

# La conductance électrique de la peau de la banane, une caractéristique physique utilisable pour mieux déterminer l'évolution du fruit.

R. DEULLIN\*

LA CONDUCTANCE ELECTRIQUE DE LA PEAU DE LA BANANE,  
UNE CARACTERISTIQUE PHYSIQUE UTILISABLE  
POUR MIEUX DETERMINER L'EVOLUTION DU FRUIT

R. DEULLIN

*Fruits*, mai 1980, vol. 35, n° 5, p. 273-281.

RÉSUMÉ - La conductance électrique de la peau de la banane augmente pendant le développement du fruit sur la plante, ce qui pourrait constituer une possibilité de mesure chiffrée de son degré de maturité à la récolte.

Elle diminue rapidement pendant la phase préclimactérique, ce qui fournit une méthode quantitative utilisable pour suivre l'évolution du fruit entre la récolte et le début de maturation, au cours d'une période caractérisée actuellement par l'absence de critères sur l'évolution de la banane pendant cette phase.

La conductance électrique de la peau de la banane altérée par le froid (frisure) s'abaisse fortement, ce qui fournit une méthode chiffrée permettant de caractériser une altération qui n'est constatée actuellement que par des observations subjectives et qualitatives.

Cette mesure n'est pas destructive.

## INTRODUCTION

La phase préclimactérique de la banane se caractérise par l'absence de critères simples et quantitatifs permettant de suivre le cours de son évolution depuis la récolte du régime jusqu'au déclenchement de la maturation qui constitue le début de la phase climactérique.

La phase préclimactérique de la banane n'est pas une simple phase d'attente, elle est l'objet d'une évolution continue qu'il est difficile de caractériser actuellement avec les critères habituels utilisables pour d'autres fruits comme, par exemple, le changement de couleur de la peau, la variation de l'intensité respiratoire ou la diminution de la dureté de la pulpe.

En phase préclimactérique, la couleur de la peau de la banane ne change pas et les variations de l'intensité respiratoire et la dureté de la pulpe ne sont pas significatives.

Il en est de même en ce qui concerne l'altération de la banane par le froid (frisure) pour laquelle il n'y a encore aucun critère quantitatif permettant d'évaluer l'importance du dommage occasionné au fruit et nous devons nous contenter, faute de mieux, de simples appréciations visuelles présentant l'inconvénient d'être subjectives et qualitatives.

Nous avons pensé que la mesure de la conductance électrique de la peau de la banane pourrait être susceptible de fournir une information quantitative utilisable pour mieux caractériser son évolution pendant la phase préclimactérique et pour mieux connaître l'action des facteurs qui interviennent sur la durée de cette phase, comme la température, la

\* - 93, bld Murat - 75016 Paris

déshydratation, etc.

Dans ce but, nous avons effectué des mesures de la conductance électrique de la peau de la banane en phase pré-climactérique et nous indiquons ci-après les résultats qui ont été obtenus.

**TRAVAUX PRECEDENTS SE RAPPORTANT  
A DES MESURES D'IMPEDANCE ET DE CONDUCTANCE  
ELECTRIQUE EFFECTUEES SUR DES TISSUS  
VEGETAUX VIVANTS ET SUR DES TISSUS ANIMAUX  
MORTS**

**Impédance de la pulpe de la pêche.**

En 1966, G.E. WEAVER et M.G. JACKSON (1) signalent que la mesure de l'impédance de la pulpe de la pêche constitue un critère objectif du degré de maturité.

L'impédance à 250 Hz est supérieure à celle à 4000 Kz et elle augmente plus nettement avec l'âge du fruit : elle est de  $2500 \Omega$  25 jours avant la maturation et atteint  $25000 \Omega$  lorsque la pêche est mûre.

Il est utile de signaler que ces auteurs n'indiquent pas l'influence de la température du fruit sur les résultats de la mesure et ne mentionnent pas non plus la température des fruits qui ont été testés.

**Impédance de la pomme de terre et de la luzerne.**

En 1969, HAYDEN, MOYSE, CALDER, CRAWFORD et FENSON (2), ont effectué des mesures d'impédance sur la pomme de terre et sur la luzerne. Ils ont déterminé la forme de la courbe de l'impédance en fonction de la fréquence du courant électrique dans le cas de tissus végétaux vivants.

La choix de la mesure de l'impédance se justifie par la nécessité d'utiliser un courant alternatif pour éliminer l'inconvénient de la polarisation des électrodes en courant continu, ce qui fausse les mesures.

La courbe de l'impédance en fonction de la fréquence du courant électrique présente une forme caractéristique en  $\sim$  avec une faible pente dans les zones des basses et des hautes fréquences et une pente accusée pour la zone des moyennes fréquences.

