

Méthodes d'échantillonnage de fruits appliquées à l'évaluation de la qualité de l'abricot

Maggy GROTTÉ^{a*}, Barbara GOUBLE^a, Patrice RELING^a, Marielle BOGÉ^a, Jean-Marc AUDERGON^b

^a Inra-Sqpv, Site Agroparc,
Domaine Saint Paul, 84914
Avignon Cedex 9, France
grotte@avignon.inra.fr

^b Inra-Gafl, Site Agroparc,
Domaine Saint Paul, 84914
Avignon Cedex 9, France

Sampling methods of fruits applied to the quality characterization of apricot fruits.

Abstract — Introduction. Heterogeneity of apricot batches results from the difficulty of objectively appraising the optimal harvest date and, thus, the variability of fruit development traits at harvest time. This heterogeneity is a serious problem when comparing between harvests, varieties, and fruit farming cultivation practice. Three sampling procedures were tested for use prior to the characterization of the physiological traits of apricot batches using destructive or non-destructive physical methods. The objective was not only to reduce the number and cost of the analyses but also to achieve homogeneous samples representative of the harvest batch and of its heterogeneity, and to select comparable samples. **Materials and methods.** Sampling was grounded on whole fruit compression test values (stress) up to a compression rate that does not damage the fruit. Sample batches were then selected after the statistical treatment (descriptive analysis, univariate clustering) of strain values. The sampling methods were applied (a) to compare physical growth traits of apricot hybrids from 2 years with contrasted weather (normal, heatwave), (b) to study the effect of cultivation practices on some physical properties of seven apricot hybrids and (c) to follow post-harvest changes. Firmness, color and specific gravity of the fruit and the flesh were measured. **Results and discussion.** The selection of median samples permitted different harvest batches to be distinguished and the identification of the weather effect on fruit traits (delayed changes to fruit color and flesh specific gravity, less intensely colored flesh). Univariate sampling based on fruit firmness proved to be adequate for characterizing the heterogeneity of harvest batches and for comparing the physical properties of several apricot hybrids. The selection of batches with comparable variability of firmness permitted the evaluation of the effect of repeated non-destructive physical measurements on apricot postharvest changes in simple batches of fruit.

France / *Prunus armeniaca* / fruits / sampling / methods / physicochemical properties / firmness / color / density

Méthodes d'échantillonnage de fruits appliquées à l'évaluation de la qualité de l'abricot.

Résumé — Introduction. L'hétérogénéité de maturité des récoltes d'abricots résulte de la difficulté d'évaluer objectivement le stade optimal de récolte et donc la variabilité du stade de développement des fruits au moment de la cueillette. Cette hétérogénéité pose un problème lorsqu'il s'agit de comparer des récoltes, des variétés, des parcours techniques, etc. Trois protocoles d'échantillonnage ont été testés comme préalables à la caractérisation du stade physiologique de lots d'abricots par des méthodes physiques destructives ou non. Le but recherché a été, hormis la réduction du nombre et du coût des analyses, l'obtention de lots homogènes représentatifs de la récolte et de son hétérogénéité, et la constitution de lots comparables. **Matériel et méthodes.** L'échantillonnage a été effectué sur la base de mesures de compression (pression) à un taux ne lésant pas ou peu le fruit. La sélection des lots a été réalisée après traitement statistique (analyse descriptive, partitionnement univarié) des valeurs de pression. La démarche a été appliquée (a) à la comparaison du développement d'un abricot hybride au cours de 2 années aux climats très contrastés (normal et caniculaire), (b) à la mise en évidence de l'effet des parcours techniques sur quelques propriétés physiques des fruits provenant de sept abricotiers hybrides et (c) au suivi de l'évolution en post-récolte d'un clone. Les paramètres retenus ont été la fermeté, les couleurs et les densités du fruit et de la chair. **Résultats et discussion.** La sélection d'un lot médian a permis de différencier les récoltes et d'identifier les caractéristiques affectées par le climat : coloration externe, couleur et densité de la chair. L'allotement en classes de fermeté s'est avéré efficace pour la mise en évidence de l'hétérogénéité des récoltes et pour comparer les propriétés physiques d'hybrides différents. La constitution de lots présentant des variabilités comparables en fermeté s'est montrée adaptée au suivi post-récolte des fruits, ainsi qu'à la mise en évidence de l'influence de mesures physiques non destructives répétées sur un même lot sur l'évolution des abricots en post-récolte.

France / *Prunus armeniaca* / fruits / échantillonnage / méthode / propriété physicochimique / fermeté / couleur / densité

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 16 mars 2005

Accepté le 10 novembre 2005

Fruits, 2006, vol. 61, p. 135–147

© 2006 Cirad/EDP Sciences

All rights reserved

DOI: 10.1051/fruits:2006012

www.edpsciences.org

RESUMEN ESPAÑOL, p. 147

1. Introduction

La connaissance précise des propriétés physico-chimiques des matières premières végétales est indispensable pour la caractérisation des espèces et pour l'étude des effets des parcours techniques sur la qualité finale (aspects physiques, nutritionnels, sanitaires, organoleptiques) du produit frais ou transformé. En général, les périodes de récolte pour une espèce ou une variété donnée sont peu étalées dans le temps et se chevauchent bien souvent entre espèces. Ces faits sont responsables des principales difficultés rencontrées dans les laboratoires du secteur : problèmes d'échantillonnage des lots et de conservation des échantillons, nombre et rapidité des analyses à réaliser, étalement des mesures dans le temps.

Les végétaux sont des êtres vivants issus d'une population dont la variance interne est loin d'être négligeable. Il est de ce fait peu rigoureux de se contenter de prélever un nombre faible d'individus pour caractériser une population donnée ou pour entreprendre des recherches plus fondamentales. L'échantillonnage doit permettre d'estimer les caractéristiques d'une population à partir d'un nombre prédéterminé et correctement choisi d'individus afin de réduire les analyses à un nombre raisonnable. Aucune méthode universelle n'est disponible et le protocole adopté doit être fonction des buts expérimentaux poursuivis, des caractéristiques de la population sondée et des coûts d'analyse.

