



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)



**002909**



Distr. LIMITEE

ID/WG.88/8

21 avril 1971

Original : FRANCAIS

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Groupe d'experts sur le traitement de  
certains fruits et légumes tropicaux  
destinés à l'exportation vers des marchés avancés

Salvador, Bahia (Brésil), 25 - 29 octobre 1971

INDUSTRIALISATION DE LA BANANE

par

F. Stanovc et G. Duvernois  
Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer  
Paris, France

1/ Les opinions exprimées dans le présent document sont celles des auteurs  
et ne reflètent pas nécessairement les vues du Secrétariat de l'ONUDI.  
Le présent document a été reproduit tel quel.

Tableau I

Classification des Genres *Musa* et *Ensete*  
(Résumé d'après J. Champion)

Ordre	Famille	s/famille	Genres	Groupes	Sections	Espèces	Sous-espèces
Scitaminales	Musacées	Musoidées	<i>Musa</i>	n = 7	(1)	<i>Musa beccarii</i> Simm.	
				n = 9	(1)	<i>Musa ingens</i> Simm.	
				n = 10	Australimusa (Fibre-Fruit)	5 à 6 espèces dont <i>Musa</i> <i>textilis</i> Nees	
					Callimusa (ornemental)	5 à 6 espèces dont <i>Musa</i> <i>coccinea</i> Andr.	
					Rhodochlaxys (ornemental)	5 à 6 espèces dont <i>Musa</i> <i>ornata</i> Roxb.	
					Ernusa ou <i>Musa</i>	9 à 10 espèces dont <i>Musa</i> <i>basjoo</i> Sieb.	
					(Fruit-Fibre Légume)	<i>Musa itinerans</i> Cheesm.	
				n = 11		<i>Musa acuminata</i> Colla	<i>microcarpa</i> (Beccari) Simm.
							<i>buzanica</i> Simm. emend. de Langhe
							<i>burmannicoides</i> de Langhe
							<i>banksii</i> (F. Muell.) Simm.
							<i>nalacensis</i> (Ardley) Simm.
							<i>siamea</i> Simm.
						<i>Musa balbisiensis</i> Colla	
				n = 9	(Fibre-Légume)	<i>Ensete Ventricosum</i> Colla	

(1) = Pas de section définie

Tableau II  
Origine des principaux cultivars représentés aux Antilles

Origine	1ère transition			2e transition			Remarques
	Génomes	Groupes	Sous-groupes	Variétés	Mutants	Hybrides	
<i>M. acuminata</i>	A	M	Diploïdes	Sucrier			syn. : Figue sacrée
		AAA	Triploïdes	Gros Michel	Cocos High gate		
				Pisang masak hijau	Lacatan Poyo Séréou Grande maine Maine	Podles Altafort	pollinisateur = Pisang Lalin syn. : Bout rond syn. : Robusta
				Red Green Red IBOTA			syn. : Figue rose syn. : CAROLINE
		AAA	Tétraploïdes	I.C.2	YANGAMBI		du croisement "Gros Michel x <i>M. acuminata</i> "
		AB	Diploïdes	Key poovam			syn. : Paris France
		ABB	Triploïdes	Plantains			
<i>M. acuminata</i>	A			French plantain			syn. : Banane créole - Banane jaune
x	et			Hora plantain syn. : Banane corne	Banane cochon		
<i>M. balbisiana</i>	B			Silk			
				5 autres			
		ABB	Triploïdes	Poteau			syn. : Cocanbou
				Pisang anak			
		ABBB	Tétraploïdes	Blue teparod			
<i>M. balbisiana</i>	B						

Sur le tableau I on peut voir que le genre Musa, de beaucoup le plus important, est plus riche également en espèces fruitières et deux de ces espèces, M. acuminata Colla et M. balbisiana Colla, retiendront particulièrement notre attention par le fait qu'elles sont à l'origine de tous les cultivars actuellement exploités commercialement pour leurs fruits.

Le tableau II esquisse une classification des principaux cultivars que l'on peut rencontrer aux Antilles en faisant apparaître leur origine.

Comme il a été dit plus haut, ne figurent dans ce tableau que les cultivars les plus connus et qui seuls nous intéressent du point de vue que nous nous sommes assigné et, quant à leurs noms, nous nous sommes limités aux synonymes les plus couramment employés dans les files de langue anglaise et de langue française de la zone Caraïbes.

Une mention spéciale doit être faite au sujet de la variété Yangambi qui a été isolée au Congo, qui a été ensuite retenue par les chercheurs de l'IFAC au Cameroun, pour ses intéressantes qualités et performances, et qui a été finalement introduite aux Antilles où elle pourrait devenir le type de la banane à vocation industrielle.

En effet la Yangambi s'est très bien accommodée des conditions climatiques de la Guadeloupe.

Plantée en touffes libres espacées de quatre à cinq mètres, elle ne nécessite pas d'oeilletonnage (suppression des rejets) et résiste bien à la verse que provoquent les coups de vent.

Insensible à la plupart des maladies habituelles du bananier et notamment à la cercosporiose ou maladie de Sigatoka ou encore "Leaf spot", elle se présente comme le matériel de plantation idéal pour les parcelles isolées et les petites plantations qui, trop souvent, sont peu soignées et contaminent les parcelles voisines.

La productivité de la Yangambi, en regard de sa rusticité et de sa sobriété, est très convenable car son cycle végétatif de dix à douze mois, associé au mode de

plantation préconisé, permet de récolter deux à trois régimes de quinze à trente kilogrammes par touffe chaque année.

Ceci correspond à une production annuelle moyenne de vingt tonnes à l'hectare, ce qui est très acceptable pour une culture ne réclamant que peu d'entretien et n'entraînant que des frais cultureux minimes.

La culture de la Yangambi en tant que banane industrielle n'est donc pas un pis aller mais peut être promise à un bel avenir.

### LE FRUIT

Les questions d'ordre variétal étant ainsi précisées, il nous faut fixer notre attention sur le fruit lui-même.

Il est évident que la banane devant être la matière première qui doit alimenter les industries de transformation, il est indispensable de connaître aussi précisément que possible sa composition chimique pour savoir tout d'abord comment aborder les problèmes de transformation et ensuite quelle forme pourront prendre les produits transformés.

Chacun sait que l'on distingue déjà sur le plan variétal, d'une part, les bananes "fruits" ou bananes "dessert" qui ont une pulpe quelque peu onctueuse à maturité et sont sucrées et, d'autre part, les bananes "légumes" ou bananes "à cuire" qui sont plus farineuses et doivent subir une cuisson pour être comestibles alors que les premières sont le plus souvent consommées crues.

On sait également qu'avant maturité les bananes "fruits" contiennent essentiellement de l'amidon qui se transforme en totalité en sucres et en énergie nécessaire aux réactions de la maturation.

Cette consommation d'énergie se traduit par une diminution de la teneur en glucides de la pulpe au cours de la maturation.

Il faudra donc préciser, chaque fois que l'on évoquera la composition chimique de la pulpe de banane, non seulement la variété dont il s'agit, mais encore le stade de maturité tel qu'il a été maintes fois défini d'après une échelle que nous reproduisons ci-après.

Tableau III

- Stades de maturité de la banane selon la coloration extérieure de la peau (d'après L. Maendler).

Stades	Amidon %	Sucre %
1 - Fruit vert	21,5 à 19,5	0,1 à 2
2 - Fruit vert, traces jaunes	19,5 à 16,5	2 à 5
3 - Fruit plus vert que jaune	18 à 14,5	3,5 à 7
4 - Fruit plus jaune que vert	15 à 9	6 à 12
5 - Fruit jaune, bout vert	10,5 à 2,5	10 à 18
6 - Fruit entièrement jaune	4 à 1	16,5 à 19,5
7 - Fruit jaune, petites taches brunes	2,5 à 1	17,5 à 19
8 - Fruit jaune, plaques brunes	1,5 à 1	18,5 à 19

Disons tout de suite que, malheureusement, la plupart des analyses de pulpe de banane qui ont été publiées jusqu'ici ne font tout au plus allusion qu'à la "banane verte" ou à la "banane mûre" sans plus de précisions sur le stade de maturité, la variété et sa provenance, ce qui explique dans une certaine mesure les écarts enregistrés dans les teneurs en différents constituants, notamment la teneur en eau, en amidon et en sucres réducteurs et non réducteurs.

En ce qui concerne plus spécialement la teneur en amidon, dont la détermination peut varier selon la méthode d'analyse utilisée, nous avons été amenés, au cours de nos travaux, à rechercher une méthode simple particulièrement adaptée au dosage de l'amidon dans la pulpe de banane, méthode qui nous a donné entière satisfaction quant à la reproductibilité des résultats.

Ceci nous paraît important car l'amidon est l'un des principaux constituants de la banane verte et cet amidon, ressemblant beaucoup à l'amidon de pomme de terre, peut être d'un grand intérêt sur le plan industriel.

Notons à ce propos que l'amidon de la banane, par hydrolyse en solution acide, ne donne que du glucose.

Tableau IV

- Teneur en amidon de bananes vertes des variétés Poyo et Yangambi exprimée en pour cent de pulpe fraîche.

Teneur	Poyo	Yangambi
Maximum	29,700	29,699
Minimum	24,888	23,416
Moyenne	27,714	24,578

Ces chiffres sont à rapprocher des tenours en amidon de la pomme de terre (25 %), du blé (70 %) et du riz (80 %).

La maturation de la banane, qui sera traitée plus loin, entraîne des modifications profondes dans la constitution de la pulpe dont l'amidon se transforme au cours de la période climatique en sucres réducteurs et sucres non réducteurs, ces derniers se transformant à leur tour en sucres réducteurs.

Il est difficile de donner la composition type de la pulpe de banane mûre pour de nombreuses raisons dont certaines ont déjà été citées (différences variétales, différences de provenances, stades de maturité, méthodes d'analyse) et d'autres peuvent être évoquées sans que l'on sache très bien quelle peut être leur influence (climat, sol, altitude, méthodes culturales, mode de maturation).

Pour la composition de la pulpe fraîche, les résultats donnés par différents auteurs sont, d'une façon générale, très cohérents et nous nous bornerons à en citer quelques uns parmi les plus complets (tableau V).

L'énumération des constituants de la pulpe de banane fait ressortir tout l'intérêt que ce fruit peut représenter pour l'industrie alimentaire, mais pour obtenir un fruit mûr de bonne qualité, utilisable par une industrie de transformation, on s'est vite heurté à quelques difficultés.

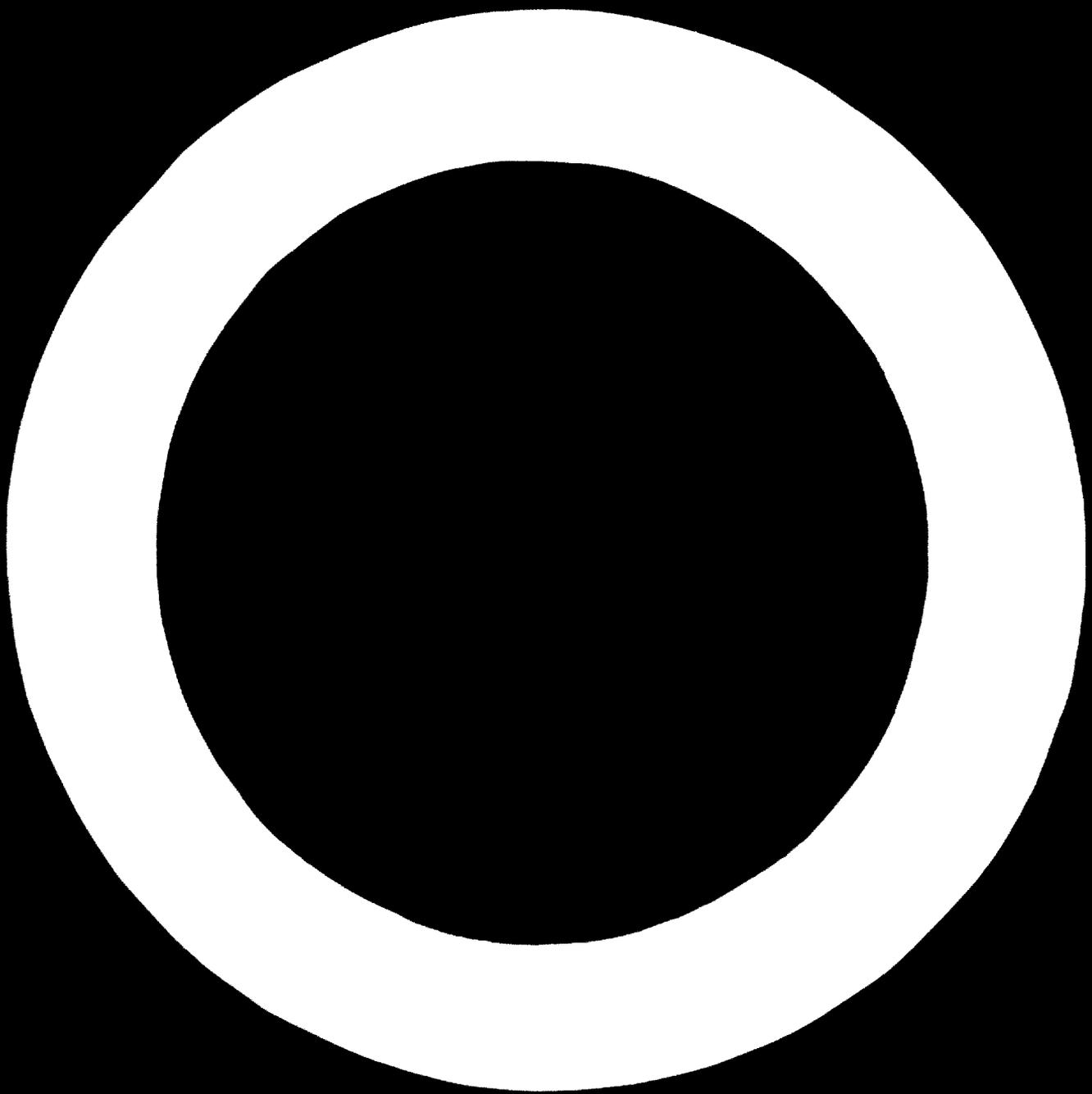
Ces difficultés sont de deux ordres :

- En premier lieu, il s'agit de faire mûrir la banane, ce qui n'est pas aussi aisé qu'on peut le croire et de plus, pour alimenter régulièrement une industrie de transformation, il est essentiel que cette maturation puisse être conduite de telle sorte que l'on dispose toujours de fruits au stade optimal de maturité au moment opportun.

