

montrent des symptômes atténués. Il semble donc que l'action de N soit favorisante, et qu'il faille toujours apporter à l'ananas une certaine quantité de Zn en même temps que les engrais azotés.

Traitement.

Les traitements utilisés à l'I. F. A. C. consistent en deux pulvérisations de sulfate de Zn à 1,5 %, neutralisé par 0 kg 75 de chaux, effectuées en début et fin de saison sèche à la dose de 50 cc environ par pied. Ces traitements amènent une amélioration nette au bout de 3 semaines, avec une absence totale de symptômes sur les nouvelles feuilles (fig. 3 et 4).

Cette méthode est la plus rationnelle et la plus efficace, c'est celle qui demande la quantité la plus faible de produit. Néanmoins, pour éviter les pulvérisations on peut uti-

liser, comme cela se fait au Queensland 25 kg de sulfate de Zn pour 1 tonne d'engrais composé.

Conclusions.

Bien que nous ne possédions pas encore de chiffres précis quant à la diminution des rendements due à la carence en zinc, il nous semble rationnel de préconiser le traitement dès à présent. En effet, en saison sèche la diminution de la surface foliaire est très importante et nuit considérablement au développement normal de la plante.

Guinée Française.

J. BRUN et C. PY,
Station Centrale
des Cultures Fruitières Tropicales
de l'Institut des Fruits et Agrumes Coloniaux.

Chaleur dégagée par la banane en cours de transport



Cette communication a été présentée au Congrès du Froid Tropical organisé par l'Institut Colonial de Marseille en octobre 1951. Elle résume le début d'une étude entreprise par l'Institut des Fruits et Agrumes Coloniaux, dans un domaine encore peu exploré, celui de la chaleur dégagée par le fruit et ses conséquences. Les essais ont été effectués en Guinée et en Côte d'Ivoire. Ces premières indications sont donc valables pour ces deux territoires. En effet les emballages y sont particulièrement soignés pour protéger les fruits contre les chocs et tous les vides à l'intérieur des régimes sont obturés par des tampons.

Nous avons publié une première étude sur cette question dans le numéro d'avril 1951 de la Revue Générale du Froid. Il est possible d'établir les courbes de chaleur dégagée par la banane en phase préclimactérique et en phase climactérique en partant des courbes d'activité respiratoire puisqu'un gramme de CO₂ produit 2,55 calories. Ce qui permet de déterminer l'élévation de température d'un régime placé dans une enceinte isotherme à l'état préclimactérique. La température de 50° est atteinte en 87 heures. La courbe d'échauffement est une exponentielle et les températures obtenues sont les suivantes :

Début.....	25°
24 heures.....	27°0
48 heures.....	31°1
72 heures.....	35°2
84 heures.....	47°
87 heures.....	50°

Le fruit entre en phase climactérique à 35° environ, ce qui explique l'accroissement de la vitesse de l'échauffement après la 72^e heure. Ce résultat est valable pour des fruits de coupe normale en phase préclimactérique et il n'y a pas besoin de faire intervenir un état de maturation avancée pour expliquer l'importance de l'échauffement d'un régime lorsque la chaleur qu'il produit ne peut pas être évacuée. C'est ce qui justifie la nécessité d'une réfrigération rapide des régimes qui sont chargés dans les cales des navires. Lorsque la chaleur produite par la respiration du fruit ne peut pas s'éliminer la température s'élève et provoque le déclenchement de la maturation.

Chaleur dégagée par la banane de degré de coupe normal en cours de transport réfrigéré.

Nous examinerons le cas d'une cargaison de 700 tonnes de bananes chargées à bord d'un navire bananier à une

température de 26°. Durée de refroidissement du fruit : 72 heures pour atteindre une température de 12°.

La courbe de réfrigération n'est pas linéaire : compte tenu de la réfrigération préalable des cales et d'un écart de température plus élevé de l'air de réfrigération, au début du refroidissement l'allure de la réfrigération est sensiblement la suivante :

Début de la réfrigération.....	25°
24 heures.....	18°
48 heures.....	14°
72 heures.....	12°

ce qui permet de calculer approximativement les besoins en froid pour assurer la réfrigération d'une cargaison de 700 tonnes.

La chaleur à enlever se compose de la chaleur de réfrigération qui dépend de l'abaissement horaire de température et de la chaleur de respiration qui est fonction de la température du fruit.

Après 72 heures, lorsque la température de 12° est atteinte, la réfrigération ne comporte plus de refroidissement du fruit, il n'y a plus qu'à compenser la chaleur provenant de la respiration et les autres besoins que nous avons estimés à 60.000 calories.