Parmi la panoplie de techniques disponibles, le test de compression est d'utilisation courante pour la caractérisation du stade physiologique des fruits [1–5]. Les critères généralement retenus pour cette caractérisation sont la pente de la courbe force / déformation ou la force maximale développée pour une déformation ou un taux de compression prédéfini [6]. Pour l'abricot, ces tests ont été appliqués à l'établissement de corrélations entre les propriétés physiques (fermeté, coloration), physiologiques (dégagement d'éthylène, intensité respiratoire) et chimiques (acidité titrable, indice de réfraction, pigments, etc.), à l'étude de sa maturation pré et postrécolte [7–16, 19] et à la comparaison de différents cultivars ou encore

d'itinéraires techniques. Dans la mesure où le taux de compression est suffisamment faible, cette technique peut être considérée comme non destructive. En effet, lorsque les fruits sont destinés aux mesures physiologiques, le taux de compression doit être choisi de manière à ne pas provoquer de lésion et à ne pas perturber leur activité métabolique.

Trois protocoles d'échantillonnage d'abricots basés sur le critère de fermeté du fruit entier, mesuré à l'aide d'un test non destructif de compression du fruit, ont été testés. Les trois méthodes présentées (lot médian, partitionnement univarié et lots comparables) ont été appliquées respectivement à la comparaison de cinétiques de maturation, d'itinéraires techniques (effet climatique, effet terroir), de cultivars, et au suivi de la maturation postrécolte des fruits.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Nos essais ont porté sur des abricots hybrides, sélectionnés par l'Inra-Gafl (Avignon, France). Les fruits, issus des récoltes 2002, 2003 et 2004, provenaient de vergers professionnels situés dans le sud de la France (Saint-Gilles et Manduel, Gard ; Donzère, Drôme). Les conditions climatiques des trois campagnes de production ont été très contrastées : orageuses en 2002, caniculaires en 2003 et normales en 2004.

À réception des lots, une quantité suffisante de fruits sains a été sélectionnée par tri visuel. Les fruits retenus ont été répartis de façon aléatoire dans un plateau alvéolé et repérés. Leur « fermeté » a été estimée immédiatement par un test de compression.

2.2. Méthodes physiques

2.2.1. Test de compression

Les tests de compression ont été réalisés au moyen d'un pénétromètre informatisé (« Pénélaup », Sérissud, Montpellier). L'outil de mesure est équipé d'un embout plan de 5 cm de diamètre. La vitesse de déplacement a été fixée

à $10 \text{ cm}\cdot\text{min}^{-1}$. Chaque pas du moteur correspond à un déplacement de $0,0125 \text{ mm}$. La mesure a été réalisée au niveau d'un oreillon, parallèlement à l'axe apex-calice. Le taux de compression retenu représentait 3 % de la hauteur de l'abricot, n'endommageait pas le fruit et était suffisant pour différencier des stades de maturité très contrastés (stade immature à stade sur-mûr) [17]. Le poids, la hauteur équatoriale, la déformation maximale et la force maximale développée ont été relevés et enregistrés dans un fichier informatique.

Selon la loi de Hooke, la force développée lors d'une compression dépend du module de Young, de la surface de contact, de la hauteur et de la déformation de l'objet. Lors de la compression des fruits de forme quasi sphérique entre deux plans parallèles, les surfaces de contact sont pratiquement circulaires et croissent avec le taux de compression [2, 5]. La prise en compte de la surface de contact, son assimilation à celle d'un cercle et l'expression des résultats sous forme de pression permettent de s'affranchir de l'influence du calibre du fruit sur la valeur mesurée. En effet, la dépendance entre la force développée et le calibre de l'objet rend peu pertinente la force en tant que critère de comparaison de la fermeté de fruits de dimensions différentes. Cette dépendance est mise aisément en évidence en comparant graphiquement les valeurs de pression reclassées par ordre décroissant d'un lot de 40 abricots, aux forces et diamètres correspondants (*figure 1*).

La pression maximale P exprimée en pascal (Pa) est calculée à partir de la déformation, de la force et de la hauteur équatoriale de l'abricot (*figure 2*) en appliquant la formule suivante [17] : $P = 4 F / [\pi \cdot d \cdot (2 h - d)]$, avec d , exprimée en m, égale à la déformation mesurée pour un taux de compression prédéfini ; F , exprimée en N, égale à la force correspondante ; h , exprimée en m, égale à la hauteur équatoriale du fruit.

2.2.2. Mesure de la densité

Les densités de l'abricot entier et de la chair ont été déterminées à partir du poids et de la poussée d'Archimède du fruit immergé dans l'eau. La densité de la chair a été déterminée sur le fruit préalablement entaillé

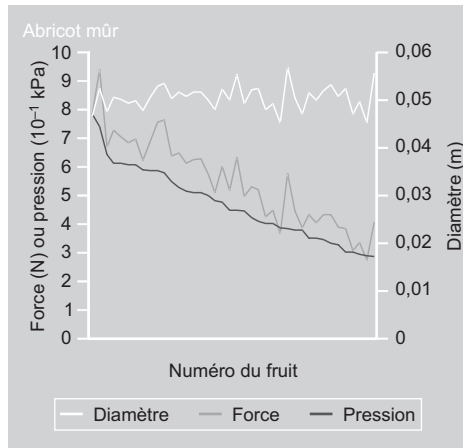


Figure 1. Correspondance entre le diamètre, la force mesurée et la pression pour une compression de 3 % de la hauteur du fruit. Pression reclassée par ordre décroissant pour un lot de 40 abricots.

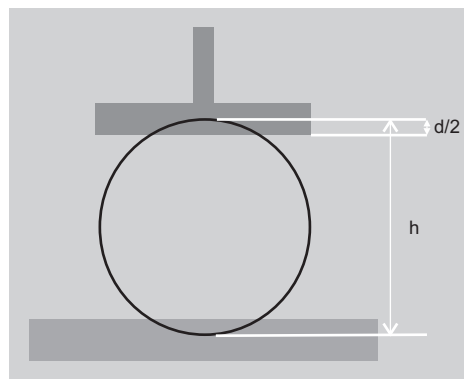


Figure 2. Représentation schématique de la compression d'une sphère entre deux plans parallèles.

jusqu'au niveau du noyau en suivant la suture et après écartement des deux oreillons permettant d'extraire le noyau de l'abricot. Les densités ont été calculées par la formule : densité = [poids / (poids - poussée)], la densité étant exprimée en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

2.2.3. Mesure de la couleur

Les coordonnées colorimétriques de l'épiderme (la couleur de surimpression étant la face exposée à l'ensoleillement et la couleur de fond étant la face exposée à l'ombre) et de la chair ont été mesurées au moyen d'un chromamètre Minolta CR 400 (Minolta, Osaka) en utilisant l'espace colorimétrique CIE L^* , a^* et b^* (illuminant D65 ; diamètre de la zone de mesure : 8 mm). Dans cet espace, chaque couleur est définie par trois paramètres proches des concepts visuels : la clarté L^* ou indice de luminosité relatif allant de 0 pour le noir à 100 pour le blanc absolu, et

