

# Effets des températures élevées sur l'évolution des bananes après récolte. Tests prophylactiques.

E. DICK et P. MARCELLIN\*

EFFETS DES TEMPERATURES ELEVEES SUR L'EVOLUTION DES BANANES APRES RECOLTE. TESTS PROPHYLACTIQUES.

E. DICK et P. MARCELLIN.

*Fruits*, Dec. 1985, vol. 40, n° 12, p. 781-784.

RESUME - L'entreposage des bananes aux températures élevées (30°, 40°C) provoque des troubles physiologiques dont les manifestations conduisent à une dysharmonie de la maturation.

Des traitements prophylactiques appliqués en utilisant des chocs thermiques seuls ou en combinaison avec des atmosphères modifiées contribuent à limiter, dans certains cas, les dommages occasionnés sur les bananes par l'effet de ces températures.

## INTRODUCTION

La conservation des fruits tropicaux après récolte s'effectue à l'intérieur d'une gamme thermique appropriée, comprise généralement entre 8°C et 13°C selon les espèces. Cependant, dans bien des cas, l'insuffisance des structures d'entreposage frigorifique, dans les pays concernés (sous les tropiques), conduit les producteurs à stocker les fruits dans les conditions atmosphériques locales. Ainsi se posent, chez de nombreuses espèces fruitières (exemple : la banane) soumises à des températures dépassant en gros 30°C à 40°C, des troubles physiologiques dont l'étude revêt un intérêt pratique. Ces désordres sont, en effet, responsables de la mauvaise qualité des fruits, et sont la conséquence d'une maturation anormale.

Les études concernant les altérations consécutives au traitement des fruits à des températures extrêmes (30° à 45°C) sont relativement rares dans la littérature. Toutefois, MAXIE et al (1974) soulignent que, d'une manière générale, la maturation des poires est impossible à des températures supérieures ou égales à 40°C. Selon ces mêmes auteurs, il pourrait s'agir soit d'une faible synthèse d'éthylène incapable de déclencher une maturation correcte, soit de la perte de sensibilité des tissus à ce composé. Mais MANOLOPOULOU (1981) puis MARCELLIN et al (1982) ont récemment prouvé l'intervention du couple température-oxygène en montrant qu'à 30°C, par exemple, les pommes Granny-Smith se trouvaient en hypoxie.

L'intérêt économique du problème posé par l'altération rapide des bananes au cours de l'entreposage à des températures élevées a suscité notre étude afin de décrire les symptômes morphologiques des désordres occasionnés et tenter de les prévenir par quelques traitements prophylactiques utilisant des chocs thermiques ou gazeux.

\* - E. DICK - Laboratoire de Physiologie végétale - Université d'Abidjan - 04 B.P. 322 - ABIDJAN 04 (R.C.I.).

P. MARCELLIN - Laboratoire de Physiologie des Organes végétaux après Récolte - 4 ter route des Gardes - 92190 MEUDON (France).

Ce travail a été proposé et réalisé au Laboratoire de Physiologie des Organes végétaux après récolte à Meudon (CNRS - France) sous la direction de P. MARCELLIN, Directeur de Recherche au CNRS.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel végétal.

Le choix de la banane (*Musa acuminata* AAA, cv. Poyo) se justifie essentiellement du fait de sa sensibilité aux températures élevées. A cette raison, s'ajoute l'avantage de sa relative facilité d'approvisionnement, ainsi que l'importance qu'elle tend à prendre dans l'alimentation des pays tropicaux en voie de développement.

Les fruits, en provenance du Cameroun, sont arrivés au Laboratoire du CNRS à Meudon (France) après un délai de deux semaines environ.

### Conditions générales d'entreposage des bananes et déroulement des expériences.

Dans les meilleurs délais après leur arrivage, on a procédé à la constitution des lots destinés aux expériences. Ceux-ci, placés dans des clayettes métalliques préalablement désinfectées, étaient logés dans de petits compartiments métalliques (ou cellules) d'une capacité de 40 litres environ. Les «cellules» comportaient un regard en plexiglas permettant l'examen des fruits, et, étaient fermées de façon étanche. Elles présentaient, en outre, deux ajutages permettant la circulation à débit constant, d'un courant d'air fortement humidifié, à l'intérieur du caisson (H.R. = 0,93-0,95 environ).

