

# Noté sur la signification biochimique de la dureté dans le cas de la pulpe de la banane

Quelle est la cause de l'amollissement de la pulpe lorsque le fruit mûrit ? Autrement dit, quelle relation existe-t-il entre la dureté et la constitution de la pulpe ?

Il paraît logique d'attribuer la fermeté des fruits charnus principalement aux cloisons cellulaires ; la turgescence des cellules, les substances solides qu'elles contiennent, en particulier les grains d'amidon (pour la banane) peuvent avoir une influence secondaire.

La cloison cellulaire comprend généralement deux parois séparées par une lamelle moyenne. Elle est constituée de cellulose, hémicellulose, substances pectiques, lignine et pentosanes. La lamelle moyenne contient une forte proportion de pectines.

La maturation du fruit s'accompagne d'une gélification de la lamelle moyenne. Les pectines existant dans les fruits verts sous forme de protopectines, associées à des ions calcium, se transforment en pectines solubles — les cloisons cellulaires du fruit mûr n'étant plus soutenues par cette lamelle moyenne, n'ont plus de cohésion et la dureté diminue.

Cette théorie a été vérifiée pour quelques fruits. En particulier pour les pommes, les poires, les pêches. Peut-on l'appliquer aux bananes ? La littérature nous fournit quelques données sur les pectines, mais aucune relation avec la dureté n'est signalée. STRATTON et VON LOESECKE ont publié des analyses de matières pectiques de quelques variétés de bananes au cours de leur maturation.

Nous retiendrons celles qui concernent la variété Gros Michel. (*Poids exprimés en grammes de pectate de calcium.*)

	JOURS EN CHAMBRE DE MATURATION					
	0	3	11	9	7	5
Pectines totales. ....		0,83	0,62	0,58	0,68	0,67
Pectines solubles. ....		0,27	0,40	0,37	0,34	0,36
Protopectines. . . . .	0,53	0,56	0,22	0,21	0,34	0,31

Le 11<sup>e</sup> jour les fruits sont complètement mûrs.

CONRAD a donné des teneurs en pectines pour des bananes mûrissant à 30°, mais dont nous ignorons la variété.

ÉTAT DU FRUIT	JOUR	PERTE DE POIDS	PEC-TINES SO-LUBLES	PEC-TINES TO-TALES
Vert. ....	0	0	0,11	0,31
Peau jaunissante. ....	2	5,1	0,30	0,36
Mûr comestible. ....	7	15,9	0,39	0,39
Peau noircie. ....	11	31,7	0,29	0,32

Cet auteur tient compte d'un phénomène important, la perte de poids, sur lequel nous reviendrons.

C. BOURDOUIL, analysant des bananes Petite Naine, trouvait au cours de leur maturation des variations en matières pectiques allant de 1,93 % du poids frais pour le fruit vert à 0,87 % pour le fruit très mûr.

BARNELL, sur variété Gros Michel, a dosé des pectines solubles sous forme de pectate de calcium, lorsque les régimes mûrissaient à température tropicale. Le fruit vert du régime venant d'être coupé ne contenait que 0,2 % de pectines solubles ; cette teneur montait à plus de 3 % pour le fruit mûr.

En résumé les auteurs ont trouvé les teneurs en pectines très différentes suivant la variété choisie ; les conditions de maturation ; la méthode d'analyse utilisée. Mais en règle générale, on observe au cours de la maturation :

Une légère diminution des pectines totales ;

Une augmentation des pectines solubles.

Une diminution importante des pectines insolubles en protopectines.

**Objet de notre étude.**

Nous rechercherons s'il existe un rapport entre les constituants de la pulpe de banane et sa fermeté. Les variations les plus nettes et les plus rapides s'observant au cours de la maturation, nous mesurerons simultanément sur des régimes venant d'être coupés l'évolution de la dureté de la pulpe du fruit et celle des constituants susceptibles de la faire varier : cellulose, hémicellulose, matières pectiques, amidon.

**Mode opératoire.**

Quatre à six régimes sont choisis le jour de la coupe, à peu près de même poids et de même dureté. Des observations préalables nous ont montré que ce nombre suffisait pour obtenir des variations moyennes régulières. Ils sont entreposés dans une pièce du laboratoire à température ambiante. On coupe une banane à la troisième main de chaque régime tous les deux ou trois jours. On la pèse et on mesure sa dureté (Méthode DEULLIN-MONNET). Sur chaque fruit on dose les matières insolubles dans l'alcool, l'amidon, les matières pectiques, les celluloses et hémicelluloses. Les résultats énoncés représentant la moyenne des résultats obtenus sur les 4 ou 6 régimes.