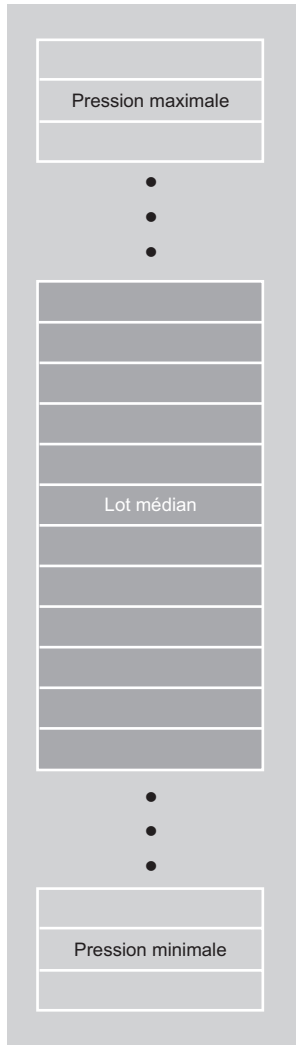


Figure 3. Identification d'un lot homogène (lot médian) représentatif du lot initial pour la caractérisation du stade de maturité.

la chromaticité représentée par le couple a^* et b^* . L'axe a^* correspond au couple antagoniste vert-rouge, et l'axe b^* au couple antagoniste bleu-jaune.

2.3. Traitement statistique des résultats

L'ensemble des données collectées a été analysé en utilisant le logiciel de traitement de données XLStat (Addinsoft, Paris).

2.4. Échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage a été basé sur la valeur de la pression. La procédure appliquée a été fonction des buts expérimentaux poursuivis : comparaison de variétés ou de parcours techniques, comportements en post-récolte, dosage des constituants du fruit (sucres, acides, composés volatils, etc.), analyse sensorielle...

Quel que soit le but de l'étude, les fruits ont été reclassés préalablement en fonction de la valeur décroissante de la pression. La moyenne, la médiane, le maximum, le minimum, l'écart-type et le coefficient de variation de l'ensemble de la population ont été calculés.

Le but de l'échantillonnage est de permettre l'estimation des caractéristiques d'une population à partir d'un nombre de fruits correctement choisi afin de réduire à un nombre raisonnable les analyses physiologiques et biochimiques coûteuses en temps. De plus, l'évolution rapide des abricots après leur récolte oblige à réaliser les analyses physiologiques dès réception des échantillons. Les analyses biochimiques peuvent être différées dans le temps par conservation des échantillons sous forme congelée, mais la réduction de leur nombre doit être recherchée pour des raisons économiques.

2.4.1. Constitution d'un lot homogène représentatif de la population

L'obtention de lots homogènes représentatifs de la population est essentielle pour la comparaison de variétés, d'itinéraires tech-

niques, de traitements post-récolte ou encore pour la différenciation d'hybrides.

Ces lots homogènes ont été constitués de fruits dont la valeur de la pression se situait de part et d'autre de la valeur médiane du lot initial (*figure 3*). La taille de l'échantillon extrait de la population a été limitée à 12 fruits pour des raisons techniques (disponibilité en matériel d'analyse, durée de confinement préalable aux mesures physiologiques) et pour permettre l'analyse de la totalité des récoltes réceptionnées dans la journée. Le calcul du nombre d'individus nécessaires pour l'obtention d'une précision de 5 % autour de la moyenne avec un risque de 5 % amène à un effectif de 42,7 fruits. La procédure d'échantillonnage du lot médian minimise la valeur de la variance et conduit à un effectif de 9,25 fruits, nombre inférieur à celui que nous avons retenu.

2.4.2. Constitution de sous-lots homogènes reflétant l'hétérogénéité de l'ensemble de la population initiale

Un partitionnement univarié [18] a été utilisé pour regrouper les fruits en classes homogènes de pression de façon optimale en minimisant l'inertie intra-classe (*figure 4*). Les fruits retenus ont été ceux dont la valeur de la pression était la plus proche du barycentre de la classe à laquelle ils appartiennent. Cette procédure d'échantillonnage s'applique pour l'étude de l'hétérogénéité d'une récolte ou lorsque le nombre de fruits disponibles est limité (début de production d'une nouvelle sélection) et que des récoltes successives sont impossibles.

2.4.3. Constitution de sous-lots présentant des caractéristiques proches

L'étude de l'évolution des abricots en post-récolte nécessite la constitution de lots comparables présentant des caractéristiques dont les moyennes sont proches.

La procédure adoptée a été la suivante : pour des essais de conservation de 7 j, neuf lots de 12 fruits ont été nécessaires. L'un a été destiné à la caractérisation de l'état physiologique au moment de la récolte, un second a été conservé pendant 7 j et analysé

N° fruit	Pression (kPa)	Classe	Distance du barycentre	
31	104,66	1	12,33	
21	93,75	1	1,42	Lot 1
33	90,76	1	1,57	
13	87,38	1	4,95	
23	85,08	1	7,25	
32	78,79	2	8,71	
.	.	.	.	} Fruits non retenus
.	.	.	.	
.	.	.	.	
29	58,25	3	2,30	
4	57,58	3	1,63	Lot 2
3	57,54	3	1,59	
16	56,35	3	0,40	
28	54,11	3	1,84	
19	54,05	3	1,90	} Fruits non retenus
.	.	.	.	
.	.	.	.	
7	40,27	5	3,57	
18	39,36	5	2,66	
1	38,97	5	2,27	Lot 3
8	37,51	5	0,81	
10	34,91	5	1,79	
6	34,35	5	2,35	
15	31,51	5	5,19	

