

# Sur la détermination de la fermeté des fruits au moyen du pénétromètre

par **P. DUPAIGNE**

*Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.).*

On sait que la maturation des fruits, comme d'ailleurs certaines altérations dues à des carences, des maladies ou des conditions défavorables de conservation, se traduisent par des modifications de composition des lamelles intermembranaires, des membranes elles-mêmes ou de la turgescence des cellules qui en fin de compte peuvent se déceler par des changements de résistance à l'écrasement des tissus.

En général cette résistance se mesure au moyen d'un appareil appelé pénétromètre, comportant un embout cylindrique de diamètre déterminé (3,9 mm pour l'appareil de Magness (1), 4 et 8 mm pour d'autres) et un ressort étalonné.

La pénétrométrie est une notion utile pour le contrôle de l'état physique des fruits à pulpe homogène, comme la pêche (4), (7), la poire (5), la pomme (2), l'abricot (4, 5, 6), la prune (8), la banane (9, 10), même la fraise. On l'utilise d'ailleurs aussi pour l'évaluation de la fermeté de la viande et du poisson.

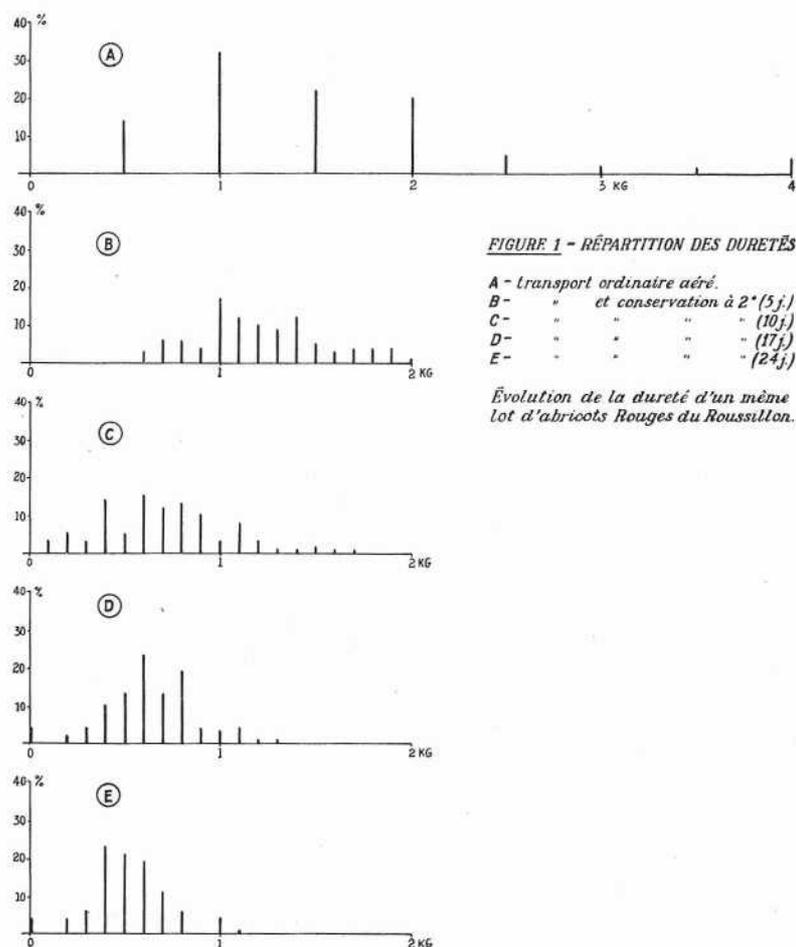
D'autres appareils travaillant par cisaillement ou écrasement peuvent être préférables dans des cas particuliers (13). Un des services principaux que l'on demande au pénétromètre est d'aider, avec d'autres critères, à déterminer l'état de maturité du fruit en vue d'un usage déterminé (14) (consommation immédiate, réfrigération, conserverie). On peut aussi lui demander d'apprécier la dureté d'un fruit transformé (15) conservé, partiellement déshydraté à condition que la pulpe ne soit pas devenue pâteuse.

