

OBSERVATIONS SUR LA DURETÉ DE LA PULPE DE LA BANANE

PENDANT LE DÉVELOPPEMENT SUR LE PLAN

ET EN PHASE PRÉCLIMACTÉRIQUE EN VUE DE CARACTÉRISER LA QUALITÉ DU FRUIT

L'étude des facteurs de qualité de la banane, de son comportement après la coupe et du contrôle de sa commercialisation nécessite une connaissance aussi approfondie que possible de sa qualité, c'est-à-dire de son degré d'évolution et de sa stabilité.

A l'heure présente, il n'existe pas de méthode vraiment satisfaisante à cet égard.

La connaissance de la dureté de la pulpe de la banane pendant son développement sur le plant et en phase préclimactérique permet d'obtenir une appréciation plus complète de la qualité du fruit.

Les auteurs rappellent succinctement d'abord les méthodes qui ont été déjà proposées pour caractériser la qualité du fruit, puis indiquent les résultats obtenus avec le test de dureté de la pulpe dans le but de caractériser le degré d'évolution du fruit et terminent en formulant les conclusions qui en découlent.

Tous les travaux mentionnés dans cet article ont été effectués avec la variété « Naine » (Cavendish, Sinensis).

IMPORTANCE D'UNE CONNAISSANCE PRÉCISE DE LA QUALITÉ DES RÉGIMES DE BANANES

L'expérience montre que des régimes de bananes considérés comme étant comparables ont des comportements différents, bien qu'ayant été placés dans les mêmes conditions après la récolte.

La cause de ces différences de comportement doit être attribuée à l'imprécision des méthodes utilisées pour définir la qualité des régimes de bananes et il est indispensable de chercher à les améliorer tant pour les travaux de recherche que pour la commercialisation. Il est compréhensible que les régimes de bananes puissent présenter un degré d'hétérogénéité élevé : cela découle de la croissance rapide du bananier et des variations marquées des nombreux facteurs susceptibles d'influencer la qualité du fruit : sol, climat, fumure, état sanitaire.

Cette hétérogénéité accusée peut avoir des conséquences défavorables sur les travaux de recherche et sur les résultats du transport maritime de la banane (avaries), c'est pourquoi la recherche d'une méthode permettant de mieux apprécier la qualité de la banane présente une grande importance.

CRITÈRES D'UNE MÉTHODE SATISFAISANTE POUR DÉFINIR LA QUALITÉ DE LA BANANE

Chaque régime doit être considéré comme une individualité physiologique propre qui ne peut être caractérisée

par une simple grandeur, parce que deux régimes différents peuvent présenter une même valeur de la grandeur considérée à un moment donné de leur évolution sans pour cela avoir ensuite un comportement identique.

L'individualité physiologique doit être caractérisée par une fonction analytique ou à défaut par une courbe expérimentale. La comparaison des courbes obtenues doit permettre d'apprécier le comportement ultérieur des régimes, c'est-à-dire leur stabilité.

VALEUR DES MÉTHODES PROPOSÉES POUR CARACTÉRISER LA QUALITÉ DE LA BANANE A L'ÉTAT PRÉCLIMACTÉRIQUE

Les méthodes proposées pour caractériser la qualité de la banane à l'état préclimactérique peuvent être rattachées à deux groupes :

- les méthodes physiques et les méthodes chimiques :
- les méthodes physiques ont l'avantage d'être simples et rapides, c'est-à-dire de permettre de tester un nombre important de régimes, ce qui peut compenser leur moins bonne précision ;
- les méthodes chimiques sont plus compliquées ; elles renseigneront sur la composition d'un ou plusieurs constituants, mais le nombre d'analyses est vite limité et ce que l'on peut gagner en connaissance est compensé par le moins grand nombre d'essais.

MÉTHODES PHYSIQUES ENVISAGÉES POUR CARACTÉRISER LA QUALITÉ DU FRUIT

Aspect physique.

L'aspect physique du fruit n'a qu'une valeur relative qui n'est utilisable que pour un carré bien connu de bananeraies en bonne condition végétative. C'est-à-dire pour le cas le plus simple et le moins difficile.

WARDLAW (1) indique que l'aspect physique du fruit ne constitue pas un test fidèle et qu'en définitive il vaut mieux se fier à l'expérience du planteur qui paraît plus qualifié pour juger les facteurs propres à son terroir et est à même avec une certaine habitude d'apprécier l'action des facteurs climatiques.

H. von LOESECKE (2) de son côté écrit : « La récolte de la banane est basée sur l'expérience locale. »

GANE, FURLONG, SHEPHERD, ROBINSON (3) signalent qu'une infection légère de *Cercospora* sur les bananiers Gros Michel et Lacatan, difficile à déceler sur le fruit, provoque une maturation précoce. Les régimes produits par des plants malades tendent à rester peu développés d'où il résulte que le fruit est plus évolué que ne le laisse prévoir son aspect physique.

Aspect de la pulpe.

L'aspect de la pulpe renseigne mieux que l'aspect physique. La couleur de la pulpe et son aspect se modifient au cours de l'évolution du fruit. De blanc neige cotonneux, elle passe au blanc ivoiré, puis à une couleur légèrement crème avec une structure granuleuse.

Si la section transversale d'un fruit à pulpe crème est inférieure à celle du stade dénommé 3/4, c'est l'indice d'une croissance anormale et d'une évolution pouvant être rapide.

Ces observations restent délicates, demandent de l'entraînement et ne sont que qualitatives.

Rapport pulpe-peau.

Ce rapport a été employé, semble-t-il, par TALLARICO (4) pour la première fois en 1908 comme indice de la maturité du fruit en phase préclimactérique puis par BALLEY, BOURDOUIL, WARDLAW, LEONARD, BARNELL, PATRON.

WOLFE (1931) (5) lui reproche d'être peu sensible et difficile à rattacher à la maturité du fruit.

Pour un lot de fruits donnés, la variation du rapport pulpe-peau pendant la maturation est significative : BARNELL (6) indique qu'il varie de 1,48 à 2,67. Mais son emploi suppose l'utilisation d'un nombre de fruits assez élevé pour éliminer les différences entre fruits. (Il faut choisir les fruits de même rangée d'une main et éliminer les fruits marginaux.)

Ce rapport peut constituer une méthode de travail pour suivre la maturation de lots de fruits d'une même variété

s'ils sont comparables par leur aspect physique et l'aspect de la pulpe, mais il varie peu pendant le développement du fruit sur le plant. GANE (7) indique que pour des fruits Gros Michel de Jamaïque ce rapport passe de 1,17 au stade 3/4 plein à 1,30 pour le stade 3/4 plein rond. La variation est faible. Après la récolte, en phase préclimactérique ce rapport accuse une légère variation, mais il est difficile de dire si elle provient de l'évolution du fruit ou d'une déshydratation. L'emploi du rapport pulpe/peau ne paraît donc pas utilisable pour caractériser la qualité de la banane en phase préclimactérique.

MÉTHODES CHIMIQUES

Intensité respiratoire.

Les courbes d'intensité respiratoire permettent de bien caractériser le passage de la phase préclimactérique à la phase climactérique (WARDLAW (8), LEONARD (9), GANE (10)). Mais nous ne connaissons pas de documentation reliant l'intensité respiratoire à l'état d'évolution du fruit en phase préclimactérique.