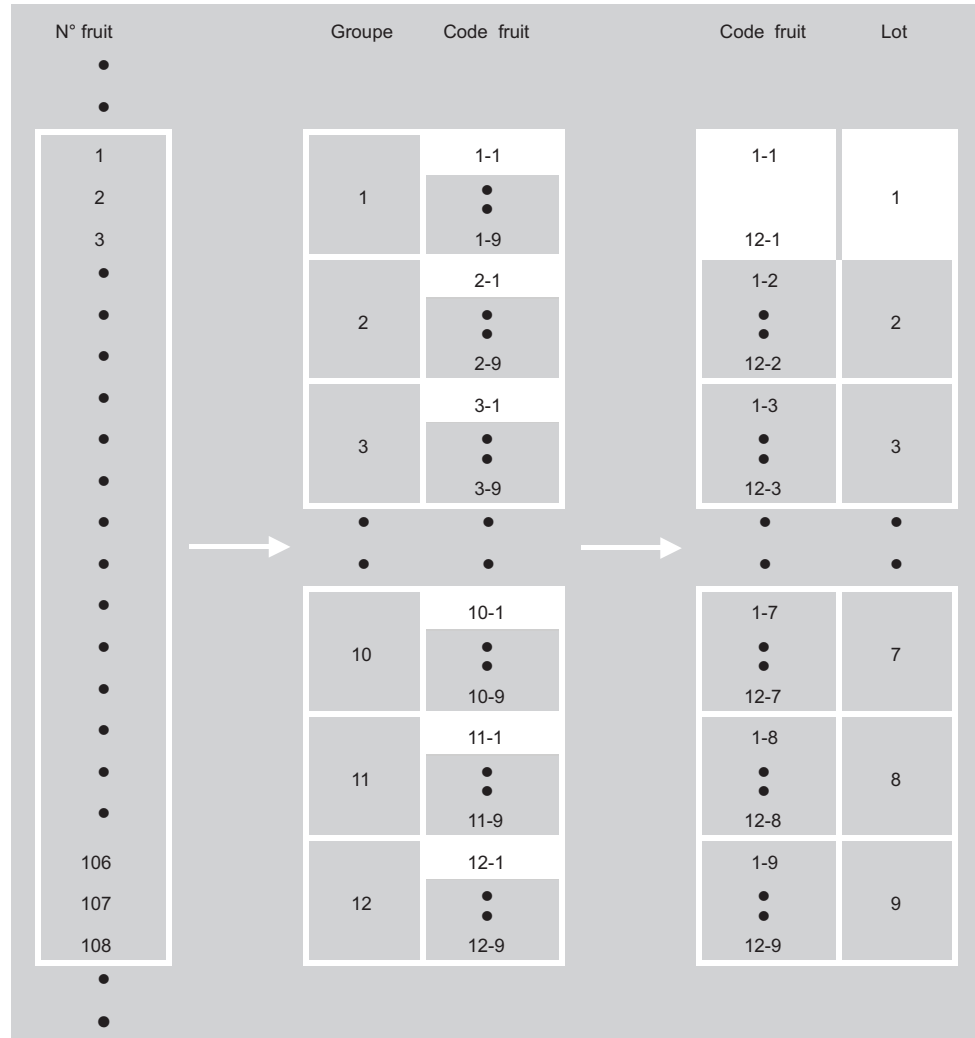
Figure 4. Détermination, par partitionnement univarié, de sous-lots homogènes destinés à refléter l'hétérogénéité d'un lot initial de 40 abricots. Les fruits retenus sont ceux dont la valeur de la pression est la plus proche du barycentre de la classe à laquelle ils appartiennent.

quotidiennement par des mesures non destructives (couleur et /ou fermeté) et les sept autres lots ont été analysés par des méthodes non destructives (couleur, fermeté, densité du fruit intact) et destructives (densité

de la chair) après respectivement 1 à 7 j de conservation.

Pour constituer ces 9 lots de 12 fruits, un ensemble de 108 fruits, dont la pression se situait de part et d'autre de la valeur médiane

Figure 5.
Représentation de la
procédure de sélection de neuf
lots comparables de 12 fruits à
partir d'un lot initial
comportant un nombre
important de fruits.



de la récolte, ont été extraits d'un lot initial de 169 abricots. Les fruits retenus ont été répartis en 12 groupes de 9 fruits, de fermeté décroissante. Les 9 lots de 12 fruits ont ensuite été constitués en regroupant tous les fruits de même ordre provenant des 12 groupes de 9 fruits (*figure 5*).

croissance, subjectivité) à la constitution de lots homogènes quant à leurs propriétés physiques, physiologiques ou biochimiques. La dispersion observée des valeurs obtenues pour la population initiale est rarement parfaitement gaussienne (*figure 6*).

3. Résultats et discussion

Dans la majorité des cas, le tri visuel préliminaire des fruits récoltés s'avère inadapté (fruits très pigmentés dès le début de la

3.1. Constitution de lots homogènes représentatifs de la population

Pour la caractérisation de la récolte, un lot de 12 fruits (lot médian analysé fruit à fruit) a été extrait à partir d'une récolte de 40 fruits de l'hybride A3844.

Les données statistiques calculées pour la pression de chaque lot ont permis d'évaluer le coefficient de variation qui renseigne sur le degré d'hétérogénéité : 38,52 % pour le lot initial de 40 fruits et 7,60 % pour le lot médian (*tableau I*).

Cet échantillonnage a été également appliqué à la comparaison des évolutions de quelques caractéristiques physiques des fruits : fermeté évaluée par la pression ; couleur externe de fond et de la chair au moyen du paramètre a^* ; densité du fruit et de la chair. Il a été effectué sur des fruits de l'abricotier hybride A3751 en cours de croissance en verger durant deux années aux climats très contrastés (2002 orageux et 2003 caniculaire) et soumis à des parcours techniques différents (localisation du verger et conduite culturale) (*figure 7*). Les courbes donnant les évolutions de la pression, des densités du fruit et de la chair, de la couleur (a^*) de fond (*figures 7 et 8*) ont des allures comparables pour les deux années et atteignent des valeurs voisines à maturité. Les courbes relatives à la couleur de fond (a^*) et à la densité de la chair (*figure 7*) mettent en évidence un décalage dans le temps reflétant la précocité de la récolte 2002 par rapport à celle de 2003. Les évolutions de la couleur de la chair (*figure 7*) sont très différentes entre les deux années. Le climat caniculaire n'a pas influencé de manière significative les évolutions de la fermeté et de la densité du fruit lors de leur maturation au verger. Il a différé les évolutions de la couleur de fond et de la densité de la chair. Les différences

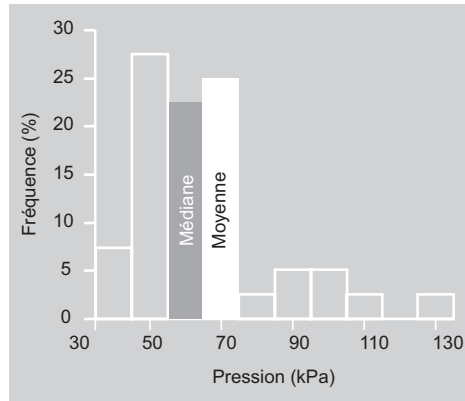


Figure 6.
Exemple de distribution des valeurs de pression d'un lot de 40 abricots.

observées pour la couleur de la chair peuvent être attribuées à un différentiel insuffisant entre les températures diurnes et nocturnes, préjudiciable à la synthèse des pigments, et /ou à un moindre éclaircissement des fruits dû à une densité de plantation plus élevée en 2003.

