

# Cinétique de l'évolution primaire et prévention de la maladie du froid de la banane (*Musa acuminata* AAA, CV. Poyo).

DICK EMMANUEL\*

CINETIQUE DE L'EVOLUTION PRIMAIRE ET PREVENTION DE LA MALADIE DU FROID DE LA BANANE (*MUSA ACUMINATA* AAA, CV. POYO).

DICK EMMANUEL

*Fruits*, nov. 1984, vol. 39, n° 11, p. 673-676

RESUME - La survie des fruits après récolte pose le problème des troubles physiologiques survenant au cours de leur conservation à des températures inférieures à 10°C en moyenne. L'étude des événements primaires qui aboutissent aux altérations dues au froid («chilling-injury») aide à comprendre la réponse des organes au stress thermique. Ainsi, il paraît important de définir une période (dite inductive) au cours de laquelle le métabolisme, perturbé par l'effet du froid, est encore réversible.

Par ailleurs, la détermination exacte de cette période permet d'appliquer avantageusement un traitement prophylactique par des réchauffages intermittents afin de limiter les désordres occasionnés par les températures basses nuisibles sur la banane.

## INTRODUCTION

L'expérience prouve que les espèces végétales des régions chaudes (méditerranéennes et surtout tropicales ou subtropicales) sont plus sensibles au froid que celle des zones tempérées. Des températures basses, mais supérieures au point de congélation, généralement comprises entre 1 et 12°C, provoquent des désordres physiologiques ou «chilling-injury» (frisure). Ce fait rend difficile l'application de la réfrigération artificielle, principale technique utilisée pour protéger les qualités organoleptiques et nutritives des récoltes au cours de leur commercialisation (entreposage et transport).

\* - Laboratoire de Physiologie végétale - Université d'ABIDJAN, Côte d'Ivoire.

Travaux réalisés au Laboratoire de Physiologie des Organes végétaux après Récolte (P.O.V.A.R. - C.N.R.S.) - France.

Très sincères remerciements à M. Pierre MARCELLIN pour son aide inestimable.

L'étude de la cinétique du «chilling-injury» est souvent délaissée bien qu'elle ait une importance primordiale pour les recherches fondamentales et appliquées. En effet, la détermination précise d'une phase inductive de la maladie (période d'incubation) doit permettre de préciser les dérégulations métaboliques intervenant avant l'expression visible des dommages dus au froid et ainsi éviter des confusions entre cause et conséquence. En outre, l'existence de cette période est de la plus haute importance pour définir le stade auquel toute tentative de traitement prophylactique doit être effectuée. A ce propos, plusieurs formules ont été appliquées. Elles concernent, notamment, l'emploi d'humidité relative importante (PANTASTICO, 1968), le traitement en atmosphères contrôlées (KANE, 1977), l'utilisation de conditions hypobares (BURG et BURG, 1966). A ce sujet, nous nous sommes intéressés à l'expérimentation de la méthode dite des «chocs thermiques» sur la banane.

## CINETIQUE D'EVOLUTION DE LA MALADIE

La maladie du froid a été provoquée en soumettant les bananes à 4°C. Celles-ci nous sont parvenues du Cameroun après environ quatorze jours nécessités par le transport maritime (à 12°C) et leur acheminement au laboratoire

Afin de caractériser la phase d'induction des troubles, plusieurs lots de 7 fruits chacun, préalablement stockés à 12°C ont été entreposés à 4°C successivement pendant 0, 24, 36, 45, 50, 72 et 120 heures. Au terme de ce séjour au froid, l'état sanitaire des lots était noté, puis les bananes étaient transférées à 20°C pendant 4 jours en vue de leur maturation complémentaire et pour révéler plus nettement les troubles consécutifs au traitement frigorifique.

Par ailleurs, des lots de bananes de constitution identique aux précédents ont été transférés directement de 12°C à 20°C dans les mêmes conditions. Ces fruits dont l'évolution n'a présenté aucune altération visible pour le laps de temps de l'expérience, ont été ainsi le témoin du bon état sanitaire du matériel végétal utilisé.