HAYDEN et al. ont établi un schéma analogique électrique de la cellule végétale (figure 1) qui comporte les éléments suivants :

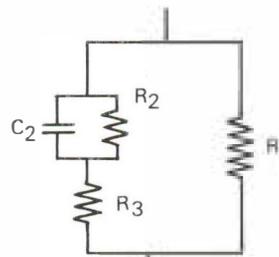


FIG. 1

$R_1$  : résistance du milieu extracellulaire qui est situé à l'extérieur de la membrane de la cellule.

$R_2$  : résistance de la membrane de la cellule.

$C_2$  : capacité de la membrane de la cellule.

$R_3$  : résistance du milieu intracellulaire.

La forme de la courbe d'impédance en fonction de la fréquence montre qu'avec une basse fréquence, c'est la résistance  $R_1$  qui constitue le facteur dominant de la mesure, avec  $R_1$  nettement inférieur à  $R_2 + R_3$ , alors que pour des mesures en haute fréquence, c'est la résistance  $R_3$  qui intervient parce qu'elle est plus petite que  $R_1$  et que  $R_2$ .

$$\text{On a : } R_3 < R_1 < R_2 \text{ et } R_1 < R_2 + R_3$$

ce qui montre que la mesure de l'impédance en basse fréquence caractérise principalement celle du milieu extracellulaire, alors que la mesure effectuée en haute fréquence se rapporte surtout au milieu intracellulaire.

Le rapport de  $\frac{R_1}{R_3}$  serait de l'ordre de 50.

HAYDEN et al. ont également constaté que l'impédance de tissus végétaux morts, après congélation et décongélation, diminuait considérablement par suite des profondes modifications de structures produites par la congélation.

**Mesures de la conductance de la viande pour permettre de caractériser des viandes congelées après décongélation.**

En 1972, P. SALE (3) a mis au point une méthode de mesure originale de la conductance de la viande avec utilisation d'un courant électrique continu, ce qui a l'avantage de permettre l'emploi d'un matériel portatif plus simple et moins coûteux que celui nécessaire à la mesure de l'impédance.

Il a constaté que le diagramme intensité-tension (figure 2), au cours de la première polarisation, présente deux parties rectilignes pendant la variation de la différence de potentiel entre les électrodes, avec existence de la relation simple  $V = e + RI$ , dans laquelle  $R$  représente la résistance vraie du système électrodes-muscles et  $e$  la force contre-électromotrice de polarisation, à la condition de respecter les deux exigences suivantes :

- la valeur de  $V$  doit être supérieure de quelques volts à celle de  $e$ ,
- la différence de potentiel qui est appliquée aux électrodes,

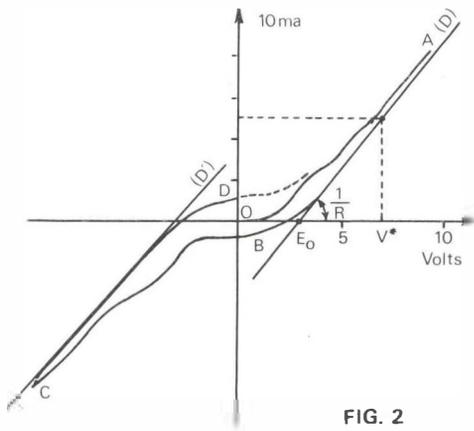


FIG. 2

avant la mesure, doit être supérieure à  $V$  pour obtenir une polarisation correcte.

La mesure de la conductance s'effectue sur une branche rectiligne du diagramme  $I, V$  avec une tension de 13,5 volts avant la mesure. La pression sur un bouton ferme le relai de commutation des électrodes sur le circuit de mesure qui délivre une tension de 7 volts appliquée aux électrodes par l'intermédiaire d'un milliampèremètre à faible résistance interne (2 à 3  $\Omega$ ).

La mesure de la conductance est influencée par la température de l'échantillon (P. SALE indique une variation de 2 p. 100 par degré centigrade pour la viande), par l'orientation des électrodes par rapport aux fibres musculaires, par la dimension de l'échantillon et par la force contre-électromotrice  $e$ .

Le platine iridié est le métal le plus indiqué pour les électrodes.

(P. SALE a développé cette méthode de mesure pour déceler la fraude de la vente de viande décongelée commercialisée sous l'appellation de viande fraîche).

### MESURES ELECTRIQUES SUR LA PEAU DE LA BANANE

#### Premières mesures d'impédance.

En 1972, nous avons demandé à J. MOURGUE, à la station d'Oenologie et de Technologie végétale de Narbonne, qui possédait un conductimètre Philips, de mesurer l'impédance de la peau de la banane en phase préclimactérique, après le transport maritime, avec et sans altération par le froid (frisée).