Les valeurs moyennes de pression, relatives aux lots récoltés en 2002 d'une part et en 2003 d'autre part, ont été comparées par analyse de variances. Pour les mêmes dates de récolte, il n'y a pas eu de différences significatives entre les deux années (*tableau II*). Le même traitement statistique appliqué à la comparaison des moyennes des lots de 40 fruits et des lots médians de 12 fruits pour chaque année n'a pas non plus mis en évidence de différences significatives liées à la date de récolte (*tableau II*).

Tableau I.

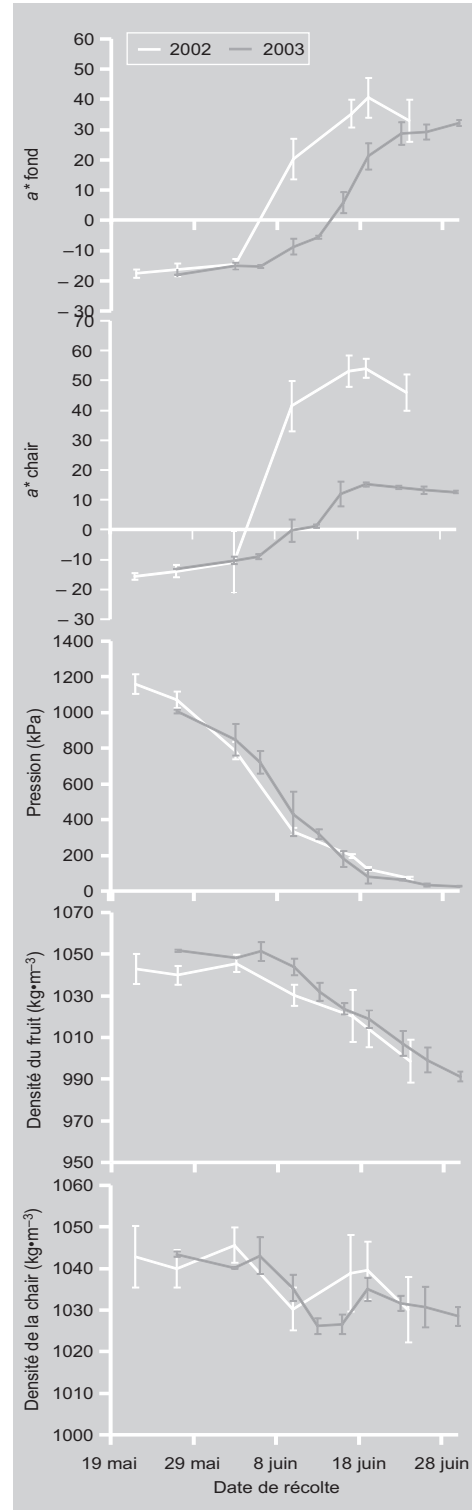
Données statistiques de pression (kPa) calculées pour deux lots d'abricots : un lot comprenant tous les fruits récoltés et un lot résultant d'un échantillonnage par la méthode du lot médian (abricot hybride A3844, récolte du 12/06/2003).

Lot considéré	Nombre de fruits	Pression (kPa)					Coefficient de variation (%)	Effectif minimum ¹
		Minimum	Médiane	Maximum	Moyenne	Écart type		
Lot initial	40	29,67	56,17	137,42	63,29	24,38	38,52	42,7
Lot médian	12	52,10	54,99	63,52	56,74	4,31	7,60	9,25

¹ Effectif minimum nécessaire pour une précision d'échantillonnage de 5 % de la moyenne avec un risque de première espèce de 5 %.

Figure 7.

Évolution de la fermeté, de la densité, de la couleur de fond, de la couleur de la chair et de densité de la chair pour des lots de 12 fruits au cours de leur croissance : abricot hybride A3751, lot médian, campagnes de production 2002 et 2003 (moyennes et écarts types).



3.2. Constitution de sous-lots homogènes reflétant l'hétérogénéité de l'ensemble de la population initiale

À partir d'un lot de 40 fruits, trois sous-lots de quatre abricots ont été sélectionnés de manière à être représentatifs de l'hétérogénéité de la récolte. Les données statistiques de pression obtenues aux diverses étapes de l'allotement (*tableau III*) montrent que les fruits retenus au sein de chaque classe étaient les plus proches du barycentre de la classe d'appartenance.

Les résultats obtenus pour d'autres critères indicateurs de maturité (dégagement d'éthylène, indice de réfraction et acidité titrable) mesurés sur l'ensemble des fruits constituant chacun des trois sous-lots (*tableau IV*) confirment la pertinence des classements effectués : augmentation du dégagement d'éthylène et de l'indice de réfraction, et diminution de l'acidité titrable avec la maturité (du sous-lot 1 le moins mûr au sous-lot 3 le plus mûr).

Cette procédure a été appliquée à la caractérisation des fruits de sept clones (1 : A3576, 2 : A3751, 3 : A3752, 4 : A3754, 5 : A3759, 6 : A3838, 7 : A3844), récoltés à maturité en 2004 et provenant de quatre vergers localisés l'un dans la Drôme (D) et les trois autres en Camargue (A, B, C). Les résultats ont été soumis à une analyse factorielle discriminante (*figure 8*) afin de modéliser l'appartenance des sous-lots à leur groupe (clone). Les paramètres retenus sont ceux estimables sur le terrain : couleur externe (fond ou face exposée à l'ombre ; surimpression ou face exposée à l'ensoleillement), fermeté, poids (calibre). Les deux axes principaux représentent 89,68 % de l'inertie totale du système. Pour un même clone, des différences existent entre vergers, mais elles sont moindres que celles observées entre clones : les divers lots sont reclassés dans leur grande majorité au sein du groupe (clone) auquel ils doivent appartenir. Les caractéristiques du clone A3754 (4) le distinguent efficacement des autres hybrides. Les trois sous-lots élaborés pour chaque provenance et chaque clone et repérés par le même

