



125 / IAA /SDR

SERVICE DU DEVELOPPEMENT RURAL

PAPARA, le 25 juin 2002

RAPPORT D'ESSAI PRELIMINAIRE

(du 04 au 25 mai 1999)



Conservation réfrigérée.

Par Corinne LAUGROST

SOMMAIRE

PREAMBULE ET OBJECTIFS DE L'ESSAI	3
I- MATERIEL ET METHODES D'ESSAI	3
1- MATERIEL VEGETAL D'ESSAI	3
2- MODALITES D'ECHANTILLONNAGE ET CONDITIONS DE STOCKAGE	
3- SUIVI EXPERIMENTAL	
3.1- Caractéristiques physiques externes	4
3.2- Caractéristiques internes	4
4- SUIVI DES CONDITIONS D'ENTREPOSAGE	
TRAITEMENT STATISTIQUE	4
II- RESULTATS	5
1- MATURITE OPTIMALE ET STANDARDS DE QUALITE	5
2- CONSERVATION REFRIGEREE A 10 ET 12°C	6
2.1- Acceptance visuelle des lots d'essai	
2.2- Caractéristiques internes	
3- CONSERVATION SOUS POLYETHYLENE (PE) A 10°C	8
III- DISCUSSIONS.	10
IV- CONCLUSION	11
V- BIBLIOGRAPHIE	12
<u>ANNEXE I</u> : Indices de maturité à la récolte (Standards de qualité commerciale) <u>ANNEXE II: Principaux désordres physiologiques postrécoltes du ramboutan</u>	

Conservation réfrigérée du Ramboutan.

(Essais préliminaires)

PREAMBULE ET OBJECTIFS DE L'ESSAI

Le ramboutan (Nephelium lappaceum L.) est un fruit hautement périssable caractérisé par une durée de vie postrécolte généralement inférieure à 15 jours (Mendoza et al, 1972). Fruit non climactérique, le ramboutan doit être récolté à maturité optimale : coloration rouge uniforme (pour les cultivars rouges) associée à une teneur en solides solubles au moins égale à 16% (Kosiyachinda et Salma, 1987). La rapide déshydratation du fruit récolté, liée à un fort ratio surface/volume et à la présence de stomates ouverts très nombreux sur sa chevelure, provoque une baisse rapide de son apparence visuelle et constitue la principale limite au prolongement de sa durée de vie postrécolte (Pantastico et al, 1975). Cette détérioration majeure peut être évitée par des conditions de stockage appropriées : HR élevée (95%) et basse température de stockage (entre 7 et 12°C) selon la sensibilité du cultivar considéré au "chilling injury" (Wijeratram et al, 1998). Dans ces conditions, c'est l'apparition des processus de sénescence dans le fruit qui limite sa conservation.

L'essai présenté ci-dessous avait pour objectif de réaliser un premier "screening" relatif à la conservation en frais d'un cultivar polynésien : identification du stade de maturité optimale et des critères de récolte pour la conservation, des températures optimales des stockage et des indices d'altérations à suivre durant l'entreposage. Quelques essais ont également été menés sur les modes de conditionnement postrécolte possibles des fruits.

I- MATERIEL ET METHODES D'ESSAI

1- Matériel végétal d'essai

L'essai a porté sur le cultivar polynésien rouge à noyau adhérent. Les fruits ont été récoltés le 03/05/99 en fin d'après midi par le producteur, attachés en tresses de façon traditionnelle et laissés à température ambiante durant la nuit. Le matériel végétal d'essai a été acheté le 04.05.99 au matin et acheminé rapidement jusqu'au département des industries agroalimentaires (IAA). Il comprenait 9 kg de fruits mûrs, sélectionnés sur leur couleur (rouge clair à rouge foncé) et sur leur aspect sanitaire (absence de dommages visibles).

Arrivés au DIAA, les fruits ont été détachés des rameaux à l'aide de sécateurs en prenant soin à chaque fois de laisser un pédoncule de 0.5 cm. Ils ont ensuite été lavés à l'eau légèrement chlorée (100 ppm) et triés en fonction de leur stade de coloration. L'échelle de coloration retenue dans notre essai est celle mise en place par l'ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) : standards de qualité du ramboutan utilisés pour les échanges commerciaux. Cette échelle est présentée en annexe I.

2- Modalités d'échantillonnage et conditions de stockage

Les fruits retenus pour essai (coloration de 1 à 3 selon l'échelle présentée en annexe I) ont été répartis en 3 lots homogènes de 200 unités chacun. Les deux premiers lots Page 3 sur 22

ont été directement placés en enceintes réfrigérées réglées à respectivement 10 et 12°C pour les lots 1 et 2. L'humidité relative des enceintes était comprise entre 93 et 95%.

Le lot 3 a été divisé en 2 afin de tester à 10° C l'impact de certains conditionnements sur la durée de vie postrécolte des fruits : sachets de PE 40 μ m perforé (6 mm pour le lot 3A, 8 mm pour le lot 3B).

