

RÉSUMÉ

Pour lutter contre les pourritures après la récolte, des essais d'application d'eau chaude menés par le Ctifl ont permis de démontrer l'efficacité de la technique à plus haute température et sur des temps très courts. Plusieurs couples de traitements intéressants ont été identifiés. L'efficacité n'est pas totale mais une réduction du taux de pourritures comprise entre 60 et 90 % a pu être observée, sans altération de la qualité des fruits. Pour les expérimentations, l'eau a été appliquée par douche ou trempage à l'aide de prototypes de laboratoire, et sur plusieurs dizaines de variétés de pêches et nectarines avec une efficacité identique. Les essais doivent maintenant être validés sur une machine de traitement en ligne à forte cadence et sur des volumes de pêches plus importants.



**POST-HARVEST CONTROL
OF MONILIA: APPLICATION
OF HOT WATER FOR
PEACHES**

To combat post-harvest rot, trials conducted by Ctifl consisting of applications of hot water demonstrated the effectiveness of the technique using higher temperatures and shorter times. Several promising treatment "pairings" were identified. Although the technique is not totally effective, rot was observed to be reduced by 60 to 90% without altering the quality of the fruit. For the trials, water was applied by shower or immersion, using laboratory prototypes for several dozen varieties of peach and nectarine, with equal effectiveness. The results must now be validated on a mechanised, fast-paced treatment line and on larger volumes of peach.

Lutte post-récolte contre Monilia

Application d'eau chaude sur pêches

Dans le cadre d'un projet associant les stations de conditionnement de pêches des Pyrénées-Orientales et du Gard, la structure Transferts LR à Montpellier, et le Ctifl, ont été engagés en 2007 et 2008, des travaux d'expérimentation, afin d'identifier des techniques physiques de lutte contre les pourritures affectant les pêches et les nectarines après la récolte. Actuellement, les traitements chimiques disponibles au verger ne permettent pas toujours d'avoir une protection suffisante jusqu'au consommateur et aucune solution post-récolte n'est autorisée ou n'est assez performante pour traiter des volumes de pêches importants.

Les travaux ont porté dans un premier temps sur l'intérêt d'appliquer de l'eau chaude sur les pêches après la récolte pour limiter le développement de Monilia. Cette technique n'est pas nouvelle, mais les temps de traitements étaient jusqu'à présent assez longs, et ne permettaient pas de traiter des pêches à forte cadence. L'objectif des essais mis en place a donc été de démontrer la possibilité d'appliquer des traitements très courts avec une bonne efficacité. Cet article regroupe les principaux résultats obtenus au cours des 2 années sur plusieurs dizaines de variétés de pêches et nectarines, traitées par trempage ou douche à l'eau chaude.

(*) Transfert de technologie et savoir-faire innovants en Languedoc-Roussillon



Les traitements thermiques : état des recherches

Chaque année, les pêches et nectarines sont attaquées plus ou moins fortement par un ensemble de parasites et de champignons provoquant des pourritures de l'épiderme. La majorité d'entre elles sont liées au *Monilia* (*Monilia laxa* et *fructicola*, là où elle est présente). Ces champignons contaminent les fruits au verger, puis se développent avant la récolte, ou après la cueillette lorsque la température de stockage augmente et que la fermeté des fruits diminue. Le développement est également dépendant des conditions climatiques et de la sensibilité des variétés, avec généralement des fruits de plus en plus sensibles au fur et à mesure de l'avancée de la campagne de récolte. D'autres champignons se partagent ensuite le reste des pourritures observées : le *Botrytis*, le *Penicillium* et le *Rhizopus* (agent de contamination redoutable qui peut s'étendre très rapidement par contact sur des fruits sains).