Après la récolte, les taux de dégagement de CO₂ sont de 40 à 50 mg/heure/kg de fruits, à 29° C, mais à notre connaissance l'intensité respiratoire n'est pas liée par une relation simple au degré d'évolution du fruit.

Il faut ajouter que la détermination de l'intensité respiratoire est longue, c'est pourquoi il ne paraît pas possible d'envisager son emploi pratique pour caractériser le degré d'évolution du fruit en phase préclimactérique.

Détermination des sucres, amidon, pectines.

Les déterminations des sucres, de l'amidon, des pectines et protopectines n'ont pas été retenues pour caractériser le degré d'évolution du fruit en phase préclimactérique. Les analyses sont longues et nous ne savons pas si elles sont significatives.

En conclusion, à l'heure actuelle, la seule méthode utilisée dans la pratique pour caractériser le degré d'évolution du fruit en phase préclimactérique est l'examen de l'aspect visuel du fruit et de sa pulpe.

C'est une méthode qualitative empirique, qui n'est pas en état de fournir des renseignements précis sur la qualité du fruit.

Dureté de la pulpe en phase préclimactérique.

Il nous est apparu que l'étude de la dureté de la pulpe pouvait apporter plus de précision dans la connaissance de la qualité du fruit. Dans ce but nous indiquons d'abord les observations effectuées en vue de montrer l'existence d'une relation entre la dureté de la pulpe et la qualité du fruit. Elles portent sur les points suivants :

1° dureté de la pulpe de la banane pendant son développement sur le plant ;

2° dureté comparée des mains des régimes de bananes après la récolte ;

3° dureté et stabilité de régimes de bananes à température tropicale ;

4° variation de la dureté pendant un séjour en chambre froide ;

5° courbe de dureté du régime après récolte et courbe d'intensité respiratoire ;

6° relevé de dureté sur des lots commerciaux et appréciation des contrôleurs du conditionnement ;

7° dureté des lots commerciaux expédiés par la Station centrale de l'I. F. A. C. ;

8° comparaison des résultats obtenus entre l'appréciation visuelle de la coupe et le test de dureté.

Puis nous exposerons les points suivants :

choix d'un pénétromètre pour la banane,

choix d'une méthode de détermination de la dureté.

Précision des mesures :

a) erreur due à l'appareil,

b) erreur due à l'opérateur,

c) erreur provenant de l'hétérogénéité des fruits.

Et nous donnerons nos conclusions sur les possibilités d'utilisation de la dureté de la pulpe de la banane en phase préclimatérique au stade de la recherche.

PREMIÈRE PARTIE

DURETÉ DE LA PULPE DE LA BANANE EN PHASE PRÉCLIMATÉRIQUE

DURETÉ DE LA PULPE DE LA BANANE PENDANT SON DÉVELOPPEMENT SUR LE PLANT

La dureté de la pulpe de la banane pendant son développement sur le plant (en se référant à l'âge chronologique compté en jours à partir du repérage de la sortie de la fleur) croît d'abord, puis décroît ensuite après avoir atteint une valeur maximum.

Nous donnons ci-joint quelques courbes obtenues.

Courbes 1-2-3-4, Guinée, A.-O. F.

N° 1, en février 1953, moyenne de 40 fruits par âge (banane Naine, à la Station Centrale de l'I. F. A. C. de Foulaya, Guinée, bananeraie Ouatamba). Les fruits testés sont récoltés le même jour.

N° 2, en mars 1953, moyenne de 40 fruits par âge (banane, Naine à la Station Centrale de l'I. F. A. C., Foulaya, Guinée, bananeraie Ouatamba). Les fruits testés sont récoltés le même jour.

N° 3, du 19 octobre 1953 au 1^{er} décembre 1953, avec une série de 17 régimes de bananiers Nains à la Station Centrale de l'I. F. A. C., Foulaya, Guinée (bananeraie Ouatamba). Les fruits testés sont prélevés pendant le développement du plant.

Ces trois courbes présentent une analogie.

Les deux premières (1 et 2) établies à un mois de distance sont peu différentes. La seconde indiquerait une évolution plus rapide du fruit (si l'on admet que la dureté est en rapport avec l'évolution du fruit), ce qui serait imputable à un facteur climatique.

La troisième est décalée par rapport aux deux premières et correspond à ce que l'on sait sur le développement des fruits. Les conditions climatiques de septembre, octobre, novembre avec la conjugaison de la température, de l'humidité et de l'insolation sont favorables à un développement plus rapide du fruit.

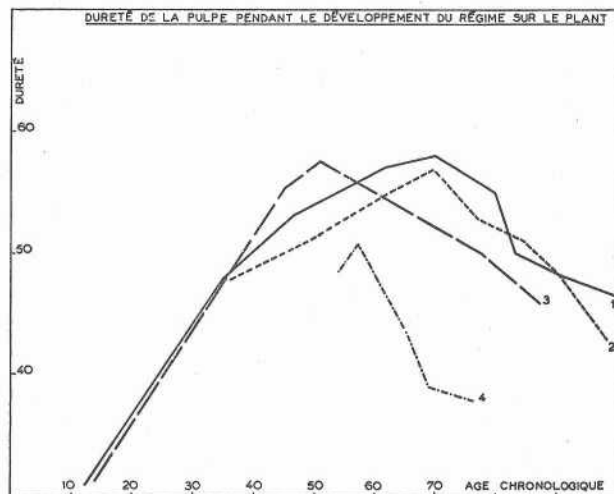


FIG. 1. — Courbes 1-2-3-4, Guinée, A. O. F.

N° 4, du 26 avril au 21 mai 1955 avec une série de 15 régimes (bananiers Nains à la Station Centrale de l'I. F. A. C. à Foulaya, Guinée, bananeraie Ouatamba). Les fruits testés sont prélevés pendant le développement sur le plant.

Cette courbe est nettement différente des trois autres : minimum plus bas, pente plus accusée. Elle correspond à des fruits qui se sont développés en mars, avril, mai, avec les conditions climatiques suivantes : mars : 147 mm de pluie et forte insolation, température moyenne élevée, conditions favorisant un développement rapide des fruits, puis pendant les deux premières décades d'avril, irrigations par aspersion, forte insolation, température moyenne élevée, puis du 19 avril au 10 mai, une période chaude, sans irrigation. Les fruits n'ont plus eu un développement normal. Ils sont petits comme l'indique le poids moyen de 73 g et la pulpe est de couleur crème.

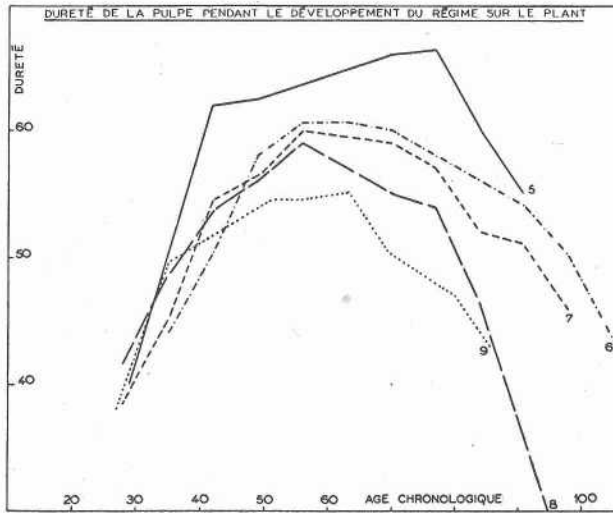


FIG. 2. — Courbes 5-6-7-8-9. Martinique et Guadeloupe.

