

# Influence de l'AIA et de l'ABA sur la maturité des raisins et sur la libération des tanins et des anthocyanes au cours de la macération

*Amrani Joutei K.<sup>1</sup>, Ouazzani Chahdi F.<sup>2</sup>, Saucier C.<sup>3</sup>,  
El Hassimi Sow M.<sup>1</sup>, Douya D.<sup>4</sup> et Glories Y.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Laboratoire de biotechnologie végétale, faculté des Sciences et techniques Fès,*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Chimie organique, Faculté des Sciences et techniques Fès  
Maroc*

<sup>3</sup> *Faculté d'œnologie, Talence France*

<sup>4</sup> *Faculté des Sciences Dhar El Mehraz, Fès Maroc*



## Résumé

*Nous avons montré que l'utilisation exogène de l'AIA et de l'ABA influence la maturité phénolique des raisins. L'AIA (acide indole acétique) entraîne le grossissement des baies et stimule plus ou moins l'accumulation des anthocyanes. Cette stimulation est très précoce pour l'AIA avançant ainsi la véraison. L'ABA (acide abscissique) inhibe le grossissement des baies de raisins mais conduit à une synthèse très importante des anthocyanes. Ces deux phytohormones ont la particularité de donner des raisins plus sucrés et moins acides menant à un indice S/AT (sucre/acidité totale) beaucoup plus important que celui du témoin. En outre, les pellicules traitées par ces deux phytohormones présentent à la véraison un indice de maturité cellulaire plus élevé que celui du témoin et cet indice baisse à la maturité ce qui a pour conséquence de favoriser la libération des composés phénoliques au cours de la vinification.*

**Key words:** : AIA, ABA, maturité technologique, maturité cellulaire, fragilisation, diffusion

## ملخص

الاستعمال الخارجي لحامض الأنضول الاسيتيكي (AIA) و حامض الأبسيسيك (ABA) يسهل النضج الفينولي لحبات العنب. (AIA) يؤدي الى الزيادة في كبر الحبات والتنشيط المبكر في مادة الأنطوسيان في الخلايا (ABA) كما يؤدي الى النقص من كبر الحبات ولكن ينشط استنتاجا كبيرا في الأنطوسيان. هاته الهرمونات النباتية تمكن من اعطاء عنب يتميز بكثرة سكره وقلة حامضه مؤديا الى تضخم مؤشر نضجه التكنولوجي (TA/S). زيادة على هذا فان قشرة الحبات تتميز منذ بداية التحول اللوني بتزايد في مؤشر نضج الخلايا (AE) وهذا الأخير ينقص خلال النضج مما يسهل استخراج المواد الفينولية خارج الخلايا خلال تخمير العنب.

**الكلمات المفتاحية:** : حامض الأنضول الأسييكي، حامض الأبسيسيك، نضج الخلايا، نضج تكنولوجي، استخراج

## Abstract

*We showed that some exogenics AIA and ABA influence the phenolic maturity of the grapes. AIA involve the enlargement of berries, advance the date of ripening and stimulate anthocyanines synthesis whereas the ABA inhibits berries enlargement, delays ripening but led to an important anthocyanines synthesis. These plant hormones have the characteristic to give grapes rich in sugars and poor in acids involving to S/AT index more important than control. Moreover, whatever the compound used, the grapes berry skin show at veraison a high index cell maturity which decrease with maturity of berries, and this favours diffusion during winemaking.*

**Key words:** : IAA, ABA, technologic maturity, cell maturity, weakening, diffusion

## Introduction

De nombreux travaux montrent que la croissance des baies de raisins ainsi que la biosynthèse et l'accumulation des composés phénoliques sont sous la dépendance des facteurs hormonaux. L'A.B.A. endogène, Considéré comme l'un des régulateurs de croissance déterminant dans le déclenchement de la maturation du raisin (COOMBE et HALE, 1973; COOMBE, 1976; PIRIE, 1977; DÜRING et al., 1978; KATAOKA et al., 1982 ; BROQUEDIS, 1987), activerait les enzymes de la biosynthèse phénolique en général, et anthocyanique en particulier, notamment la P.A.L., comme l'ont déjà suggéré WALTON et SONDEIKER (1968). L'application exogène de l'éthylène sur des grappes, effectuée pendant la phase de croissance ralentie des baies, accélère la biosynthèse des anthocyanes (HALE et al., 1970). D'autre part, ce traitement favorise l'accumulation des anthocyanes méthylées (WICKS et al., 1980). En outre, les effets des activateurs de croissance endogènes (Cytokinines, Acide indol acétique...) n'ont pas été clairement démontrés chez la Vigne. Ainsi, les cytokinines qui inhibent l'apparition des anthocyanes chez de nombreux végétaux (THIMANN, 1980 ; RHODES, 1980) l'activeraient dans les raisins (COOMBE et HALE, 1973).