**Méthode d'analyse.**

Nous avons beaucoup emprunté aux méthodes décrites par BARNELL.

a) *Matières insolubles dans l'alcool.* On coupe 4 tranches de chaque fruit : deux à 2 cm des extrémités, deux à 2 cm du centre. On ajuste à 10 g exactement le poids de ces tranches et on les plonge dans 100 cm<sup>3</sup> d'alcool à 90° bouillant. 1/2 heure après, les tranches essorées sont rincées, desséchées à 70° sous vide et broyées au mortier. La poudre ainsi obtenue est extraite 6 heures au kumagawa avec 100 cm<sup>3</sup> d'alcool à 90°. Après séchage on pèse le résidu insoluble obtenu.

b) *Amidon.* On extrait de 100 mg à 1 g d'insoluble sec, à l'acide perchlorique froid et on hydrolyse l'extrait par l'acide chlorhydrique à l'ébullition. On dose les sucres provenant de la transformation de l'amidon.

c) *Pectines.* Les pectines solubles sont extraites à l'eau froide et les pectines totales à l'eau chaude à 85° C acidulée par ClH en solution 0,05 N. Nous avons fait porter l'extraction sur :

- 1) L'insoluble dans l'alcool, séché.
- 2) La pulpe simplement stabilisée 1/2 h à l'alcool et séchée.

**PREMIÈRE EXPÉRImentation**

TABLEAU I.

*Les pectines sont dosées sur l'insoluble dans l'alcool.*

JOUR	POIDS FRUITS	DURETÉ	INSOLUBLE DANS L'ALCOOL	PECT. SOL.	PECT. TOT.	PROTOPECTINES
0	78,6	49,7	27,69	0,36	0,62	0,26
2	79,6	46,9	27,84	0,35		
4	80,0	45,0	27,52	0,35		
6	80,8	43,5	27,76	0,31	0,62	0,30
8	79,0	41,9	27,27	0,33		
10	79,8	40,9	27,27	0,32	0,64	0,32
13	77,8	31,7	24,55	0,37	0,67	0,30
15	76,0	19	15,28	0,34	0,61	0,28
17	75,0	16	14,16	0,35	0,65	0,30
19	70,5	0	4,86	0,40	0,62	0,22
20	69	0	3,82	0,37	0,53	0,16
21	68	0	2,97	0,37	0,44	0,07

Insoluble et pectine sont exprimés en g pour 100 g.

3) La pulpe écrasée fraîche.

Après une première précipitation à l'acétone (teneur finale 60 %), les pectines reprises par l'eau bouillante sont hydrolysées et précipitées sous forme de pectate de calcium.

d) *Cellulose et hémicelluloses* sont déterminées par la différence insolubles totaux dans l'alcool moins (amidon + pectines).

#### Résultats et discussion.

D'une manière générale les chiffres exprimant le pourcentage des substances dosées peuvent conduire à une interprétation inexacte. Tout au long du stockage les fruits perdent du poids par évaporation, respiration, transpiration et il en résulte une dessiccation des tissus, lesquels se concentrent en substances que l'on dose

#### DEUXIÈME EXPÉRIMENTATION

TABLEAU II.

*Les pectines sont extraites de la pulpe simplement stabilisée à l'alcool bouillant 1/2 h puis séchée.*

*Les régimes ont été entreposés au laboratoire — maturation rapide causée par les émanations de gaz de chauffage.*

JOUR	POIDS FRUITS	DURETÉ	PECTINES SOLUBLES	PECTINES TOTALES	PROTO-PECTINES
0	93	42,7	0,32	0,63	0,30
2	90,5	45,8	0,31	0,60	0,28
4	93	43,7	0,31	0,62	0,30
6	89	38,7	0,29	0,60	0,31
8	88	0	0,45	0,62	0,17
10	86,5	0	0,42	0,63	0,21

Dans le cas de la banane les choses se passent d'une autre façon, il y a bien une perte de poids et le chiffre signalé par CONRAD de 31,7 % pour une banane surmûre n'est pas exagéré, mais la dessiccation ne porte que sur la peau du fruit. La pulpe ayant au contraire légèrement tendance à s'hydrater aux dépens de la peau. Il n'y a donc pas lieu de tenir compte de la perte de poids du fruit.

Les premiers jours de leur entreposage les fruits restent fermes et très verts. Il nous est arrivé de mesurer après la coupe une légère augmentation de la dureté ; nous devons l'attribuer à une hétérogénéité des fruits. Plus couramment la dureté diminue très légèrement. Les constituants chimiques restent stables.

On remarquera la teneur relativement élevée en

#### TROISIÈME EXPÉRIMENTATION

TABLEAU III.

*Régimes entreposés au laboratoire.  
Les pectines sont extraites directement de la banane fraîche.*

JOUR	POIDS FRUITS	DURETÉ	PECTINES SOLUBLES	PECTINES TOTALES	PROTO-PECTINES
0	80	41	Traces	0,52	
2	76	42,7	—	0,49	
3	75	43,5	—	0,49	
4	75	40,7	—	0,73	
5	74	0	—	0,73	
6	70	0	—		
8	70	0			

## QUATRIÈME EXPÉRIMENTATION

TABLEAU IV.