La courbe 5 a été établie en Martinique avec un lot de 40 régimes, variété grande Naine, suivis pendant leur développement en décembre 1954, janvier et février 1955 à la plantation Morne des Cadets, située au Nord-Ouest de la Martinique à une altitude de 200 m environ avec des fruits sains. La courbe qui a la même allure que les courbes 1-2-3, est caractérisée par un maximum plus élevé et se trouve décalée dans le temps, ce qui correspond au cycle plus long des fruits antillais par rapport aux fruits de Guinée.

Les courbes 6, 7, 8, 9 se rapportent à des séries de régimes Poyo en Guadeloupe. La courbe 6 est celle de la Plantation Pilote de la Station I. F. A. C. de Neufchâteau pour des fruits développés en juillet, août, septembre, période plus favorable à la végétation que celle de la courbe 5. La courbe 7 (Plantation Bénard, Station I. F. A. C. de Neufchâteau, juillet, août, septembre 1954) qui se rapporte à une plantation voisine de celle de la courbe 6 est peu différente.

La courbe 8 correspond à des fruits de la plantation Bénard-Neufchâteau, juillet-août-septembre provenant de bananiers atteints de Cercospora. Cette courbe se différencie nettement des deux autres et indique une évolution plus rapide de fruits alors que l'on sait que leur développement physique est plutôt ralenti.

La courbe 9 correspond à des fruits de septembre-octobre-novembre 1955 récoltés en Guadeloupe à la plantation des Mineurs, sur le littoral. Cette plantation n'était pas atteinte par le Cercospora au moment de l'essai.

Le minimum est moins élevé et le cycle est plus court, ce qui est bien ce que l'on sait sur le développement des fruits de littoral en Guadeloupe en septembre-octobre-novembre, période favorable à la végétation.

L'examen de l'ensemble de ces courbes permet de penser qu'elles sont susceptibles de renseigner sur l'évolution du fruit pendant son développement sur le plant et sur son comportement ultérieur après la coupe.

DURETÉ COMPARÉE DES MAINS DU RÉGIME DE BANANES

Cette détermination a été effectuée sur trois séries de régimes jugés visuellement différents.

1° Fruits jugés visuellement trop « maigres » pour l'exportation (classés commercialement comme 3/4 maigre).

Les essais ont porté sur 3.310 doigts et les duretés moyennes par mains sont les suivantes :

1 main (côté gros bout de la hampe).....	50,29
2 — — — — —	51,42
3 — — — — —	51,55
4 — — — — —	51,62
5 — — — — —	51,91
6 — — — — —	52,31
7 — — — — —	52,62

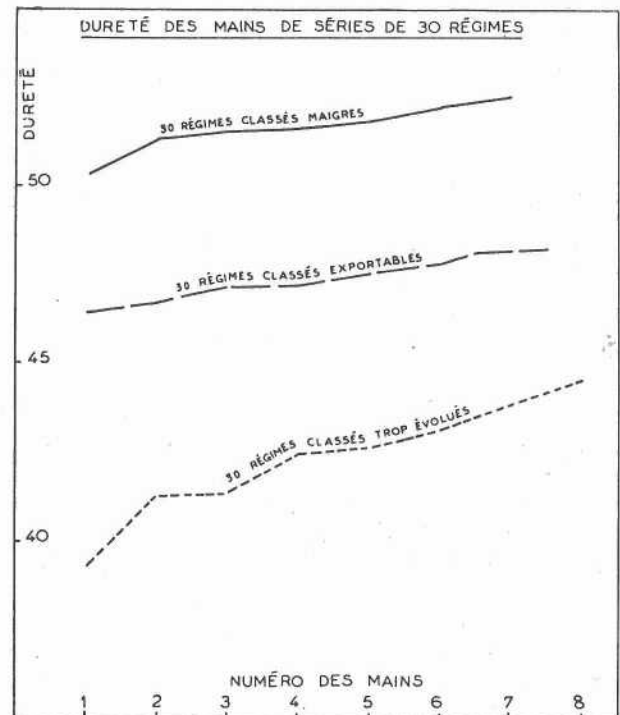
2° Fruits jugés exportables (point de coupe 3/4 plein).
Les essais ont porté sur 3.612 doigts :

1 main	46,5	5 mains	47,63
2 —	46,82	6 —	47,93
3 —	47,17	7 —	48,26
4 —	47,28	8 —	48,32

3° Fruits jugés visuellement trop évolués.
Les essais ont porté sur 3.360 doigts :

1 main	39,35	5 mains	42,7
2 —	41,35	6 —	43,2
3 —	41,47	7 —	44
4 —	42,5	8 —	44,6

FIG. 3.



Cet essai qui a porté sur 90 régimes prélevés de mars à octobre 1953 à la Station Centrale de Foulaya montre que :

a) la dureté moyenne des mains par série de 30 régimes croît régulièrement de la première à la dernière ;

b) que la dureté moyenne de séries de 30 régimes est en concordance avec l'appréciation visuelle de leur degré d'évolution et le comportement des régimes en mûrisserie.

Or, on sait que c'est la première main du régime qui entre d'abord en maturation, ce qui constitue une nouvelle concordance entre la dureté et le degré d'évolution des mains d'un régime. La première main qui apparaît d'abord est celle qui a la plus faible dureté, qui est la plus évoluée.

**DURETÉ
ET STABILITÉ DES BANANES
A TEMPÉRATURE TROPICALE**

100 régimes ont été emballés, répartis en séries, et observés à température tropicale. Ces séries étaient réparties comme suit :

- deux séries de 20 régimes coupés une ou deux semaines avant le point de coupe normal (estimation visuelle) ;
- deux séries de 10 régimes de coupe normale ;
- deux séries de 20 régimes jugés trop évolués ;
- La dureté des fruits est testée tous les quatre jours.

Régimes récoltés avant le point de coupe normal.

1^{re} série :

Date	Dureté moyenne	
12-8-53	52,35	
16	51,96	
20	48,92	
24	45,61	
28	40,26	
2-9-54	37	
6	27,12	Régimes tournants

2^e série :

22-8-53	54,8	
26	53,96	
30	51,21	
3-9	48,62	
7	45,81	
11	39,37	
15	28	Régimes tournants
19	Totalité de fruits mûrs	

Point de coupe normal.

1^{re} série :

23-4	47,7
27	47,3
1-5	46,2

5	46	
9	38,12	
14	26,8	Régimes tournants

2^e série :

2-5	46,7	
6	46	
10	41,7	
14	36,3	
18	32,4	
22	26,3	Fruits tournants

Régimes trop évolués.

1^{re} série de 20 régimes :

Date	Dureté moyenne	
23-4-53	38,41	
27	35,27	
1-5	31,4	
4	29,3	
8	25,18	Fruits tournants

2^e série :

2-5	38	
6	36,22	
10	32,27	
14	28,93	
18	24,32	Fruits tournants

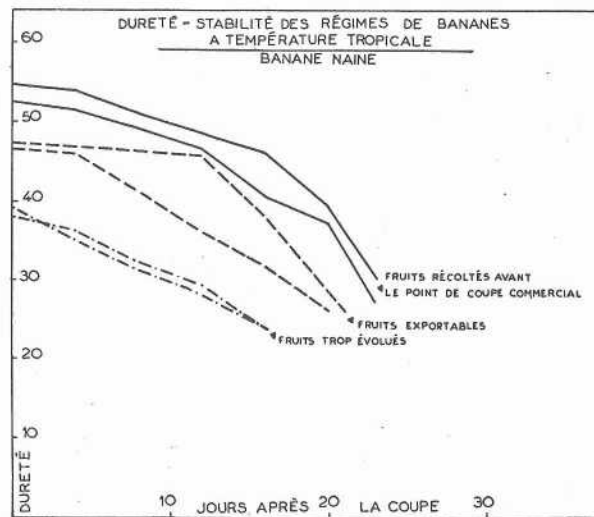


FIG. 4.