Cependant comme on observe une grande variabilité de la dureté en fonction de l'état des fruits (par exemple 0 à 7 kg pour des abricots avec un embout de 8 mm), il convient de faire un grand nombre de mesures pour obtenir une approximation suffisante

sur un lot d'apparence homogène. Comme l'opération rend le fruit inutilisable, sauf exceptions, elle peut se révéler onéreuse.

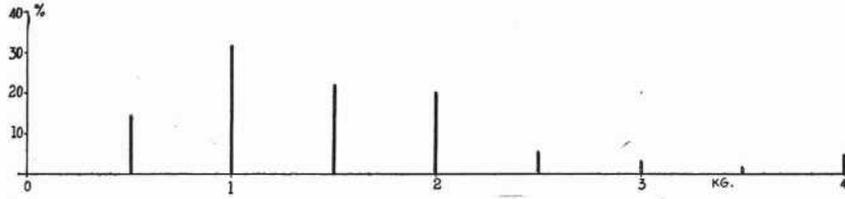
Le pénétromètre, appareil idéal pour le travail sur le terrain, doit être peu encombrant, robuste, bon marché et de fonctionnement simple. Les appareils de précision à poids sont à réserver au laboratoire.

Le plus simple est un tube gradué contenant le ressort à boudin sur lequel vient buter la tige qui porte l'em-

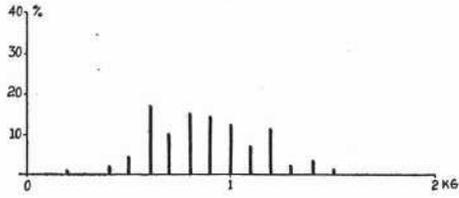


(1) L'I. F. A. C. emploie systématiquement le test de dureté comme un des critères de la banane verte en phase préclimactérique, en utilisant l'appareil Bellevue modifié par R. Deullin (I. F. A. C.).

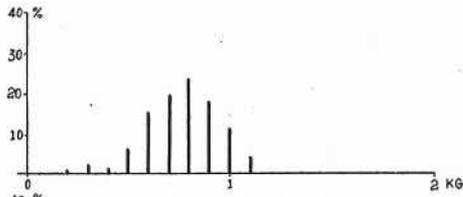
Une étude étendue a paru sur cette méthode dans le N° 8, 1956 de *Fruits*.



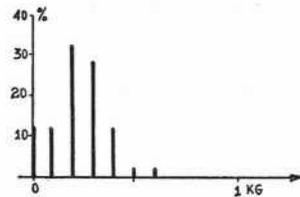
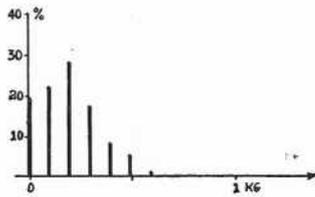
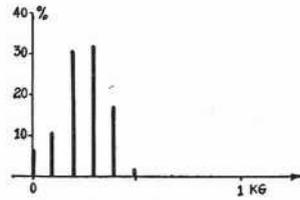
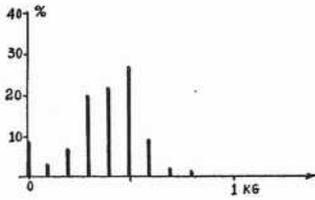
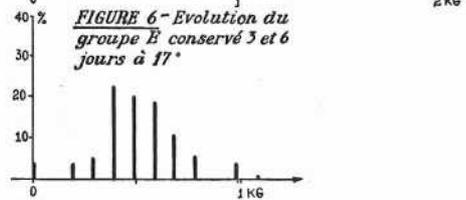
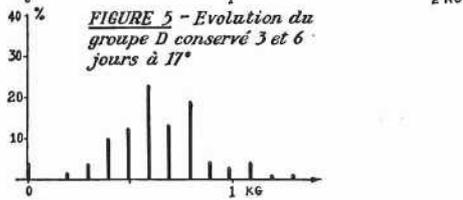
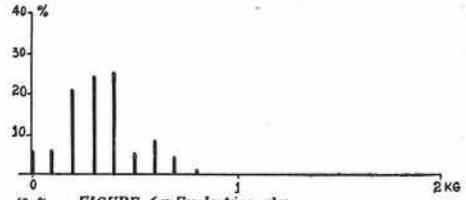
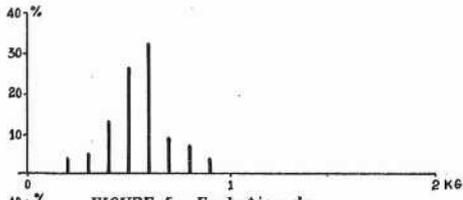
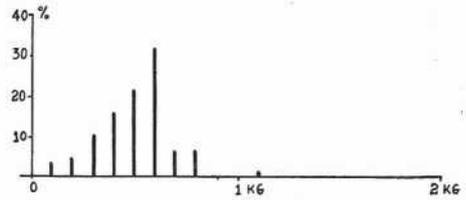
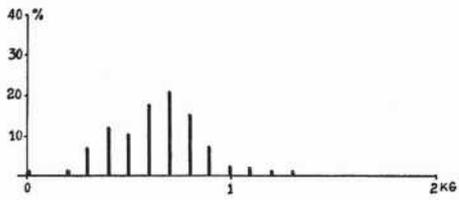
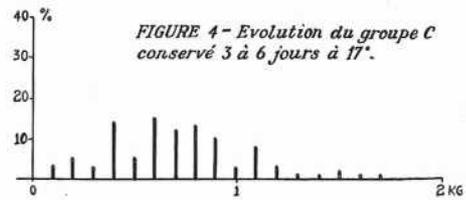
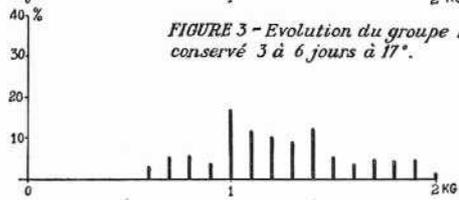
*FIGURE 2 - Abricot Rouge du Roussillon  
Evolution du groupe A conservé 3 et 6 jours  
à 17°.*



