

Evolution du transport maritime de la banane de 1945 à 1970

I^{ère} partie

par R. DEULLIN

Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer

EVOLUTION DU TRANSPORT MARITIME DE LA BANANE DE 1945 A 1970

par R. DEULLIN (IFAC)

Fruits, dec. 1970, vol. 25, n° 12, p. 865-876.

RESUME - Le transport maritime de la banane qui était basé en grande partie sur l'empirisme en 1945, a subi une profonde évolution entre 1945 et 1970. Cette transformation provient de l'amélioration des connaissances scientifiques sur la physiologie de la banane et des progrès importants qui ont été réalisés dans le domaine de la technique (froid, ventilation, automatisme, etc.). Il a été possible d'établir une doctrine du transport maritime de la banane dont la conduite est plus simple et plus sûre. Les avaries qui en résultaient ont pratiquement disparu.

Le transport maritime de la banane a beaucoup évolué au cours des vingt-cinq dernières années, entre 1945 et 1970. Le navire polytherme utilisé actuellement pour ce transport se présente comme une unité qui est très différente du navire bananier des années 1945 à 1950.

Cette importante transformation est due à des causes multiples qui appartiennent à trois domaines différents : scientifique, technique et économique.

Dans le domaine scientifique nous pouvons citer l'amélioration des connaissances sur la physiologie de la banane, sur l'appréciation de sa qualité, sur sa stabilité et sur son comportement pendant le transport.

Dans celui de la technique, il faut indiquer le perfectionnement des installations frigorifiques, la meilleure efficacité de la ventilation, la généralisation de l'automatisme, la réalisa-

tion du contrôle en continu et l'augmentation de la vitesse des navires.

Enfin, dans celui de l'économie, il est indispensable de remarquer que les armateurs n'ont plus la certitude de pouvoir utiliser pendant une période prolongée (10 à 15 ans) des navires construits spécialement pour tenir compte des particularités d'exploitation d'une ligne maritime bien déterminée. Ils sont conduits à commander des navires polyvalents et rapides (les navires polythermes) capables d'assurer toutes les catégories de transports frigorifiques (de + 15°C à - 25°C) sur les grands axes du trafic maritime.

Ceci explique que le navire bananier de 1945 s'est d'abord transformé vers 1960 en un navire bananier qui pouvait être utilisé éventuellement en navire polytherme, puis en 1965, en navire polytherme dont le transport maritime de la banane ne constitue plus qu'une des possibilités d'utilisation.

SITUATION DU TRANSPORT MARITIME DE LA BANANE EN 1945

En 1945, le transport maritime de la banane avait la réputation d'être incertain. Les avaries imputables au transporteur et au chargeur n'étaient pas exceptionnelles et il est utile de rappeler l'existence d'une "psychose" des avaries chez les armateurs et le personnel navigant. Après 25 années d'améliorations continues, cette psychose a disparu du fait que le transport maritime de la banane s'effectue maintenant avec régularité et sécurité. Cet important résultat constitue l'aboutissement d'un effort prolongé et d'une action d'ensemble qui ont été exercés conjointement par les producteurs de bananes, par les armateurs, par les chantiers navals et par les organismes de recherches, c'est pourquoi, il nous a paru in-

téressant de le présenter et de montrer comment il a pu être obtenu.

Un exposé complet aurait nécessité en premier lieu l'examen de l'amélioration de la qualité de la banane à l'exportation, nous ne l'avons pas fait ici, parce que cela nous aurait entraîné beaucoup trop loin. Nous nous bornerons donc à présenter l'évolution du transport maritime de la banane en nous plaçant seulement dans le cadre du navire. Nous examinerons les travaux de recherche, l'établissement d'une doctrine de transport, l'évolution de la technique (installations frigorifiques, ventilations, automatisme, etc.) et nous terminerons en présentant les caractéristiques d'un navire récent.

LES DIFFÉRENTES PHASES DE L'ÉVOLUTION DU TRANSPORT MARITIME DE LA BANANE DE 1945 À 1970

Entre 1945 et 1970, l'évolution du transport maritime de la banane ne s'est pas effectuée avec un rythme régulier. Grosso modo, il est possible de diviser cette période de 25 années en trois phases distinctes de durées inégales qui peuvent être caractérisées comme suit: une phase d'empirisme et de début de recherches, une phase d'amélioration des connaissances et d'évolution technique et une phase de perfectionnement technique.

● Première phase

La première phase, se situant entre 1945 et 1955, peut être appelée celle de l'empirisme parce qu'il n'y a pas encore une doctrine cohérente du transport maritime de la banane. Les observations personnelles et l'expérience acquise remplacent les connaissances fondées sur des bases expérimentales. Du point de vue de la construction des navires bananiers, les Services techniques des armateurs utilisent les connaissances du moment pour la réalisation de l'équipement spécialisé du navire bananier.

Pendant cette période, l'expérimentation à bord des navires s'est développée progressivement ainsi que les connaissances sur la physiologie de la banane et sur l'appréciation de

sa qualité. Les premiers résultats publiés alors, ne sont pas toujours acceptés sans réticence et sans discussion par les usagers, parce qu'ils heurtent parfois des convictions solidement ancrées.

Les armateurs se basent sur les résultats des lignes bananières qu'ils exploitent, mais il se trouve que les comparaisons entre les différentes lignes bananières sont très difficiles car les facteurs d'appréciation présentent des différences importantes :

- la variété de banane n'est pas la même ('Gros Michel' au Cameroun, 'Poyo' et 'Grande Naine' aux Antilles, 'Petite Naine' en Guinée et en Côte d'Ivoire).
- la qualité de la banane au chargement n'est pas constante (facteur saisonnier, degré de coupe, durée de l'intervalle coupe-charge).
- le mode de conditionnement n'est pas identique (vrac nu et emballage paille-papier).
- la durée de séjour en cale des bananes peut varier sensiblement (cadence de chargement, distance à parcourir, vitesse du navire, nombre d'escales au chargement et au déchargement).