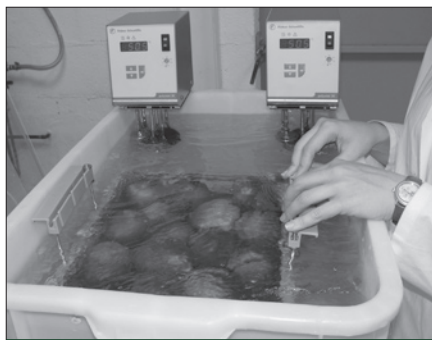
Pour limiter le développement de ces pourritures, les producteurs disposent de peu de solutions. Quelques produits phytosanitaires appliqués au verger, conservent une action protectrice après récolte, mais pas toujours suffisante pour garder les fruits sains jusqu'au consommateur. De plus, une fois les fruits récoltés, aucun traitement chimique n'est actuellement autorisé après la récolte et les solutions physiques sont encore peu adaptées aux traitements de gros volumes de pêches pendant la saison.

Depuis quelques années, du fait de la réduction des solutions de lutte chimiques disponibles, les travaux sur les applications d'eau chaude ou d'air chaud ont été relancés, avec de nombreuses recherches à l'échelle mondiale. Ces techniques ne sont pas récentes et des applications existent déjà, notamment pour décontaminer certains fruits tropicaux comme les mangues. Ces dernières sont trempées dans des bains d'eau chaude ou placées dans des chambres ventilées avec de l'air chaud pendant plusieurs dizaines de minutes ou plusieurs heures afin d'éliminer les éventuels insectes présents dans les fruits, et les pourritures de surface.

Sur l'espèce pêche, des premiers travaux, menés au niveau mondial, ou en France par le Grab et le Ctifl, ont montré qu'un trempage des fruits de quelques minutes dans de l'eau autour de 50 °C permettait

de réduire fortement le développement de *Monilia* après la récolte. Quelques équipements de trempage sont d'ailleurs proposés sur le marché et utilisés principalement en agriculture biologique (sur pomme et pêche). Néanmoins, les configurations actuelles ne permettent pas toujours de traiter des volumes de fruits à forte cadence et leur prix reste encore élevé du fait de leur diffusion limitée. En Israël, une méthode d'application par douche et brossage, a été développée et est utilisée pour nettoyer les melons et les poivrons en quelques dizaines de secondes à plus haute température (autour de 55 °C). Quelques brevets de machines de traitement par douche ont également été déposés aux États-Unis. Cependant, peu de résultats sont disponibles pour la pêche avec des temps de traitements courts et tenant compte des particularités (épiderme, sensibilité) propres aux nombreuses variétés existantes.

De ce constat est née l'idée d'un projet collectif regroupant des stations de conditionnement de pêches des Pyrénées-Orientales et du Gard, Transferts LR à Montpellier, l'équipementier Caustier France et le Ctifl, afin de mettre en place des travaux d'expérimentation pour répondre à certaines questions jugées sans réponses. Dès le début, l'objectif a été d'aboutir à un équipement permettant de traiter rapidement les gros volumes de pêches arrivant en station pendant la saison. Les techniques à base d'application d'eau chaude par trempage et douche se sont avérées dans un premier temps les plus efficaces et les plus rapidement applicables, même si des travaux sur des traitements à base de rayonnement lumineux se poursuivent. En 2008, le projet a été soutenu par la région Languedoc-Roussillon, concernant la réalisation des travaux d'expérimentation et la construction d'un prototype de douche.



Bac de trempage

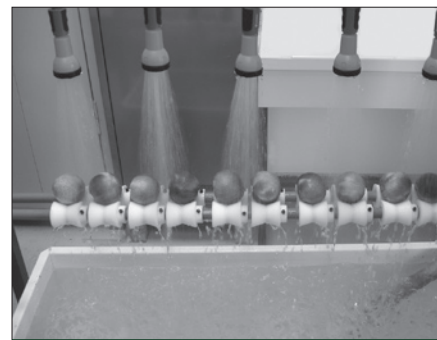
Les expérimentations réalisées

Identification des couples temps/ températures optimaux pour la pêche

Dans leur publication, Couey et al. regroupent un ensemble de couples temps de traitement/températures de l'eau appliqués sur plusieurs espèces de fruits et légumes, et définissent des temps d'exposition moyens pour lesquels un début d'altération des fruits apparaît. Partant de cette base de travail, les expérimentations menées en 2007 et 2008 ont eu pour objectif d'identifier les couples temps - température optimaux sur la plage de température 50-70 °C, pour plusieurs variétés de pêches et nectarines.