La chaleur de respiration qui était de 112 calories est ramenée à 45 calories. Le refroidissement du fruit de 25° à 12° demande une puissance frigorifique importante, lorsque le fruit est à 12° il ne faut plus que 91.000 frigories, soit moins d'un tiers de la puissance frigorifique nécessaire au début.

Cas du fruit de degré de coupe trop élevé.

Il est très intéressant de chercher à se rendre compte de ce qui va se passer à bord dans le cas où une partie de la cargaison a été chargée avec un degré de coupe trop élevé. Les fruits de degré de coupe trop élevé ont une phase préclimactérique plus courte. Au lieu d'une durée de 8 à 10 jours à 25° pour un fruit sain 3/4 plein, la phase climac-

Temps	Température	Chaleur de respiration	Refroidissement horaire en degrés C	Calories heure à enlever à 1 tonne de fruits	Calories heure à enlever à 700 tonnes	Autres besoins	Total
Début	25	112	0,29	344	240.000	60.000	300.000
24	18	72	0,25	272	190.000	60.000	250.000
48	14	54	0,20	214	150.000	60.000	210.000
72	12	45	0,10	125	87.000	60.000	147.000
96	12	45	—	45	31.000	60.000	91.000

térique sera raccourcie de quelques jours pour un fruit plus plein. Le chargement à bord ayant lieu 3 jours après la récolte, la réfrigération se produira en phase préclimactérique. Si nous admettons la même vitesse de refroidissement que dans le cas précédent, nous voyons que la phase préclimactérique d'un fruit 3/4 plein à 12° a une durée de 10 à 15 jours : chargement 3 jours après récolte, 3 jours de refroidissement, il ne reste plus que 6 à 9 jours, avant l'entrée en maturation. La phase climactérique peut se déclencher en cours de transport.

Mais comme la maturation se produit à 12°, elle est beaucoup moins brutale, la chaleur dégagée ne sera que de 100 calories tonne/heure seulement et elle peut être facilement absorbée par l'installation frigorifique du bord. A titre d'exemple prenons le cas d'une cargaison de 700 tonnes dont 30 % des fruits ont été chargés trop pleins. Ces fruits entreront en maturation en fin de voyage après la période de réfrigération. Le besoin en froid sera le suivant :

Fruits normaux en phase préclimactérique (70 % de la cargaison) = 490 tonnes.

Chaleur à enlever : 45 calories tonne/heure soit $490 \times 45 = 22.050$.

Fruits trop pleins en phase climactérique (30 % de la cargaison) = 210 tonnes.

Chaleur à enlever : 100 calories tonne/heure soit $210 \times 100 = 21.000$.

Les besoins totaux en froid sont les suivants :

Cargaison.....	$22.050 + 21.000 = 43.050$
Autres besoins.....	60.000
Total.....	103.000

ce qui représente seulement le tiers de la puissance frigorifique à fournir au début de la réfrigération.

Autrement dit la maturation de 30 % d'une cargaison de 700 tonnes a pour conséquence de demander une production frigorifique supplémentaire de 12.000 frigories/heures seulement.

Ce résultat est très important, parce qu'il montre que le bord dispose de la puissance frigorifique nécessaire pour éviter une élévation de température des régimes, dans le cas où la maturation se déclenche après la réfrigération. Dans ce cas les fruits seront tournants ou jaunes à l'arrivée du bananier, mais la température des fruits doit être voisine de 12°.

Autrement dit, on ne peut mettre en cause la conduite du bord qui livre des régimes tournants, s'ils sont de coupe pleine et à une température de 12° à l'arrivée.

La livraison de régimes de coupe normale à tempéra-

ture élevée constitue l'indice d'une réfrigération insuffisante des régimes considérés.

Étude d'un emballage.

Les régimes de *sinensis* de Guinée et de Côte d'Ivoire sont emballés comme suit :

1° Remplissage des vides des régimes par des tampons de paille entourés de papier.

2° Pose d'une couronne ou de tampons aux deux extrémités.

3° Enveloppement du régime par du papier.

4° Enveloppement par un matelas de paille enveloppé dans du papier Kraft.

5° Ficelage bien serré.

C'est le mode d'emballage qui correspond à l'arrêté de conditionnement.

Il a fait l'objet d'avis contradictoires, c'est pourquoi nous avons procédé à une étude en vue de déterminer si les critiques auxquelles il est soumis sont fondées.