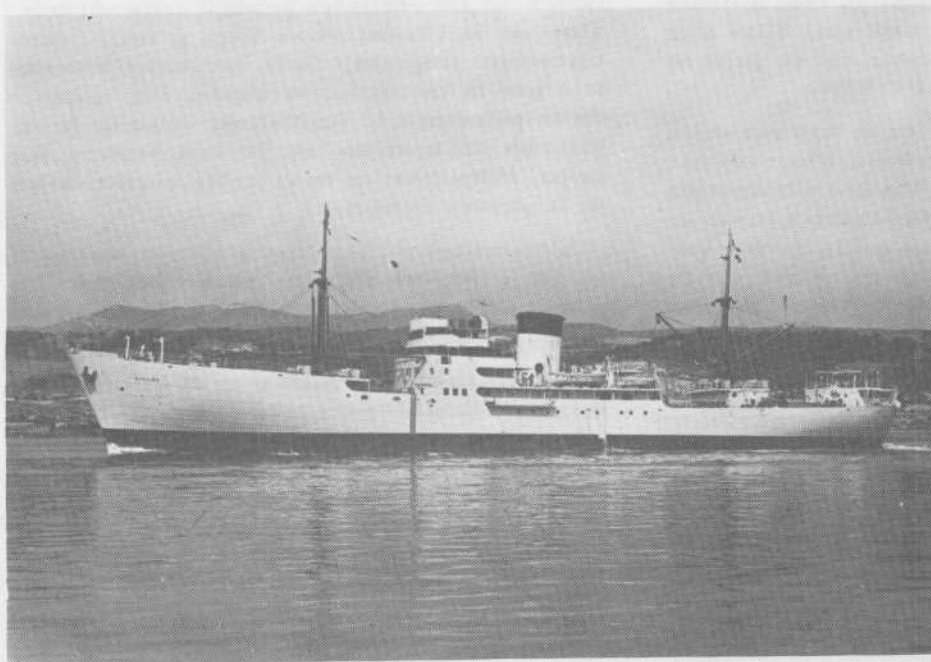


Photo 1 - Le "DJOLIBA" de la Compagnie de navigation FRAISSINET, construit en 1947.
(photo communiquée par la Cie Fraissinet).

Photo 2 - Le "FORT RICHELIEU" de la Compagnie Générale Transatlantique, construit
en 1952 (photo communiquée par la Cie Générale Transatlantique).



Il en résulte une appréciation très difficile de la valeur de l'équipement spécialisé d'un navire et les jugements portés sur ce sujet ne peuvent qu'avoir une valeur relative.

Il est également nécessaire de bien se rendre compte que l'attitude prudente observée par nombre d'armateurs en matière d'innovation pour l'équipement spécialisé du navire bananier se trouve justifiée par le fait que la durée d'exploitation de cette catégorie de navire est au moins de 15 ans. Il en résulte que la conséquence d'une erreur devra être supportée pendant toute cette période, ce qui est long. De plus, les modifications d'un navire après sa sortie du chantier sont toujours coûteuses par suite des frais directs des transformations et de la perte de recette consécutive à l'arrêt du navire ; ceci explique pourquoi les navires ne sont pratiquement pas modifiés après leur sortie du chantier de construction.

Si les armateurs se montrent plus ouverts et plus réceptifs pour les innovations se rapportant aux parties non spécialisées d'un navire (forme et construction de la coque, moteur, armement et gréement du navire), c'est que dans la construction navale il y a en permanence une tendance générale qui s'applique à tous les navires répondant aux mêmes caractéristiques générales et qu'ils disposent d'informations nombreuses et précises à ce sujet, ce qui n'est pas le cas pour l'équipement spécialisé du navire bananier qui n'est construit qu'à un petit nombre d'exemplaires.

● Seconde phase de l'évolution

La seconde phase se situant de 1955 à 1966, est caractérisée par une amélioration des connaissances sur la physiologie et la qualité de la banane et, par un développement des recherches expérimentales à bord du navire.

Le transport maritime de la banane a été un des grands sujets traités au Congrès international du Froid de 1955 avec la création d'un groupe de travail chargé de présenter un rapport sur la physiologie, la qualité et le transport des bananes. Ce rapport, publié en 1962, constitue la doctrine du transport de ces fruits. Les contacts entre les chercheurs et les armateurs se sont multipliés, et les services techniques des armateurs ont été à même de pouvoir définir directement les caractéristiques techniques de l'équipement spécialisé des navires bananiers commandés au Chantier de Construction qui devient l'exécutant d'un programme bien défini. Des modifications impor-

tantes ont été réalisées pendant cette période : abandon de l'isolation au liège granulé, remplacement progressif de la ventilation horizontale par la ventilation verticale, augmentation de la puissance de ventilation, début de la régulation automatique de la température des cales, simplification du contrôle, augmentation de la vitesse du navire.

L'emballage paille papier a été remplacé par la gaine en polyéthylène et l'expédition des mains de bananes en caisses carton s'est développée à la fin de cette seconde phase.