L'eau chaude a été appliquée par trempage dans un bac équipé d'un système de chauffage et de régulation de la température ou par douche à l'aide d'un prototype construit pour l'étude. Ce dernier permet l'application d'eau sur des fruits en rotation, afin de simuler à petite échelle un traitement en ligne des fruits sur une chaîne de calibrage. Une fois la température régulée à la valeur souhaitée, les pêches sont trempées ou douchées pendant un temps défini qui décroît avec l'augmentation de la température. Après l'application d'eau chaude, les pêches sont conditionnées en plateaux alvéolés, placées pendant quelques jours à 1 °C, puis à 25 °C avec une forte humidité (> 90 % HR) pour accélérer le développement des pourritures.

Une première série d'expérimentations menées en 2007 a mis en évidence qu'un traitement de dix secondes à 60 °C permettait d'avoir une réduction du taux de pourritures comprise entre 60 et 80 % par rapport à des lots de pêches non traitées (FIGURE 1). Pour les quatre variétés étudiées, dont les variétés *Benedicte*® *Meydicte cov* et *August Red*® conduites en agriculture biologique, les niveaux d'efficacité sont comparables à ceux



Rampe de douche

FIGURE 1 : Étude d'une gamme de températures pour lutter contre les pourritures - essais 2007 - 4 variétés testées (Modalité 60°C-20 secondes non testée sur la variété September Star cov)

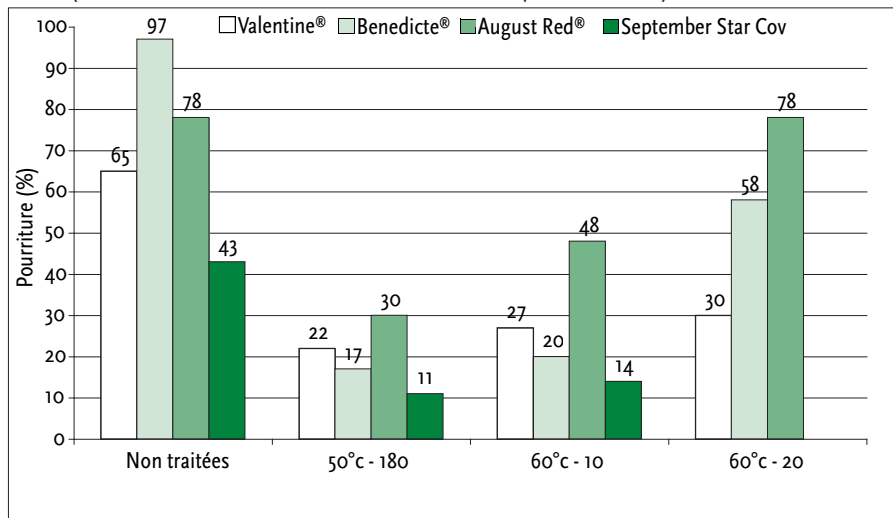


FIGURE 2 : Étude d'une gamme de températures pour lutter contre les pourritures - essais 2008 - sept variétés testées traitements « courts »

