

Récolte mécanique de la cerise douce : Le point sur les phénomènes d'abscission naturels ou provoqués, et sur la prévision de la date de maturité.

B. FILS-LYCAON et P. POMMIER*

RECOLTE MECANIQUE DE LA CERISE DOUCE.
LE POINT SUR LES PHENOMENES D'ABSCISSION NATURELS
OU PROVOQUES ET SUR LA PREVISION DE LA DATE DE
MATURITE.

B. FILS-LYCAON et P. POMMIER.

Fruits, Jul.-aug. 1987, vol. 42, n° 7-8, p. 455-465.

RESUME - Nous avons suivi l'évolution de quelques paramètres physiques et biochimiques de la cerise douce (variétés Bigarreau Napoléon) entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison.

A travers une étude bibliographique et les observations effectuées sur certains des paramètres tels que les fractions pectiniques, la force d'écrasement du fruit à 5 p. 100 de sa hauteur équatoriale et la force d'arrachement du pédicelle, nous décrivons en partie le phénomène naturel d'abscission.

Nous montrons que certains des paramètres étudiés tels que l'indice de réfraction, les taux de chlorophylles, de carotènes, d'anthocyanes, sont de très mauvais marqueurs de l'état de maturité du fruit et ne peuvent donc pas être utilisés au contraire, par exemple, de la force d'arrachement du pédicelle, pour prévoir la date de maturité du fruit et une date de traitement par de l'éthéphon en vue d'une récolte mécanique.

Notre étude souligne enfin le rôle de certaines hormones végétales, dont l'éthylène, dans le mécanisme d'abscission, ainsi que les problèmes liés à l'emploi de l'éthéphon.

INTRODUCTION

La progression des coûts de récolte annuelle de la cerise a conduit de nombreux exploitants agricoles à recourir à l'emploi d'hormones végétales dans le but de promouvoir une récolte mécanique.

La réalisation pratique généralisée de cette idée se heurte cependant à deux difficultés majeures qui consistent d'une part en la compréhension des phénomènes naturels d'abscission et en la maîtrise de l'abscission chimique et, d'autre part, dans la connaissance physicochimique du fruit à un stade ontogénique donné et, par voie de conséquence dans la prévision de la date de maturité.

L'évolution des techniques culturales, et plus particulièrement l'emploi d'hormones végétales, a orienté bon nombre de travaux vers l'étude des relations existant entre les traitements hormonaux et le développement du fruit, sa composition, son comportement après récolte, ou, pour ce qui nous préoccupe ici, son abscission (WITTENBACH et BUKOVAC, 1972, 1974, 1975 ; OLIEN et BUKOVAC, 1982 a et b) et son aptitude à être récolté mécaniquement (VIDAUD et ARCUSET, 1983).

Par ailleurs, si de nombreux travaux ont été consacrés soit à la description de l'évolution d'une caractéristique physicochimique du fruit lors de son développement (DAVIGNON, 1959 ; MELIN *et al.*, 1979 a et b ; OKOMBI *et al.*, 1975, 1980 ; GROSS, 1985), soit à la description plus complète du fruit mais cette fois à maturité (VON ELBE et SHALLER, 1968 ; SHRIKHANDE et FRANCIS, 1973 ; GOMBKOTO, 1980 ; BARBIER et THIBAUT, 1982), peu d'études visent à décrire les évolutions de plu-

* - B. FILS-LYCAON - Station de Technologie, INRA - Domaine Saint Paul - B.P. 91 - 84140 MONTFAVET
P. POMMIER - SICA Cerise et Raisin de Table - Quartier La Tapy - Serres - 84200 CARPENTRAS

sieurs critères physicochimiques sur une grande partie du développement du fruit.

Nous allons donc essayer, à travers une étude bibliographique relative aux phénomènes naturels et provoqués d'abscission et à travers quelques éléments de caractérisation physicochimique d'une variété de cerise douce (Bigarreau Napoléon), d'apporter des éléments de réponse aux deux difficultés précédemment énoncées concernant la mise en oeuvre de la récolte mécanique.

Ces connaissances doivent nous permettre d'une part de mieux comprendre comment réaliser un contrôle chimique de l'abscission du fruit et, d'autre part, d'éviter des erreurs concernant la prévision de la date de maturité de la cerise.

ANALYSES EFFECTUEES SUR LES FRUITS

Matériel végétal.

Les cerises (variété Bigarreau Napoléon) sont prélevées dans une plantation de la région d'Apt (Vaucluse) au cours de l'année 1986.

Echantillonnage.

Dès le début du mois de mai, quatre arbres sont choisis et 20 zones, réparties sur la totalité de chacun d'entre-eux, sont repérées. Quinze fruits par zone et par arbre sont récoltés deux fois par semaine entre le 26 mai (5e semaine après PF - pleine floraison) et le 15 juillet (12e semaine après PF).

Pour chaque arbre, les fruits sont rassemblés sans tenir compte de leur zone de provenance sur celui-ci. Selon la méthode d'échantillonnage proposée par BURET (1985), nous créons par tirage aléatoire, 15 lots de 80 fruits composés de 2 fois 10 fruits de chaque arbre. Le protocole est résumé dans la figure 1.

Traitement du matériel végétal avant analyses.

Pour chaque type de mesure, un ou plusieurs lots sont prélevés de façon aléatoire. Leur nombre est de deux pour les analyses physiques et de trois pour les analyses chimiques.

Les fruits destinés aux analyses chimiques sont regroupés par 10 comme indiqué dans la figure 1. Par la suite, ils sont dénoyautés dans un bac réfrigéré à -10°C , puis congelés et broyés dans de l'azote liquide.

Analyses physiques.

L'écrasement du fruit à 5 p. 100 de sa hauteur équatoriale et la force nécessaire à l'arrachement du pédicelle sont mesurés à l'aide d'un pénétromètre mis au point par le laboratoire de méthodes physiques d'étude de la Station de Technologie de l'INRA d'Avignon (NICOLAS *et al.*, 1985). Les résultats sont exprimés en grammes.

Analyses chimiques.

Les analyses chimiques sont effectuées sur chacun des 8 groupes de fruits de chaque lot. Les résultats sont énoncés par la moyenne des 8 mesures plus ou moins 2 fois la limite de confiance à 95 p. 100 de celle-ci (BURET *et al.*, 1985).

● Indice de réfraction du jus.

Cinq grammes de poudre sont décongelés dans un tube à essai. Après filtration sur étamine, l'indice de réfraction est directement mesuré sur le jus.

● Sucres réducteurs et totaux.