Les changements politiques et économiques survenus dans les pays producteurs de bananes ont conduit les armateurs à prévoir une utilisation plus souple de leur flotte bananière et à commander des navires bananiers comportant une isolation thermique renforcée et une installation frigorifique permettant d'effectuer des transports jusqu'à -15°C ou -20°C , c'est-à-dire des navires qui avaient comme vocation première le transport de la banane, mais capables, en cas de besoin, d'effectuer des transports réfrigérés au voisinage de 0°C ainsi que des transports de denrées congelées. Cette seconde phase a été beaucoup plus importante que la première en ce qui concerne l'évolution du transport maritime de la banane. Si l'on peut dire que la première phase a été plutôt une période de préparation et d'attente, la seconde est caractérisée par ses réalisations. Le navire bananier possède l'essentiel de ses caractéristiques qui se perfectionneront au cours de la troisième phase.

● Troisième phase de l'évolution du transport.

Cette dernière période est courte puisqu'elle va de 1967 à 1970, mais elle est caractérisée par cinq faits essentiels.

- Le navire bananier n'existe plus ; il est remplacé par le navire polytherme étudié pour tous les transports frigorifiques de $+12^{\circ}\text{C}$ à -25°C .

- La vitesse des navires en service dépasse 20 noeuds.

- Avec le perfectionnement de l'automatisme et l'introduction de l'électronique à bord des navires, les installations frigorifiques à saumure disparaissent. Elles sont remplacées par des installations à détente directe, décentralisées, avec mise en marche et fonctionnement automatiques.

- Le contrôle est effectué en continu et les défauts de fonctionnement sont affichés.

- Les cales sont dégagées avec la suppression des parcs à bananes et sont prévues pour la manutention à l'aide de chariots à fourche.

Un groupe d'armateurs s'est organisé pour l'étude et la commande de navires en série, pour l'échange d'informations sur leur exploitation et constituer un parc commun de pièces

de rechange.

Cette évolution très rapide, qui s'est faite en trois années, est l'aboutissement des changements commencés à la phase précédente. Cette troisième phase peut-être caractérisée comme étant celle du perfectionnement rapide des techniques, ce qui a été rendu possible par la mise au point et les progrès de l'électronique et de l'automatisme dans la marine marchande.

RECHERCHE EXPÉRIMENTALE ET ÉTABLISSEMENT D'UNE DOCTRINE DU TRANSPORT MARITIME DE LA BANANE

Etat des connaissances sur le transport maritime de la banane en 1950.

En 1950, la conduite du transport maritime et la conception des navires bananiers reposaient sur des principes admis sans discussion, sur une réglementation de la qualité de la banane dont la précision était discutable et sur des habitudes qui relevaient le plus souvent des interprétations personnelles des intéressés, ce qui les conduisait, à défaut de disposer d'une information valable basée sur la recherche expérimentale, à adopter "leur propre religion", c'est-à-dire leur méthode personnelle pour la conduite du transport maritime de la banane.

Quelques exemples permettront de mieux comprendre cette situation.

Les arrêtés de conditionnement des bananes destinées à l'exportation stipulaient qu'elles devaient être "trois quarts", mais sans définir cette notion. Alors que les fruits d'un même régime ont des différences de plénitude, il n'y avait aucune indication sur le fruit qui devait être utilisé pour le contrôle (main et position dans la main) (1).

L'emballage paille papier, dérivé du modèle canarien, utilisé pour les bananes du groupe Cavendish, avait la propriété remarquable d'être "étanche" ou "absolument hermétique". En conséquence, il devait être obligatoirement ouvert pour permettre une circulation interne d'air dans le sens longitudinal. C'était un principe admis sans aucune discussion, comme le montre un croquis publié en 1950 dans la Revue Générale du Froid, les flèches indiquant le cheminement théorique de l'air entre les bananes à l'intérieur de l'emballage (fig. 1 et 2)(3).

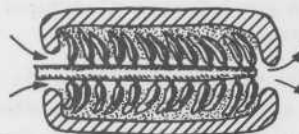


FIGURE 1 — SCHEMA DE LA CIRCULATION DE L'AIR A L'INTERIEUR D'UN EMBALLAGE PAILLE-PAPIER.

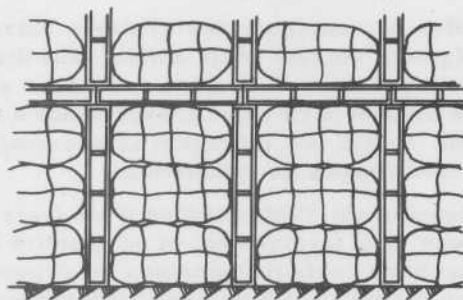


FIGURE 2 — SCHEMA D'ARRIMAGE (?)

L'expérimentation a montré que l'emballage paille papier n'était pas hermétique, que la circulation interne de l'air n'était pas nécessaire et qu'il ne fallait pas le comparer à une bouteille thermos.

Il était aussi admis qu'un refroidissement rapide des bananes était nuisible et qu'une humidité relative élevée dans les cales favorisait le développement des pourritures : ces deux affirmations étaient inexactes.

Par ailleurs, il était déclaré que la concentration de gaz carbonique dans l'atmosphère des cales du navire bananier pouvait s'élever sans danger jusqu'à 6 p.cent. Cette affirmation

basée sur des travaux de laboratoire de WARDLAW ne tenait pas compte du fait essentiel que l'auteur avait utilisé du gaz carbonique privé d'éthylène, alors que dans un navire bananier, ce gaz est obligatoirement mélangé à l'éthylène dégagé par les bananes, ce dernier ne pouvant être éliminé à cause de sa très faible concentration. La présence d'éthylène dans une cale de navire favorise le déclenchement de la maturation des bananes.

L'inversion périodique du sens de la ventilation des cales était un dogme ne souffrant aucune contradiction, alors qu'il a été démontré par la suite que cette pratique exerçait un effet contraire : elle diminuait l'efficacité du refroidissement des bananes.

La prérefrigération des cales avant le chargement des fruits devait être effectuée pendant 48 h au moins pour éviter d'engager la responsabilité du transporteur.

