



## RAPPORT D'ESSAI

(du 22 mars au 13 avril 2007)

# « Ramboutan »

Impact de différents conditionnements sur la durée de vie postrécolte du  
fruit entreposé à 8°C.

-----  
Par Corinne LAUGROST  
-----

## SOMMAIRE

<b>PREAMBULE ET OBJECTIFS DE L'ESSAI</b>	<b>3</b>
<b>I- MATERIEL ET METHODES D'ESSAI</b>	<b>3</b>
1- Matériel végétal d'essai	3
2- Modalités d'échantillonnage et conditions de stockage	3
3- Suivi expérimental	4
3.1- <i>Aspect visuel des ramboutans</i>	4
3.2- <i>Qualités organoleptiques des fruits</i>	4
4- Traitement statistique	4
<b>II- RESULTATS</b>	<b>5</b>
1- Caractérisation du matériel végétal d'essai	5
2- Evaluation de la durée de vie postrécolte des lots d'essai	5
2.1- <i>Aspect externe des lots d'essai</i>	5
2.1.1- Flétrissement et pertes de poids	5
2.1.2- Brunissement des fruits	7
2.1.3- Evolution de l'indice biologique	7
2.1.4- Acceptance visuelle des lots d'essai	7
2.2- <i>Evolution de la qualité gustative des lots d'essai</i>	8
2.3- <i>Durée de vie postrécolte des fruits</i>	10
<b>III- DISCUSSION</b>	<b>10</b>
<b>IV-CONCLUSION</b>	<b>11</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>12</b>
<b>ANNEXE I</b> Indice de maturité à la récolte	<b>14</b>
<b>ANNEXE II</b> Fiche d'évaluation sensorielle relative au ramboutan	<b>15</b>
<b>ANNEXE III</b> Conservation longue durée du ramboutan par la congélation: impact de 2 prétraitements de surface sur le maintien de ses caractéristiques sensorielles	<b>16</b>

Impact de différents conditionnements sur la durée de vie postrécolte du  
ramboutan entreposé à 8°C.  
(Essai du 22 mars au 13 avril 2007)

## **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% (Lam et al, 1987).

Les expérimentations menées au DIAA en 2005 ont établi pour le ramboutan local un certain nombre de recommandations relatives à l'itinéraire postrécolte à suivre pour une conservation réussie du fruit : sélection des fruits à la récolte (maturité et état sanitaire), délai de mise au froid, prérefrigération des fruits, entreposage à 8°C et conditionnement sous atmosphère modifiée (1 à 2% CO<sub>2</sub>). Dans ces conditions, la commercialisation du fruit peut être prolongée au-delà de 2 semaines (16 jours) sans incidence particulière sur sa qualité gustative (rapport 01/IAA/SDR du 12.01.2006).

Le contrôle des processus de dessiccation affectant le ramboutan dès sa récolte ayant été identifié comme l'élément clé d'un entreposage réussi, les expérimentations menées en 2005 ont été reconduites dans des conditions de haute humidité relative de l'atmosphère de stockage (95%) rendues possibles par les nouveaux équipements installés au DIAA (chambres froides à humidité contrôlée).

L'essai présenté ci-dessous évalue l'impact de différents conditionnements du fruit sur sa durée de vie postrécolte à 8°C, l'objectif final restant une durée de conservation possible d'au moins 18 jours (Kanlayanarat et al, 2000).

Parallèlement, et compte tenu des résultats encourageants obtenus en 2005 sur la congélation des fruits, un nouvel essai a été mis en place dans le but de tester de nouveaux prétraitements du fruit susceptibles d'optimiser sa stabilité dans le temps (Annexe III).

## **I- MATERIEL ET METHODES D'ESSAI**

### **1- Matériel végétal d'essai**

L'essai a porté sur 18 kg de ramboutans rouges à noyau adhérent. Les fruits ont été récoltés le 22.03.07 au matin et immédiatement transportés au DIAA. Ils ont ensuite été triés puis plongés 5 mn dans une solution aqueuse de TBZ à 500 ppm avant pré-refrigération 2 H à 12°C. Les fruits retenus pour essai (60.4% des fruits récoltés) présentaient une coloration rouge uniforme (coloration de 1 à 3 selon l'échelle ACIAR présentée en annexe I).

La forte proportion de fruits écartés au triage (40% contre 20% en 2005) est liée à un fort taux de fruits endommagés (31%) et non à un problème de maturité à la récolte.

### **2- Modalités d'échantillonnage et conditions de stockage**

Le conditionnement des fruits a été réalisé à 12°C et 95% d'humidité relative. Au total, 6 conditionnements ont été testés : sacs en polyéthylène PE 40µm (27x28cm) avec 0 et 1 trou de 0.5 mm de diamètre, boîte en polystyrène PST (750g), boîte en polypropylène P (750g, 1 trou de 5 mm), sacs papier et témoin sans emballage. Pour chaque modalité, 8 réplifications de 14 fruits chacune ont été constituées (400g).

La température de la chambre froide a ensuite été progressivement descendue jusqu'à 8°C en maintenant le taux d'hygrométrie voisin de 95%.

La durée du stockage a été fixée à 21 jours.

### **3- Suivi expérimental**

Les caractéristiques initiales du matériel végétal d'essai ont été déterminées en début d'essai par analyses physico-chimiques (sucre et acidité) et sensorielles. L'aspect visuel et les qualités organoleptiques des fruits entreposés sont ensuite évalués tous les 2 ou 3 jours afin de rendre compte de leur valeur commerciale. A chaque prélèvement, une réplication de chaque modalité d'entreposage est analysée et la composition de l'atmosphère gazeuse à l'intérieur des emballages est déterminée par chromatographie phase gazeuse (CPG Varian Star 3400 CX).

#### **3.1- Aspect visuel des ramboutans**

- Acceptance visuelle des fruits (degré de satisfaction lié à l'apparence du fruit) : notée sur une échelle de 1 à 5 où 5 représente le fruit fraîchement cueilli, 3 l'acceptabilité limite pour la commercialisation et 1 le fruit invendable.

- Couleur : évaluée selon l'échelle ACIAR présentée en annexe I. L'indice de couleur permet en particulier de quantifier les fruits sénescents (indice de couleur égal à 4).

- Pertes de poids : % de poids perdu établi par pesée.

- Altérations du fruit : la sévérité des altérations rencontrées a été notée sur une échelle de 1 à 4 (1, absence; 2, légère; 3, moyenne; 4, sévère) Le score total évaluant chaque altération a été calculé sous la forme d'un indice en tenant compte à la fois de la sévérité des symptômes développés (S) et du nombre de fruits affectés (n) :

$$\text{Indice} = \sum n * S / N$$

N : nombre total de fruits

Trois types d'altérations ont ainsi été quantifiés :

- indice de flétrissement : évalue les dommages liés à la dessiccation et au vieillissement des fruits,
- indice d'altération biologique : évalue les contaminations microbiennes,
- indice de brunissement : quantifie le noircissement de la peau et de la chevelure des ramboutans au cours du temps.

#### **3.2- Qualités organoleptiques des fruits**

Toutes les qualités organoleptiques des fruits sont évaluées sensoriellement par un panel de dégustation semi-entraîné à l'aide d'un test de notation hédonique (échelle de notation en 9 points présentée en annexe II).

### **4- Traitement statistique**

Une analyse de variance (p= 0.05) a été réalisée sur l'ensemble des paramètres contrôlés dans le cadre de l'évaluation de l'apparence des fruits. Le test de discrimination utilisé est celui de la PPDS.

Les variations du profil sensoriel des fruits ont été analysées par un test du  $\chi_2$ .

## **II- RESULTATS**

### **1- Caractérisation du matériel végétal d'essai**

Les résultats obtenus mettent en évidence un niveau de qualité moyen du matériel végétal d'essai avec seulement 60 % de fruits commercialisables selon les critères propres aux marchés d'exportation (cf. ci-dessous). L'écart de tri à la récolte (soit 40%) est essentiellement constitué de fruits endommagés (31%), les pourcentages de fruits verts et de fruits trop mûrs restant sensiblement les mêmes qu'en 2005 (4 à 5%). La qualité moyenne du matériel végétal d'essai résulte donc davantage d'un manque de soins à la récolte (par ailleurs tardive) que d'un mauvais point de coupe (erreur liée à la maturité).