D'un autre côté, l'influence de ces régulateurs de croissance sur la fragilité cellulaire et sur la libération des composés phénoliques au cours de la vinification n'a jusqu'à ce jour pas encore été élucidée. C'est ainsi qu'un certain nombre de molécules réputées actives sur quelques aspects physiologiques de la plante ont été testées dans le but de déterminer leurs rôles dans les maturités technologique, phénolique et cellulaire (AMRANI JOUTEI 1993) des raisins. Les phytohormones ainsi utilisées sont l'AIA comme activateur de croissance et l'ABA comme inhibiteur.

## Matériel et méthodes

Les rangs de 20 pieds chacun ont été marqués et les raisins ont été traités à la nouaison par aspersion directe sur les grappes avec 750 ml d'une solution d'eau distillée contenant soit l'AIA (sel sodique d'acide indole acétique, soluble dans l'eau, Sigma I 5148) soit l'ABA (Sigma A1012) à raison de 10-3 g/l soit l'eau pure pour le témoin (la concentration de 10-3 g/l est prise pour pallier les pertes dues à la pulvérisation). L'expérimentation a été réalisée en 2000 sur le Cabernet sauvignon et le carignan plantés dans la région de Meknès (Boufekran) et en 2002 sur le cinsault planté dans la région de Fès (Aïn Taoujtat). L'aspersion a été réalisée le 6 juin pour l'expérimentation de 2000 et le 4 juin pour l'expérimentation de 2002, toujours en fin d'après midi pour éviter les fortes luminosités et les hautes températures de la journée qui seraient néfastes pour l'activité des phytohormones. A partir de la véraison, 400 baies sont prélevées régulièrement, 200 baies sont utilisées pour déterminer la maturité phénolique selon la méthode développée par GLORIES (RIBEREAU-GAYON et al., 1998) et 100 baies sont utilisées pour déterminer la teneur des pépins et des pellicules en composés phénoliques (AMRANI JOUTEI 1993). Les pellicules des 100 baies qui restent sont utilisées pour déterminer la teneur des pellicules en pectines solubles et en protopectines selon la méthode déjà décrite par AMRANI JOUTEI et GLORIES 1994). Dans chaque cas, 3 prélèvements ont été effectués, à la véraison, 15 jours après la véraison et à maturité. La teneur en

composés phénoliques est estimée par la mesure de la DO 280, la teneur en tanins est déterminée par le dosage selon la méthode de RIBEREAU-GAYON et STONSTREET 1966 et la teneur en anthocyanes par le dosage selon la méthode de RIBEREAU-GAYON et STONSTREET 1965. Les teneurs en substances pectiques sont déterminées selon la méthode de ROBERTSON, 1979. Les teneurs en sucres sont déterminées par réfractométrie et l'acidité totale par titration avec la soude 0,1 N et virage au bleu de bromotymole. Pour chaque prélèvement, 3 répétitions ont été réalisées et les résultats exprimés dans les tableaux 1 et 2 représentent la moyenne des 3 répétitions.

## Résultats

### Influence sur le poids frais des baies et sur la date de la véraison

Le tableaux 1 montre que l'AIA entraîne une augmentation importante du poids des baies des raisins et ceci pour les trois cépages. Cette augmentation est très accentuée à la véraison totale des baies et la différence peut atteindre 30 %. Des résultats analogues ont été obtenus en 2000 sur le Cabernet sauvignon et le carignan mais le phénomène était moins marqué puisque l'écart n'avait pas dépassé 16 % pour le premier et il était à peine de 8 % pour le deuxième. Par contre, les raisins traités par l'acide abscissique ont un poids à la véraison très inférieur à celui des témoins et la différence peut atteindre 32 %. Mais en général, ces écarts diminuent au cours de la maturation et tendent à s'annuler à la maturité.