Le reste des fruits (50 environ) a été immédiatement analysé de manière à déterminer les caractéristiques initiales du matériel végétal d'essai (physico-chimiques et organoleptiques), le stade de maturité optimale et les valeurs seuils de coloration épidermique utilisables comme critères de récolte.

La durée du stockage a été fixée à 3 semaines.

3- Suivi expérimental

Les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des fruits entreposés ont été évaluées après 1, 2 et 3 semaines de stockage pour les lots 1 et 2. A chaque prélèvement, un échantillonnage représentatif de 40 fruits par lot a été effectué sur la base de la coloration externe des fruits.

Les fruits conditionnés ont été évalués en fin d'essai, soit après 3 semaines d'entreposage à 10°C.

3.1- Caractéristiques physiques externes

- Couleur : évaluée selon l'échelle ACIAR présentée en annexe I.
- Pertes de poids : % de poids perdu établi par pesée.
- Altérations du fruit : exprimées pour chaque type d'altération identifiée en % de fruits affectés. Un premier "screening" bibliographique a permis de retenir à priori, outre les altérations biologiques, les désordres physiologiques suivants : dessiccation, sénescence et "chilling injury". Les symptômes visibles de ces désordres sont présentés en annexe II.
- Apparence (acceptance visuelle) : notée sur une échelle de 1 à 5 ou 5 représente le fruit fraîchement cueilli, 3 l'acceptabilité limite pour la commercialisation et 1 le fruit invendable.

3.2- Caractéristiques internes

- Caractéristiques chimiques : la teneur en solides solubles totaux (TSS) est mesurée directement par réfractométrie sur le jus obtenu par pression du fruit et s'exprime en °brix. L'acidité titrable est dosée par potentiométrie sur 5 ml de jus jusqu'à pH 8.2 et est exprimée en % d'acide citrique.
- Caractéristiques organoleptiques : test hédonique sur jury non entraı̂né ; échelle de préférence allant de -4 à +4.

4- Suivi des conditions d'entreposage

Les températures et les humidités relatives à l'intérieur des cellules de conservation ont été enregistrées à l'aide de capteurs spécifiques tout au long du stockage.

Traitement statistique

Une analyse de variance a été réalisée sur l'ensemble des paramètres contrôlés sur les fruits des lots 1 et 2.

II- RESULTATS

1- Maturité optimale et standards de qualité

Indice de coloration externe ¹	Poids moyen en g	Solides solubles totaux ° brix	Acidité totale en % acide citrique	Qualité gustative ²
1	16.4 ^a	21.1 ^a	0.48^{a}	2.0 ^a
2	16.9 ^a	22.2 ^{ac}	0.47^{a}	2.4 ^b
3	18.5 ^b	22.9 ^b	0.44^{ab}	$2.0^{\rm a}$
4	18.7 ^b	22.6^{bc}	0.39^{b}	1.7°

<u>Tableau I :</u> Caractéristiques physico-chimiques et qualité gustative des ramboutans récoltés en fonction de leur coloration externe.

² évaluée sur une échelle de -4 à 4 (1 est la limite d'acceptabilité).

Indice de coloration externe ¹	Aspect ²	Couleur ²	Fermeté ²	Texture ²	Saveur ²	Parfum ²	Maturité ³
1	2.4 ^a	2.8 ^a	2.0^{a}	1.8 ^a	1.8 ^a	1.4 ^a	Bonne
2	2.8^{b}	3.4 ^b	2.2 ^b	2.0^{a}	$2.7^{\rm b}$	2.2^{b}	Bonne
3	2.6^{ab}	2.4 ^a	2.2^{b}	1.8 ^a	2.8^{b}	2.4 ^c	Bonne
4	1.6 ^c	1.5°	2.0^{a}	2.2^{b}	2.8 ^b	2.2^{b}	Trop mûr

<u>Tableau II :</u> Caractéristiques organoleptiques et maturité réelle des ramboutans récoltés en fonction de leur coloration externe.

Les tableaux I et II présentent les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des ramboutans récoltés pour essai (couleur rouge uniforme). La qualité gustative du fruit est maximale pour une récolte au point 2 de l'échelle de coloration retenue (rouge clair uniforme) bien que sa maturation apparaisse optimale au point 3 : poids et teneur en solides solubles supérieurs, acidité réduite. Le détail des caractéristiques organoleptiques prises en compte dans la détermination de cette qualité met en évidence la préférence des consommateurs polynésiens pour des fruits dont la couleur n'a pas commencé à foncer. Le critère retenu à la récolte sera donc un indice de coloration compris entre 2 et 3 (échelle ACIAR, annexe I). Les fruits présentant un indice de coloration égal à 1 sont également récoltables (niveau de qualité gustative satisfaisant). Cependant, ils présentent encore un développement incomplet de leur flaveur (saveur et surtout parfum). Les fruits ayant atteint le stade 4 de coloration doivent être écartés ; ils présentent en effet à la récolte un début de sénescence : diminution sévère de toutes leurs caractéristiques organoleptiques (à l'exception de la saveur).