Tableau V

Composition de la pulpe de banane fraîche (d'après différents auteurs) pour 100 g de pulpe fraîche.

	C. Bourdoul - Hérold 1951 (Fruits au stade 7)	Hérold 1955	von Linschke 1950 cité par Simonds	Geigy	Kervégant 1955 cité par Champion
Eau		70,7	71-75	73,5	75,3
Amidon	0,94	3,02	3-7		
Saccharose	13,11	5,58	6-16		
Glucose	5,32	5,32	4-11		
Fructose		3,76			
Hydrates de C					
- totaux	19,37	19,20	20-25	24	22,0
- fibres				0,5	
Pectines			0,7-1,1		
Protéines			0,5-1,5	1,3	1,3
Lipides			0,2-0,5	0,4	0,6
Cendres			0,7-0,8		0,8
Calories				94 kcal	102 kcal
<b>Vitamines</b>					
A (1 UI vitamine A = 0,0006 mg de carotène)			1,5 - 2,0 ppm	430 UI	
B <sub>1</sub>			0,54-0,8 ppm	0,09 mg	
B <sub>2</sub>			0,25-0,47 ppm	0,06 mg	
Ac. nicotinique				0,6 mg	
C			20-240 ppm	10,0 mg	
E			peu	0,37 mg	
B <sub>6</sub>			5,2 ppm	0,5 mg	
Ac. pantothénique			0,7 ppm	0,2 mg	
<b>Autres constituants organiques</b>					
Ac. malique				500 mg	
Ac. citrique				150 mg	
Ac. oxalique				5,4 mg	
Purines				0 mg	
<b>Sels minéraux</b>					
Na				1 mg	
K				420 mg	
Ca				8 mg	
Mg				31 mg	
Mn				0,64 mg	
Fe				0,5 mg	
Cu				0,20 mg	
P				23 mg	
S				12 mg	
Cl				125 mg	



LA MATURATION ARTIFICIELLE

Est-il aujourd'hui paradoxal, utopique ou simplement à l'ordre du jour de considérer les problèmes posés par la maturation automatique des bananes ?

Il faut d'abord faire le point précis de ce que l'on sait exactement de la maturation industrielle, non automatique, pour pouvoir prendre en considération l'automatisation d'un procédé ou d'un autre.

Rappelons que, bien que l'action de l'éthylène sur la maturation des bananes soit connue depuis plus de 40 ans, il y a moins de 10 ans que l'on sait l'utiliser sans risque, pour cet usage, grâce aux mélanges d'éthylène et d'azote.

De là est venue la possibilité de créer de vastes séries industrielles qui, auparavant, auraient été trop dangereuses.

Il y a moins de 10 ans, en effet, au cœur même d'un monde industrialisé, on pratiquait artisanalement la maturation artificielle des bananes dans des caves insalubres et d'accès difficile, au centre des grandes villes comme Londres ou Paris.

Ce travail présentait un tel risque qu'il ne se passait pas de mois sans que l'on apprenne la nouvelle d'une explosion dans une série.

Un important recueil de normes de sécurité ne permettait pas de diminuer ce risque.

Les séries, malgré les interdictions formelles, laissaient parfois diffuser un peu de gaz non brûlé contenant des traces d'hydrocarbures pour hâter la maturation et des catastrophes en résultaient souvent.

Quand le gaz à flamme nue fut interdit au-dessous du niveau naturel du sol, on n'hésitait pas à jeter quelques 8,0 g de carbure de calcium par mètre cube d'entrepôt dans unseau d'eau pour hâter le déclenchement de la maturation des bananes les plus récalcitrantes.

Bien que cette pratique soit elle aussi interdite, elle était moins dangereuse, à condition de ne pas augmenter plusieurs fois la dose pour plus de "sûreté", comme certains le firent à leurs dépens.

A cette époque, il était courant, lors de la visite d'une mûrinerie, d'entendre parler du "tour de main" du chef mûrisseur.

Cet homme était bien entendu un chef d'équipe capable de diriger les dizaines de manutentionnaires alors nécessaires pour l'important travail de déballeage et d'accrochage des régimes, puis pour reconditionner les bonnes bâches en caisses.

Le tour de main dont il est question consistait, de la part du chef mûrisseur, à savoir estimer les qualités et les aptitudes des différentes sortes de bananes avant de leur faire subir le traitement de maturation approprié à leur état puis de le rectifier ensuite en cours de traitement.

Le problème de la maturation automatique des bananes à l'éthylène en toute sécurité avec des mélanges d'éthylène et d'acétylène est donc dans son ensemble posé ici : il s'agit de réaliser la détection d'un indice de maturité et d'acquiescer à un niveau de cette mesure le contrôle et la régulation.

Ce qui constituait le tour de main devient mécanique : la présente étude voudrait préciser quelles sont les possibilités d'y parvenir.

En second lieu, on peut également poser le problème d'une autre manière en considérant que la meilleure connaissance des produits naturels à effets hormonaux qui déclenchent la maturation permettra peut-être bientôt de se dispenser d'édifier de coûteuses installations de mûrinerie. Le contrôle et la régulation ne sont plus alors physiques mais biologiques.

Depuis 1957, les modalités d'utilisation de divers produits chimiques ont déjà fait l'objet de nombreux travaux, d'où il est possible de tirer des informations pratiques ; il reste aux fabricants de ces produits à faire expertiser l'inocuité de leur emploi pour les utilisateurs et les consommateurs.

We regret that some of the pages in the microfiche copy of this report may not be up to the proper legibility standards, even though the best possible copy was used for preparing the master fiche.

Même pour les produits les plus prometteurs, comme "l'éthrel", de nombreuses études pratiques restent encore à faire pour définir les modalités de leur emploi industriel.

On poursuivra éventuellement l'étude en cherchant à préciser quelles sont les conditions de la maturation et les indices physiques de l'évolution des fruits utilisables pour contrôler l'automatisation de la maturation.

Il convient d'examiner tout d'abord si la maturation automatique des bananes présente ou non un intérêt pratique.

Certains peuvent considérer que les mûrisseries industrielles actuelles, situées dans des structures fixes au voisinage des lieux de consommation, peuvent se dispenser de l'automatisme et que ce dispositif y serait davantage un "gadget" destiné à impressionner les visiteurs qu'une nécessité économique.

Dans la plupart des installations, la surveillance épisodique toutes les huit heures est jugée suffisante.

Le seul avantage apporté serait peut-être d'éviter une erreur de jugement du responsable, ou de le seconder dans la détermination des chambres à mettre en position stockage ; mais on ne voit pas clairement l'avantage économique.

Un examen réaliste de l'évolution du contexte économique impose de considérer que l'orientation vers la maturation automatique est davantage liée à l'industrialisation de la banane dans les pays producteurs qu'à la création de mûrisseries industrielles dans les pays consommateurs.

Cette tendance vers l'industrialisation dans les pays producteurs se situe dans la ligne logique, normale et inéluctable de l'évolution de l'économie agricole.

Toutefois, il convient de considérer que la part des bananes vendues sous forme de fruits frais ne diminuera que dans une certaine proportion relativement faible par rapport à d'autres produits agricoles et que, dans ces conditions, il faudra toujours approvisionner les pays consommateurs éloignés en bananes mûres.

En plus des techniques actuelles, deux nouvelles possibilités seront à considérer.

D'une part, la maturation automatique peut permettre de faire mûrir des bananes en chargement dense au cours des transports lents, terrestres ou maritimes : l'utilisation de conteneurs aménagés pour la maturation des bananes n'est pas une nouveauté et a été pratiquée par les services de l'intendance de l'armée.

D'autre part, il semble évident que les moyens de transports rapides, plus particulièrement les avions cargo géants, permettront de livrer régulièrement des bananes mûries à point et choisies de toute première qualité, à des conditions plus avantageuses que les actuels circuits de distribution ne le permettent.

En effet ceux-ci ont des frais de manutention et de doubles, voire triples, conditionnements qui deviennent prohibitifs dans les pays à salaires élevés.

Pour atteindre de hauts degrés de standardisation, toutes les bananes seraient récoltées au stade "plein", ce qui représente dans certains pays un gain de plus de 10 % sur les tonnages actuellement atteints à l'hectare.

Tous les régimes seraient alors soumis aux conditions de maturation automatique, puis les "bouquets" ("clusters") seraient triés : les meilleurs seraient directement conditionnés et étiquetés pour la vente en magasins "libre-service" et les fruits présentant un défaut d'aspect iraient à la transformation industrielle.

Il faut considérer que dans cette vision futuriste, mais assez proche, la maturation automatique devient une nécessité : en effet, il importe d'expédier régulièrement chaque jour le tonnage de bananes demandé par téléx.

Le problème de la maturation automatique se pose donc alors avec une acuité toute particulière.

On appelle étape ou phase préclimatérique toute la période de vie du fruit vert ayant achevé sa croissance avant que débute la crise respiratoire de maturation à laquelle on a donné le nom de crise climatérique.

Il serait logique de penser que cette étape de la vie du fruit a une réelle importance pour accumuler les initiateurs du processus climatique qui se produira ensuite.

Apparemment, c'est une période de vie calme et elle n'a guère inspiré jusqu'ici qu'un nombre restreint de travaux de recherche.

P. MARTIN-PRIVEL a mis en évidence depuis plusieurs années l'importance considérable des migrations minérales entre les différentes parties d'un bananier et a constaté dernièrement d'importantes migrations dans les fruits pré-climatériques sur pied.

De telles migrations ne sont pas des phénomènes physiologiques isolés mais ont vraisemblablement une relation très précise avec une évolution plus complexe et l'accumulation d'initiateurs de maturation de type hormonal. Ceci expliquerait la plus grande facilité à mûrir des bananes restées longtemps sur pied.

Il y aurait peut-être en cela une possibilité pratique d'étudier, à partir de l'équilibre entre la pulpe et la peau de certains éléments minéraux, une éventuelle meilleure aptitude à mûrir.

On peut aussi penser que, durant cette période, se prépare non seulement l'aptitude à mûrir, mais la qualité même de la maturation.

En effet, on sait d'après les travaux de Riccardi que si le fruit reste longtemps sur pied, son équilibre en sucres après maturation tend à donner plus de saccharose que normalement.

Mais nous savons par ailleurs le rôle de la conduite de la maturation, quant à cet équilibre normal, avec une part de saccharose pour quatre de sucres invertis.

Cette partie de la phase pré-climatérique a fait l'objet de très nombreuses études de la part de ceux qui cherchent à transporter le fruit en diminuant ses échanges respiratoires pour le conserver le plus longtemps possible vert et pré-climatérique.

Ces études sont en marge de notre sujet, mais signalons tout de même les travaux sur le "gas storage" et ceux sur l'acide gibberolique.

On trouve aussi quelques renseignements sur la transpiration et sur les échanges respiratoires mais fort peu de choses sur ce qui va précisément déclancher l'étape suivante, c'est-à-dire l'initiation de la phase climatérique si ce n'est, et c'est fort important, la mise en évidence du début de production d'éthylène.

Le mode choisi pour le déclanchement de la phase climatérique est la caractéristique essentielle d'un procédé de maturation.

Il ne faut pas considérer obligatoirement ce déclanchement comme une étape définie mais plutôt comme une transition continue entre des états différents d'un même fruit, l'état initié étant la crise climatérique.

Cet état transitoire est initiable à différents moments et en différents états au cours de la vie du fruit.

Les moyens pour y parvenir peuvent en conséquence varier selon l'état initial et, pour une meilleure compréhension de cette transition, nous envisagerons successivement quatre aspects de la maturation.

- Le premier mode de déclanchement concerne l'initiation normale par les constituants présents dans le fruit et représente dans ce cas une étape définie de la vie du fruit.

- Le second concerne l'initiation par l'éthylène gazeux permettant une transition anticipée par rapport à l'étape définie précédemment.

- Le troisième concerne l'initiation dite hormonale au sens large, c'est-à-dire par des substances liquides permettant dans ce cas la libération d'éthylène, directement ou indirectement dans le fruit.

- Le quatrième rassemble des substances très diverses, dont l'action physiologique ne semble pas aussi directement liée à l'équilibre hormonal : leur action d'initiation pourrait provenir de mécanismes fort différents, telles que des modifications d'échanges physico-chimiques ou un déséquilibre de métabolisme ?

On peut considérer que pour des bananes maintenues en atmosphère normale, sans écart, au voisinage de la pression normale, à une température entre 16° et 30° C, à une humidité relative supérieure à 65 %, en absence de stimulants de respiration ou d'initiateurs physiologiques ou chimiques exogènes, le déclenchement de la maturation résulte d'effets cumulatifs d'initiateurs endogènes.

Le résultat de tels effets est, en conséquence, fonction de l'avance physiologique de chaque fruit. En pratique cela se traduit par un échelonnement de la maturation des mains d'un régime dans l'ordre de leur formation.

