

L'abscissate de β -D-glucopyranose peut-il être une source d'acide abscissique libre *in vivo*?

par

M. BROQUEDIS

Can abscisyl- β -D-glucopyranoside be a source of free abscisic acid *in vivo*?

Summary: In grape seeds, the evolution of abscisic acid (ABA) and of its glucose ester abscisyl- β -D-glucopyranoside (ABA-GE) during treatments for breaking dormancy was investigated. It could be shown that complete disappearance of ABA-GE content from the seeds must essentially be due to the conversion of ABA-GE into free ABA. This phenomenon seems only to take place under the influence of stratification treatments and in the presence of vital embryos. The amounts of free ABA accumulated decrease mainly by diffusion and degradation, thus becoming minimal. The rate of germination appears closely linked with the amount of free ABA in the seeds. When germination takes place, there is no longer any free ABA present in the seeds. Afterwards, from the first developmental stages of the plantlet, free ABA and ABA-GE reappear, particularly in the cotyledons, where both forms are probably synthesized from a precursor located in these organs.

Key words: abscisic acid, abscisyl- β -D-glucopyranoside, seed, embryo, dormancy, stratification, germination, hydration.

Introduction

L'abscissate de β -D-glucopyranose (ABA-GE), ester de glucose de l'acide abscissique (ABA), est en général considéré comme un conjugué stable qui se forme à partir de l'ABA libre (MILBORROW 1978; PIERCE et RASCHKE 1980, 1981; ZEEVAART 1980; NEILL *et al.* 1983; LOVEYS et MILBORROW 1984; ZEEVAART et CREELMAN 1988). Par contre, la réaction inverse, c'est-à-dire la production d'ABA à partir de ce conjugué, reste discutée. Cette possibilité d'interconversion faisant intervenir l'ester de glucose comme source potentielle d'ABA pourrait dépendre du matériel végétal considéré et de certaines conditions: température, présence des estérases nécessaires à l'hydrolyse et activité des embryons dans le cas des graines (KING 1976, 1979; LE PAGE-DEGIVRY et BULARD 1979; BARTHE 1983).

En ce qui concerne les pépins de raisin, le phénomène d'interconversion se manifeste très clairement lors des traitements préalables à leur germination (BROQUEDIS 1984; BROQUEDIS et BOUARD 1986; BROQUEDIS 1987 b).

En utilisant le même matériel, il était donc intéressant d'essayer de préciser les modalités selon lesquelles ce phénomène peut se produire pour pouvoir en connaître le mécanisme.

Matériel et méthodes

Nous avons utilisé essentiellement des pépins d'Ugni blanc de types 1 (1 pépin par baie) et 2S (1 pépin dans chacune des 2 loges), issus des grappes de rangs 1 et 2 (BOUARD 1978).

Extraction et conservation des pépins

Les pépins ont d'abord été extraits des baies mûres puis conservés en boîtes de Pétri, pendant 73 d, à $20 \pm 1^\circ\text{C}$ et à l'obscurité, l'humidité relative moyenne étant de 60 %.

Réhydratation

Les pépins ont été immergés pendant 72 h dans de l'eau déminéralisée, à $20 \pm 1^\circ\text{C}$ et à l'obscurité.

Stratification

Après réhydratation, les pépins ont été soumis à une stratification d'une durée de 60 d, à la température de $2 \pm 1^\circ\text{C}$ et à l'obscurité. Leur humidification permanente était assurée par des supports constitués par du coton imprégné d'eau.

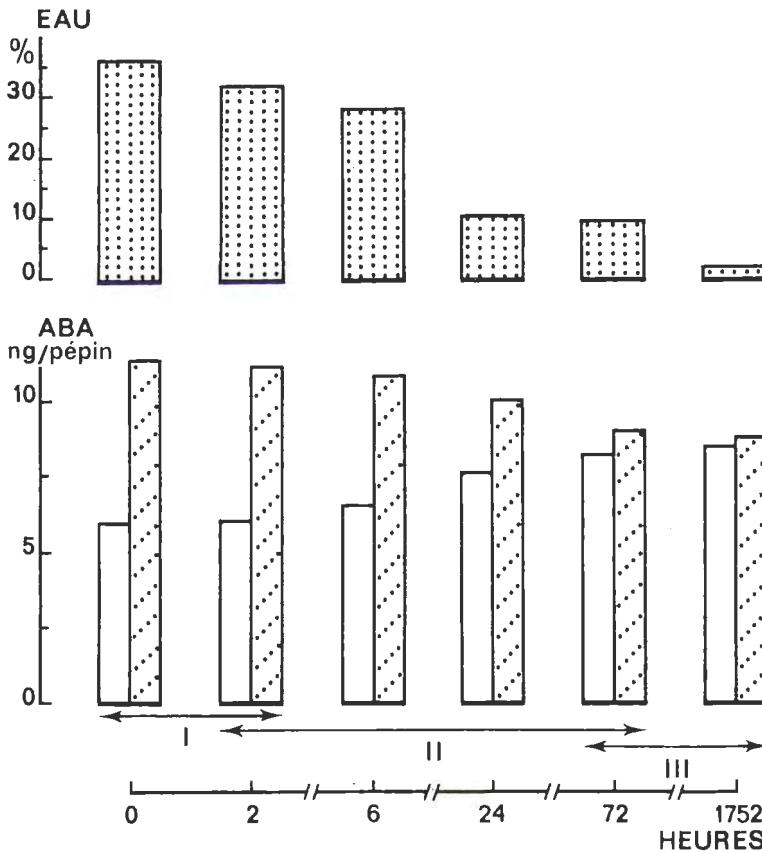


Fig. 1: Variations des teneurs en eau et en ABA dans les pépins d'Ugni blanc au cours de leur conservation en vue de leur germination. ABA libre: en blanc, ABA-GE: en pointillé.

Variation of water and ABA contents in the seeds of Ugni blanc during storage before germination. Free ABA: white, ABA-GE: dotted.