Standards	Indice de coloration externe <sup>1</sup>	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**

La caractérisation physico-chimique et sensorielle des fruits récoltés met en évidence une maturité au point de coupe sensiblement égale à celle observée en 2001 et donc plus avancée qu'en 2005 avec une meilleure coloration des fruits et un ratio sucre/acidité plus élevé (Tableau I). La qualité gustative des fruits récoltés est très satisfaisante avec des scores optimaux pour toutes les qualités sensorielles testées (Tableau II).

Date de récolte	Poids moyen en g	Indice de coloration externe <sup>1</sup>	Solides solubles totaux ° brix	Acidité totale en % acide citrique	Qualité gustative <sup>2</sup>
Mai 1999	17.6 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	22.1 <sup>a</sup>	0.46 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>
Juin 2001	26.1 <sup>b</sup>	2.2 <sup>ab</sup>	21.3 <sup>ab</sup>	0.53 <sup>ab</sup>	2.6 <sup>b</sup>
Juin 2005	29.6 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>	19.5 <sup>b</sup>	0.69 <sup>b</sup>	2.4 <sup>b</sup>
Juin 2007	26.4 <sup>b</sup>	2.3 <sup>a</sup>	21.0 <sup>ab</sup>	0.48 <sup>ab</sup>	2.7 <sup>b</sup>

**Tableau I : Caractéristiques physico-chimiques et qualité gustative des ramboutans récoltés en fonction de leur date de récolte.**

Date de récolte	Aspect <sup>2</sup>	Couleur <sup>2</sup>	Fermeté <sup>2</sup>	Texture <sup>2</sup>	Saveur <sup>2</sup>	Parfum <sup>2</sup>	Maturité <sup>3</sup>
Mai 1999	2.6 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	1.9 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	2.0	3.3 <sup>a</sup>
Juin 2001	2.8 <sup>a</sup>	2.4 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>a</sup>	2.6 <sup>b</sup>	2.5 <sup>ab</sup>	2.3	3.1 <sup>ab</sup>
Juin 2005	2.1 <sup>b</sup>	2.0 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>	2.7 <sup>b</sup>	2.4 <sup>a</sup>	2.2	2.8 <sup>b</sup>
Juin 2007	2.7 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>	2.9 <sup>b</sup>	2.2	2.9 <sup>b</sup>

**Tableau II : Caractéristiques organoleptiques et maturité réelle des ramboutans récoltés en fonction de la date de récolte.**

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

<sup>1</sup> indice de coloration mis au point par l'ACIAR (cf. annexe II)

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

<sup>3</sup> évaluée par dégustation

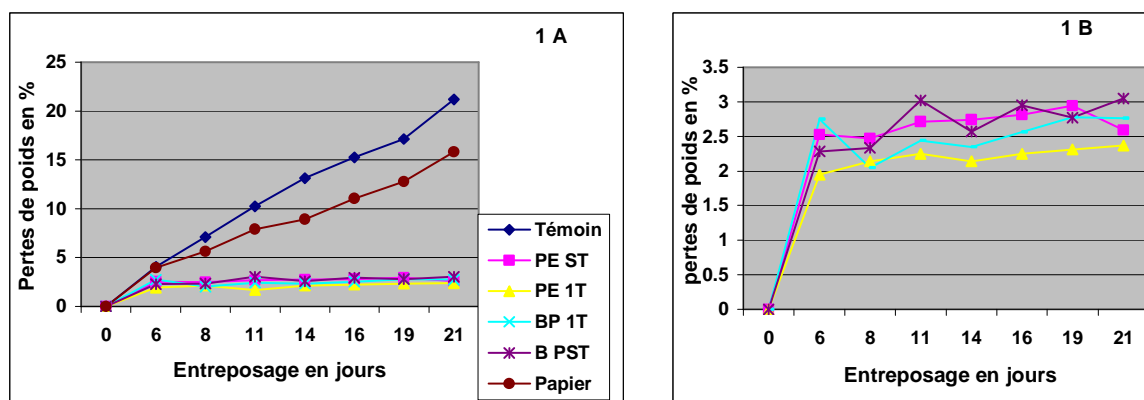
### **2- Evaluation de la durée de vie post-récolte des lots d'essai**

#### **2.1- Aspect externe des lots d'essai**

##### **2.1.1- Flétrissement et pertes de poids**

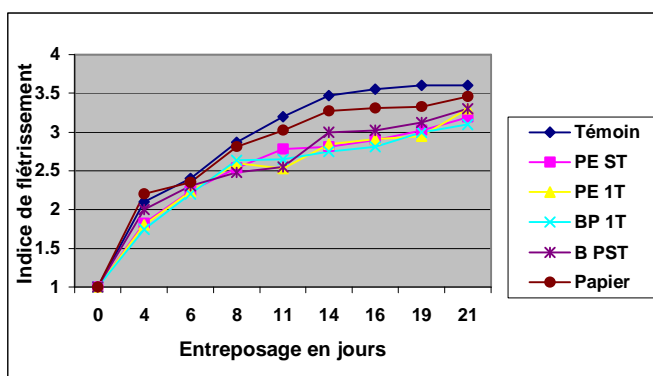
Les pertes de poids liées à la déshydratation des fruits durant leur entreposage sont significativement réduites par le conditionnement sous plastique avec seulement 2 à 3% de pertes en

eau pour les lots sous PE, P et PST contre 21% pour le lot témoin après 21 jours d'entreposage à 8°C (Figure 1A). Bien que moins efficace, le conditionnement en sac papier permet également une nette réduction de la déshydratation des fruits (environ de 30%). La nature du conditionnement sous plastique n'a pas d'impact significatif sur l'évolution des pertes de poids des fruits au cours du temps (Figure 1B).



**Figure 1 :** Évolution des pertes de poids des lots d'essai entreposés à 8°C en fonction du temps :  
**1A :** tous lots confondus      **1B :** détail des lots conditionnés  
 PE ST : film PE non perforé      PE 1T : film PE 1 trou      BP 1T : boîte polypropylène 1 trou      B PST : boîte polystyrène

La progression dans le temps de l'indice de flétrissement des fruits est significativement réduite par la limitation des processus de déshydratation mais avec une forte interférence de la nature et du mode de conditionnement : le conditionnement sous papier ne permet de différer la limite de commercialisation des lots d'essai au regard de cet indice (soit une valeur supérieure à 3.0) que de 2 jours (11 jours contre 9 jours pour le lot témoin) et ce malgré des pertes en eau significativement réduites. Le conditionnement plastique sous polypropylène (P) ou polyéthylène (PE) repousse cette limite à 19 jours contre seulement 14 jours pour le polystyrène (Figure 2). La surface de contact avec l'atmosphère d'entreposage (et la ventilation) ainsi que le niveau d'écrasement des fruits dans l'emballage (boîte en PST plate) interfèrent visiblement dans l'évolution de l'indice de flétrissement. Le flétrissement des fruits du lot témoin s'accompagne de la déhiscence longitudinale de leur l'épiderme signe d'une déshydratation sévère (Photo 1). Ces processus apparaissent dès le 8<sup>ème</sup> jour d'entreposage et affectent 80% des fruits en fin d'essai. Le simple conditionnement en sac papier permet de réduire à la fois la précocité de ces processus et leur incidence : la déhiscence longitudinale des fruits n'apparaît qu'au 14<sup>ème</sup> jour d'entreposage et n'affecte que 60% des fruits en fin d'essai. Ce type de dommages est totalement contrôlé par le conditionnement sous plastique.