Cette maturation "expectante" dite "naturelle" est parfois employée dans les industries transformatrices situées en pays tropicaux : les régimes sont récoltés à leur "plénitude" maximale ; on les suspend par la petite extrémité dans un lieu aéré, humide et ombragé - un hangar de feuilles convient - et les mains sont retirées une à une de chaque régime par dessous, au fur et à mesure de leur maturité.

Cette technique est économique quant à l'installation, mais dispendieuse en main-d'œuvre. Elle est soumise aux irrégularités du climat dont il résulte des variations de durée de maturation.

Ces inconvénients mettent en évidence deux facteurs importants pour le déclenchement de la maturation et qui sont appelés dans le langage quotidien des mûrisseurs "homogénéisation" et "alternances".

Ces deux vocables sont dus à A. TAMERONOS qui les employa avec un sens trop restreint qu'ils perdirent par la suite et marquent la transition entre ce que nous appelons la maturation naturelle expectante et ce que certains ont appelé la maturation naturelle provoquée.

L' "homogénéisation" au sens large qui lui est couramment donné à présent est une technique tendant à faire initier le déclenchement climatique des bananes toutes ensemble sur un même régime ou dans un même lot.

On comprend l'intérêt des techniques d'homogénéisation en considérant l'économie de main-d'œuvre qu'elles permettent de réaliser par rapport à la maturation expectante.

Dans le cas de bananes récoltées à complète plénitude, l'homogénéisation est possible et consiste, sans apport physique ou chimique extérieur, à faire initier le déclenchement climatique des bananes les moins avancées par le mélange gazeux particulièrement riche en éthylène, émis naturellement par les bananes les plus évoluées : les bananes au stade 3/4 s'homogénéisent plus facilement.

On conçoit fort bien que dans ces conditions un décalage demeure inévitable, bien que plus faible, entre la maturation complète de celles qui ont provoqué la maturation et de celles dont la maturation a été provoquée.

Cette technique, après essai à la station I.F.C. de Neufchâteau (Guadeloupe), fut jugée inadaptée aux conditions tropicales à cause de la nécessité de mûrir à température basse si on veut minimiser les différences entre les fruits "provoquants" et les fruits "provoqués".

D'autre part, cette technique réclame une extrême surveillance du fait des densités de chargement importantes (plus de 150 kg par mètre cube) à maintenir dans les pièces confinées si on désire profiter efficacement du faible dégagement d'éthylène des fruits "provoquants".

Il apparaît évident que l'homogénéisation à l'éthylène du commerce serait plus aisée et guère plus coûteuse à installer.

Sous le terme général d'"alternances", nous groupons les variations de température et de pression destinées à hâter les échanges gazeux de la phase climatique.

Ces techniques sont surtout utilisées au laboratoire pour provoquer une maturation un peu plus rapide sans apport de substances chimiques exogènes.

Cette technique fut trouvée par hasard : dans des cas de maturation expectante, les aléas du temps firent constater que, 3 à 4 jours après une période orageuse, davantage de fruits que prévu normalement étaient mûrs.

On connaît cette action sur les fleurs coupées, les roses en particulier, qui se flétrissent très vite et on suppose que les légères mais subites différences de pression atmosphérique pourraient être la cause de ces phénomènes.

Il était tentant de réaliser artificiellement ces conditions dans des chambres de maturation, soit directement en provoquant des alternances de pression, soit indirectement au moyen d'alternances de températures.

La portée pratique de ces essais est limitée en raison du coût de l'installation et du manque de données précises sur les stades physiologiques préclimatériques, auxquels on obtiendrait éventuellement une réponse constante.

Les essais restèrent au stade d'études préliminaires : les résultats étaient meilleurs avec les fruits de bonne plénitude, ce qui n'a rien d'exceptionnel, l'homogénéisation demeurait indispensable pour assurer la maturation uniforme des régimes.

Depuis 1937 on sait que l'éthylène est normalement dégagé par les bananes depuis le début de leur maturation et tout au long de la phase climatérique. Il est possible de considérer que l'apport d'éthylène constitue l'équivalent de ce que nous avons appelé homogénéisation, dans le cas d'initiation par les constituants du fruit.

Il va sans dire que l'homogénéité de la maturation, obtenue en fournissant directement de l'éthylène, est meilleure que celle qui est obtenue avec l'éthylène produit par les fruits les plus mûrs ; c'est le second mode de déclenchement étudié.

Ce qui précède, relatif à l'initiation par les constituants du fruit (premier mode), concerne également ce paragraphe : la même transformation est en cause et les conditions reconnues favorables précédemment le sont a fortiori dans ce cas.

La technique générale sera donc de soumettre le fruit aux conditions de température, d'humidité et d'ombrage précédemment reconnues favorables ; on favorisera ensuite le déclenchement de la phase climatérique par une dose d'éthylène en brassant un peu l'air pour une meilleure homogénéisation.

L'éthylène rendu inerte par adjonction d'azote permet aujourd'hui une sécurité totale et un emploi facile en chambres climatisées.

On pouvait considérer avant ces études que les conditions de maturation devaient être identiques en Europe et dans les zones de culture ; l'expérience prouva l'erreur de ce jugement sans fondement.

Rien que les différences ne soient pas évidentes entre un fruit vert "en sève" qui vient juste d'être coupé, un fruit vert "entreposé" depuis plusieurs jours entre + 12° et ° 13° et un fruit vert "frisé" (chilling), il est apparu que le second cas est le plus favorable à l'initiation de maturation par l'éthylène.

Le fruit en sève n'a pas une réponse très définie et le fruit frisé, s'il mûrit malgré tout tardivement, reste terne ; des exemples de maturation rendue impossible ont été cités.

Des différences anatomiques, au niveau de la peau et des canaux laticifères ont été constatées entre ces trois sortes de fruits.

Il semble prouvé que toute atteinte, faite au bon fonctionnement de la peau par le froid, l'ozone, les anesthésiques ou certains esters, est nuisible au bon déclenchement du processus de maturation par l'éthylène.

Aucune explication de ces constatations n'apporte jusqu'ici de réponse formelle et ce qui est constaté de manière visible au niveau de la peau a peut-être une influence sur les échanges gazeux : l'épiderme de la banane possède de nombreux stomates qui s'ouvrent à l'humidité facilitant l'indispensable apport d'oxygène.

Les stomates ont moins d'importance pour l'évacuation du gaz carbonique qui peut migrer plus facilement par simple passage interstitiel ou diffusion cuticulaire.

Les fruits dont la peau a été endommagée par l'une des causes citées précédemment sont sujets au "bouilli vert" ou fermentation interne.

Comme l'action de l'éthylène sur fruits fraîchement coupés, appelés "fruits verts en sève", est très aléatoire, il est souvent conseillé de renouveler la dose au bout de 12 heures de mûrisserie.

A notre connaissance, ces mauvaises réponses à l'éthylène ont été observées mais n'ont pas fait encore l'objet de recherches précises : on suppose qu'il s'agit de phénomènes de même nature que ceux cités plus loin au sujet des hormones.

Jusqu'ici nous avons décrit uniquement le déclenchement de la phase climatique, soit en créant des conditions physiques favorables et en attendant que le fruit atteigne de lui-même le stade souhaité, soit en enrichissant l'atmosphère environnante et close en éthylène venant de fruits ou non, les conditions physiques favorables demeurant conseillées.

On sait depuis 1952 qu'il existe dans les fruits non seulement une réaction entre auxines et éthylène mais aussi un véritable équilibre tendant à faire dégager normalement de l'éthylène par le fruit ; ce sera le troisième mode de déclenchement étudié.

Le mécanisme chimique du dégagement d'éthylène par les fruits demeure encore ignoré, mais on sait faire dégager de l'éthylène à un fruit en le traitant par des substances dites hormonales, en aérosols ou par trempage, sans qu'il soit nécessaire de le mettre ensuite dans un local clos du moment que le climat est chaud et humide.

Immédiatement on supute l'intérêt que peut présenter la maturation hormonale dans les pays tropicaux. D'ailleurs, avant même que soit connu l'équilibre entre auxines et éthylène, dès 1944, des expériences avaient porté sur la maturation avec le 2,4-D.

Même de posséder toutes les données du mécanisme, il fallait constater une apparente incohérence des résultats.

Depuis, un très grand nombre d'hypothèses ont été émises et seulement un trop petit nombre de faits d'expérience sont utilisables pour faire la lumière sur les possibilités offertes par ces techniques.

La diversité des produits employés, depuis les sels de 2,4-D, 2,4,5-T, A.R.A., C.L.P.A., éthrel, tous actifs en solutions à 1 000 ppm pour un temps de trempage de 1 seconde, apporte la première confusion dans l'esprit du technologue à la recherche d'une technique de déclenchement climatique appropriée à la maturation rapide en pays tropical.

La seconde confusion provient du fait que dans ces récents développements, au contraire, des modérateurs de respiration ont été appliqués à des fruits récoltés depuis plusieurs jours et maintenus en atmosphère confinée.

En ceci il faut tirer la leçon des échecs constatés et savoir que, parfois, les fruits ainsi traités ne mûrissent plus mais blêmissent.

L'antithèse de ceci fut fournie en 1950 par la constatation que le traitement préalable des fruits à l'acide gibbérolique permettait éventuellement d'assurer leur conservation préclimatérique à température ambiante durant plusieurs jours tout en permettant ensuite le déclenchement normal de la crise climatérique par trempage dans une solution d'éthrel.

Ceci sera sans doute le point de départ de travaux permettant de trouver les conditions d'équilibre hormonal pouvant assurer le déclenchement de la crise climatérique ; les interactions auxines/gibbereline ayant déjà été étudiées pour d'autres problèmes.

Mais les problèmes pratiques ne s'abordent pas encore en ces termes : en particulier, pour tous les traitements hormonaux, il semble qu'il y ait avantage à récolter les bananes le matin et à les tremper aussitôt sur la plantation même si on désire obtenir des résultats constants.

Ces observations devront être vérifiées et sont peut-être en rapport, d'une part, avec ce que nous avons déclaré valable dans tous les cas pour l'ouverture des stomates - qui à ce moment de la journée sont ouverts permettant une meilleure diffusion - et, d'autre part, avec les connaissances que nous avons sur la pratique de l'hormonage nocturne en culture d'annanas. Aucune étude biochimique n'a encore élucidé le mécanisme physiologique responsable de ces différences d'action.

Sans arriver encore à la maturation automatique, peut-on déjà espérer des résultats constants avec les substances hormonales pour la maturation industrielle des bananes en série dans le cas des industries transformatrices sur les lieux de production ?

La réponse à une telle question comprend deux aspects : le premier est relatif à l'organisation pratique de récoltes effectuées en avant le lever du jour



Distr.  
LIMITED

ID/WG.88/8/SUMMARY  
26 August 1971

ENGLISH  
ORIGINAL: FRENCH

United Nations Industrial Development Organization

Expert group meeting on processing  
selected tropical fruits and vegetables  
for export to premium markets

Salvador, Bahia, Brazil, 25 - 29 October 1971

SUMMARY

THE INDUSTRIAL PROCESSING OF BANANAS <sup>1/</sup>

by

P. Estanove and G. Duverneuil

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (IFAC)  
Paris, France

---

<sup>1/</sup> The views and opinions expressed in this paper are those of the author and do not necessarily reflect the views of the secretariat of UNIDO.

et concerne aussi le trempage immédiat avec certains de ces produits, tandis que le second aspect est plus chimique et concerne les éventuels résidus nocifs.

Il faut noter que ces dernières années c'est l'éthrel (acide 2-chloréthanne phosphonique fourni jusqu'ici uniquement pour expérimentation par Arches) qui a suscité le plus d'enthousiasme pour parvenir à la maturation industrielle des bananes destinées à être transformées sur les lieux de production.

On sait que les autres produits cités précédemment ont été déclarés dangereux et interdits dans certains pays, exception faite de l'acide naphtalène, acétique, A.N.A. et de ses sels de sodium.

Des études sont en cours pour apprécier l'inocuité de l'éthrel et l'absence de résidus.

Par rapport à l'éthrel, tous les autres produits hormonaux testés jusqu'ici ont une action beaucoup plus retardée qui ne permet pas une précision aussi formelle de date de maturation.

Dans un quatrième mode de déclenchement, nous groupons plusieurs produits. Le plus anciennement utilisé pour déclencher la phase climatérique des bananes est certainement le carbure de calcium qui, en présence d'eau, dégage de l'acétylène actif sur le dégagement d'éthylène des bananes.

En principe, 3,6 g de carbure de calcium sec suffisent pour un mètre cube de mûrisserie et il est très facile de l'utiliser en jetant le poids voulu de carbure dans un récipient plat contenant 1 cm de hauteur d'eau.

Mais le dosage en acétylène est imprécis à cause de la plus ou moins grande pureté du carbure de calcium et de la plus ou moins bonne attaque de l'eau.

Le procédé demeure sûr tant qu'il n'y a pas de possibilité de flamme ou d'étincelle dans la pièce et qu'on n'augmente pas les doses jusqu'à la limite inférieure de concentration explosive : celle-ci étant assez faible, les erreurs deviennent souvent des catastrophes bien qu'il faille en théorie plus de 6 doses au minimum pour atteindre la concentration explosive de 2,5 % dans l'air.

L'acétylène a la même densité que l'azote et diffuse très bien dans l'air, mais pour supprimer tout risque d'accumulation, on conseille d'attendre quelques heures que tout ait diffusé dans la pièce avant d'y procéder à la mise en circuit d'un appareil électrique tel que lampe ou contact.