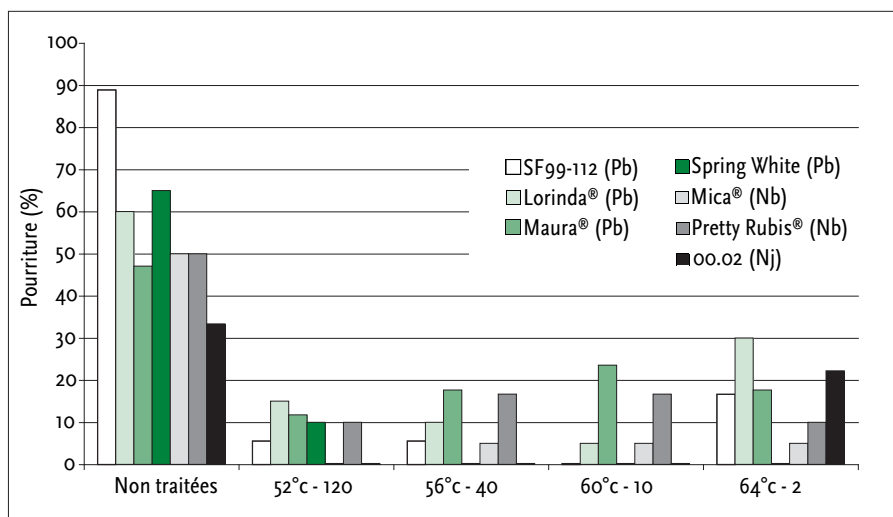
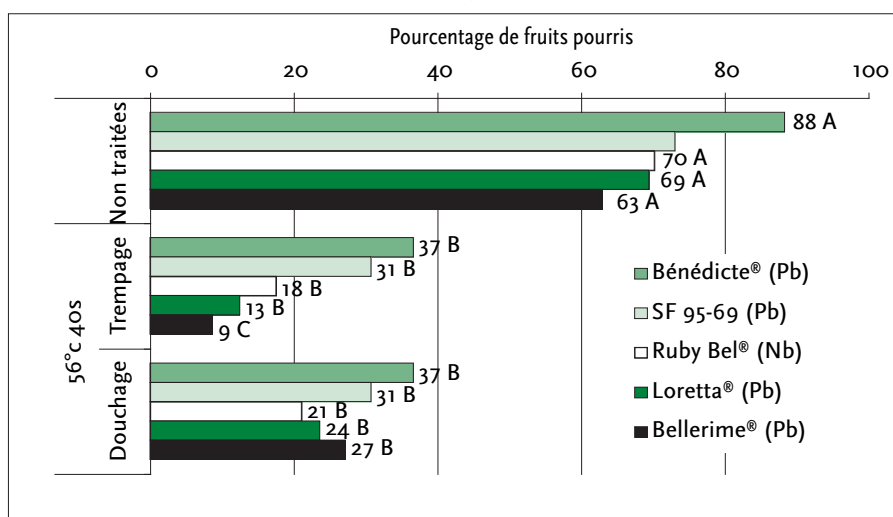


FIGURE 3 : Comparaison de l'application d'eau chaude par trempage ou douche - essais 2008 - cinq variétés testées - les lettres différentes indiquent une différence significative au test de Newman-Keuls seuil de 5%



obtenus avec le couple trois minutes à 50°C, utilisé jusqu'à présent dans les essais antérieurs. Ce couple de 60°C-10 secondes n'a pas engendré d'altération visuelle des fruits. En revanche, un traitement plus long de 20 secondes, réalisé à cette même température, n'a pas permis une réduction aussi forte des taux de pourriture, même s'ils restent tout de même inférieurs à ceux des lots non traités. En effet, bien qu'aucune brûlure visuelle n'ait été observée sur ces lots, le temps de traitement de 20 secondes est vraisemblablement trop long et provoque des micro-blessures de l'épiderme favorisant le développement de pourriture. Cette hypothèse est confirmée par la nature des champignons qui se développent : Monilia est en grande partie éliminé, par contre certains fruits sont atteints de manière plus importante par Penicillium, parasites de blessures et Rhizopus, pour lesquels les traitements appliqués ne semblent pas avoir une efficacité suffisante.

En 2008, une nouvelle série d'expérimentations a été mise en place afin de confirmer les premières conclusions et balayer une gamme de températures plus large, compatible avec une application industrielle. Sept variétés ont été suivies sur la gamme 52-64°C par pas de 4°C, avec pour chaque température deux durées de traitements appliquées : une durée dite « courte » proche de la température de sensibilité évoquée précédemment (Couey et al.), soit 120 secondes à 52°C, 40 secondes à 56°C, 10 secondes à 60°C et 2 secondes à 64°C et une durée dite « longue », soit 240 secondes à 52°C, 60 secondes à 56°C, 40 secondes à 60°C et 10 secondes à 64°C.

