

Les caroténoïdes de la cerise (*Prunus avium*, CV. bigarreau Napoléon) Evolution au cours de la croissance et de la maturation.

G. OKOMBI, J. BILLOT et C. HARTMANN

LES CAROTENOIDES DE LA CERISE
(*PRUNUS AVIUM*, CV. BIGARREAU NAPOLEON)
EVOLUTION AU COURS DE LA CROISSANCE
ET DE LA MATURATION

G. OKOMBI, J. BILLOT et C. HARTMANN

Fruits, mai 1980, vol. 35, n° 5, p. 313-320.

RESUME - Les variations qualitatives et quantitatives des caroténoïdes de la cerise (*Prunus avium*, CV. Bigarreau Napoléon) ont été étudiées au cours de la croissance et de la maturation. Alors que le fruit vert a une composition en caroténoïdes de type foliaire, la maturation du fruit est caractérisée par l'apparition de nouvelles xanthophylles (zéaxanthine ...). Deux périodes sont distinguées dans le développement du fruit de la cinquième à la onzième semaine après la pleine floraison :

1. période 1 avec décroissance du β -carotène et des xanthophylles.
2. période 2 avec augmentation du β -carotène, correspondant à la phase de maturation.

INTRODUCTION

L'évolution pigmentaire de quelques fruits a été analysée de façon précise, en particulier en ce qui concerne la poire (AUDIGIE, 1958 ; LAVAL-MARTIN, 1969 a), la tomate (RAMIREZ et TOMES, 1964 ; LAVAL-MARTIN, 1969 b) ; LAVAL-MARTIN et al 1972) et la pêche (CURL, 1959 ; SIDWELL et al., 1961 ; KOBAYASHI et al., 1969 ; KATAYAMA et al., 1971 ; LESSERTOIS et MONEGER, 1978). Dans la poire et la tomate, LAVAL-MARTIN observe une décroissance exponentielle des chlorophylles au cours de la maturation. Cet appauvrissement en chlorophylle qui marque la transformation des chloroplastes en chromoplastes s'accompagne d'une baisse des quantités de caroténoïdes

chez la poire (AUDIGIE, 1958) et au contraire d'un enrichissement en caroténoïdes chez la tomate (LAVAL-MARTIN et al., 1972), fruit dans lequel les modifications ultra-structurales et métaboliques intervenant au cours de la maturation ont été bien étudiées (LAVAL-MARTIN, 1969 b ; LAVAL-MARTIN et al., 1974 ; GOODWIN et GOAD, 1970 ; HOBSON et DAVIES, 1971). Dans la pêche, LESSERTOIS et MONEGER (1978) ont montré qu'il y a, lors de la maturation, disparition totale des xanthophylles de structure α non oxydées et oxydées et apparition de nouveaux composés de structure β (zéaxanthine et anthéranthine).

En ce qui concerne la cerise, l'évolution des pigments au cours de la croissance et de la maturation n'avait pas été étudiée à notre connaissance. SCHALLER (1969) a précisé la nature des caroténoïdes contenus dans les cerises Montmorency mûres (cerise acide, *Prunus cerasus*, L.) : ils sont

* - Physiologie végétale, Université d'Orléans, 45046 Orléans Cedex (France).

en faible quantité et représentés pour 80 p. 100 par le β -Carotène.

La cerise douce (*Prunus avium*, L., variété Bigarreau Napoléon) est le fruit de type «non-climactérique» étudié depuis plusieurs années dans notre Laboratoire, en ce qui concerne les changements d'activités enzymatiques liés à la croissance et à la maturation (HARTMANN, 1971 a, 1971 b, 1973 a, 1973 b ; HARTMANN et al., 1974). L'étude des variations pigmentaires (chlorophylles, caroténoïdes, anthocyanes) au cours de la croissance et de la maturation du fruit a été entreprise par OKOMBI (1979). Les résultats concernant les chlorophylles et les caroténoïdes totaux ont été précédemment publiés (OKOMBI et al., 1975). Le présent article est consacré à l'analyse des caroténoïdes et à leur évolution qualitative pendant la croissance et la maturation.

MATERIEL

Les cerises, (*Prunus avium* L. CV. Bigarreau Napoléon, Royal Ann aux Etats-Unis) ont été récoltées sur un même arbre d'un verger d'Olivet (près d'Orléans) en 1974 et en 1976. Les cueillettes, étalées de la mi-mai à la fin juin à raison d'une par semaine, représentent chacune un lot. La première a lieu cinq semaines après la pleine floraison et correspond au lot n° 1. Sept lots au total ont été prélevés et immédiatement lyophilisés puis conservés à l'obscurité sous pression réduite.