Ces précautions sont des compléments destinés à éliminer tout risque par erreur de dosage ; mais la principale mesure de sécurité consiste à conserver le carbure de calcium au sec dans les emballages étanches, à l'extérieur sous abri ouvert et à toujours peser au gramme près chaque dose juste avant de la mettre dans une pièce.

En 1928 déjà, il était signalé que l'acétylène permet d'assurer la maturation de bananes légèrement frisées (c'est-à-dire fruits), puis en 1951 et 1962, au cours des essais ayant servi à mettre au point les mélanges inertes éthylène-azote, il avait été prévu d'ajouter une très faible quantité d'acétylène au mélange pour permettre une meilleure initiation des fruits frisés.

Des arguments d'ordre technico-commercial nous firent abandonner ce projet : d'abord l'acétylène n'est pas un composé normalement émis par les fruits et ensuite, l'utilité de ce mélange plus compliqué ne serait qu'exceptionnelle en période de grands froids.

C'est surtout dans les régions tropicales que l'acétylène a jusqu'ici été très employé seul.

Plus encore que l'éthylène il a peu d'effet sur les fruits immédiatement récoltés et pour éviter d'obtenir une maturation irrégulière, on conseille généralement de laisser un certain temps de repos aux fruits - 12 heures en pièce humide et sombre par exemple - avant de jeter la dose de carbure.

Il semble que les bananes mûries à l'éthylène soient d'un jaune plus clair que celles mûries à l'acétylène ou les témoins, mais on ignore si l'éthylène et l'acétylène ont ou non une action sur la disparition de caroténoïdes.

Dès 1905 la présence d'isovalérianate d'amyle était décelée dans la banane par deux chimistes allemands et en 1934 on savait déjà que l'isovalérianate d'isoamyle a une action sur la maturation des bananes.

Peu de recherches y furent ensuite consacrées : à la suite de quelques essais exploratoires en 1962 et 1963 faits en période de forte infestation d'anthracnose, il sembla intéressant de chercher si ce composé ne serait pas davantage à employer pour lutter contre l'anthracnose.

Des essais préliminaires de lutte contre la fonte des semis des haricots, par trempage des graines atteintes, furent également très positifs.

En ce qui concerne la maturation, plusieurs observations furent dégagées : en premier lieu, l'effet de l'isovalérianate d'isoamyle comme initiateur de la phase climatérique semble, sinon contestable dans le cas de fruits transportés en Europe, du moins très inégal, l'homogénéisation semblant impossible.

Une seconde constatation est relative à la belle couleur jaune foncé obtenue pour des fruits frisés dont la maturation a été initiée par acétylène et que l'on a soumis 24 heures après à l'isovalérianate à 3 grammes par mètre cube de local.

La troisième constatation est relative aux qualités organoleptiques supérieures des bananes frisées ainsi traitées par rapport aux témoins simplement mûris à l'éthylène qui demeurent insipides et astringents.

La quatrième constatation est relative à la bonne tenue après maturation des bananes ainsi traitées : c'est peut-être le résultat de l'inhibition des champignons parasites.

Les essais préliminaires effectués à Boufchâteau en Guadeloupe pour juger l'isovalérianate comme initiateur de la phase climatérique ont échoué ; aucun essai systématique n'a été entrepris, mais il semble bien que ceci ne convienne pas pour les fruits en séve.

Parmi toute une série d'esters testés, il s'est révélé que le butyrate de cyclohexyl a également une action sur la maturation, mais à un stade encore plus avancé, quand le fruit commence à se colorer.

On peut aussi noter qu'il existe différentes compositions d'enrobage de type ciré qui ont été brevetées pour la maturation des bananes : jusqu'ici aucune de ces préparations n'a reçu d'agrément officiel.

Signalons que l'une d'elles contient de l'orthophénylphénol et de l'hexaméthylène tétramine : l'emploi du premier composé est aujourd'hui interdit sur fruit dans plusieurs pays et le deuxième a plutôt sa place en pharmacie.

Plusieurs autres formulations contiennent des produits à ammonium quaternaire également déconseillés.

C'est au cours de la période climat rigide que s'effectue l'essentiel du travail de maturation au sens thermodynamique du terme : dès 1912 le dégagement de chaleur par des fruits encore entièrement verts a été mesuré.

Aucune grande manifestation externe visible ne permet de déceler l'état du fruit ou de le prévoir : tout au plus pourrait-on constater que les stomates sont ouverts et que la pulpe se ramollit un peu ; ce sont surtout les échanges gazeux du fruit qui trahissent son état.

La respiration croît de manière presque exponentielle jusqu'à un paroxysme fonction de la température.

Tout le monde s'accorde à dire qu'il existe un stade où le fruit est tournant : <sup>pour</sup> les uns, il s'agit de la première apparition d'un tout début de changement de couleur de la peau et pour les autres, c'est la fin de la crise respiratoire, mais aucune précision physiologique ne définit ce stade.

Le changement de couleur débute, semble-t-il, avant le paroxysme de la crise respiratoire et peut être considéré comme annonçant que la fin de la crise est proche.

Pour l'observateur, cette période de la maturation paraît la plus animée car il peut suivre une évolution de coloration, de dureté et d'arômes dont la richesse est incomparable.

Est-il encore temps d'agir pour parfaire la maturation et pour que le fruit parvienne à un équilibre où la pulpe fondante et moelleuse au palais libère un arôme délicat, nuancé et persistant que rehaussent encore les effluves d'une peau saine, d'une couleur lumineuse aux chauds reflets d'or pur?

Ne parvient-on pas plutôt alors au terme décisif où l'état actuel témoigne, pour l'observateur, des faits d'une vie écoulée que nul ne pourra jamais plus amender ?

Certes, le passé du fruit a une réelle influence sur cette sénescence, mais il est pourtant utile de savoir ménager le bon épanouissement des qualités et il a souvent été conseillé de diminuer un peu l'humidité relative au cours de cette période quand c'est possible : les températures voisines de 18° C semblent propres à l'épanouissement des arômes lourds, tandis que les températures élevées favorisent les arômes fugaces.

Au cours de la phase post-climatérique, il est facile de déterminer un très grand nombre de stades, comme nous l'avons déjà vu, mais on peut également, pour plus de simplicité, distinguer seulement quatre époques successives :

- 1 - Fruit plus vert que jaune.
- 2 - Fruit plus jaune que vert, dégageant beaucoup d'arômes.
- 3 - Fruit jaune, bout vert, ou entièrement jaune.
- 4 - Les taches de tigrage apparaissent au niveau des stomates.

Les changements de coloration correspondent à une dégradation des pigments chlorophylliens qui masquaient au préalable les pigments jaunes et rouges déjà présents.

La couleur jaune plus ou moins doré, résulte donc d'une combinaison de ces deux couleurs et nous avons dit précédemment qu'il semble exister une relation entre la bonne persistance des pigments de la couleur rouge et les qualités organoleptiques du fruit.

Il ne faut pas croire pour autant que la teneur en pigments rouges soit uniquement une question de bonne maturation car les conditions de culture ont aussi une influence.

Il ne faut pas croire non plus que le fait d'une couleur jaune pâle soit forcément un critère de mauvaise qualité gustative, bien que ce soit souvent le cas.

Le tigrage des fruits qui intervient en fin de maturation en atmosphère très humide débute généralement par la dégradation des cellules compagnes des stomates qui brunissent vraisemblablement par suite d'émission d'esters volatils : on peut provoquer artificiellement cette manifestation physiologique avec l'acétate d'amyle.

A condition que l'air soit suffisamment humide et immobile, on peut observer que l'extension se fait par des taches satellites situées dans un rayon assez restreint autour du point de départ ; on obtient ensuite par extension et jonction de ces taches une plus grande tache arrondie d'environ 2 à 3 mm de diamètre et au stade ultime toutes ces taches se rejoignent.

A partir de 1962, la plupart des mûrisseries en Europe ont abandonné les caves insalubres car elles devenaient d'une exploitation trop coûteuse en frais de manutention.

Elles sont maintenant généralement situées dans des hangars clairs et commodes où les manutentions sont facilitées par un quai de chargement : tout le niveau du quai est réservé aux surfaces de manutention et d'entreposage de courte durée en chambres de maturation, tandis que les salles des machines, chaufferies et entrepôts de longue durée sont au niveau inférieur. Les salles d'emballage, bureaux, installations sociales et magasins d'emballages vides sont aux niveaux supérieurs.

Le réemballage des mains de bananes a lui aussi été simplifié du fait que les opérations de décapage en mains ou en bouquets (clusters) se fait le plus souvent dès l'origine ; les colis de mains sont généralement des cartons standardisés et maniables, plus commodes que les anciens emballages de régimes avec de la paille et du papier ou des bourses de polyéthylène.

Les données techniques de ces chambres de maturation ont été publiées dès 1964 : l'isolation thermique des chambres de maturation est faite dans les murs et plafonds par 6 à 8 cm d'isolant à cellules étanches, mais il est rare que les sols soient isolés.

Les pièces ont de 2,10 à 2,50 m sous plafond et on y entrepose environ 140 kg de bananes par mètre cube en prenant soin de disposer les colis pour permettre un bon cheminement de l'air : le taux de brassage par ventilateurs est de 40 à 80 cycles par heure.

La puissance de chauffage installée dans une pièce est d'environ 1 kW par tonne de banane : on utilise toujours un mode de chauffage indirect soit par résistances blindées soit par circulation de fluide thermoconducteur, type chauffage central.

La puissance frigorifique installée est voisine de 1 000 calories/heure par tonne de bananes à entreposer : la régulation de température est obtenue par thermostats, relais et vanes.

Il est courant d'utiliser des humidificateurs électriques par atomisation d'eau, fixes ou mobiles.

Un cycle de maturation aujourd'hui courant consiste, une fois la chambre normalement chargée, à y augmenter l'humidité relative au voisinage de 95 % par atomisation d'eau à température ambiante en évitant les condensations. Une demi-heure après, on introduit une dose de mélange éthylène-azote permettant de faire une atmosphère entre 0,6 ‰ et 1 ‰ d'éthylène.

On affiche sur les thermostats les températures de consigne : généralement 18° ou 20° C, selon la saison, au thermostat de chauffage et 20° C au thermostat de refroidissement, de manière à ce que la température soit comprise entre ces valeurs.

C'est normalement 48 heures plus tard que les bananes arrivent au stade tournant et il leur faut encore 24 à 48 heures pour atteindre la belle couleur de banane mûre.

On ramène ensuite la température vers 15° à 18° C si on désire garder les bananes plus longtemps.

Qu'est-il donc advenu dans ce type de conduite de maturation du "tour de main" du chef mûrisseur dont autrefois le jugement sur un lot de bananes permettait de déterminer par avance les conditions dans lesquelles elles devaient mûrir ? Le chef mûrisseur n'intervient pas sur le planning de maturation défini mais, aujourd'hui, son jugement s'exerce après coup dans la plupart des cas car il y a une meilleure standardisation des bananes qui permet de déceler toutes les maturations, ou presque, dans des conditions identiques. Son rôle se limite donc pratiquement à faire intervenir le déclenchement du froid quand il devient nécessaire : une ronde d'examen toutes les 6 à 8 heures est suffisante.

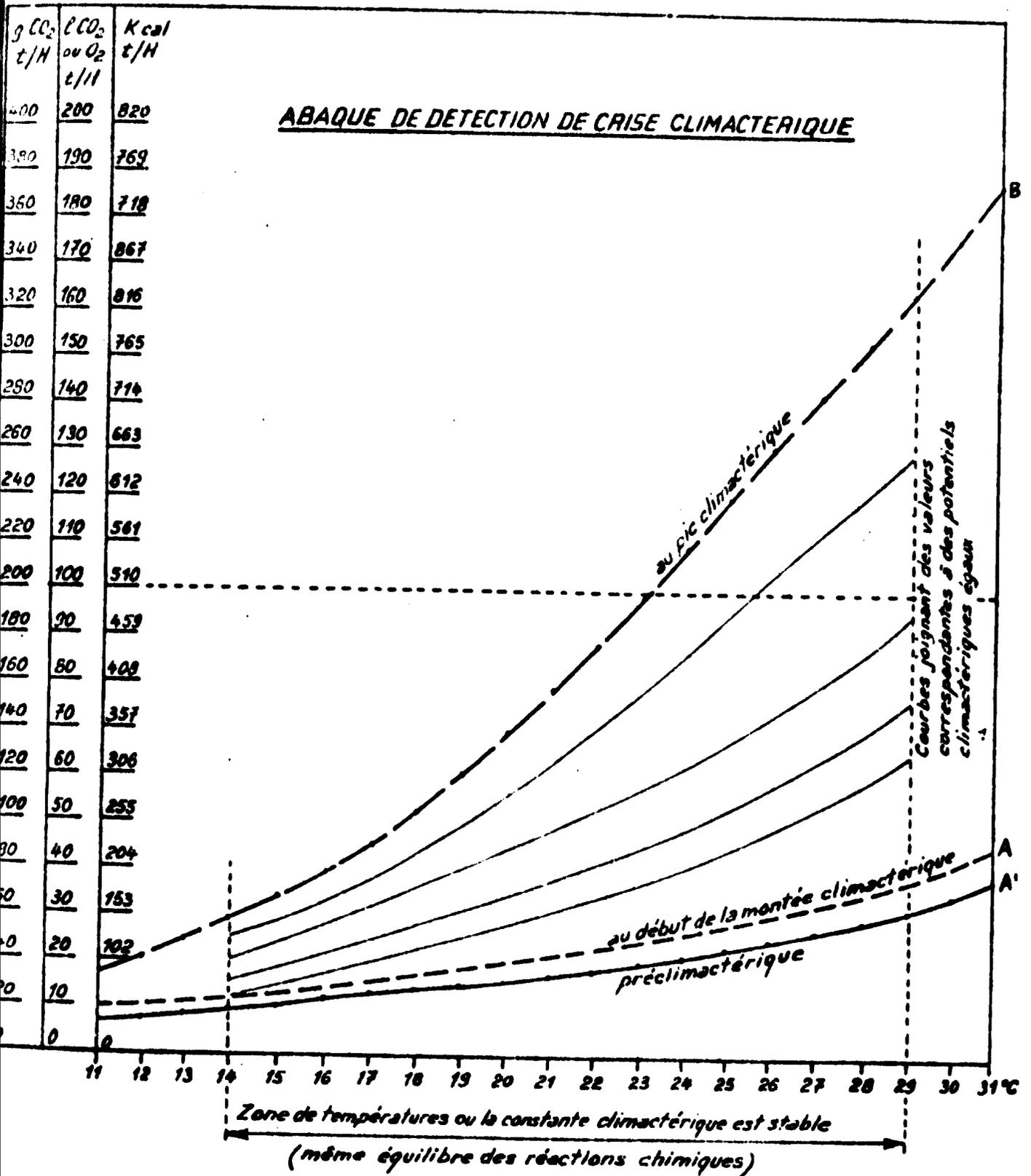
Un problème pratique se pose : malgré l'effort de standardisation des bananes au départ, il y a des différences et on ne peut pas prévoir rigoureusement le moment où un lot de bananes parviendra en fin de crise climatique.