Deux grammes de poudre sont décongelés en présence

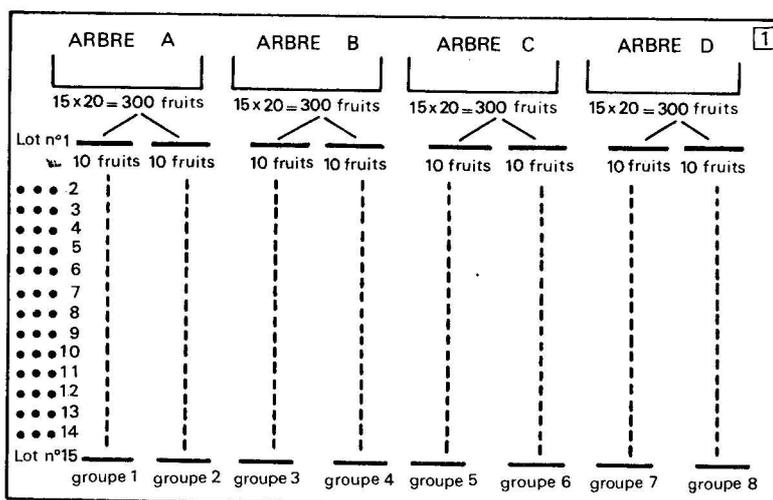


Figure 1 - Constitution des 15 lots de 80 fruits par distribution aléatoire en 4 fois 20 colonnes (1 lot : 1 ligne, soit 2 fois 10 fruits de chaque arbre).

de 8 ml d'eau distillée bouillie, puis filtrés sur étamine. Une partie aliquote de l'extrait précédent est utilisée pour la détermination des sucres réducteurs selon la méthode automatisée décrite par BITNER et MANNING (1967). Les sucres totaux sont obtenus par la même méthode après traitement de l'extrait par une solution d'invertase. Les teneurs sont exprimées en grammes par fruit en tenant compte de la teneur en eau et du poids de la pulpe de celui-ci à chaque date de récolte.

● Pectines.

Pour une première étape, 5 grammes de poudre sont mis en suspension dans 25 ml d'éthanol 96°G.L. bouillant pendant 2 minutes. Après filtration sur verre fritté n°4 et rinçage par de l'éthanol 96°G.L., le culot séché constitue l'extrait insoluble dans l'alcool sur lequel sont dosées les pectines.

Dans un second temps, et à partir de l'extrait précédemment obtenu, 3 fractions pectiniques sont obtenues selon la méthode de SOUTY *et al.*, (1981) par extractions successives avec de l'eau à la température du laboratoire, avec de l'oxalate d'ammonium 1 p. 100 à la température du laboratoire, et avec de l'acide chlorhydrique 50 mM bouillant (cette dernière fraction constitue les proto-pectines). L'acide galacturonique de ces 3 fractions est dosé par la méthode de THIBAUT (1979) automatisée par SOUTY *et al.*, (1980). Les résultats sont exprimés en mg d'acide galacturonique par fruit.

● Pigments.

- Chlorophylles.

L'ensemble des opérations s'effectue à l'abri de la lumière. Cinq grammes de poudre sont mis en suspension pendant 30 minutes dans 20 ml d'éthanol 96°G.L. contenant une quantité suffisante de soude pour neutraliser l'acidité du broyat. La suspension est filtrée sur coton de verre. Les teneurs en chlorophylles totales sont mesurées spectrophotométriquement à 669 nm sur le filtrat et sont exprimées en microgrammes de chlorophylles par fruit en utilisant les équations de WINTERMANS et de MOT (1965).

- Carotènes totaux.

Cinq grammes de poudre sont mélangés à de la perlite J. 100 jusqu'à l'obtention d'une pâte épaisse. On ajoute de l'acétone et on verse l'ensemble dans une colonne à chromatographie. On extrait à l'acétone jusqu'à décoloration du filtrat. Les pigments sont ensuite transférés dans de l'éther de pétrole au moyen d'une ampoule à décanter. Enfin, l'extrait éthero-pétrolique est lavé à l'eau pour éliminer l'acétone, puis déshydraté sur sulfate de sodium anhydre avant lecture de densité optique à 450 nm. Les résultats sont exprimés en microgrammes de carotènes par fruit en utilisant les équations de LIME *et al.* (1957).

- Anthocyanes.

Deux grammes de poudre sont mis en suspension pen-

dant 15 minutes dans 8 ml d'un solvant composé d'éthanol 96°G.L. et d'HCl pur (98/2, V/V). Après filtration, le spectre d'absorption du filtrat est tracé entre 250 et 700 nm. Un indice de teneur en anthocyanes est estimé par mesure de densité optique à 535 nm, correspondant à son sommet spécifique sur le profil spectral. Le résultat est exprimé en U.D.O. par fruit.

RESULTATS - DISCUSSION

Phénomènes naturels d'abscission.

● Développement du fruit et site de séparation.

Dans le cas des cerises acides et douces, deux zones d'abscission sont repérées : une zone entre le pédoncule et le pédicelle et une autre entre le pédicelle et le fruit. La séparation du fruit se produit à l'un ou l'autre de ces sites en fonction de son stade de développement.

Au début de la croissance du fruit (phases I et II de la courbe de croissance théorique bisigmoïde d'un fruit à noyau (LILLELAND et NEWSOME, 1934 ; TUKEY, 1934 ; STOSSER, 1968), l'abscission se produit au niveau de la zone pédoncule-pédicelle (5). Il en est de même au début de la phase III du développement (5). Puis, au cours de la maturation, le pédicelle se trouve remarquablement renforcé à travers le développement de sa vascularisation et l'association des tissus sclérenchymateux (5). L'abscission intervient alors entre le pédicelle et le fruit (5). On enregistre d'ailleurs un petit changement significatif de la force d'arrachement dans la zone pédoncule-pédicelle durant les stades II et III du développement, alors que dans le même temps, la force d'arrachement enregistrée au niveau de la zone pédicelle-fruit diminue considérablement (5).

Pour la variété Bigarreau Napoléon, nous observons (figure 2) une décroissance rapide de la force d'arrachement du pédicelle au cours de la maturation jusqu'à la 8,5e semaine après PF. (Nous n'obtenons pas de résultat pour les deux premières récoltes car la résistance du pédicelle à la rupture est alors plus faible que la force nécessaire pour le détacher du fruit). L'inflexion observée dans l'évolution de cette force coïncide avec une nette augmentation des pectines solubles à l'eau (figure 3), avec le début de la diminution de l'acidité titrable par fruit (résultats non publiés) et avec le poids maximum (figure 6). A ce point correspond la maturité physiologique. A partir de ce moment-là, au lieu d'assister à la séparation du seul pédicelle, nous observons souvent qu'une petite quantité de pulpe est arrachée avec lui. Il est à noter qu'à la maturité physiologique le taux de sucre n'est qu'à environ 90 p. 100 de sa valeur maximum, atteinte à la 10e semaine (figure 9).