*FIGURE 3 - Evolution du groupe B  
conservé 3 à 6 jours à 17°.*



*FIGURE 4 - Evolution du groupe C  
conservé 3 à 6 jours à 17°.*



bout. Celui-ci doit pouvoir se changer facilement si l'on prévoit des diamètres différents (19).

La graduation en kilogrammes et divisions peut être munie d'un curseur qui s'arrête au maximum de la course de la tige pour faciliter la lecture.

Notons l'intérêt du pénétromètre à sensibilité décroissante en fonction de la charge, dans lequel les ressorts sont disposés en arbalète, et qui permet à la fois de tester des fruits mous avec une excellente précision, et des fruits durs avec la précision habituelle, sans avoir à changer la force du ressort (17).

Le mode d'emploi des pénétromètres est facile : il faut exercer la pression parallèlement à la tige, pour éviter le frottement de celle-ci, d'une façon progressive et toujours à peu près à la même cadence, jusqu'à ce que l'embout s'enfonce brusquement.

Bien entendu les fruits doivent être pelés.

Sur pêche et abricot, il faut faire deux ou trois déterminations par fruit ; sur pomme ou poire on peut aller jusqu'à cinq ; sur banane, deux, aux deux tiers.

Chaque chiffre obtenu doit être noté séparément afin de vérifier si la courbe des fréquences permet véritablement d'obtenir une valeur moyenne ayant une signification.

Enfin on doit noter en même temps, au moins pour un ensemble de fruits d'apparence homogènes, d'autres critères rapides tels que couleur de fond, saveur, parfum, état de la peau, etc... qui pourront rendre service dans l'appréciation de l'état des fruits.