METHODES

Extraction.

Après avoir enlevé le noyau, les cerises lyophilisées sont réduites en poudre par broyage au broyeur à billes Dangoumau. L'extraction des caroténoïdes est faite par l'acétone pure anhydre en utilisant les techniques décrites par BILLOT et LEROY (1960), BILLOT (1962) et COSTES (1958 et 1965), toutes les précautions étant prises pour éviter une altération des pigments (abri de la lumière, température voisine de 0°C, solution extractive préalablement refroidie). Après filtration sur verre fritté n° 4, les chlorophylles sont saponifiées par la potasse en milieu méthanolique et les caroténoïdes sont repris par l'éther de pétrole 30° - 50° selon OKOMBI et al. (1975).

Séparation et caractérisation des caroténoïdes

La fraction caroténoïdes totaux obtenue est soumise à plusieurs chromatographies sur colonne dont les adsorbants sont les suivants :

- l'anhydride silicique (SiO_2) qui sépare les carotènes et les

xanthophylles monohydroxylées des autres xanthophylles ; les solvants d'élution étant le n-hexane et le méthanol ;

- l'alumine (Al_2O_3) neutre pour séparer les carotènes des xanthophylles monohydroxylées en éluant respectivement par le n-hexane et le méthanol ;

- la cellulose qui sépare les autres xanthophylles en trois fractions qu'on élue par les mélanges éther de pétrole/acétone 3 p. 100 (diols non époxydés, et monoépoxydés), éther de pétrole/acétone 7 p. 100 (diols diépoxydés) et éther de pétrole/acétone 10 p. 100 (polyols) ;

- l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ qui permet le fractionnement des diols non époxydés, et monoépoxydés, le benzène étant utilisé comme éluant ;

- et le carbonate de calcium (CaCO_3) qui a permis de séparer les différents isomères des triols, le solvant d'élution étant l'éther de pétrole contenant de l'acétone dans des proportions de 10 à 20 p. 100.

Pour les détails concernant la séparation chromatographique des différents caroténoïdes, nous renvoyons au travail d'OKOMBI (1979).

La caractérisation proprement dite est basée d'une part, sur les maximums d'absorption et la forme des spectres d'absorption dans plusieurs solvants, et d'autre part, sur des tests chimiques dont les réactions avec le mélange méthanol/HCl concentré (SCHALLER, 1969) et avec le chlorure d'aluminium (LESSERTOIS et MONEGER, 1978) permettent de différencier globalement les caroténoïdes époxydes des autres caroténoïdes, et spécifiquement les caroténoïdes 5,6 - époxydes des autres époxydes.

Dosage des caroténoïdes.

Le β -carotène, et les xanthophylles assimilées à la lutéine qui est de loin la plus abondante, ont été dosés d'après leurs densités optiques mesurées aux maximums d'absorption respectivement dans l'éther de pétrole et dans l'éthanol. Les valeurs des coefficients d'absorption de ces deux pigments (β -carotène et lutéine) dans leurs solvants respectifs sont celles utilisées par GOODWIN (1952).

RESULTATS

Les caroténoïdes ont été caractérisés dans les fruits verts (riches en pigments liposolubles) et dans les fruits mûrs afin d'établir un bilan global au niveau qualitatif. Les caractéristiques spectrophotométriques des fractions séparées par chromatographie sur colonne ainsi que leur identification sont données dans le tableau 1. Cette analyse permet les observations suivantes :

1) les carotènes ne sont représentés que par un seul pigment,

TABLEAU 1 - Les caroténoïdes de la cerise *Prunus avium* (L.) variété Bigarreau Napoléon.

Caroténoïdes	spectres d'absorption		réaction avec AlCl ₃		présence	
	λ max (en nm)	solvants	coloration	effet hypsochrome	fruit vert	fruit mûr
β-carotène	~ 425-447-474	hexane	-	-	+	+
β-cryptoxanthine	424-448-476	éthanol	-	-	+	+
cryptoxanthine 5,6-5',6'-diépoxyde	416-440-469	éthanol	bleue	+	+	-
lutéine	430-455-485	benzène	-	-	+	+
zéaxanthine	~ 450-475-505	sulfure de carbone	-	-	-	+
époxylutéine	450-472,5-502,5	sulfure de carbone	bleue	+	+	+
violaxanthine + auroxanthine	380-401-426-467,5	hexane	bleue	-	+	-
néoxanthine	~ 440-465-495	sulfure de carbone	bleu/vert	+	+	+
néochrome a	397-420-447	éthanol	bleue	-	+	-
néochrome b	398-420-445	éthanol	bleue	-	+	-
trollixanthine	~ 435-455-481	benzène	-	+	-	+
pigment x (traces)	472,5	sulfure de carbone	?	?	-	+
trollichrome	401-425-451	hexane	bleu/vert	-	+	+

le β-carotène.