BUKOVAC et WITTENBACH (1972, 1974) notent qu'en cas d'avortement de l'embryon ou de dommages physiques du fruit, ce dernier peut chuter avec son pédicelle.

● Anatomie des zones d'abscission.

La zone d'abscission pédoncule-pédicelle est nettement caractérisée par une couche de cellules, aussi bien dans le

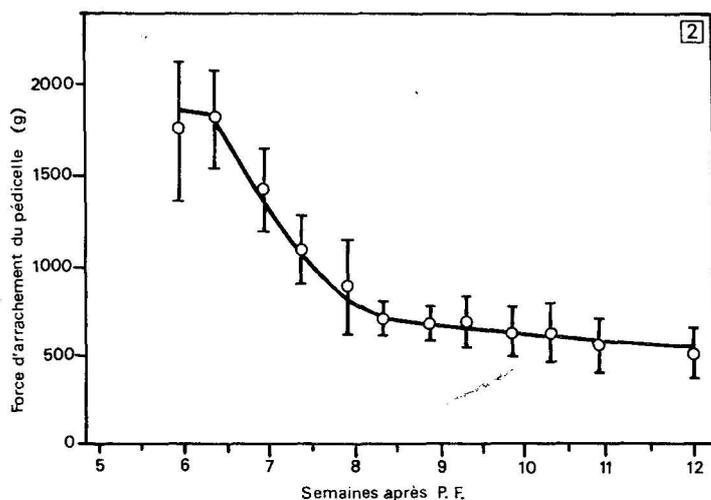


Figure 2 - Evolution de la force d'arrachement du pédicelle entre la sixième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (O—: limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

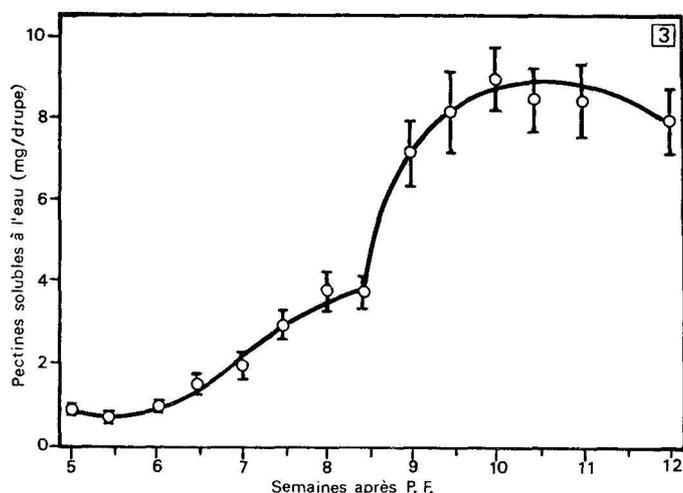


Figure 3 - Evolution de la quantité de pectines solubles à l'eau entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (O—: limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

cas de cerises acides que douces (5).

Quant à la zone pédicelle-fruit, si sa nature générale est similaire pour les deux sortes de fruits, elle est cependant mieux définie dans le cas des cerises acides.

Dans le cas de ces dernières, on peut observer une couche en forme de croissant, composée de 5 à 8 lignes de petites cellules. Le développement progressif de cette zone est caractérisé par une séparation des cellules, sans rupture des parois, suivie d'un affaissement pariétal. Cette séparation s'initie dans la partie centrale de la zone d'abscission, juste au-dessus de l'endocarpe et progresse vers la périphérie (5).

Dans le cas des cerises douces, nous n'observons pas de lignes cellulaires disposées en forme de croissant. L'abscission est alors caractérisée par la formation d'une cavité entre le tissu du réceptacle et le fruit, juste au-dessus du noyau. Différentes contraintes, causées probablement en partie par une expansion rapide des cellules du fruit concomitante à une expansion nulle ou faible des cellules du réceptacle, semblent provoquer l'élargissement de cette cavité (45).

• Modifications biochimiques dans la zone d'abscission pédicelle-fruit pendant la séparation.

Les modifications chimiques observées ont pu être associées au processus général d'abscission et, en particulier, à celui des cerises acides (5). Elles consistent en :

- une perte de calcium dans les parois avant la séparation des cellules ;
- la tumescence de la lamelle moyenne suivie de la dégradation des parois ;
- la perte de substances pectiques, de polysaccharides, d'hémi-cellulose et de cellulose.

La majorité de ces changements résulte d'activités enzymatiques spécifiques dans les cellules de la couche d'abscission (POOVAIAH *et al.*, 1973).

Pour les cerises douces «Windsor» (45), il n'a pas été observé de changement dans les parois des cellules constituant la couche d'abscission. Les composantes significatives dans l'abscission des fruits matures de cerise douce

pourraient donc être une manifestation de la maturation du fruit plutôt que le résultat d'un processus d'abscission spécifique (BUKOVAC, 1972).

Cette hypothèse semble en accord avec les observations que nous avons faites concernant l'évolution des fractions pectiniques de la variété de cerise douce Bigarreau Napoléon. Nous notons en effet une augmentation du taux de pectines solubles à l'eau (figure 3) tout au long de la maturation du fruit. Cette augmentation devient considérable au moment de la maturité du fruit alors que, dans le même temps, se produit une diminution du taux de protopectines (figure 4). Le taux de pectines solubles à l'oxalate augmente rapidement jusqu'à la 8,5e semaine après PF (figure 5). Ces remarques seraient alors à relier à un phénomène de désorganisation généralisée des parois cellulaires du fruit, non spécifique de la zone d'abscission et pourraient expliquer, en partie, la formation de la cavité entre le réceptacle et le fruit.

Dans le même sens, la force d'écrasement du fruit à 5 p. 100 de sa hauteur équatoriale (figure 8) diminue très

rapidement jusqu'à la 7,5e semaine après PF puis, plus lentement avant d'être proche de son niveau minimum quelques jours avant la maturité. (Il n'a pas été possible de mesurer ce critère pour les deux premières récoltes car les forces mises en jeu étaient supérieures à la capacité d'enregistrement du capteur du pénétromètre). Cette force est la résultante de plusieurs facteurs (résistance de la peau, influence de l'importance respective de la pulpe et du noyau, cohésion des cellules de la pulpe ...), ce qui confirme l'importance des phénomènes de maturation, notamment la cohésion des cellules dans le processus d'abscission.

- Rôle de substances hormonales endogènes : IAA (acide indolylacétique), ABA (acide abscissique), GA (acide gibbérellique) et Kinétine.