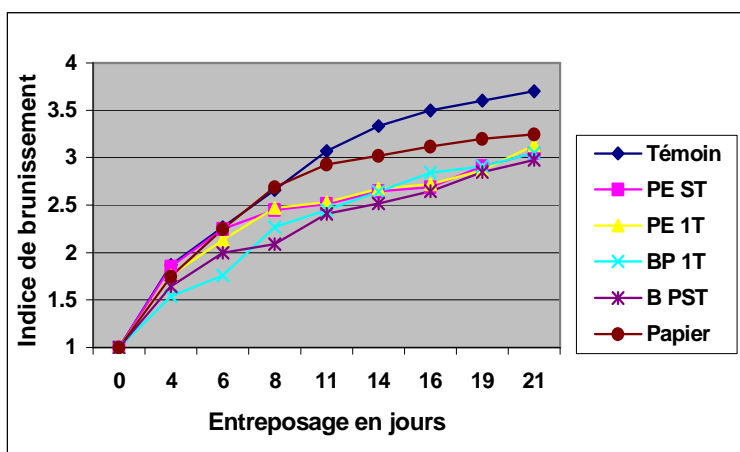
**Figure 2 :** Évolution de l'indice de flétrissement des lots d'essai en fonction du temps :  
 1 : absence    2 : modéré    3 : moyen    4 : sévère

**Photo 1 :** Déhiscence de l'épiderme des fruits soumis à une déshydratation sévère.



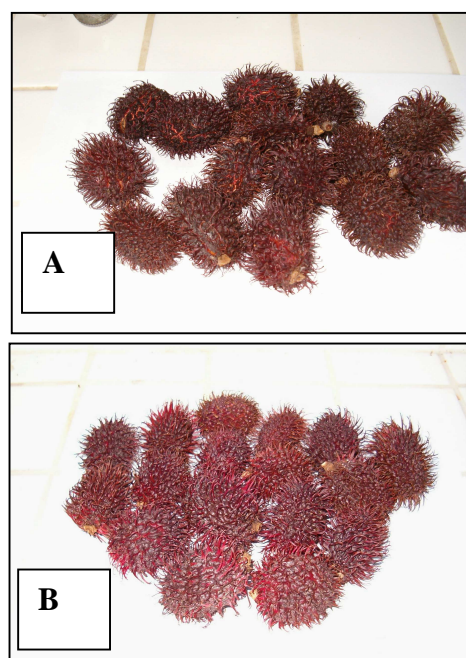
### 2.1.2- Brunissement des fruits

L'évolution des indices de brunissement (IB) des fruits entreposés est similaire à celle de leur indice de flétrissement confirmant ainsi la prévalence des processus de déshydratation dans ces processus de détérioration. Le mode et la nature du conditionnement utilisé ont un impact très significatif sur l'incidence et la sévérité du brunissement affectant les fruits (Figure 3). Le conditionnement sous papier permet de différer la limite de commercialisation des lots d'essai au regard de l'indice IB (soit une valeur supérieure à 3.0) de 4 jours (14 jours contre 10 jours pour le lot témoin). L'utilisation de conditionnements plastiques repousse cette limite à près de 20 jours d'entreposage à 8°C avec des indices de brunissement inférieurs à 3.2 en fin d'essai (Photo 2).



**Figure 3 : Évolution de l'indice de brunissement des lots d'essai en fonction du temps :**

1 : absence 2 : modéré 3 : moyen 4 : sévère  
PE ST : film PE non perforé PE 1T : film PE 1 trou  
BP 1T : boîte polypropylène 1 trou B PST : boîte polystyrène



**Photo 2 : Brunissement des fruits entreposés à 8°C après 20 jours d'essai**  
A : lot témoin B : lot conditionné sous PE

### 2.1.3- Evolution de l'indice biologique

A l'exception du lot conditionné sous PE perforé, les fruits entreposés ne présentent aucune attaque bactérienne ou fongique, preuve de l'efficacité du traitement postrécolte au TBZ (500 ppm). La contamination fongique observée dans les lots de fruits conditionnés sous PE perforé n'apparaît qu'après 21 jours d'entreposage à 8°C et reste modérée (indice biologique non reporté égal à 1.24).

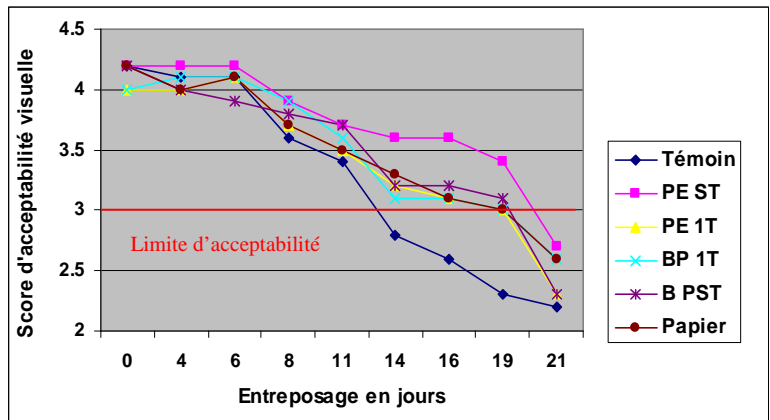
### 2.1.4- Acceptance visuelle des lots d'essai

Le conditionnement des fruits a un impact très significatif sur l'évolution dans le temps de leur acceptation visuelle et ce, quelle que soit la nature de l'emballage utilisé (Figure 4). Le conditionnement postrécolte des ramboutans permet ainsi, au regard du maintien de leur aspect visuel, de prolonger leur durée de vie d'une semaine à 8°C (12 à 13 jours pour le lot témoin contre 19 jours pour les lots conditionnés).

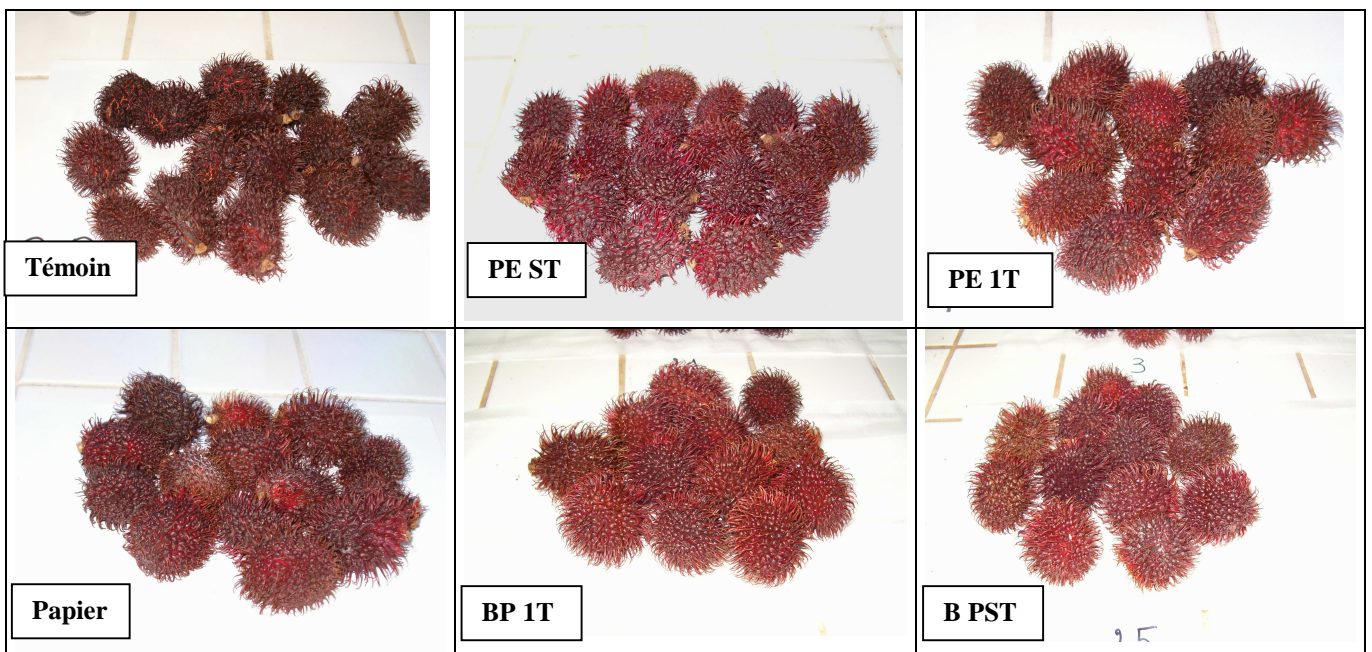
Bien que les résultats obtenus soient sensiblement les mêmes pour l'ensemble des lots conditionnés, le conditionnement sous PE non perforé entraîne un ralentissement significatif de la détérioration des fruits qui a pour conséquence le maintien à un niveau satisfaisant du score d'acceptabilité des fruits jusqu'au 19<sup>ème</sup> jour d'essai (score voisin de 3.5 contre 3.0 pour les autres lots conditionnés).



