

La frisure (Chilling) de la banane.

Antoinette MATTEI*

LA FRISURE (CHILLING) DE LA BANANE

Antoinette MATTEI

Fruits, Jan. 1978, vol. 33, n°1, p. 51-56.

RESUME - Les différents symptômes et troubles physiologiques qui accompagnent le «Chilling injury» ou «frisure» de la banane sont décrits.

Trois facteurs de déclenchement sont analysés, l'intensité du froid, le temps d'exposition au froid et les données spécifiques à la banane.

La prophylaxie de la frisure fait intervenir des abaissements progressifs de température, l'action d'atmosphères modifiées notamment appauvries en oxygène, le contrôle de l'humidité relative.

Les mécanismes biochimiques de la frisure sont envisagés. Il existe des relations importantes entre la température et le temps d'exposition au froid. L'état physique des lipides membranaires semble impliqué dans l'initiation de la maladie.

Les plantes tropicales et subtropicales présentent un dérangement physiologique lorsqu'elles sont soumises à des températures relativement basses. C'est un phénomène connu depuis fort longtemps et MOLISCH (1896) suggéra de le dénommer «Erkältung» (ou dans la terminologie anglaise «Chilling injury») pour le différencier des effets du gel «Erfrieren» (ou «freezing damage») : en effet la température du «Chilling» provoque seulement un trouble, n'étant pas suffisamment froide pour geler la plante.

Avec le développement du commerce de la banane, aux environs de 1930, nombreux sont les auteurs (WARDLAW et Mc GUIRE, 1932 ; SLOCUM, 1933 ; POLAND et WILSON, 1933 ; WARDLAW et al., 1939) qui décrivent chez ce fruit les caractéristiques de cette maladie très fréquente. Car si l'entreposage à 10 ou 12°C, pendant le transport vers les marchés européens, est utilisé pour prolonger la vie de ce fruit cueilli à un stade vert, l'effet du froid se révèle ensuite rapidement, lors de la maturation complémentaire à température plus élevée.

MANIFESTATIONS DU «CHILLING INJURY»

Les signes extérieurs du «Chilling» sont très variables et particulièrement difficiles à détecter visuellement sur des bananes vertes. Ils deviennent ensuite nettement observables lors de la maturation, mais restent difficiles à estimer quantitativement. Ils se reconnaissent à l'altération plus ou moins marquée de la régression des chlorophylles donnant à la peau une coloration jaune-terne, ou vert-bronze, ou même noire. Cette caractéristique du «Chilling» est accompagnée d'un retard ou d'un manque total de maturation, avec des perturbations de la crise climactérique très significatives de la sévérité de la «blessure» (PANTASTICO et al., 1968 ; MURATA, 1969 ; MATTEI, 1972), et des modifications sensibles de l'arôme (WARDLAW et al., 1939 ; PAILLARD et MATTEI, 1971).

Par ailleurs, il existe des altérations d'ordre métabolique. D'après PLANCK (1941), certaines se manifestent tardivement par des phénomènes d'oxydation sous l'apparence de coloration anormale et de taches brunâtres de la peau. Ces remarques sont confirmées (PALMER, 1963 ; MURATA et KU, 1966) par la mise en évidence de la transformation (HAARD et RANADIVE, 1973) et de l'accumulation de

* - Université Paris VI, T 53. 4 place Jussieu 75230 Paris Cédex 05
Communication présentée au Onzième Colloque de la Société française de Phytopathologistes, Paris 18 mai 1976.

substances phénoliques, telles la tyrosine et la dopamine (MURATA, 1969) et la présence de polyphénoloxydases, et, par la localisation histologique de substances brunes près des tissus vasculaires.

Au niveau du métabolisme respiratoire, MURATA (1969) constate une très forte augmentation du QR, et suppose une activité réduite du cycle de KREBS, l'effet inhibiteur du malonate sur la succinodéshydrogénase étant nul.

Quant aux constituants, ils ont une répartition perturbée. L'amidon s'hydrolyse très lentement (VON LOESECKE, 1949), l'acide ascorbique est en quantité moindre ainsi que la production d'éthylène (MURATA, 1969) et le contenu en certains acides aminés (YOSHIOKA et HONDA, 1970). Par contre, certains métabolites, tels l'acétaldéhyde, l'éthanol, et des acides α -cétoniques, s'accumulent en grande quantité.