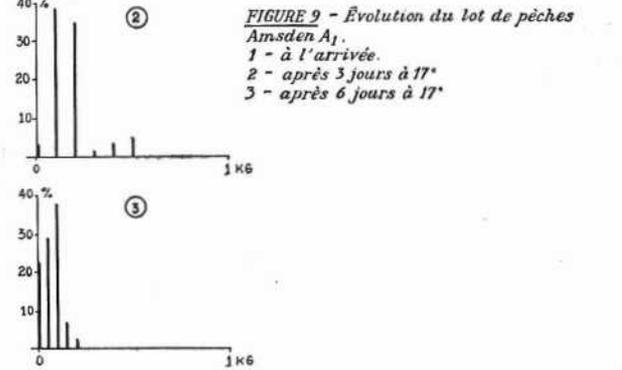
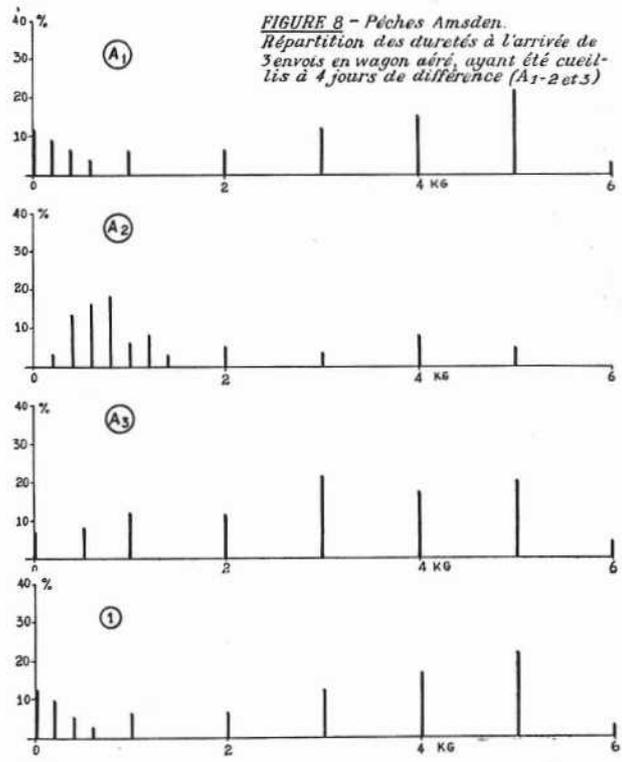
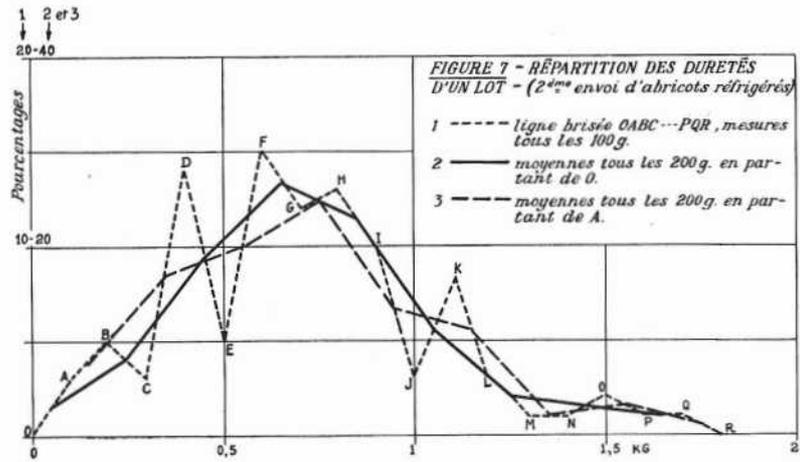
Cependant l'étude des résultats donnés par le pénétromètre renseigne mieux sur l'homogénéité ou l'hétérogénéité d'un lot de fruits qu'un simple appréciation organoleptique (couleur de base, pression au doigt).

**Partie expérimentale.**

Les moyennes des évaluations des duretés au cours de plusieurs expérimentations conduites antérieurement sur les conditions de transport des pêches et abricots ont été utilisées, comme d'autres appréciations, pour mesurer l'évaluation de la maturité des fruits, et les conclusions de ces travaux ont été publiées ailleurs (4). Récemment nous avons repris ces résultats pour deux lots de fruits seulement et dépouillé l'ensemble des chiffres qui avaient été notés.

**Rappel des essais.**

Pour que l'expérience ait une valeur sur le plan commercial ou industriel, nous avons fait appel à des lots de pêches et abricots traités exactement comme pour l'expédition sur le marché : la cueillette, le triage, l'emballage, le mode d'expédition en chemin de fer, avec d'autres fruits semblables, le débarquement et l'attente à température am-