b) les xanthophylles appartiennent d'une manière générale à cinq groupes :

- celui des monols, représenté par des xanthophylles mono-hydroxylées de structure β, avec la β-cryptoxanthine et une de ses formes époxydées, la β-cryptoxanthine 5,6 - 5', 6' - diépoxyde ;

- celui des diols, représenté par deux xanthophylles dihydroxylées ; la lutéine de structure α et la zéaxanthine de structure β ; ce dernier pigment se rencontrant uniquement dans les fruits mûrs ;

- celui des diols monoépoxydés, représenté par une xanthophylle dihydroxylée et monoépoxydée de structure α, l'époxylutéine ;

- celui des diols diépoxydés, représenté par des xanthophylles dihydroxylées et diépoxydées de structure β, la violaxanthine et son isomère l'auroxanthine, non séparées après chromatographie sur colonnes de cellulose et de carbonate de calcium ;

- celui des polyols, représenté principalement par des xanthophylles trihydroxylées et monoépoxydées de structure β, la néoxanthine et le néochrome sous ses deux formes isomères, néochrome a (*trans*) et néochrome b (*cis*). La trollixanthine et son isomère le trollichrome tous deux de structure α, sont en faible quantité.

Le β-carotène et la lutéine sont les deux caroténoïdes les plus abondants aussi bien dans les fruits verts que dans les fruits mûrs.

Les caroténoïdes des feuilles du Bigarreau Napoléon ont été aussi analysées à titre de comparaison. En plus des onze pigments caractérisés dans les fruits verts, on y trouve des traces d'α-carotène et deux xanthophylles dihydroxylées et diépoxydées de structure β : la lutéoxanthine a (*trans*) et la lutéoxanthine b (*cis*).

Le tableau 2 et la figure 1 résument l'évolution des caroténoïdes au cours de la croissance et de la maturation de la cerise Bigarreau Napoléon. La concentration en caroténoïdes totaux (β-carotène + xanthophylles) diminue régulièrement au cours de la croissance et de la maturation du fruit. La teneur (μg/fruit) en caroténoïdes totaux diminue fortement pendant les trois premières semaines, c'est-à-dire jusqu'à la huitième semaine après la pleine floraison (lot 4) et réaugmente ensuite. Au lot 4, le fruit ne renferme plus que 35 p. 100 des caroténoïdes du fruit vert (lot 1). Entre les lots 4 et 7 (de la huitième à la onzième semaine après la pleine floraison), la quantité de caroténoïdes totaux est multipliée par 1,5. Il y a donc enrichissement des fruits en caroténoïdes totaux à partir du lot 4, d'où une augmentation en caroténoïdes totaux du fruit à maturité, augmentation qui représente près de 46 p. 100 de la teneur initiale (lot 1).

La concentration en xanthophylles diminue régulièrement de façon exponentielle pendant tout le développement du fruit, ainsi que le montre la figure 2 où sont portés en ordonnées les logarithmes des concentrations (en μg/g sec).

Du lot 1 au lot 4, les concentrations en β-carotène et en xanthophylles baissent rapidement à la même vitesse ; le rapport β-carotène/xanthophylles variant peu (de 0,44 à