Quant aux enzymes très sensibles à la température, elles peuvent être plus ou moins synthétisées ou actives, ou même absentes. Ainsi SKAKOUN et DAUSSANT (1974) trouvent une accumulation moindre en alcool-déshydrogénase chez les fruits postclimactériques malades ; MURATA et KU (1966) enregistrent une plus grande activité de la catalase.

FACTEURS CONCERNANT LE «CHILLING»

Toutes ces anomalies de «Chilling» résultent principalement de trois facteurs, l'intensité du froid, le temps d'exposition au froid, et des critères spécifiques à la banane (la variété, le pays d'origine, et le stade de maturité).

INTENSITÉ DU FROID

Il existe une *température critique*, voisine de 12°C, connue depuis longtemps (WARDLAW et al., 1939 ; LYONS, 1973). Cependant le brunissement typique n'apparaît pas et la dégradation des chlorophylles se fait presque normalement au cours d'une évolution très lente (35 à 50 jours). Mais plusieurs symptômes sont à signaler : la crise climactérique est faible, très tardive, à l'allure anormale ; l'émission volatile (VON LOESECKE, 1949 ; MATTEI, 1973) est réduite à un petit nombre de produits (acétates de méthyle et de butyle, éthanol, 2-pentanone) ; la pulpe reste blanche, riche en amidon et très astringente.

Avec un froid plus intense (8, 4, 0°C), les fruits sont perturbés d'autant plus vite que la température est plus basse (SIMMONDS, 1959).

Temps d'exposition au froid.

En outre, la blessure du «Chilling» est nuancée, suivant la durée d'action d'une température donnée (MURATA, 1969).

Des résultats récents (SANTANA, 1975) nous précisent les différentes étapes de la maladie pour des bananes placées à 0, 4, 8 et 12°C pendant 1, 2, 3, 4 et 5 jours, puis transférées à des températures de maturation normale (20°C en général). Dans les cas de séjour à 0 et 4°C, le brunissement se développe rapidement ; à 8°C, il est plus faible. Pour les fruits conservés à 12°C, le réchauffement révèle un effet nocif du froid d'autant plus fort que le séjour à 12°C a été prolongé.

Des expériences du même type (MATTEI, 1972) présentent d'autres anomalies. Dans la courbe respiratoire suivie en fonction du CO₂, les changements survenus sont caractérisés, lors du réchauffement, par un pic ressemblant à un dégazage brutal. Pour l'émission volatile, un quelconque séjour à 12°C provoque la diminution de la production totale (figure 1) et de certains esters en particulier.

Critères spécifiques à la banane.

Certains critères spécifiques du fruit amènent des fluctuations dans la détermination du degré nocif limite d'intensité du froid.

Les variétés Gros Michel, Cavendishii (Cultivars Poyo et Lacatan), Formosan (Sin-Zun), sont en effet plus ou moins sensibles au «Chilling» (WARDLAW et al., 1939 ; MURATA, 1969 ; MATTEI, 1972).

Le pays d'origine, de climat plus ou moins tropical, engendre une fragilité changeante pour une même variété (PALMER, 1971).

Mais c'est le stade de maturité qui est le plus influent. Les fruits au stade «plein» sont beaucoup plus sensibles que les fruits au stade «3/4 plein» (WARDLAW et al. 1939). Des fruits «pleins» sont incapables de mûrir à 20°C s'ils ont passé au préalable 4 jours à 4°C (OGATA, 1966 ; SANTANA, 1975).

Remarques.

Une basse température (0, 4°C) provoque un véritable «stress» pour la banane, et en quelques heures une blessure qui se manifeste lors d'un transfert à 20°C.

Le temps d'entreposage est aussi un facteur très important quant au développement du brunissement au froid ou lors d'une maturation complémentaire. Son étude révèle l'existence d'une période d'induction de la maladie.