L'évolution de l'acceptabilité des lots est directement liée à celle de la couleur des fruits (Photo 3) et donc de leurs indices de flétrissement et de brunissement avec au final un déclassement des lots affectés sévèrement par ces 2 processus. La dégradation plus rapide du lot témoin et la meilleure performance du conditionnement sous PE non perforé mettent en évidence la prévalence des processus de déshydratation des fruits dans l'altération de leur valeur commerciale et l'intérêt d'un conditionnement le plus protecteur possible.



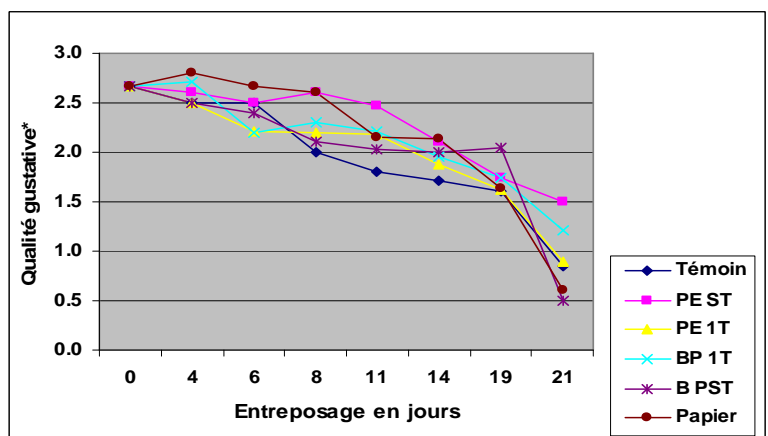
**Figure 4 : Évolution du score d'acceptabilité visuelle des lots d'essai en fonction du temps :**  
5 excellent 4 : bon 3: acceptable 2 : médiocre 1 : mauvais.



**Photo 3 : Aspect des 6 lots d'essai après 19 jours d'entreposage à 8°C (bas)**  
PE ST : film PE non perforé PE 1T : film PE 1 trou BP 1T : boîte polypropylène 1 trou B PST: boîte polystyrène

## 2.2- Evolution de la qualité gustative des lots d'essai

La qualité gustative des fruits entreposés se dégrade lentement sans différence significative entre les lots jusqu'au 19<sup>ème</sup> jour d'essai et ce, malgré un meilleur maintien apparent de celle des fruits conditionnés sous PE non perforé et sous papier (Figure 5). Au-delà, l'acceptabilité gustative des fruits chute brutalement à l'exception de celle des fruits conditionnés sous PE non perforé



**Figure 5 : Évolution de la qualité gustative des lots d'essai en fonction du temps :**

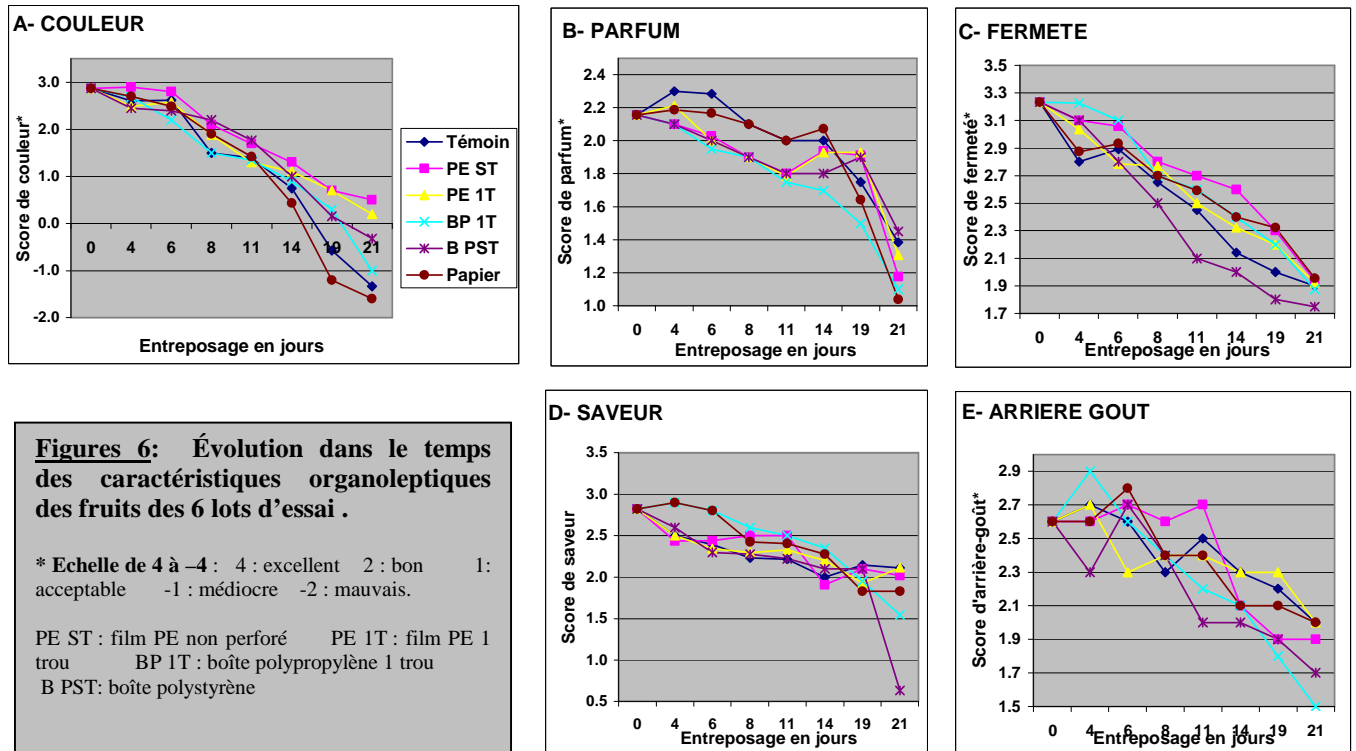
\* Echelle de 4 à -4 :  
4 : excellent 2 : bon 1: acceptable -1 : médiocre -2 : mauvais.



qui reste compatible à leur commercialisation. Ces résultats confirment ceux obtenus en 2005 pour ce qui concerne donc le contrôle de la détérioration des qualités sensorielles des fruits par un abaissement de la température de stockage à 8°C (rapport 01/IAA.SDR du 01.12.06).

Le suivi détaillé des caractéristiques organoleptiques des fruits entreposés met en évidence :

- Un maintien à un niveau satisfaisant de la couleur des fruits conditionnés sous PE sur une période de 14 jours contre 11 pour les autres lots (Figure 6A). Le conditionnement sous film PE, avec ou sans perforation ralentit considérablement la dégradation de la couleur des fruits en fin d'essai avec un score qui, sans être acceptable, reste voisin de 0 (ni bon, ni mauvais).



- Une diminution progressive de la fermeté des fruits sans différence significative entre les lots d'essai à l'exception du lot conditionné en boîte PST (Figure 6C). La chute brutale de la fermeté des fruits de ce dernier lot après une semaine d'entreposage à 8°C est à relier avec l'écrasement observé des fruits dans l'emballage. Le ramollissement des fruits serait donc le résultat d'une capacité mal adaptée du conditionnement utilisé et non celui d'un matériel d'emballage non adéquat (polystyrène). En fin d'essai, la fermeté des fruits reste cependant acceptable pour l'ensemble des lots.

- Une stabilité très satisfaisante du profil aromatique des fruits du lot témoin et de ceux conditionnés en sac papier jusqu'au 14<sup>ème</sup> jour d'essai (Figure 6B) : l'absence d'atmosphère confinée a un impact positif significatif sur le développement du parfum des fruits. Cet impact disparaît lorsque l'entreposage des ramboutans se prolonge au-delà de 2 semaines : dégradation rapide du score de parfum sans différence significative entre les 6 lots d'essai. Le profil aromatique des fruits est encore acceptable en fin d'essai et ce, quel que soit le mode de conditionnement.

- Une lente dégradation de la saveur des fruits sans différence significative entre les lots jusqu'au 19<sup>ème</sup> jour d'essai et ce, à un niveau d'acceptabilité encore très satisfaisant (score voisin de 2.0). On observe ensuite une chute brutale des scores de saveur pour les fruits des lots conditionnés en boîte et plus particulièrement pour le conditionnement sous PST (Figure 6D). La dégradation de la saveur des fruits des 2 lots considérés semble liée à l'émergence d'un arrière-goût de vieux fruit (et non sénescence) (Figure 6E).