Les traitements « courts » : 52°C-120 s, 56°C-40 s et 60°C-10 s, donnent des résultats proches (FIGURE 2) avec une réduction du taux de pourritures comprise entre 70 à 100% selon les variétés. Le traitement 64°C pendant deux secondes a une efficacité un peu inférieure mais reste toutefois intéressant dans le cas d'un traitement en ligne très rapide. Pour les autres traitements, dits « longs », les taux de pourritures ont été systématiquement supérieurs aux taux obtenus avec les durées plus « courtes ». Ces résultats confirment l'hypothèse d'une altération non visible de l'épiderme des pêches qui devient plus fragile et plus sensible aux pourritures. Dans une autre série d'expérimentations, deux modes d'application de l'eau, par douche et trempage, ont été comparés pour un traitement avec de l'eau à 56°C pendant



FIGURE 4 : Comparaison d'une application d'eau chaude par trempage avant ou après le stockage à 2 °C - essais 2008 - quatre variétés testées - les lettres différentes indiquent une différence significative au test de Newman-Keuls seuil de 5%

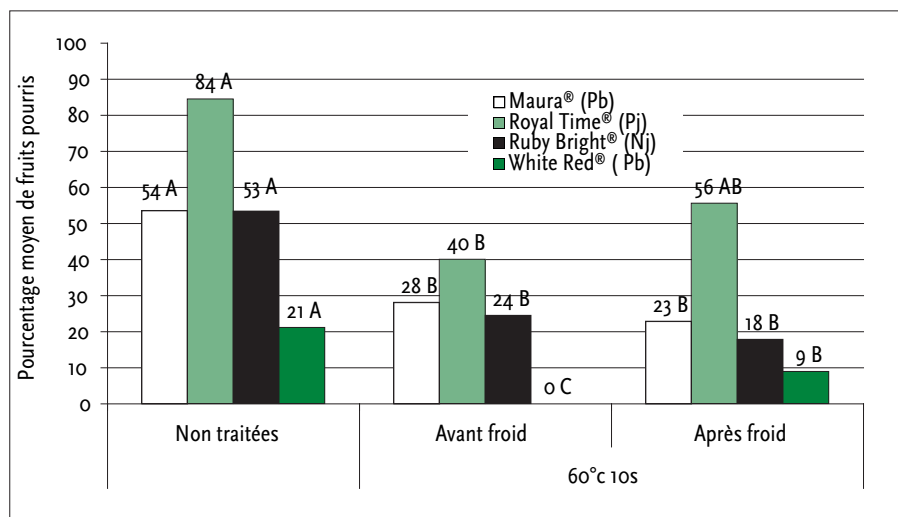


TABLEAU 1 : températures moyennes mesurées en surface sur des pêches White Red cov traitées à différentes températures

| T °C de l'eau/durée du trempage | T °C avant le trempage | T °C après le trempage |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 56 °C/40 s | 24 °C | 41 °C |
| 60 °C/10 s | 24 °C | 39 °C |
| 56 °C/40 s | 5 °C | 38 °C |
| 60 °C/10 s | 5 °C | 32 °C |

40 secondes. Pour le trempage, l'équipement présenté précédemment a été réutilisé. Pour le douchage, un prototype a été construit pour l'étude. Il comprend dix paires de diabolos sur deux axes motorisés, permettant la rotation plus ou moins rapide des fruits, un bac de 180 L d'eau, une pompe assurant la circulation de l'eau en circuit fermé et cinq douchettes délivrant chacune un débit d'environ 300 L/h.

Les fruits ont été traités à l'eau chaude avant ou après un court stockage de 1 à 6 jours à 2 °C, conditionnés en plateaux alvéolés, puis placés à 25 °C-95 % d'humidité relative pendant trois à six jours. Les taux de pourritures obtenus sont particulièrement élevés du fait des conditions climatiques de 2008 favorables au développement de champignons et de conditions de stockage choisies pour accélérer la maturation des produits. Les pourcentages de pourritures observés sur 5 variétés, sont rassemblés sur la figure 3. Les deux modes d'application ont eu une efficacité statistiquement identique (sauf pour la variété Bellerime® Maillarime cov pour laquelle le trempage a été plus efficace), avec une réduction du taux de pourriture compris entre 60 et 85 % selon les variétés.