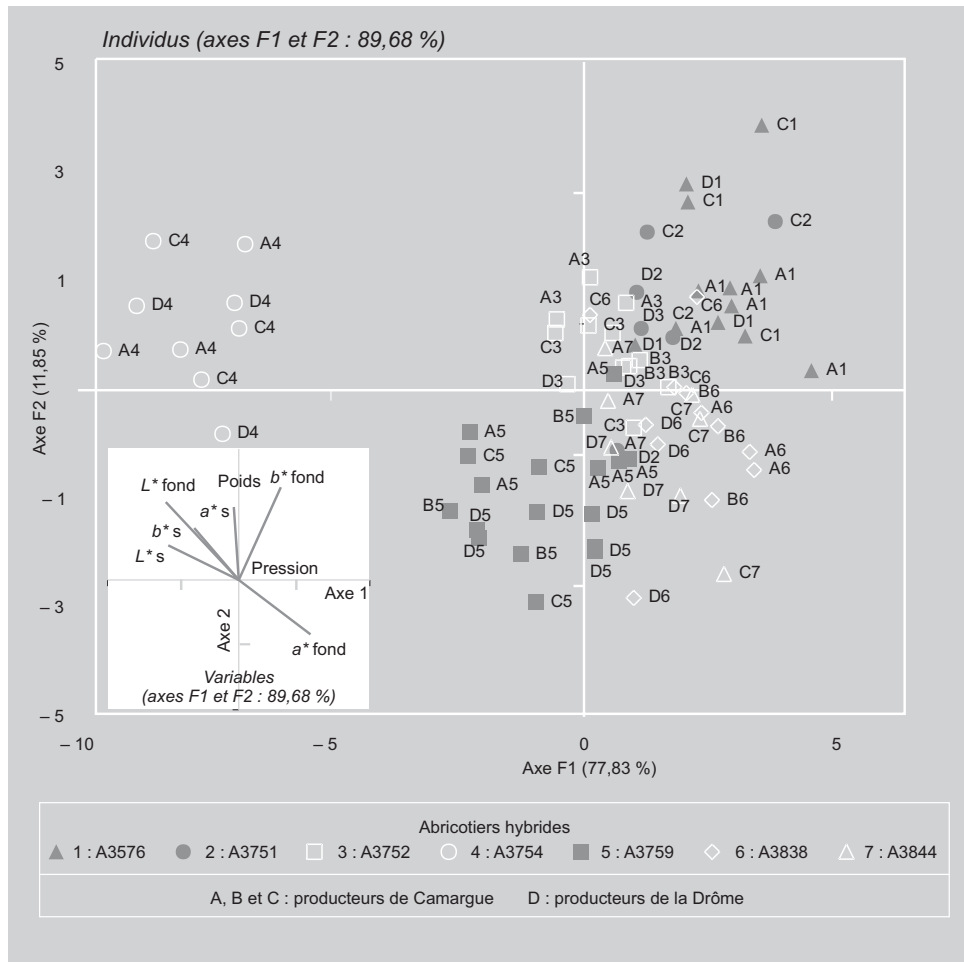


Figure 8. Analyse factorielle discriminante (AFD) des caractéristiques physiques estimables sur le terrain des fruits de sept abricotiers hybrides dans différents vergers. Paramètres de chromaticité : L^* = luminance, a^* et b^* = coordonnées de chromaticité. Surfaces colorées : f = couleur de fond, s = couleur de surimpression. Lots représentatifs de l'hétérogénéité de la récolte : trois lots de quatre fruits par prélèvement.

chiffre (figure 8) sont distincts et traduisent de façon satisfaisante la représentation recherchée de l'hétérogénéité de la récolte. La méthode d'échantillonnage par partitionnement univarié simplifie la représentation en AFD de populations importantes de fruits.

3.3. Constitution de sous-lots présentant des caractéristiques proches

À partir d'une récolte comportant 169 fruits, neuf lots de 12 fruits ont été constitués en vue de suivre leur évolution en post-récolte à 23 °C et pendant 7 j. Les données statistiques obtenues après allotement basé sur la mesure de compression (tableau V) montrent que les différences entre valeurs moyennes de la pression n'excèdent pas

2,86 % et les coefficients de variation de ces lots sont voisins ce qui permet de les considérer comme comparables.

Un lot différent a été utilisé chaque jour et ses fruits constitutifs ont été analysés individuellement par des méthodes non destructives (couleur, fermeté, densité du fruit entier) et destructives (densité de la chair). Parallèlement, un lot (a') conservé pendant toute la durée de l'essai a été soumis quotidiennement à des mesures de couleur et, tous les 2 j, à un test de compression de façon à limiter les endommagements éventuels. Les résultats obtenus pour les évolutions de la pression et de la couleur de fond (a^*) montrent que les différences observées entre le lot conservé pendant toute la durée de conservation et les lots prélevés successivement ne sont pas significatives au seuil de probabilité de 5 % (figure 9).

Tableau II.

Analyse des différences de pression entre des groupes de fruits échantillonnés (abricotier hybride A3751) en fonction de deux années de production et du nombre de fruits étudiés.

(a) Comparaison des moyennes des récoltes de 2002 et 2003 aux mêmes dates (test non significatif au seuil de 1 %).

Date de récolte (2002–2003)	Pression (kPa)		
	Différence	Différence réduite	Probab. > differ.
27 mai	94,59	1,06	0,48
03 juin	14,60	0,15	0,90
10 juin	174,33	1,84	0,32
17 juin – 16 juin	52,07	0,55	0,68
19 juin	63,45	0,67	0,62
24 juin – 23 juin	17,38	0,18	0,88

(b) Comparaison des moyennes de lots de 40 fruits et de lots de 12 fruits, déterminés par la méthode des lots médians, récoltés respectivement en 2002 et 2003 (test non significatif au seuil de 1 %).

Date de récolte	Pression (kPa)		
	Différence	Différence réduite	Probab. > differ.
		2002	
22 mai	0,71	0,01	0,99
27 mai	3,11	0,05	0,97
03 juin	6,48	0,10	0,94
10 juin	1,44	0,02	0,99
17 juin	5,15	0,08	0,95
19 juin	11,04	0,20	0,88
24 juin	0,88	0,02	0,99
		2003	
27 mai	36,80	4,61	0,14
03 juin	23,76	2,98	0,21
05 juin	66,95	8,39	0,08
06 juin	11,75	1,47	0,38
10 juin	38,11	4,78	0,13
16 juin	3,24	0,41	0,75
19 juin	19,90	2,49	0,24
23 juin	13,40	1,68	0,34
26 juin	7,60	1,10	0,47
30 juin	8,49	1,23	0,44

4. Conclusions

Les procédures d'échantillonnage testées permettent de réduire le nombre d'analyses et la variabilité des échantillons. Le lot médian s'est avéré adapté pour la différen-

ciation des différents stades de croissance du fruit sur l'arbre et pour la mise en évidence de l'influence des conditions climatiques sur les paramètres étudiés. L'allotement en classes par partitionnement univarié s'est montré efficace pour refléter l'hétérogénéité

Tableau III.

