) Lors de la fin de croissance et floraison : températures les plus basses, pluies.

Détermination du sexe.

Actuellement les papayers des différents sexes n'ont pu être distingués

par des caractères végétatifs.

Les études faites par HOFMEYR en République sud-africaine et STOREY à Hawaii aboutissent au fait que

le caractère sexuel principal est déterminé par un seul gène à trois allèles.

M₁ : mâle ; M₂ : hermaphrodite ; m : femelle.

	F	H	M	
F × M.....	1	0	1	mm × M ₁ m = 1 mm, 1 M ₁ m
F × H.....	1	1	0	mm × M ₂ m = 1 mm, 1 M ₂ m
M autofé condé.....	1	0	2	H ₁ m × M ₁ m = 1 mm, 2 M ₁ m
M × M.....	1	0	2	Id.
H autofé condé.....	1	2	0	M ₂ m × M ₂ m = 2 M ₂ m, 1mm
H × H.....	1	2	0	Id.
H × M.....	1	1	1	M ₂ m × M ₁ m = 1, m M ₁ , 1m M ₂ , 1mm
H × M.....	1	1	1	Id.
M × H.....	1	1	1	Id.

M₁ M₁, M₁ M₂ et M₂ M₂ seraient léthaux pour STOREY. Les génotypes seraient les suivants :

femelle : mm,
hermaphrodite : M₂m,
mâle : M₁m.

STOREY pense qu'il s'agit plutôt d'un complexe de gènes liés étroitement entre eux sur un segment occupant des régions identiques sur les chromosomes sexuels.

D'autre part, deux jeux de modificateurs viennent influencer ce déterminisme.

STOREY donne la représentation suivante :

Mâle :	$\frac{M_1}{m}$	$\frac{M_2}{+}$	$\frac{I}{+}$	$\frac{C}{+}$	$\frac{+}{sa}$	$\frac{sg}{+}$
Hermaphrodite :	$\frac{M_2}{m}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{I}{+}$	$\frac{C}{+}$	$\frac{+}{sa}$	$\frac{sg}{+}$
Femelle :	$\frac{m}{m}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{+}{+}$	$\frac{sa}{sa}$	$\frac{+}{+}$

avec :

Mg : pédoncule mâle (long, ramifié)
 + : (court, peu de fleurs)
 I : zygote léthal
 sa : suppression androcée (récessif)
 sg : suppression gynécée (récessif)
 C : facteur hypothétique pour la suppression du crossing over dans la région déterminant le sexe.

La longueur du pédoncule (Mg, +) qui est un caractère sexuel secondaire est le marqueur principal pour distinguer les mâles des autres formes. Le gène entraînant la mort (I) semble commun aux mâles et hermaphrodites. Il renforce l'hétérozygotie de ces deux formes. Il faut noter l'absence de C. O. entre I et les autres gènes de la région déterminant le sexe.

Le facteur C (STOREY) peut être soit un gène, soit une inversion chromosomique ou une délétion. Sa présence semble indiquée par l'absence de long pédoncules dans les inflorescences femelles et l'absence de léthaux femelles.

Le gène *sa* n'est peut être pas entièrement récessif.

Sélection et obtention de lignées pures.

DAI (1960) a mis en évidence un effet Hétérosis dans les hybrides F₁ provenant du croisement Philippine × Solo.

Ces F₁ tendent à avoir une plus grande vigueur avec peu de graines dans les fruits. La floraison est plus précoce. En Australie, AGNEW signale l'obtention de deux lignées ayant les caractéristiques désirées. Ces deux lignées inbred (improved Peterson et Bettina) sont actuellement cultivées, notamment en Floride.

TRAUB, aux U. S. A., rapporte que les variétés sont obtenues à partir de types dioïques et sont maintenues par autopolinisation. Deux variétés seraient en culture commerciale :
 — FAIRCHILD et KISSIMMEE.

En Inde, aucun résultat définitif n'a été obtenu.

Polypléidie artificielle.

Le premier rapport sur ce thème est dû à HOFMEYER. Il montre que les fruits sont de meilleure qualité que dans les variétés diploïdes, le fruit est plus ferme et a une cavité ovarienne plus petite.

D. M. de ZERPA au Venezuela a étudié l'influence de la colchicine sur les caricées en particulier *C. papaya* et *C. cauliflora*.

Il applique une solution de colchicine à 0,5 %, en solution aqueuse, sur plantules de 10 jours pendant 4 heures.

Une première sélection peut-être faite quand les plantules ont 20-30 cm de hauteur par l'observation des stomates.

Les plantes femelles à 4 n produisent abondamment quand les fleurs sont fécondées avec du pollen d'arbres tétraploïdes. Ces plantes sont nettement plus petites que des diploïdes.

Une étude de la méiose a permis de trouver en métaphase I des tétravalents, trivalents, bivalents et monovalents (donc probablement répartition irrégulière des chromosomes pour l'auteur D. M. DE ZERPA).

DE ZERPA a obtenu des triploïdes en croisant un mâle tétraploïde par une femelle diploïde. Ceux-ci donnent quelques graines sans endosperme.

Pollinisation.

La pollinisation semble, de prime abord, être réalisée par le vent : sexes séparés, taille des grains de pollen permettant le transport par le vent ; très grand nombre de grains.

Mais il y a aussi des caractères faisant penser à une pollinisation par les insectes :

- fleurs colorées,
- nectaires dans les fleurs à étamines,
- pollen tendant à rester dans les anthères (d'après P. ALLAN).