Conditions de germination

Les pépins ont été placés sur du papier filtre humide à température élevée (25–26 °C), en atmosphère humide et à l'obscurité, en raison de la photosensibilité de l'ABA.

Afin d'éviter le développement de moisissures susceptibles de synthétiser de l'ABA, telles que *Cercospora rosicola* et *C. cruenta* ou *Botrytis cinerea* (BORECKA et PIENIAZEK 1968; ASSANTE *et al.* 1977; MARUMO *et al.* 1982; NEILL *et al.* 1982; HIRAI *et al.* 1986), il a été nécessaire de renouveler périodiquement le papier filtre humide servant de support et de laver les pépins à l'eau déminéralisée.

Nous avons considéré que le pépin avait germé lorsqu'il était possible d'apercevoir la pointe de la jeune racine (stade B). Ce stade est pratiquement concomitant de l'ouverture des téguments séminaux de la graine.

Dosage de l'ABA

Les teneurs en ABA et en ABA-GE des pépins lyophilisés ont été déterminées, après extraction, par chromatographie liquide à haute performance (CLHP) selon un protocole expérimental déjà décrit (BROQUEDIS 1987 a).

L'identification de l'ABA et de l'ABA-GE dans les extraits de pépins a été réalisée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse à colonne capillaire couplé avec un spectromètre de masse (BROQUEDIS 1987 b).

Conditions chromatographiques

Chromatographe: Intersmat IGC 121M
Colonne capillaire en silice, CP SIL 8 greffée (25 m \times 0,22 mm)
Température du four programmée: 170–300 °C (4 °C min⁻¹)
Température de l'injecteur: 240 °C
Volume injecté: 5 μ l
Gaz vecteur: hélium «U» avec un débit de 30 ml min⁻¹

Conditions spectrométriques

Spectromètre de masse: V.G. Micromass type 16F
Température de l'interface: 170–200 °C
Conditions d'ionisation: 140 °C de température de source pour une énergie de 70 eV et une intensité de 100 μ A
Balayage magnétique des masses de 600 m/z à 20 m/z avec une vitesse de 0,5 s par décade.

Résultats

A — Diminution de la teneur en ABA-GE au cours de la conservation des pépins

La Fig. 1 montre clairement que les teneurs en ABA et en ABA-GE des pépins, au cours de leur conservation, varient en sens inverse, alors que les quantités d'ABA «total» (ABA-GE + ABA libre) demeurent remarquablement constantes. Cela signifie que l'ABA-GE cède de l'ABA libre par hydrolyse puisque la forme libre s'accumule au détriment de la forme conjuguée.

Ce phénomène d'interconversion se produit pendant une durée déterminée, de la 2e à la 72e h. Il semble lié à la teneur en eau des pépins (Fig. 1) qui diminue pendant toute la durée de leur conservation (1752 h).

Dans le cas des bourgeons latents de Merlot, en phase de post-dormance, on observe le phénomène inverse (BROQUEDIS et BOUARD 1989, en préparation). L'hydrolyse de l'ABA-GE ne semble pouvoir se produire que si la teneur en eau des bourgeons augmente. Dans les cas des feuilles, MILBORROW (1978) a constaté que la dessiccation et le flétrissement de ces organes n'affectaient pas leur teneur en ABA-GE. L'hydrolyse de l'ABA-GE au cours d'une déshydratation semble donc liée à la nature de l'organe considéré. On sait que les estérases responsables de ce type d'hydrolyse sont localisées dans le cytoplasme alors que l'ABA-GE est en général stocké dans les vacuoles (LEHMANN et GLUND 1986; ZEEVAART et CREELMAN 1988). On peut penser que pendant la déshydratation des pépins l'eau sortirait des vacuoles en entraînant le contenu vacuolaire au contact des estérases du cytoplasme et que l'hydrolyse de l'ABA-GE serait alors possible.

B — Diminution des teneurs en ABA libre et en ABA-GE au cours de la réhydratation des pépins

Pendant les 3 d de réhydratation (période A0—A3), le poids frais des pépins augmente de 66 %. L'intensité de cette absorption d'eau varie en fonction du temps: elle est particulièrement forte pendant la 1^e h de trempage (Fig. 2).

En même temps que se produit la pénétration de l'eau dans les graines, on observe une diminution de la quantité d'ABA «total» dans ces organes (BROQUEDIS 1984; BROQUEDIS et BOUARD 1986). A la fin de la phase de réhydratation (Fig. 3), cette diminution est de l'ordre de 40 % en 1982, de 50 % en 1983 et en 1984. Elle porte sur les deux formes d'ABA dont les teneurs baissent de 30 à 40 % pour l'ABA libre et de 50 à 60 % pour l'ABA-GE.

Ce phénomène s'explique essentiellement par diffusion de l'ABA libre dans l'eau de trempage (BROQUEDIS 1984; BROQUEDIS et BOUARD 1986), où l'on récupère (à 5 % près) la quantité totale d'ABA qui a disparu des pépins. Aucune trace d'ABA-GE n'a été décelée dans cette eau. Ce résultat est en accord avec ceux de BARTHE et BULARD (1983) et avec le fait que l'on n'a actuellement aucun exemple de transport de l'ABA-GE. On doit donc en conclure que la diffusion ainsi mise en évidence implique la transformation préalable de l'ABA conjugué en ABA libre. Cette transformation pourrait être liée à la perméabilité membranaire des cellules étant donné que les estérases responsables de l'hydrolyse de l'ABA-GE sont localisées dans le cytoplasme (ZEEVAART 1980).

Quand débute cette interconversion ?

Les résultats obtenus, après avoir établi la cinétique de la diffusion pendant 72 h (Fig. 2), montrent que trois phases peuvent être distinguées.