Ces essais montrent :

1° que la dureté de la pulpe est la plus faible pour les fruits évolués ;

2° que la série la moins évoluée est entrée en maturation

**

en 27 jours, la série de coupe normale en 21 jours et la série jugée trop évoluée en 16 jours ;

3° la dureté de la pulpe diminue d'une manière continue jusqu'au déclenchement de la maturation.

**VARIATION
DE LA DURETÉ DE LA PULPE
PENDANT UN SÉJOUR EN CHAMBRE FROIDE**

La dureté de la pulpe a été déterminée sur une série de 37 régimes faisant l'objet d'un essai à la chambre froide expérimentale de la Station Centrale de l'I. F. A. C. à Foulaya (Guinée).

Température de régime de la chambre froide : 11°5.

Humidité relative : 90 %.

Entrée des régimes emballés le 29-4-55, sortie des régimes le 13-5-55.

Durée du refroidissement des fruits à 13° C : 24 heures.

Dureté moyenne du lot de 37 régimes à l'entrée : 46,9.

Dureté moyenne du lot à la sortie de la chambre après 14 jours de séjour : 43,2.

Soit un écart moyen de 3,7, ce qui est faible et peut correspondre à l'évolution ralentie des fruits en chambre froide.

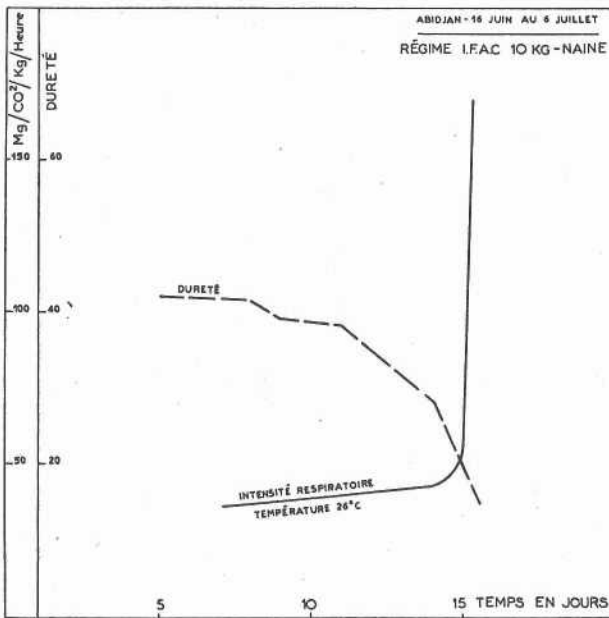


FIG. 5.

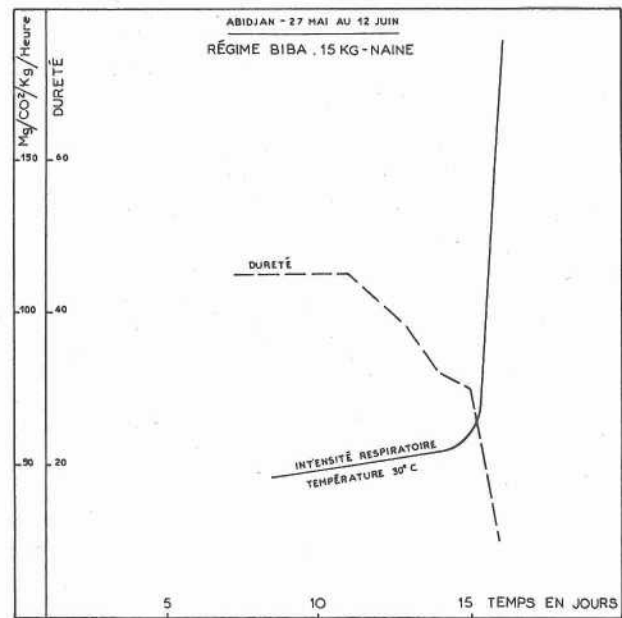


FIG. 6.

**COURBE DE DURETÉ DU RÉGIME
APRÈS RÉCOLTE
ET COURBE D'INTENSITÉ RESPIRATOIRE**

Nous avons établi simultanément la courbe d'intensité respiratoire de la banane et la courbe de dureté du régime considéré à température tropicale de 28°. Il n'a pas été possible d'opérer par séries de régimes comme pour les autres déterminations parce que le poste de détermination de l'intensité respiratoire ne permettait que quatre déterminations.

Les courbes obtenues sont significatives :

a) la dureté varie peu au début de la phase préclimactérique (la variation de la dureté sur un régime doit être considérée comme peu indicative par suite des facteurs

aberrants : hétérogénéité des fruits, déshydratation, coefficient personnel de l'opérateur) ;

b) 3 ou 4 jours avant le déclenchement de la phase préclimactérique caractérisé par l'augmentation brutale de l'intensité respiratoire, la dureté de la pulpe commence par baisser lentement d'abord (1 point de dureté par jour) puis rapidement et le déclenchement de la maturité correspond à une dureté de 20 à 25 ;

c) en phase climactérique la dureté décroît très rapidement pour devenir nulle un à deux jours après le déclenchement de la phase climactérique, ce qui permet de dire que la détermination de la dureté permet de caractériser rapidement et avec simplicité le passage à l'état climactérique.

Il faut deux minutes pour déterminer une dureté contre cinq heures pour mesurer une intensité respiratoire.

**RELEVÉS DE DURETÉ
SUR DES LOTS COMMERCIAUX
ET APPRÉCIATIONS DES CONTRÔLEURS
DU CONDITIONNEMENT**

Nous avons procédé à des déterminations de dureté sur des lots commerciaux au quai d'embarquement et nous avons noté l'appréciation des contrôleurs du Service du Contrôle du Conditionnement.

Essai n° 1 à Sassandra (Côte-d'Ivoire) le 30 mai 1952.

Les tests de dureté ont été effectués sur 272 régimes par rapport à un total de 2.511 régimes, ce qui représente 11 %.

La dureté a été faite sur un fruit par régime.

Le tableau ci-dessous résume l'essai.

Marque	Dureté moyenne	Nombre de régimes du lot
1	39	406
2	43	53
3	43	93
4	47	50
5	48	117
6	48	94
7	48	55
8	48	87
9	49	364
10	49	99
11	49	84
12	50	92
13	51	70
14	52	74
15	54	147
16	54	201
17	54	25
18	54	73
19	54	59
20	55	268

Le contrôleur examinait les lots suivant les méthodes habituelles et les déterminations de la dureté se sont effectuées en dehors de sa présence. Il les ignorait donc en formulant son appréciation qui a été la suivante :

lot n° 1 à retrier, contient des régimes trop évolués,

lots n°s 2 à 14 coupe commerciale,

lots 15 à 20 fruits maigres.

Le contrôleur déclare que l'appréciation visuelle d'un lot limite reste délicate et que la connaissance d'une valeur chiffrée devrait permettre de se prononcer sur l'acceptation et le refus d'une manière plus satisfaisante.

