

LA RÉFRIGÉRATION EN ATMOSPHÈRE CONDITIONNÉE DE LA BANANE GROS MICHEL

Nous donnons ci-dessous une analyse d'un mémoire de GANE, FURLONG, ROBINSON, SHEPHERD publié par le Département Britannique de recherches Scientifique et Industrielle⁽¹⁾.

Les auteurs exposent le résultat d'une série de recherches effectuées sur deux années en station pilote de la Jamaïque. Comme il est indiqué, ces travaux font suite à ceux de WARDLAW à la Trinidad à l'échelle du laboratoire.

Le mémoire est divisé en 3 parties. La première expose les essais et les résultats obtenus. La seconde traite de l'appareillage et de la technique expérimentale. La troisième est consacrée à la présentation détaillée et à la discussion des résultats.

L'importance des travaux et des résultats obtenus justifie une analyse plus développée que celle qui est habituellement donnée dans le supplément bibliographique de *Fruits*.

* * *

La banane transportée de la Jamaïque en Angleterre est coupée au stade « 3/4 plein » et chargée le plus rapidement possible dans les cales du navire bananier maintenues à une température de 53-54° F (11°7-12°2 C). Le stade « 3/4 full »- « 3/4 plein » correspond à un fruit qui a atteint toute sa longueur avec des côtes accusées et des faces plates, ce fruit commence à mûrir à 53° F en 14 jours, la maturation étant caractérisée par l'augmentation de l'intensité respiratoire. Le stade « high 3/full » « 3/4 plein fort » commence à mûrir à 53° F en 7 jours ; le fruit « round full » « plein rond »

(1) « The refrigerated gas-storage of Gros-Michel bananas » by R. Gane, C. R. Furlong, J. E. Robinson, H. J. Shepherd. Department of Scientific and Industrial Research, Food Investigation. Technical paper n° 3, London 1953.

N. B. Les figures illustrant cette note sont tirées de ce mémoire.

commence à mûrir en 2 ou 3 jours à 53° F.

Le rapport pulpe-peau, pour les expériences considérées, est en moyenne de 1,17 pour le fruit 3/4 plein et de 1,30 pour le fruit 3/4 plein fort. La saveur du fruit mûr est considérée comme s'améliorant lorsque le stade de coupe augmente.

Les variétés Gros Michel et Lacatan sont atteintes par le Cercospora. L'infection sévère provoque la défoliation avec production de régimes non exportables, elle est rarement rencontrée, mais une infection plus légère, qui n'est pas facile à déceler sur le fruit, provoque une maturation précoce, avec tendance à la frisure pendant le transport réfrigéré et une aptitude à mûrir avec une rapidité anormale lorsqu'il est porté à une température plus élevée. Les régimes produits par les plants malades tendent à rester peu développés (maigres), d'où il en résulte que le fruit est plus évolué que ne le laisse prévoir son aspect physique.

La maturation qui se produit à la température des cales 53-54° F ne produit pas des fruits de bonne qualité. Elle doit s'effectuer à une température de 20° environ.

Les résultats des expériences effectuées en 1940 par WARDLAW à la station de Recherche de Basses Températures de Trinidad permettaient de penser que l'utilisation du transport en atmosphère conditionnée pour la variété Gros Michel entre les Indes Occidentales et l'Angleterre donnerait une plus grande marge de sécurité en évitant un début de maturation pendant le voyage et en permettant une augmentation du stade de coupe.

Les expériences de Trinidad ont été faites à l'échelle du laboratoire, sur une faible quantité (une main) en ventilation continue avec un mélange gazeux ou une ventilation restreinte. La première méthode enlève l'éthy-

lène produit par le fruit dont la maturation est déclenchée, la seconde ne l'enlève pas. En ventilation continue le fruit « 3/4 plein fort » a été conservé à 53°, 20 jours, en atmosphère conditionnée, sans mûrir.