En regard des standards de qualité mis en place par l'Australie et les USA, le ramboutan polynésien apparaît impropre aux marchés d'exportation.

Standards	Indice de coloration externe ¹	Poids en g	Solides solubles totaux ° brix	Acidité totale en % acide citrique
USA (UC Davis)	1 à 3	≥ 30	> 16	≅ 0.36
Australie (ACIAR)	1 à 3	> 34	> 19.5	< 0.31

Standards de qualité retenus pour la commercialisation du ramboutan aux USA et en Australie

a, b, c; dans la même colonne, groupes significativement différents selon le test de la plus petite différence significative (PPDS) à p = 0.05.

¹ indice de coloration mis au point par l'ACIAR (cf. annexe I)

a, b, c, : dans la même colonne, groupes significativement différents selon le test de la plus petite différence significative (PPDS) à p = 0.05.

¹ indice de coloration mis au point par l'ACIAR (cf. annexe I)

² évaluée sur une échelle de -4 à 4 (1 est la limite d'acceptabilité).

³ évaluée par dégustation

C'est essentiellement son petit calibre qui limite l'accès à ce type de marché : les plus gros fruits récoltés avoisinent les 20 g alors que le critère de commercialisation retenu à ce niveau est de 30 g minimum.

Le tableau présenté ci-contre montre d'autre part une grande variabilité du poids des fruits à la récolte avec des écarts d'autant plus importants que l'on s'écarte du point de maturité optimale.

Indice de coloration externe ¹	Poids en g (IC à 95 %)
1	14.0 à 18.7
2	15.8 à 18.0
3	17.5 à 19.8
4	16.1 à 20.9

¹ indice de coloration mis au point par l'ACIAR (cf. annexe I)

Ce problème, relativement négligeable pour le marché local, s'explique par l'absence de suivi technique des productions (aucune fertilisation, ni traitement) : le ramboutan reste un fruit de cueillette. La seconde particularité des ramboutans locaux est leur niveau d'acidité relativement élevé. Celui-ci est cependant compensé par une teneur en sucres également importante.

2- Conservation réfrigérée à 10 et 12°C

2.1- Acceptance visuelle des lots d'essai

L'apparence visuelle des 2 lots d'essai considérés se maintient à un niveau satisfaisant durant la 1ère semaine de stockage indépendamment de la température d'entreposage (tableau III).

Durée du stockage	Lot d'essai	Température de stockage °C	Pertes de poids en %	Indice de coloration ¹	Acceptance visuelle ²	Qualité gustative ³
Récolte	1 et 2	-	-	2.4	4.1	2.1
1 semaine	1	10	5.07	2.4	3.6	2.1
	2	12	7.81	2.5	3.6	2.4
	Signification	du test ⁴	***	ns	ns	*
2 semaines	1	10	11.05	2.9	2.8	1.8
	2	12	20.06	3.1	2.5	1.1
- -	Signification	du test ⁴	***	ns	*	***
3 semaines	1	10	15.07	3.9	2.0	-1.9
	2	12	29.31	3.9	1.6	-3.5
	Signification	du test 4	***	ns	*	***

<u>Tableau III :</u> Évolution des caractéristiques physiques et de la qualité gustative des ramboutans récoltés en fonction de la température et de la durée de l'entreposage réfrigéré (HR 93-95%).

Elle chute ensuite brutalement au dessous d'un score que ne permet plus la commercialisation des fruits récoltés (<3). Cette dégradation rapide postrécolte de l'aspect externe des fruits est reliée au flétrissement et au noircissement rapide de leurs protubérances épidermiques (cheveux). L'importance des pertes de poids par évaporation des fruits explique l'altération rapide et sévère des cheveux (tableau III). Ces pertes sont supérieures à 10% dès la seconde semaine d'essai et sont d'autant plus sévères au cours du stockage que la température d'entreposage est élevée.

¹ indice de coloration mis au point par l'ACIAR (cf. annexe I)

² évaluée sur une échelle de 1 à 5 où 1 est la limite d'acceptabilité.

³ évaluée sur une échelle de -4 à 4 (1 est la limite d'acceptabilité).

⁴ analyse de variance, ns: non significatif, * significatif à p=5%, *** significatif à p=1%,

La totalité des fruits stockés à 12°C présente des symptômes de déshydratation sévère après 15 jours d'essai (tableau IV) ; pour le lot 1, stocké à 10°C, le % de fruit sévèrement déshydraté atteint 40% dans le même temps. La déshydratation rapide des fruits entreposés apparaît donc comme le principal facteur limitant au prolongement de leur durée de vie postrécolte. Elle est liée à l'anatomie même du fruit caractérisée par un très fort rapport surface/volume lié à la présence des protubérances chevelues. Ces protubérances ont une densité de stomates, ouverts en permanence, 5 fois supérieure à celle du corps, ce qui les rend très sensibles aux conditions environnementales (Pantastico et al, 1975).