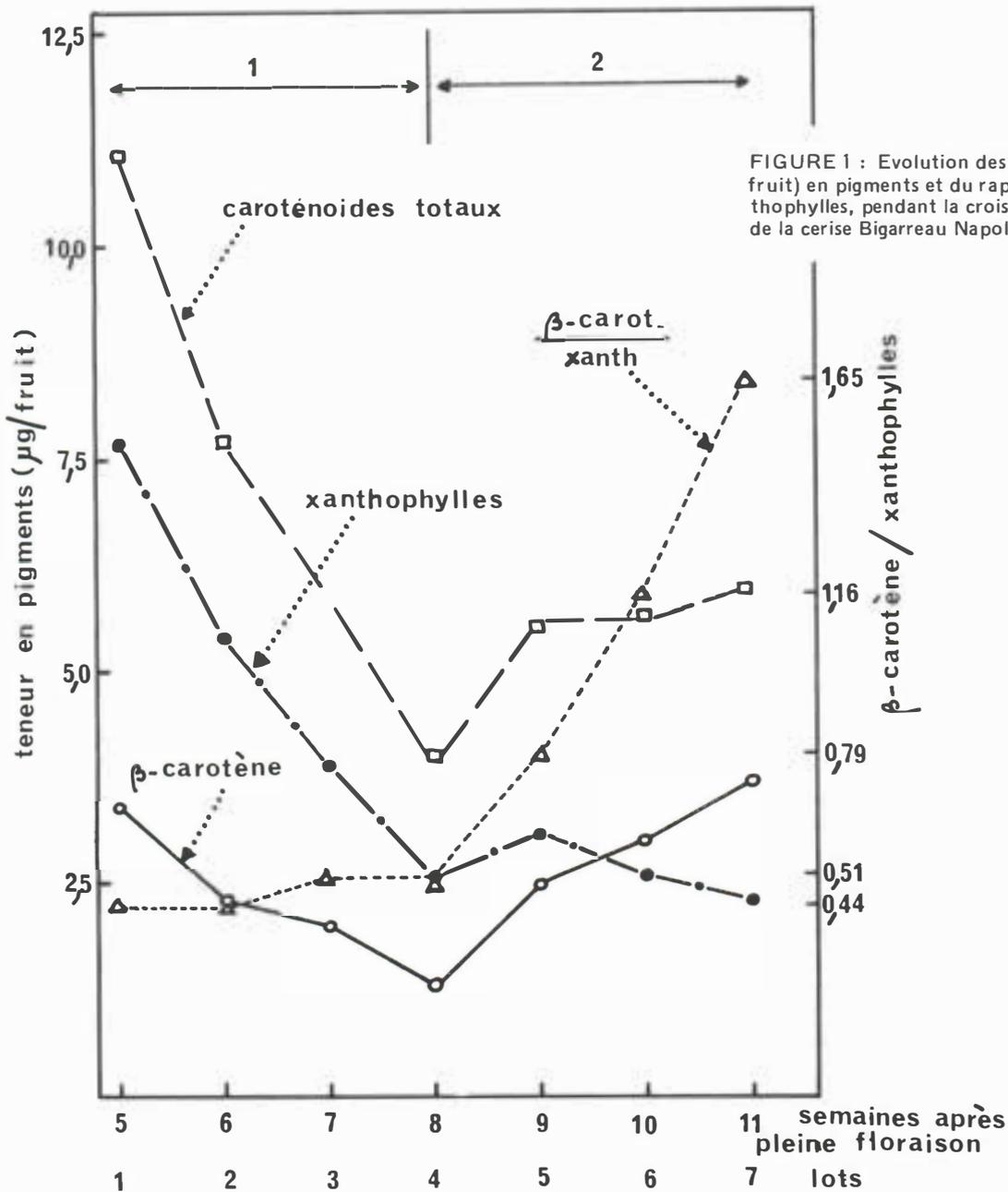


FIGURE 1 : Evolution des teneurs (quantité par fruit) en pigments et du rapport β -carotène/xanthophylles, pendant la croissance et la maturation de la cerise Bigarreau Napoléon.

0,51). Mais à partir du lot 4, la concentration en β -carotène diminue très peu (figure 2) de sorte que le rapport β -carotène/xanthophylles augmente rapidement, atteignant 1,65 dans les cerises mûres.

Les figures 1 et 2 montrent nettement l'existence de deux phases :

- pendant la première phase (jusqu'à la huitième semaine après la floraison (lot 4) les teneurs (rapportées à un fruit) en β -carotène et en xanthophylles diminuent, traduisant une phase d'appauvrissement (62 p. 100 de β -carotène et

66 p. 100 de xanthophylles en moins au lot 4).

- au cours de la seconde phase (à partir du lot 4 jusqu'au lot 7), alors que la teneur ($\mu\text{g}/\text{fruit}$) en xanthophylles continue à baisser, mais de façon plus lente, on observe une remontée très nette de la teneur ($\mu\text{g}/\text{fruit}$) en β -carotène. Entre les lots 4 et 7 (huitième et onzième semaine après la pleine floraison), la quantité de β -carotène d'un fruit est multipliée par 2,85 et, à maturité le fruit renferme une quantité de β -carotène légèrement supérieure à celle du fruit vert (lot 1) ; 3,7 $\mu\text{g}/\text{fruit}$ contre 3,4 soit 108 p. 100. Cette seconde phase est donc caractérisée par un enrichissement du