Les valeurs moyennes obtenues par J. MOURGUE avec des bananes Poyo prélevées chez un grossiste sont transcrites

dans le tableau 1.

TABLEAU 1 - Impédance moyenne

nature des fruits testés	fréquence	
	200 Hz	2000 Hz
bananes normales	14.250 $\Omega$	10.565 $\Omega$
bananes altérées par le froid (frisées)	21.000 $\Omega$	14.820 $\Omega$

Ces premières mesures, qui doivent être considérées comme indicatives, permettent de voir que

- l'impédance de la peau de la banane en phase préclimactérique est plus élevée en basse fréquence, ce qui est en accord avec les résultats de G.E. WEAVER et JACKSON et ceux de HAYDEN et al. ;
- pour les bananes considérées, l'impédance de la peau des fruits altérées par le froid est supérieure de plus de 40 p. 100 à celle de la peau des fruits normaux à 200 et 2000 Hz.

#### Forme de la courbe de l'impédance de la peau de la banane en fonction de la fréquence.

En novembre 1972, P. SALE, à la station de Recherche sur la Viande de l'INRA à Theix, a établi des courbes d'impédance de la peau et de la pulpe de la banane en phase préclimactérique.

Les courbes qu'il a obtenues (figure 3) sont comparables à celle de HAYDEN et al. et confirment que l'impédance maximum est acquise avec la fréquence zéro, c'est-à-dire avec une mesure de résistance en courant continu à la condition d'éviter la polarisation des électrodes.

Les mesures d'impédance de P. SALE montrent que l'impédance de la pulpe est légèrement inférieure à celle de la peau en basse fréquence et qu'elle paraît être identique en haute fréquence.

Elles indiquent que le schéma analogique de HAYDEN et al. s'applique à la peau de la banane et qu'avec des basses fréquences, c'est principalement la résistance  $R_1$  du milieu extracellulaire qui est mesurée.

#### Mesures de la conductance de la peau de la banane.

A la suite de ces premiers résultats, P. SALE a construit en 1973 un conductimètre, adapté aux caractéristiques de la peau de la banane, qui permet de mesurer la conductance électrique en utilisant la méthode qu'il a mise au point pour la viande et de déterminer la température de la peau de la banane avec une thermistance.

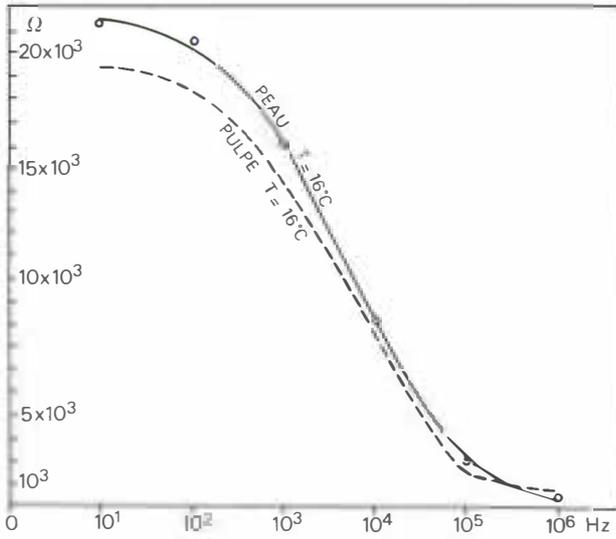


FIG. 3 · Impédance de la peau et de la pulpe de la banane en phase préclimactérique après un transport maritime.

*Premières mesures de conductance.*

Les premières mesures de conductance qui ont été effectuées n'ont pas fourni de résultats interprétables parce que, ainsi qu'il a été établi par la suite, elles se situaient dans une zone de la courbe de conductance présentant un maximum et un minimum qui ne pouvaient être décelés qu'en effectuant des mesures avec des intervalles de temps plus courts que ceux utilisés pour ces premières mesures.

*Seconde série de mesures de conductance.*

Une seconde série de mesures a été effectuée en mars 1973 sur des bananes de variété Poyo récoltées en Martinique, prélevées chez un grossiste de Rungis onze jours après la récolte et après le transport maritime. Ces mesures ont confirmé les indications de J. MOURGUE : la peau des bananes altérées par le froid avait une conductance inférieure à celle de la peau des fruits témoins normaux.

*Troisième série de mesures de conductance.*

Une nouvelle série de mesures a été effectuée en juin 1973 sur des bananes Poyo de Martinique récoltées le 25.5.73, chargées le 26.5.73 dans les cales d'un navire polytherme, arrivées à Dieppe le 5.6.73 et à Rungis le 6.6.73, soit onze jours après la récolte et après un transport maritime de neuf jours.

Cette série de mesures a permis de définir la forme caractéristique de la courbe de conductance de la peau de la banane à la fin de la phase préclimactérique et au début de la phase climactérique (figure 4).