Le choix d'une très basse température d'entreposage (8°C) permet donc de contrôler significativement les processus d'altération de la plupart des caractéristiques organoleptiques du ramboutan et explique au final le maintien d'une qualité gustative acceptable. Ce constat se vérifie plus particulièrement pour ce qui concerne la texture des fruits mettant en évidence l'absence d'impact significatif des processus de « chilling injury » sur les qualités internes du fruit. La présence d'une AM à l'intérieur des emballages agit essentiellement sur le maintien dans le temps des caractéristiques physiques des fruits à savoir leur couleur et leur fermeté.

### 2.3- Durée de vie postrécolte des fruits

La durée de vie des fruits entreposés est limitée par la dégradation rapide de leur aspect externe liée au développement de symptômes sévères de flétrissement et de brunissement de leurs poils et de leur épiderme. Ce type de dommage étant étroitement relié au poids perdu par évaporation, le conditionnement des fruits, en limitant les pertes d'eau, permet de prolonger leur durée de vie d'une semaine et d'étendre ainsi à 8°C la durée de leur entreposage à 20 jours.

Le conditionnement sous PE apparaît comme le plus adapté au ramboutan. Bien qu'il ne permette pas de prolonger la durée de vie postrécolte du fruit au-delà de 20 jours, il ralentit considérablement la dégradation de sa coloration (Figure 6A) permettant ainsi de maintenir un niveau satisfaisant d'acceptabilité visuelle des fruits (3.5 pour le lot PE non perforé contre 3.0 pour les 5 autres lots).

Bien que peu visible sur l'ensemble des résultats obtenus, les modalités du conditionnement sous PE (nombre de perforations) semblent avoir un impact sur le développement plus ou moins sévère de symptômes de « chilling injury » à 8°C avec une moindre performance à cette température de l'emballage perforé. L'atmosphère modifiée obtenue dans l'emballage PE non perforé permettrait de diminuer la sensibilité des fruits au froid (Tableau III).

Modalités d'entreposage		O <sub>2</sub> en %	CO <sub>2</sub> en %
PE	0 trou	3 - 6	5 - 11
	1 trou	9 - 10	1 - 2
BPropyléthylène	1 trou	10 - 15	< 0.6

**Tableau III : Composition des AM en fonction des modalités de l'entreposage.**

## III- DISCUSSION

Les résultats obtenus confirment ceux obtenus en juillet 2005, à savoir qu'un conditionnement adapté permet d'étendre la durée de vie postrécolte du ramboutan jusqu'à 3 semaines à 8°C (rapport 01/IAA/SDR du 12.01.2006).

Le conditionnement des fruits associé à un circuit postrécolte écourté avant la mise au froid (< 2H) permet de contrôler efficacement leur déshydratation, principale source d'altération des fruits entreposés du fait de leur morphologie particulière (Mendoza et al, 1972 ; Lam et al, 1987 ; Landrigan, 1996; Barry, 2007). Les emballages à base de polymères utilisés lors de cet essai ont permis de réduire les pertes de poids par évapotranspiration à moins de 4 % après 3 semaines d'essai (contre 21% pour le lot témoin non conditionné) avec pour conséquence un flétrissement différé de la chevelure des fruits et ce, sans différence significative entre les 3 types de polymères testés. Le bon maintien de l'état de fraîcheur des fruits conditionnés sous plastique apparaît donc davantage lié aux conditions de haute humidité créées à l'intérieur des emballages (HR 95-100%) qu'à la composition en gaz de leur atmosphère. En contradiction avec certains auteurs (Lee et Leong, 1982 ; Mohamed et Othman, 1988 ; Ponrot, 2006), ces résultats rejoignent les conclusions des récentes publications remettant en cause les effets des AM sur la durée de vie postrécolte du ramboutan (Kanlayanarat et al, 2000 ; Srilaong et al, 2002). Le conditionnement sous papier ne contrôle que partiellement la déshydratation des fruits avec pour les fruits considérés des pertes de poids en fin d'essai avoisinant les 15%. Cependant il permet de

différer de 6 jours l'apparition des premiers symptômes sévères de dessiccation des fruits et en diminuer l'incidence en fin d'essai.

Le conditionnement des fruits limite également efficacement leur brunissement mais de façon sensiblement différente selon la nature de l'emballage utilisé. Seul le lot conditionné sous PE non perforé présente un indice de brunissement acceptable en fin d'essai (voisin de 3.0) avec pour conséquence un score de couleur compatible à la commercialisation des fruits après 18 jours d'essai (voisin de 1.0). Le PE perforé, bien que moins efficace, permet également une meilleure rétention de la couleur rouge des fruits. A 8°C le maintien de la couleur des fruits dans le temps apparaît donc comme fonction de la composition de l'AM engendrée. Tout comme le flétrissement, le brunissement du fruit est avant tout une expression de sa sénescence, accélérée sous l'effet du stress provoqué par sa dessiccation (O'Hare, 1995). 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). Le brunissement des fruits lié à leur dessiccation résulte de la simple dégradation des anthocyanes de leur épiderme (Nip, 1988 cité dans Underhill et al, 1992) : augmentation du pH permettant leur conversion en composés carbinol plus sensibles aux dégradations enzymatiques (Underhill et al, 1992). Le conditionnement, en créant autour du fruit une atmosphère humide freine donc ce type d'altération. L'effet direct de l'AM s'explique par contre par la basse température de stockage. A 8°C, le brunissement épidermique des ramboutans entreposés se caractérise par sa précocité et traduit physiquement les processus de chilling injury affectant le fruit. Dans le cas du "chilling injury", les anthocyanes épidermiques ne sont pas dégradés 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 indépendamment de leur teneur en anthocyanes (O'Hare et al, 1994). 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. Ces réactions sont partiellement inhibées par un enrichissement de l'atmosphère de stockage en CO<sub>2</sub> et une diminution de son pourcentage d'O<sub>2</sub> (Spalding et Reeder, 1975 ; Paull et Rohrbach, 1985; Chaplin et al, 1986). En accord avec les résultats obtenus en 1995 sur le cultivar Rongrien (Ketsa et Klaewkasetkorn, 1995), un enrichissement modéré de l'atmosphère de stockage en CO<sub>2</sub> (1 à 2%) permet de retarder efficacement la décoloration du cultivar polynésien à 8°C ; cependant un taux de CO<sub>2</sub> compris entre 7 et 12% est généralement conseillé pour le ramboutan (Kader et al, 1997 ; Zagory et al, 1999 ; Srilaong et al, 2002 ; Ratanachinakorn, 2005 ; Sopee et al, 2006), taux obtenu ici par l'utilisation de PE 40 µm non perforé.

Les résultats obtenus montrent qu'à la température considérée, soit 8°C, la durée de vie du fruit est limitée par la dégradation de son aspect externe et non par celle de sa qualité gustative qui reste satisfaisante pour l'ensemble des lots même après 20 jours d'essai. L'AM créée autour du fruit par le PE non perforé (7 à 12% de CO<sub>2</sub>) permet une meilleure rétention de la fermeté du fruit conformément aux bibliographies consultées (Kader et al, 1997 ; Ponrot, 2007). Compte tenu de la durée limitée de l'entreposage, les conditions d'AM et de basse température de stockage n'entraînent aucune anoxie visible du fruit donc aucune déviation de son profil aromatique même si celui-ci baisse un peu en fin d'essai pour l'ensemble des lots entreposés.

#### **IV- CONCLUSION**

Les résultats obtenus ici confirment donc qu'il est possible d'étendre la commercialisation du ramboutan au-delà de 15 jours par une stratégie adéquate de contrôle des processus de dessiccation affectant le fruit dès sa récolte. A 8°C, les fruits conditionnés sous PE 40µm ont une durée de vie d'environ 18 jours sans incidence majeure sur leur qualité gustative.

La basse température de stockage associée à l'emballage protecteur permet une réduction sensible des pertes de masse par évaporation contribuant ainsi à réduire de façon efficace le flétrissement et le noircissement du fruit. La création d'une atmosphère modifiée enrichie en CO<sub>2</sub>

autour du fruit permet d'autre part de limiter le brunissement physiologique du fruit entreposé à basse température (chilling injury).