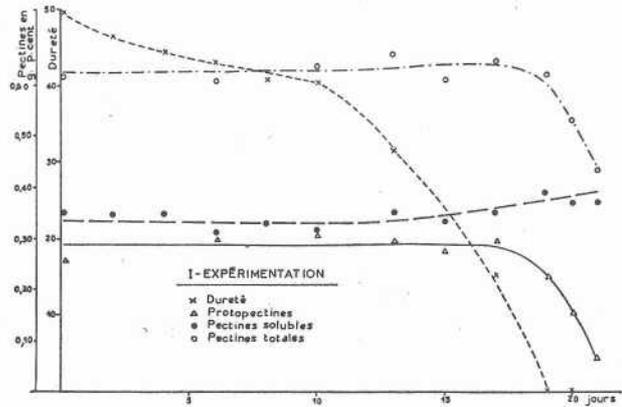
Le dosage des pectines totales a été réalisé comme dans la première expérimentation. Résultats exprimés en g pour 100 g.

JOUR	POIDS FRUITS	DURETÉ	INSOLUBLES DANS L'ALCOOL	AMIDON	PECT. TOT.	CELLULOSE + HÉMICELULOSES
0	105	36,6	27,06	19,52	0,65	7,90
3	106	39,3	25,98	18,37	0,63	6,98
5	103	38,7	27,04	20,28	0,66	6,10
8	101	36,8	25,61	17,56	0,64	7,41
10	99	36,3	25,04	19,15	0,67	5,21
12	92	21,3	19,14	14,18	0,68	4,28
15	90	4,0	8,22	4,83	0,63	2,76
17	85	0,0	3,56	1,16	0,65	1,75

pectines solubles et réciproquement la faible quantité de protopectines. Nous avons pensé que la longue extraction à l'alcool bouillant pouvait être à l'origine d'une solubilisation des protopectines. C'est pourquoi nous avons entrepris la 2<sup>e</sup> expérimentation. Les résultats n'ont guère été différents.

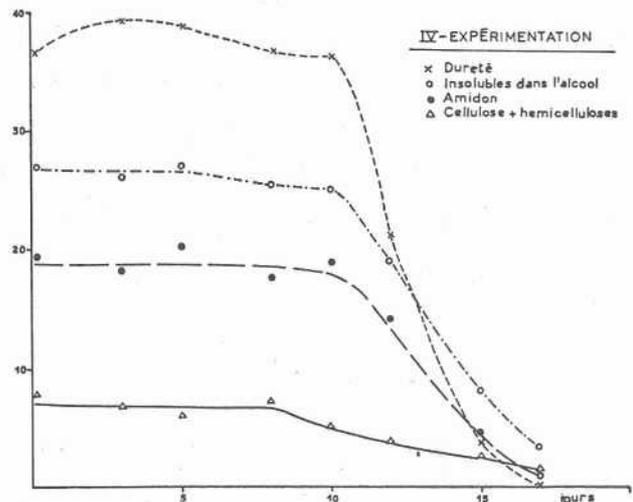
Nous avons alors supprimé tout traitement à l'alcool dans une 3<sup>e</sup> expérimentation. Dans ce cas, quel que soit l'état de maturité des fruits, nous n'avons précipité que des traces de pectines solubles. Les quantités de pectines totales mesurées furent très irrégulières. Cette technique d'extraction nous a donc paru

incorrecte. Le traitement à l'alcool suivi d'un séchage et du broyage de la pulpe de banane est indispensable pour obtenir une extraction complète des pectines.



Dès le 7<sup>e</sup> jour, les fruits étaient encore verts, on remarque une légère baisse des teneurs en insolubles totaux et celluloses + hémicelluloses. Les teneurs en amidon restent stables jusqu'au 10<sup>e</sup> jour.

A partir de cette date les fruits commencent à changer de couleur ; leur teinte verte s'affaiblit graduellement, mais sans encore faire place à la teinte jaune. Simultanément, dureté, insolubles totaux, amidon, cellulose + hémicellulose décroissent rapidement. Nous sommes entrés dans la phase climactérique de la vie du fruit.



Le 12<sup>e</sup> jour, les fruits deviennent jaunes et comestibles.

A la fin de l'expérimentation, ils ont noirci par endroits, la maturité est dépassée.

En réalité, malgré toutes nos précautions pour avoir

des régimes homogènes, en degré d'évolution, ils n'ont pas tous mûri le même jour. D'où un certain étalement des mesures entre le 10<sup>e</sup> et 15<sup>e</sup> jour qui masque la rapidité avec laquelle se produisent les variations.