— Il existe d'abord un temps de latence car la diffusion débute seulement après la 1^e h de trempage, temps nécessaire à la graine pour reprendre une quantité d'eau qui paraît indispensable. C'est sans doute à ce moment là que s'amorce la reprise de l'activité des systèmes enzymatiques et notamment de certaines estérases.

— De la 2^e à la 6^e h, la diffusion d'ABA libre s'effectue rapidement. L'ABA libre, en effet, est surtout localisé dans les enveloppes de la graine, son passage dans le milieu extérieur est donc facilité par le lessivage et le ramollissement de ces téguments sous l'action de l'eau qui augmente ainsi leur perméabilité, donc leur capacité d'échanges. Il ne faut peut-être pas négliger la possibilité pour l'ABA d'agir directement sur la perméabilité membranaire des cellules.

— A partir de la 6^e h, la diffusion devient beaucoup plus lente. Un tel changement de rythme correspond sans doute au fait qu'une hydrolyse préalable de

l'ABA-GE en ABA libre doit se produire. Cette réaction se réalise, ici *in vivo*, probablement sous l'action des estérases produites ou libérées par les embryons.

Remarque: Au bout de 72 h ce phénomène d'efflux semble pouvoir se poursuivre. Il en est de même pour le Cabernet-Sauvignon (BROQUEDIS 1987 b) pour lequel les valeurs obtenues sont plus élevées.

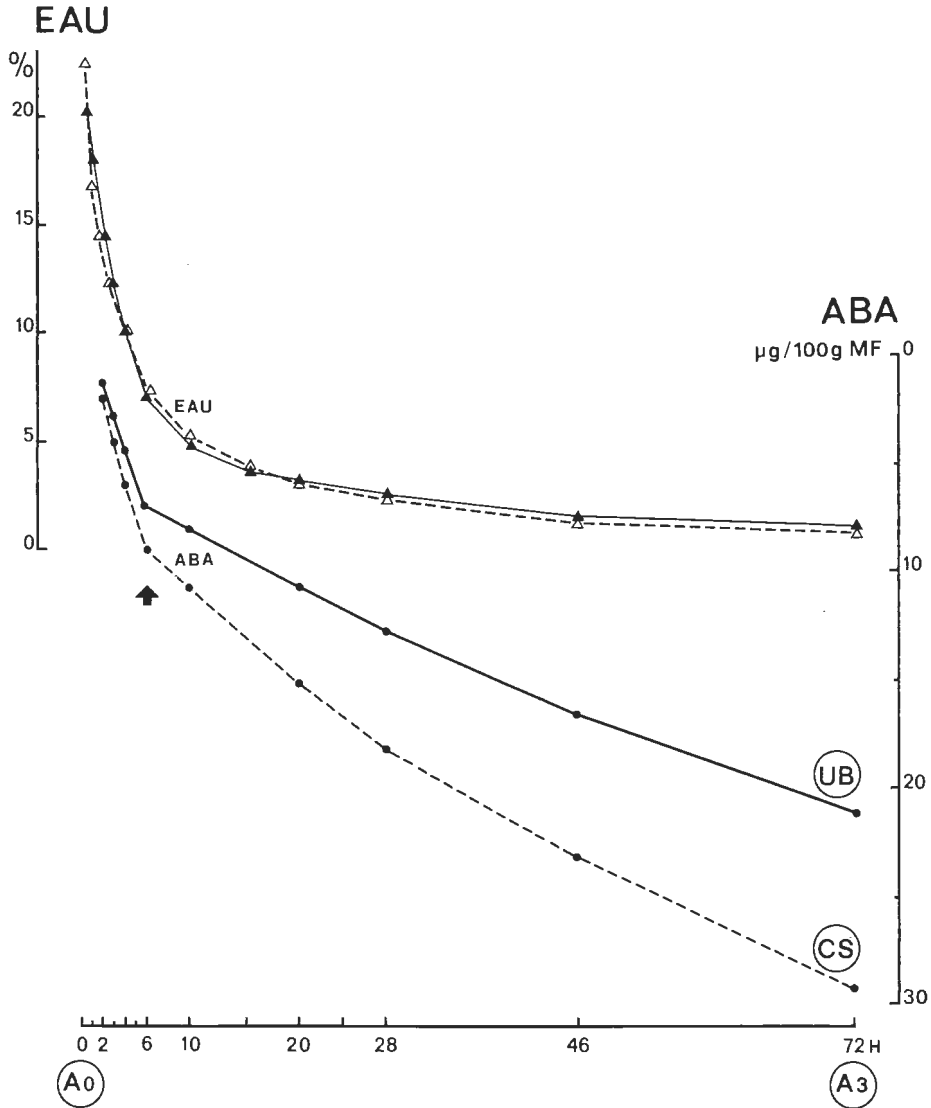


Fig. 2: Vitesse de pénétration de l'eau dans les pépins (1 + 2S) d'Ugni blanc (UB) et de Cabernet-Sauvignon (CS) et cinétique de la diffusion d'ABA libre dans le milieu extérieur en fonction du temps de réhydratation. A0: date de la récolte, A3: après 3 d de réhydratation.

Speed of water penetration in the Ugni blanc (UB) and Cabernet-Sauvignon (CS) seeds (1 + 2S) and kinetics of free ABA diffusion outside of the seeds as a function of rehydration time. A0: at the date of the harvest, A3: after 3 d of rehydration.

C — Disparition de l'ABA-GE au cours de la stratification des pépins

La Fig. 3 montre très nettement que les pépins 1 et 2S des grappes G1 et G2 subissent des variations très comparables.