Les corrélations entre les changements de niveaux des substances hormonales endogènes précitées et l'abscission du fruit ne sont pas bonnes (TOMASZEWSKA et TOMASZEWSKI, 1970).

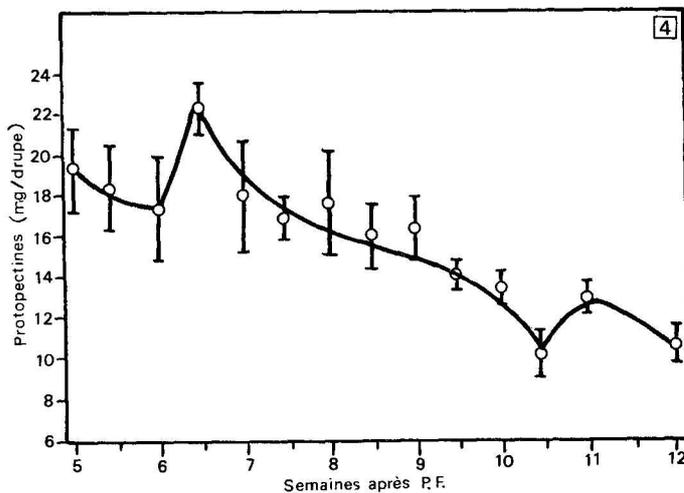


Figure 4 - Evolution de la quantité de protopectines entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—| : limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

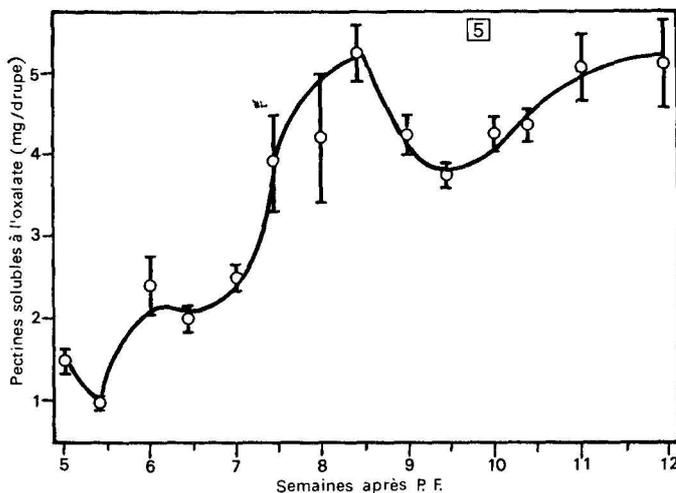


Figure 5 - Evolution de la quantité de pectines solubles à l'oxalate d'ammonium entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—| : limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

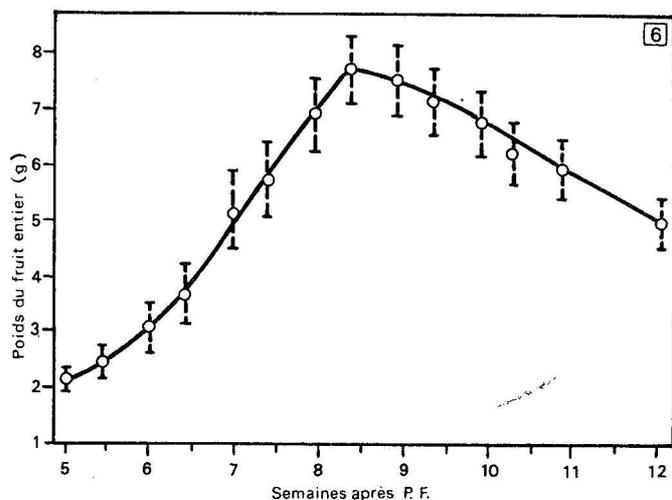


Figure 6 - Evolution du poids du fruit entier entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—: limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

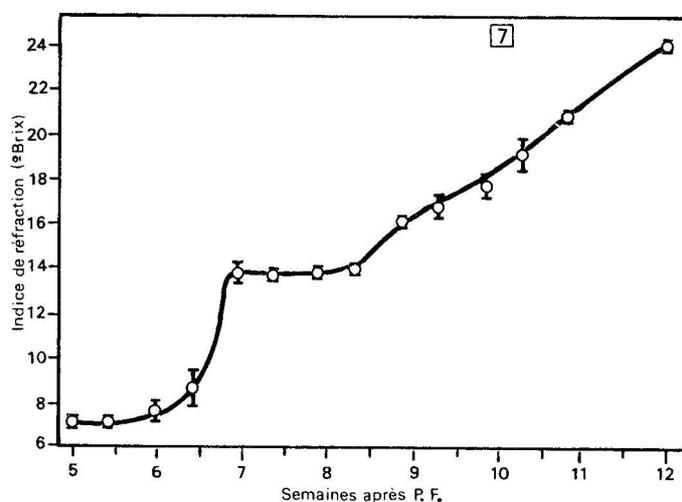


Figure 7 - Evolution de l'indice de réfraction du jus entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—: limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

Dans le cas de cerises acides étudiées en phase III de leur développement, l'IAA, l'ABA et GA renforcent tout de même la séparation du fruit en amplifiant l'action de l'éthylène (5). Cependant, COPPER et HORANIC (1973) provoquent, en absence d'éthylène, l'abscission d'explants de citrons grâce à l'ABA, ce qui suggère que cette hormone aurait quand même un effet direct sur l'abscission.

Dans le cas de cerises douces, seul l'éthylène a un effet prononcé sur l'accélération de l'abscission (47).

● Rôle de l'éthylène.

Comparée aux autres fruits, la cerise produit peu d'éthylène. La quantité maximale émise paraît se situer peu après la floraison et ceci est probablement lié à la sénescence des pièces florales (5). Par la suite, la quantité d'éthylène émise diminue significativement pour être très faible à maturité du fruit (résultats non publiés).

L'éthylène endogène n'intervient pas directement dans

la maturation de la cerise (fruit non climactérique) (31). Un traitement par de l'éthylène exogène n'entraînera pas l'évolution de tous les critères impliqués dans un processus de maturation normale (LOONEY, 1969 ; HARTMANN, 1973 ; VIDAUD et ARCUSET, 1983).

En revanche, l'éthylène endogène a un effet sur l'abscission du fruit. WITTENBACH (1974) met celui-ci en évidence en différant l'abscission par réduction du niveau endogène d'éthylène. BUKOVAC et POOVAIAH (1973) constatent que l'éthylène active des cellulases responsables de la dégradation des cellules dans la zone d'abscission. Notons aussi que l'abscission des cerises est sensible à la température, à la lumière, à l'oxygène et qu'il en est de même pour l'action de l'éthylène dans les tissus (HARTMANN, 1985). TUKEY (1936) a montré que l'éthylène jouait un rôle important dans l'abscission des cerises immatures. La destruction mécanique de la graine au début du développement du fruit a pour effet une augmentation importante du taux d'éthylène émis, et l'abscission du fruit au niveau de la zone pédoncule-pédicelle.