Parallèlement à ces observations, on constate que les teneurs en sucre et en acidité totale évoluent de la même façon : dans le cas des raisins traités par l'AIA, on observe généralement des teneurs en sucres plus élevées à la véraison et qui se maintiennent tout au long de la maturation. D'autre part, ces raisins présentent des jus moins acides que les témoins et ceci de la véraison à la maturité. Cela entraîne des rapports S/AT plus élevés et donc un indice de maturité technologique plus important que pour le témoin. Par contre, les raisins traités par l'ABA ont une teneur en sucres plus faible à la véraison mais qui augmentent à maturité. En outre, ces raisins présentent une acidité un peu plus élevée à la véraison mais cette acidité diminue à la maturité d'une façon plus importante que le témoin. Cela entraîne, compte tenu des teneurs en sucres, un rapport S/AT plus important que le témoin.

**Tableau 1 :** Influence de l'AIA et de l'ABA sur l'évolution des composés phénoliques et sur les maturités technologique et phénolique des raisins de Cinsault au cours de la maturation en 2002

Prélèvement	Témoin			AIA			ABA		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Poids 100 baies (g)	174	231	269	226	299	278	131	171	247
Sucres (g/l)	96±2	157±3,5	193±4,6	129±3,1	209±4,2	238±6,1	85±2,2	164±6,3	220±6,1
AT (g/l H2SO4)	22±0,7	9±0,2	5,8±0,2	14±0,4	5,5±0,2	4,4±0,15	24±1	10±0,3	5±0,15
S/AT	4,34±0,06	17,4±0,32	33,3±1,6	9,29±0,29	38±1,9	54±2,4	3,5±0,12	17±0,76	43±0,96
<b>Diffusion</b>									
Anthocy (mg/l)	39±1,7	208±8	302±11	112±5,6	451±15	467±16	79±3,4	321±11	508±15
Tan pell (g/l)	2,5±0,11	1,9±0,08	1,8±0,07	1,8±0,05	2,3±0,08	2,3±0,07	1,3±0,05	1,4±0,04	1,9±0,08
Tan pép (g/l)	3,9±0,14	3,7±0,16	2,8±0,11	3,8±0,16	2,8±0,13	3,6±0,11	3,3±0,12	2,6±0,09	2,6±0,12
<b>Maturité cell</b>									
ApH1 (mg/l)	102±5	240±9,3	338±15	168±5,6	406±17,2	513±22	75±3,2	355±14,8	578±24,6
(10-2 mg/g PF)	3,6±0,17	6,5±0,25	7,8±0,34	4,6±0,15	8,4±0,36	11,5±0,5	3,6±0,15	12,8±0,53	15±0,63
ApH3,2 (mg/l)	58±2,52	115±5,65	168±7,75	81±3,9	220±9,2	306±12,5	37±1,6	205±9,1	376±16
EA %	43	52	50	52	46	40	50	42	35
<b>RPT</b>	32		26	36		35	35		43

1 : véraison, 2 : 15 jours après la véraison,  
3 : maturité, AT : acidité totale, EA : indice de maturité cellulaire,  
RPT : richesse phénolique technologique

## Influence sur la teneur en composés phénoliques des baies

L'influence des phytohormones sur l'évolution et les teneurs des composés phénoliques des raisins semble plus nette dans les pellicules que dans les pépins puisqu'on n'observe pas de différences significatives dans les teneurs en tanins par rapport à celles du témoin lorsqu'on traite les raisins par les deux phytohormones.

Pour les pellicules, l'action de l'AIA sur les baies de raisins conduit généralement à une accumulation très importante des anthocyanes à partir de la véraison et qui se maintient durant toute la période de la maturation. Mais le phénomène le plus important concerne l'effet de l'ABA qui entraîne une synthèse très importante d'anthocyanes par rapport au témoin (68 %) dans le cas du Cinsault en 2002. En 2000, des résultats analogues ont été obtenus mais le phénomène est moins important puisque l'amélioration de l'accumulation des anthocyanes n'est que de 13 % pour le Cabernet et de 10 % pour le Carignan.

Concernant les tanins des pellicules, l'utilisation des phytohormones semble avoir une influence assez limitée sur leur synthèse. En effet, l'ABA qui permet une accumulation impor-

tante d'anthocyanes n'a pas une influence notable sur les tanins si ce n'est une légère augmentation par rapport au témoin. Mais, si on prend en considération l'augmentation continue de leur teneur au cours de la maturation et si on compare le rapport teneur en tanins / poids des raisins avec celui du témoin, on peut en déduire qu'il y a stimulation de l'accumulation des tanins dans les pellicules. En général, on peut considérer que les phytohormones étudiées stimulent également la synthèse des tanins puisqu'on observe généralement une légère augmentation de celle-ci dans les pellicules en ce qui concerne les deux traitements alors qu'elle diminue au cours de la maturation pour le témoin.