PROPHYLAXIE DU «CHILLING»

Des essais de préconditionnement (PANTASTICO et al., 1968), en abaissant progressivement la température, permettent de réduire le brunissement. Avec des tentatives d'entreposage à basse température et basse pression, les résultats sont contradictoires (PANTASTICO et al., 1968 ;

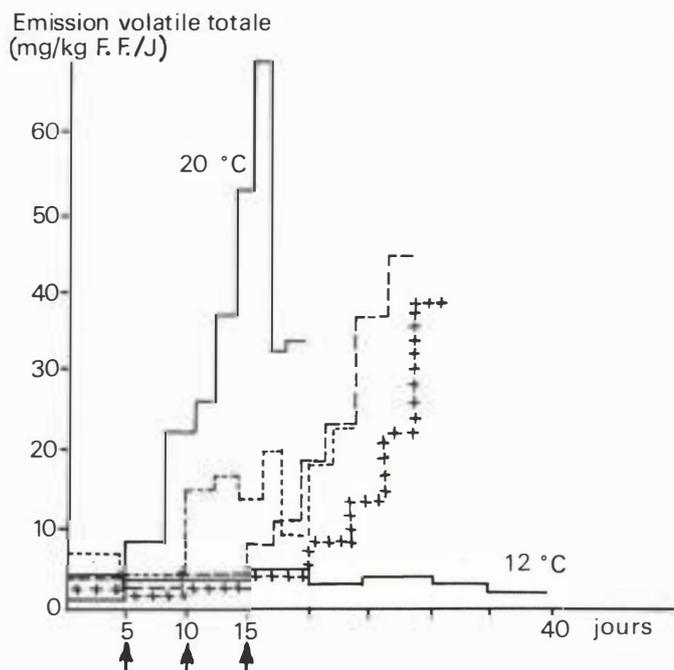


FIG. 1 • Effet d'un séjour à 12°C (de 5, 10 ou 15 jours) sur l'émission volatile au cours d'une maturation à 20°C (d'après Mattei, 1972).

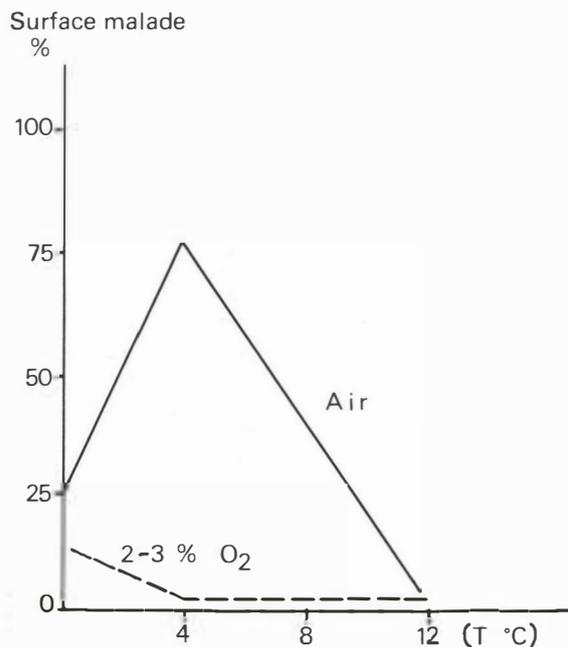


Fig. 2 • Importance du développement de la maladie 5 jours après l'entreposage dans l'air et dans l'atmosphère 2-3 p.cent O₂ et 0 p.cent CO₂ (d'après Santana, 1975).

- Témoins à 12°C et 20°C
- - - - 5 jours à 12°C
- - - - 10 jours à 12°C
- ++++ 15 jours à 12°C
- ➔ Début de réchauffement