La couleur des fruits a été appréciée par comparaison avec un index colorimétrique (code de couleurs - IRFA). La dureté pénétrométrique de la pulpe a été mesurée à l'aide d'un pénétromètre du type «arbalette». L'état général ainsi que les caractères organoleptiques des bananes ont été estimés par un jury de 5 personnes. En outre, l'évolution de la température «à coeur» des fruits a été suivie après leur passage du froid à 20°C, grâce à un thermocouple (figure 1).

TABLEAU 1 - Aspects et qualités des fruits issus de 12°C, après des séjours variables au froid (4°C) et une maturation complémentaire de 4 jours à 20°C.

		Nombre d'heures à 4°C	Dureté pénétrométrique (pulpe) en kg	% de fruits atteints	Importance des dégâts superf. *	Etat sanitaire
FRUITS NORMAUX PROVENANT DE 12°C	Fin de réfrigération à 4°C	0	1,4	0	0 (0)	bon
		24	1,4	0	0 (0)	bon
		36	1,4	0	0 (0)	bon
		45	1,5	0	0 (0)	bon
		50	1,5	50-75	1 (25)	acceptable
		72	1,5	100	2 (50)	peu accept.
		120	1,5	100	3 (75-100)	mauvais
	Après maturation complémentaire à 20°C (4 jours)	0	1,1	0	0 (0)	bon
		24	1,1	0	0 (0)	bon
		36	1,1	0	0 (0)	bon
		45	1,2	0	0 (0)	bon
		50	1,2	75-100	2 (25)	acceptable
		72	1,3	100	3 (75)	mauvais
		120	1,3	100	4 (75)	très mauvais

\* - 0,1,2,3,4,5 = intensité croissante des troubles.

Les chiffres entre parenthèses indiquent l'étendue des dégâts apparus sur la peau (%).

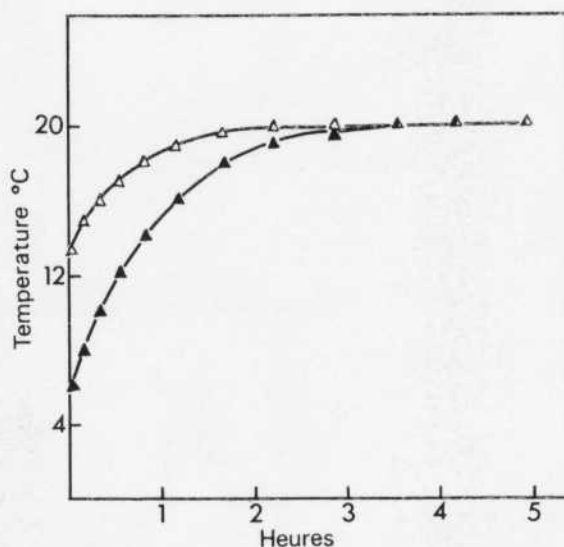


Figure 1 • Evolution de la température «à coeur» des fruits après leur transfert de 12°C (Δ) ou 4°C (▲) à 20°C.

L'aspect et la qualité des bananes, observés sur une série de deux essais simultanés, sont mentionnés dans le tableau 1.

L'état des fruits, après séjour à 4°C durant 24, 36 et 45 heures, ne laissait apparaître aucun signe particulier. Par contre, les bananes entreposées au froid pendant 50 et 72 heures développaient sur l'épiderme de légers brunissements qui prenaient naissance dans la zone de courbure

interne des fruits, à proximité de la cicatrice florale. Après 120 heures de stockage à la température basse, l'on observait des taches éparses d'un brun assez intense sur la région externe des bananes ainsi que des altérations plus ou moins continues le long de leur courbure interne. A ce stade, l'ensemble des fruits entreposé à 4°C était atteint par les désordres dus au froid et les symptômes visuels du «chilling-injury» (brunissement épidermique) couvraient 75 à 100 p 100 de la surface de la peau. Une section transversale des fruits laissait alors apparaître un noircissement des canaux laticifères du péricarpe.