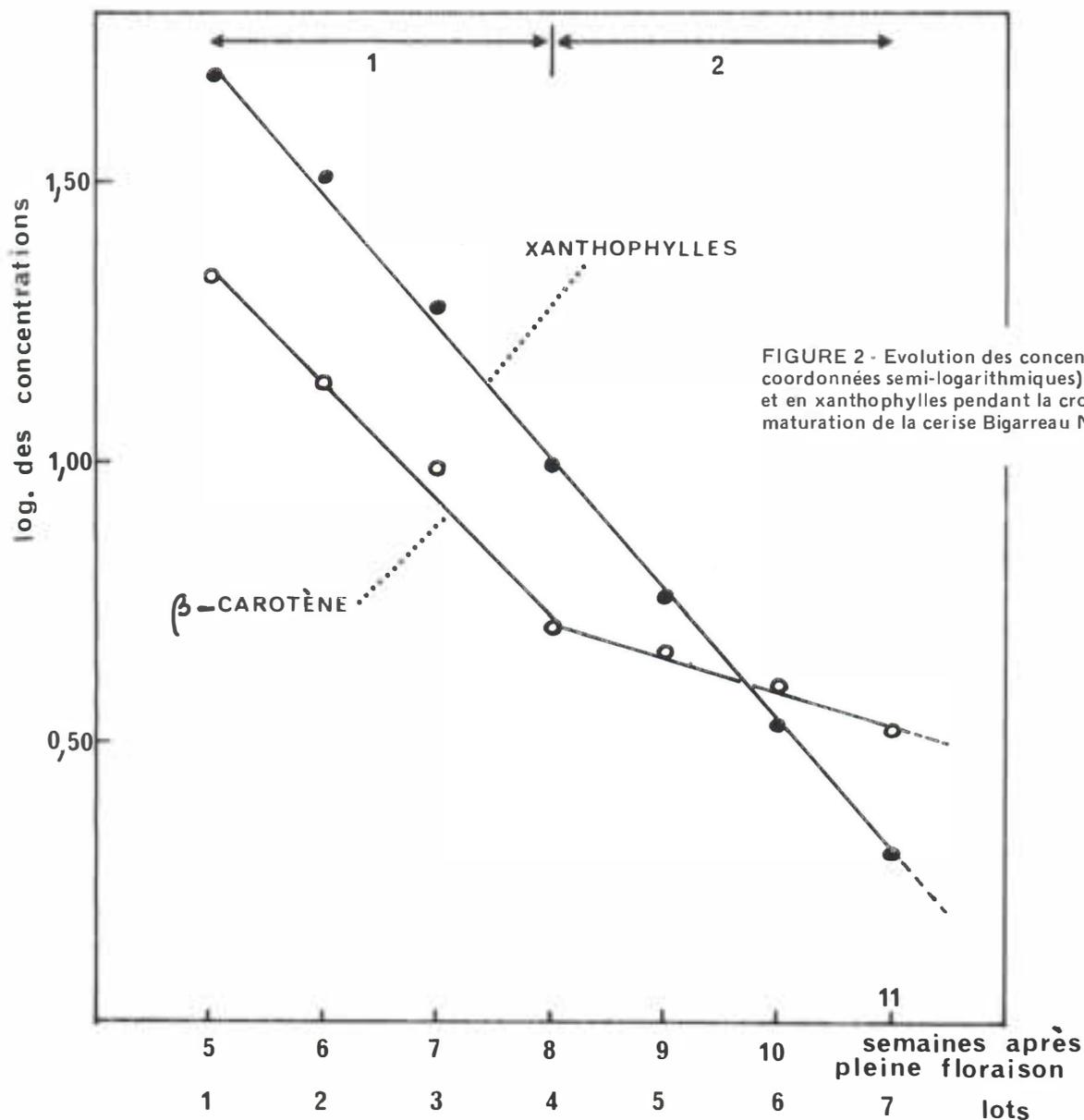


FIGURE 2 - Evolution des concentrations (en coordonnées semi-logarithmiques) en β -carotène et en xanthophylles pendant la croissance et la maturation de la cerise Bigarreau Napoléon.

fruits en β -carotène alors que les autres caroténoïdes (xanthophylles) continuent à décroître.

La limite entre les deux phases, qui se situe au lot 4 (huitième semaine après la pleine floraison), correspond à la véraison du fruit, marquée par l'apparition des anthocyanes et le début de la décroissance rapide des chlorophylles. Cette limite correspond au début de la phase de maturation.