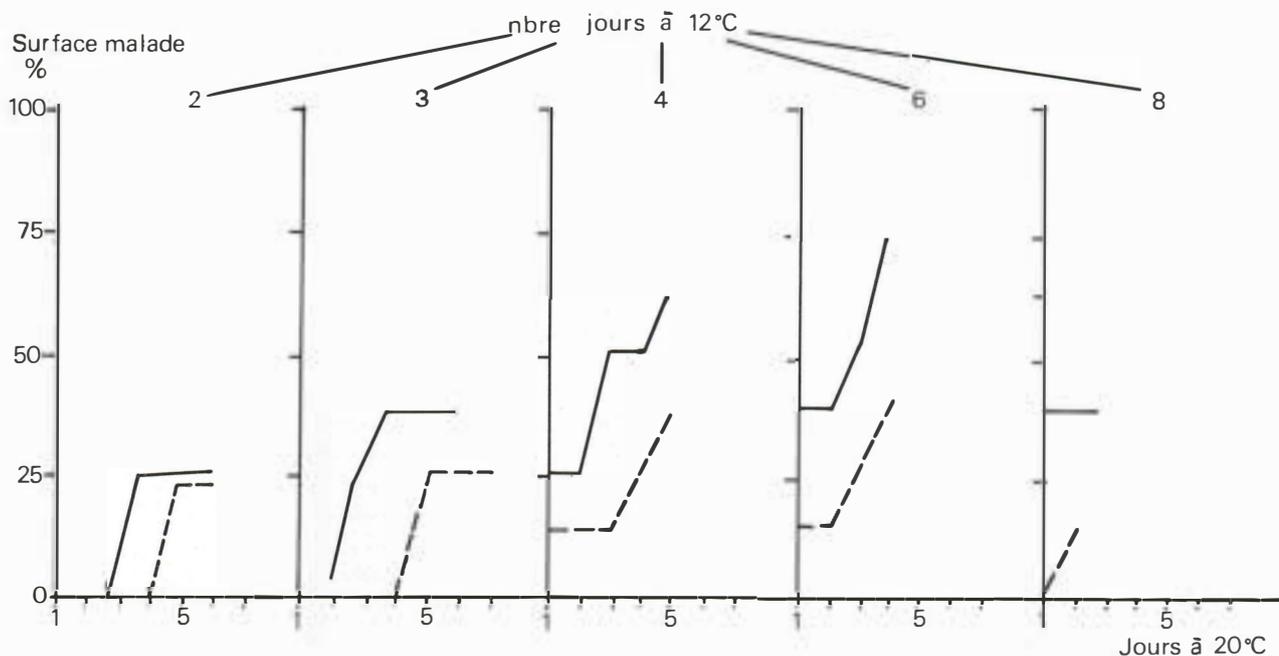


FIG. 3 • Développement du brunissement à 20°C après 2, 3, 4, 6 et 8 jours passés à 12°C dans l'atmosphère contrôlée (A.C.= 3 p.cent O₂ + 5 p.cent CO₂) (d'après Santana, 1975).

OUDIT et al., 1972).

Cependant, différents traitements limitent assurément les dangers du froid.

Atmosphères modifiées.

Une atmosphère appauvrie en oxygène (1-2 p. 100), et dépourvue de gaz carbonique, (SANTANA, 1975), au bout de 5 jours d'entreposage à basse température (0,4 et 12°C), ralentit l'apparition du «chilling» (figure 2). Lors d'une maturation complémentaire on constate l'effet néfaste de l'action combinée des facteurs température et oxygène à très basse température (0 et 4°C).

Un enrichissement en gaz carbonique (5, 10 p. 100) de l'air (SANTANA, 1975) a un effet généralement négatif. Avec une augmentation du séjour à 12°C, on obtient une apparition plus rapide du brunissement au cours de la maturation complémentaire.

Atmosphères contrôlées.

L'action combinée d'une basse teneur en oxygène (3 p.

100) et d'une teneur élevée en gaz carbonique (5 p. 100) ne bloque pas l'apparition du brunissement à très basse température (4°, 0°C). Alors qu'à 12°C, les résultats semblent améliorés (figure 3) (SANTANA, 1975), WOODRUFF (1969) obtient des résultats voisins à 15°C.

Humidité relative.

WARDLAW et al. (1939) observe le bienfait d'une humidité relative de 90 p. 100 au cours de l'entreposage de la banane Gros Michel à 12°C, sur le mûrissement ultérieur à température plus élevée.

Différentes humidités relatives (75, 85 et 100 p. 100) sont expérimentées sur des fruits de la variété Poyo maintenus à 4 et 12°C (SANTANA, 1975). En général, une atmosphère relativement sèche (75 p. 100 H.R.) est nuisible à la banane, et à très basse température l'importance des troubles dépend surtout de l'intensité du froid (figure 4). ABILAY (1968) fait d'ailleurs les mêmes observations.

Signalons de plus, qu'une humidité relative presque saturante favorise une légère augmentation de l'émission volatile, qui contient cependant un fort pourcentage en éthanol (MATTEL, 1972).