Cet emballage aurait les défauts suivants :

1° De ne pas permettre une circulation d'air suffisante à l'intérieur des régimes.

2° De constituer un isolant thermique empêchant l'élimination de la chaleur produite par le régime.

3° De favoriser les moisissures et le dégrain parce qu'il maintient un degré hygrométrique élevé autour du régime.

Étude thermique de cet emballage.

Nous avons prélevé deux séries de cinq emballages prêts à l'expédition.

Un thermomètre a été placé à l'intérieur de chaque emballage, près de la hampe, à mi-hauteur. Les températures intérieures des emballages ont été relevées et comparées avec celles de l'air ambiant.

Régimes de 15 kg, coupe dite 3/4. Essais effectués en Guinée et en Côte d'Ivoire.

Régimes placés dans un local non ventilé par moyen mécanique, circulation d'air naturelle. Température tropicale : 25 à 26°.

Écart de température entre l'intérieur de l'emballage et l'extérieur en phase préclimactérique : 0°7.

Écart de température entre l'intérieur de l'emballage et l'extérieur en phase climactérique : 2 à 4°.

Caractéristiques de l'emballage : surface : 0,7 m², épaisseur moyenne : 2 cm.

Chaleur de respiration pour un régime de 15 kg : 1 calorie 65.

Le coefficient de transmission de la paroi défini par la formule : $Q = K \times s \times \Delta t$ est égal à 3,3.

Le coefficient de conductibilité de la paroi est : 0,15 (obtenu par calcul).

La teneur en humidité de l'emballage a été trouvée égale à 10 %.

Les tables indiquent pour de la paille comprimée sèche un coefficient de 0,04, si l'on tient compte du taux modéré de la compression de la paille dans l'emballage et de l'effet

de l'humidité (Pohlmann indique une majoration de 108% pour 10% d'humidité) le chiffre de 0,15 trouvé comme coefficient de conductibilité paraît acceptable.

Il résulte de cet essai que l'emballage des régimes présente les caractéristiques suivantes :

1° Coefficient de conductibilité assez faible.

2° Faible épaisseur : 2 cm.

Surface extérieure assez développée : 0,7 m².

3° Quantité de chaleur à transmettre peu élevée : 1,65 calorie pour un régime de 15 kg à 25°.

Étant donné ces caractéristiques on voit que la conductibilité plutôt faible est compensée par l'humidité de l'emballage, par sa faible épaisseur et surtout par sa surface.

L'expérience montre que la surface des emballages est suffisante pour évacuer la chaleur produite par la respiration du régime lorsqu'ils se trouvent entourés d'air sans que la circulation de ce dernier soit spécialement activée.

L'absence de circulation d'air ou l'insuffisance de circulation d'air dans le régime en cours de transport sont souvent considérées comme étant de nature à nuire à son refroidissement.

Pour déterminer l'importance de ce facteur nous avons obtenu complètement des emballages, nous n'avons pas constaté de différence de température avec les régimes voisins placés en observation.

Pour les régimes de *sinensis* en A. O. F., la circulation d'air ne se fait pas généralement dans un emballage normalement conditionné parce que :

a) Les vides du régime sont garnis de tampons tassés (12 à 20 suivant le poids du régime) ;

b) Les extrémités de la hampe sont protégées par des couronnes ou des tampons ;

c) Les fruits sont serrés et les mains sont disposées en hélice sur la hampe, ce qui constitue un obstacle certain au passage de l'air dans l'emballage.

D'ailleurs nous avons constaté expérimentalement que le degré hygrométrique élevé et une teneur plus forte en CO₂ à l'intérieur de l'emballage avaient plutôt un effet retardateur sur la maturation. Une circulation d'air à l'intérieur de l'emballage activerait la respiration et la transpiration du fruit, ce qui est contre-indiqué pendant le transport.

Conclusion :

Les reproches formulés contre ce mode d'emballage ne paraissent pas fondés. Il a des propriétés thermiques suffisantes pour évacuer la chaleur produite par le régime à condition qu'il soit entouré d'air.

Il n'y a pas besoin de circulation d'air à l'intérieur de l'emballage et l'atmosphère non renouvelée qui baigne le régime à l'intérieur de l'emballage est favorable à sa bonne conservation.

Si la chaleur produite par le régime n'est pas évacuée, c'est qu'il n'y a pas une circulation d'air suffisante autour de l'emballage.

Robert DEULLIN,
Ingénieur Technologue
à l'Institut des Fruits et Agrumes Coloniaux.