Durée du stockage	Lot d'essai	Température de stockage °C	Dessiccation en %	Pourritures en %	Sénescence en %	Pertes totales en %
Récolte	1 et 2	-	0	0	0	0
1 semaine	1	10	10.1	1.0	0	3.6
_	2	12	17.9	0	0	8.9
2 semaines	1	10	36.7	16.4	18.7	12.0
_	2	12	100	13.2	37.7	39.6
3 semaines	1	10	-	31.9	76.1	80
	2	12	-	84.6	100	100

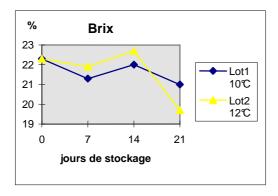
<u>Tableau IV</u>: Évolution des principaux désordres physiologiques affectant les ramboutans en fonction de la température et de la durée de l'entreposage réfrigéré (exprimés en % de fruits affectés).

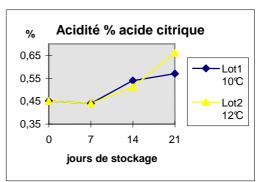
D'autres altérations affectent les fruits durant le stockage mais plus tardivement et de façon encore très réduite après 15 jours d'essai. C'est le cas des processus de "chilling injury" dont les symptômes visibles apparaissent et s'intensifient au cours du stockage ; le % de fruits affectés reste inférieur à 10% après 15 jours d'entreposage à 10°C (résultats non reportés). Au delà, les processus de dessiccation des poils s'étendent à l'ensemble de l'épiderme des fruits, il devient difficile de définir le type d'altération (cf. annexe II). Des processus de sénescence avancés (déliquescence du fruit) apparaissent après 15 jours de stockage ; ils affectent plus largement les ramboutans entreposés à 12°C et s'accompagnent de développements fongiques importants à cette température. Au delà de 15 jours, l'intensification de ces processus entraîne 80 et 100% de pertes totales en fruits à respectivement 10 et 12°C.

2.2- Caractéristiques internes

Les teneurs en sucres et en acides des fruits récoltés restent stables durant les 15 premiers jours de stockage, sans différence significative entre les 2 températures de stockage (figure 1). On note toutefois après 1 semaine d'essai une légère augmentation de l'acidité totale libre.

Ce phénomène déjà reporté dans de nombreux essais (O'Hane, 1995 ; Paull et Chen, 1987), serait dû à une modification de la composition en acides de la pulpe du fruit après la récolte : rapide déclin de l'acide succinique associé à une synthèse progressive d'acide citrique.





<u>Figure 1 :</u> Evolution des teneurs en acidité libre et solides solubles de la pulpe des ramboutans en fonction de la température et de la durée de l'entreposage

La composition chimique de la pulpe des fruits entreposés à 10°C reste stable jusqu'en fin de stockage. A 12°C, on note durant la dernière semaine d'essai une diminution franche de la teneur en solides solubles totaux associée à une augmentation importante de l'acidité titrable libre (figure 1).

Ces modifications reflètent les contaminations microbiennes importantes affectant ces fruits en fin de stockage et liées à leur stade de surmaturité avancée (fermentation).

L'évolution au cours du temps de la qualité gustative des fruits entreposés à 10 et 12°C est présentée dans le tableau V.

Durée du stockage	Lot d'essai	Température de stockage °C	Aspect	Couleur	Fermeté	Texture	Saveur	Parfum	Qualité gustative
Récolte	1 et 2	-	2.6	2.8	2.2	1.9	2.6	2.2	2.1
1 semaine	1	10	2.0	1.8	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
	2	12	2.0	1.6	2.1	2.3	2.4	2.1	2.4
	Signification	du test ¹	ns	*	ns	*	***	ns	*
2 semaines	1	10	0.3	-0.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.8
	2	12	-0.1	-1.3	0.8	0.9	1.5	1.0	1.1
	Signification	du test 1	*	***	***	***	*	***	***

<u>Tableau V :</u> Évolution des caractéristiques organoleptiques des ramboutans récoltés en fonction de la température et de la durée de l'entreposage réfrigéré (HR 93-95%).

Toutes les caractéristiques organoleptiques sont évaluées sur une échelle de -4 à 4 (1 est la limite d'acceptabilité).

¹ analyse de variance, ns: non significatif, * significatif à p=5%, *** significatif à p=1%,

Cette qualité reste satisfaisante après 1 semaine d'essai aux 2 températures d'entreposage considérées malgré une légère baisse du score de couleur. Les résultats obtenus après 7 jours de stockage mettent en évidence des scores de saveur et de texture supérieurs pour les fruits entreposés à 12°C avec pour conséquence un degré d'acceptabilité plus élevé pour ces fruits.