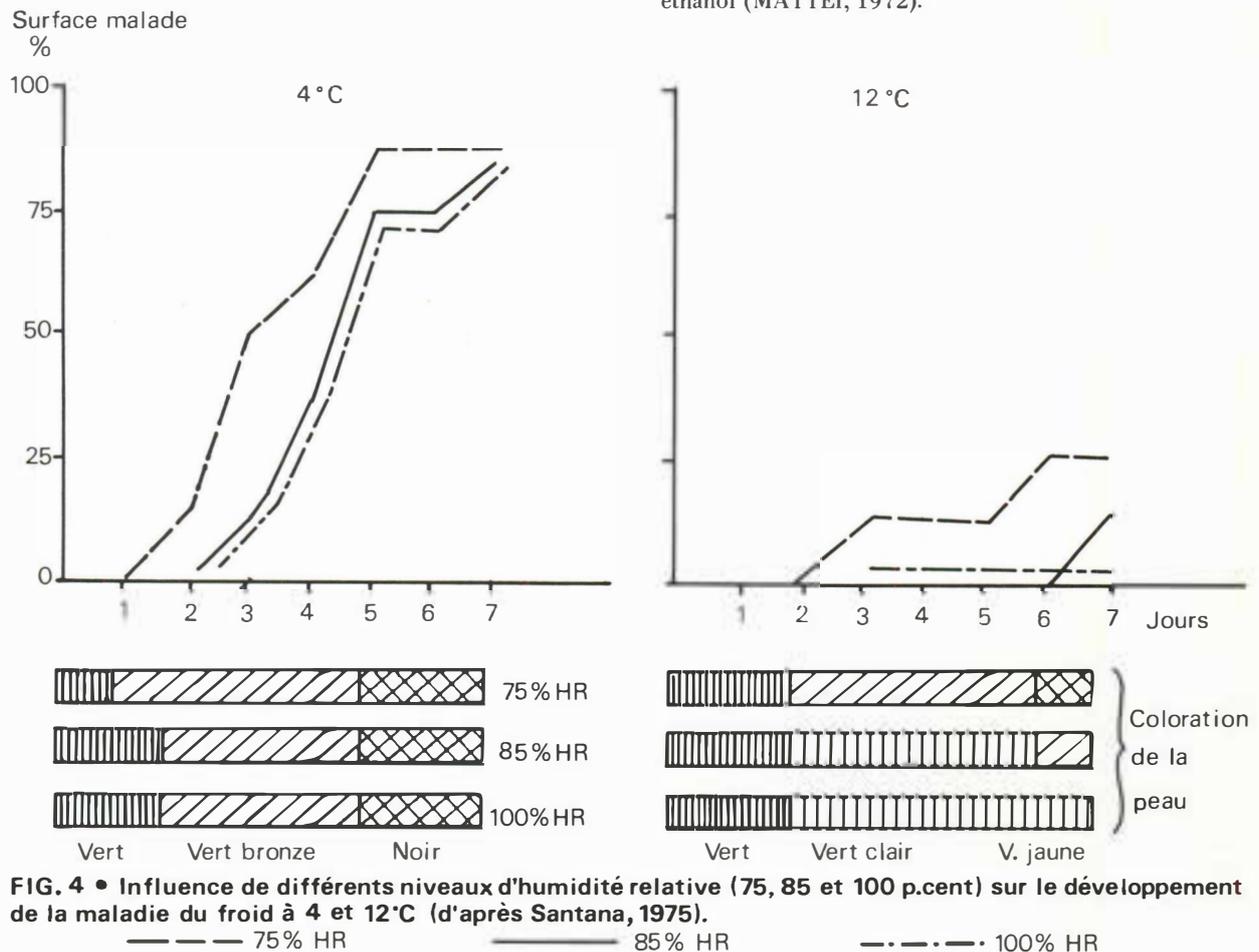


FIG. 4 • Influence de différents niveaux d'humidité relative (75, 85 et 100 p.cent) sur le développement de la maladie du froid à 4 et 12°C (d'après Santana, 1975).