Au cours du voyage maritime, le contrôle de l'état de la cargaison qui se pratiquait en effectuant régulièrement des rondes dans les gaines de ventilation du navire, résultait d'une règle formelle, alors que sa portée était très limitée. Il a été supprimé.

L'effet de contagion des régimes mûrs sur les régimes voisins était admis sans discussion, l'expression "réaction en chaîne" a même été utilisée à ce sujet. L'expérience a montré que l'effet de contagion ne provenait que d'une insuffisance de ventilation.

Fréquemment, l'introduction d'air frais était effectuée trop tardivement et en quantité limitée, certains chefs mécaniciens lui reprochant de trop diminuer la puissance frigorifique utilisable pour le refroidissement des bananes.

Une augmentation de la densité d'arrimage était considérée comme une faute et une cause d'avarie alors que les arrimeurs ne changeaient pas leurs méthodes de travail (4). La possibilité de l'avarie ne venait pas d'un arrimage plus ou moins serré, mais simplement du fait que les chargements de bananes plus pleines et plus évoluées qui sont moins stables donnaient une densité d'arrimage plus élevée.

En contrepartie, l'importance primordiale de la ventilation dans le transport de la banane n'était pas toujours reconnue. La nécessité d'une répartition équilibrée des débits d'air entre les compartiments desservis par un même ventilateur n'était pas mentionnée et dans chaque compartiment, le réglage des orifices

d'admission et de reprise de l'air de ventilation relevait de l'initiative individuelle. La nécessité de l'inversion périodique de la ventilation, qui était un véritable dogme, conduisait à adopter un réglage symétrique des orifices de ventilation pour le refoulement et l'aspiration, alors que les orifices d'aspiration doivent avoir des surfaces augmentant progressivement en fonction de leur éloignement du ventilateur (5).

Cette énumération permet de bien comprendre la situation du transport maritime de la banane en 1950 :

Le manque de recherches expérimentales et l'insuffisance de connaissances pratiques se sont traduits par l'adoption de théories gratuites, par l'acceptation de principes à caractère formel et par l'utilisation de considérations personnelles. Pour ne citer qu'un exemple : il ne serait venu à personne l'idée de mettre en doute l'efficacité de l'inversion périodique de la ventilation alors que cette pratique, comme nous l'indiquerons plus loin, n'est pas défendable si elle est examinée du point de vue de la technique de la ventilation. L'interprétation des résultats sur le transport de la banane, en cas d'avaries, était difficile et il n'était pas possible de donner les réponses à des questions aussi essentielles que celles de la chaleur spécifique du régime de bananes, de l'intensité respiratoire des fruits du groupe Cavendish (les travaux publiés ne concernant que la variété 'Gros Michel') (6), du coefficient de transmission de chaleur de l'emballage paille papier, de sa perméabilité aux gaz, de la résistance opposée par un chargement de régimes emballés à la circulation de l'air de ventilation dans une cale de navire bananier, du réglage correct de la distribution de l'air dans un compartiment de navire, de la vitesse réelle et de l'uniformité du refroidissement des bananes, et surtout, de dire quel était le meilleur système de ventilation.

Ces lacunes justifiaient la nécessité d'une recherche expérimentale étendue, ce qui a été rendu possible par l'importance des avaries en cours de transport pouvant aller, à cette époque, jusqu'à compromettre la rentabilité de la culture de la banane dans certains cas et par le renouvellement et le développement de la flotte bananière française pour être en mesure d'assurer l'augmentation rapide de la consommation des bananes en France, comme l'indiquent les tonnages importés :

85.000 tonnes en 1947,
200.000 tonnes en 1950,
352.620 tonnes en 1960.

Sept navires bananiers ont été mis en service en 1952 et 1953 et 11 bananiers nouveaux ont été inaugurés entre 1955 et 1958.

Développement de la recherche et de l'expérimentation.

La nécessité de rechercher les causes des avaries du transport de la banane et les problèmes posés par la construction de navires bananiers dans des chantiers navals français ont conduit l'Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer (IFAC) à créer en 1951 un service pour l'étude du transport des fruits tropicaux, chargé en priorité de l'amélioration des conditions de transport de la banane. De son côté, la Compagnie Générale Transatlantique poursuivait activement la rénovation et l'extension de sa flotte bananière et M. MERLIN, Ingénieur en chef, qui assurait la direction technique des navires bananiers de cette Compagnie, a effectué une série d'études sur le refroidissement et la ventilation des bananes.

En 1954, M. MERLIN a formé un groupe d'étude dans le but de préparer un rapport d'ensemble sur le transport maritime de la banane pour le Congrès de 1955 de l'Institut international du Froid. La moitié de ce rapport était consacrée à la ventilation ; c'était la pre-

mière fois que la grande importance de la ventilation dans le transport de la banane se trouvait officiellement reconnue.

La discussion de ce rapport et de trois autres mémoires sur la banane au Congrès de l'Institut international du Froid (7), (8), (9), a permis de constater l'insuffisance des connaissances sur la physiologie, la conduite du transport et les caractéristiques de construction des navires bananiers. L'importance de ce sujet a été jugée suffisante par le Conseil Technique de l'Institut international du Froid pour décider la formation d'un groupe de travail formé de membres de la Commission IV (action du froid sur les denrées périssables) et de la Commission VIII (applications du froid au transport maritime), dans le but de recenser les connaissances existantes, de promouvoir des études et d'indiquer les problèmes à examiner. L'IFAC, rapporteur du transport de la banane pendant le congrès de 1955, a participé activement à ce groupe de travail qui a oeuvré pendant 6 années et a résumé ses travaux en publiant en 1962 un rapport rédigé par trois de ses membres (10) : R. GANE pour la physiologie, R. DEULLIN pour la qualité de la banane et G. LORENTZEN pour la technique du transport (froid et ventilation).