Les mesures ont été faites avec trois bouquets de bananes qui présentaient des différences d'état :

- bouquet 1 : fruits pleins et très frais donnant une exsudation de sève après une piqûre de la peau produite par une épingle (bouquet de sept fruits) ;
- bouquet 2 : fruits pleins, sans exsudation de sève après piqûre de la peau, ce qui peut être attribué à deux causes : soit un début d'altération par le froid et non visible, soit une déshydratation (bouquet de cinq fruits) ;
- bouquet 3 : fruits de plénitude moyenne, sans exsudation de sève, avec altération par le froid nettement visible (bouquet de six fruits).

Les trois courbes de conductance qui en ont résulté présentent la même forme en phase préclimactérique et sont décalées dans le temps (figure 4).

La conductance de la peau des bananes du bouquet 1 est la plus élevée au début des mesures avec fin de la phase préclimactérique le 9 juin.

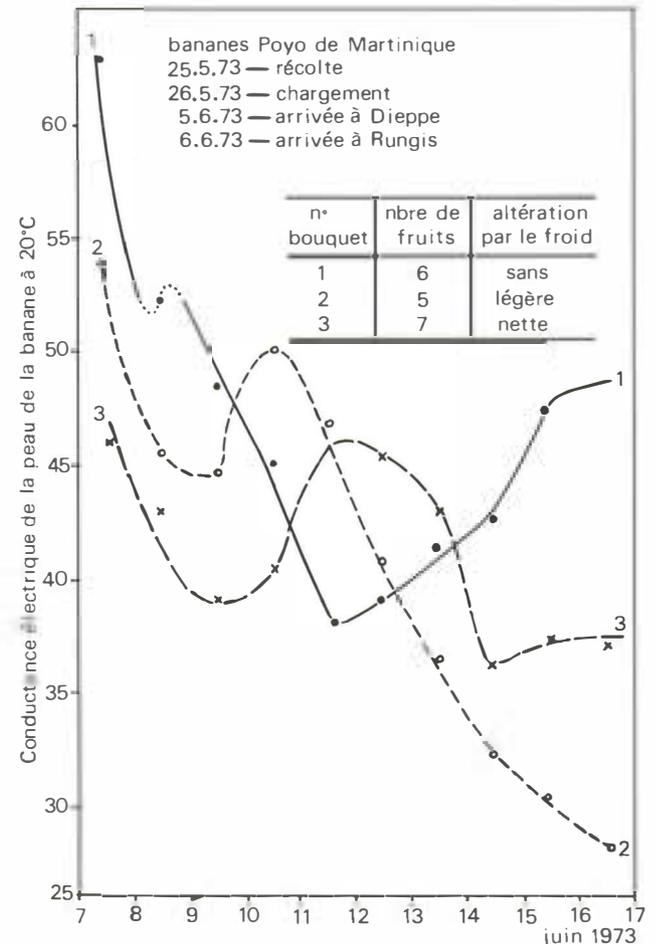


FIG. 4 · Conductance de la peau de la banane après le transport maritime.

Le point de mesure du 8 juin ne permet pas de tracer le minimum et le maximum de la courbe qui ont été déterminés par analogie avec les deux autres courbes (le tracé de cette partie de la courbe est en pointillé).

La courbe de la conductance de la peau des bananes du bouquet 2 se situe dans le temps, entre celles des bouquets 1 et 3.

La courbe du bouquet 3, manifestement altéré par le froid, présente une valeur nettement plus faible de la conductance avec un retard de la maturation, indiquant que la mesure de la conductance de la peau de la banane peut être utilisée pour caractériser une altération du fruit par le froid.

Les courbes de la figure 4 sont incomplètes puisqu'elles ne commencent qu'après la fin du transport maritime, c'est-à-dire douze jours après la récolte des fruits.

*Mesure de la conductance de la peau de la banane pendant le développement du fruit.*

Nous n'avons pu effectuer que des mesures préliminaires en plantation, indiquant que la conductance de la peau de la banane augmente au cours de son développement.

Les mesures ont été effectuées à la station de l'IRFA à Azaguié (Côte d'Ivoire), sur des bananes Poyo, immédiatement après leur prélèvement sur le régime, le 12.1.76 à 17 heures, avec une température des fruits de 31°C.

Les valeurs obtenues ont été transcrites dans le tableau 2 et la figure 5.