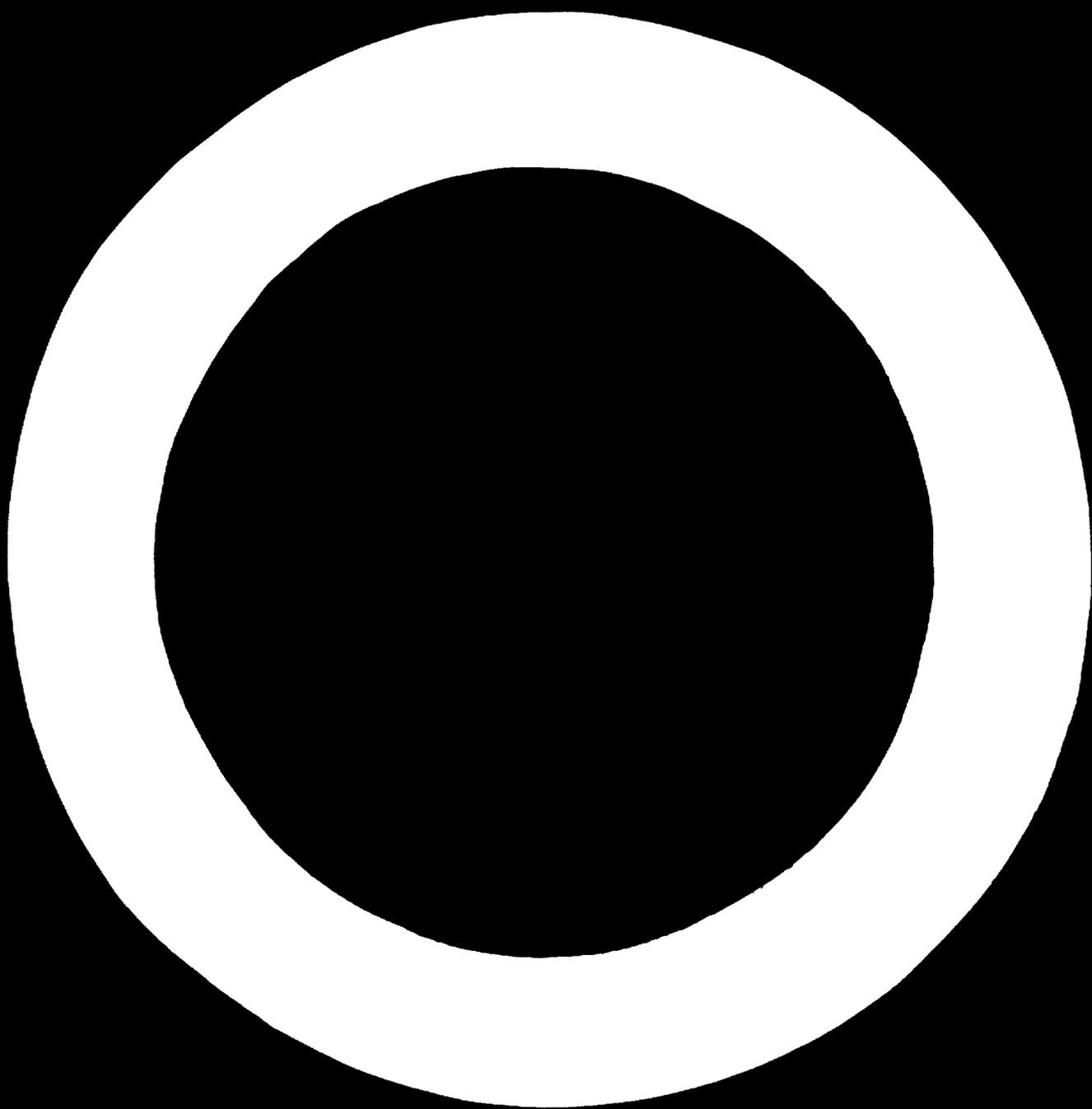
Ce serait intéressant pour mettre au point une maturation programmée mais, par contre, il semble plus intéressant de chercher une méthode physique de détermination de fin de crise climatique ou de détecter automatiquement un indice de maturité. Le problème de la maturation automatique des bananes à l'éthylène se ramène donc à la détermination physique de cet indice de fin de crise climatique.

De manière empirique, les mûrisseurs ont constaté en pratique que le tonnage à entreposer dans un local donné pour y faire mûrir des bananes dans de bonnes conditions était fonction de son mode de chauffage. Ils découvraient que les bananes respirent et que les procédés de chauffage permettant d'entreposer le plus de fruits sont ceux qui ne consomment pas d'oxygène. Si le mode de chauffage ne consomme pas du tout d'oxygène, il devient impossible malgré tout d'augmenter au dessus de 140 kg de bananes antillaises par mètre cube de local le chargement de bananes entreposé sans risque de début de blétiement des bananes par asphyxie appelé bouilli.

Ces observations pratiques étaient tout simplement en coïncidence avec les principes de la thermodynamique : les mûrisseurs avaient ainsi redécouvert qu'une quantité donnée de fruits, pour passer d'un état défini "non mûr" à un autre état climatique défini "fruit mûr", est le siège d'une modification de son énergie interne, telle que cette différence d'énergie interne  $\Delta E$  est constante quelles que soient la durée et les conditions de cette transformation.

Cette différence constante d'énergie interne est ce que nous appelons la constante climatique d'un fruit : il s'agit d'une valeur abstraite qui est la somme des différentes énergies comme par exemple l'énergie électrique au niveau







des différences de potentiel de chaque réaction chimique élémentaire, l'énergie de contrainte représentée par des produits de pression et de volume au niveau des échanges cellulaires principalement respiratoires et également l'énergie calorifique.

Il apparaît donc impossible d'utiliser de manière pratique la constante climatérique elle-même qui reste une notion abstraite.

Par contre, dans un intervalle où ni la température, ni l'environnement liquide ou gazeux ne peuvent perturber les équilibres et le cycle des réactions chimiques compliquées, il devient évident que les variations électriques sont une constante dans un ensemble constant : les valeurs mesurables en énergie de contrainte (ou expansion) et en énergie calorifique sont au total constantes et elles deviennent ainsi une proportion infinie mais mesurable K de la constante  $\Delta E$ .

Au cours de la phase climatérique, cette valeur K a fait l'objet de nombreuses mesures et peut être représentée approximativement par :

- la consommation globale de 1,27 l d'oxygène par kg de fruits
- le dégagement global de 1,27 l de gaz carbonique par kg de fruits
- le dégagement global de 6,35 kilocalories par kg de fruits.

Ces valeurs mettent en évidence les faits annoncés précédemment concernant la dégradation d'une certaine quantité de glucose, au cours de la phase climatérique, pour fournir l'énergie nécessaire à l'ensemble des réactions si complexes de la maturation.

Une molécule de glucose qui brûle avec six molécules d'oxygène donne six molécules de gaz carbonique et six molécules d'eau en dégageant 570 kilocalories : cette réaction chimique bien connue nous permet de constater qu'effectivement il y a bien autant d'oxygène que de gaz carbonique en volume et que les 570 kilocalories correspondent à  $22,4 \times 6 = 134,4$  l de gaz, ce qui est dans la même proportion que 6,35 kilocalories pour 1,27 l.

On voit donc qu'il a suffi de moins d'un centième de molécule (gramme de glucose pour fournir l'énergie chimique nécessaire et suffisante à la maturation

d'un kg de bananes : la perte de poids est donc inférieure à 2% et passe inaperçue à moins que le fruit ne se dessèche, ce qui n'intervient pratiquement pas dans le cas d'une maturation bien conduite.

Il se peut très bien que des fruits reçus à la mûrisserie, tout en étant parfaitement verts, soient en réalité déjà en début de phase climatérique à une période de la vie du fruit où aucune manifestation de coloration ne peut encore le laisser supposer.

Nous appelons potentiel climatérique de tels fruits la fraction  $k$  de la valeur  $K$  précédemment définie qui subsiste pour parvenir en fin de phase climatérique : les mûrisseurs expérimentés savent tous que l'on peut mûrir des chambres plus pleines avec des fruits plus avancés qu'avec des fruits trop verts.

L'air contient normalement 18 à 21% d'oxygène : avant même que tout cet oxygène ait été consommé par les bananes débute un état voisin de l'anérobiose qui conduit au blettissement ou "bouilli vert" des mûrisseurs, pour des teneurs encore voisines de 3% (en pratique on compte 2%).

Pendant la durée de la phase climatérique, il est possible de laisser les bananes en atmosphère confinée enrichie en éthylène à la condition de ne pas atteindre le seuil d'anérobiose.

Appelons  $k'$  le potentiel climatérique exprimé en litres d'oxygène par kg de fruit,

- $p$  la masse de bananes par  $m^3$  à entreposer au maximum
- $I$  la densité des bananes emballées

21% = teneur de l'air en oxygène

19% = teneur de l'air en oxygène utilisable

Oxygène consommé =  $p \times k'$

Oxygène utilisable dans un mètre cube =  $\frac{1\ 000 - p}{100} \times 19 = \frac{19\ 000 - 19\ p}{100}$

De l'égalité de ces deux expressions, quand on arrive en anaérobiose, il vient :

$$p \times k' = \frac{19\ 000}{100} = 19 \cdot p$$

$$p (100 k' + 19) = 19\ 000$$

$$p = \frac{19\ 000}{100 k' + 19}$$

exemple :

$$\text{si } k' = k = 1,27 \quad p \approx 130 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{si } k' = 1 \quad p \approx 160 \text{ kg/m}^3$$

Si des bananes sont en cours de crise climérique en local clos, il est possible de connaître leur potentiel climérique par intégration de leur activité précédente depuis le début du déclenchement de la crise en supposant qu'elles étaient précédemment en phase préclimérique.

Si, par contre, les bananes n'étaient pas, avant leur entrée en mûrisserie, en phase préclimérique, il demeure possible de mesurer leur potentiel climérique en intégrant ces mêmes manifestations dans un intervalle de temps et à température constante, car la courbe des échanges gazeux dans le temps est de type presque exponentiel et il devient donc possible d'établir une abaque à partir de courbes types obtenues de manière pratique dans les conditions mêmes de maturation.

Il s'est avéré très délicat de mesurer les variations de teneur en oxygène ou en gaz carbonique dans des locaux très humides, en continu, avec les moyens électroniques classiques : ces techniques, en outre, sont très coûteuses à utiliser comme détection et à intégrer mathématiquement.

Par contre, si on dispose d'une isolation thermique convenable de la pièce et de dispositifs thermostatiques suffisamment précis, il devient possible d'intégrer à peu de frais les heures de fonctionnement d'un dispositif de chauffage ou de refroidissement dégageant une quantité connue de calories.

La précision d'une telle sorte de mesure n'est pas sa qualité primordiale, mais elle est plus sûre et plus fidèle que les montages électroniques précédemment expérimentés qui avaient le mérite d'une plus grande sensibilité.

Dans le cas d'une maturation à température constante de 13° C, on saura que le pic climatérique est atteint vers un dégagement de 250 kilocalories/t de bananes et par heure : au-delà cette valeur atteinte, il serait possible de commander un certain renouvellement de l'air ou une diminution de température, tandis qu'à 20° C, c'est vers 350 kilocalories/t et par heure que le pic climatérique sera atteint.

Cette technique ne semble avoir aucune utilité dans les chambres de maturation classiques où, en fait où, répétons-le, une simple surveillance toutes les 8 heures est suffisante.

Précédemment, il était question de densités de chargement des mûrisseries à raison de 100 à 150 kg par mètre cube. Si le problème est par contre de faire mûrir des bananes dans une enceinte servant de conteneur de transport, il va devenir utile de savoir déterminer exactement le moment opportun pour renouveler l'oxygène du conteneur, y diffuser une nouvelle dose d'oxygène ou y abaisser la température.

Les essais entrepris en mûrisserie, à titre expérimental, ont porté jusqu'ici sur des techniques à pression atmosphérique en renouvelant l'oxygène par simple apport en continu et en légère surpression (l'excès s'écoule normalement par les joints des portes) débutant au bout de 12 heures.

Deux apports d'éthylène sont souhaitables à 18 heures d'intervalle : la seule particularité importante consistait à prévoir le déclenchement de la réfrigération automatiquement car il est pratiquement impossible de surveiller la bonne maturation dans un conteneur chargé à une telle densité.