Après leur maturation complémentaire à 20°C, il était remarqué que les fruits préalablement stockés à 4°C en deçà d'une limite de temps inférieure à 45 heures ne présentaient aucune altération spécifique du «chilling-injury». Les fruits maintenus continuellement à 4°C au delà de ce laps de temps montraient des symptômes d'autant plus accusés que l'entreposage au froid avait été plus prolongé. Les brunissements s'intensifiaient au niveau des zones épidermiques les plus atteintes tandis que les régions épargnées prenaient une coloration jaune sale. La période inductive du «chilling-injury» correspondait donc en moyenne à 45 heures d'entreposage à 4°C.

#### TRAITEMENT PROPHYLACTIQUE ENVISAGE

Un, deux ou trois réchauffages intermittents de 12 heures à 20°C ont été effectués au cours du stockage des bananes vertes à 4°C, conformément au schéma de la figure 2. Les traitements thermiques étaient appliqués dès le début de la période inductive. Les fruits étaient maintenus au froid pendant une durée totale de 8 jours. Au terme de ce séjour à 4°C, les bananes étaient transfé-

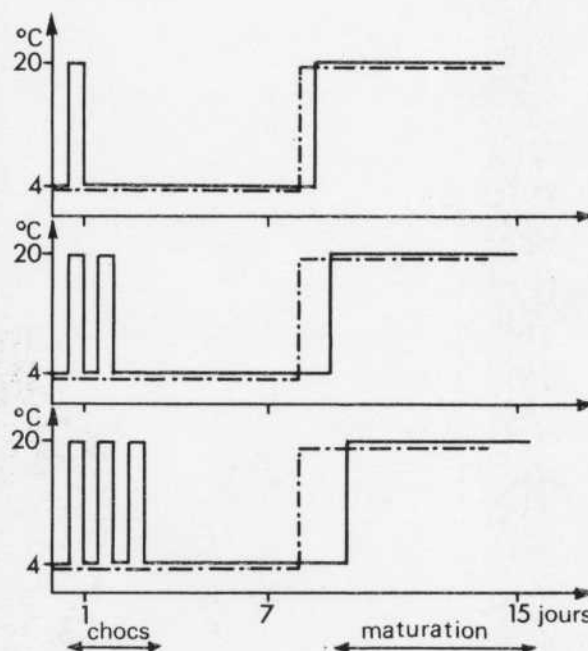


Figure 2 • Représentation schématique des traitements thermiques appliqués pour lutter contre le «chilling-injury».

rées à 20°C pour maturation complémentaire. Quatre lots de fruits ont été préparés en vue de cette expérience :

- un lot gardé en permanence à 4°C, sans réchauffage (témoin) ;
- un lot soumis à un réchauffage de 12 heures à 20°C ;
- un lot soumis à deux réchauffages intermittents à 12 heures d'intervalle ;
- un lot traité par trois réchauffages appliqués comme précédemment.

TABLEAU 2 - Aspects et qualités organoleptiques de bananes vertes (12°C) soumises à des «chocs thermiques» durant leur séjour (8 jours) au froid (4°C), puis à une maturation complémentaire de 6 jours à 20°C.

Nombre de chocs à 20°C	% de fruits atteints	Importance des dégâts superficiels *	Couleur	Goût	Arôme	Consistance de la pulpe	Aspect général
0	100	5 (100)	brun intense	fade	inexistant	dure	mauvais
1	100	5 (100)	brun intense	fade		dure	mauvais
2	75	3 (50)	jaune brun	très légèrement sucré	très faible	faible	médiocre
3	50	2 (25)	jaune délavé ou sale	légèrement sucré	faible	faible	acceptable

\* - 0, 1, 2, 3, 4, 5 = intensité croissante des troubles.

Les chiffres entre parenthèses indiquent l'étendue des dégâts apparus sur la peau (%).

Dans tous les cas, les réchauffages intermittents intervenaient 12 heures après la mise au froid.

L'ensemble des résultats obtenus est groupé dans le tableau 2. L'on remarque que les fruits témoins (sans traitement) sont très sévèrement atteints par le «chilling-injury». En effet, les brunissements ont couvert la surface entière des bananes ainsi que les canaux laticifères de la peau. Les qualités organoleptiques étaient dans l'ensemble mauvaises. L'état des fruits soumis à un seul réchauffage était sensiblement identique aux précédents. Par contre, le «chilling-injury» était beaucoup moins développé dans les lots de fruits soumis à 2 ou 3 réchauffages. La saveur de ces bananes était acceptable, en particulier celle du lot à 3 réchauffages dont toutes les qualités organoleptiques s'étaient pleinement développées, même si l'aspect général des fruits était jugé passable.