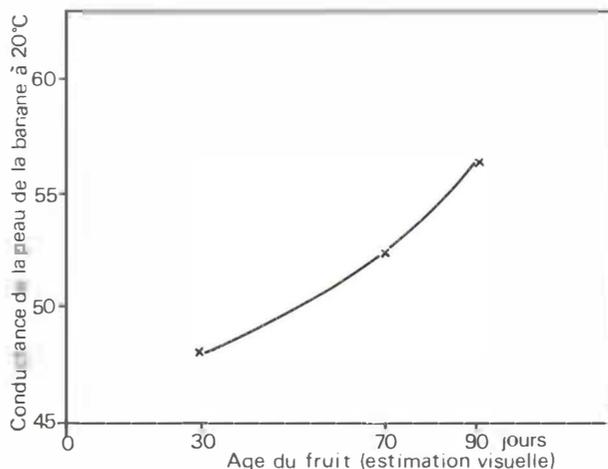
**TABLEAU 2 - Valeurs de conductance à différentes étapes.**

âge des bananes (déterminé par une estimation visuelle)	valeur de la conductance de la peau des bananes à 20°C
un mois après la sortie de l'inflorescence	48
un mois avant la coupe (70 jours environ)	64
une à deux semaines avant la coupe (90 jours environ)	70

Ces résultats, simplement indicatifs, doivent être complétés par une série de mesures en plantation, afin de savoir si, éventuellement, la mesure de la conductance de la peau de la banane pendant son développement peut être utilisée pour caractériser son degré de maturité et le degré de coupe.

*Mesures de la conductance de la peau de la banane après la récolte (figure 6).*

Ces mesures ont été effectuées sur des bananes conservées à température ambiante dans la cabine d'un navire poly-



**FIG. 5 - Conductance de la peau de la banane pendant le développement du fruit sur la plante. (station de l'IRFA à Azaguié, Côte d'Ivoire, le 12.1.76).**

therme, sur des bananes altérées par un séjour de 23 heures à plus 8°C et sur des bananes placées dans un frigorifère du navire après un séjour de quatre jours à température ambiante.

- Fruits à température ambiante, dans une cabine du navire polytherme.

Les mesures ont été effectuées sur la peau de bananes Poyo récoltées le 12.1.76 à 17 heures à la station de l'IRFA à Azaguié (Côte d'Ivoire) à une température extérieure de plus 31°C.

La température de la cabine est indiquée par la courbe de la figure 6, elle était comprise entre 26 et 27°C du 13 au 16 janvier, pendant la fin de la phase climactérique des bananes qui a été courte (quatre jours environ).

La courbe moyenne de la conductance de la peau de la banane, avec une température ambiante élevée, montre une diminution rapide pendant les trois premiers jours avant le déclenchement de la maturation indiqué par le changement de la forme de la courbe.

- Fruits altérés par le froid.

Des bananes Poyo ont été prélevées dans un carton faisant partie du chargement du navire. La date de récolte n'est pas connue, elle a été estimée au 12.1.76. Ces bananes ont séjourné du 13 au 16.1.76 dans la cabine du navire, puis elles ont été placées pendant 23 heures à plus 8°C dans un réfrigérateur, du 16.1.76 à 22 heures au 17.1.76 à 21 heures.

A leur sortie du réfrigérateur, les bananes ne présentaient pas de marques visibles d'une altération par le froid, alors que la courbe présente une diminution très nette de la