LES EXPÉRIENCES DE LA JAMAÏQUE

La méthode utilisée est celle de la ventilation restreinte, la seule applicable à une grande échelle. Les fruits étaient placés dans des caissons métalliques conçus spécialement pour les essais. Ils étaient eux-mêmes dans des chambres froides. La densité de chargement était de 198 feet par tonne (5 m³6/tonne).

24 séries d'expériences ont été effectuées sur un période de 2 années. Dans les premières séries la production de gaz carbonique s'élevait dès le début, ce qui montrait que le stockage en atmosphère conditionnée occasionnait un début de maturation.

La conclusion à tirer était que lorsque l'échelle de l'expérimentation est augmentée en passant d'une main à plusieurs régimes, et lorsqu'il n'y a pas de moyen pour enlever l'éthylène produit, la maturation de la plupart des fruits se déclenche à la fois ; en atmosphère conditionnée avec une seule main placée dans un récipient en verre balayé par un mélange gazeux en circulation avec un taux similaire à celui d'une chambre froide, l'intensité respiratoire des fruits ne s'élève pas et la maturation ne commence pas avant 14 jours.

Une nouvelle série d'expériences a été effectuée pour déterminer, si à l'échelle de 20 à 25 régimes, le stockage en ventilation réduite, peut avoir lieu sans départ de maturation en éliminant l'éthylène par de faibles concentrations d'ozone.

Avec l'emploi d'ozone en stockage en

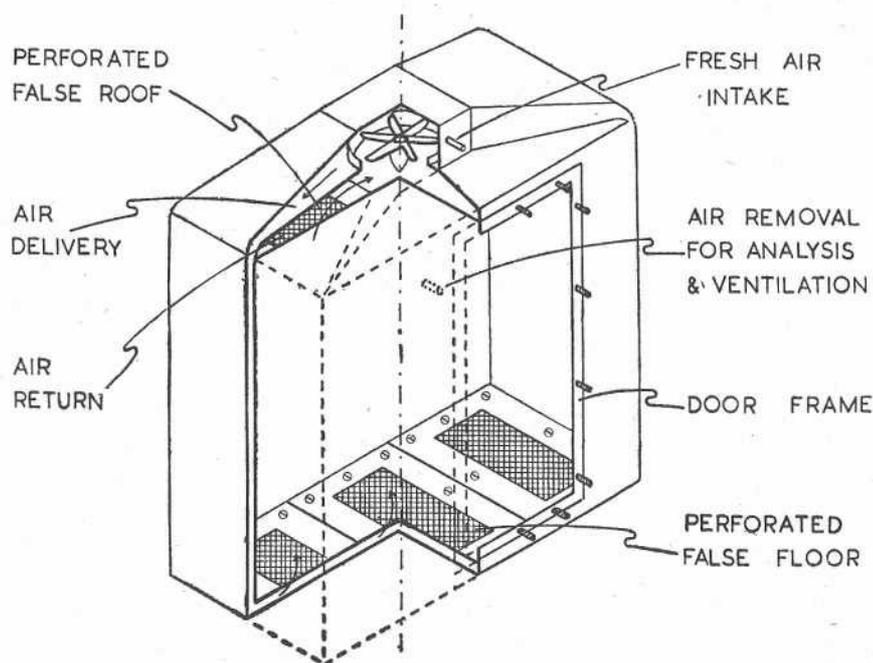


FIG. 1. — Schéma d'un caisson montrant le système de circulation d'air.

atmosphère conditionnée, les fruits « 3/4 pleins » ont été conservés pendant 20 jours sans déclenchement de maturation et ont mûri ensuite normalement à 20°. Les meilleures conditions de stockage des bananes en atmosphère conditionnée n'ont pas été complètement définies. Il a été établi que la frisure intervient en dessous de 53° F (11°7) avec 6 à 10 % de gaz carbonique, et qu'une teneur de 10 % est voisine de la limite supérieure pour un écart de température de 53-55° F.

Des essais complémentaires sont nécessaires avant que l'utilisation de l'ozone dans le transport en air conditionné puisse être vraiment pris en considération. La grande difficulté pour interpréter les résultats des expériences de la Jamaïque, provient de l'incertitude sur l'étendue et les effets de l'infection du *Cercospora*.