De plus, les conteneurs risquent souvent de se trouver disposés de manière rendant leur surveillance difficile - bateau, quai, train, gare routière, etc. - et le fonctionnement automatique est alors souhaitable.

.../

En pays tropical humide, il y a des régions qui conviendraient parfaitement à la réalisation de sécheresses ouvertes à l'air libre, plus particulièrement dans les zones où l'humidité relative est toujours très élevée et la température constante.

L'installation dite "sécheresse" est dans ce cas un simple hangar grillagé, couvert de chaume, de paille ou d'une toiture isolée, dans lequel sont disposés des rails d'accrochage pour les régimes suspendus à l'aide de crochets spéciaux à des chariots à galets.

Les régimes entrent par une chambre à brouillard hormonal et sont convoyés sur des rails d'attente où ils avancent chaque jour d'un tiers ou d'un quart de la longueur du hangar vers l'aire de découpage des pains.

Dans les pays où l'humidité est insuffisante, une atomisation d'eau est conseillée.

Dans certaines conditions particulières, il se peut que le traitement hormonal soit plus complexe : par exemple, si on est obligé de faire un traitement préalable des fruits ou que les conditions d'éloignement aient obligé à traiter préalablement les fruits avec une autre substance hormonale, telle que l'acide gibberelique.

L'utilisation des hormones peut poser d'autres problèmes car certaines sont toxiques et il faut prendre le plus grand soin quant aux doses appliquées ; il faut aussi se méfier de l'action des hormones sur la végétation d'alentour : c'est en particulier le cas si les penes de bananes traitées avec certains produits sont ensuite réintégrées au cycle agricole (le 2,4-D et le 2,4,5-T peuvent nuire à la végétation).

Par contre, des produits du type de l'éthrel ne présenteraient pas de dangers.

Les modes de traitement les plus simples pour les tonnages industriels sont la chambre à brouillard, l'immersion ou le ruissellement.

Le brouillard aérosol s'obtient avec des atomiseurs classiques et peut constituer un mode d'application très commode dans un tunnel où passent les régimes.

L'immersion demande un rail spécial et fait perdre beaucoup de matière active comme le ruissellement qui demande en outre une installation de pompage et de filtration (le titre de la solution peut varier par dilution dans ces deux derniers cas).

#### LA TRANSFORMATION

Si la banane a été longtemps consommée essentiellement sous la forme de fruit frais, on sait que depuis des temps très anciens l'homme a déjà tenté de la transformer en commençant par la faire sécher au soleil.

On a également cité très tôt le vin de banane obtenu par fermentation de la pulpe broyée avec de l'eau dont on peut tirer un excellent vinaigre et le cidre de banane fabriqué en Indochine, mais ces productions locales, avec la bière de banane, sont restées à un stade très artisanal.

Par contre, l'industrie s'intéresse de plus en plus à la transformation de la banane afin d'en tirer des produits de base pour l'alimentation à très haute valeur énergétique.

Notons ici que la F.A.O., dont on connaît l'action pour lutter contre la faim dans le monde, non seulement à l'époque actuelle mais également pour l'avenir, s'intéresse à la transformation de la banane qui est particulièrement apte à contribuer à l'élaboration de produits alimentaires très nourrissants sous une forme concentrée.

La banane séchée, ou banane "figue", déjà bien connue des consommateurs qui en aiment généralement le goût, souffre d'avoir été pendant la seconde guerre mondiale un aliment de remplacement souvent mal préparé et toujours mal présenté.

Il semble que ce produit devrait être réhabilité par une préparation industrielle rationnelle et une présentation plus agréable et qui pourrait tirer parti de l'attrait indiscutable des emballages nouveaux.

En effet, la valeur nutritive de la banane séchée en fait un produit de choix, très riche en sucre et en sels minéraux, facilement assimilable.

Pour en augmenter l'attrait, on a proposé par exemple de faire des "anneaux" de bananes séchées en évidant la partie centrale de rondelles de bananes qui sont ensuite séchées : ces anneaux peuvent, entre autres, être utilisés en confiserie, le vide central étant fourré avec des amandes ou des fruits confits et le tout étant enrobé de chocolat !

Nous reproduisons ici un tableau dans lequel L. HEMDLER avait, en 1950, rassemblé des analyses de bananes séchées faites par plusieurs auteurs.

.../

Tableau VI

Composition de la banane séchée d'après différents auteurs cités par L. HANDELER

	L. Randon	P. Wrancok	G. Brooks	Kervégant
<u>en g p. 100 g de pulpe</u>				
valeur calorifique	292	316,85	345	
eau		13	23,20	23,20
protides	4,2	3,00	4,97	3,33
lipides	1,2	1,25	0,56	
glucides	66	73,40	67,04	65,17
pectines			0,30	
cellulose		3,55	1,30	
<u>en mg p. 100 g de pulpe</u>				
soufre	36			
phosphore	90		80,04	
chlore	300			
sodium	9		50,12	
potassium	1 140		854,50	
magnésium	105		23,34	
calcium	21	2,37	35,30	3,02
fer	1,80	(cendres)		(cendres)
zinc	0,69		0,43	
cuiivre	0,66		0,39	
manganèse	2,10		1,09	
iode				
acide ascorbique	3,50		2,67	
acide nicotinique	2,90			

Pour la réalisation convenable du séchage de la banane, des chercheurs de l'IFAC, et en particulier P. DUPLESSIS, ont étudié avec beaucoup d'attention le traitement des fruits avant séchage, la conduite du séchage, la présentation et l'emballage ainsi que les appareils nécessaires à l'industrialisation de ces opérations.

Les crèmes, pâtes et purées de pulpe de banane ont été souvent citées comme point de départ de nombreux produits alimentaires très diversifiés, mais leur préparation est quelque peu délicate et nécessite des techniques très sûres appliquées avec beaucoup de soin.

Il faut éviter avant tout que la pulpe ne prenne des colorations indésirables dues à la présence de tanins et à des oxydations qui peuvent être très rapides et que l'on évitera par un blanchiment préalable des fruits et une pasteurisation aussi rapide que possible (12° C au maximum).

Le produit obtenu peut être sucré et mis en boîtes pour une consommation sous forme de marmelade, mais on peut aussi se servir de ce produit pour l'élaboration de nourritures pour bébés (baby-food).

Des confitures de bananes ont été également mises sur le marché et leur préparation s'apparente à celle des crèmes et purées, mais les fruits sont alors découpés en rondelles et cuits en évitant autant que possible les cuissons trop longues qui donnent un produit brun foncé peu attrayant et de saveur atténuée.

Dans cette même catégorie de produits, nous mentionnerons également les bananes au sirop et les bananes confites qui peuvent avoir un débouché en pâtisserie et en confiserie et les "tostones", morceaux de bananes aplatis et frits que l'on peut ensuite surgeler pour la commercialisation.

Enfin signalons que les marchés scandinaves seraient intéressés par des crèmes de bananes additionnées de matières grasses et L. HAMMILLER cite un mélange considéré comme agréable contenant 42 % de pulpe de banane, 16 % de sucre et 42 % de graisse de coco hydrogénée (dont le point de fusion est d'environ 32° C).

Depuis quelques années, on a entrepris de préparer industriellement des fabrications de banane lyophilisée et cette présentation nouvelle qui ne dépasse que depuis peu le stade expérimental peut être appelée à avoir un avenir intéressant comme d'autres fruits ou légumes largement diffusés sur les marchés sous cette forme.

La banane transformée peut encore prendre un autre aspect comme celui de cassettes ou de farine de banane verte.

La préparation en est aisée et donne un produit très riche en amidon comme le montrent des chiffres d'analyses que nous reproduisons au tableau VII.

Tableau VII

Composition de farines de bananes vertes (analyses citées par L. HANDELIER)

	M.P. Mandrix variété Gros Michel	Hodgman, Atwater et Bryant
! eau	! 8,50 %	! 5 %
! hydrates de C	! 2,20 %	! 79,9 %
! graisses	! 1,05 %	! 2,3 %
! cendres	! 2,00 %	! 3,06 %
! protéines		! 4,90 %
! - non dosées et pertes	! 4,26 %	
! - probables	! 2,00 %	
! valeur calorigène		
! - pour 100 g	! 346,25 calories	! 203 calories

Ces farines de bananes vertes entrent dans la composition de petits déjeuners, d'aliments diététiques pour les enfants et les personnes âgées et possèdent des qualités reconnues dans les cas d'affections entéro-gastriques.

Enfin les flocons et poudres de bananes mûres sont, si l'on veut, deux présentations différentes d'un même produit, les premiers étant obtenus par une déshydratation de la pulpe étendue en couche mince sur un séchoir-tambour, alors que les secondes sont fabriquées par pulvérisation fine de la pulpe dans un courant d'air chaud qui assure la déshydratation.

Nous emprunterons encore à L. HANDELIER les éléments du tableau VIII qui donne de nombreux exemples de compositions de flocons et de poudres de bananes.

L' auteur commente ce tableau en disant :

" Dans les analyses de poudres, les analyses 2 et 3, assez semblables, correspondent à des poudres naturelles de banane mûre. Dans l'analyse de la poudre n° 1, le pourcentage d'amidon indique que le produit a été obtenu avec des fruits insuffisamment mûrs. Dans la poudre n° 4 (de provenance américaine), le pourcentage des sucres et le taux de pectine semblent montrer que le produit n'est pas pur et qu'un mélange a été effectué en vue de réduire l'hygroscopicité."

"Dans le cas des flocons, le pourcentage d'amidon et la proportion relative des sucres réducteurs et du saccharose indiquent que la poudre n° 5 a été réalisée avec des fruits moins mûrs que ceux utilisés pour la poudre n° 6. En calculant les

The Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (French Institute for Research on Overseas Fruits) has for several years been attempting to find banana varieties suitable for certain types of industrial utilization, to be treated parallel to sweet bananas of commercial varieties rejected in sorting.

The nutritive value of these varieties at different levels of development towards ripeness has been studied.

To obtain bananas industrially at the precise point of ripeness required for a certain type of processing, it is necessary to have a perfectly defined and reproducible ripening technique that is accurate with regard to the degree of ripeness obtained.

The development of an automatic ripening technique calls for good knowledge of the processes involved in setting off the climacteric phase, either by using the constituents of the fruit or by increasing the ethylene content by means of gaseous ethylene, hormones or other exogenous chemicals.

The commonest industrial ripening installations at the moment are complexes of air-conditioned chambers into which, after suitable humidification, a quantity of non-explosive gaseous mixture containing ethylene or acetylene is injected. Human intervention is necessary for handling the fruit and inspection of its colour.

In such ripening installations, by assessing the calorific energy that remains to be released to achieve complete ripening (the principle of climacteric potential), it would be possible to determine the tonnage to be stored in closed premises and to detect automatically the end of a given phase in ripening after a given number of hours of operation of a cold store installation that ensures temperature regulation over a given interval. Such an automatic system is of practical utility only in very particular cases, such as containers that are difficult to inspect visually and stores in which regular inspection rounds are not provided for. If it is desired to ripen fruits stored in tonnages too large for the volume of air and in a confined atmosphere, automation also becomes indispensable to ensure the renewal of oxygen and the reduction of temperature. A simple automatic ripening technique might be derived from the systematic use of products releasing ethylene not into the atmosphere but directly

moyennes entre les poudres 3 et 4 et les poudres 5 et 6, on constate que les compositions sont très voisines et qu'il existe à ce point de vue peu de différences entre les flocons et la poudre de banane".

Tableau VIII

Composition de poudres et flocons de bananes sèches en g p. 100 g (analyses citées par L. HÄNDLER).

	Poudres				Flocons	
	von Looscke 1	IFAC 2	Labo. contrôle Afr. sud 3	IFAC 4	Blasco-Maille 5	IFAC 6
Extrait sec total à 70° C				89,6		
Extrait insoluble				10,4		
Pertes à 100/110°					4,10	
Humidité sous vide sulfurique	2,59	2,65	4,0	10,4	0,66	1,00
Matières minérales					2,47	
Cendres	3,05	3,08	3,0			2,3
Sucres réducteurs	15,62	25,92	17,6	15,25	19,90	39,5
Saccharose	33,25	44,90	46,2	8,45	50,10	40,5
Amidon	29,87	3,71		8,1	14,95	5
Sucre totaux	48,87	70,82	73,0	23,7	70,00	80,0
Cellulose		1,01		1	1,52	1,0
Matières pectiques		2,14		11,6	1,0	1,0
Azote					0,98	
Matières protéiques (N x 5,25)	4,09	6,62	5,6		6,12	4,69
Hydrates de carbone					88,15	
Matières grasses	1,91				traces	
Acide ascorbique (mg p. 100 g)			33			
Calcium (mg p. 100 g)					57	
Phosphore (mg P. 100 g)					12	
Rapport Ca/P					5,58	
Calories pour 100g					383	342

De nombreux auteurs ont mis en valeur tout le parti que l'on peut tirer des poudres de bananes et les recherches, tant dans les laboratoires que dans le domaine industriel, ne manqueraient pas d'allonger la liste déjà longue des produits alimentaires de transformation issus de la banane.

Nous retiendrons pour illustrer ce chapitre quelques produits qui d'ores et déjà ont leur place dans l'industrie :

- Boissons éventuellement aromatisées avec du jus de naranjillo (Solanum quitoense Lam.), de la cannelle, de la vanille...
- Aliments pour bébés, souvent en mélange avec du lait en poudre, des farines de céréales ou du cacao.
- Préparation d'aliments complets avec des farines de soja, d'arachide ou de sésame et présentés sous forme de pâtes alimentaires.
- Bases pour pâtisserie additionnées de levure et d'autres ingrédients.
- Petits déjeuners sucrés et cacaotés.
- Mélanges pour crèmes glacées et flans.
- Produits cosmétologiques.