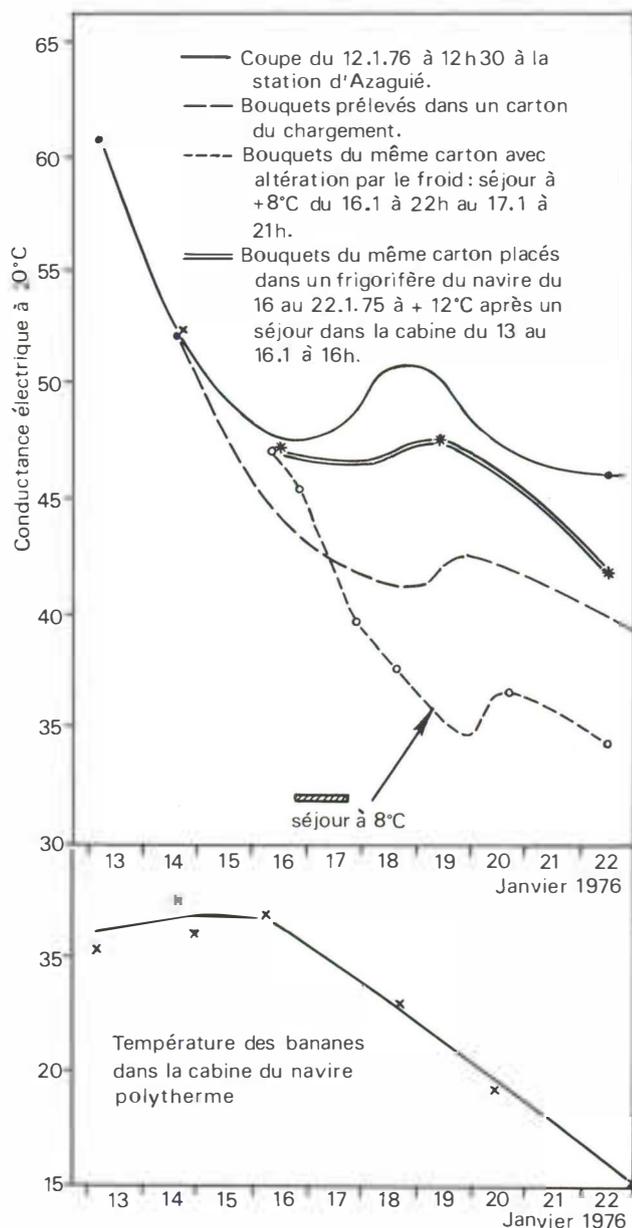


FIG. 6 - Conductance électrique de la peau de la banane après la récolte.

valeur de la conductance à la sortie de l'enceinte à plus 8°C et que la phase préclimactérique, prolongée par l'altération due au froid, se poursuit jusqu'au 20 janvier pour des fruits conservés dans la cabine du navire à une température de 20°C environ.

Cette courbe montre que l'altération par le froid de la peau de la banane en phase préclimactérique, modifie sa structure et que cette altération peut être caractérisée avant l'apparition des marques visuelles utilisées habituellement

pour la déceler (gélification de la sève, couleur brune du faisceau vasculaire).

#### ● Effet de la réfrigération à plus 12°C.

Des bananes provenant du même carton ont été placées dans un frigorifère du navire le 16.1.76 après être restées pendant trois jours dans la cabine à plus 26°C environ.

La conductance moyenne était de 47 le 16.1.76 et elle diffèrait peu de celle des bananes de la station d'Azaguié. La courbe montre un décalage par rapport à celle des fruits conservés dans la cabine.

La comparaison de ces trois essais montre qu'après la récolte, au début de la phase préclimactérique, lorsque les fruits sont exposés à une température élevée, la conductance de leur peau diminue rapidement. Ce qui confirme que cette phase n'est pas simplement une phase d'attente et que des modifications importantes de structure se produisent sous l'effet d'une température favorable.

Le refroidissement des bananes à 12°C, après un séjour de quatre jours à température ambiante, n'est pas suffisant pour obtenir une stabilisation des fruits en phase préclimactérique pendant la durée du transport maritime.

Les courbes de conductance de la peau de la banane qui ont été obtenues justifient pleinement la nécessité impérative de refroidir les fruits à 12°C le plus rapidement possible après la récolte.

L'altération de la peau des bananes par le froid est rapide avec un séjour de 23 heures à plus 8°C et elle est irréversible après le retour des fruits à une température ambiante de 20°C environ.

Comme on le sait, l'altération de la banane par le froid augmente la durée de la phase préclimactérique.

## TECHNIQUE DE LA MESURE DE LA CONDUCTANCE

### Electrodes.

Les électrodes qui ont été utilisées sont constituées par des fils de platine iridié de 0,5 mm de diamètre émergeant de 2 mm de la tête de mesure en teflon, avec un écartement de 4 mm.

L'épaisseur de la peau de la banane en phase préclimactérique est de 3 à 5 mm pour la face interne des fruits de la rangée interne.

### Nombre de déterminations pour une mesure.

Pour tenir compte de l'hétérogénéité du tissu végétal de la peau de la banane qui occasionne des variations de la

valeur de la conductance, il est nécessaire d'effectuer plusieurs déterminations et de prendre la moyenne des résultats obtenus.

Des essais comparatifs ont montré qu'il était indiqué de faire trois déterminations sur la face interne des fruits de la rangée interne, près du pédoncule, au milieu et près de l'apex. La valeur indiquée est la moyenne des trois conductances qui ont été obtenues.

#### Influence des piqûres de la peau des bananes.

Après la récolte, la cicatrisation des blessures de la peau des bananes est supprimée.

Les piqûres des électrodes constituent des blessures de faible importance par rapport à la surface totale de la peau d'une banane. Elles peuvent toutefois avoir une influence en fin de série de mesures, par suite de piqûres rapprochées ou peut-être par suite d'une augmentation de la déshydratation de la peau.

Pour des séries de mesures qui sont longues et qui demandent d'effectuer des piqûres nombreuses, il est possible de répartir ces dernières sur plusieurs fruits voisins d'une même rangée ou d'utiliser d'autres faces du fruit, après avoir établi une comparaison entre les résultats obtenus sur différentes faces de la peau d'une banane.

#### Influence de la température.

Le coefficient de la température de la peau est important et il est inhérent à ce mode de mesure. P. SALE indique une variation de 2 p. 100 par degré centigrade pour la viande. La variation de la conductance répond à la formule

$$C_t = C_0 [1 + \alpha (t - t_0)]$$

avec  $t_0$  comme température de référence que nous avons choisie égale à 20°C pour la banane.