La maturation irrégulière des fruits témoins conservés à l'air indique qu'il y a des probabilités d'infection. Pour des travaux ultérieurs en atmosphère conditionnée il sera nécessaire d'utiliser des fruits provenant de plants exempts de *Cercospora* ou de trouver un test chimique pour diagnostiquer les effets d'une légère infection de *Cercospora*.

APPAREILS ET TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE

L'installation comportait 4 chambres froides de 10 m³ environ donnant par paires sur une antichambre.

La température de chaque chambre est réglée indépendamment par thermostat, ventilation, frigorifère à saumure. Taux de ventilation horaire = 20°.

Les fruits étaient placés dans 4 caissons à doubles parois spécialement construits pour être étanches aux gaz et pouvoir contenir 20 à 30 régimes et dimensionnés pour pouvoir passer par l'ouverture de la chambre froide, ventilation verticale de bas en haut assurée par un ventilateur placé à la partie supérieure, circulation d'air symétrique entre les doubles parois. Le taux de ventilation théorique dans un caisson vide est de 230. La température de l'air était plus élevée de 0°5 au sommet qu'à la base.

Deux prises d'air permettaient l'introduction d'air frais et l'évacuation du mélange gazeux circulé dans le caisson. L'entrée d'air s'effectuait dans la gaine de refoulement. La prise d'évacuation se fait à l'intérieur même du

caisson au niveau supérieur des fruits. Le volume d'air frais admis est mesuré en permanence et des échantillons de l'atmosphère du caisson peuvent être prélevés. Chaque caisson était muni de 6 thermo-couples. Deux pour la température du compartiment (en bas et en haut), 4 pour la température des fruits. L'écart de température entre compartiment et fruit était de 0°2 F en atmosphère saturée et était inférieure à 0,1° F avec une hygrométrie de 96 %.

Les fruits ont été classés en : 3/4 plein maigre, 3/4 plein, plein 3/4 plein, 3/4 plein fort, plein, plein rond.

Il est admis que cette graduation correspond à la croissance du fruit dans la plupart des cas. Une exception a été constatée en décembre 49 et janvier 50 avec des températures relativement basses et des vents nocturnes froids. Les fruits n'ont pas varié en dimension pendant une quinzaine. Ces fruits gradués « 3/4 pleins » se sont comportés comme des fruits « 3/4 pleins forts ».

Les analyses de gaz sont effectuées avec l'appareil portatif de HALDANE.

L'écart de température entre l'intérieur du caisson et la chambre froide est de 1 à 2° F. L'ozone est produit soit par des rayons ultraviolets soit par effluves dans la gaine de circulation des caissons, ce qui lui permet d'agir d'abord sur les substances volatiles avant d'arriver au contact des fruits. La production d'ozone pouvait varier de 0,2 à 24,8 mg par heure en air à 92 % d'humidité relative et 53° F. La production était quatre fois plus forte en air sec. Des dosages quantitatifs d'éthylène ont été effectués au cours des essais n°s 17, 20 et 24 par la méthode de FIDLER.

Chaque caisson était muni d'un hygromètre à cheveux, mais l'observation directe montrait que l'atmosphère était saturée comme l'indiquait la présence de condensation sur la vitre et les parois internes des caissons.

L'intensité respiratoire.

Dans l'air.

Pour des fruits fraîchement récoltés, 3/4 full l'intensité respiratoire à 53° F dans l'air est de 12 mg/CO₂/kg/heure.

WARDLAW et LEONARD avaient trouvé 15 mg/CO₂/kg/heure juste avant la phase climatique, GANE avait indiqué 16 mg/CO₂/kg/heure pour des fruits verts importés en Angleterre.

En atmosphère conditionnée.

Avec 300 à 400 kg de fruits, et en laissant le CO₂ s'accumuler, l'intensité respiratoire est réduite à 8 mg/CO₂/kg/heure.

Production d'éthylène par les bananes.