Abscission provoquée - Contrôle chimique de l'abscission par l'éthéphon.

● Ethylène et site d'abscission.

Le dernier phénomène évoqué est à relier aux observations faites dans le cas d'application d'éthylène exogène. Lorsque cette application a lieu aux stades I et II du développement du fruit, l'éthylène provoque l'abscission dans la zone pédoncule-pédicelle. Lorsque le fruit se situe en phase de maturation, l'abscission a lieu dans la zone pédicelle-fruit (5). Il apparaît que la zone pédoncule-pédicelle conserve sa sensibilité à l'éthylène mais qu' alors, de grandes concentrations en celui-ci sont nécessaires pour induire l'abscission à des stades plus tardifs du développement du fruit (5).

● Rôle de l'éthéphon.

L'éthéphon se décompose en produisant de l'éthylène. Il est utilisé pour faciliter l'abscission des cerises (*) en vue de la récolte mécanique. Appliqué à des doses de 150 à 300 ppm sur des cerises acides et de 300 à 500 ppm sur des cerises douces 15 à 7 jours avant maturité, il provoque une réduction de 20 à 50 p. 100 de la force nécessaire à l'arrachement du fruit (5) et rend les fruits plus uniformes vis-à-vis de ce critère (5). Dans le sud-est de la France, les expérimentations et la pratique agricole ont permis de sélectionner, sur B. Napoléon, des concentrations comprises entre 150 et 400 ppm. Notons que toutes les concentrations énoncées s'entendent pour des volumes de traitement de l'ordre de 1000 l/ha.

● Détermination de la date de traitement et de la date de récolte.

La période de traitement dépend de la prévision de la date de maturité. En 1972, CHRISTENSEN préconisait la méthode des sommes de températures. Dans la pratique, les agriculteurs du sud-est essaient de prévoir le milieu de la

récolte manuelle effectuée sans application de substances chimiques.

Pour tenter de caractériser le stade de développement du fruit, un seul outil a, pour l'instant, été vulgarisé dans le sud-est : c'est l'indice réfractométrique (IR), qui n'est pas un outil de prédiction, si ce n'est à très court terme. Il est employé essentiellement à l'approche de la récolte. Certains essaient de l'utiliser également pour fixer la date du traitement à l'éthéphon. En fait, de précédents travaux (résultats non publiés) ont montré que le stade de développement du fruit ne peut être défini que par un ensemble de critères physiques et chimiques. Nous voudrions souligner à cette occasion que l'indice de réfraction est un critère dont on peut douter parce qu'il est soumis à l'influence de la teneur en eau du fruit. On constate en effet (figure 7), dans le cas de nos mesures, que son évolution se fait par paliers. Constant jusqu'à la 6e semaine après PF à 7° Brix, il marque une augmentation brutale quelques jours plus tard et se stabilise par la suite à 14° Brix pendant une semaine et demie avant de ré-augmenter. Le palier observé pendant la maturation du fruit, alors qu'il se produit une accumulation de sucres (figure 9) (nous ne notons pas la présence de sucre non réducteur, type saccharose), peut être expliqué par une absorption concomitante d'eau par le fruit. On comprendra aisément qu'en pareil cas l'indice de réfraction soit à utiliser avec beaucoup de prudence, associé à d'autres critères, et en tous cas sous forme d'une cinétique (évolution de IR dans le temps) et non d'une mesure ponctuelle.

Quant à l'apparence du fruit, et plus particulièrement sa couleur (qui varie aussi avec l'exposition), elle ne permet pas de caractériser le stade de développement au-delà de la véraison. En étudiant l'évolution du taux des pigments (figures 10, 11, 12), on observe que le taux de chlorophylles chute rapidement jusqu'à la 6,5e semaine après PF, puis moins vite par la suite alors que les taux de carotènes et d'anthocyanes augmentent fortement à partir de ce même moment, jusqu'à un pic qui a lieu à la 7e semaine. Ce stade de la 6,5e semaine, nettement marqué, correspond au début de la véraison. Par la suite, ni l'évolution des carotènes, ni

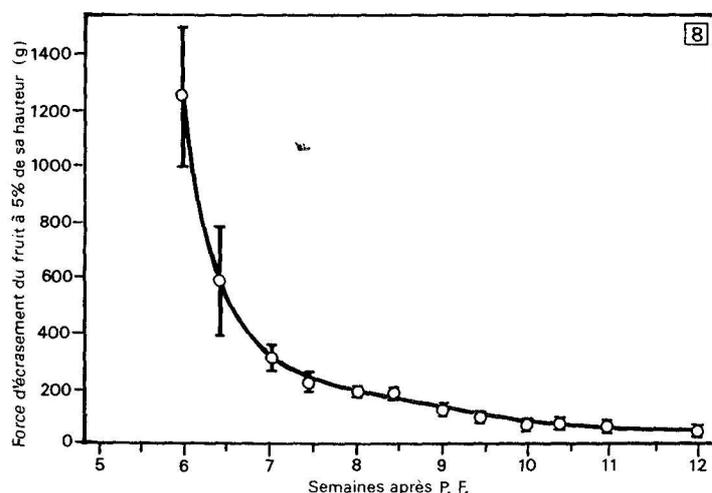


Figure 8 - Evolution de la face d'écrasement du fruit, à 5 % de sa hauteur équatoriale, entre la sixième semaine et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—○ : limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

(*) - bien que non homologué pour ce faire.

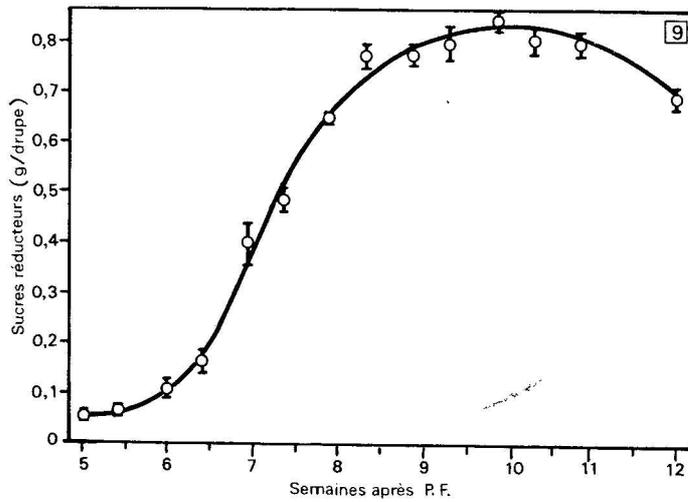


Figure 9 - Evolution de la quantité de sucres réducteurs entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—: limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