Passé ce délai, les résultats obtenus montrent une dégradation générale de toutes les caractéristiques organoleptiques des fruits entreposés, nettement supérieure à 12°C où les fruits sont à peine acceptables après 15 jours d'entreposage : perte importante de la fermeté et de la texture de la pulpe liée aux processus de déliquescence de l'arille associés à la sénescence, déviation de la flaveur des fruits liée à l'amorce des processus de fermentation.

Les fruits stockés à 10°C maintiennent un niveau de qualité gustative satisfaisant après 15 jours mais ne sont plus présentables (scores d'aspect et de couleur <1). En fin d'essai, la totalité des fruits entreposés ne sont plus consommables (résultats non reportés).

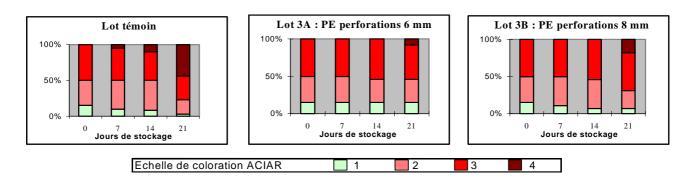
3- Conservation sous polyéthylène (PE) à 10°C

Durée du stockage	Lot d'essai	Pertes de poids en %	Indice de coloration ¹	Acceptance visuelle ²	Qualité gustative ³
Récolte		-	2.4	4.1	2.1
1 semaine	Témoin	5.07	2.4	3.6	2.1
_	PE perforé 6 mm	0.45	2.4	4.0	-
	PE perforé 8 mm	0.99	2.4	4.0	-
2 semaines	Témoin	11.05	2.9	2.8	1.8
	PE perforé 6 mm	0.72	2.4	3.6	-
	PE perforé 8 mm	1.70	2.5	3.7	-
3 semaines	Témoin	15.07	3.9	2.0	-1.9
	PE perforé 6 mm	1.32	2.6	2.5	-1.1
	PE perforé 8 mm	4.30	2.8	2.9	-1.1

<u>Tableau VI :</u> Évolution des caractéristiques physiques et de la qualité gustative des ramboutans récoltés en fonction du conditionnement réalisé et de la durée de l'entreposage réfrigéré à 10°C (HR 93-95%).

A 10°C, le conditionnement des fruits sous PE 40μ perforé permet de les maintenir à un bon niveau d'acceptabilité visuelle durant les 15 premiers jours d'essai (tableau VI). Le maintien du score d'apparence des ramboutans à ce niveau est dû principalement :

1)- à la stabilité de la couleur des fruits qui n'évolue pas ou très peu durant les 15 premiers jours d'entreposage à 10°C (figure 2). L'efficacité du conditionnement sur la restriction des pertes de poids par évapotranspiration explique l'absence de noircissement lié à la dessiccation du fruit,



<u>Figure 2</u>: Distribution des fruits dans chaque lot selon leur indice de coloration en fonction de la durée de l'entreposage à 10° C.

2)- la réduction sensible des pertes totales en fruits lorsque ces derniers sont conditionnés sous PE : absence totale d'altérations sévères après 15 jours d'entreposage à 10°C (tableau VII).

Durée du	Lot d'essai	Dessiccation en	Pourritures en %	Sénescence en %	Pertes totales en %
stockage		%			
Récolte		0	0	0	0
1 semaine	Témoin	10.1	1.0	0	3.6
	PE perforé 6 mm	0	0	0	0
	PE perforé 8 mm	0	0	0	0
2 semaines	Témoin	36.7	16.4	18.7	12.0
	PE perforé 6 mm	0	0	0	0
	PE perforé 8 mm	0	0	0	0
3 semaines	Témoin	-	31.9	76.1	80
	PE perforé 6 mm	50	8.0	8.0	16
	PE perforé 8 mm	50	4.0	18.0	20

<u>Tableau VII</u>: Évolution des principaux désordres physiologiques affectant les ramboutans en fonction du conditionnement réalisé et de la durée de l'entreposage réfrigéré à 10°C (exprimés en % de fruits affectés).

L'absence d'évaluation de la qualité gustative de ces fruits conditionnés après 2 semaines d'essai ne permet pas de conclure sur l'impact global de ce type de conditionnement sur le prolongement de la durée de vie postrécolte du ramboutan. Cependant, compte tenu du maintien prolongé de l'acceptance visuelle des fruits et des résultats obtenus en fin d'essai (qualité gustative des fruits conditionnés non satisfaisante

¹ indice de coloration mis au point par l'ACIAR (cf. annexe I)

² évaluées sur une échelle de 1 à 5 où 1 est la limite d'acceptabilité.

³ évaluée sur une échelle de -4 à 4 (1 est la limite d'acceptabilité).

mais nettement supérieure à celle des fruits du lot témoin), ce type de conditionnement apparaît comme une voie possible pour l'amélioration des conditions de commercialisation du ramboutan sur le marché local.

Une forte condensation a été observée à l'intérieur des sachets de PE présentant les plus petites perforations (6mm ; lot 3A). En parallèle, les processus de fermentation observés après 3 semaines d'essai ont plus largement affectés les fruits de ce lot (résultats non reportés).