### Influence sur la maturité phénolique des raisins

La richesse phénolique technologique (RPT) des raisins traités par l'AIA et l'ABA (tableau 1) est plus importante que celle du témoin et ceci de la véraison jusqu'à la maturité. D'autre part, à la véraison, l'indice d'extractibilité des anthocyanes (EA, pourcentage d'anthocyanes non extractibles) se situe à un niveau relativement élevé pour les deux traitements (de l'ordre de 50 %) ce qui veut dire qu'à cette période, quels que soient le traitement et la teneur en anthocyanes des pellicules, les raisins ont du mal à libérer leur contenu vacuolaire. Par ailleurs, à maturité, alors que la richesse phénolique technologique (RPT) augmente ou se stabilise pour les raisins traités, EA diminue d'une façon importante. Pour les raisins témoins, on observe une légère augmentation de l'indice EA et une baisse de RPT ce qui prouve que les traitements utilisés ont pour effet de favoriser les maturités phénolique et cellulaire permettant ainsi la libération des composés phénoliques. En 2000, des résultats analogues ont été obtenus pour le Cabernet sauvignon et le carignan avec la seule différence qu'à la véraison, l'indice EA était déjà à un niveau assez bas pour les raisins traités par l'AIA (de l'ordre de 42%) et ceci est probablement dû à la période du premier prélèvement.

### Influence sur la fragilité cellulaire : teneurs en pectines

Le tableau 2 montre les teneurs en pectines solubles et insolubles dans les parois cellulaires des pellicules de raisins. On constate comme déjà signalé (AMRANI JOUTEI et GLORIES 1994) que la fraction insoluble représente l'essentiel de la teneur total des pellicules en pectines. Par ailleurs, à la véraison, on remarque par rapport au témoin une augmentation importante de la teneur en pectines totales dans les raisins traités par l'AIA et une légère diminution de ces teneurs dans les raisins traités par l'ABA. La même observation est constatée à maturité.

**Tableau 1 :** Influence de l'AIA et de l'ABA sur l'évolution des composés phénoliques et sur les maturités technologique et phénolique des raisins de Cinsault au cours de la maturation en 2002

		Fraction soluble	Fraction insoluble	Total
<b>Témoin</b>	Véraison	225 ± 19	4908 ± 320	5133 ± 339
	Maturité	166 ± 15	5555 ± 260	5721 ± 275
<b>AIA</b>	Véraison	230 ± 19	7365 ± 540	7595 ± 559
	Maturité	236 ± 20	7087 ± 620	7323 ± 640
<b>ABA</b>	Véraison	236 ± 17	4183 ± 195	4419 ± 212
	Maturité	249 ± 25	4566 ± 259	4815 ± 284

1 : véraison, 2 : 15 jours après la véraison,  
3 : maturité, AT : acidité totale, EA : indice de maturité cellulaire,  
RPT : richesse phénolique technologique

## Discussion

L'estimation de la qualité des raisins est en générale déterminée par la mesure de la maturité technologique (S/AT) du raisin. Or, cet indice ne tient pas compte de la teneur des raisins en composés phénoliques ni de leur extractibilité. Dans ces conditions, la maturité phénolique (RIBEREAU-GAYON et al., 1998b) permet une meilleure approche de la teneur en composés phénoliques du raisin et constitue un complément à la maturité technologique. En outre, nous avons montré dans ce travail que ces substances jouent un rôle dans le changement du volume et du poids frais du raisin ; Ces derniers augmentent quand le raisin est traité par les stimulateurs et baissent quand le raisin est traité par les inhibiteurs. D'autre part, les deux phytohormones exogènes utilisées aussi bien stimulatrices de croissance (AIA) qu'inhibitrices (ABA), entraînent l'augmentation des teneurs en sucres et la diminution de l'acidité totale permettant l'amélioration de la qualité technologique du raisin suite à l'augmentation du rapport S/AT ; le traitement avec l'AIA donne dans tous les cas l'indice le plus élevé, c'est à dire les raisins les plus sucrés et les moins acides autrement dit les plus mûrs du point de vu technologique.