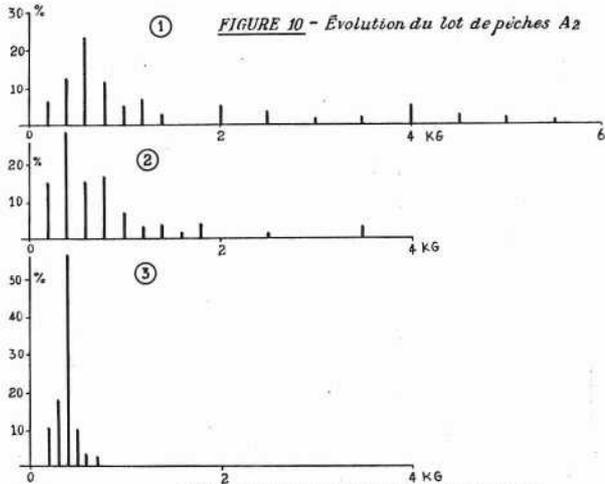


FIGURE 10 - Evolution du lot de pêches A<sub>2</sub>

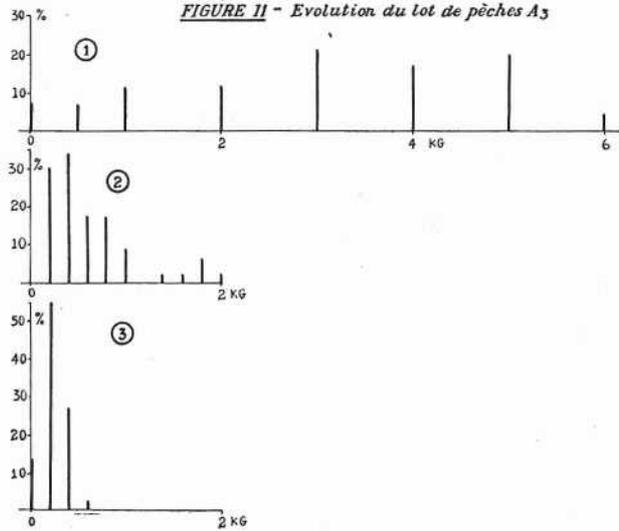


FIGURE 11 - Evolution du lot de pêches A<sub>3</sub>

biante, toutes ces opérations étaient réalisées avec d'autres fruits réellement commercialisés.

Nous avons choisi un trajet long pour que les incidences de celui-ci sur la qualité puissent ressortir. En plus de l'essai dans les conditions les plus habituelles, nous avons réalisé d'autres essais de transport réfrigéré (ce qui reste encore trop rare) et de conservation temporaire en chambre froide avant le transport réfrigéré, pratique qui a un intérêt pour régulariser le cours des fruits en cas d'arrivée massif suivi de pénurie relative. Depuis la cueillette jusqu'au dernier contrôle, la température des fruits était suivie au thermomètre enregistreur.

Cependant pour nous garantir, autant que possible, contre les incidences d'autres facteurs : âge des arbres, terroir, fumure, microclimat, exposition, etc... nos essais ont porté uniquement sur les fruits d'un certain nombre d'arbres repérés, dans le même verger pour chaque espèce. Seuls variaient la date de la cueillette et les conditions de maintien des fruits jusqu'à la date théorique de vente.

**Mesure de la dureté.**

Les pénétromètres utilisés pour la pêche et l'abricot ont toujours donné de bons résultats de mesure, sauf avec les fruits trop mûrs s'écrasant sous le doigt. Une fois la peau enlevée au couteau, par places, le mandrin du pénétromètre appliqué avec une force croissante s'enfonce brusquement à l'écrasement de la pulpe, ce qui donne la mesure de la dureté en kilogrammes et hectogrammes. Une telle mesure serait impossible avec les fruits succulents (raisin, orange).

**Expression des résultats.**

On peut faire figurer les résultats de répartition du nombre d'essais par duretés sous forme de courbes des fréquences, dont les surfaces sont équivalentes si le nombre des essais et le nombre des répartitions sont les mêmes.

Comme il nous est arrivé d'utiliser des pénétromètres différents, les répartitions ne sont pas toujours régulières et les graphiques sont plus parlants en rapportant simplement le pourcentage d'essais pour chaque dureté relevée.

**Interprétation des résultats.**

Si donc on obtient toujours des chiffres, ces chiffres peuvent être très différents même à l'intérieur d'un lot d'apparence homogène.