III- DISCUSSIONS.

Le ramboutan polynésien à noyau adhérent se caractérise par une chair à la fois sucrée et acide. Les niveaux d'acidité relevés sur le matériel végétal d'essai sont en particulier largement au dessus des standards d'exportation (Kader, 2002). Le fruit, non climactérique, doit être récolté à maturité optimale car sa maturation ne peut se poursuivre une fois coupé (Mendoza et al, 1972; Leong, 1982). Pratiquement, ce point de coupe optimum est facilement repérable au champs puisque basé sur la coloration de l'épiderme du fruit. L'échelle de coloration ACIAR, présentée en annexe I, est applicable au cultivar polynésien avec une récolte possible entre les stades 1 et 3 de coloration. Nos résultats montrent ainsi que les fruits caractérisés par une coloration rouge uniforme présentent une qualité gustative satisfaisante passant par un optimum au stade 2. Au stade 1, on note une maturation encore incomplète de la flaveur du ramboutan se traduisant essentiellement par un profil aromatique insuffisamment développé. Au stade 3, c'est essentiellement la qualité visuelle du fruit qui diminue du fait de sa coloration plus foncée. Nos conditions d'essai n'ont pas permis de prolonger la durée de vie postrécolte des ramboutans au delà de 10 jours : les 2 lots de fruits entreposés ne sont plus visuellement acceptables après 15 jours d'essai, cette baisse sensible de l'aspect extérieur s'accompagnant d'une sévère diminution de la qualité gustative pour les fruits du lot 2 stockés à 12°C. La baisse brutale du score d'apparence des ramboutans entreposés après 15 jours d'essai est liée à la rapide détérioration de la chevelure du fruit qui se flétrit et noircit. Ces processus de dessiccation sévère sont la conséquence directe des forts taux de pertes en eau relevés lors de l'entreposage des fruits : pertes de poids supérieures à 20% après 15 jours de stockage à 12°C. Ces relations de cause à effet entre pertes de poids et détérioration du ramboutan ont fait l'objet de nombreux travaux. Il a ainsi été démontré que le brunissement de la chevelure du fruit était initié pour un taux cumulé de pertes de poids de 9%, ce qui correspond aux données de notre essai (Lam et al, 1987).

Un coefficient de corrélation de 0.92 à pu être calculé entre l'intensité du brunissement du fruit et les pertes de poids lorsque celles-ci sont comprises entre 9 et 50% (Agravante et Lizada, cité dans Lam et al, 1987).

Le ratio surface/volume élevé de la chevelure du ramboutan, conséquence de sa forme et de sa taille, est une des raisons de cette haute propension à la dessiccation. La densité des stomates ouverts en permanence, cinq fois supérieure à celle du corps, accentue la sensibilité du ramboutan aux conditions environnementales (Pantastico et al, 1975 ; Landrigan et al, 1994). Une relation de proportionnalité directe a pu également être mise en évidence entre le nombre de protubérances épidermiques de la chevelure du fruit et ses pertes de poids au cours du stockage (Nathiwatthana, 1981).

De nombreuses recherches ont été menées pour tenter d'expliquer les processus de détérioration postrécolte du ramboutan liés à la dessiccation. Bien que le fruit soit non climactérique, différents auteurs ont mis en évidence une augmentation de l'intensité respiratoire du fruit quelques jours après la coupe associée à une production d'éthylène (O'Hare et al, 1994a; Agillon cité dans Lam et al, 1987). Cette augmentation de l'intensité respiratoire du fruit correspond à l'initialisation des processus sévères de dessiccation et est associée à sa détérioration et non à sa maturation. La production d'éthylène postrécolte du ramboutan pourrait donc être une réponse au stress résultant au cours du stockage des pertes en eau élevées (Yang, 1980 cité dans Lam et al, 1987). Le brunissement du fruit ne serait donc qu'une expression de sa sénescence, accélérée sous l'effet du stress provoqué par sa dessiccation. Il serait provoqué par la simple dégradation des anthocyanes de l'épiderme des fruits (Nip, 1988 cité dans Underhill et al, 1992) lors de leur sénescence : augmentation du pH permettant leur conversion en composés carbinol plus sensibles aux dégradations

enzymatiques (Underhill et al, 1992). Ces processus semblent expliquer en partie les résultats obtenus lors de nos essais et en particulier l'apparition rapide de processus de fermentation dans les fruits entreposés à 12°C associée à la diminution de leur acceptance visuelle. Cependant, cette dernière s'explique essentiellement par le dessèchement de la chevelure des fruits, plus intense à 12 qu'à 10°C, et non par une différence de l'intensité de leur brunissement. On ne note en effet aucune différence significative entre les indices de coloration des fruits des 2 lots d'essai et ce, même après 3 semaines d'entreposage.