Pendant 60 d de stratification (période A3—A63), il se produit une baisse considérable (60 à 80 % selon l'année considérée) de la quantité d'ABA «total» par rapport à

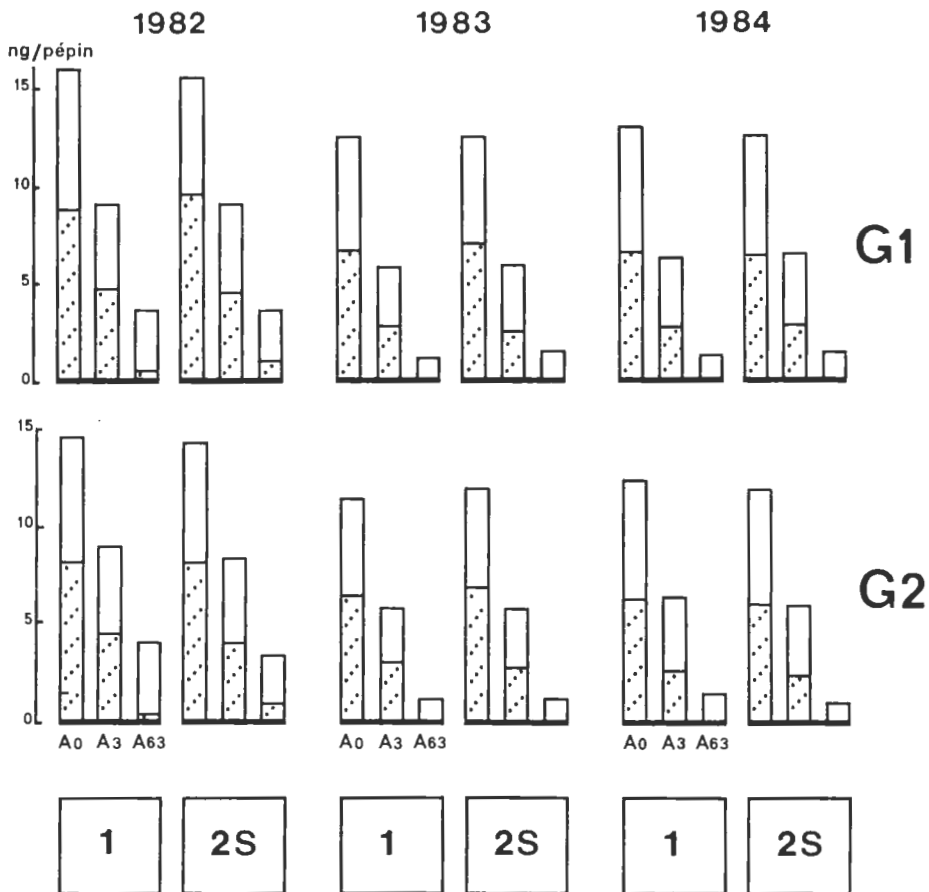
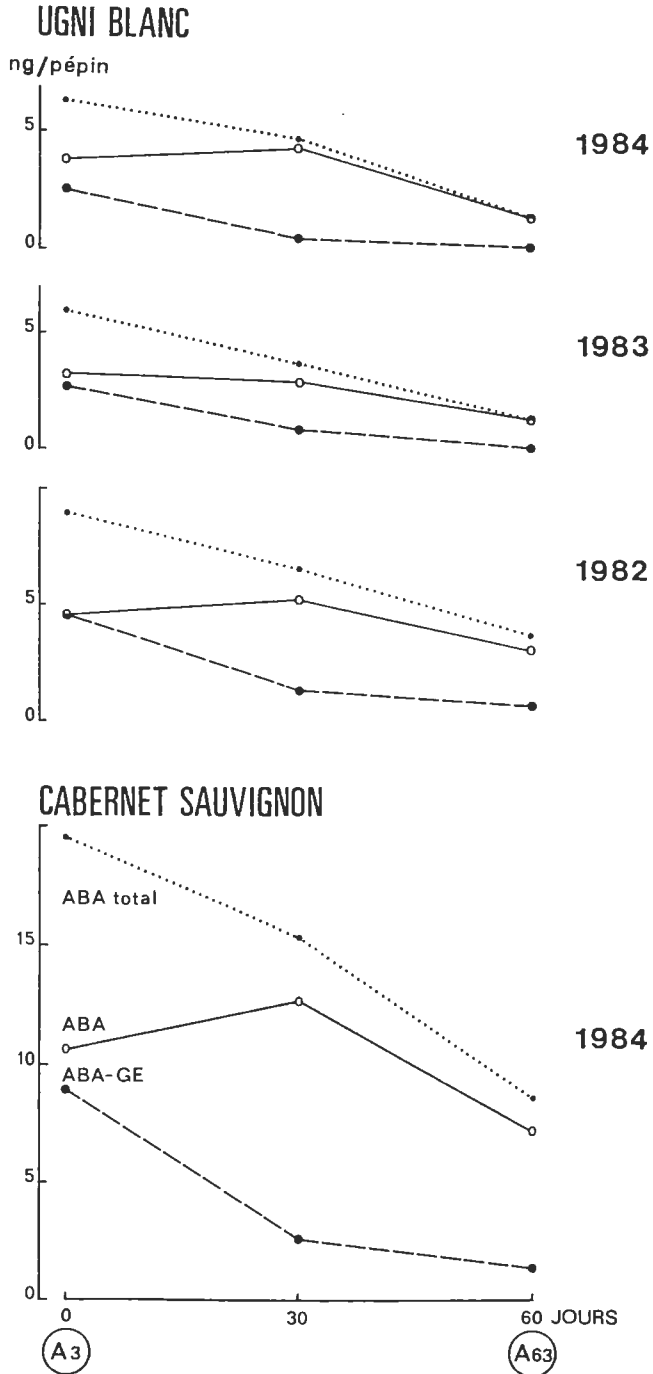


Fig. 3: Teneurs en ABA libre (en blanc), en ABA-GE (pointillé) et en ABA «total» (libre + lié) des catégories de pépins 1 et 2S des grappes de rangs 1 et 2, de 3 années consécutives. A0: au moment de la récolte, A3: après 3 d de réhydratation, A63: au bout de 60 d de stratification.