Le chapitre sur la physiologie fournit des valeurs de référence sur l'intensité respiratoire (fig. 3), la température critique, la perte

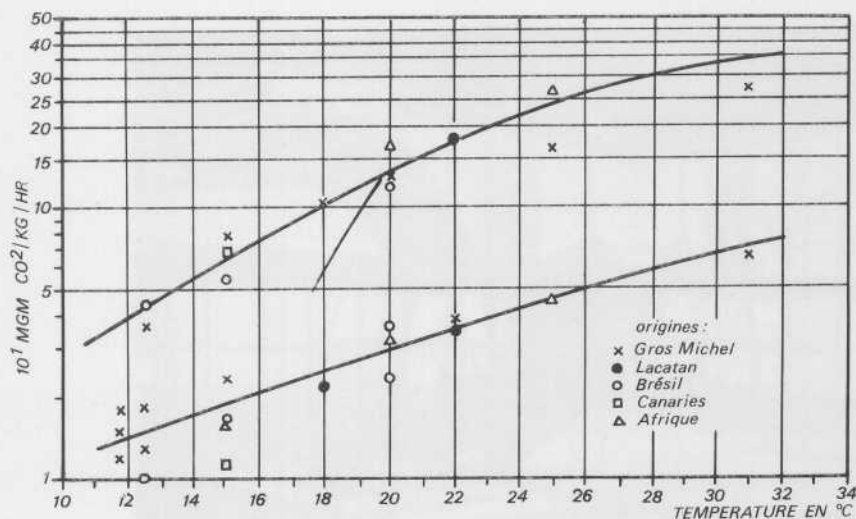
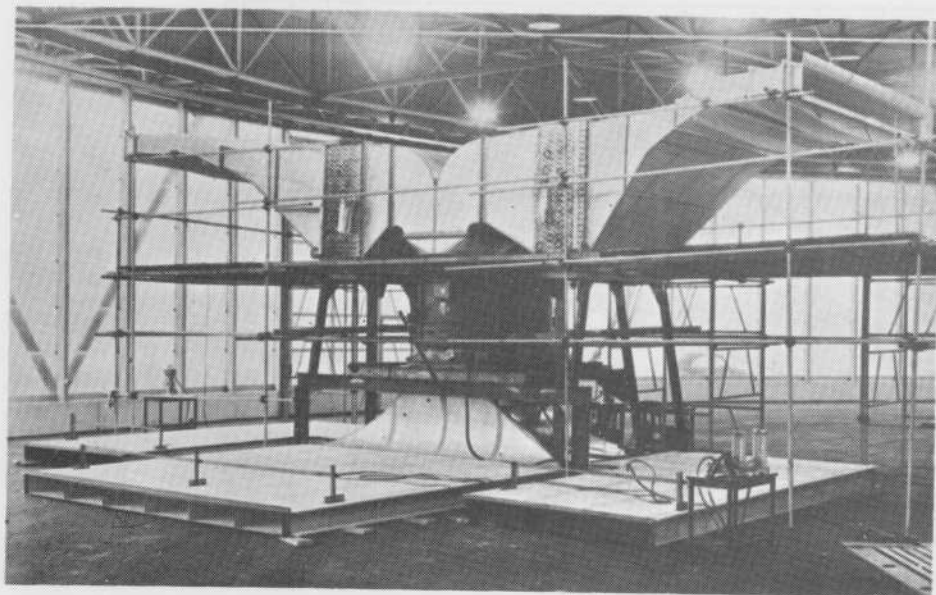


FIGURE 3 — PRODUCTION DE DIOXYDE DE CARBONE PAR LES BANANES APRES TRANSPORT (d'après R. GANE). La courbe inférieure se rapporte au fruit en phase préclimactérique (avant le déclenchement de la maturation), la courbe supérieure, au sommet de l'augmentation climactérique (pendant la maturation).



Photo 3 - Le "FRIBOURG", navire polytherme de la Compagnie de Navigation Courtage et Transport, construit en 1969 (photo communiquée par les Chantiers France-Gironde à Dunkerque).

Photo 4 - Expérimentation sur maquette en vraie grandeur de la ventilation de la cale 2 du "NARVAL", à la Station d'essais des Etablissements Neu à Marc-en-Bareuil (photo communiquée par les Ets Neu).



de poids, et souligne l'importance d'une étude de la production d'éthylène par les bananes. La seconde partie de ce rapport présente des critères d'appréciation de la qualité de la banane à l'exportation. La troisième partie traite directement de la technique du transport avec la chaleur spécifique du fruit, le coefficient de brassage, les systèmes de ventilation, les installations frigorifiques et l'introduction d'air frais, la tombée en froid, la vitesse de refroidissement et le bilan thermique.

Ce rapport est accompagné de 13 mémoires qui ont été présentés aux réunions du groupe de travail et utilisés par les rédacteurs du rapport général. Les sujets traités sont les suivants : chaleur spécifique, substances volatiles, frisure, rapport pulpe-peau et intensité respiratoire, intervalle coupe-charge, qualité et couleur de la banane, mesure de la plénitude, influence des lésions sur la maturation, renouvellement d'air, vitesse de refroidissement des cargaisons de bananes.

Le rapport présenté par le groupe de travail de l'Institut international du Froid constitue un document de base pour l'établissement de la doctrine du transport de la banane, particulièrement en ce qui concerne la ventilation lorsqu'il indique qu'il y a moins à gagner avec l'augmentation de la puissance de la ventilation qu'avec le perfectionnement de la distribution de l'air et de sa circulation dans la cargaison des bananes.