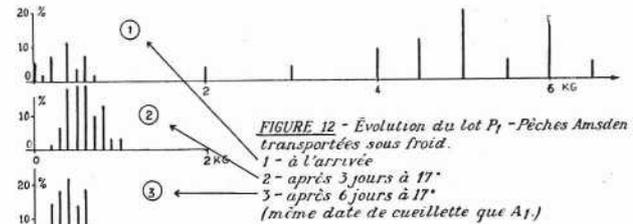


FIGURE 12 - Evolution du lot P<sub>1</sub> - Pêches Amsden transportées sous froid.  
1 - à l'arrivée  
2 - après 3 jours à 17°  
3 - après 6 jours à 17°  
(même date de cueillette que A<sub>1</sub>)

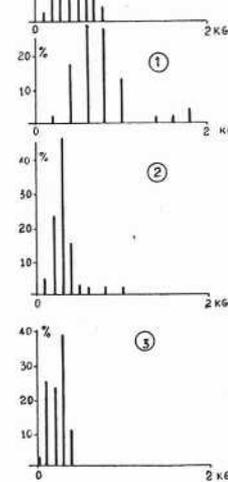


FIGURE 13 - Evolution du lot P<sub>2</sub>. Pêches Amsden transportées sous froid. (même date de cueillette que A<sub>2</sub>).

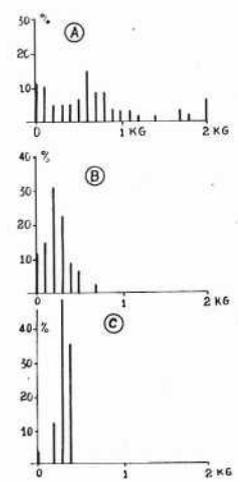


FIGURE 14 - Evolution du lot P<sub>3</sub> - Pêches Amsden transportées sous froid. (même date de cueillette que A<sub>3</sub>).

En effet la dureté évolue vite et les fruits mûrissent individuellement ; il arrive aussi souvent que les gros fruits (pêche surtout) soient inégalement mûrs et donnent des résultats très éloignés. C'est pourquoi il est indispensable d'effectuer un grand nombre de mesures pour que la moyenne soit représentative. Pour les pêches et abricots nous conseillons une centaine de mesures par lot, c'est-à-dire plus de 30 fruits à raison de trois essais par fruit.

Étant donnée la simplicité mécanique du pénétromètre et l'énergie relativement grande utilisée, il serait facile d'équiper les appareils d'un totalisateur d'effort déployé et d'un compteur de coups ; la division des deux résultats donnerait rapidement la moyenne cherchée.

Cependant, à l'étude des résultats individuels, il nous semble important de conserver cet usage, fastidieux, de noter un par un chaque chiffre : on peut ainsi se rendre compte de l'homogénéité du lot en calculant la répartition des coups selon la dureté.

On voit ainsi qu'un lot de fruits verts, assez homogène, commence à évoluer lorsque certains fruits mûrissent, d'autres restant verts ; à la fin tous se rapprochent de la maturité commerciale et le lot entier évolue vers une dureté nulle (fig. 1 à 6, 9 à 14).

L'étude des répartitions montre aussi qu'il n'est pas nécessaire d'opérer avec une trop grande précision : ainsi la répartition des coups tous les 100 g donne une courbe en dents de scie, alors que la répartition tous les 200 g (pour l'abricot) donne une courbe plus régulière (fig. 7).

Enfin le changement de pénétromètre, en cas de dureté intermédiaire, est préjudiciable, car il est difficile à l'avance de savoir quel appareil utiliser (par exemple un ressort taré à 2 kg et un ressort taré à 10 kg pour des duretés de l'ordre de 2 kg), et les mesures ne peuvent être recommandées sur le même fruit (fig. 10, 12).

En rapprochant les graphiques de répartition, on s'aperçoit que la date de la cueillette avait peu d'effet, dans l'expérience considérée, sur la maturité des abricots ou des pêches (fig. 8). Cette constatation semble paradoxale, mais s'explique par le fait que la cueillette, selon des directives précises, ne portait pas sur tous les fruits d'un arbre à un moment donné, mais seulement sur les fruits récoltables normalement dans la pratique commerciale, c'est-à-dire ayant atteint une maturité convenable. Ce n'est donc pas sur la date de la récolte qu'il faut agir si l'on veut éviter la commercialisation de fruits trop verts, mais sur l'évaluation par les équipes de cueilleurs de la maturité convenable pour la récolte, en leur fournissant des critères sur lesquels ils pourraient se baser (dureté entre autres, mais aussi couleur de fond, peut-être résistance du pédoncule à l'arrachement).