Contents of free ABA (white), ABA-GE (dotted) and 'total' ABA (free + bound) in the seeds 1 and 2S of the 1st and 2nd grape bunches for 3 consecutive years. A0: date of harvest, A3: after rehydration for 3 d, A63: after cold treatment for 60 d.

Fig. 4: Evolution des teneurs en ABA libre, en ABA-GE et en ABA «total» des pépins d'Ugni blanc et de Cabernet-Sauvignon au bout de 30 et de 60 d de stratification.

Evolution of the contents of free ABA, ABA-GE and 'total' ABA in the seeds of Ugni blanc and Cabernet-Sauvignon after 30 and 60 d of cold treatment.



celle qui subsistait à la fin de la réhydratation. La baisse subie par les deux formes d'ABA est très inégale puisque l'ABA-GE disparaît complètement des pépins alors qu'il subsiste toujours une certaine quantité d'ABA libre.

Deux mécanismes peuvent être invoqués ici pour expliquer cette diminution d'ABA libre.

— Diffusion

L'analyse des eaux de rinçage des graines en fin de stratification, ainsi que celle du contenu des morceaux de coton qui leur servaient de support et de source d'humidité, a permis de récupérer environ 20 % de la teneur initiale en ABA notée au début de la stratification. Ce résultat confirme ceux déjà signalés pour les pépins de Cabernet-Sauvignon (BROQUEDIS et BOUARD 1986).

— Dégradation oxydative

Une quantité importante d'ABA, (environ 50 %), disparaît autrement que par diffusion. Cela ne peut vraisemblablement s'interpréter que par une dégradation de l'ABA libre qui s'effectuerait par la voie de l'acide phaséique. D'autant plus que cet acide, ainsi que l'acide dihydrophaséique, ont été mis en évidence dans les extraits en fin de stratification. Cependant, on ne peut exclure l'intervention possible d'une autre voie, celle des métabolites polaires de l'ABA.

En ce qui concerne l'élimination totale de l'ABA-GE au bout de 60 d, les résultats obtenus après une première étape de 30 d de stratification (Fig. 4), ne peuvent s'expliquer que si l'on admet une libération d'ABA à partir de l'ABA-GE. En effet, la période d'augmentation de l'ABA libre coïncide avec celle où l'ABA-GE est éliminé le plus rapidement, ce qui permet de penser que l'augmentation passagère de la teneur en ABA libre est la conséquence de cette diminution. De plus cette augmentation pourrait expliquer en partie le fait qu'il subsiste une certaine quantité d'ABA libre en fin de stratification. En outre, la diminution de l'ABA libre ne s'amorce qu'au-delà des 30 d, c'est-à-dire quand l'ABA-GE a pratiquement disparu des pépins. Enfin, la disparition d'ABA, soit par dégradation, soit par diffusion dans le milieu extérieur, ne semble pouvoir se réaliser que sous forme d'ABA libre (BROQUEDIS 1984).

Ainsi, pendant les traitements préparatoires à la germination toutes les conditions favorables requises pour l'interconversion de l'ABA-GE en ABA libre semblent réalisées. Le schéma suivant peut donc être proposé pour rendre compte de l'évolution de l'ABA au cours de ces traitements (Fig. 5).

D — Disparition de l'ABA libre au cours de la germination des pépins

La Fig. 6 indique clairement que les possibilités de germination des pépins d'Ugni blanc sont étroitement liées à la teneur en ABA libre qui subsiste après les traitements de levée de dormance. Ces résultats confirment donc ceux déjà obtenus dans le cas des pépins de Cabernet-Sauvignon (BROQUEDIS et BOUARD 1986).

Par ailleurs, on constate la disparition quasi totale des deux formes endogènes d'ABA lorsque les pépins atteignent le stade B (ouverture des téguments séminaux et pointe racinaire visible). Il est bien évident qu'à ce stade le phénomène d'interconversion n'existe plus.

A un stade plus avancé (stade D), caractérisé par le développement de la jeune racine et l'apparition de 2 radicules, l'ABA réapparaît sous ses deux formes en quantité

relativement importante (Fig. 7). Il faut donc admettre d'une part, la possibilité d'une synthèse très active (7 d séparent le stade B du stade D) et d'autre part, le stockage d'une partie de l'ABA libre sous forme d'ABA-GE, probablement pour ne pas bloquer la croissance de la plantule.

En définitive, l'interconversion de l'ABA-GE en ABA libre semble se produire uniquement pendant les traitements préparatoires à la germination. En effet ce phénomène cesse d'exister à partir de la germination des pépins et, par la suite, la réaction a lieu en sens inverse, lorsque la jeune plante qui se développe de façon autonome, synthétise de l'ABA libre dont une partie est stockée sous forme d'ABA-GE.