Le mémoire présenté en 1958 à la réunion de Gothembourg par G. LORENTZEN (11) est particulièrement intéressant car il fournit des mesures expérimentales sur la circulation et la distribution de l'air dans un compartiment de navire bananier, dans le cas de différentes variantes des deux systèmes de ventilation qui étaient examinés : la ventilation horizontale et la ventilation verticale. L'auteur aboutit à la conclusion suivante : on a trouvé qu'un système de ventilation verticale bien conçu présente des avantages importants, il donne un refroidissement plus rapide et une température de transport plus uniforme que la ventilation horizontale avec la même puissance frigorifique. G. LORENTZEN spécifie que des améliorations importantes des conditions de refroidissement sont possibles avec une meilleure conception du système de circulation de l'air et que l'avantage obtenu avec l'inversion périodique de la ventilation n'est pas démontré.

L'importance de cette question justifie la reproduction, à titre indicatif, de quelques figures du mémoire de G. LORENTZEN (fig. 4 à 11).

Les résultats présentés par G. LORENTZEN montrent que le système de ventilation verticale est plus efficace que le système de ventilation horizontale, sous réserve d'être bien étudié. La simplification du réseau d'aspiration (cas de la fig. 10), conduit à des défauts de distribution d'air. Dans son étude, G. LORENTZEN a introduit la notion de courts-circuits d'air internes et celle d'efficacité de distribution d'air qui est le produit du coefficient de distribution externe par le coefficient de distribution interne faisant intervenir les espaces libres entre les emballages.

En 1960, une équipe composée de six ingénieurs a été réunie par l'IFAC pour effectuer une expérimentation sur une tranche de ventilation de deux compartiments chargés avec 236 tonnes de régimes de bananes. L'étude effectuée a été complète, elle a porté sur les points suivants :

- évolution physiologique des bananes et perte de poids,
- caractéristiques du système de ventilation,
- vitesse de refroidissement des bananes,
- détermination des bilans thermiques,
- caractéristiques de la batterie du frigorifère.

Cette expérimentation a été effectuée dans les conditions réelles du transport maritime de la banane. L'importance du personnel et du matériel expérimental utilisé et la difficulté de réalisation n'ont pas permis de la renouveler ; elle est restée unique en son genre. Les résultats acquis en matière de ventilation et sur les caractéristiques des batteries de frigorifères ont pu être utilisés pour améliorer la construction de nouveaux bananiers (12).

Le rôle de l'éthylène dans le transport maritime de la banane n'était pas suffisamment connu par suite des moyens trop limités de la technique de dosage. Cette lacune a été comblée avec la chromatographie en phase gazeuse et l'on connaît maintenant la valeur de la concentration d'éthylène dans les cellules de la banane qui provoque le déclenchement de la maturation de ce fruit. L'augmentation de l'intensité respiratoire de la banane est précédée par celle de l'éthylène (13, 14).

Avec la généralisation de l'emballage en caisses carton ondulé, l'IFAC a étudié la vites-

VENTILATION HORIZONTALE

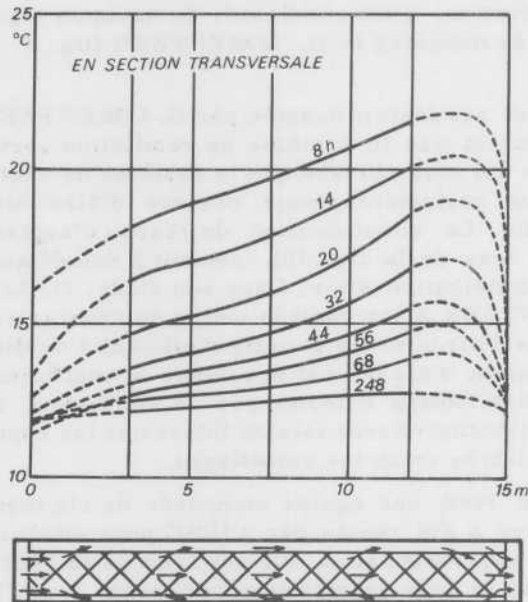


FIGURE 4 — REGIME DES TEMPERATURES DANS UNE CARGAISON DE BANANES PENDANT LE REFROIDISSEMENT. Malgré le coefficient de transfert de chaleur qui est élevé, on constate que la température de l'air aspiré diminue beaucoup plus vite que celle des bananes. Cela provient de courts-circuits importants d'air froid. La forme des courbes suggère que l'importance des courts-circuits d'air s'accroît avec l'augmentation de l'éloignement de la gaine de distribution d'air froid. La circulation de l'air est indiquée schématiquement dans la section transversale.

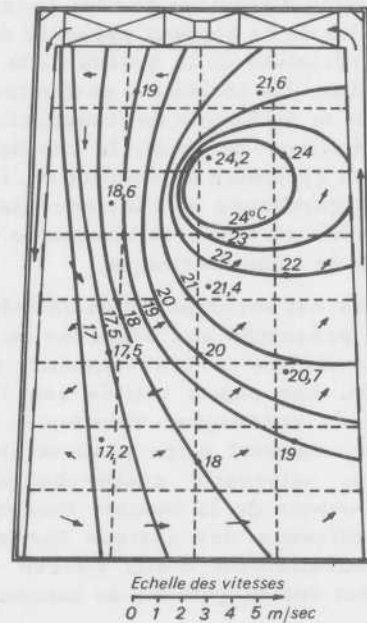


FIGURE 5 — TEMPERATURES DES BANANES MESUREES AU MEME MOMENT PENDANT LE REFROIDISSEMENT. Les isothermes sont tracées approximativement, elles donnent une excellente idée de la distribution moyenne des températures. Les vitesses d'air mesurées dans la cale vide et indiquées par des flèches expliquent la raison de l'inégalité des températures. La longueur des flèches est proportionnelle à la vitesse.