Dans le but d'annuler, ou tout au moins, de réduire les symptômes observables dus à l'effet des températures élevées (30°, 40°C) sur les bananes, nous avons effectué des traitements thermiques ménagés par refroidissements intermittents à 20°C. Ainsi, nous avons appliqué aux fruits, un ou deux refroidissements de 12 heures à 20°C pendant les premières 48 heures de stockage à 30° ou 40°C (c'est-à-dire durant la période inductive ou période d'incubation des troubles). Les fruits étaient ensuite maintenus pendant 8 jours au chaud. Au terme de ce laps de temps, les bananes étaient transférées à 20°C pour maturation complémentaire. Trois lots ont ainsi été constitués :

- lots A<sub>0</sub> et B<sub>0</sub>, témoins maintenus constamment (sans choc thermique) et respectivement à 30° et 40°C.
- lots A<sub>1</sub> et B<sub>1</sub>, traités par un choc à 20°C, 12 heures après le début de leur entreposage, respectivement à 30° et 40°C.
- lots A<sub>2</sub> et B<sub>2</sub>, traités par deux chocs au cours de leur séjour respectif à 30° et 40°C ; le premier choc intervenant une demi-journée après le début de l'entreposage au chaud, le second survenant 12 heures après le pre-

mier. Les expériences ont été effectuées dans une atmosphère d'air.

Par ailleurs, nous avons imaginé de multiplier les refroidissements périodiques en les appliquant, soit dans l'air comme précédemment, soit en présence de mélanges gazeux enrichis ou appauvris en oxygène (50 p. 100 O<sub>2</sub> et N<sub>2</sub> - 5 p. 100 O<sub>2</sub> et 95 p. 100 N<sub>2</sub>). Ainsi, nous avons procédé à trois refroidissements intermittents de 24 heures à 20°C dans l'air ou en atmosphères modifiées, durant la première semaine d'entreposage à 30° ou 40°C. Les fruits étaient ensuite maintenus à ces températures initiales pendant 4 jours puis entreposés 3 jours à 20°C pour maturation complémentaire (durée de mise en équilibre thermique dans la pulpe de banane, après transfert = 4 heures environ). Les lots expérimentés sont énumérés ci-dessous et désignés par Y et Z, respectivement pour les bananes placées à 30° et 40°C :

Y<sub>0</sub> et Z<sub>0</sub> : lots témoins non traités, respectivement à 30° et 40°C.

Y<sub>1</sub> et Z<sub>1</sub> : lots ayant subi 3 refroidissements à 20°C dans l'air

Y<sub>2</sub> et Z<sub>2</sub> : lots ayant subi 3 refroidissements à 20°C dans une atmosphère enrichie à 50 p. 100 d'oxygène.

Y<sub>3</sub> et Z<sub>3</sub> : lots ayant subi 3 refroidissements à 20°C dans une atmosphère hypoxique (5 p. 100 d'oxygène).

D'autre part, l'ensemble des caractères organoleptiques des fruits utilisés ont été appréciés par un jury de cinq personnes.

## RESULTATS

### Description des troubles.

Afin de définir une période durant laquelle, bien que soumis à 30° ou 40°C, les fruits ne manifestaient pas les symptômes observables des troubles (période inductive), d'une part, et de décrire les dommages superficiels occasionnés par ces températures sur les bananes, d'autre part, celles-ci ont été entreposées initialement au chaud puis transférées par intervalle de temps régulier, à 20°C, afin de visualiser plus nettement les dégâts.

Pour les deux températures considérées (30°C et 40°C), la période inductive se situait entre 35 et 50 heures environ. Un entreposage continu à 30°C, durant 52 à 70 heures, montrait un début de déverdissement épidermique, alors que la pulpe s'amollissait rapidement et prenait une saveur sucrée. Au-delà de cette période, commençaient à se déve-

lopper, dans la moitié proche de la cicatrice florale, des taches brunes qui fusionnaient entre elles pour former après 5 à 7 jours, de larges zones noirâtres.