D'autres mécanismes que ceux liés à la dessiccation postrécolte des fruits doivent donc être envisagés. Le brunissement épidermique des ramboutans entreposés à 10°C étant relié à une baisse de la température de stockage, l'hypothèse d'une altération physiologique due au froid (chilling injury) peut être avancée. La difficulté à séparer les 2 désordres (sénescence et chilling injury) lors de l'évaluation de l'indice de coloration des fruits entreposés tient au fait qu'ils provoquent tous deux des modifications similaires de la couleur du fruit (O'Hare et Underhill, 1994). Dans le cas du "chilling injury", les anthocyanes épidermiques ne sont pas dégradées mais converties en formes incolores provoquant peu à peu la disparition de la couleur rouge du fruit. Dans le même temps, les cellules épidermiques développent une pigmentation brune indépendemment de leur teneur en anthocyanes (O'Hare et al, 1994 b). Le mécanisme mis ici en jeu est typiquement celui d'un brunissement enzymatique : activation des polyphénoloxydases par le froid, rupture des structures cellulaires et mise en contact des enzymes et de leur substrat. Le ramboutan polynésien apparaît donc très sensible au froid pour des températures de stockage ≤ 10°C.

La réussite de la conservation postrécolte du ramboutan passera donc par la détermination de conditions de stockage susceptibles de réduire d'une part les dommages physiologiques dûs au froid et d'autre part les processus de sénescence. Le rôle capital de la dessiccation dans la vitesse des processus de sénescence du fruit place la réduction des pertes de poids au centre de la stratégie postrécolte du ramboutan. Dans ce cadre, la forte sensibilité du fruit aux basses températures limite une action directe par la température d'entreposage. Le conditionnement postrécolte du fruit sous film plastique limitant les échanges gazeux apparaît comme la solution la plus adaptée et la plus efficace au problème de la dessiccation (Harjadi et Tahitoe, 1972; Mohamed et Othman, 1988). Dans ce cadre, la création d'une atmosphère modifiée à 9-12% de CO₂, permettrait une meilleure rétention de la couleur du fruit par diminution des processus d'oxydation spécifiques au "chilling injury" (O'Hare, 1995). Cependant, l'efficacité de telles atmosphères restent controversées, leur bénéfice pouvant être considérablement réduit par une déviation sensible du profil aromatique des fruits (Ketsa et Klaewkasetkorn, 1995). L'utilisation de polyéthylène perforé lors de nos essais a effectivement permis de maintenir l'acceptance visuelle des fruits à un niveau satisfaisant 15 jours à 10°C. L'absence d'évaluation sensorielle après les 2 premières semaines ne permet cependant pas de conclure quant à leur qualité gustative.

La stratégie de contrôle des pertes de poids postrécoltes du ramboutan doit également intégrer des itinéraires techniques adaptés. La pré-réfrigération des fruits à 13°C, 2 à 3 heures après la récolte, apparaît dans ce cadre comme une nécessité absolue (RIRDC 1994, Market Asia et RAP archives 2002).

IV- CONCLUSION

Le ramboutan à la récolte doit présenter des qualités visuelles et organoleptiques optimales compte tenu de son caractère non-climactérique. Les modalités techniques de son entreposage ont alors pour finalité de maintenir cette qualité le plus longtemps possible et non de l'améliorer. Compte tenu des préférences du consommateur polynésien, une coloration rouge clair uniforme du fruit peut être retenu comme critère de récolte.

Le principal problème postrécolte du ramboutan est la rapide détérioration de son acceptance visuelle essentiellement due à des processus de dessiccation sévère liés à sa morphologie. L'abaissement de la température d'entreposage à 10°C limite en partie les conséquences de ces processus mais semble d'autre part induire un brunissement

enzymatique de l'épiderme du fruit, symptôme de désordres physiologiques induits par le froid.

Les premiers résultats obtenus lors de l'essai présenté montrent qu'il est sans doute possible de prolonger la durée de vie du fruit à 15 jours par un conditionnement postrécolte adapté et un entreposage à basse température (10°C). La restriction des échanges gazeux par le conditionnement des ramboutans sous film de polyéthylène permet en effet de limiter efficacement les pertes de poids postrécoltes et de différer dans le temps les premiers symptômes de "chilling injury".

La révision du système traditionnel de récolte polynésien est également essentiel pour raccourcir le délai entre récolte et réfrigération du fruit. Plus que pour tout autre fruit, la pré-réfrigération du ramboutan, 2 à 3 heures après sa récolte, apparaît essentielle dans la stratégie de contrôle des processus de dessiccation.

La continuation des essais de conservation réfrigérée du fruit doit donc se donner comme base, d'une part la sélection des fruits à la récolte selon les critères exposés ci-dessus et, d'autre part, la mise en place d'un protocole de pré-réfrigération quasi- immédiate. Ces 2 conditions étant remplies, les essais devront porter sur les modes possibles de conditionnement du fruit, principal axe de développement pour sa conservation prolongée.