CONCLUSION

L'étude qualitative des caroténoïdes du Bigarreau Napoléon a conduit à la caractérisation d'une dizaine de pigments

dans le fruit vert, la feuille possédant à peu près la même composition pigmentaire. La présence du β -carotène comme représentant unique des polyènes dans le fruit (vert et mûr) correspond aux résultats obtenus avec d'autres fruits tels que la pêche (LESSERTOIS et MONEGER, 1978) et le poivron (CAMARA et MONEGER, 1978). Il convient cependant de signaler que dans certaines variétés de cerises des deux espèces, *Prunus avium* et *Prunus cerasus*, le β -carotène est souvent associé à l' α -carotène dans le fruit mûr (SCHALLER, 1969; GALLER et MACKINNEY, 1965). Dans les fruits analysés (fruits verts et fruits mûrs), la lutéine, principale xanthophylle, constitue avec l'époxylutéine l'essentiel de la fraction xanthophylle. Selon RABI-

TABLEAU 2 - Evolution des concentrations en β -carotène et en xanthophylles au cours de la croissance et de la maturation de la cerise Bigarreau Napoléon.

lot	nombre de semaines après la pleine floraison	poids moyen d'un fruit frais (en grammes)	couleur du fruit	concentration (en $\mu\text{g/g sec}$)			β -carotène xanthophylles
				β -carotène	xanthophylles	β -carot.+xantho.	
1	5	1,293	VVV	21,6	48,5	70,1	0,44
2	6	1,505	VVV	13,9	33,0	46,9	0,44
3	7	1,939	VVV	9,7	19,0	28,7	0,51
4	8	2,740	VVJ	5,0	9,8	14,8	0,51
5	9	3,950	JJV	4,6	5,8	10,4	0,79
6	10	4,920	JJR	4,0	3,4	7,4	1,16
7	11	6,280	JRR	3,3	2,0	5,3	1,65

V : vert ; J : jaune ; R : rouge.

NOWITCH et al. (1975), le cycle lutéine - lutéine monoépoxyde, mis en évidence dans les fruits de tomate, constituerait un mécanisme possible de protection contre la photo-oxydation dans les tissus végétaux.

Parmi les xanthophylles trihydroxylées et monoépoxydées, présentes aussi bien dans le fruit vert que dans la feuille, le néochrome sous ses deux formes isomères *cis* et *trans*, est signalé pour la première fois dans la cerise, tout comme la trolloxanthine qui accompagne la néoxanthine dans le fruit mûr. Cependant, selon un travail récent (BU-CHECKER et LIAAEN-JENSEN, 1975), cette trolloxanthine serait un mélange de néoxanthine proprement dite et de son dérivé furanoïde, le néochrome, que les auteurs assimilent au trollichrome.

Enfin, parmi les xanthophylles très répandues dans la nature, la zéaxanthine ne se rencontre que dans le fruit mûr. Son absence dans le fruit vert, déjà remarquée dans l'avocat (GROSS et al., 1973), vient d'être confirmée par des travaux réalisés sur la pêche (LESSERTOIS et MONEGER, 1978) et sur le poivron (CAMARA et MONEGER, 1978).

L'apparition dans le fruit mûr de nouvelles xanthophylles parmi lesquelles la zéaxanthine, prouve l'existence d'une étape de formation oxydative des caroténoïdes lors de la transformation des chloroplastes (fruit vert) en chromoplastes (fruit mûr). Le mécanisme de cette formation pourrait être élucidé par l'incorporation dans le fruit (dès l'ovaire) de précurseurs radioactifs suivis par des dosages de pigments effectués tout au long de la croissance et de la maturation de celui-ci.

L'analyse quantitative des caroténoïdes de la cerise Bigarreau Napoléon a permis de mettre en évidence deux phases caractérisant l'évolution de ces pigments au cours de la croissance et de la maturation du fruit. Pendant la phase 1 qui correspond au stade II de croissance (BOILLARD, 1970 ;

ROMANI et JENNING, 1971) caractérisé par un ralentissement de la croissance pondérale du fruit, le β -carotène et les xanthophylles disparaissent à la même vitesse, contrairement aux chlorophylles a et b (OKOMBI et al., 1975) dont l'évolution est directement liée à la désorganisation des chloroplastes. Dans ce fruit, cette phase est marquée aussi par une diminution de la concentration en composés phénoliques, MELIN, 1976).

Au cours de la phase 2 qui marque le début de la maturation et coïncide avec le stade III (caractérisé par une reprise de la croissance rapide du fruit), on assiste à une remontée de la quantité de β -carotène qui peut s'interpréter comme étant due à une synthèse additionnelle de ce pigment lors de la maturation. Pendant le même temps, la quantité en xanthophylles elle, décroît progressivement après une légère augmentation qui correspond vraisemblablement à l'apparition de nouveaux pigments tels que la zéaxanthine, dont la présence semble caractéristique du fruit mûr. La redécroissance de la teneur en xanthophylles, serait due en grande partie à la baisse de pigments telles que l'époxylutéine et la néoxanthine souvent absentes des fruits mûrs (LESSERTOIS et MONEGER, 1978).