Par ailleurs, concernant la richesse phénolique technologique, nous avons remarqué que ces substances permettent une accumulation importante des anthocyanes et parfois celle des tanins dans les pellicules de raisins. Ces résultats suggèrent que l'AIA stimule la synthèse des anthocyanes puisque ces pigments apparaissent d'une façon importante à une période avancée de la véraison par rapport au témoin. En effet, Il est admis actuellement que l'AIA (YOSHII et al., 1981) stimule la synthèse de l'éthylène et que ce dernier déclenche à son tour la synthèse des anthocyanes (HARTMANN 1992) ce qui pourrait expliquer nos résultats.

En outre, les résultats concernant la stimulation importante de l'accumulation des anthocyanes par confirment ceux obtenus par HALE et al., 1970 qui a montré que l'application d'inhibiteurs de croissance exogènes comme l'éthylène sur des grappes pendant la phase de croissance ralentie des baies, accélère la biosynthèse des anthocyanes et ceux de WALTON et SONDHEIKER



(1968) qui ont montré que L'ABA stimulerait l'activité de la P.A.L qui est l'enzyme de la biosynthèse des anthocyanes. En effet, à cette période, les teneurs en anthocyanes (exprimé en mg/g de matière fraîche) se situent à un niveau très élevé par rapport à celle du témoin et ces teneurs continuent d'augmenter au cours de la maturation. Cette augmentation peut être due à deux phénomènes ; d'une part, il y aurait une stimulation de la synthèse de ces pigments par l'ABA, d'autre part, une concentration de ces molécules suite à la diminution du volume et du poids des raisins. Ceci peut être confirmé par le fait que la teneur des pellicules en tanins passe d'une valeur très faible à la véraison à une valeur à peu près égale à celle du témoin à maturité.

Concernant la maturité cellulaire, on constate qu'à la véraison, aussi bien l'AIA que l'ABA ont eu pour effet d'augmenter l'indice de maturité cellulaire EA par rapport à celui du témoin. Le dosage des teneurs en pectines dans les parois cellulaires, principalement les protopectines qui représentent la fraction insoluble des pectines permet d'expliquer ce phénomène. Nous avons montré précédemment (AMRANI JOUTEI et GLORIES 1994) que les teneurs en protopectines diminuaient au cours de la maturation grâce à la présence d'enzymes de nature pectolytiques qui dégradent ces molécules en molécules solubles et que la teneur de ces enzymes augmente de la véraison à la maturité. Ces changements ont pour but de modifier l'état des cellules puisqu'on observe une fragilisation des parois cellulaires au cours de la maturation entraînant une libération plus importante des constituants du suc vacuolaire. Dans notre cas, nous n'avons pas observé de différences significatives au cours de la maturation pour chaque traitement. Néanmoins, l'augmentation très importante des teneurs en protopectines et en pectines totales des raisins traités par l'AIA à la véraison par rapport au témoin peut expliquer les fortes valeurs de EA à cette période. En effet, les activateurs de croissance entraînent une fragilisation des structures pariétales. Il a été montré (RAYLE et CLELAND 1970, HAGER et al., 1971) que l'AIA stimule le passage des protons H<sup>+</sup> dans la région apoplastique entraînant une diminution du pH dans cette région et par la suite une activation des enzymes hydrolytiques qui agissent en dégradant les structures polysaccharidiques. En outre, VERMA et al., (1975) ont montré que l'AIA stimule la synthèse de la cellulase favorisant la rupture des liaisons formées par les polysaccharides constitutives des parois. Or, l'application de ces phytohormones pendant la phase de croissance cellulaire a pour effet d'augmenter la plasticité de la paroi suite au relâchement des fibrilles de cellulose et en même temps dépôt de nouvelles molécules entre les fibrilles ainsi distendues. Ceci a pour conséquence d'augmenter les teneurs en pectines durant cette période et de baisser l'extractibilité (EA élevés). Pour l'ABA, on assiste à un phénomène inverse de ce qui se passe pour les activateurs de croissance. Bien que les valeurs de EA sont plus élevées que celles du témoin à la véraison, on assiste à une baisse de la teneur en pectines par rapport au témoin ce qui laisse supposer que l'application de l'ABA pendant la phase de croissance inhibe le relâchement des fibrilles de cellulose et par la suite inhibe le dépôt de nouvelles molécules au niveau de la paroi ce qui a pour conséquence de retarder la croissance du raisin. Cette inhibition du relâchement des fibrilles de cellulose empêche d'une part le dépôt de nouvelles molécules au niveau de la paroi d'où des teneurs en pectines plus faibles, d'autre part la diffusion des solutés d'où des indices EA plus élevés.