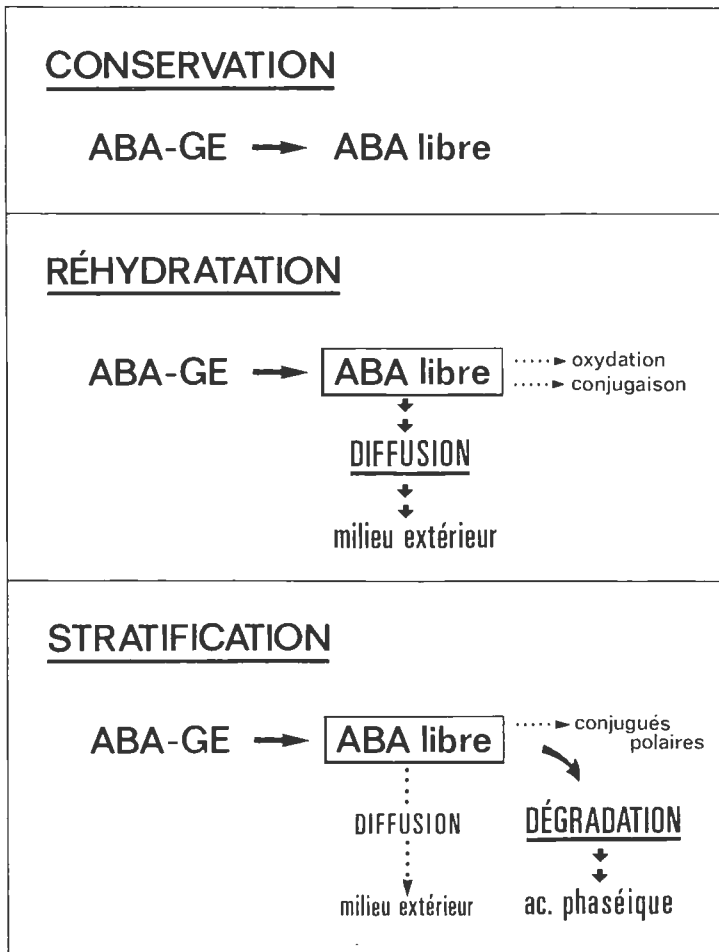


Fig. 5: Interconversion de l'ABA-GE en ABA libre au cours des traitements préparatoires à la germination des pépins.

Conversion of ABA-GE into free ABA during preliminary treatments before germination of the seeds.

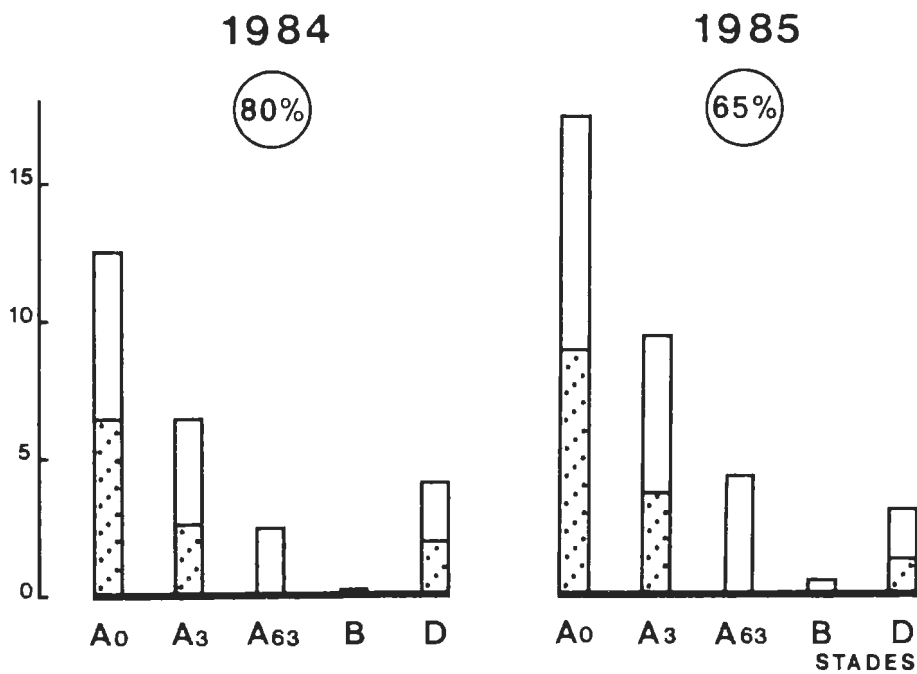
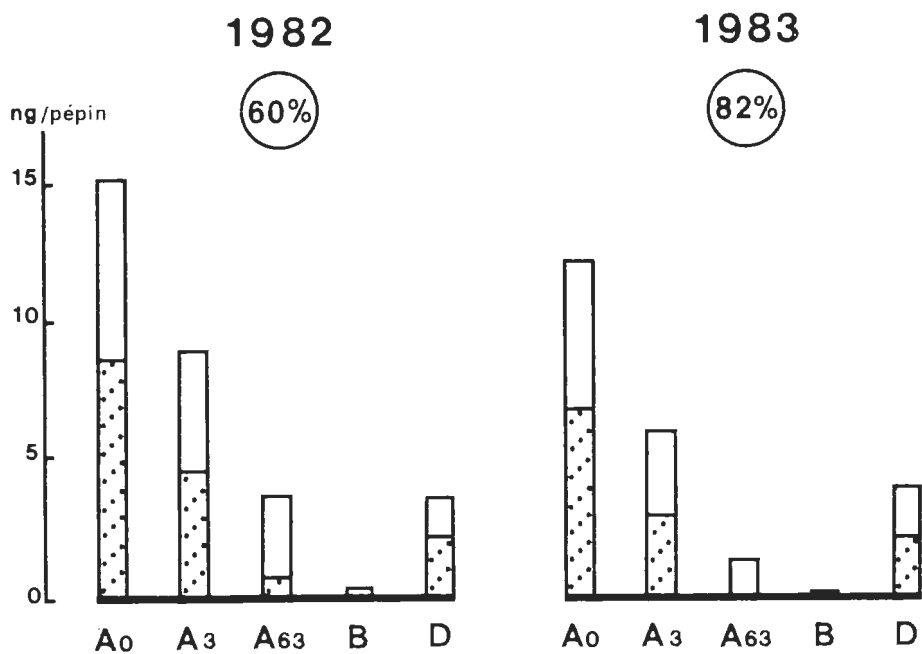


Fig. 6: Moyennes des taux de germination et des teneurs en ABA libre (en blanc), en ABA-GE (pointillé) et en ABA «total» (libre + lié) des pépins (1 + 2S) d'Ugni blanc provenant des grappes G1 et G2 de 4 années consécutives.

Average germination rates and contents of free ABA (white), ABA-GE (dotted) and 'total' ABA (free + bound) of the Ugni blanc seeds (1 + 2S) for 4 consecutive years.