----- 75% HR ————— 85% HR - · - · - · 100% HR

MÉCANISMES HYPOTHÉTIQUES DU «CHILLING»

Les changements observés dans le «Chilling» sont nombreux et concernent différents processus métaboliques. Or, il est connu que sous l'action du froid, les lipides et les acides gras subissent des variations d'état physique passant d'une structure liquide cristalline à une structure rigide de gel. Dans les plantes sensibles au froid, ce changement entraîne la rigidité des membranes cellulaires, et la perte de fluidité du cytoplasme. La tension des membranes provoque des cassures et facilite l'augmentation de la perméabilité. Cette modification apparaît pour LYONS comme une réponse à la perturbation de plusieurs systèmes.

A température très basse (0,4°C) pour la banane, cette transformation peut être rapide, provoquer la fuite des ions, entraîner un dérèglement enzymatique et conduire à une blessure grave : noircissement et incapacité à mûrir.

A la température critique (10-12°C), simultanément à l'augmentation de perméabilité, les processus d'oxydation s'altèrent progressivement et l'énergie en ATP est utilisée pour les réactions enzymatiques jusqu'au déséquilibre métabolique : ce dernier est accentué en outre par la perte de fluidité du cytoplasme. Donc, certains métabolites s'accumulent : acétaldéhyde, éthanol (MURATA, 1969) et en particulier une certaine quantité d'acétaldéhyde inhibe l'activité de la déshydrogénase des tissus de banane provoquant la réduction d'activité du cycle de KREBS et favorisant l'accumulation des acides α -cétoniques. D'autre part, les réactions ont des rythmes variés : l'hydrolyse de l'amidon est ralentie (VON LOESECKE, 1949) ; l'émission des pro-

duits volatils est retardée et perturbée ; la transformation de substances phénoliques s'accélère et les polyphénols nombreux seraient oxydés de préférence aux substrats respiratoires (MURATA, 1969).

Notons que pour LEVITT (1972), tous les dérangements rencontrés dans les plantes sensibles au «Chilling» ont pour seule cause le changement de perméabilité cellulaire.

Cependant, dans tous ces mécanismes, il faut retenir qu'il existe des relations importantes entre la température et le temps d'exposition au froid. Comme le changement d'état physique des lipides est réversible, il s'ensuit différents degrés de troubles, en particulier pour l'effet de la température critique de 12°C.

Si l'exposition au froid (12°C) est de courte durée, suivie d'un réchauffement à 20°C, la respiration lente retrouve son rythme et se normalise ; la perturbation est alors très légère.

A la suite d'une exposition prolongée, la respiration très forte et le Q.R., très élevé, expriment un déséquilibre métabolique qui s'effectue de façon plus ou moins importante au cours d'une période d'induction de la maladie. Des études sur des mitochondries de plantes sensibles au «Chilling» révèlent une rupture de l'activité oxydative par l'augmentation exagérée de l'énergie d'activation pour des températures critiques de 10-12°C. Comme par ailleurs les vitesses de réactions d'oxydation augmentent lors du réchauffement, alors l'effet du froid se visualise sous forme de nombreuses taches brunâtres près des tissus vasculaires.

BIBLIOGRAPHIE

- ABILAY (R.M.). 1968.
Some factors affecting Chilling injury on banana fruits.
Philippine Agricultural (Laguna), 51, 9, 757-765.
- HAARD (N.) and RANADIVE (A.S.). 1973.
Changes in phenolics during Chilling of green banana fruit.
(in preparation).
- LEVITT (J.). 1972.
Responses of plants to environmental stresses.
Academic Press N. Y. and London, p. 697.
- VON LOESECKE. 1949.
Bananas.
Interscience Publishers, Inc. N. Y.
Interscience Publishers, Ltd, London, 189 p.
- LYONS (J.M.), WHEATON (T.A.), PRATT (H.K.). 1962.
Relationship between the physical nature of mitochondrial membranes and Chilling sensitivity in plants.
Plant Phys., 39, 2, 262-268.
- LYONS (J.M.), RAISON (J.K.). 1971.
A temperature-induced phase change in mitochondrial membranes and its relationship to Chilling injury in plant tissues.
Proc. XIII Int. Cong. of Refrig. Wash., 3, 167-172.
- LYONS (J.M.). 1973.
Chilling injury in plants.
Ann. Rev. Plant Physiol., 24, 445-466.
- MATTEI (Antoinette). 1972.
L'émission organique volatile de banane (*Musa cavendishii*, var. Poyo) et ses variations en fonction des conditions de maturation, particulièrement de la température.
Thèse de 3ème Cycle, Université Paris VI, 69 p.
- MATTEI (Antoinette). 1973.
Variations de l'émission volatile au cours de la maturation, et en fonction de la température chez la banane : *Musa cavendishii*, var. Poyo.
Physiol. Vég., II, 4, 721-738.
- MOLISCH (H.). 1896.
Das Erfrieren von Pflanzen bei Temperaturen über dem Eispunkt.
Sitzber. Kaiserlichen Akad. Wiss. Wien. Math. Naturwiss. Kl. 105, 1-14.
- MURATA (T.) et KU (Han-San). 1966.
Studies on post-harvest ripening and storage of banana fruits (5), Physiological studies of Chilling injury in bananas (2).
J. Food Sci. and Technol., 13, 466-471.
- MURATA (T.). 1969.
Physiological and biochemical studies of Chilling injury in bananas.
Physiol. Plant., 22, 401-411.
- OGATA (K.). 1966.
Studies on post-harvest ripening and storage of banana fruits. I. Physiological studies of Chilling injury.
J. Food Sci. Technol., 9, 367-370.