L'extension de la durée de vie postrécolte du ramboutan à 18 jours n'a cependant été rendue possible que par un strict respect des recommandations précédemment établies, à savoir :

- Sélection des fruits à la récolte : les fruits trop verts ou de maturité trop avancée doivent être écartés, les premiers développant rapidement des symptômes sévères de « chilling injury » à basse température, les seconds des symptômes de sénescence.
- Limitation du délai postrécolte avant la mise au froid à 2 ou 3 h maximum pour réduire les pertes en eau des fruits.
- Préréfrigération des fruits entre 10 et 12°C.

Le manque de maîtrise des itinéraires de récolte et des opérations postrécoltes du ramboutan en Polynésie reste cependant un frein sérieux à la régularité de l'approvisionnement du marché local. L'identification des cultivars existants sur le Territoire et peut être l'introduction de nouvelles variétés pourraient constituer un des point fort d'un éventuel programme de développement de la filière.

## **V- BIBLIOGRAPHIE**

- Barry I.N., 2007. A value-chain analysis for the Sri Lankan rambutan subsector. Research report N°2. International Centre for Underutilised Crops. Colombo, Sri Lanka, 55 p.
- Chaplin R.G., Graham D., Cole S.P., 1986. Reduction of chilling injury in mango fruit by storage in polyethylene bags. ASEAN Food J. 2: 139-142.
- Kader A.A, Olds M.S, Moyer P.V., Zagory D., 1997. Modified atmospheres: An Indexed Reference List With Emphasis On Horticultural Commodities. Supplement N°7 . Postharvest Horticulture Series. Department of Pomology, University of California, Davis, CA: 67 p.
- Kanlayanarat S., Wong-Aree C., Maneerat C., 2000. Use of film thickness for modified atmosphere packaging to prolong storage life of rambutan cv.'Rong-rien'. XXV International Horticultural Congress. ISHS Acta Horticulturae 518: 107- 114.
- Ketsa S., Klaewkasetkorn O., 1995. Effect of modified atmosphère on chilling injury and storage life rambutan. Acta horticulturae 398: 223- 231.
- 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., 1996. Postharvest browning of rambutan (*Nephelium lappaceum*). Ph.D. Thesis, University of Western Sydney, Hawkesbury, Australia. I. Pertanika
- Lee S.K., Leong, P.C., 1982. Storage studies on the rambutan in Singapore. Proceedings of the Workshop on mango and rambutan, 18-25 April 1982. University of the Philippines at Los Banos, College, Laguna, Philippines, 172- 175.
- 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.
- O'Hare, T.J., Prasad, A., Cooke, A.W., 1994. Low temperature and controlled atmosphere storage of rambutan. Postharvest Biology and Technology 4,147-157.
- O'Hare, TJ., 1995. Postharvest physiology and storage of rambutan. Postharvest Biology and Technology 6,189-199.
- Paull, R.E., Rohrbach K.G., 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 100-105.

- Ponrot W., Niyomlao W., Kanlayanarat S., 2006. Modified atmospheres affect the quality and storage life of rambutan fruit. Proc. IV<sup>th</sup> on MQUIC. Acta hort. 712, 667- 670.
- Ratanachinakorn B., Nanthachai S., Nantachai N, 2005. Effect of different atmospheres on the quality of “Rong Rien” rambutan. Proc.2<sup>nd</sup> IS on Lychee, Longan, Rambutan and others Sapindaceae plants. Acta Horticulturae 665, 381-386.
- Sopee A., Techavuthiporn C., Kanlayanarat S., 2006. High carbon dioxide atmosphere improve quality and storage life of rambutan (*Nephelium lappaceum*) fruit. Proc. IV<sup>th</sup> IC on MQUIC. Acta Hort. 712, 865 – 872.
- Spalding D.H., Reeder W.F., 1975. Low-oxygen high-carbon dioxide controlled atmosphere storage for control of anthracnose and chilling injury of avocados. Phytopath. 65: 458-460.
- Srilaong V., Kanlayanarat S., Tatsumi Y., 2002. Changes in commercial quality of “Rong Rien” rambutan in modified atmosphere packaging. Food Sci.Technol.Res., 8(4), 337 – 341.
- Underhill, S.J., Critchley, C., Simons, D.H., 1992. Postharvest pericarp browning of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. Acta Horticulturae 321, 718-722.
- Zagory D., Kader A.A, 1999. Rambutan. In: Controlled Atmosphere Handbook, a guide for shipment of perishable cargo in refrigerated containers. Carrier Transicold Division: p 92.

### **ANNEXE III : Conservation longue durée du ramboutan par la congélation : impact de 2 prétraitements de surface sur le maintien des caractéristiques sensorielles des fruits.**

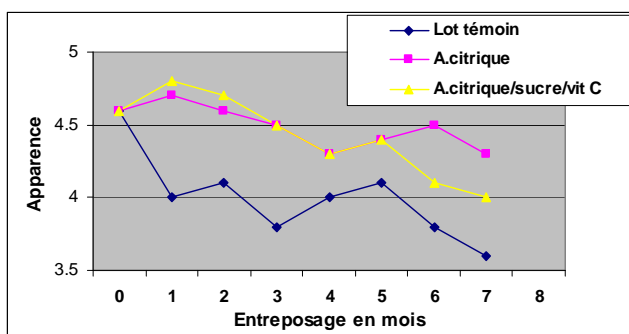
La congélation est pour de nombreux fruits une technique efficace de conservation longue durée avec en particulier un excellent maintien des caractéristiques de saveur et des propriétés nutritionnelles (Ingegno, 1999 ; Kampuse et Kampuss, 2003 ; Skrupskis et al, 2003 ). La commercialisation de lychees congelés est ainsi courante mais limitée dans le temps par la baisse de l'apparence des fruits qui tendent à brunir sous l'effet des températures négatives (Yueming et al, 2005). Différents prétraitements, et en particulier ceux de formulation, ont été testés et ont permis d'optimiser la stabilité du lychee congelé (Kunagoon, 1999 ; Terdbaramee et al, 2003 ; Yueming et al, 2005). La problématique postrécolte du lychee étant sensiblement la même que celle du ramboutan, deux de ces prétraitements ont pu être testés en 2005 dans le cadre d'un essai préliminaire de congélation du fruit (rapport 01/IAA.SDR du 12.01.2006). Les résultats obtenus ont montré que la congélation pourrait bien constituer une solution technique adéquate au problème de la longue conservation d'un fruit caractérisé par une période de production limitée dans l'année et une durée de vie postrécolte courte (maximum 15 jours). Des essais complémentaires sur un échantillonnage plus important devaient être effectués afin de confirmer les données recueillies ; un nouveau prétraitement de formulation pourrait être insérer dans le protocole expérimental en lieu et place de celui au HCl, moins performant que la formulation à l'acide citrique.

Les fruits pour essai sont issus du matériel végétal précédemment caractérisé et récolté le 22/03/07. Ils présentaient tous une coloration optimale de leur péricarpe au moment de leur congélation (indice de couleur compris entre 2 et 3). Les 2 prétraitements appliqués ont consisté en un trempage des fruits en solution acide : 10 mn dans une solution d'acide citrique ( $1 \text{ mol.l}^{-1}$ ) et 30 mn dans une solution d'acide citrique à 10% additionnée de saccharose (10%) et d'acide ascorbique (1%). Pour chaque prétraitement appliqué ainsi que pour le lot témoin (contrôle sans traitement), 8 réplifications de 15 fruits chacune ont été constituées (400 à 500 g) et conditionnées sous PE (non perforé). Les fruits ont ensuite été entreposés 7 mois à  $-18^{\circ}\text{C}$ . Chaque mois, une réplification de chaque modalité de traitement est prélevée afin d'évaluer, après décongélation, l'aspect visuel et les qualités organoleptiques des fruits entreposés.