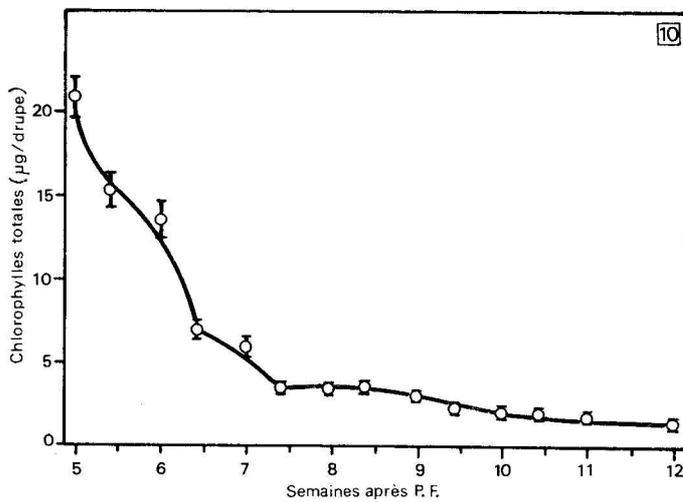


Figure 10 - Evolution de la quantité de chlorophylles totales entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—: limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

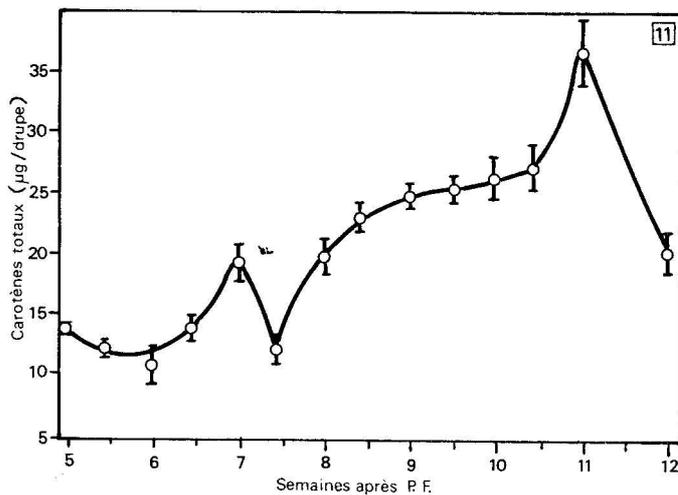


Figure 11 - Evolution de la quantité de carotènes totaux entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—: limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

celles des anthocyanes ne permettent de prévoir la date de maturité. Cependant la véraison reste un indicateur de limite inférieure d'application de l'éthephon puisqu'elle se situe à environ 2 semaines de la maturité. (En France, comme au Michigan, il est préconisé d'appliquer l'éthephon entre -15 et -7 jours de la maturité supposée ; la récolte pouvant avoir

lieu un peu après celle-ci). En fait, comme vu précédemment, l'éthephon peut agir favorablement à partir du début de la phase III, qui se situe à -26/-28 jours de la maturité pour B. Napoléon. Il est d'ailleurs prévu d'étudier l'effet d'applications plus précoces que celles vulgarisées.

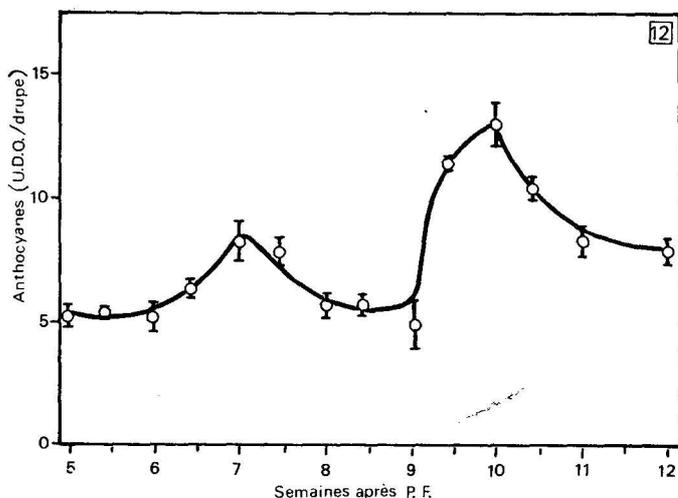


Figure 12 - Evolution de la quantité d'anthocyanes entre la cinquième et la douzième semaine après le stade de pleine floraison (○—○ : limite de confiance à 95 % de la moyenne observée).

Enfin, dans certains Etats des USA, la force d'arrachement (FA) du pédicelle, mesurée à l'aide d'un dynamomètre, est utilisée pour déterminer le moment de la récolte. Il est possible que cette même FA puisse devenir également un critère pour fixer la date de traitement. HOPPING et Mc LAREN, en Nouvelle Zélande (1979), ont délimité, pour certaines variétés, une époque de traitement exprimée en FA et une date de récolte approximative correspondante (exemple : traiter «Florence» entre 700 et 800 Gf pour récolter 14 jours après).

● Problèmes liés à l'application d'éthéphon.

Les difficultés rencontrées lors de l'utilisation d'éthéphon au verger concernent l'efficacité et la phytotoxicité du produit.

La température a un effet marqué sur la quantité d'éthylène libéré à partir de l'éthéphon. On a effectivement montré que l'éthéphon se dégrade en éthylène sur une base d'équimolarité avec un Q10 de réaction égal à 5,5 de 20°C à 30°C (28). La réponse de l'arbre au traitement est donc fortement dépendante de la température au verger pendant plusieurs jours après l'application. Dans ces conditions, il est difficile de prévoir l'efficacité du produit ; ce qui contribue probablement à l'emploi de doses excessives. Certains composés, tels que CGA 15 281, ont fait l'objet d'études car moins sensibles à la température dans la génération d'éthylène (29).

La phytotoxicité de l'éthéphon, lorsqu'il est employé à de trop fortes concentrations (supérieures à 500 ppm) ou à des taux plus faibles sur des arbres de faible vigueur ou souffrant de stress, provoque une réduction de la croissance de l'arbre, liée à des gommoses excessives. Ces dernières sont causées par la séparation et l'altération (lyse) de cellules dans le xylème secondaire, contre le cambium, provoquant en premier lieu la formation de cavités de gomme ; et, en second lieu, celle de fissures sur les branches, par où s'écoulera cette gomme (18). La dislocation des tissus cités peut entraîner une diminution de la circulation d'eau dans l'arbre et, en cas grave, une nécrose de l'apex des tiges (7). L'arbre sera d'autant plus sensible que sa vigueur est déjà faible. De fortes températures (supé-

rieures à 30°C), pourtant favorables à l'abscission, augmentent également la phytotoxicité de l'éthéphon par synthèse de cellulases et d'hydrolases productrices de gomme (1, 13, 18, 47).