- OUDIT (D.D.), Mc GLASSON (W.B.), LEE (T.H.), HALL (E.G.), EDWARDS (R.A.J.). 1972.**
R.A.J. - Hort. Sci.
- PAILLARD (Nicole) et MATTEI (Antoinette). 1971.**
 Influence de la conservation par le froid sur l'arôme des fruits : comparaison du comportement d'un fruit de climat tempéré (la pomme) et d'un fruit de climat tropical (la banane). *Congrès de l'I.I.F.*, Washington, sept. 1971.
- PALMER (J.K.). 1971.**
 The banana. in «The biochemistry of fruits and their products». 2, 66-105.
Ed. HULME A.C., Acad. Press, N.Y. and London, 788 p.
- PANTASTICO (ER. B.), GRIERSON (W.) and SOULE (J.). 1968.**
 Chilling injury in tropical fruits. I- Bananas (*Musa paradisiaca* var. *sapientum* cv. Lacatan). *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. (Trop. Reg.)* 11, 82-91.
- PANTASTICO (ER. B.). 1975.**
 Postharvest physiology, handling and utilisation of tropical and subtropical fruits and vegetables.
The Avi. Publishing Company, Inc.,
- PLANK (R.). 1941.**
Planta, 32, 364-390.
- POLAND (G.L.) and WILSON (R.M.). 1933.**
 Banana Chilling studies. I- Effect of low temperatures on appearance and edibility.
United Fruit Co, Research Dept., Bull. n° 46.
- SANTANA (C.). 1975.**
 En stage au laboratoire du POVAR - (C.N.R.S. Bellevue)
 Travaux non publiés.
- SIMMONDS (N.W.). 1959.**
 Bananas.
Longmans, Green and Co., Ltd., 466 p.
- SKAKOUN (A.) et DAUSSANT (J.). 1974.**
 Etude immunochimique de quelques oxydo-réductases de la banane (var. Poyo) au cours de la maturation.
Colloque C.N.R.S., Maturation des fruits, Paris.
- SLOCUM (A.H.). 1933.**
 Effect of low temperature on cell structure.
United Fruit Co, Research Dept., Bull. n° 48.
- WARDLAW (C.W.) and Mc GUIRE (L.P.). 1932.**
 Control of wastage in bananas with special reference to time and temperature factors.
E.M.B. Rept. n° 60, H.M.S.O.
- WARDLAW (C.W.), LEONARD (E.R.) and BARNELL (H.R.). 1939.**
 Metabolic and storage investigations on the banana.
Imperial College of tropical agricultural, Trinidad B.W.I.
- YOSHIOKA (K.) and HONDA (K.). 1970.**
 Biochemical studies on changes in quality of postharvested fruits during storage. I- Chilling injury and gluconeogenesis in banana fruit.
J. Food Sci. Technol., 17, 489.



LA COMPAGNIE DES BANANES

SOCIÉTÉ ANONYME

IMPORTATEURS DE BANANES

Siège social :
 15, rue du 4 Septembre
 75 - PARIS (2^e)

Tél. : 266-23-33
 Télég. : LACIEBAN - PARIS
 Téléx : n° 22.512