Avec ventilation restreinte : 8 mg par tonne/jour jusqu'à la pointe de l'activité respiratoire. Le rapport de production éthylène/gaz carbonique varie de 1/18.000 à 1/79.000.

La concentration dans l'atmosphère est de 1 à 3 millièmes en volume.

Il a été nécessaire de produire 100 mg d'ozone par jour pour maintenir un léger excès d'ozone dans un caisson.

Tout effet de retardement de la maturation dû à une concentration de CO₂ de 5 % est aussitôt contrarié par la concentration élevée d'éthylène de 6 millièmes qui a été formée au début de la période de stockage.

Avec une concentration de CO₂ de 10 %, l'effet retardateur est supprimé par une concentration d'éthylène de 5 à 6 millièmes produite dans les 5 premiers jours de stockage.

Dans l'essai n° 20, la production d'éthylène par les bananes dans l'air (0,5 à 0,8 % CO₂) a été trouvée de

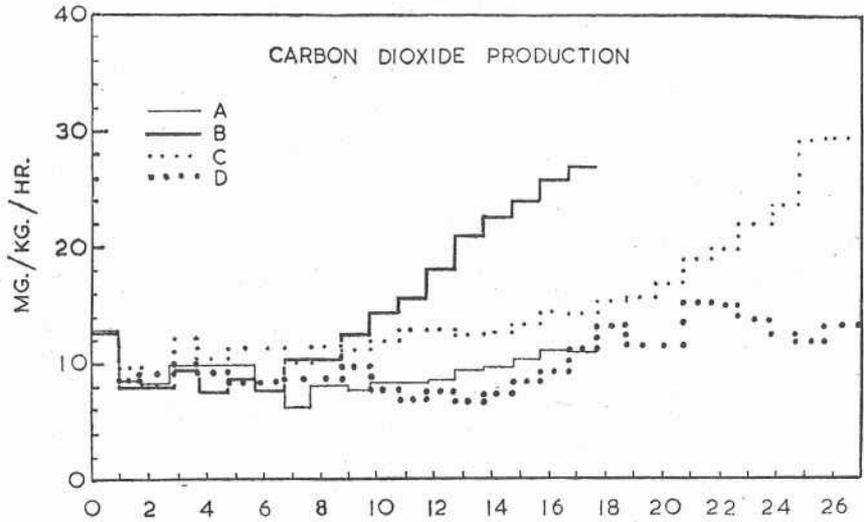


FIG. 2. — Taux de production de CO₂ par les bananes à 53° F (11.7° C).
 A = 10 pour cent de CO₂ + une faible concentration d'ozone.
 B = 10 pour cent de CO₂ sans ozone.
 C = une seule main dans l'air.
 D = une seule main dans un mélange synthétique (10 pour cent de CO₂, 10 pour cent de O₂, 80 pour cent de N₂).

100 mg par tonne de fruits par jour jusqu'à ce que l'activité respiratoire augmente, de même que la production d'éthylène qui atteignait 200 mg par tonne/jour.

Dans l'essai n° 24, où un excès d'ozone a été maintenu avec une atmosphère à 10 % de CO₂, la concentration d'éthylène qui était de 3 à 4 millièmes pour les 5 premiers jours est descendue à moins de 1 millième à la fin de la période de stockage.

Maturation irrégulière.

Alors que les fruits maintenus en atmosphère conditionnée sans ozone mûrissaient rapidement et très irrégulièrement à 20° C, les fruits témoins montraient aussi une certaine irrégularité pendant la maturation.

Dans l'essai n° 12, effectué avec des fruits provenant d'une zone à peu près indemne de Cercospora, les 3 régimes témoins après 18 jours ont mûri régulièrement. Le reste des fruits, après stockage en atmosphère conditionnée de 18 jours avec 10 % de CO₂ à 11°7 et présence d'ozone, a eu à 20° une maturation un peu plus lente et un peu plus irrégulière.

Un retard de maturation de fruits et de mains isolées dans le régime a été observé sur les fruits témoins dans tous les essais, et il a été considéré que cette tendance de non-uniformité a été renforcée par la présence de CO₂ dont l'effet retardateur est moindre avec les fruits évolués et plus grand avec les fruits à maturation difficile (hard).