De plus, il faut souligner qu'il n'est pas inhabituel de mesurer 3 à 5 fois plus de produit chimique d'abscission déposé par unité foliaire dans la zone de pulvérisation qu'à l'intérieur ou au sommet des arbres lorsqu'on utilise une technologie à faible volume (40 à 80 l/ha). De ce fait, cette technologie, bien que permettant de travailler à faible dose (abscission acceptable de 1/6 à 1/3 de la dose recommandée), augmente localement le risque de phytotoxicité (BUKOVAC, 1981).

En l'occurrence, il serait bon d'essayer de préciser comment il est possible d'obtenir de tels résultats. Si l'on considère que la dose recommandée au Michigan est de 630 g/ha pour 2 350 l/ha et que BUKOVAC obtient avec 1/3 de celle-ci (210 g/ha) pour 80 l/ha, une abscission identique. Il n'est pas aberrant de faire l'hypothèse que les arbres ont reçu à peu près la même quantité de produit dans les deux cas. Cela revient à dire que, au-delà d'un certain volume (800 à 1 000 l/ha dans ce cas), tout le produit va au sol.

Tous ces problèmes d'effets secondaires néfastes semblent pouvoir être en partie minimisés par l'adjonction à l'éthéphon de produits qui, par synergie, renforcent son effet et permettent donc de réduire la dose d'application. On peut ainsi citer une morphaktine EMD 7301 W (éther-sel méthylique de fluorénol de chlore) à une concentration de 50 ppm (STOSSER, 1974) et le chlorothalonil jusqu'à 500 ppm (HOLM et EDGERTON, 1976).

CONCLUSION

Le présent exposé montre combien il est important de comprendre les bases physiologiques des phénomènes de maturation et d'abscission pour utiliser au mieux, une technologie nouvelle telle que la récolte mécanique. Ainsi, avons-nous pu constater que le choix de la date de traitement et la dose de produit employée doivent être, d'une part, fonction de la capacité à prévoir les caractéristiques physicochimiques du fruit à un âge donné et, d'autre part,

fonction du produit lui-même, à savoir de son mode d'action, de son efficacité reproductible, de sa phytotoxicité et aussi de sa non toxicité vis-à-vis de l'homme.

Sans intégration de tous ces facteurs, la récolte mécanique peut conduire à des résultats très variables et, plus grave, à des échecs retentissants pour tous les acteurs de la filière cerise.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ABELES (F.B.). 1969.
Abscission : role of cellulase.
Plant Physiol., 44, 447-452.
2. BARBIER (M.) et THIBAUT (J.F.). 1982.
Pectic substances of cherry fruits.
Phytochemistry, 21, 111-115.
3. BITTNER (D.) et MANNING (J.). 1967.
Automated neocuproin glucose method : critical factors and normal values. Automation in analytical chemistry.
Publication Technicon, 1-6.
4. BUKOVAC (M.J.). 1971.
The nature and chemical promotion of abscission in maturing cherry fruit.
Hort Science, 6, 385-388.
5. BUKOVAC (M.J.). 1974.
XIXth International horticultural congress Warszawa - 11-18 September 1974.
6. BUKOVAC (M.J.). 1981.
Performance of daminozide and ethephon when applied in low-volume sprays to sour and sweet cherry.
Journal article n° 9908.
Acta Horticulture, 120, 25-27.
7. BUKOVAC (M.J.). 1984.
Chemical promotion of cherry fruit abscission - Current Status.
Proc. of the Plants growth regulator society of America.
8. BURET (M.). 1985.
Tomato sampling for quality assessment.
In : *Measurement of the quality of tomatoes : recommandations of an E.E.C. working group, Eccher-Zerbini P., Gorini F. et Polessello A.* (sous presse).
9. BURET (M.), DUPRAT (F.) and NICOLAS (J.). 1985.
Tomato fruit sampling for the quality assessment. Methodological aspect.
J.O. Communautés européennes (sous presse).
10. CHRISTENSEN (J.V.). 1972.
Methods for prediction of harvest maturity in cherries.
11. COOPER (W.C.) and HORANIC (G.). 1973.
Induction of abscission at hypobaric pressures.
Plant Physiol., 51, 1002-1004.
12. DAVIGNON (L.). 1959.
Contribution à l'étude de l'évolution chimique des substances pectiques au cours de la croissance, de la maturation et de la sénescence des fruits.
Thèse de Docteur Ingénieur, Faculté des Sciences de Paris, 30 p.
13. FADY (C.).
Critères objectifs de la qualité des fruits : utilisation commerciale de ces critères.
Fruits, 38, 547-550.
14. GOMBKOTO (G.). 1980.
Anthocyanin pigments of the black cherry.
Acta alimentaria, 9, 335-340.
15. GROSS (J.). 1985.
Carotenoid pigments in the developing sweet cherry (*Prunus avium*) «Dörissen's Gelbe».
Gartenbauwiss, 50, 88-90.
16. HARTMANN (C.). 1973.
Les échanges gazeux de la cerise. Comportement du fruit cueilli soumis à l'action de l'éthylène.
Qual. Plant. Mater Veg., 22, 261-268.
17. HARTMANN (C.). 1985.
La régulation de la production d'éthylène chez les fruits.
4e Colloque sur les recherches fruitières, Bordeaux 1985, 28-29.
18. HOLM (R.E.) et EDGERTON (L.J.). 1976.
Enhancement of ethephon induced fruit maturity with chlorothalonil.
J. Amer. Soc. Hort. Sc., 101 (6), 661-664.
19. HOPPING (M.E.) and Mc LAREN (J.). 1979.
Ethrel as an aid to the mechanical harvesting of sweet cherries.
NZ Journal of experimental agriculture, 7 (1979), 197-200.
20. LILLELAND (O.) et NEWSOME (L.). 1934.
A growth study of the cherry fruit.
Proc. Am. Soc. Hort. Sc., 32, 291-299.
21. LIME (B.J.), GRIFFITHS (F.P.), O'CONNOR (R.T.), HEINZELMAN (D.C.) and Mc CALL (E.R.). 1957.
Spectrophotometric method for determining pigmentation. Beta carotene and lycopene in ruby red grapefruit.
Agriculture and Food chemistry, 5, 941-944.
22. LOONEY (M.E.). 1969.
Regulation of sweet cherry maturity with succinic acid 2,2 dimethyl hydrazide (alar) and 2 chloroethylphosphonic acid (ethehl).
Can. J. Plant. Sc., 49, 625-627.
23. MELIN (C.), BILLOT (J.) et DUPIN (J.F.). 1979 a.
Les composés phénoliques de la cerise Bigarreau Napoléon. I.- Les dérivés hydroxycinnamiques.
Physiol. Végét., 17, 557-572.
24. MELIN (C.), BILLOT (J.) et DUPIN (J.F.). 1979 b.
Les composés phénoliques de la cerise Bigarreau Napoléon. II.- Les flavonoïdes.
Physiol. Végét., 17, 573-586.
25. NICOLAS (J.), BURET (M.), DUPRAT (F.), NICOLAS (M.), ROTHAN (C.) et MORAS (P.). 1985.
Effects of different conditions of cool storage up an physico-chemical changes of kiwi fruit.
Acta Hort. (sous presse).
26. OKOMBI (G.), BILLOT (J.) et HARTMANN (C.). 1975.
Variations des teneurs en chlorophylles et en caroténoïdes chez la cerise au cours de la conservation du fruit cueilli à différents stades de la croissance et de la maturation.
Physiol. Végét., 13, 417-426.
27. OKOMBI (G.), BILLOT (J.) et HARTMANN (C.). 1980.
Les caroténoïdes de la cerise (*Prunus avium* c.v. Bigarreau Napoléon).
Evolution au cours de la croissance et de la maturation.
Fruits, 35, 313-320.
28. OLIEN (W.C.) and BUKOVAC (M.J.). 1982 a.
Interaction between temperature and ethylène in sour cherry fruit abscission.
Hort. Science, 17, 795-796.
29. OLIEN (W.C.) and BUKOVAC (M.J.). 1982 b.
Ethylene generation, temperature responses and relative biological activities of several compounds with potential for promoting abscission of sour cherry fruit.
J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107, 1085-1089.
30. POOVAIAH (B.W.), RASMUSSEN (H.P.) and BUKOVAC (M.J.). 1973.
Histochemical localization of enzymes in the abscission zones of maturing sour and sweet cherry fruits.
J. Amer. Hort. Sci., 98, 16-18.
31. REID (M.S.), PECH (J.C.) et LATCHE (A.). 1985.
Non-intervention de l'éthylène endogène dans la maturation de la cerise, fruit non-climactérique.
Fruits, 40 (3), 197-203.
32. SHRIKHANDE (A.J.) and FRANCIS (F.S.). 1973.
Anthocyanin pigments of sour cherries.
J. Food Sci., 38, 649-651.
33. SOUTY (M.), LAPIZE (F.) et BREUILS (L.). 1980.
Possibilités de dosage simultané sur autoanalyseur de l'acide galacturonique des oses neutres lors de la détermination des substances pectiques.
Ann. Technol. Agric., 29, 87-96.
34. SOUTY (M.), THIBAUT (J.F.), NAVARRO-GARCIA (G.), LOPEZ-ROCA (J.M.) et BREUILS (L.). 1981.
Les substances pectiques de l'abricot (*Prunus armeniaca*) var.