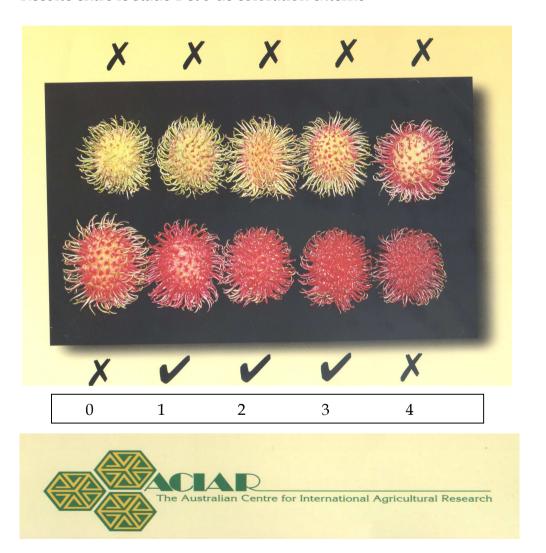
V- BIBLIOGRAPHIE

- Lam, P.F., Kosiyachinda, S., Lizada, M.C.C., Mendoza, D.B.Jr., Prabawati, S., Lee, S.K., 1987. Postharvest physiology and storage of rambutan. In: Lam, P.F., Kosiyachinda, S., eds, Rambutan: Fruit development, Postharvest physiology and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, 39-50.
- Landrigan, M., Sarafis, V., Morris, S.C., McGlasson, W.B., 1994. Structural aspects of rambutan (*Nephelium lappaceum*) fruits and their relation to postharvest browning. Journal of Horticultural Science, 69, 571-579.
- Leong, P.C., 1982. Summary report on mango and rambutan project in Singapore. Proceedings of the Workshop on mango and rambutan, 18-25 April 1982. University of the Philippines at Los Banos, College, Laguna, Philippines, 30-33.
- Market Asia and RAP Archives, 2002. Postharvest Handling of rambutan. RAP Postharvest Information Bulletin N°3, 7 pp.
- Mendoza, D.B., Pantastico, E.B., Javier, F.B., 1972. Storage and handling of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Philippines Agriculturist 55, 322-332.
- Mohamed, S., Othman, E., 1988. Effect of packaging and modified atmosphere on the shelf life of rambutan (*Nephelium lappaceum*) I. Pertanika 11, 407-417.
- Nathiwatthana, S., 1981. Weight losses and modified atmosphere storage of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) cv. "Seechompoo" fruits (in Thai). Monographie, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 9 pp.
- O'Hare, T.J., Underhill, S.J., 1994. Colour degradation of rambutan pericarp. In: McLauchlan, R., Meiburg G., Bagshaw, J. (eds), Queensland Department of Primary Industries, Horticulture Postharvest Group Biennal Review 1992-1994, p 40.
- O'Hare, T.J., McLauchlan, R.L., Turner, C.D., 1994a. Effect of co-shipment of exotic tropical fruit on existing fruit transported in bulk shipment. Proceedings of the Australasian Postharvest Conference, 20-24 September 1993, Gatton, Queensland, 245-249.
- O'Hare, T.J., Prasad, A., Cooke, A.W., 1994b. Low temperature and controlled atmosphere storage of rambutan. Postharvest Biology and Technology 4,147-157.
- O'Hare, T.J., 1995. Postharvest physiology and storage of rambutan. Postharvest Biology and Technology 6, 189-199.
- Pantastico, E.B., Pantastico, J.B., Cosico, V.B., 1975. Some forms and functions of the fruit and vegetable epidermis. Kalikasan, Philippine Journal of Biology 4, 175-197.
- Paull, R.E., Chen, N.J., 1987. Changes in Longan and rambutan during postharvest storage. Hortscience 22, 1303-1304.

- RIRDC, 1996. Postharvest browning of rambutan fruit. In: Tropical fruits, vegetables and nuts. Rural Industries Research and Development Corporation. Research compendium 1993-1994.
- Underhill, S.J., Critchley, C., Simons, D.H., 1992. Postharvest pericarp browning of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. Acta Horticulturae 321, 718-722.
- Wilson Wijeratnam, R.S., Abeyesekere, M., Sivakumar, D., 1998. Studies on maturity and low temperature storage of three rambutan cultivars grown in Sri Lanka. Acta Horticulturae 464, 514.

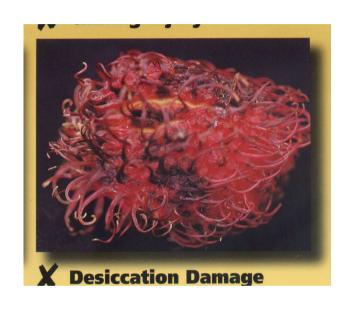
<u>ANNEXE I</u>: Indices de maturité à la récolte (Standards de qualité commerciale) Echelle de coloration du fruit (source ACIAR)

Récolte entre le stade 1 et 3 de coloration externe





ANNEXE II : Principaux désordres physiologiques postrécoltes du ramboutan







Déshydratation

<u>Sénescence</u>

Dégâts dus au froid « chilling injury »