Essai n° 2. Sassandra le 19 mars 1953.

Marque	Dureté moyenne de l'échantillon	Nombre de fruits testés
1	41	18
2	41	13
3	43	20
4	43	7
5	46	8
6	47	13
7	47	7
8	48	13
9	48	11
10	48	9
11	48	17
12	48	11
13	48,5	12
14	49	13
15	49	21
16	49	8
17	49	7
18	49,5	19
19	50	17
20	50	10
21	50	8
22	51	10
23	52	30
24	52	20
25	54	20
26	54	28

Voici l'appréciation du contrôleur qui n'avait pas connaissance des tests de dureté.

Les marques 1 à 4 sont refusées à l'expédition parce qu'elles sont trop évoluées.

La marque n° 3 a été retriée après quoi la dureté moyenne de l'échantillonnage sur le lot retriié est passée de 43 à 49.

Essai n° 3. Sassandra le 12 novembre 1954.

Marque	Dureté moyenne de de l'échantillon	Dureté minimum et maximum de l'échantillon	Nombre de régimes testés	Nombre de régimes du lot
1	42,8	37,5 à 46,2	10	71
2	43,4	39 à 45,2	7	51
3	45,3	37 à 52	8	63
4	45,7	40 à 52,2	24	200
5	46,6	42 à 48,5	8	68
6	46,9	40 à 57,5	32	272
7	47,1	41,5 à 54,5	37	241
8	47,3	42 à 53,5	39	202
9	48,5	41,7 à 55,2	31	228

Appréciation du contrôleur : Recrudescence de régimes évolués. Les planteurs doivent porter une attention particulière sur le degré de coupe ;

les marques 1-2-3 sont limitées ; la marque 9 est de coupe irrégulière.

**DURETÉ DES LOTS COMMERCIAUX
EXPÉDIÉS
PAR LA STATION CENTRALE DE L'I. F. A. C.
A FOULAYA (GUINÉE)**

Les lots commerciaux expédiés par la Station Centrale de l'I. F. A. C. à Foulaya en Guinée ont été testés du 8 janvier au 26 juillet 1955. Ce contrôle a porté sur 53 expéditions avec détermination de la dureté de 50 régimes par expédition, ce qui représente un échantillonnage compris entre 15 et 25 % du lot.

Les lots sont caractérisés par trois données :
la dureté moyenne,
les duretés extrêmes,
un graphique de répartition des duretés pouvant renseigner sur l'homogénéité du lot.

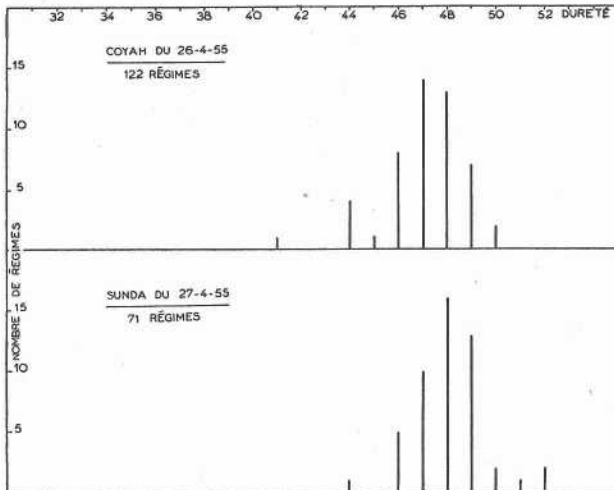


Fig. 7.

Cet essai systématique a montré que la dureté moyenne du lot diminue lorsqu'il y a présence de pulpe jaune et augmente lorsque la pulpe est blanche.

L'hétérogénéité des lots est élevée lorsque les fruits sont à pulpe jaune, ce qui démontre que la précision de la coupe d'après l'aspect visuel du régime devient assez faible et qu'il y a possibilité d'expéditions de régimes trop évolués et ce qui explique la légère augmentation des avaries à certaines périodes.

Nous donnons ci-dessous quelques résultats caractéristiques à ce sujet.

*Expédition n° 24. Coyah du 26 avril 1955. 122 régimes.
Test sur 50 régimes. Dureté moyenne de l'essai : 47.*

Dureté	Nombre de régimes	Appréciation visuelle
41	1	Fruits à chair blanche
44	4	
45	1	
46	8	
47	14	
48	13	Absence de fruits à chair jaune
49	7	
50	2	

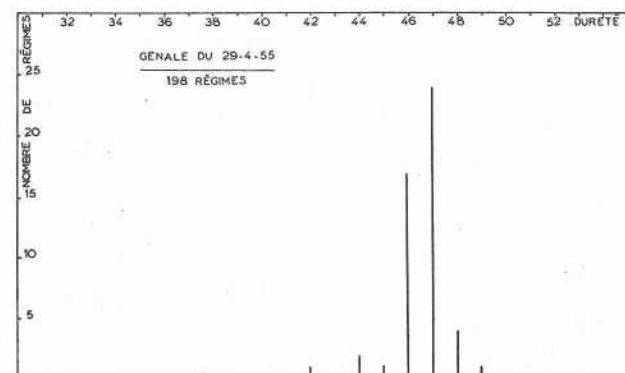
*Expédition n° 25. Sunda du 27 avril 1955. 71 régimes.
Test sur 50 régimes. Dureté moyenne : 48,2.*

Dureté	Nombre de régimes	Appréciation visuelle
44	1	Coupe 3/4 plein 1 fruit à chair jaune Les autres régimes à chair blanche
46	5	
47	10	
48	16	
49	13	
50	2	
51	1	
52	2	

*Expédition n° 26. Genale du 29 avril 1955. 198 régimes.
Test sur 50 régimes. Dureté moyenne : 46,6.*

Dureté	Nombre de régimes	Appréciation visuelle
42	1	Coupe 3/4 plein normal
44	2	
45	1	1 fruit à pulpe jaune
46	17	
47	24	Les autres régimes à chair blanche
48	4	
49	1	

Fig. 8.



Ces trois expéditions successives présentent le même caractère.

Dureté moyenne des essais comparable : 47-48,2-46,6.

Homogénéité :

Lot Coyah : 84 % des régimes entre 46 et 49 de dureté.

Lot Sunda : 88 % des régimes entre 46 et 49 de dureté.

Lot Genale : 92 % des régimes entre 46 et 49 de dureté.

Fruits 3/4 plein à chair blanche.

Ce qui montre que pour ces trois coupes effectuées du 26 avril au 29 avril la coupe visuelle a été bonne et précise. Il s'agit de fruits normaux à chair blanche.

Ces trois coupes permettent également de voir que l'erreur de la détermination qui fait intervenir l'appareil, l'opérateur et l'hétérogénéité du fruit n'est pas élevée et que des trois facteurs aberrants considérés, c'est celui de l'hétérogénéité du fruit qui doit être considéré comme le plus important.

Nous donnons maintenant trois autres expéditions du 16 au 23 mai qui montrent une qualité toute différente des fruits.

Expédition n° 31. Manéah du 16 mai 1955. 102 régimes. Test sur 49 régimes. Dureté moyenne : 39,8.