Pour la peau de la banane, nous avons trouvé que le coefficient  $\alpha = 3$ .

A titre d'exemple, une conductance de 54 à 26,5°C, sera à 20°C de  $\frac{54}{1 + 0,03 \times 6,5} \approx 45$  en arrondissant le chiffre des unités.

La connaissance de la valeur du coefficient  $\alpha$  avec le maximum de précision dans la bande des températures à considérer pour la banane (de plus 35 à plus 12°C) est indispensable et elle pourra être mieux déterminée en plaçant des fruits dans une enceinte thermostatique précise au 1/10e de degré, en effectuant des mesures sur des fruits qui sont en équilibre thermique et en tenant compte de l'évolution de la conductance dans le temps si la variation de cette dernière est

rapide.

(Le bouquet 1 de la figure 4 indique une variation de la conductance de 8,5 en douze heures entre le 7 et le 8 juin 1973).

Nous n'avons pas eu la possibilité de déterminer avec une précision suffisante la valeur du coefficient  $\alpha$  avec les moyens qui sont nécessaires et le chiffre 3 adopté ici est une valeur approchée probablement trop élevée.

Bien entendu, il sera également nécessaire de vérifier si le coefficient  $\alpha$  conserve la même valeur entre 35 et 15°C ou s'il est variable.

#### Nécessité de la mesure de la température de la peau de la banane.

Il est impératif de connaître, avec une précision minimum de 0,5°C, la température de la peau de la banane pour éviter une erreur de mesure importante.

Comme la capacité thermique de la peau de ce fruit est nettement inférieure à celle de la pulpe et comme elle se trouve en contact avec le milieu ambiant, la détermination de la température de la peau sera approximative si le fruit ne se trouve pas en équilibre thermique avec le milieu ambiant, puisque des écarts de température entre la pulpe du fruit et l'air environnant se traduiront par une instabilité de la température de la peau de la banane. Les mesures en équilibre thermique du fruit sont donc recommandées.

#### Durée d'une détermination.

La durée d'une détermination de la conductance de la peau de la banane est inférieure à 30 secondes.

#### Influence de la sève de la banane.

La sève qui exsude des piqûres de la banane est conductrice et peut court-circuiter les électrodes. Pour éviter cet inconvénient, la tête de mesure en teflon possède une rainure (figure 7).

Il est nécessaire de vérifier, avant chaque détermination, qu'elle soit propre et qu'il n'y ait pas un résidu de sève séchée entre les électrodes qui pourrait être conducteur.



FIG. 7

#### POSSIBILITE DE MIEUX DETERMINER LE DEBUT DE LA PHASE CLIMACTERIQUE DE LA BANANE

Le début de la phase climactérique de la banane a d'abord

été caractérisé par l'augmentation brutale de l'intensité respiratoire qui est sensiblement constante pour une même température pendant la phase préclimactérique.

Il a été ensuite montré que la dureté de la pulpe diminuait brusquement au début de la phase climactérique et GANE, en utilisant l'analyse par chromatographie gazeuse, a montré en 1960, que l'augmentation de l'intensité respiratoire était précédée par une production d'éthylène due au fruit, 24 heures environ avant l'accroissement de l'intensité respiratoire.

Etant donné que l'éthylène est considéré comme un «déclencheur» de la maturation de la banane, il paraît indiqué de considérer que le début de l'émission brutale de ce gaz constitue le commencement de la phase climactérique du fruit.

En repérant sur la courbe de conductance de la banane le moment du dégagement d'éthylène, celui de la diminution de la dureté de la pulpe et l'augmentation de l'intensité respiratoire, il doit être possible de mieux déterminer le début de la phase climactérique.

#### POSSIBILITE DE MIEUX CONNAITRE L'ALTERATION DES BANANES PAR LE FROID

A notre connaissance, il n'y a pas d'étude complète et systématique de l'altération des bananes par le froid.

Les températures qui sont indiquées dans les essais se rapportent à l'ambiance et ne sont pas celles du fruit. Il n'est pas fait mention en général de la durée de l'exposition du fruit à basse température et du délai qui s'écoule entre la fin de l'exposition à une température trop basse et l'apparition des marques visuelles de l'altération. On ne sait pas, d'une manière certaine, si des bananes qui ont subi une déshydratation, sont plus sensibles au froid que des fruits non déshydratés.

Il a été également dit que les bananes pleines sont plus vulnérables au froid que les maigres, alors que d'autres auteurs indiquent le contraire. La sensibilité des fruits au froid pourrait aussi être un facteur saisonnier.