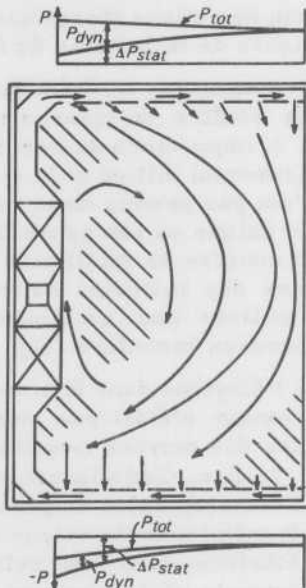


FIGURE 6 — SCHEMA DE LA DISTRIBUTION D'AIR ET DES PRESSIONS DANS LES GAINES DE VENTILATION, DANS UN COMPARTIMENT DE NAVIRE AVEC LA VENTILATION HORIZONTALE. La longueur des flèches à l'entrée et à la sortie des gaines est proportionnelle à la vitesse de l'air.
 P_{tot} = Pression totale
 P_{dyn} = Pression dynamique
 P_{stat} = Pression statique

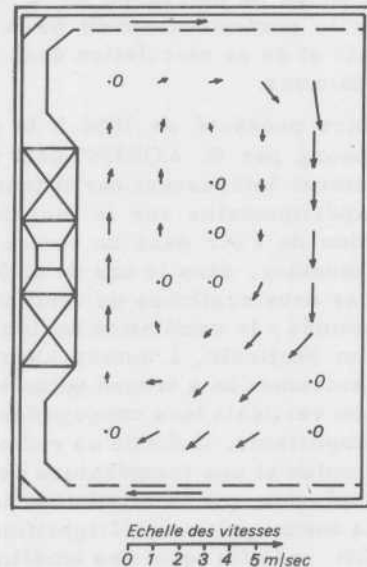


FIGURE 7 — REPARTITION DES VITESSES DE L'AIR MESUREES DANS UN COMPARTIMENT DE NAVIRE AVEC LA VENTILATION HORIZONTALE. Les flèches indiquent la direction et la vitesse de l'air en circulation. La répartition est loin d'être uniforme.

VENTILATION VERTICALE

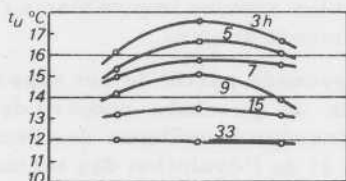
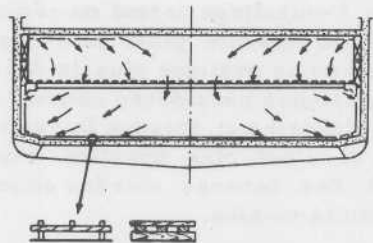


FIGURE 8 — REALISATION DEFECTUEUSE D'UNE VENTILATION VERTICALE. La distribution de l'air est très mauvaise au centre. Les courbes de températures confirment la mauvaise circulation de l'air.

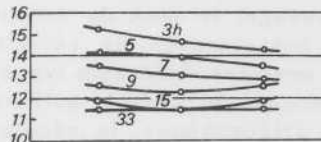
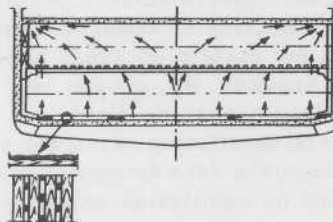


FIGURE 9 — AUTRE REALISATION DE VENTILATION VERTICALE. Ici, la circulation d'air est nettement meilleure que dans le cas de la figure 8. Le refroidissement est plus rapide et plus uniforme. Une amélioration de la circulation de l'air peut être envisagée dans le compartiment supérieur.

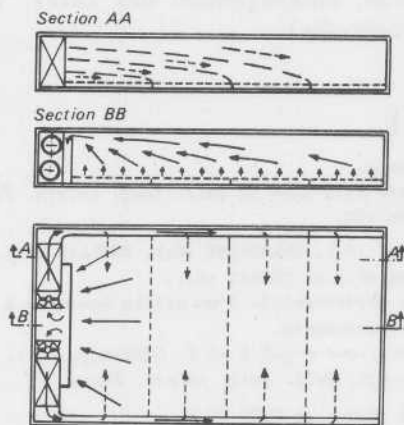


FIGURE 10 — VENTILATION VERTICALE AVEC SIMPLIFICATION DU CIRCUIT D'ASPIRATION. La circulation de l'air n'est pas uniforme. La section AA indique la distribution d'air dans la gaine de refoulement. La section BB indique la circulation de l'air dans une section longitudinale médiane.

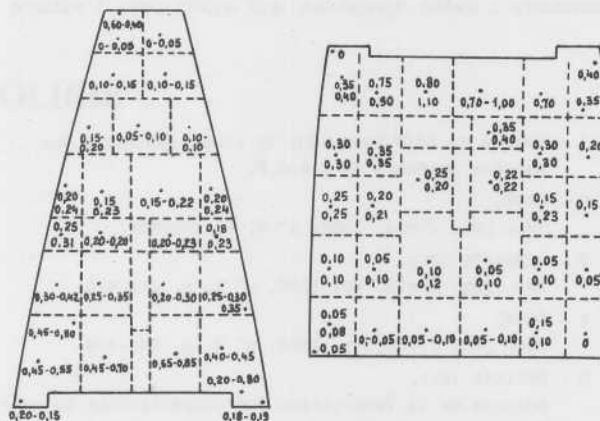


FIGURE 11 — DISTRIBUTION DES VITESSES D'AIR MESUREES AU-DESSUS DU CAILLEBOTIS DANS LES ENTREPONS INFÉRIEURS 1 ET 2 D'UN NAVIRE AVEC LE SYSTEME DE VENTILATION DE LA FIGURE 10. Par suite de tourbillons et d'un équilibrage déficient des résistances de circulation, la distribution de l'air est loin d'être uniforme.

se et l'uniformité de refroidissement de lots de bananes en arrimage compact (15).