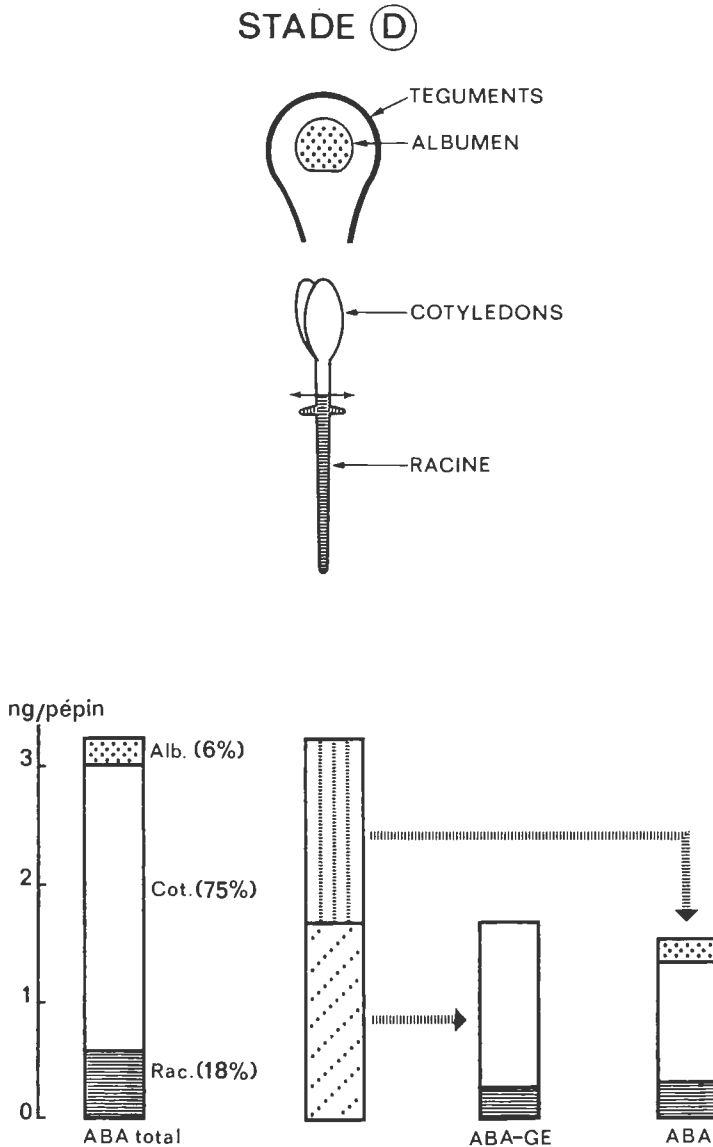


Fig. 7: Moyennes des teneurs de 4 années (1982, 1983, 1984 et 1985), en ABA libre, en ABA-GE et en ABA «total» dans les différentes parties de la graine et de la jeune plante au stade D.

Average free ABA, ABA-GE and 'total' ABA contents for 4 years (1982, 1983, 1984 and 1985) in different parts of the seed and plantlet at stage D.

Interprétation: Le rôle des embryons

Les résultats précédents concernent uniquement des pépins normaux, ayant par conséquent un albumen et un embryon bien développés.

Du stade A0 au stade A63, les teneurs en ABA et en ABA-GE d'un embryon passent respectivement de 0,56 ng à 0,045 ng et de 0,33 ng à 0 ng. Ces variations semblent concorder avec celles observées pour le pépin entier pendant la même période. Remarquons aussi que les cotylédons de la plantule, au stade D, constituent le principal site de synthèse d'ABA et de formation d'ABA-GE (Fig. 7).

On peut donc penser que l'embryon joue un rôle déterminant dans le phénomène d'interconversion et que l'intervention des cotylédons est particulièrement importante.

Pour essayer de vérifier cette hypothèse il a fallu trouver des pépins morphologiquement normaux mais peu développés et pourvus d'embryons normaux ou n'en possédant pas. Dans le cas du millerandage (la grappe contient des baies normales et des baies de faible diamètre), on peut trouver de tels pépins.

Nous avons donc utilisé des pépins provenant de grappes de Merlot normales et millerandées (1984). Dans le premier cas le diamètre des baies retenues était de 13 et 11 mm, dans le second cas de 13, 11, 9 et 7 mm. Les pépins issus de ces différentes baies ont été appelés respectivement 13T et 11T, 13M, 11M, 9M et 7M (Tableau 1).

Tableau 1

Teneurs en ABA (ng/pépin) et poids sec des pépins (mg/pépin), issus de baies de diamètres 7 à 13 mm, au moment de leur récolte · T: baies témoins, M: baies millerandées

ABA contents (ng/seed) and dry weight (mg/seed) of seeds from berries of different diameters (7 to 13 mm) at the time of their harvest · T: control berries, M: shot berries

Baies (Ø mm)	13T	11T	13M	11M	9M	7M
Poids des pépins	24,2	26,4	33,6	14,2	5,9	5,0
ABA libre	9,2	11,0	7,0	6,4	2,1	1,6
ABA-GE	6,4	7,3	8,3	5,7	4,7	4,7
ABA «total»	15,6	18,3	15,3	12,1	6,8	6,2

A l'exception des pépins de petite taille (7M et 9M), le pouvoir germinatif des pépins 11M, 13M, 11T et 13T apparaît étroitement lié à leur teneur en ABA libre au moment de leur mise en germination (Tableau 2). C'est d'ailleurs pratiquement la seule forme d'ABA qui subsiste à cette époque. L'élimination de l'ABA-GE et d'une partie importante de l'ABA libre s'est donc réalisée pendant l'étape préparatoire à la germination, selon un processus analogue à celui que nous avons signalé précédemment pour les pépins d'Ugni blanc et de Cabernet-Sauvignon.