L'établissement de courbes de conductance électrique de la peau de la banane devrait permettre de répondre aux questions qui sont posées au sujet de la sensibilité des fruits à la température

- influence de la plénitude,
- influence de la déshydratation,
- variation saisonnière,
- sensibilité comparée des bananes Gros Michel, Poyo, Grande Naine et Petite Naine,
- intervalle de temps entre la fin de l'exposition à basse température et l'apparition des marques visuelles de l'alté-

tion par le froid. Ce point est important parce qu'il permet de savoir si des réclamations de grossistes, pour cause de frisure, à la réception des bananes, sont justifiées pour des fruits ayant été reconnus exempts d'altération par le froid au déchargement du navire.

#### CONDUCTANCE ELECTRIQUE DE LA PULPE DE L'ANANAS

A titre indicatif, avec l'appareil qui a été conçu pour la peau de la banane, nous avons effectué des mesures de conductance électrique de la pulpe de l'ananas.

Les mesures sont effectuées sur la face interne d'un fruit coupé en deux parties en suivant l'axe longitudinal. Elles sont faites perpendiculairement aux axes qui relient la tige centrale de l'inflorescence aux fruits individuels (yeux).

Elles ont porté sur des ananas de Côte d'Ivoire, prélevés à Rungis par C. PY, après le transport maritime. Dans un premier cas les fruits ont été estimés au même degré de maturité, et avec une maturité différente dans le second cas.

Les mesures comportent la destruction des fruits testés.

- Pour le premier cas, avec des fruits de maturité comparable, la conductance électrique moyenne du premier ananas, le 14.3.73 à plus 17°C, est de 38, sans brunissement interne. Quatre jours plus tard, le 18.3.73 à plus 17°C, la conductance du second fruit est de 63, avec une pulpe nettement plus colorée et un début de brunissement interne.

- Dans le second cas, avec deux fruits de maturité différente, l'ananas A<sub>1</sub>, le moins mûr, avait une conductance moyenne de 68 à plus 20°C et l'ananas A<sub>2</sub>, qui était plus mûr, avait une conductance moyenne de 107 à la même température.

Ces fruits, coupés longitudinalement en deux parties, ont été conservés et, trois jours plus tard, l'ananas A<sub>1</sub> avait une conductance de 84 à plus 20°C (augmentation de plus de 20 p. 100), l'ananas A<sub>2</sub> avait une conductance de 127 à la même température (augmentation voisine de 20 p. 100).

#### INFLUENCE DES MEURTRISSURES DE L'ANANAS

La conductance électrique de la pulpe de l'ananas, dont la couleur est devenue brune à la suite d'une meurtrissure, près de la surface extérieure du fruit, est nettement plus élevée que celle de la pulpe saine non meurtrie.

Nous avons également constaté que la conductance de la pulpe meurtrie de pommes et de poires était plus élevée que celle de la pulpe saine, ce qui pourrait permettre de déceler des meurtrissures de fruits avant qu'elles ne soient apparentes à l'examen visuel.

### CONCLUSION

Les mesures de la conductance électrique de tissus végétaux vivants de fruits (peau et pulpe) sont susceptibles de fournir des informations quantitatives dans les cas suivants :

#### Conductance électrique de la peau de la banane.

- sur le développement du fruit sur la plante,
- sur l'action des facteurs qui modifient la durée de la phase préclimactérique (plénitude du fruit, température, humidité relative, déshydratation, façon culturale, etc.),
- sur les conditions de l'altération des fruits par le froid (température de milieu ambiant, durée d'action d'une température trop basse, plénitude, variété, délai entre la fin de l'exposition au froid et l'apparition visuelle de l'altération).

#### Conductance électrique de la pulpe des fruits.

- la variation de la conductance électrique de la pulpe d'un certain nombre de fruits est susceptible de fournir une information utilisable concernant leur état de développement sur la plante, leur état de maturité après la récolte et pendant leur commercialisation,
- la mesure de la conductance électrique de la pulpe de fruits peut éventuellement permettre de déceler des meurtrissures avant qu'elles ne deviennent apparentes.

Ce qui permet de dire que cette mesure paraît offrir un éventail très large d'applications pratiques et qu'elle pourrait être utilisée pour des études sur l'évolution des fruits après leur récolte.

### BIBLIOGRAPHIE

1. WEAWER (G.E.) et JACKSON (M.G.).  
*Canadian Journal of Plant Science*, vol. 46, may 1966, p. 323-326.
2. HAYDEN, MOYSE, CALDER, CRAWFORD, FENSON.  
*Journal of Exp. Botany*, may 1969, 20 (6).
3. SALE (P.).  
Appareil de détection des viandes décongelées par mesure de conductance électrique.  
*Annexe 2, 1972, Bulletin de l'IE, Commissions C2 et D1, Varsovie*, p. 265-275.