Cette phase 2 est caractérisée aussi par une chute du rapport chlorophylle a/chlorophylle b (OKOMBI et al., 1975), par une baisse plus atténuée de la concentration en composés phénoliques et par l'apparition dans la peau du fruit de nouveaux pigments type anthocyanes.

L'étude de l'évolution des caroténoïdes au cours du développement de la cerise Bigarreau Napoléon permet donc de distinguer nettement deux phases, la limite entre les deux se situant huit semaines après la pleine floraison (lot 4) et marquant le début de la maturation. La différence la plus nette entre les deux phases est l'augmentation de la quantité de β -carotène du fruit à partir du lot 4. Ceci confirme l'hypothèse faite par OKOMBI et al. (1975) d'après les résultats

de GALLER et MACKINNEY (1965) et SCHALLER (1969), l'hypothèse selon laquelle la très forte prédominance du β -carotène par rapport aux xanthophylles dans la cerise mûre pourrait s'interpréter comme étant due à une synthèse additionnelle de β -carotène lors de la maturation.

BIBLIOGRAPHIE

- AUDIGIE (C.). 1958.
Etude préliminaire sur la séparation, l'identification et le dosage des pigments liposolubles de la poire Passe-Crassane au cours de la maturation.
Rev. gén. Bot., 65, 582-602.
- BILLOT (J.). 1962.
Teneurs en pigments chlorophylliens (chlorophylles et caroténoïdes) des feuilles de quelques plantes malgaches et pantropicales.
C.R. Acad. Sci., 255, série D, 1360-1362.
- BILLOT (J.) et LEROY (C.). 1960.
Sur la genèse des pigments et l'activité photosynthétique des feuilles étiolées du *Phaseolus vulgaris* au cours du verdissement.
Rev. gén. Bot., 67, 477-521.
- BOLLARD (E.G.). 1970.
Physiology and nutrition of developing fruits.
in : *The Biochemistry of Fruits and their Products*, I, HULME A.C., ed.
Academic Press, London 387-425.
- BUCHECKER (R.) et LIAREN-JENSEN (S.). 1975.
The identity of trolloxanthin and trolliflor with neoxanthin.
Phytochemistry, 14, 797-799.
- CAMARA (B.) et MONEGER (R.). 1978.
Free and esterified carotenoids in green and red fruits of *Capsicum annuum*.
Phytochemistry, 17, 91-93.
- COSTES (C.). 1958.
Séparation et dosage des caroténoïdes foliaires par chromatographie sur cellulose.
Ann. agr., sup. 1 A, 35-48.
- COSTES (C.). 1965.
Recherche sur la biosynthèse et le métabolisme des caroténoïdes dans les feuilles.
Thèse Doctorat d'Etat Sc. Nat., Paris-Orsay, 157 p.
- CURL (A.L.). 1959.
The carotenoids of Cling peaches.
Food Res., 24, 413.
- GALLER (M.) et MACKINNEY, 1965.
The carotenoids of certain fruits (Apple, Pear, Cherry, Strawberry).
J. Food Sc., 30, 393-395.
- GOODWIN (T.W.). 1952.
The comparative biochemistry of carotenoids.
CHAPMAN and HALL Ltd, London.
- GOODWIN (T.W.) et GOAD (L.J.). 1970.
Carotenoids and Triterpenoids.
in : *The Biochemistry of Fruits and their Products*, HULME A.C., ed.
Academic Press, London and New-York, I, 12, 305-368.
- GROSS (J.), GABAI (M.), LIFSHTIZ (A.) et SKLARZ (B.). 1973.
Carotenoids in pulp, peel and leaves of *Persea americana*.
Phytochemistry, 12, 2259-2263.
- HARTMANN (C.). 1971 a.
Variations d'activité de quelques enzymes du catabolisme des glucides au cours de la conservation de la cerise à température constante.
Qual. Plant. Mater. Veg., 20, 221-229.
- HARTMANN (C.). 1971 b.
Evolution de l'intensité respiratoire du fruit après cueillette. Présence ou absence d'une crise respiratoire en fonction de l'âge du fruit (cas de la cerise) : signification de cette crise.
C.R. Acad. Sci., Paris, 273 D, 1570-1572.
- HARTMANN (C.). 1973 a.
Les échanges gazeux de la cerise. Comportement du fruit cueilli soumis à l'action de l'éthylène.
Qual. Plant. Mater. Veg., 22, 261-268.
- HARTMANN (C.). 1973 b.
Activité de 2 enzymes déshydrogénant le malate et crise respiratoire de maturation ; cas de la cerise.
C.R. Acad. Sci., Paris, 276, 1851-1853.
- HARTMANN (C.), BOULAY (M.) et DROUET (A.). 1974.
L'enzyme malique de la cerise. Etude de son activité et de sa concentration dans le fruit par électrophorèse en gel de polyacrylamide et par immuno-chimie.
C.R. Acad. Sci., 278, 3215-3218.
- HOBSON (G.E.) et DAVIES (J.N.). 1971.
The tomato.
in : *The Biochemistry of Fruits and their Products*.
II. HULME A.C. ed.
Academic Press, London, 437-482.
- KATAYAMA (T.), NAKAYAMA (T.O.M.), LEE (T.H.) et CHICHESTER (C.O.). 1971.
Carotenoid transformations in ripening apricots and peaches.
J. Food Sci., 36, 804-806.
- KOBAYASHI (K.), ANNO (T.) et AKUTA (S.). 1969.
Studies on Carotenoid Pigments and Colour of Fruits in Japan.
I. A determination method of carotenoids in fruits.
Bull. Fac. Agr., Yamaguti Univ., n° 20.
- LAVAL-MARTIN (D.). 1969 a.
Variations de la teneur en chlorophylles au cours de la maturation et en fonction de la température chez la poire Passe-Crassane.
Physiol. Vég., 7, 251-259.
- LAVAL-MARTIN (D.). 1969 b.
Evolution des pigments et des plastes au cours de la maturation de la tomate «Cerise».
Bull. Soc. fr. Physiol. Vég., 15, 77-97.
- LAVAL-MARTIN (D.), QUENNET (J.) et MONEGER (R.). 1972.
Sur l'évolution des caroténoïdes et des chlorophylles du fruit de tomate «Cerise» pendant sa croissance et sa maturation.
C.R. Acad. Sci., 274, série D, 2879-2882.
- LAVAL-MARTIN (D.), QUENNET (J.) et MONEGER (R.). 1974.
Remarques sur l'évolution lipochromique et ultrastructurale des plastes durant la maturation du fruit de tomate «Cerise».
in : *Facteurs et régulations de la maturation des fruits*.
Coll. intern. C.N.R.S., 238, Paris.
- LESSERTOIS (D.) et MONEGER (R.). 1978.
Evolution des pigments pendant la croissance et la maturation du fruit de *Prunus persica*.
Phytochemistry, 17, 411-415.
- MELIN (C.). 1976.
Les composés phénoliques au cours de la croissance et de la maturation de la Cerise, *Prunus avium* (L.) variété Bigarreau Napoléon.
Thèse Doctorat 3ème cycle, Université d'Orléans, 160 p.
- OKOMBI (G.). 1979.
Les pigments de la cerise, *Prunus avium* (L.), variété «Bigarreau Napoléon» : variations au cours de la croissance, de la maturation et de la conservation.
Thèse Doctorat de 3ème cycle, Université d'Orléans, 105 p.
- 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. vég., 13 (3), 417-426.
- RABINOWITCH (H.D.), BUDOWSKI (P.) et KEDAR (N.). 1975.
Carotenoids and epoxyde cycles in mature-green tomatoes.
Planta, 122, 91-97.
- RAMIREZ (D.A.) et TOMES (M.L.). 1964.
Relationship between chlorophyll and carotenoid biosynthesis in dirty-red (green-flesh) mutant in tomato.
Bot. Gaz., 125, 221-226.