L'immense diversité des produits alimentaires que l'on peut obtenir par transformation de la banane et l'importance qu'ils seraient susceptibles de prendre dans l'alimentation humaine et notamment pour lutter contre la mal-nutrition de nombreuses populations prennent toute leur importance lorsqu'on songe que la matière première n'est bien souvent constituée que de "rebuts".

En effet, l'industrie de transformation utilise, pour le moment du moins, essentiellement des fruits non commercialisés ou non commercialisables sur le marché des fruits consommés frais, soit qu'il s'agisse d'écarts de triage, soit qu'il s'agisse de surproduction, soit encore pour d'autres raisons.

Ces fruits qui auraient donc été perdus sans industrie de transformation sont ainsi valorisés pour le producteur sans que leur prix puisse rebuter l'industriel acheteur.

Remarquons toutefois que si l'industrialisation se développe et que, parallèlement, la recherche d'une amélioration de la qualité des fruits frais, par l'amélioration des méthodes culturales, par une plus grande efficacité des produits antiparasitaires et par d'autres progrès, se généralise, les écarts de triage deviendront vite insuffisants pour alimenter les industries de transformation.

On a donc d'ores et déjà recherché les possibilités d'approvisionner les industries qui se créeront avec une banane à vocation plus spécifiquement industrielle.

c'est-à-dire dont les qualités industrielles seraient particulièrement intéressantes tout en nécessitant moins de soins culturaux qu'une banane destinée à la consommation traditionnelle et dont, par conséquent, le prix de revient serait plus réduit.

L'idée de "banane industrielle" était née et, en Guadeloupe, parmi de nombreuses candidates à ce titre, les chercheurs de l'IFAC ont retenu la variété Yangambi que nous avons déjà mentionnée parmi les cultivars les plus intéressants dans cette optique.

Afin de concrétiser cette notion de banane industrielle et de préciser ses possibilités, nous décrirons succinctement une réalisation originale ayant pour but de mettre en application cette idée.

A partir des premières plantations de Yangambi mises en place en Guadeloupe, on a tenté un début d'industrialisation de la banane en fabricant, sous le nom de "croustilles de banane", des chips de banane, comme sont fabriquées ailleurs des chips de pommes de terre ou de bananes plantain.

Pour donner un ordre de grandeur de ce que peut représenter pour l'économie locale ce seul aspect de la transformation de la banane, il suffit de relever que l'industrie puerto-ricaine exporte annuellement pour plus de 3 millions de dollars de chips de bananes plantain vers les Etats-Unis d'Amérique.

Ces chips sont fabriquées avec des bananes plantain dont le rendement à l'hectare n'est que de dix tonnes environ et les Etats-Unis eux-mêmes importent des bananes du Honduras pour compléter leurs importations de chips par leurs propres fabrications.

On connaît par ailleurs le goût croissant des consommateurs pour les produits nouveaux que l'on classe dans la catégorie des "snack-foods", le développement croissant du tourisme aux Antilles et l'ouverture du marché commun européen, ce qui donne un aperçu des chances de succès des croustilles de bananes.

Les essais entrepris à la Station IFAC de Boufchâteau et la mise en oeuvre d'une petite fabrication artisanale ont révélé les nombreuses possibilités offertes par ce produit.

Les croustilles de bananes se présentent sous la forme de fines rondelles de bananes frites, de couleur blonde, d'aspect très engageant, faciles à "grapiller" dans une soucoupe et à grignoter à l'apéritif ou en regardant la télévision !

Le consommateur non averti ne reconnaît pas la banane dans cette présentation inhabituelle et cela d'autant moins que le goût des croustilles ne rappelle en rien celui du fruit.

Cela tient d'une part à ce que la banane est transformée avant maturation, car elle ne doit pas avoir une teneur en sucres réducteurs supérieure à 1,20 %, d'autre part à l'absorption d'une quantité importante de matière grasse (environ 50 % du poids final) et enfin à l'assaisonnement.

Ces trois facteurs sont à la base de la fabrication des croustilles.

Les bananes sont récoltées vertes au stade "trois quarts fort" et peuvent être conservées éventuellement pendant environ 24 jours à une température de 7° C dans une atmosphère d'une humidité relative de 95 %.

Elles sont ensuite triées, lavées et épluchées après échaudage à la vapeur ou dans un bain d'eau bouillante pendant quelques secondes.

Les bananes épluchées peuvent être conservées plus de 24 heures si on les immerge dans de l'eau, puis elles sont égouttées et découpées en lamelles d'environ un millimètre d'épaisseur.

La friture est évidemment la phase la plus importante de la fabrication.

L'huile utilisée doit correspondre au goût du consommateur et être de très bonne qualité.

On utilise souvent des mélanges dont la composition exacte est considérée par certains industriels comme un secret de fabrication.

La température du bain de friture (de 175° à 190° C) et le temps de cuisson (2 à 3 mn) dépend du matériel utilisé : frituses à travail discontinu ou, mieux, frituses à travail continu.

Quant à l'assaisonnement, c'est lui qui offre le plus de possibilités de "personnalisation", si l'on peut dire, du produit et permet le plus de fantaisie.

Le sel est la base de l'assaisonnement et se comporte en support commode pour les condiments tels que le poivre de Cayenne, le sel de céleri, des poudres de fromages, d'oignon ou de tomate et autres ingrédients qui laissent toute liberté à l'imagination du fabricant dans la mesure où elle trouve un écho dans la clientèle.

La conservation des croustilles de bananes est assurée par un emballage qui doit constituer une protection efficace contre l'humidité et l'oxydation.

L'emballage en boîte métallique, malgré ses qualités indiscutables, subit le handicap d'un prix peu compétitif vis-à-vis des emballages en sachets conçus à partir de films plastiques complexes et qui peuvent tout de même assurer une conservation satisfaisante de plusieurs semaines à plusieurs mois, ce qui est tout à fait suffisant pour des circuits de distribution bien organisés.

Nous pouvons préciser que le rendement d'un régime de Yangambi, en pourcentage du poids du régime, s'établit comme suit :

- Ranpe	9,5 %
- Pulpe utilisée	50,5 %
- Déchets	40,0 %

Quant à la pulpe effectivement mise en oeuvre, elle perd à la friture environ les  $\frac{3}{4}$  de son poids en eau évaporée, mais comme elle absorbe en compensation à peu près le quart de son poids frais d'huile, le rendement en croustilles s'établit autour de 20 % du poids du régime.

Cet exemple clôturera la liste déjà longue des produits auxquels peut aboutir l'industrialisation de la banane et laisse encore un vaste champ d'action inexploité à l'initiative des chercheurs et des industriels.

REPERES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 - Anonyme  
Données techniques sur la maturation des bananes.  
International Fruit World 3 - 1964 p. 93-115.
- 2 - Anonyme  
Dried banana products.  
Colon. Plant. and Prod. - Londres jul.-sept. 1950 - vol. 1 n° 3 - p. 237-241.
- 3 - Anonyme  
Farine et poudre de bananes - bananes séchées.  
Prod. Guadeloupe - Nov. 1962 - n° 5 - p. 11-17.
- 4 - Anonyme  
Banana recipes which would appeal to all good cooks.  
Banana Bull. - Jun. 1963, vol. 27, n° 6, p. 10.
- 5 - Anonyme  
La préparation de la banane séchée.  
L'informateur colonial - Paris, 15 dec. 1944 - n° 2 - p. 4.
- 6 - Anonyme  
The manufacture of dried bananas products.  
Bull. Imp. Inst. - Jan. mar. 1941 - vol. 39, n° 1.
- 7 - Anonyme  
Notice technique concernant la banane et les produits que l'on peut en tirer.  
Rev. agric. Guadeloupe - Nov. 1946 - vol. 3, n° 6 - p. 192-197.
- 8 - Anonyme  
Food news overseas.  
Food Manuf. - sept. 1959 - vol. 34, n° 9 - p. 350.
- 9 - Anonyme  
Dried Banana product.  
Brevet japonais n° 49 - 14 jan. 1955.

- 10 - Anonyme  
Dried banana product.  
Brevet japonais n° 850 - 14 jan. 1965.
- 11 - Anonyme  
Shape fruits for cereals.  
Food Eng. 1965 (II) - p. 126.
- 12 - ALBANESI (F.)  
Zur Technologie der Herstellung von Bananen-Pulver.  
Dout. Lebens. Rundsch. - Stuttgart - oct. 1955 - vol. 61, n° 10 - p. 311-317.
- 13 - ARANDA VEIGA (A. de)  
Farinha de banana.  
Rev. Soc. Rural Bras. - 1956 - vol. 36, n° 422 - p. 61.
- 14 - BOTTINI (E.)  
Ann. Sper. Roma, 1934, - vol. 15, n° 31.
- 15 - BOULAIS J.  
La poudre de banane mûre.  
Fruits, mar. 1951 - vol. 6, n° 3 - p. 109.
- 16 - BOURDOUILL (C.)  
Sur l'élaboration et la transformation de l'amidon dans la banane.  
Rev. Bot. Appl., 1931 - n. 656-660.
- 17 - BRESJANI (R.) et al.  
La composición química de diversas clases de banana y el uso de harinas de banana en la alimentación de pollos.  
Turialba, oct. dec. 1951 - vol. 11, n° 4 - p. 127-132.
- 18 - BURG  
Science 1951.
- 19 - BURG  
Plant Hygiene. - 1952 - p. 171.



**74.09.13**

*i*

into the skin of the banana, which would make it possible to carry out ripening without using air-conditioned chambers. The advantage of such methods is evident in tropical countries.

The French Institute for Research on Overseas Fruits has studied various processed products, in particular: dried ripe bananas, creams, jams, syrups and bananas in syrup, preserves and various complete foodstuffs. Some tests have been carried out with freeze-dried bananas.

As far as the starchy derivatives produced from green or incompletely ripened bananas are concerned, it must be pointed out that in addition to the well-known banana slices and flour, various investigations have been carried out on instant flakes and sugared and flavoured powders as well as on banana chips, a simple manufacturing technique for which has been developed in the Neufchâteau laboratory in Guadeloupe.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>LA PLANTE</u>	2
Tableau I: Classification des Genres <u>Musa</u> et <u>Ensete</u>	2a
Tableau II: Origine des principaux cultivars représentés aux Antilles	2b
<u>LE FRUIT</u>	4
Tableau III: Stades de maturité de la banane selon la coloration extérieure de la peau	5
Tableau IV: Teneur en amidon de bananes vertes des variétés <u>Poyo</u> et <u>Yangambi</u>	6
Tableau V: Composition de la pulpe de banane fraîche	6a
<u>LA MATURATION AUTOMATIQUE</u>	7
Abaque de détection de crise climactérique	26a
<u>LA TRANSFORMATION</u>	32
Tableau VI: Composition de la banane séchée d'après différents auteurs	34
Tableau VII: Composition de farines de bananes vertes	36
Tableau VIII: Composition de poudres et flocons de bananes mûres	37
<u>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	42

## INDUSTRIALISATION DE LA BANANE

---

P. ESTANOVE et G. DUVERNEUIL  
Institut Français de Recherches  
Fruitières Outre-Mer  
(I F A C)

---

### Introduction

La banane évoque surtout un fruit d'origine tropicale que l'on consomme mûr, au dessert, au goûter ou en pique-nique, dans des pays souvent très éloignés de son lieu d'origine.

On sait aussi que, dans les pays producteurs, ce fruit peut être consommé cuit comme un légume, mais on imagine plus difficilement une industrie utilisant la banane comme matière première.

Cette industrialisation, cependant, est de plus en plus considérée comme une solution, parmi d'autres, à l'industrialisation de pays en voie de développement et à l'angoissant problème de la faim dans le monde.

Mais lorsqu'on envisage l'industrialisation de la banane, il faut se rappeler trois aspects essentiels de l'exploitation de ce fruit qui conditionneront entièrement les options à retenir.

Tout d'abord, il y a de nombreuses variétés de bananiers, ce qui implique que la matière première peut se présenter sous divers aspects tant du point de vue technologique que du point de vue économique.

Ensuite la banane est un fruit qui, le plus souvent, est exporté avant maturation, ce qui pose le problème de la maturation "artificielle" de la banane qui, pour répondre aux besoins de l'industrie, devrait tendre vers une automatisation aussi poussée que possible.

Enfin, les possibilités de transformation de la banane, mûre ou non, sont très variées et il faudra là aussi faire un choix motivé par des considérations essentiellement économiques basées sur des études de marchés sérieuses.

Dans cette étude, nous abordons successivement ces trois points avant d'illustrer par un exemple simple une façon d'envisager à une petite échelle un début d'industrialisation de la banane.

### La plante

Avant d'aborder une présentation de divers aspects de l'utilisation et de la transformation industrielle de la banane, il est essentiel de rappeler aussi brièvement et aussi clairement que possible les principaux caractères de ce fruit cité depuis la plus haute antiquité et dont la dissémination dans toutes les zones de cultures tropicales a engendré un polymorphisme et, plus encore, une polyrymie quelque peu extravagante.

Il nous faudra donc préciser la place des nombreuses espèces de bananiers dans la classification botanique et montrer succinctement comment, à partir de deux d'entre elles, sont apparus ou ont été créés les cultivars que l'on rencontre le plus communément en culture.

Il n'est pas question évidemment de faire une nomenclature exhaustive de ces cultivars car, de l'avis même des auteurs qui les ont étudiés et ont essayé de les recenser, il subsiste encore dans toutes les études entreprises sur ce sujet de nombreuses erreurs possibles et surtout de nombreuses lacunes.