Les 2 prétraitements testés et la durée de l'entreposage à  $-18^{\circ}\text{C}$  ont un impact significatif sur l'apparence globale des fruits après décongélation. La figure 1 montre que les 2 prétraitements appliqués améliorent significativement le maintien dans le temps de l'apparence des fruits entreposés à  $-18^{\circ}\text{C}$  et ce, dès le premier mois d'entreposage. Une différence significative apparaît entre les 2 lots traités lorsque la congélation des fruits se poursuit au-delà de 5 mois avec une baisse sensible de l'apparence des fruits traités par la solution

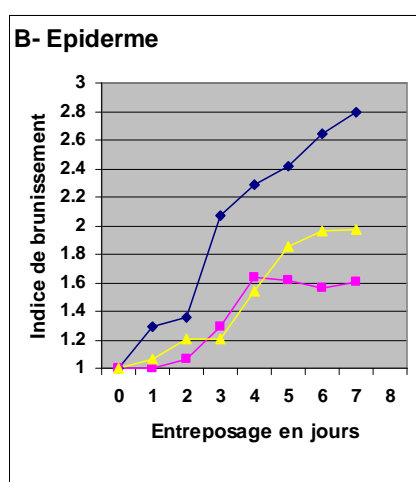
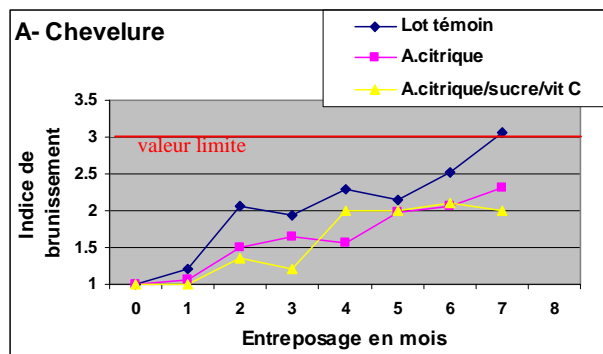
sucrée bien que celle-ci soit encore très satisfaisante (Figure 1, photo).

Le résultat obtenu est en relation directe avec l'évolution des indices d'altération affectant les fruits dans les 3 lots d'essai. Les 2 prétraitements effectués ralentissent significativement les processus de brunissement affectant les ramboutans et ce, que l'on considère la chevelure du fruit ou son épiderme (Figures 2A et 2B). En fin d'essai le brunissement des fruits du lot témoin est inacceptable (indice > 3.0) alors que les 2 lots traités présentent des indices de brunissement modérés. Le brunissement épidermique est néanmoins significativement plus sévère pour le lot traité par la solution sucrée lorsque la congélation des fruits se poursuit au-delà de 5 mois (Figure 2B).



**Figure 1 : Evolution de l'apparence des 3 lots de fruits en fonction du temps.**

\* 5 :excellente 4 : bonne 3 : moyenne 2 : médiocre 1 : mauvaise



**Figure 2 :** Évolution des indices de brunissement des lots d'essai en fonction du temps :

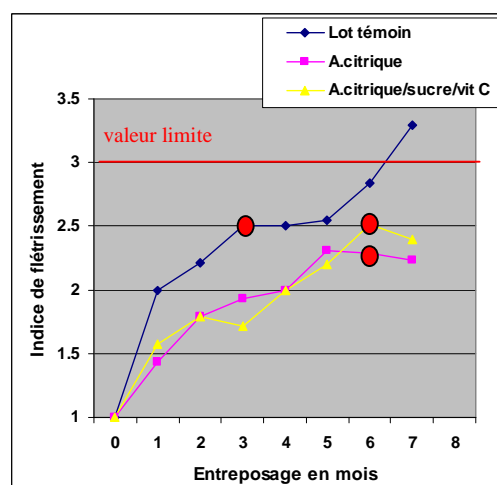
1 : absence 2 : modéré 3 : moyen 4 : sévère

Les processus de flétrissement sont également significativement réduits par le prétraitement chimique des fruits. La figure 3 met en évidence une progression rapide de cet indice dans le lot témoin avec 100% de fruits affectés après seulement 3 mois de congélation et un indice d'altération final inacceptable (> 3.0). Les 2 lots traités montrent une progression plus lente de l'altération avec 100% de fruits affectés après 6 mois d'essai et un indice final qui reste modéré.

**Figure 3 :** Évolution des indices de flétrissement des lots d'essai en fonction du temps :

1 : absence 2 : modéré 3 : moyen 4 : sévère

● 100% de fruits affectés



**Apparence physique des 3 lots d'essai après 7 mois de congélation à -18°C.**

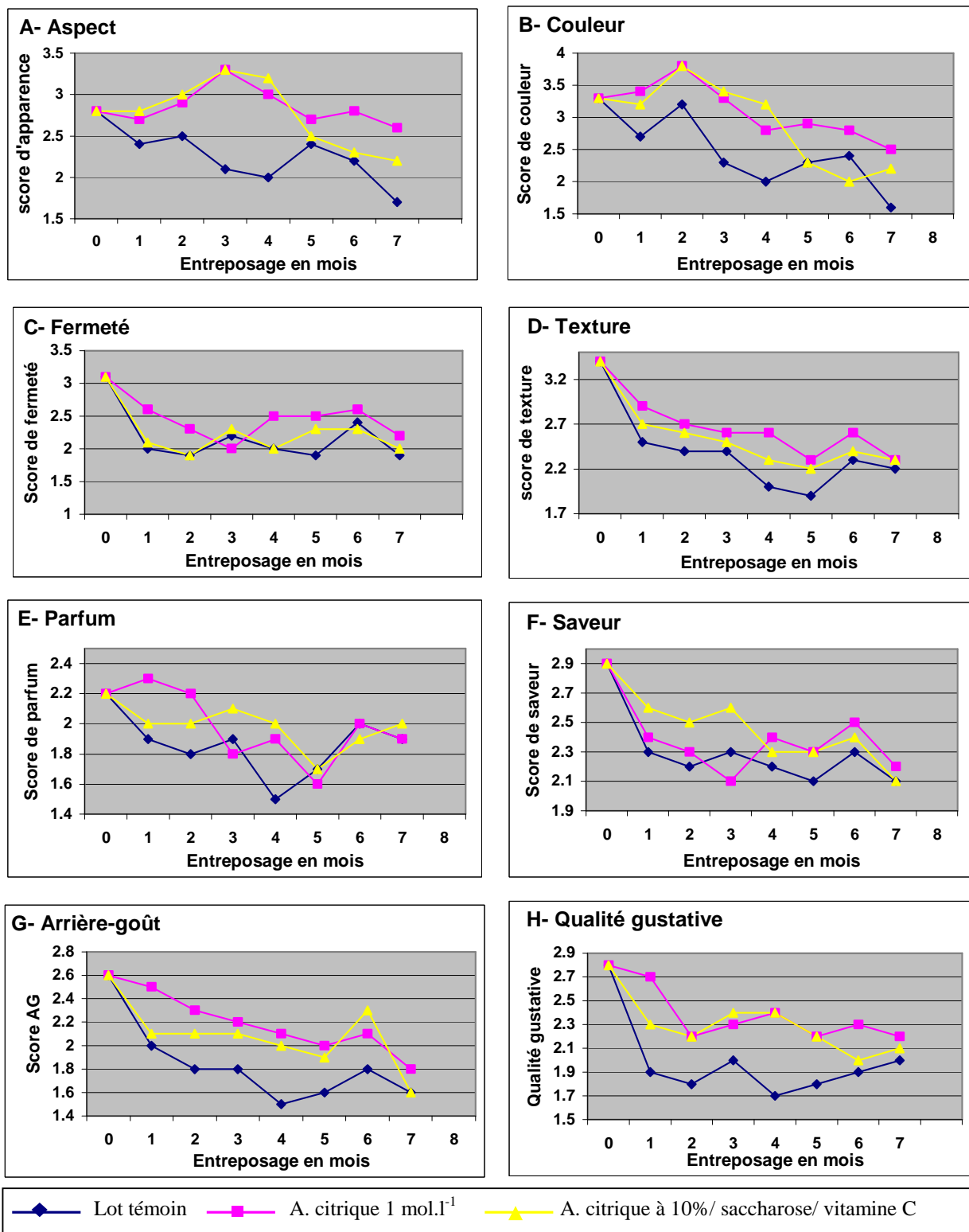
Les qualités sensorielles des 3 lots d'essai diminuent en fonction de la durée de la congélation avec des différences plus ou moins marquées. On notera :

- Un meilleur maintien de l'aspect des fruits des 2 lots traités par rapport au lot témoin (Figure 4A) en relation avec un excellent maintien de leur couleur rouge caractéristique (Figure 4B) et ce, jusqu'au 5<sup>ème</sup> mois d'essai. Passé ce délai, seul le traitement à l'acide citrique pur (1 mol.l<sup>-1</sup>) permet de maintenir ce résultat.