Maturation partielle pendant l'entreposage.

Les bananes mûries à l'air à 11°7 ont une couleur sombre et une pulpe manquant de douceur et de saveur. Les fruits entrés en maturation en stoc-

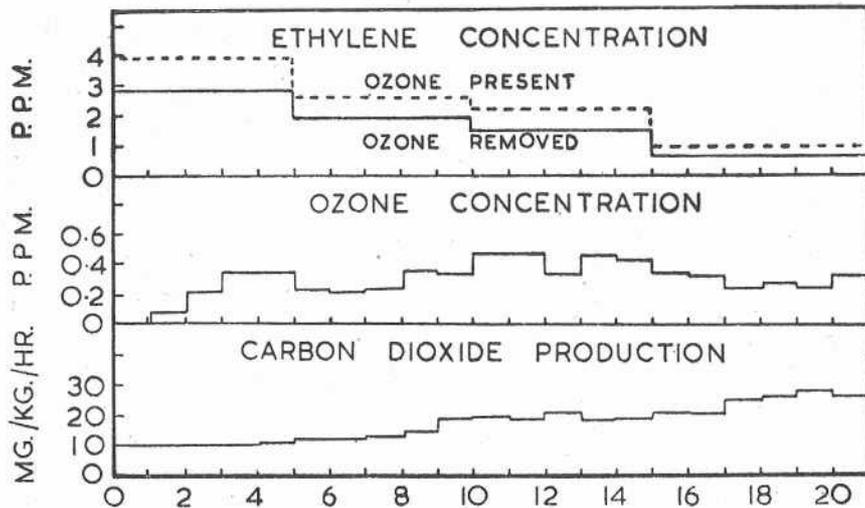


FIG. 3. — Taux de production de CO₂ par les bananes réfrigérées et atmosphère conditionnée à 54° F (12.2° C) et 10 pour cent de CO₂ avec ozone, et concentration d'éthylène dans l'atmosphère.

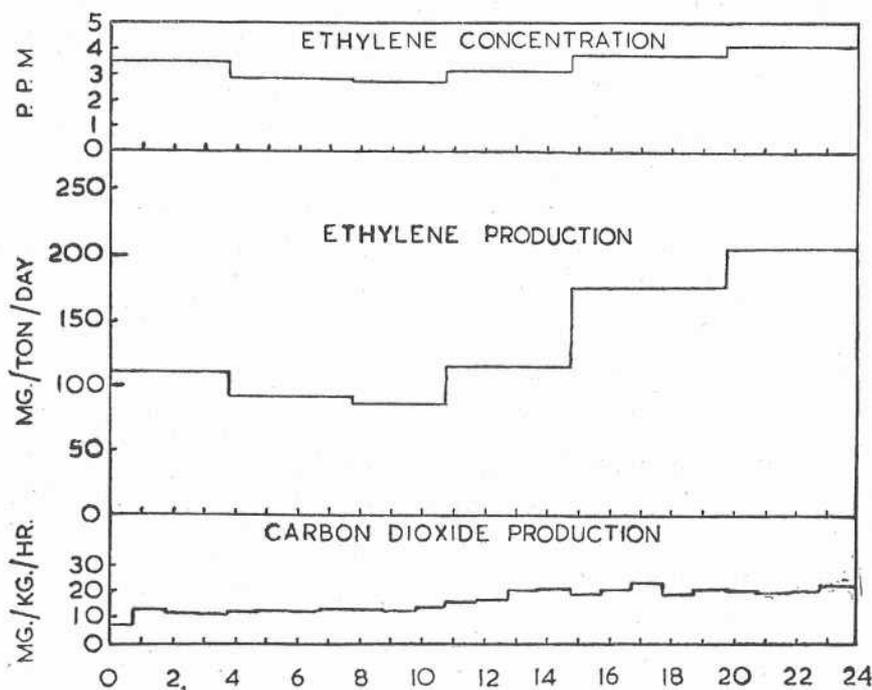


FIG. 4. — Taux de production de CO₂ et d'éthylène par les bananes dans l'air à 53° F (11.7°C).

kage conditionné étaient comparables. Avec un stockage à 14°4 (58° F) la couleur s'améliore, mais par contre la saveur et la texture ne s'améliorent pas.