Dureté	Nombre de régimes	Appréciation visuelle
33	2	Fruits à chair jaune
34	1	
35	2	
36	4	
37	4	
38	5	
39	6	Coupe 3/4 normal
40	5	
41	5	
42	4	
43	3	
44	5	
45	1	
46	2	

Expédition n° 32. Coyah du 21 mai 1955. 198 régimes. Test sur 55 régimes. Dureté moyenne : 40,6.

Dureté	Nombre de régimes	Appréciation visuelle
34	1	Coupe 3/4 normal
36	4	
37	3	Toujours beaucoup de pulpes jaunes
38	4	
39	12	
40	8	
41	5	
42	6	
43	3	
44	2	
45	2	
46	1	
47	3	
48	1	

Expédition n° 33. Mona-Lisa du 23 mai 1955. 202 régimes. Test sur 50 régimes. Dureté moyenne : 39,2.

Dureté	Nombre de régimes	Appréciation visuelle
33	1	Chair jaune prononcé
34	3	
35	2	Quelques régimes proviennent de carrés assez fortement atteints de Cercospora Coupe 3/4 plein normal
36	6	
37	4	
38	5	
39	5	
40	5	
41	7	
42	2	
43	4	
44	1	
45	2	
46	1	
47	1	
49	1	

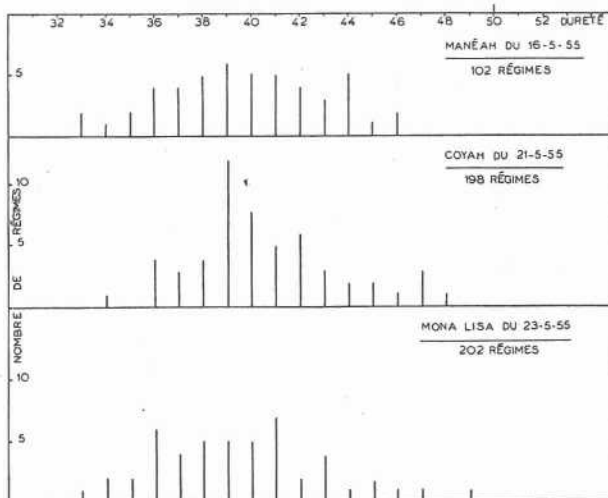


FIG. 9.

Cette seconde série de trois expéditions commerciales du 16 au 23 mai montre que la qualité des fruits est différente de celle des fruits expédiés du 26 au 29 avril.

Les fruits d'avril étaient à pulpe blanche, leur dureté moyenne était de 36,6 à 48,2 et point très important, les lots étaient homogènes.

L'estimation visuelle de la coupe est satisfaisante.

En mai, *une quinzaine plus tard*, la dureté moyenne est comprise entre 39,2 et 40,8, la pulpe des fruits est devenue jaune, et surtout les lots deviennent hétérogènes puisque la dureté de chacun des lots se répartit comme suit :

Lot Manéah de 33 à 47
 Lot Coyah de 34 à 48
 Lot Mona-Lisa de 33 à 49.

Il y a donc un glissement vers une diminution de dureté et une répartition beaucoup plus dispersée, ce qui permet de conclure que la détermination visuelle de la coupe est beaucoup plus difficile et devient moins satisfaisante. Le lot Maneah n'a pas fait l'objet de déclaration d'avaries à son arrivée à Nantes pour les fruits de l'I. F. A. C. Ce navire est arrivé le 26 mai, soit 10 jours après la coupe.

Le lot Coyah, coupé le 21 mai, est arrivé à Nantes le 2 juin, soit 12 jours après la coupe et aucune avarie n'a été déclarée pour la marque I. F. A. C.

Ce qui montre :

1° que c'est le facteur hétérogénéité des fruits qui domine les deux autres erreurs : appareil et facteur personnel de l'opérateur. Lorsque les fruits sont homogènes, le pénétromètre donne, avec un opérateur entraîné, des mesures interprétables ;

2° que la qualité de la banane peut varier sensiblement et dans un délai relativement court. Pour le cas considéré, la qualité est différente en l'espace de 17 jours ;

3° que l'appréciation visuelle du point de coupe devient difficile lorsque la qualité du fruit baisse et que son hétérogénéité augmente.

La possibilité d'expédition de régimes trop évolués augmente, c'est ce qui explique les variations saisonnières d'avaries ;

4° le fait que trois lots consécutifs ont été expédiés par l'I. F. A. C. et contenaient des régimes évolués sans avarie à l'arrivée est à remarquer. Ces régimes coupés le matin sont chargés le jour même en wagon et dans le navire le lendemain matin. L'intervalle coupe-chargeement du navire bananier est de 24 heures.

Dans ces conditions le fruit déjà évolué supporte sans avarie un transport maritime de 10 à 11 jours. Il est probable que ces fruits n'auraient pu arriver dans cet état si l'intervalle coupe-chargeement avait été plus long.

Ce qui indique que la banane bien traitée, même si elle a été expédiée dans des conditions peu favorables, chair

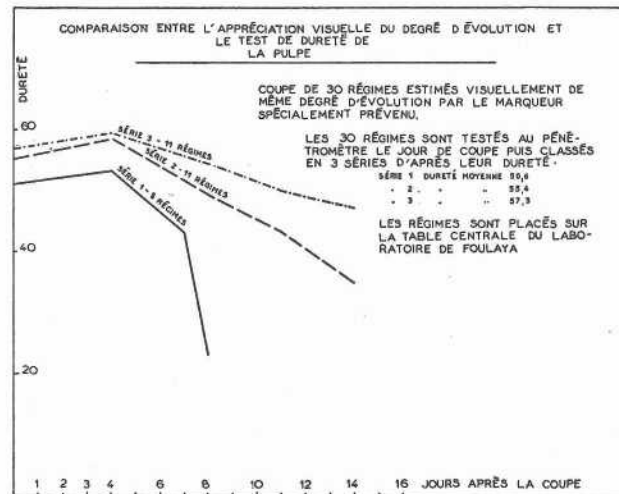
crème, quelques régimes évolués, supporte un transport maritime d'une dizaine de jours ;

5° lorsque les lots sont homogènes les résultats obtenus par le pénétromètre doivent être considérés comme satisfaisants. Le calcul statistique montre qu'avec des séries de 10 régimes dans ce cas, les résultats obtenus sont à ± 1 , ce qui est suffisant.

COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS ENTRE L'APPRÉCIATION VISUELLE ET LE TEST DE DURETÉ

Nous avons demandé aux marqueurs de la Station Centrale de l'I. F. A. C. de prélever 30 régimes aussi identiques que possible en leur spécifiant bien qu'il s'agissait d'un

Fig. 10.



Série 1.

	N° des régimes	Poids en kg	Dureté				Observations	
			15-10-54	19-10-54	22-10-54	23-10-54		
	1	18	46	49	48	19	Cette série n'est pas très homogène Les duretés initiales sont comprises entre 46 et 52	
	3	16	49	51	47	15		
	26	14	51	55	52	36		
	28	18	51	54	47	44		
	5	14	52	56	25	10		
	9	15	52	55	42	18		
	11	13	52	52	44	11		
	16	13	52	52	44	32		
	Dureté moyenne		50,6	53,1	43,7	23,1		

essai en laboratoire et que le lot de 30 régimes devait être coupé avec beaucoup d'attention, ce qui permet de dire que la récolte de ces régimes a été faite dans les meilleures conditions pour limiter l'erreur d'appréciation visuelle.

Ces régimes classés 3/4 normal ont été ensuite testés au pénétromètre et classés en trois séries qui ont été placées

dans une salle de laboratoire et observées à température tropicale jusqu'à la maturation.