Données statistiques calculées pour chacune des classes de pression et chacun des sous-lots sélectionnés à partir d'une récolte de 40 abricots. Les trois sous-lots sélectionnés doivent refléter l'hétérogénéité de la récolte (abricotier hybride A3754, récolte du 02/07/2004).

Classe	Nombre de fruits	Pression (kPa)					
		Minimum	Médiane	Maximum	Moyenne	Écart type	Coefficient de variation (%)
Lot initial	40	31,51	56,95	104,66	59,30	17,23	29,05
Classe 1	5	85,08	90,76	104,66	92,33	6,83	7,40
Classe 2	10	64,73	68,12	78,79	70,09	4,38	6,25
Classe 3	12	51,93	55,23	61,47	55,95	2,89	5,17
Classe 4	6	44,39	46,01	51,08	46,88	2,20	4,69
Classe 5	7	31,51	37,51	40,27	36,70	2,96	8,06
Sous-lot 1	4	85,08	89,07	93,75	89,24	3,29	3,69
Sous-lot 2	4	54,11	56,95	57,58	56,40	1,41	2,50
Sous-lot 3	4	34,35	36,21	38,97	36,44	2,18	5,98

de la récolte et comparer les caractéristiques de sept hybrides provenant de quatre vergers. La constitution de lots de fruits dont les valeurs moyennes et les coefficients de variation de la pression sont comparables, a permis de comparer l'évolution des critères physiques d'un lot soumis à des tests de compression répétés à celle de lots différents analysés successivement en cours de conservation.

Tableau IV.

Critères de maturité (dégagement d'éthylène, indice de réfraction, acidité titrable) de l'ensemble de quatre fruits de trois sous-lots sélectionnés pour représenter l'hétérogénéité de la récolte (abricotier hybride A3754, récolte du 02/07/2004).

Sous-lots	Éthylène (nmol·h ⁻¹ ·kg ⁻¹)	Indice de réfraction (% Brix)	Acidité titrable (mEq·100 g ⁻¹ mf)
1	367,55	12,80	30,92
2	414,81	13,30	29,73
3	1008,64	13,90	27,87

mf : Matière fraîche.

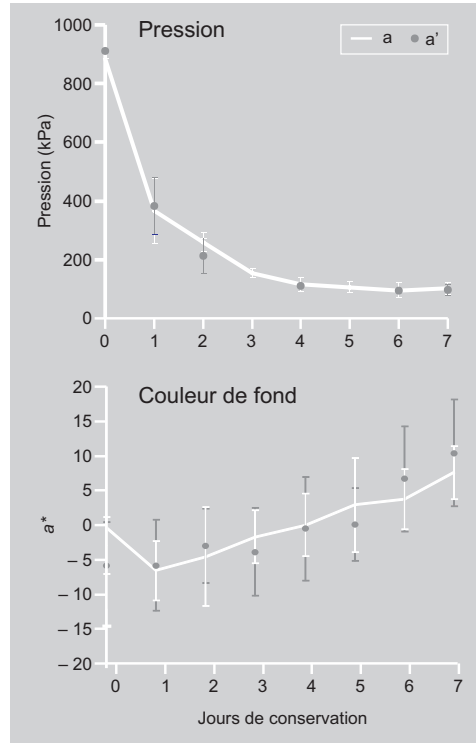
Tableau V.

Données statistiques calculées pour chacun des neuf lots sélectionnés à partir d'une récolte de 169 abricots. Chacun des sous-lots confectionnés comportent 12 fruits et doivent être comparables (abricotier hybride A3759, récolte du 18/06/2004).

Numéro du lot	Pression (kPa)					
	Minimum	Médiane	Maximum	Moyenne	Écart type	Coefficient de variation (%)
Récolte entière	417,52	901,54	1377,54	906,63	195,02	21,51
Sous-lot 1	767,69	918,33	1084,73	920,79	92,95	10,09
Sous-lot 2	763,04	910,23	1081,99	918,07	93,37	10,17
Sous-lot 3	762,28	910,01	1079,67	915,26	92,74	10,13
Sous-lot 4	753,55	908,34	1075,82	911,76	93,71	10,28
Sous-lot 5	752,24	906,72	1069,40	908,24	93,10	10,25
Sous-lot 6	745,92	905,72	1059,85	905,02	93,24	10,30
Sous-lot 7	744,23	904,33	1056,94	902,09	93,14	10,33
Sous-lot 8	738,27	898,57	1054,78	898,82	93,09	10,36
Sous-lot 9	722,47	896,82	1045,47	894,43	94,09	10,52

Figure 9.

Comparaison de l'évolution de la pression et de la couleur de fond (coordonnée chromatique a^*) d'abricots au cours d'une conservation de 7 jours à 23 °C (abricot hybride A3759, récolte du 18/06/2004) pour l'analyse d'un lot « a » différent chaque jour et d'un lot « a' » identique analysé quotidiennement pour la couleur et tous les 2 j pour la fermeté (moyennes et écarts-types).



Remerciements

Ce travail fait partie intégrante du Programme de Recherche-Développement en région PACA (2001-2003), « Caractérisation génétique et biochimique de clones à fruits rouges chez l'abricotier, en vue de l'exploitation du caractère à des fins de segmentation du marché ».