Positionnement des traitements après la récolte

Au cours des différents essais mis en place, les traitements à l'eau chaude ont été appliqués avant ou après une courte période de stockage à 1 ou 2 °C, afin de simuler un traitement en entrée de station ou après une période de stockage au froid. Des études précédentes ont montré que ce passage au froid permettait de réduire le développement de rhizopus et contribuait à enclencher la maturation des fruits, notamment pour les variétés tardives qui évoluent lentement après la récolte. La figure 4 regroupe les résultats pour quatre variétés traitées avant ou après stockage au froid. Pour les deux modalités, les fruits ont subi le même itinéraire de stockage, l'entreposage au froid ayant été réalisé avant ou après le traitement. Après un entreposage de quelques jours à 25 °C, les pourcentages de fruits pourris n'apparaissent pas significativement différents entre les deux positions de l'application ou alternativement en faveur ou défaveur de l'une par rapport à l'autre.

Influence de la température initiale des fruits

Sur les deux variétés Beryl® Monroe cov et White Red cov, un trempage a été réalisé sur un lot de fruits, soit directement en sortie de chambre froide (surface des fruits à 5 °C), soit après réchauffement pendant quelques heures à température ambiante (surface des fruits à 24 °C). Le pourcentage de pourriture observé est le même pour les fruits, froids ou chauds, trempés 40 secondes à 56 °C. En revanche, pour un trempage de dix secondes à 60 °C, les fruits froids au départ, présentent au final un taux de pourriture légèrement supérieur. L'explication est fournie en partie par le suivi de la température de l'épiderme des fruits avant et immédiatement après trempage (TABLEAU 1). Pour les traitements 40 secondes à 56 °C sur fruits froids ou chauds et dix secondes à 60 °C sur fruits chauds, la température moyenne des fruits en sortie est proche de 40 °C. Par contre pour le traitement de dix secondes à 60 °C sur fruits froids, cette température est plus basse (32 °C), expliquant en partie la moins bonne efficacité observée. Aussi, lors de l'application pratique en station, la durée de traitement sera à adapter légèrement en fonction de la température moyenne des fruits traités, du couple de traitement choisi et du positionnement du traitement.

Influence sur la qualité

Des recherches, menées au niveau mondial, ont montré que les traitements thermiques appliqués sur les fruits et légumes pouvaient avoir une influence sur leur aspect visuel et leur qualité organoleptique, notamment dans le cas de traitements de longue durée (plusieurs minutes à plusieurs heures). La conséquence la plus néfaste est une brûlure du fruit, se caractérisant par un changement de couleur de l'épiderme, accompagné parfois de blessures plus ou moins importantes, voire d'un ramollissement de la chair en fonction de l'intensité du traitement. Le choix du couple de traitement est donc primordial : une température ou une durée trop faible ne permet pas d'avoir une bonne efficacité sur les pourritures, à l'inverse une température trop haute peut provoquer une altération irréversible de l'épiderme.

D'autres effets sur la physiologie des

TABLEAU 2 : Comparaison des mesures physico-chimiques (fermeté, taux de sucres, acidité) entre les pêches non traitées et traitées à l'eau chaude - variété Conquise cov (2008) et Maura® Zaifisan cov (2007) - ns : non significatif après test de Newman-Keuls au seuil de 5%

| | Variété Conquise cov | | | Variété Maura® Zaifisan cov | | | |
|-------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------|-----------|----------|
| | NT | 56°C-40 s | 60°C-10 s | NT | 50°C-3 min | 60°C-30 s | 70°C-5 s |
| Fermeté (kg/0,5cm) | 0,6 ns | 0,6 ns | 0,6 ns | 0,6 ns | 0,7 ns | 0,8 ns | 0,7 ns |
| Taux de sucres (% Brix) | 10,4 ns | 11,0 ns | 10,7 ns | 10,5 ns | 10,2 ns | 10,7 ns | 10,3 ns |
| Acidité (meq/100 g) | 9,8 ns | 9,1 ns | 9,5 ns | 11,5 ns | 11,6 ns | 11,5 ns | 11,1 ns |