L'influence de la pollinisation sur le développement du fruit mérite aussi notre attention. R. L. PREST mentionne que lorsque les fleurs ne sont pas pollinisées, l'ovaire se développe

quelque peu puis devient jaune et tombe. D'autre part, d'après le même auteur, la taille du fruit est très influencée par le nombre de graines, donc par la pollinisation.

Pollinisation par le vent.

Des papayers femelles sont mis dans des cages où les insectes ne peuvent rentrer. Ces arbres ne possèdent que des petits fruits avec quelques graines alors que les plantes témoins ont une bonne fructification.

Pollinisation par les insectes.

Elle est essentielle et indispensable pour la production. Elle est réalisée surtout par les abeilles.

Technique de pollinisation artificielle.

Les stigmates de fleurs pistillées sont réceptifs avant et après l'ouverture des pétales. De même, le pollen est viable dès avant l'ouverture des fleurs.

— Ensachage des boutons floraux.

Sacs de papier de 20 cm × 10 cm maintenu avec une épingle à tête. Les côtés du sac sont croisés de façon à enserrer le pédoncule de la fleur et fixés avec une épingle.

— Préparation des fleurs servant de femelles.

Pour les fleurs hermaphrodites, il faut enlever les étamines très tôt.

— Pollinisation.

Le pollen est prélevé dans les fleurs encore fermées. Il faut vérifier si le pollen est à maturité en secouant quelques étamines (pollen se détachant facilement, jaunâtre).

Le prélèvement se fait avec l'aiguille qu'on a eu soin de recouvrir de sève (en piquant dans la tige) pour faciliter l'adhérence du pollen.

Le sac en papier doit être remis pendant encore 15 jours. La récolte a lieu 6 à 7 mois après la pollinisation.

Conservation, longévité et germination du pollen.

D'assez nombreuses études ont été réalisées sur ce sujet, les recherches

ont porté essentiellement sur deux variétés :

— Karachi Sélection (H. R. I. Saharampur U. P.).

— Hortus Gold (Faculty agriculture, University of Natal Pietermaritzburg).

Viabilité	H ₂ SO ₄ 64,8 % 10 % HR	Cl ₂ Ca 0 % HR	Conditions de conservation normale
Temps : 0.....	60,1	60,1	60,1
8 j.....	46,1	46,7	23,9
16.....	28,5	28,4	8,6
24.....	21,2	18,2	0
32.....	20,2	13,6	0
40.....	20,6	2,7	0
45.....	12,3	0	0

Sur les fleurs hermaphrodites la pollinisation se produit dans le bouton à environ un cinquième de la longueur de la fleur au stade adulte (P. ALLAN).

La quantité de pollen fertile varie avec les conditions climatiques (pourcentage de germination plus élevé en hiver et au printemps, mais dans tous les cas le nombre de grains est très élevé (10 000-14 000 par anthère).

Il semble que les températures moyennes soient avantageuses pour la fertilité du pollen.

Dans les tests de germination du pollen A. S. N. SINGH a essayé différentes concentrations de sucrose. A 28-30° la meilleure concentration est de 4 à 6 % de sucrose (48,1 à 62,9 % de germination et des tubes de 11,1 à 15,8 fois le diamètre du grain, ceci après 6 h de culture).

Deux concentrations d'agar ont été testées pour chaque dose de sucre. SINGH a mis en évidence que le milieu :

5 % de sucre + 1,0 % d'agar était le support optimum de germination. (67 % de germination, longueur

tube = 16,2 fois le diamètre du grain de pollen.)

Les grains sont cultivés en boîte de Pétri. L'examen au microscope est réalisé après coloration à l'acétocarmin (durée de culture : 3 h).

S. N. SINGH a également étudié les moyens de conservation du pollen, ces résultats montrent que le pollen reste viable pendant 40 jours s'il est conservé dans un dessiccateur à acide sulfurique ou chlorure de calcium.

Pour une température de 20, 25° C :

La longévité est influencée par les faibles températures :

9 mois : viabilité de 35,8 % à 23° C, 0 % HR ;

5 mois : viabilité de 42,0 % à 0° C, 10 % HR.

P. ALLAN est plus nuancé dans les expériences :

« On a réussi à emmagasiner du pollen sous réfrigération (5° à — 20° C) à divers niveaux d'humidité pendant une période allant jusqu'à 5 ans et demi. En général, le niveau d'humidité de 5 % donne les meilleurs résultats.

Nous recommandons l'emmagasinement du pollen sous réfrigération avec

une H. R. maintenue à 50 % avec de l'acide sulfurique à 42 % »

Conclusion.

Les travaux sur la génétique du papayer ne sont pas tous très clairs. Le seul sujet relativement approfondi est le déterminisme sexuel.

Ces études fondamentales : détermination du sexe, génétique et influence des conditions écologiques, mériteraient d'être approfondies.

Dans un programme d'amélioration variétale, il faudrait inclure :

— une étude d'une collection des espèces de *Carica*

— sélection des types prometteurs, — hybridations en vue des objectifs suivants :

— amélioration du rendement, — obtention de variétés à haute fréquence d'hermaphrodites, — fruits de bonne qualité et de couleur attrayante, — réduction de la cavité ovarienne, et pour certaines régions : résistance au froid, aux viroses, aux parasites.

(A suivre.)