En résumé, nous aurons observé au cours de cette étude une certaine corrélation entre l'évolution de la dureté et celle des insolubles totaux.

L'amidon, représentant à peu près 75 % des insolubles, ne varie qu'à partir de l'entrée en maturation.

Les celluloses + hémicelluloses reflètent la même corrélation que les insolubles.

Pour les matières pectiques, aucune corrélation, contrairement à l'hypothèse énoncée au début de cette note.

Nous comparerons nos résultats avec ceux de Stratton et Von Loesecke obtenus sur Gros Michel. Les chiffres énoncés par les autres auteurs sont trop différents pour qu'une confrontation soit possible.

STRATTON et VON LOESECKE ont décrit une augmentation continue de la teneur en pectines solubles et une diminution en pectines totales, dès le début du stockage des régimes en chambre de maturation.

Ces variations, nous ne les avons observées qu'à partir du déclenchement de la maturation des régimes. (Phase climactérique.)

Nous chercherons ultérieurement à expliquer ces différences. Nous pouvons cependant dès maintenant remarquer que :

1) STRATTON et VON LOESECKE ont analysé des fruits ayant été transportés, peut-être en atmosphère réfrigérée.

2) Ils ont utilisé la variété Gros Michel et nous, la variété Sinensis.

3) Nous avons analysé nos fruits à une époque où ils ont tendance à être plus évolués que ne le fait supposer leur aspect.

4) Les méthodes de dosage et surtout d'extraction peuvent différer.

### Conclusion.

La baisse de la dureté de la banane après la coupe paraît liée à l'évolution de l'ensemble des matières insolubles dans l'alcool ; c'est-à-dire à la somme : cellulose, hémicellulose, pectines, amidon. Toutes ces substances appartenant au groupe des glucides, de poids moléculaire élevé, polymères de molécules plus simples qui sont libérées au cours de la maturation.

La dureté se présenterait comme un effet de la polymérisation des molécules glucidiques, dans le cas de la banane.

Il est possible que les molécules formant le squelette des tissus présentent une importance particulière à cet égard.

Nous n'avons pu mettre en évidence le rôle des matières pectiques, les variations observées de ces substances étaient postérieures à la baisse de la dureté. Par contre, les matières cellulosiques étant connues comme relativement stables, le rôle des hémicelluloses ne paraît pas négligeable et demande à être mis en lumière.

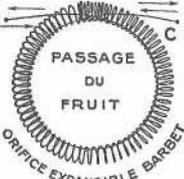
Ces questions feront l'objet d'un prochain travail au cours duquel nous élargirons le cadre de cette étude en suivant l'évolution du fruit sur pied.

Foulaya, juin 1956.

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

### BIBLIOGRAPHIE

- BARNELL H. R. *Annals of Botany*, Vol. VII, n° 28, Octobre 1943.  
 BOURDOUIL C. *Bulletin soc. Chimie Biol.*, II, 1130, 1929.  
 CONRAD C. N. *Plant Physiol.*, 5, 93, 1930.  
 KERTESZ Z. I. *The pectic substances*, New-York, 1951.  
 VON LOESECKE H. W. *Bananas*, New-York, 1950.  
 DEULLIN R. et MONNET J. Observations sur la dureté de la pulpe de la banane.



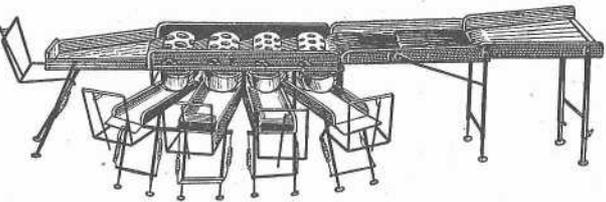
PASSAGE  
DU  
FRUIT

ORIFICE EXPANSIBLE BARBET

## TRIEUSES-CALIBREUSES A FRUITS

*De la plus réduite  
à la plus importante*

**PÊCHES, POMMES, POIRES,  
TOMATES, ABRICOTS, PRUNES**



Installations complètes  
de salles de conditionnement

**TYPE VALENCE**

*Documentation gratuite*

Machines à orifices expansibles.  
Modèles de 500 à 3.000 kg/h.

Des lamelles de caoutchouc souple évitent le contact du fruit avec le ressort. Par le jeu d'une rampe, le câble C règle l'ouverture progressive des orifices ronds et souples.

Machines à cylindres métalliques perforés garnis mousse 2-3-4-6-8 cylindres. Donnent pleine satisfaction pour le calibrage de tomates.  
Nombreuses références au Maroc.

**R. BARBET**

BREVETÉ S.G.D.G. - MARQUE DÉPOSÉE

— Téléphone 125 —  
R. C. 5.861 - R. M. 2.854

60, av. Jean-Jaurès, CHATEAU-DU-LOIR (Sarthe)