Voici les résultats obtenus (série 1, page ci-contre) :

En se basant sur l'ensemble de la série, il est possible de dire que le stade tournant a été atteint le 23 octobre, soit 8 jours après la récolte.

Série 2.

N° des régimes	Poids en kg	Dureté					Observations
		15-10-54	19-10-54	23-10-54	26-10-54	29-10-54	
2	18	54	59	47	44	25	Homogénéité satisfaisante
4	16	54	60	50	44	48	
29	13	54,7	53	44	37	31	
7	12	55	56	48	45	39	
15	14	55	59	49	42	25	
22	18	55	61	46	46	46	
6	214	56	61	50	46	49	
24	14	56	61	51	43	30	
12	12	56	58	50	48	33	
18	12	56	60	58	50	50	
20	12	56	56	46	37	10	
Dureté moyenne		55,4	58,5	49	43,8	35,1	

Le stade tournant a été obtenu 14 jours après la récolte.

Série 3.

N° des régimes	Poids en kg	Dureté					Observations
		15-10-54	19-10-54	23-10-54	26-10-54	29-10-54	
8	14	57	60	50	33	10	Bonne homogénéité
17	16	57	61	58	49	49	
10	13	57	59	54	51	47	
23	13	57	61	56	51	47	
27	13	57	58	56	56	53	
13	16	56	58	52	49	44	
21	15	58	58	55	51	49	
30	13	58	59	56	56	56	
19	14	57	58	51	51	53	
25	15	59	58	57	52	58	
14	13	58	57	53	52	49	
Dureté moyenne		57,3	58,8	54,4	50,1	46,8	

Le 29 octobre, soit 14 jours après la récolte, le stade tournant n'a pas encore été atteint pour la série 3, pris dans son ensemble (le régime n° 8 seul a atteint le stade tournant).

Cet essai montre comme le précédent que l'estimation

visuelle par un marqueur manque de précision pour caractériser le degré d'évolution du fruit. La dureté de la série de 30 régimes était comprise entre 46 et 58 et le classement par dureté a permis d'obtenir trois séries dont l'entrée en maturation s'est trouvée décalée dans le temps et en correspondance avec la dureté de chaque série.

L'analyse statistique des chiffres des séries 2 et 3 donne les résultats suivants :

	Série 2			Série 3		
	1 ^{re} main	2 ^e main	1 ^{re} et 2 ^e main	1 ^{re} main	2 ^e main	1 ^{re} et 2 ^e main
N						
\bar{x}	55,54	55,81	55,58	57,37	57,62	57,34
σ^2	3,30	2,44	0,77	1,21	1,19	0,86
σ	1,82	1,56	0,87	1,10	1,09	0,93
C_v	3,28	2,79	1,56	1,92	1,89	1,62
Nombre de régimes pour une précision de ± 1			Nombre de régimes pour une précision de ± 1			
	13	10	3	5	4	4

DEUXIÈME PARTIE

CHOIX D'UN PÉNÉTROMÈTRE POUR TESTER LA BANANE

Les premiers essais ont été effectués avec le pénétromètre Bellevue réalisé suivant les indications de M. le Professeur ULRICH, pour les pommes et les poires métropolitaines. Les caractéristiques de cet appareil sont les suivantes :

diamètre de l'embout : 8 mm,

une division correspond à l'application d'une force de 100 grammes.

Cet appareil est très maniable, simple et robuste.

Les premiers résultats ne furent pas satisfaisants. Le ressort étant trop fort et le diamètre de l'embout faisait éclater la pulpe.

Après différents essais, nous avons ramené l'embout à un diamètre de 4 mm et changé le ressort pour garder la même pression. La longueur du ressort diminue de 1 mm

sous l'effet d'une force de 25 grammes. Une dureté de 50 correspond à une force de 1 kg 250 exercée au moment de la pénétration.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE

La dureté se détermine sur la pulpe du fruit après enlèvement de la peau et des tissus fibrovasculaires, de préférence sur la face interne des fruits de la rangée interne. Chaque fruit est testé en quatre endroits différents en évitant les extrémités.

L'extrémité apicale donne des résultats différents à cause de sa forme et de la structure fibreuse du pédoncule.

L'extrémité distale peut présenter une cicatrisation intérieure provenant d'une blessure causée par l'épistillage.

Le centre du fruit est éliminé à cause de la présence des Carpelles.

La dureté du fruit est la moyenne des quatre tests opérés.

PRÉCISION DES MESURES

Trois causes d'erreurs sont à considérer :

- 1° erreurs provenant de l'appareil ;
- 2° erreurs imputables à l'opérateur ;
- 3° erreur due à l'hétérogénéité des fruits.

Erreur provenant de l'appareil.

Cette erreur peut provenir de différence entre les ressorts et de la qualité de l'usinage.

Le ressort à boudin peut être taré et il est possible d'établir une courbe d'étalonnage de chaque appareil donnant le

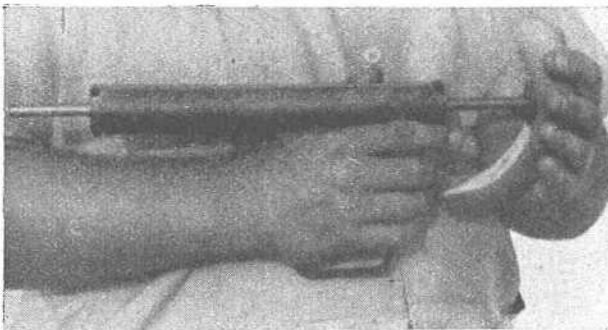


PHOTO 1.

Détermination de la dureté de la pulpe de la banane.

raccourcissement du ressort en fonction de la force appliquée représentée par des poids placés sur un plateau de tarage pouvant s'adapter sur l'embout.

L'embout qui est interchangeable peut être usiné au 1/50 de mm, ce qui représente une variation de surface de 1 %, dont la répercussion sera faible pour des duretés comprises entre 40 et 50.

Le facteur appareil ne joue donc pas un rôle important.

Erreurs imputables à l'opérateur.

Les résultats obtenus dépendent du temps mis par l'opérateur pour appliquer la force nécessaire à la pénétration de l'embout dans la pulpe du fruit.

Mais ce temps se trouve ramené à des limites peu différentes par la pratique.

L'opérateur entraîné arrive à opérer machinalement et à atteindre un temps compris entre 3/5 de seconde et une seconde, entre l'application de l'embout sur la pulpe et la pénétration. (Il est toujours possible de contrôler ce temps.)

La nature des tissus végétaux et la mobilité relative du curseur du pénétromètre ne permettent pas d'opérer trop rapidement. Une pression trop brutale empêche de ralentir la pression au moment de la pénétration et il se produit un entraînement du curseur. L'opérateur doit sentir la détente du ressort au moment de la pénétration de l'embout et cesser l'effort de pression, ce qui n'est possible qu'à une cadence raisonnable.

Il y a encore lieu d'examiner la manière d'exercer l'effort qui peut être progressive ou spasmodique. Il peut y avoir là un facteur personnel de l'opérateur, mais il est possible de comparer deux opérateurs en procédant comme suit :

L'opérateur n° 1 choisit au pénétromètre une série de 10 ou 20 régimes homogènes (dureté extrême des régimes de la série s'écartant de 1 point de la moyenne par exemple).