Il n'est pas possible ici d'énumérer tous les travaux importants, mais nous signalerons en dernier une expérimentation en grandeur réelle qui a été effectuée en 1967 pour la mise au point de la ventilation des cales d'une série de huit navires polythermes de 9.000 m³. Une maquette en vraie grandeur reproduisait le réseau de ventilation de la tranche inférieure de

la cale 2 d'un navire, ce qui a permis de contrôler le débit des ventilateurs, la répartition de l'air circulant sous le plancher et la résistance des différents éléments du circuit de ventilation (16). En complément de cet essai, le contrôle complet de la distribution d'air de refoulement a été effectué directement sur le navire en fin de construction, en utilisant une nouvelle méthode de mesure des débits d'air qui sortent des orifices circulaires d'un plancher soufflant.

Le bilan succinct des résultats obtenus avec les recherches expérimentales permet de constater que la doctrine du transport maritime de la banane a été établie en 1962, avec la publication des travaux du groupe de travail de l'Institut international du Froid, et que la supériorité de la ventilation verticale sur la ventilation horizontale est démontrée, sous réserve que le circuit de ventilation soit bien étudié.

Les valeurs de référence comme le coefficient de brassage, le taux de renouvellement d'air frais, les vitesses de refroidissement des bananes avec les différents types d'emballage sont connues, la conduite automatique des installations frigorifiques, la régulation automatique de la température des cales et le contrôle continu des températures sont devenus une réalité sur les navires polythermes mis en service à partir de 1968.

Il n'est plus question de considérer que l'air circule à l'intérieur des emballages paille-papier pour les pays de production expédiant encore de cette façon des régimes entiers de bananes ; cette question qui avait pris l'allure

d'une polémique il y a 15 ans est maintenant réglée et l'emballage fermé du régime de bananes ne se discute plus. L'inversion de la ventilation ne se pratique plus, la densité d'arrimage n'est plus considérée comme un facteur éventuel d'avaries et, lorsque la ventilation est efficace, il n'est plus question d'un effet de contagion des bananes entrées en maturation sur les fruits voisins.

Le transport maritime de la banane s'est simplifié et les avaries imputables au transport ont pratiquement disparu.

Dans la seconde partie de cet exposé qui paraîtra dans un prochain numéro de FRUITS, nous examinerons l'incidence des études expérimentales et de l'évolution des techniques sur la conception des navires bananiers, en indiquant les modifications qui ont été effectuées dans la construction de ces navires en ce qui concerne les caractéristiques générales (coque, moteur) et les caractéristiques particulières (isolation, installations frigorifiques, ventilation, aménagement des cales, automatisme, contrôle).

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Arrêté du 16/2/1948. Sur le conditionnement des bananes fraîches de l'A.O.F.
- 2 - DEVE.
Rev. gén. Froid, 1952, n° 2, p. 133-138.
- 3 - DESCLAUD (P.).
Rev. gén. Froid, Mai 1950, n° 5, p. 411-413.
- 4 - DEVE.
Rev. gén. Froid, Fev. 1952, n° 2, p. 133-138.
- 5 - DEULLIN (R.).
Réglage de la ventilation des compartiments de cale d'un navire bananier à ventilation horizontale.
9e Congrès intern. Froid, Paris 1955.
- 6 - GANE (R.).
New Phytopathologist, 1936, 35, 383.
- 7 - DEULLIN (R.), DORE (A.) et MERLIN (E.).
Transport maritime de la banane.
9e Congrès intern. Froid, Paris 1955.
- 8 - DAUDIN (J.), DEULLIN (R.) et HUET (R.).
Mécanisme de déshydratation du régime de bananes.
9e Congrès intern. Froid, Paris 1955.
- 9 - NEUENSCHWANDER (A.).
Installation frigorifique du navire bananier.
9e Congrès intern. Froid, Paris 1955.
- 10 - Physiologie. Qualité. Transport des bananes
Annexe 1962-1963 du Bull. de l'Inst. intern. Froid.
- 11 - LORENTZEN (G.).
Vitesse de refroidissement des cargaisons de bananes.
Annexe 1962-1963 du Bull. Inst. intern. Froid, p. 99-120.
- 12 - DAMIEN (J.), DELABARBE (R.), DEULLIN (R.), GAC (A.), SOMMA (P.) et VRINAT (G.).
Etude expérimentale d'un navire bananier à ventilation ascendante.
Commissions 2-3-6 b et 8. Cambridge 1961, Annexe 1961-1963 Bull. Inst. intern. Froid.
- 13 - BURG (S.P.) et BURG (E.).
Relation entre la production d'éthylène et la maturation de la banane.
Botanical Gazette, 1965, 9, p. 1200-204.
- 14 - GANE (R.) et ROBINSON (J.E.).
La production d'éthylène par les bananes.
Réunion groupe travail, Inst. intern. Froid, Cambridge, 1963, 3.
- 15 - DEULLIN (R.).
Refroidissement des bananes dans une caisse en carton.
Commission 8. Le Havre, 1969, Annexe 1969-5. Bull. Inst. intern. Froid.
- 16 - DEULLIN (R.) et FORGEOIS (J.P.).
Expérimentation en grandeur réelle pour la mise au point de la ventilation de huit navires polythermes.
Courrier Ets. Neu, juil. 1969, n° 47, p. 3-10.