Maturation de fruits après stockage en air conditionné en présence d'ozone.

Les fruits qui étaient encore fermes et verts à la fin du stockage mûrissaient lentement et irrégulièrement à 20° C. Il a été nécessaire d'utiliser de l'éthylène à $\frac{1}{1.000}$ en volume pendant 24 heures pour obtenir une maturation rapide et régulière. Le changement de texture et de saveur qui accompagne normalement le changement de couleur, était quelque peu retardé, aussi le fruit n'atteignait pas sa qualité optimum avant de subir des attaques par des moisissures.

* *

NOTES DU TRADUCTEUR

L'ampleur de ces essais, la qualité du matériel expérimental et la variété du matériel végétal utilisé donnent à ce travail un grand intérêt.

Les points suivants nous ont paru dignes d'être mentionnés spécialement :

Degré d'évolution du fruit. Les fruits sont caractérisés par leur aspect physique, restant entendu que les fruits n'ayant pas eu un développement normal ne rentrent pas dans la classification usuelle.

La seule définition nette du degré d'évolution, c'est celle du nombre de jours qui s'écoulent entre la coupe et le déclenchement de la maturation du fruit refroidi à 53° F.

3/4 plein mûrit 14 jours après la coupe.

3/4 plein fort mûrit en 7 jours après la coupe.

Déclenchement de la maturation. Caractérisé par l'élévation rapide de l'intensité respiratoire.

(Il peut être également apprécié par la détermination de la dureté de la pulpe, qui s'abaisse rapidement lorsque la maturation se déclenche.)

Teneur en gaz carbonique. Les résultats obtenus confirment ceux de WARDLAW.

Action de l'éthylène. L'utilisation de a méthode de l'atmosphère restreintel

permet de mieux caractériser l'influence de l'éthylène sur le déclenchement de la maturation des fruits.

Humidité. Tous les essais ont été conduits avec une humidité élevée. Air pratiquement saturé. Les auteurs ne signalent pas de développements de moisissures.

(Ce qui confirme d'autres observations : les fruits de coupe fraîche et refroidis rapidement supportent bien une humidité élevée pendant la durée d'un transport maritime : 12 jours.)

Ozone. L'emploi de l'ozone reste délicat et doit faire l'objet d'études ultérieures.

Homogénéité des régimes étudiés. Une incertitude plane sur l'homogénéité des régimes. Certains sont supposés provenir de plants atteints de Cercospora, sans que l'effet de l'atteinte ait pu être décelé par l'aspect des fruits.

Les auteurs demandent une méthode chimique caractérisant les fruits de bananiers atteints par le Cercospora.

Intensité respiratoire. La valeur trouvée à 12° qui est de 12 mg/CO₂/kg/heure est plus faible que celle trouvée par GANE, ce qui peut s'expliquer par le fait que les fruits sont étudiés peu après la coupe. En présence de CO₂, l'intensité respiratoire est réduite à 8 mg/CO₂/kg/heure.

Production d'éthylène. Varie de 1/18.000 à 1/79.000 de celle du gaz carbonique, ce qui confirme que ce gaz active le déclenchement de la maturation à très faible concentration.

Irrégularité de la maturation. Le gaz carbonique paraît augmenter les différences existant entre les fruits étudiés. L'effet retardateur serait moindre sur les fruits évolués et plus élevé pour les fruits à maturation difficile.

Les fruits entrés en maturation à 53° F n'ont pas une saveur satisfaisante. La maturation doit s'effectuer aux températures usuelles, vers 20° C.

Maturation des fruits stockés en air conditionné en présence d'ozone. La maturation est plus lente, il y a risque d'atteinte par moisissures pendant la maturation.

R. DEULLIN.
(I. F. A. C.)