Ensuite, les deux opérateurs testent systématiquement les fruits des deux premières mains des régimes en alternant et la comparaison des résultats obtenus permet de savoir s'il y a un facteur personnel différent entre chacun des opérateurs.

L'idéal serait d'avoir une substance de référence permettant de caractériser directement chaque opérateur. Il n'a pas encore été possible d'en trouver.

HÉTÉROGÉNÉITÉ DES FRUITS

Cette hétérogénéité est double :
hétérogénéité entre les régimes ;

hétérogénéité des fruits d'une même main.

Elle se trouve montrée par les différences de résultats obtenues par des opérateurs entraînés lorsque la qualité des fruits varie et il est caractéristique de constater qu'ils la reflètent.

Les exemples cités dans le contrôle des coupes commerciales de l'I. F. A. C. à Foulaya sont éloquentes à cet égard.

Du 26 au 29 avril la pulpe est blanche, les fruits sont homogènes et les résultats sont groupés. Si l'on excepte trois régimes isolés, on voit qu'il y a 147 régimes qui ont des duretés comprises entre 44 et 52, par contre 17 jours plus tard l'allure de la coupe change nettement, et nous trouvons 149 régimes dont la dureté est comprise entre 33 et 48 avec une répartition beaucoup plus dispersée.

Ce qui montre que la régularité de la coupe visuelle peut devenir aléatoire dès que la qualité du fruit s'abaisse et que l'hétérogénéité des régimes choisis d'après leur aspect peut être grande. Les résultats présentés montrent que l'hétérogénéité est le facteur dominant qui est de nature à fausser les essais entrepris sur les fruits si des précautions particulières n'ont pas été prises à ce sujet.

SIGNIFICATION DE LA DURETÉ

Le test de dureté consiste à provoquer la rupture des tissus de la pulpe du fruit en exerçant une pression. C'est un essai physique qui ne donne aucun renseignement sur la cause justifiant une relation entre la dureté de la pulpe, le degré d'évolution du fruit et de sa stabilité.

Il serait intéressant de pouvoir établir une correspondance entre la courbe de dureté de la pulpe de la banane et la teneur d'un ou plusieurs constituants liés à l'évolution du fruit. (Protopectines et hémicelluloses par exemple).

ULRICH-PAULIN et MIMMAULT (1954) (11) ont montré que la chute des composés pectiques insolubles est tout à fait comparable à celle de la dureté pour des pommes Canada. (La teneur en protopectine au début de l'essai est voisine de 0,7 %, valeur qui diffère peu de celle trouvée par STRATTON et H. von LOESECKE (12) dans la banane en début de maturation 0,5 %.)

En ce qui concerne l'hémicellulose, BARNELL (13) a montré son importance dans le métabolisme de la banane. Sa teneur qui serait de 8 à 10 % dans le fruit vert diminuerait pour atteindre 1 à 2 % pendant la maturation.

CONCLUSION

Les essais de dureté effectués sur la pulpe de la banane pendant son développement sur le plant et en phase préclimac-térique montrent qu'il y a une relation entre le test de dureté et le degré d'évolution :

- la dureté de la première main du régime est la plus faible, c'est celle qui entre d'abord en maturation ;
- la dureté des mains du régime va en croissant, c'est l'ordre d'entrée en maturation ;
- les régimes de dureté moindre ont une stabilité moindre à température tropicale ;

— le passage en phase climactérique correspond à une chute brutale de la dureté ;
 — des régimes d'un lot classés par le test de dureté ont une stabilité correspondant à ce classement à température tropicale.

La courbe de la dureté de la pulpe de la banane pendant son développement sur le plant est une courbe à maximum. En fin d'évolution du fruit sur le plant, la dureté diminue.

La forme de cette courbe paraît être en relation avec la qualité du fruit.

Les fruits à développement lent présentent une courbe avec un maximum élevé.

Les fruits à développement rapide présentent une courbe avec un maximum moins élevé.

Il devient possible d'étudier les variations de qualité du fruit, de déterminer l'hétérogénéité des régimes constituant un lot et de rechercher l'importance de celle des fruits d'un même régime. L'utilisation du test de dureté doit faciliter les études sur la banane puisqu'il devient possible d'éliminer le facteur hétérogénéité qui peut être considéré comme étant une cause déterminante des incertitudes expérimentales.

Il devient possible d'envisager l'utilisation d'une méthode permettant de caractériser la qualité de la banane par deux notions qui pourront être chiffrées.

Le degré d'évolution du fruit qui représente son état à un moment donnée. La stabilité du fruit qui caractérise son comportement ultérieur. Il semble possible d'établir des courbes types répondant aux conditions normales de développement de la banane pour une variété et des conditions agronomiques et climatiques données. La comparaison des courbes de dureté d'un essai avec les courbes types devrait permettre de juger la qualité des fruits et l'influence des facteurs observés.

Les essais effectués ont montré que la qualité de la banane pouvait subir des variations importantes dans un court délai. Ce qui indique que des bananiers peuvent être particulièrement sensibles à certains facteurs (climat par exemple) et il devient possible d'en rechercher les causes. Le maximum de la courbe et la pente de la branche descendante doivent pouvoir fournir des éléments d'appréciation. La pente de la branche descendante constituerait peut-être un indice de stabilité.

Le test de dureté devrait trouver une application plus généralisée et pouvoir être utilisé pour l'étude du développement d'autres fruits qui présenteraient une analogie avec la banane en ce qui concerne la métamorphose pectique et la transformation des hémicelluloses.

M. le Professeur ULRICH n'a cessé de nous conseiller et de nous encourager pour la poursuite de cette étude sur la dureté de la pulpe de la banane en phase préclimactérique et nous lui exprimons toute notre gratitude.

R. DEULLIN et J. MONNET.
 I. F. A. C.

La courbe de dureté n° 5 de la banane grande Naine pendant son développement sur le plant a été exécutée par M. DAUDIN. Les trois courbes de dureté n° 6, 7, 8 de la banane Poyo pendant son développement sur le plant ont été exécutées par M. AUTOUR.

BIBLIOGRAPHIE

- | | |
|--|---|
| (1) WARDLAW. Mémoire n° 11. Métabolisme et stockage de la banane, septembre 39. Low. Temp. Res. Station, Trinidad. | (7) GANE. Food Invest. tech. Paper 3 (1953). |
| (2) H. VON LOESECKE. Bananas, p. 42, New York (Interscience Pub.). | (8) WARDLAW. <i>Trop. agr.</i> (Trinidad), 7, 103 (1940). |
| (3) GANE, FURLONG, SHEPHERD et ROBINSON. Food Invest. Technic. Paper 3 (1953). | (9) LEONARD. <i>Ann. Botany</i> , 5, 89 (1941). |
| (4) TALLARICO. <i>Arch. farmacol.</i> , ser. 7-27 (1908). | (10) GANE. <i>New Phytologist</i> , 35, 383 (1936). |
| (5) WOLFE. <i>Botan. Gaz.</i> , 92, 337 (1931). | (11) ULRICH, PAULIN et MIMAULT. <i>Rev. gén. Froid</i> , 31, 7, Jul. 1954. |
| (6) R. BARNELL. <i>Ann. Botany</i> , 5, 607 (1941). | (12) STRATTON, VON LOESECKE. United Fruit Co. Res. Dept. Bull. n° 32, 1930. |
| | (13) BARNELL. <i>Ann. Botany</i> , 7, 297 (1943). |