En conclusion l'étude de la cinétique de la maladie du froid de la banane met en évidence l'existence d'une période inductive très courte (inférieure à 2 jours à 4°C).

La banane se comporte donc, comme beaucoup d'autres espèces bien moins sensibles au froid, par exemple des pommes. On peut alors affirmer que c'est sans doute un caractère général du «chilling-injury» de présenter une première période durant laquelle les déviations du métabolisme sont engagées de façon réversible (période d'induction) et une seconde qui suit immédiatement et durant laquelle les altérations métaboliques deviennent irréparables.

Par ailleurs, la détermination de la brève période inductive de la banane 'Poyo' nous a permis d'appliquer avantageusement la méthode des réchauffages intermittents en vue d'annuler, ou tout au moins, de limiter les troubles occasionnés lors de l'entreposage des fruits à température basse. Il reste bien sûr à optimiser ce procédé en jouant, par exemple, sur l'intensité, la durée, ainsi que la fréquence du réchauffage.

Le bénéfice de ce traitement apporte une preuve indirecte de la réversibilité des premiers événements induits par les températures basses nuisibles. Or comme l'a récemment rappelé MAZLIAK (1981), le froid déstabilise les liaisons hydrophobes qui jouent un rôle majeur dans la structure des protéines des membranes. Ce phénomène altère les activités des enzymes, soit directement, soit indirectement par la perte de fluidité membranaire. Les changements conformationnels des enzymes responsables du «chilling-injury» sont donc, tout au moins pour la plupart, réversibles. C'est bien le cas des changements de structure quaternaire, mais ce fait limite, par contre, le type des modifications intervenant au niveau tertiaire ou secondaire. En outre, l'on peut envisager, comme l'ont souligné WANG et BAKER (1979), que le traitement prophylactique ne se limite pas à restaurer l'état initial de la banane, en restituant l'intégrité des membranes ou en éliminant les composés toxiques susceptibles de s'être accumulés au froid. Il induirait une sorte d'«endurcissement» contre l'effet du froid.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON (R.E.) et PENNEY (R.W.). 1975.  
Intermittent warming of peaches and nectarines stored in controlled atmosphere or air.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 100 (2), 151-153.
- BURG (S.P.) et BURG (E.A.). 1966.  
Fruit storage at sub-atmosphérique pressure.  
*Science*, 153, 314-315.
- DAVIS (P.L.) et HOFMANN (R.C.). 1973.  
Reduction of chilling injury of Citrus fruits in cold storage by intermittent warming.  
*J. Food Sci.*, 38, 871-873.
- KANE (O.). 1977.  
Recherches sur l'évolution normale, ou pathologique de mangues conservées au froid dans l'air ou en atmosphère contrôlée.  
*Thèse de 3ème cycle, Paris*, 124 p.
- LEVITT (J.) 1980.  
Chilling, freezing and high temperature.  
In : *Response of plants to environmental stresses*. N.Y. Academic Press, 2nd ed., 497 p.
- LYONS (J.M.). 1973.  
Chilling injury in plants.  
*Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24, 445-466.
- MAZLIAK (P.). 1981.  
Régulation à court terme de l'activité des enzymes membranaires par la température.  
*Physiol. Vég.*, 19, (4), 543-563.
- PANTASTICO (E.B.). 1968.  
Post-harvest physiology of fruits. Chilling-injury.  
*Philippines Agr.*, 51, (9), 697-730.
- SMOLENSKA (G.) et KUIPER (P.J.). 1977.  
Effect of low temperature upon lipid and fatty acid composition of roots and leaves of winter rape plants.  
*Physiol. Plant.*, 41, 29-35.
- WANG (C.Y.) et BAKER (J.E.). 1979.  
Effect of two free radical scavengers and intermittent warming of chilling injury and polar lipid composition of cucumber and sweet pepper fruits.  
*Plant and Cell Physiol.*, 20 (1), 243-251.