Références

- [1] Abbott J.A., Quality measurement of fruits and vegetables, *Postharvest Biol. Technol.* 15 (1999) 207–225.
- [2] Anon., Compression test of food materials of convex shape. Standards engineering practice and data adopted by the ASAE, ASAE, St. Joseph, MI, ASAE Standard ASAE S368.3 (1995) 466–470.
- [3] Fridley R.B., Adrian P.A., Mechanical properties of peaches, pears, apricots and apples, *Trans. ASAE* 9 (1966) 135–142.
- [4] Pereira A.V., Calbo A.G., Elastic stresses and plastic deformations in 'Santa Clara' tomato fruits caused by package dependent compression, *Pesqui. Agropecu. Bras.* 35 (2000) 2429–2436.
- [5] Stroshine R., Pitt R., Hamann D., Physical properties of agricultural materials and food products, ABE 305, Stroshine R. (Ed.), Purdue Univ., West Lafayette, USA, 1992.
- [6] Harker F.R., Redgwell R.J., Hallett I.C., Texture of fresh fruit, *Hortic. Rev.* 20 (1997) 121–224.
- [7] Azondalou R., Darbellay C., Luisier J.L., Villetaz J.C., Amado R., Development of a model for quality assessment of tomatoes and apricots, *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 36 (2003) 223–233.
- [8] Chambroy Y., Souty M., Audergon J.M., Jacquemin G., Reich M., Breuils L., Maîtrise de l'évolution physiologique des abricots après récolte, in: Audergon J.M. (Ed.), Programme de recherche Agrimed. 2. Rencontres sur l'abricotier, Avignon, France, 1991, CEE, Dir. Gén. Agric., Recl. Commun. (EUR 15009 FR), Luxembourg (Luxembourg), 1993, pp. 195–203.
- [9] Brown G.S., Walker T.D., Indicators of maturity in apricots using biplot multivariate analysis, *J. Sci. Food Agr.* 53 (1990) 321–331.
- [10] Kovacs E., Nemeth-Szerdahely E., β -galactosidase activity and cell wall breakdown in apricots, *J. Food Sci.* 67 (2002) 2004–2008.
- [11] Romojaro F., Riquelme F., Criterios de calidad del fruto. Cambios durante la maduración. Identificación de criterios no destructivos, in: Vendrell M., Audergon J.M. (Eds.), Qualité post-récolte et produits dérivés chez les fruits à noyau, Séminaire Lleida, Espagne, 1994, Cent. Int. Haut. Études Agron. Méditerran. (CIHEAM), Montpellier, France, Inst. Ric. Technol. Agroaliment. (IRTA), Barcelona, Espagne, 1995, pp. 101–124.
- [12] Balla C., Fekete A., Felföldi J., Physical methods for prediction of ripening apricots, in: Hagg M., Ahvenainen R., Evers A.M., Tiilikkala K. (Eds.), Agri-food Quality. II: Quality management of fruits and vegetables. 2. Int. Conf., Turku, Finlande, MTT Agrifood Res. Finl., Jokioinen, Finlande, 1998, pp. 119–124.
- [13] Chahine H.M.W., Caractéristiques physiques et physiologiques de l'abricot (*Prunus armeniaca* L.) : hérédité et modulation de leur expression par l'éthylène, Inst. Natl. Polytech., Thèse, Inst. Natl. Rech. Agron., Avignon, France, N° 99INPT011A, Toulouse, France, 1999, 184 p.

- [14] Ruiz-Altisent M., Jaren Ceballos M.C., Riquelme Ballesteros F., Maîtrise de l'évolution physiologique des abricots après récolte, in: Audergon J.M. (Ed.), Programme de recherche Agrimed. 2. Rencontres sur l'abricotier, Avignon, France, 1991, CEE, Dir. Gén. Agric., Recl. Commun. (EUR 15009 FR), Luxembourg (Luxembourg), 1993, pp. 173–181.
- [15] Souty M., Audergon J.M., Duprat F., Physical and biochemical criteria for apricot varieties characterization, *Acta Hortic.* 293 (1991) 95–109.
- [16] Sams C.E., Preharvest factors affecting post-harvest texture, *Postharvest Biol. Technol.* 15 (1999) 249–254.
- [17] Grotte M., Cadot Y., Poussier A., Loonis D., Piétri E., Duprat F., Barbeau G., Détermination du degré de maturité des baies de raisin par des mesures physiques : aspects méthodologiques, *Rev. Int. Sci.Vigne Vin* 35 (2001) 86–98.
- [18] Fisher W.D., On grouping for maximum homogeneity, *J. Am. Stat. Assoc.* 53 (1958) 789–798.
- [19] Chambroy Y., Souty M., Jacquemin G., Gomez R.M., Audergon J.M., Research on the suitability of modified atmosphere packaging for shelf-life and quality improvement of apricot fruit, *Acta Hortic.* 384 (1995) 633–638.

Métodos de muestreo de frutos aplicados a la evaluación de la calidad del albaricoque.

Resumen — Introducción. La heterogeneidad de madurez de las cosechas de albaricoques es el resultado de la dificultad de evaluar objetivamente el estado óptimo de cosecha y, por consiguiente, la variabilidad del estado de desarrollo de los frutos en el momento de la recogida de frutas. Esta heterogeneidad plantea problema cuando se trata de comparar cosechas, variedades, recorridos técnicos, etc. Tres protocolos de muestreo se testaron en tanto que preliminares a la caracterización del estado fisiológico de lotes de albaricoques mediante métodos físicos destructivos o no. La finalidad buscada fue, salvo la reducción del número y del coste de los análisis, la obtención de lotes homogéneos representativos de la cosecha y de su heterogeneidad y la constitución de lotes comparables. **Material y métodos.** El muestreo se efectuó en la base de medidas de compresión (presión) a un nivel sin dañar, o poco, el fruto. La selección de lotes se realizó tras el tratamiento estadístico (análisis descriptivo, división univariada) de los valores de presión. El proceso se aplicó (a) a la comparación del desarrollo de un albaricoque híbrido durante 2 años a los climas muy contrastados (normal y canicular), (b) a la puesta en evidencia del efecto de los recorridos técnicos en ciertas propiedades físicas de los frutos provenientes de siete albaricoqueros híbridos y (c) al seguimiento de la evolución en post-cosecha de un clon. Los parámetros retenidos fueron la firmeza, los colores y las densidades del fruto y de la carne. **Resultados y discusión.** La selección de un lote mediano permitió diferenciar las cosechas y de identificar las características afectadas por el clima: coloración externa, color y densidad de la carne. La clasificación por clases de firmeza resultó eficiente para la puesta en evidencia de la heterogeneidad de las cosechas, así como para comparar las propiedades físicas de híbridos diferentes. La constitución de lotes que presentan variabilidades comparables en firmeza se mostró adaptada al seguimiento post-cosecha de frutos, así como a la puesta en evidencia de la influencia de medidas físicas no destructivas repetidas en un mismo lote sobre la evolución de los albaricoques en post-cosecha.

Francia / *Prunus armeniaca* / frutas / muestra / métodos / propiedades físicoquímicas / firmeza / color / densidad