A 40°C, les fruits ne présentaient apparemment aucune dégradation chlorophyllienne. La fermeté de la pulpe diminuait considérablement. Après la période inductive, se développait progressivement un goût fermentaire tandis que la peau se réduisait en épaisseur et tendait à se décoller de la pulpe. Une coupe transversale des fruits montrait l'évolution de la plénitude du stade 3/4 plein à 3/4 et la tendance à l'écrasement des canaux laticifères. Une section longitudinale mettait en évidence un aspect «bouilli» de la périphérie de la pulpe. Seule la zone placentaire avait gardé une relative consistance. Une exposition prolongée à 40°C provoquait au bout d'une semaine, le noircissement presque général de l'épiderme et l'écoulement d'un exsudat propice au développement des moisissures.

#### Traitements prophylactiques.

On constate (tableau 1) que les refroidissements pério-

diques à 20°C en atmosphère d'air des bananes, lors de leur entreposage à 30° ou 40°C, n'améliorent pas de manière significative la qualité des fruits. Cependant, le seul bénéfice observable des chocs thermiques constitue le ralentissement de la dégradation occasionnée sur les bananes par les hautes températures.

En ce qui concerne les traitements thermiques combinés avec l'emploi d'atmosphères modifiées, les résultats sont mentionnés dans le tableau 2. On peut remarquer que le comportement des bananes aux températures très élevées (30° et 40°C) apparaît avoir bénéficié des traitements que nous avons utilisés. Tandis que les fruits maintenus constamment à la chaleur à titre de témoins (lots Y<sub>0</sub> et Z<sub>0</sub>) ont été sérieusement endommagés (en particulier le lot à 30°C) et que leurs qualités organoleptiques se révèlent désastreuses, aboutissant à des fruits déliquescents et fermentés, tous les autres lots présentent une amélioration nette de leur comportement. A 30°C, le lot Y<sub>2</sub> qui a été soumis à trois refroidissements intermittents dans une atmosphère enrichie à 50 p. 100 d'oxygène est non seulement dépourvu de brunissement superficiel, mais, en outre, apparaît d'assez bonne qualité gustative (convenablement sucré et assez

TABLEAU 1 - Caractères organoleptiques des lots de bananes entreposés à 30° ou 40°C et ayant subi divers traitements thermiques.

	Nombre de chocs à 20°C	Lots	Couleur	Goût	Arôme	Consistance de la pulpe	Aspect général
30°C	0	A <sub>0</sub>	altérations noirâtres	fermenté	alcoolique	très molle	très mauvais
	1	A <sub>1</sub>	noir-jaune sale	"	"	"	mauvais
	2	A <sub>2</sub>	noir-jaune	"	"	molle	médiocre
40°C	0	B <sub>0</sub>	noir intense	fermenté	alcoolique	très molle	très mauvais
	1	B <sub>1</sub>	noir verdâtre	"	"	"	mauvais
	2	B <sub>2</sub>	noir-jaune	"	"	"	mauvais

TABLEAU 2 - Caractères organoleptiques des lots de bananes entreposés à 30° ou 40°C et ayant subi des traitements thermiques et gazeux.

	Taux d'O <sub>2</sub> (%)	Nombre de chocs à 20°C	Lots	Couleur	Goût	Arôme	Consistance de la pulpe	Aspect général
30°C	21 (air)	0	Y <sub>0</sub>	noirâtre	fermenté	alcoolique	très molle	mauvais
	21 (air)	3	Y <sub>1</sub>	jaune délavé	sucré arr. goût fermenté	assez bon	molle	acceptable
	50	3	Y <sub>2</sub>	jaune intense	"	"	"	assez bon
	5	3	Y <sub>3</sub>	jaune tigré	"	"	"	acceptable
40°C	21 (air)	0	Z <sub>0</sub>	noir-jaune	fermenté	alcoolique	très molle	mauvais
	21 (air)	3	Z <sub>1</sub>	jaune-verdâtre	"	"	"	passable
	50	3	Z <sub>2</sub>	jaune délavé	"	"	"	passable
	5	3	Z <sub>3</sub>	"	"	"	"	passable

bien parfumé ; le seul reproche à faire est une consistance assez molle de la pulpe). Quant aux autres lots également soumis à trois refroidissements, mais appliqués, soit dans l'air (lot Y<sub>1</sub>) ou en présence d'une atmosphère hypoxique (lot Y<sub>3</sub>), on enregistre une régression importante des troubles superficiels dus aux températures extrêmes. Cependant, la flaveur de ces fruits est seulement acceptable et inférieure au lot Y<sub>2</sub>. A 40°C, les bananes sont, par ailleurs, considérablement altérées lorsqu'elles sont maintenues à cette température tout au long de l'expérience (lot Z<sub>0</sub>) : la peau est noire et les fruits extrêmement mous et très fermentés. Les trois refroidissements intermittents, tels qu'ils ont été appliqués sur les autres lots (Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>3</sub>) permettent de réduire à la fois les troubles résultant de la chaleur, toutefois de façon modérée : la couleur des fruits est seulement légèrement entachée de sombre, mais, surtout à la dégustation, les fruits se révèlent être de très mauvaise qualité.