ROMANI (R.J.) et JENNINGS (W.G.). 1971.

Stone fruits.

in : *The Biochemistry of Fruits and their Products.*

HULME A.C., ed.

Academic Press, London and New-York, II, 411-436.

SCHALLER (D.R.). 1969.

The pigments and polyphenolic compounds of Montmorency

cherries.

Thèse Doct. of Phylosophy, Université du Wisconsin, 70 p.

SIDWELL (A.P.), BIRTH (G.S.), ERNEST (J.V.) et GOLUMBIC (C.). 1961.

The use of light transmittance techniques to estimate the chlorophyll content and stage of maturation of Elberta peaches.

Food Technol., 15, 75-78.



DARBONNE
SOCIETE CIVILE DARBONNE

Siège social : 6, boulevard JOFFRE
91490 MILLY-LA-FORET B.P. 8
Tél. 498.95-95 — Télex 690373

PLANTS de FRAISIERS

Tous nos pieds-mères sont issus de méristèmes

PLANTS de FRAMBOISIERS

GRIFFES d'ASPERGES

Sélection Darbonne n°4
Nouveauté : sélection Darbonne n°3
La gamme complète
des nouveaux hybrides INRA

Pour toutes informations sur nos productions
DEMANDER NOTRE CATALOGUE GRATUIT

..... Une visite en vaut la peine