A partir de la véraison, le raisin entre en phase de maturation et c'est surtout le phénomène de fragilisation de la paroi cellulaire qui entre en jeu (AMRANI JOUTEI et GLORIES 1994) avec l'intervention d'enzymes pectolytiques et protéolytiques qui vont dégrader les structures pariétales (AMRANI JOUTEI et al 2003). La conséquence de Ceci se traduit par une baisse de l'indice EA qui est accentuée par une accumulation importante des anthocyanes principalement sous l'action de l'AIA et l'ABA.

## Références bibliographiques

- AMRANI JOUTEI K. ; 1993 : Localisation des anthocyanes et des tanins dans le raisin. Etude de leur extractibilité. Thèse de Doctorat d'Université de Bordeaux II.
- AMRANI JOUTEI K., GLORIES Y. ; 1994 : Etude en conditions modèles de l'extractibilité des composés phénoliques des pellicules et des pépins de raisins rouges. *J. Int. Sci. Vigne vin*, 28, N 4, 303-317
- AMRANI JOUTEI K, OUAZZANI CHAHDI F., BOUYA D., SAUCIER C. et GLORIES Y. ; 2003 : Examen en microscopie électronique de l'influence d'activités enzymatiques purifiées sur les parois cellulaires des pellicules de raisins. *J. Int. Sci. Vigne vin*, 37, n°1, 23-30
- COOMBE B.G. ; 1976 : Abscisic acid and sugar accumulation in the grape berry. 9th International conférence Plant growth substances, Lausanne, 62-64.
- COOMBE B.G. et HALE C.R. ; 1973 : The hormone content of ripening grape berries and the effects of growth substances treatments. *Plant Physiol.*, 5 1, 629-634.
- HAGER A., MENZEL H., KRAUSS A. ; 1971 : Versuche und Hypothese zur Primarwirkung des Auxins beim Streckungswachstum. *Planta* 100, 47-75.
- HALE C.R., COOMBE B.G. et HAWKER J.S. ; 1970 : Effects of ethylene and 2-chloroethylphosphonic acid on the ripening of grapes. *Plant Physiol.*, 45, 620-623.
- HARTMANN C. ; 1992 : La sénescence des végétaux. Ed HERMANN
- RAYLE D.L., CLELAND R.E. ; 1970 : Enhancement of wall loosening and elongation by acid solutions. *Plant Physiol.* 46, 250-253.
- RIBEREAU-GAYON P., STONESTREET E. ; 1965 : Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge. *Bull. Soc. Chim.*, 9, 2649-2652.
- RIBEREAU-GAYON P., STONESTREET E. ; 1966 : Dosage des tanins du vin rouge et détermination de leur structure. *Chimie analytique*, vol 48, N° 4, 188.
- RIBEREAU-GAYON P., GLORIES Y., MAUJEAN A. et DUBOURDIEU D. ; 1998b : *Traité d'Œnologie*, Tome II. «Chimie du vin, stabilisation et traitements», Dunod (Ed.), Paris.
- ROBERTSON G.L. ; 1979 : The fractional extraction and quantitative determination of pectic substances in grapes and musts. *Am. J. Enol. Vitic.*, Vol 30, N° 3, 182-186.
- THIMANN K. V. ; 1980 : *Senescence in plants*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 276pp.
- VERMA et al., 1975 : *Croissance et développement, Physiologie végétale*, PAUL MAZLIAK, Ed. HERMANN
- WALTON D.C. et SONDHEIMER E. ; 1968 : Effect of abscissin II on phenylalanine ammonia-lyase activity in excised bean axes. *Plant Physiol.*, 43, 467-469.
- WICKS A.S. KLIEWER W.M. et JENSEN F. ; 1980 : Influence of light and etephon on formation of anthocyanins in several table grape. U.C.D. Grape and Wine Centennial Symposium Proceedings. University of California edit., Davis, (1982), 148-150.
- YOSHII H., IMASEKI H. ; 1981 : Biosynthesis of auxin-induced ethylene. Effects of indole-3-acetic acid, benzyladenine and abscissic acid on endogenous levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) and ACC synthase. *Plant & Cell Physiol.* 22, 369-379.