On sait que les bananiers sont divisés en deux genres, Musa et Ensete, de la sous-famille des musoidées, famille des musacées de l'ordre des Scitaginales et qu'ils sont avant tout des plantes monocotylédones.

Les plantes du genre Ensete sont actuellement, pour nous, d'un intérêt moindre car elles ne sont exploitées que comme légumes ou pour leurs fibres et que seul, ici, le fruit nous intéresse comme matière première pouvant justifier une activité industrielle de transformation.

2 OF 2

02909



- 20 - FURQ  
Bot. Case. 1965 - p. 200.
- 21 - GAKEMJANG (G.)  
(Référence IFAC 33 150) - Mémoire Fac. Sciences - Paris.
- 22 - GABIS (G.)  
Utilisation des fruits tropicaux.  
R.B.A. 1925 - p. 454-456.
- 23 - CHAMPION (J.)  
Le bananier.  
M. P. Maisonneuve et Larose - 1963.
- 24 - Gebefruit  
Extrait du rapport annuel.  
Chambre agric. Elev. Forêts Cameroun, Jun. 1960, n° 33 - p. 14-19.
- 25 - Documents Geigy  
Tables scientifiques.
- 26 - HOLINSKY (I.)  
Un exemple d'utilisation de la banane mûre - Fabrication d'une farine composée.  
Fruits, Jan. 1951 - vol. 6, n° 6 - p. 245.
- 27 - DUPAIGNE (P.)  
Contrôle de la qualité de la banane séchée.  
Fruits 1967 - p. 27-29.
- 28 - DUPAIGNE (P.)  
Essais de dessiccation de fruits.  
Fruits 1957 - p. 317-325.

29 - DOVERNEUIL (G.)

Observations préliminaires sur l'action de l'isovalériamate d'isoamyle comme activateur de coloration des bananes.

IFAC R.A. 1967 - Doc. 64 B5.

30 - ESTAROVE (P.)

Modes de fabrication de lamelles de bananes frites.

IFAC R.A. 1967 - Doc. 20 D1.

31 - ESTAROVE (P.)

Etude sur l'évolution des glucides au cours de la maturation de la banane.

IFAC R.A. 1959 - Doc. 76 B15.

32 - ESTAROVE (P.)

Méthode rapide de dosage de l'amidon dans les bananes.

IFAC R.A. 1969 - Doc. 75 B15.

33 - ESTAROVE (P.)

Evolution des glucides dans la banane au cours de la maturation.

IFAC R.A. 1969 - Doc. 77 B15.

34 - ESTAROVE (P.)

Un aspect de l'industrialisation de la banane.

IFAC - Doc. non publié - 1970.

35 - EVES (H.)

Progrès dans le domaine des mûrisseuses de bananes. Rétrospective et prospective de développements techniques nouveaux.

Obst und Gemüse - 1959 - 8 - p. 26-31.

36 - FOX (H.)

Banana processing in Honduras.

Zool Mag. 1952 - vol. 21, n° 251 - p. 292-293.

37 - FRANCO-ANTONIOUCCI (J.J.)

L'industrie de la banane à Cuba.

Fruite, nov. 1955 - vol. 8, n° 10 - p. 502-507.

- 38 - GANE (R.)  
Dept. Sci. Ind. Research (GB).  
Report Food Invest. Board 1935.
- 39 - GANE (R.)  
Dept. Sci. Ind. Research (GB).  
Report Food Invest. Board - 1934 - p. 128.
- 40 - GANE (R.)  
New Physiologist 1936 - vol. 35 - p. 383.
- 41 - GANE (R.)  
New Physiologist - 1937 - vol. 36 - p. 170.
- 42 - HANDLER (L.)  
Produits de transformation de la banane.  
Fruits - vol. 21, n° 7 - 1966 - p. 329-342.
- 43 - HAKIM HAJI (A.H.)  
Drug from banana peel.  
Brev. indien n° 72 178 - 7 avr. 1962 - 14 jun. 1960.
- 44 - HALL (W.C.)  
Bot. Gazette 1952 - n° 113 - p. 310-322.
- 45 - HARTSHORN (R.)  
An. J. Botany - 1928 - vol. 15 - p. 519.
- 46 - HARVEY (R.B.)  
Minn. Agr. Expt. Sta. Bull 1928 - p. 247.
- 47 - HAWKINS (R.G.H.) et al.  
The constitution of banana starch.  
S.I. Journ. Chem. Soc. - 1940 - p. 390-394.

- 8 - LANGWORTHY (C.F.) et MILNER (R.D.)  
U.S. Depart. of agriculture - 1912 - p. 293.
- 9 - LASAUNDES (N.)  
Fabrication de bananes figues et de cossettes de bananes.  
Dir. Agric. Minist. Col. - Bruxelles - 1948 - p. 75.
- 0 - LEONARD (E.R.) et WARDLAW (C.W.)  
Ann. Bot. - 1941 - vol. 5 - p. 379.
- 1 - PARAGALS (A.)  
Fruits exotiques : bananes.  
Rev. Conf. Choc. Confit. Bisc. - jun. 1953 - p. 39-41.
- 2 - MARTIN-PREVEL (P.) et al.  
Les essais sol-plante sur bananier.  
Fruits vol. 20, n° 4 - p. 157-169.  
Fruits Vol. 20, n° 6 - p. 261-281.  
Fruits vol. 20, n° 8 - p. 398-410.  
Fruits vol. 20, n° 11 - p. 634-645.  
Fruits vol. 21, n° 1 - p. 19-36.  
Fruits vol. 21, n° 6 - p. 283-294.  
Fruits vol. 21, n° 8, - p. 395-416.
- 3 - MARTIN-PREVEL (P.)  
Aspects dynamiques des éléments minéraux dans la production végétale.  
Travaux sur bananier.  
Inst. Int. Potasse - Berne.  
Rôle de la fertilisation dans l'intensification de la production agricole.  
Congrès Antibes - 15-18 sept. 1970.
- 4 - MASUROVSKY (D.I.)  
Use of banana in dehydrated form.  
Ice cream trade jour. - 1944 - vol. 40, n° 0 - p. 31-64.
- 5 - MILON (F.)  
Rev. Air Liquide - avril-juin 1964 - vol. 12, n° 46 - p. 16-19.

- 56 - MITCHELL (J.W.) et MUMBY (P.C.)  
Bot. Gaz. - 1944 - vol. 106 - p. 199.
- 57 - El Mundo  
Suplemento comercial.  
Perto-Rico - 19 août 1969.
- 58 - HUBNER (P.) et HALLESBARD (R.)  
Industries de transformation de la banane en Equateur.  
Doc. IFAC 1967 - non publié.
- 59 - MOHLE (L.)  
Process for preparing a fruit juice in powder form.  
U.S. Pat. n° 2 970 058 - jan. 1961.
- 60 - GUNDEL (R.O.)  
Dried banana product.  
U.S. Pat. n° 3 119 701 - 28 jan. 1964.
- 61 - FOLAND (G.L.) et al.  
Sugar changes in the banana during ripening.  
Easton Indus. Engin. Chem. - vol. 30 - 1958 - n° 3 - p. 340-342.
- 62 - RAHIAN (A.R.)  
Economical method for the production of flour from green plantain.  
J. Agric. Univ. Puerto-Rico - jan. 1963 - vol. 47, n° 3 - p. 1-10.
- 63 - RAZAKARANTOA (S.)  
Action des différents produits volatils émis par la banane au cours de sa  
maturation sur la croissance du Glomus mosseae.  
Fruits - vol. 21, n° 11 - 1966 - p. 597-604.
- 64 - RUSCH (L.Jr.) et al.  
Research Report -  
Journal paper n° 5 253 - Agr. Exp. Stat., Purdue Univ. Lafayette - Indiana 1968.

- 65 - RUSSO (L.Jr.) et al.  
Hioscience 1963 - vol. 10 - p. 109.
- 66 - SALEM (J.) et COUSIN (B.R.)  
The production of dehydrated flakes as a mean of utilizing surplus bananas.  
Israel J. Agric. Res. - jan. 1965 - vol. 15, n° 1 - p. 49-51.
- 67 - SATYAVANI (V.K.) et al.  
Varietal trial of bananas for processing.  
Indian Food Pack. Bombay - nov.-dec. 1964 - vol. 10, n° 6, p. 12-16.
- 68 - SCHLOB (H.R.)  
Emploi de la banane en cosmétique.  
Parfumerie mod. - nov.-dec. 1952, vol. 44, n° 30 - p. 53-57.
- 69 - SILVERMAN (M.J.)  
Bananas.  
M. Longmans - London 1959.
- 70 - SLOCUM (A.H.)  
Research Dept. Bull. 1933 - n° 40.
- 71 - SPOON (W.)  
Van bananemeel tot bananenvoeder.  
Vonding - 15 aug. 1952 - vol. 13, n° 1 - p. 307-313.
- 72 - SPOON (W.)  
Bananenfloeken.  
Sucher-u. Süßwarenwirtschaft. 1952 - vol. 13, n° 11 - p. 672.
- 73 - SPOON (W.)  
Farine de banane.  
Rev. Bot. Appl. - Paris, mai-juin 1942 - p. 300-310.
- 74 - STORRA (H.H.) et DAIJMAN (J. van)  
Preserving the flavoring of prepared food.  
U.S. Pat. n° 2 555 225 - 12 jan. 1951.

75 - VIALLEGOU (M. de La)

Ref. IFAC 37 166 - Brev. Franç. n° 1 442 470.

76 - Von LOMSECKE (H.W.)

Bananas Interociência Publishers N.Y. 1950.

77 - WINDOWSON (B.N.) et Mc CANCE (R.A.)

The available carbohydrate of fruits.

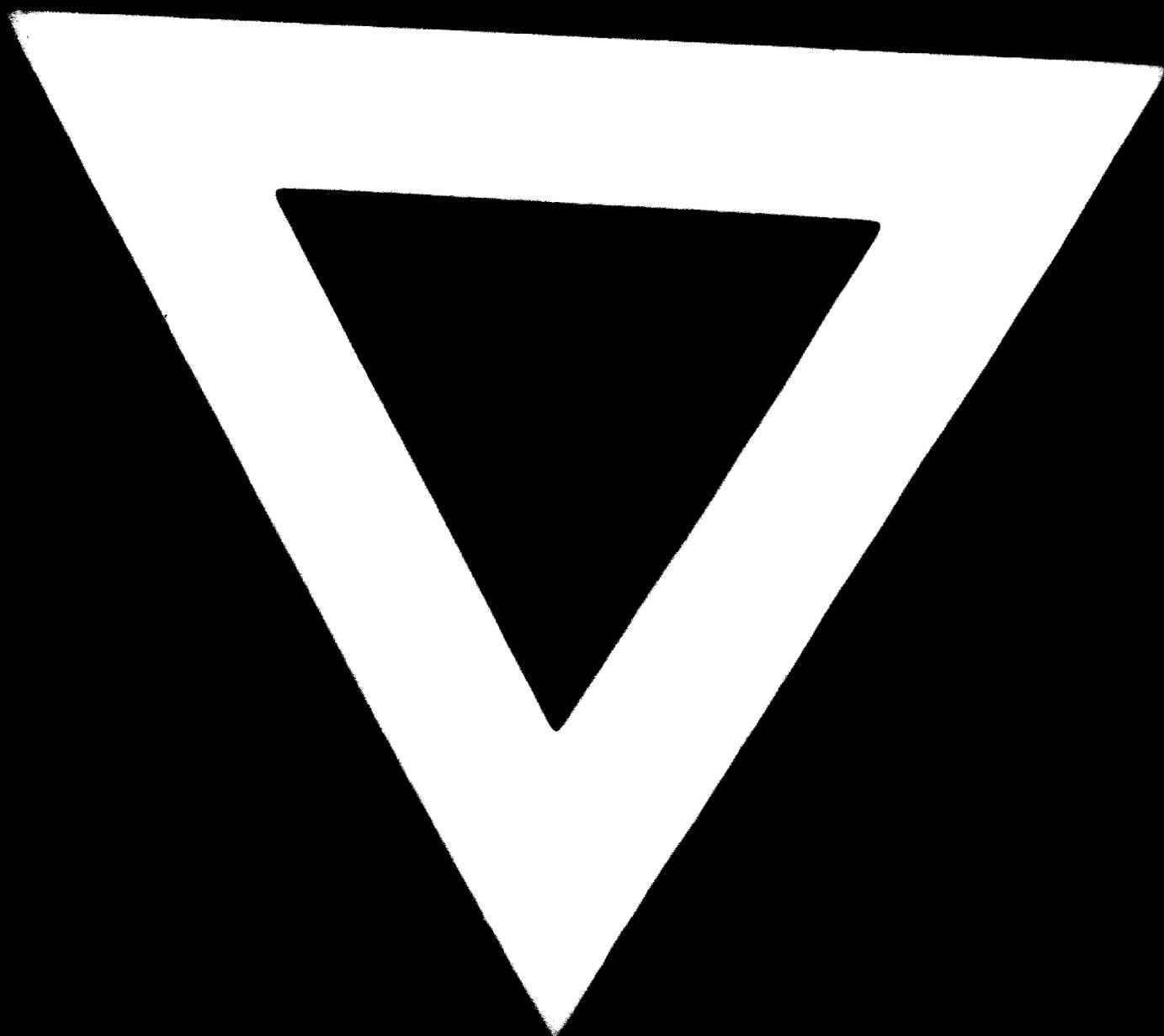
The Bioch. Jour. - vol. XXIX - Part. 1, 1935 - p. 151-156.

78 - ZOLLNER (A.H.)

Press-drying.

Food eng. 1965, (II), - p. 108.





**74.09.13**