#### DISCUSSION

Les résultats acquis au cours de nos expériences montrent que les traitements thermiques sont d'autant meilleurs qu'ils sont combinés avec une atmosphère suroxygénée, lorsque les bananes sont soumises à 30°C. Ainsi, il semble que l'action d'un stress thermique et gazeux contribue à améliorer la résistance des fruits aux troubles observés à cette température. En ce qui concerne le stockage à 40°C, on peut constater que les dommages occasionnés sur les bananes étudiées sont, tout au moins dans nos conditions expérimentales, très difficiles à limiter par des chocs de froid. Il est absolument indispensable d'essayer d'affiner cette méthode prophylactique pour des températures aussi élevées que 40°C.

Il est apparu très récemment l'idée d'une production de substances toxiques par les fruits au cours de leur stockage aux températures élevées entraînant ainsi les dommages observés (MORAS, 1978). Une étude récente confirme partiellement cette hypothèse. En effet, il a été observé de façon particulièrement évidente que des composés fermentaires (acétaldéhyde et éthanol) s'accumulent dans les bananes à 30°C et 40°C tandis que les mêmes constituants sont beaucoup plus faiblement stockés dans les fruits mis à mûrir directement à 20°C. L'accumulation de ces substances s'effectue, d'ailleurs, de manière précoce, dès les premières 48 heures, dans toute la masse du fruit, c'est-à-dire au cours de la période inductive des troubles (DICK, 1980). Dès lors, il semble que les altérations constatées (brunissement et maturation incomplète) sont la conséquence de l'action combinée de la chaleur, d'une hypoxie et éventuellement d'une accumulation de gaz carbonique.

Par ailleurs, l'utilisation des atmosphères convenablement modifiées, (notamment à 30°C) prouve qu'en accroissant le taux d'oxygène dans le milieu extérieur, on ne provoque pas une accumulation exagérée de gaz carbonique intercellulaire, et que la meilleure oxygénation des tissus internes aboutit à favoriser la métabolisation des déchets fermentaires. Il est possible que l'échec du même traitement à 40°C soit dû justement à une accumulation trop importante du gaz carbonique dans les fruits. En outre, il aurait été satisfaisant de réaliser un écoulement forcé d'air (perfusion) à travers la masse des bananes maintenues à 30° ou 40°C (comme l'a fait en pareil cas MANOLOPOULOU sur la pomme en 1981). Malheureusement, à ces températures élevées, les tissus s'affaissent, devenant beaucoup trop résistants au passage des gaz et empêchant toute perfusion d'air ou encore d'atmosphère enrichie en oxygène.

#### BIBLIOGRAPHIE

- DICK (E.). 1980.  
Quelques aspects physiologiques et prophylactiques des maladies de la banane aux températures trop basses ou trop élevées.  
*D.E.A., Paris*, 34 p.
- MANOLOPOULOU (L.). 1981.  
Troubles physiologiques de la maturation des pommes Granny Smith à 30°C : rôle de la fermentation alcoolique et recherches prophylactiques.  
*Thèse de 3ème cycle, Paris*, 108 p.
- MARCELLIN (P.), DESSAUX (C.) et POULIQUEN (J.). 1982.  
Troubles de la maturation des pommes à 30°C (var. Granny Smith).  
*C.R. du 2ème Colloque Recherche fruitière, Bordeaux*, 175-183.
- MAXIE (E.C.), MITCHELL (F.G.) et SOMMER (N.F.). 1974.  
Effect of elevated temperature on ripening of «Bartlett» pear *Pyrus communis* L.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99 (4), 344-349.
- MORAS (P.). 1978.  
Etude du métabolisme fermentaire au cours de la maturation à température élevée de la pomme Granny Smith.  
*Thèse de 3ème cycle, Paris*, 84 p.