fruits ont également été observés. Des travaux ont démontré que lors d'un traitement thermique, les fruits pouvaient sécréter des protéines dites de « stress thermique » (heat shock proteins) initiant une réaction de défense protégeant le fruit face à une future « agression ». Ainsi, des fruits ayant subi un premier traitement acquièrent une thermotolérance et deviennent plus résistants face à un second traitement à la chaleur, parfois plus sévère. De la même façon, des fruits traités avec de l'eau ou de l'air chaud peuvent devenir moins sensibles à des dégâts liés au froid lors d'un stockage en chambre froide postérieure au traitement à la chaleur. Enfin, les traitements thermiques peuvent avoir une action inhibitrice sur l'éthylène et provoquer un ralentissement plus ou moins important de la vitesse de maturation des fruits et légumes.

À partir de ces conclusions, l'objectif des essais a été de vérifier si les traitements identifiés précédemment pouvaient avoir un impact négatif sur la qualité. Les paramètres physico-chimiques et visuels ont été suivis sur plusieurs variétés en 2007 et 2008. Les mesures réalisées après traitement, puis après quelques jours à 25 °C, sont rassemblées dans le Tableau 2.

Sur les critères fermeté, taux de sucres, acidité, aspect visuel et vitesse de maturation, les différences ne sont pas significatives entre les modalités. Les traitements très courts appliqués n'ont pas affecté la qualité des fruits sur le plan visuel et physico-chimique. ■



■ Remerciements :

Les auteurs de cet article ont souhaité remercier :

- la structure Transferts-LR à Montpellier pour le pilotage du projet depuis le début et la mise en relation des partenaires ;
- la région Languedoc-Roussillon pour l'aide financière accordée au programme d'action 2008 ;
- les stations Ille Roussillon, Ille Fruits, Costière Nîmoises-Champey, Sica Estagel, La Melba, Château de Nages pour leur participation aux réunions du comité de pilotage et leurs conseils avisés sur le cahier des charges à adopter pour un transfert de la technique en stations ;
- l'équipementier Caustier France pour son aide technique et la mise à disposition d'équipements pour la réalisation des expérimentations.

Bibliographie

- Elazar Fallik, *Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing)* – Review – *Postharvest Biology and Technology*, Volume 32, Issue 2, May 2004, Pages 125-134.
- Susan Lurie, *Postharvest heat treatments* – Review – *Postharvest Biology and Technology*, Volume 14, Issue 3, 9 November 1998, Pages 257-269.
- Robert E. Paull, *Postharvest heat treatments and fruit ripening* – *Postharvest News and Information* 1990 Vol. 1 N° 5 pp 355-363.
- Couey HM, *Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits*. *Hort Science* Vol. 24(2) p 198-202 - 1989.
- Ozgur Akgun Karabulut, Lea Cohen, Batia Wiess, Avinoam Daus, Susan Lurie and Samir Drobny, *Control of brown rot and blue mold of peach and nectarine by short hot water brushing and yeast antagonists* - *Postharvest Biology and Technology*, Volume 24, Issue 2, March 2002, Pages 103-111.

LES PUBLICATIONS DU CTIFL

PÊCHE-ABRICOT DE LA RÉCOLTE AU CONDITIONNEMENT OUTILS PRATIQUES

Réalisation : S. Lurol, C. Hilaire, J. Lichou, M. Jay, Ctifl

Editions 2007 – 116 pages

Prix TTC de l'exemplaire : 30 €

Ce guide est destiné à tous les acteurs de la filière pêche et abricot : producteurs, metteurs

en marché, distributeurs et techniciens qui souhaitent utiliser les outils pratiques d'élaboration, de maintien et de mesure de la qualité sur ces deux espèces.

Dans un format de cahier de laboratoire, ce guide se veut l'outil pratique de tous les jours, où l'opérateur trouvera des informations sur la récolte, le stockage, le conditionnement, les outils de mesure de la qualité sous forme simple et didactique.