Une autre constatation ressort de l'examen des graphiques, surtout dans le cas de la pêche (fig. 9 à 11, et 12 à 14) : les fruits transportés au froid ont bien entendu une

meilleure tenue à l'arrivée et pendant quelques jours que ceux qui ont été transportés à température ambiante ; mais par la suite ils semblent évoluer plus vite. D'autre part la conservation frigorifique des abricots ne les stabilise pas complètement puisqu'ils arrivent, après la même durée de voyage, d'autant plus évolués qu'ils ont été gardés plus longtemps (fig. 1).

## BIBLIOGRAPHIE

1. ALLEN F. W. — Physical and Chemical Changes in the ripening of deciduous fruits. *Hilgardia*, 6, 381-441, 1932.
2. AUBERT P. — Qualité des fruits et époque de cueillette. *Rev. rom. Agric. Vitic. Arb.*, 6, 54-61, 1950.
3. ULRICH R. — Date de récolte optima des poires Williams destinées à l'entreposage frigorifique. *Rev. Gén. Froid*, 23, 6-5-10, 1946.
4. DUPAIGNE P. — Évolution de la maturité des pêches en cours de transport. *Pomol. Fr.*, 78, 88, 1951.  
— Évolution de la maturité des fruits entre cueillette et consommation. *B. T. I.*, 69, 298, 1952.  
— Comportement des pêches et abricots à partir de la cueillette. *B. T. I.*, 83, 745, 1953.  
— Comportement des pêches et abricots du Roussillon. *B. T. I.*, 92, 441, 1954.  
— Évolution après cueillette des pêches et abricots. *B. T. I.*, 102, 515, 1955.
5. D'ERSU P., SWINZOW H. — Évolution des abricots Canino. *Fruits*, 10, 469-481, 1955.
6. PATRON A. et al. — Maturation de l'abricot en vue de la conserve. *Lab. Techn. I. F. A. C. Maroc*, 12 p., 1955.
7. ROOD P. — Objective maturity indices for California peaches. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 60, 104-112, 1957.
8. WILEY R. C., WORTHINGTON O. J. — Fresh fruit objective test to predict the quality of canned prunes. *Food Techn.*, 9, 381-384, 1955.
9. DEULLIN R. — La possibilité de mieux connaître le degré d'évolution de la banane. *Fruits*, 6, 529-533, 1952.
10. DEULLIN R. et MONNET J. — La dureté de la banane pendant le développement et en phase préclimactérique. *Fruits*, 11, 341-354, 1956.
11. BOUYOUCOS G. J. et MARSHALL R. E. — A pressure tester for small fruits. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 57, 211-213, 1951.
12. LIEBSTER G. — Festigkeit der Fruchtfleisches u-Verletzbarkeit der Fruchthaut verschiedener Erdbeersorten. *Mitt. Obst Garden*, B 6, 239-248, 1956.
13. KRAMER A. et TWIGG B. A. — Basic principles and instrumentation V-2. *Canner*, 126, 10, 14-17, 1958.  
— Principles and instrumentation for a physical measurement of doof quality in fruit and vegetable products. *Adv. in Food Res.*, 9, 153-220, 1959.  
— WHITTENBERGER R. T. et MARSHALL R. E. — Measuring the firmness of red tart cherries. *Food Technol.*, 4, 311-312, 1950.
14. ULRICH R. — Les repères de maturité des fruits. *Fruits*, 1, 456-461. 2, 5-11, 1946-1947.
15. DUPAIGNE P. — Essai de dessiccation des fruits. *Fruits*, 12, 317-323, 1957.
16. MAGNESS J. A. et TAYLOR G. F. — An improved type of pressure tester for the determination of fruit maturity. *U. S. D. A., Circ.* 350, 1925.
17. DUPAIGNE P. — Un pénétromètre à sensibilité décroissante. *C. R. Acad. Agr.*, 3 nov. 1954.