- Rouge du Roussillon. Caractéristiques globales et étude par chromatographie d'échange d'ions.
Sciences des Aliments, 1, 67-80.
35. STOSSER (R.). 1968.
Die Fruchtentwicklung bei Kirschen unter dem Einfluss unterschiedlicher Witterungsbedingungen.
Erwerbsobstbau, 10, 150-151.
36. STOSSER (R.). 1974.
Die Wirkung der Kombination von Ethrel mit einem Morphaktin auf die Abtrennung von Südkirschenfrüchten. Mitteilgen Rebe und Wein.
Obstbau und Fruchterwerterung, 24 (1), 61-66.
37. THIBAUT (J.F.). 1979.
Automatisation du dosage des substances pectiques par la méthode au méthahydroxydiphényl.
Lenesm. Wiss. U. Technol., 12, 247-251.
38. TOMASZEWSKA (E.) and TOMASZEWSKI (M.). 1970.
Endogenous growth regulators in fruit and leaf abscission.
Sci. leth Copernicus Univ. Torun. Pol., 23, 45-53.
39. TUKEY (H.B.). 1934.
Growth of the embryo, seed and pericarp of the sour cherry in relation to season of fruit ripening.
Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 31, 125-144.
40. TUKEY (H.B.). 1936.
Development of cherry and peach fruits as affected by destruction of the embryo.
Bot. Gaz., 98, 1-24.
41. VIDAUD (J.) et ARCUSET (P.). 1983.
Récolte mécanique des cerises : point actuel sur les possibilités d'emploi des substances de croissance.
«Les substances de croissance et leurs utilisations en agriculture» Colloque Columa, Paris les 2 et 3 février 1983.
42. VON ELBLE (J.H.) and SHALLER (D.R.). 1968.
Hydrochloric acid in isolating anthocyanin pigments from Montmorency cherries.
J. Food Sci., 33, 439-440.
43. WILDE (M.H.) and EDGERTON (L.J.). 1975.
Histology of ethephon injury on Montmorency cherry branches.
Hort. Science, 10, 79-81.
44. WINTERMANS (J.F.G.M.) et DE MOTTS (A.). 1965.
Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol.
Biophys. Acta, 109, 448-453.
45. WITTENBACH (V.A.) and BUKOVAC (M.J.). 1972.
An anatomical and histochemical study of abscission in maturing sweet cherry fruit.
J. Amer. Soc. Hort. Sci., 97, 214-219.
46. WITTENBACH (V.A.) and BUKOVAC (M.J.). 1972.
A morphological and histochemical study of (2-chloroethyl)phosphonic acid - enhanced abscission of sour and sweet cherry fruit.
J. Amer. Soc. Hort. Sci., 97, 628-631.
47. WITTENBACH (V.A.) and BUKOVAC (M.J.). 1973.
Cherry fruit abscission : effect of growth substances, metabolic inhibitors and environmental factors.
J. Amer. Soc. Hort. Sci., 98 (4), 348-351.
48. WITTENBACH (V.A.). 1974.
Physiology of cherry fruit abscission.
Ph. D. theses Michigan State University East Lansing.
49. WITTENBACH (V.A.) and BUKOVAC (M.J.). 1974.
Cherry fruit abscission. Evidence for time of initiation and the involvement of ethylene.
Plant Physiol., 54, 494-498.
50. WITTENBACH (V.A.) and BUKOVAC (M.J.). 1975.
Cherry fruit abscission : peroxidase activity in the abscission zone in relation to separation.
J. Amer. Soc. Hort. Sci., 100 (4), 387-391.
51. WITTENBACH (V.A.) and BUKOVAC (M.J.). 1975.
Cherry fruit abscission : a role for ethylene in mechanically induced abscission of immature fruits.
J. Amer. Soc. Hort. Sci., 100, 302-306.