- Une diminution conséquente au cours du temps de l'arrière-goût des fruits avec une nette déviation de la variable pour le lot témoin dès le premier mois de congélation et un score tout juste acceptable en fin d'essai (Figure 4G). L'altération de l'arrière-goût des fruits est liée au détachement du tégument de la graine qui adhère alors à la chair du fruit et lui confère une amertume plus ou moins sévère.



- Le suivi des scores de texture, de fermeté, de parfum et de saveur des fruits met en évidence une baisse sensible de toutes ces variables durant le premier mois de la congélation puis une stabilisation à un niveau satisfaisant sans différence significative entre les lots (Figures 4, C, D, E et F).
- La qualité gustative du fruit, dépendant au final de l'ensemble de ses caractéristiques sensorielles, se trouve également dégradée significativement durant le premier mois de la congélation puis se stabilise à un niveau satisfaisant pour l'ensemble des 3 lots (Figure 4H). Les 2 prétraitements réalisés en postrécolte permettent de la maintenir à un niveau élevé durant les 5 premiers mois d'essai en relation avec une moindre dégradation de l'arrière-goût des fruits. Passé 5 mois, seul le traitement à l'acide citrique pur ( $1 \text{ mol.l}^{-1}$ ) permet de maintenir ce résultat.



**Figure 4 :** Evolution des caractéristiques organoleptiques des 3 lots d'essai en fonction de la durée de l'entreposage à  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Les résultats obtenus confirment ceux de 2005 (rapport 01/IAA.SDR du 12.01.2006) et sont en concordance avec les bibliographies recueillies (Kunagoon, 1999; CDA, 2000) : la congélation du ramboutan permet une période de conservation possible d'au moins 6 mois à  $-18^{\circ}\text{C}$  mais s'accompagne dans tous les cas d'une diminution sensible de ses qualités sensorielles qui, bien que toujours satisfaisantes, ne sont plus du niveau du fruit frais. Les prétraitements de formulation ralentissent significativement ces dégradations.

Le trempage préliminaire des fruits dans un bain d'acide tel qu'il a été pratiqué ici semble être à ce jour le plus approprié : l'abaissement du pH du péricarpe du fruit permet de contrôler significativement l'instabilité des anthocyanes de la peau du fruit et donc de maintenir dans le temps sa couleur rouge et son aspect frais (Zauberman et al, 1990 ; Zhang et al, 2001). La solution sucrée a un effet similaire cependant celui-ci disparaît après 4 mois d'entreposage à  $-18^{\circ}\text{C}$ . L'effet protecteur du saccharose qui agit comme barrière de diffusion à l'oxygène est complété par l'adjonction d'acide ascorbique qui prévient les changements de couleur résultant des enzymes d'oxydation (polyphénoloxydases) après la destruction des tissus cellulaires (Lester, 1995). La diminution dans le temps de l'impact du traitement sur le maintien de la couleur de fruits peut ainsi résulter de la consommation totale de l'acide ascorbique additionné par les réactions d'oxydation mise en cause dans le brunissement enzymatique du fruit.

L'opération de congélation provoque en revanche une modification profonde de la texture et de la fermeté du fruit et ce, quel que soit le lot d'essai considéré. Cette modification, visible à la décongélation du fruit, intervient dès le premier mois d'essai et ne dépend pas de la durée d'entreposage à  $-18^{\circ}\text{C}$ . L'impact négatif de la congélation sur les propriétés physiques des fruits est lié à l'expansion intracellulaire provoquée par la formation de cristaux de glace qui en provoquant la rupture des membranes cellulaires interdit le retour à l'état initial lors de la décongélation (Lacasse, 1994). L'immersion des fruits dans la solution sucrée aurait du permettre par déshydratation osmotique d'augmenter la concentration cellulaire en solutés avec pour conséquence la diminution du point de congélation de la pulpe et la réduction de l'endommagement tissulaire survenu après la formation des cristaux. L'absence de résultats à ce niveau peut s'expliquer par le faible taux de saccharose de la solution utilisée (10%) sachant que la déshydratation osmotique des fruits s'effectue généralement à des concentrations plus élevées (30 à 70%) (Torregiani et al, 1996). Le temps de contact (30 mn) et la température d'immersion ( $12^{\circ}\text{C}$ ) peuvent également être remis en cause.

Le dernier problème relevé dans cet essai est la déviation progressive de l'arrière-goût du fruit qui est à peine acceptable pour le lot témoin en fin d'essai. Cette dénaturation de la flaveur du fruit est liée au détachement du tégument (testa) de la graine qui adhère alors à la chair du fruit et lui confère une amertume plus ou moins sévère. Le dénoyautage du fruit, envisagé un temps par l'entreprise Lafinita au Guatemala, a été abandonné car trop difficile à réaliser compte tenu de l'adhérence de la graine (CDA, 2000). La solution technique à ce jour la plus simple serait certainement la mise en culture de nouvelles variétés à chair non adhérente.

Globalement les résultats obtenus lors de cet essai sont satisfaisants. La congélation constitue une solution technique adéquate au problème de la longue conservation d'un fruit caractérisé par une période de production limitée dans l'année et une durée de vie postrécolte courte (maximum 15 jours). Des essais complémentaires devront cependant être effectués afin de pouvoir vérifier certaines de nos hypothèses en particulier pour ce qui concerne les cultivars à chair non adhérente (des arbres isolés existeraient dans la commune Papeari).

De nouveaux prétraitements pourront également être testés avec pour objectif une moindre dégradation des structures cellulaires du fruit à la décongélation : prétraitement par des solutions plus concentrées en saccharose ou à base de  $\text{CaCl}_2$ .

Une attention particulière devra être portée aux modalités optimales d'utilisation du fruit. A la vue des résultats obtenus, la durée de décongélation devra être suivie et précisée pour une qualité gustative du fruit optimale à la consommation.

## **Bibliographie**

- CDA Lima, 2000. Resumen de actividades, 7- Agosto 2000, Centro de Desarrollo de Agronegocios, 5p.
- Département IAA, 2006. Ramboutan : Conservation réfrigérée sous atmosphère modifiée. Rapport 01/IAA.SDR du 12.01.2006.
- Ingegno C., 1999. Design applications : Tropical fruits. Food Product design, décembre 1999.
- Kampuse S., Kampuss K., 2003. Quality of raspberries and blackcurrants after frozen storage. International Conference: Postharvest Unlimited. ISHS Acta Horticulturae 599 : 711-717.
- Kunagoon B., 1999. Influence of maturity on physical and chemical changes in frozen lychees. Postharvest technology. Faculty of Agriculture Chiang Mai, Thaïlande.
- Lacasse D., 1994. Introduction à la microbiologie alimentaire. Saint Martin, Montréal : 397- 398.
- Lester E.J., 1995. Freezing effect on food quality. Marcel Decker, New York: 183-223.
- Skrupskis I., Aboltins A., Iljins U., 2003. Durable storage possibility of fruit and berries. International Conference: Postharvest Unlimited. ISHS Acta Horticulturae 599 : 719-724.
- Terbaramee U., Ratanakhanokchai K., Kanlayanarat S., 2003. Effect of citric acid on the control of postharvest browning of lychee fruit under cold storage. XXVI International Horticultural Congress: Issues and advances in Postharvest Horticulture. ISHS Acta Horticulturae 628 : 527-532.
- Torregiani D., Lucas T., Blond G., Raoult-Wack A.L., 1996. Amélioration de la qualité des aliments surgelés par application de prétraitements. Dans : Optimisation de la qualité et de la stabilité des aliments congelés. Concerted action CT 96- 1180. Eds Kennedy et Archer: 29- 37.
- Yueming J., Yuebiao L., Jianrong L., 2005. Browning control and shelf-life extension of frozen lychee fruit by diluted HCl. II International Symposium on lychee, longan, rambutan and other Sapindaceae Plants. ISHS Acta Horticulturae 665 : 355-358.
- Zauberman G., Ronen R., Akerman M., Fuchs Y., 1990. Low pH treatment protects litchi fruit colour. Acta Hort. 269: 309- 314.
- Zhang Z.Q., Pang X.Q., Ji Z.L., Jiang Y.M., 2001. Role of anthocyanin degradation in litchi pericarp browning. Food Chem. 75: 217- 221.