En revanche, l'inaptitude à germer des petits pépins 7M et 9M, provenant des baies millerandées, ne peut être attribuée à l'ABA libre puisqu'ils n'en contiennent plus lors de leur mise en germination. Par contre, leur teneur initiale en ABA-GE (notée le jour du prélèvement), est restée intacte. Ce résultat, qui signifie que le processus d'élimination de l'ABA-GE signalé précédemment n'a pas fonctionné, peut s'expliquer soit par l'absence des embryons, soit par la présence d'embryons non fonctionnels au sein de ces pépins. La disparition de l'ABA libre de ces pépins n'a donc pu se faire que par diffusion dans le milieu extérieur pendant les phases de réhydratation et de stratification (Tableau 3).

Tableau 2

Teneurs en ABA (ng/pépin) des pépins issus des baies de diamètres 7 à 13 mm, au moment de leur mise en germination et leurs taux de germination · T: baies témoins, M: baies millerandées

ABA contents (ng/seed) after dormancy-breaking treatment and germination rates of seeds from berries of different diameters (7 to 13 mm) · T: control berries, M: shot berries

Baies (\varnothing mm)	13T	11T	13M	11M	9M	7M
ABA libre	5,6	7,1	3,0	3,6	0,0	0,0
ABA-GE	0,5	1,2	0,0	0,0	4,1	4,5
ABA «total»	6,1	8,3	3,0	3,6	4,1	4,5
% Germination	45	25	61	55	2,5	0

Tableau 3

Quantité d'ABA libre, d'ABA-GE et d'ABA «total» (ng/pépin) qui a disparu des pépins pendant la réhydratation et la stratification · Quantité totale d'ABA libre récupérée dans le milieu extérieur · Baies de diamètres 7 à 13 mm · T: baies témoins, M: baies millerandées

Amounts of free ABA, ABA-GE and 'total' ABA (ng/seed) which have disappeared from the seeds during rehydration and stratification · Total amount of free ABA recovered outside the seeds · Berries of different diameters (7 to 13 mm) · T: control berries, M: shot berries

Baies (\varnothing mm)	13T	11T	13M	11M	9M	7M
ABA «total» disparu	9,5	10,0	12,3	8,5	2,7	1,7
ABA-GE disparu	5,9	6,1	8,3	5,7	0,6	0,2
ABA libre disparu	3,6	3,9	4,0	2,8	2,1	1,6
ABA (libre) récupéré	6,8	7,5	8,2	6,0	2,0	1,6

Il y a lieu d'insister enfin sur le fait qu'au moment de leur récolte les pépins 9M et 7M, dépourvus d'embryons fonctionnels, contenaient de l'ABA libre et de l'ABA-GE. L'ABA libre s'est donc accumulé dans ces pépins, soit par apport extérieur, soit par synthèse dans les enveloppes séminales ou dans l'albumen. En revanche, l'ABA-GE n'étant pas une forme de transport, a dû être formé sur place à partir de l'ABA libre existant et sans l'intervention d'embryons non fonctionnels ou absents de ces pépins. On sait que cela est possible étant donné qu'au début du cycle normal de développement de la baie, les embryons des pépins en cours de formation ne sont pas encore fonctionnels et pourtant ces pépins contiennent déjà de l'ABA-GE (BROQUEDIS 1986).

Ces résultats nous amènent à penser que les conditions favorables à la réaction d'estérification conduisant à l'ABA-GE peuvent être réunies dans les cellules des enveloppes et de l'albumen, sans que l'intervention des embryons soit nécessaire. Par contre, le concours des embryons semble être indispensable dans le phénomène inverse, c'est-à-dire l'interconversion de l'ABA-GE en ABA libre qui se manifeste lors des traitements de levée de dormance. On sait, par ailleurs, que l'importance de cette réaction d'hydrolyse dépend de l'activité embryonnaire et que cette dernière nécessite une certaine quantité d'oxygène (CÔME 1982).

En définitive, l'ABA-GE, par interconversion, peut constituer une source importante d'ABA libre au cours des traitements préalables à la germination des pépins de raisin. Cette réaction, ici bien établie, est sous le contrôle des embryons, puisqu'elle ne se produit qu'en leur présence et que son intensité est étroitement liée à celle de l'activité embryonnaire.

Résumé

L'évolution de l'acide abscissique (ABA) et de son ester de glucose, l'absicissate de β -D-glucopyranose (ABA-GE) au cours des traitements de levée de dormance des pépins de raisin montre que la disparition complète de l'ABA-GE qu'ils contiennent doit se réaliser essentiellement par interconversion de l'ABA-GE en ABA libre. Ce phénomène ne semble pouvoir se produire que sous l'influence de ces traitements et en présence d'embryons fonctionnels. Les quantités d'ABA libre accumulées diminuent principalement par diffusion et par dégradation pour devenir minimales. Les possibilités de germination apparaissent étroitement liées à la teneur en ABA libre des pépins au moment de leur mise en germination. Lorsque la germination se produit, les pépins ne contiennent plus d'ABA libre. Par la suite, dès les premiers stades de développement de la plantule, l'ABA libre et l'ABA-GE réapparaissent surtout dans les cotylédons où ces deux formes d'ABA seraient sans doute synthétisées à partir d'un précurseur localisé dans ces organes.

Références bibliographiques

- ASSANTE, G.; MERLINI, L.; NASINI, G.; 1977: (+)-Abscisic acid, a metabolite of the fungus *Cercospora rosicola*. *Experientia* **33**, 1556—1557.
- BARTHE, Ph.; 1983: Acide abscissique et dormance embryonnaire chez *Pyrus malus* L. Thèse de Doctorat d'Etat, Nice.
- — ; BULARD, C.; 1983: Anaerobiosis and release from dormancy in apple embryos: leaching of (\pm) [14 C]abscisic acid and its metabolites under aerobic and anaerobic conditions. *Plant Physiol.* **72**, 1005—1010.
- BORECKA, H.; PIENIAZEK, J.; 1968: Stimulatory effect of ABA on spore germination of *Gloeosporium album* OSTERN. and *Botrytis cinerea* PERS. *Bull. Acad. Pol. Sci., Cl. 5*, **16**, 657.
- BOUARD, J.; 1978: Possibilités de développement des ovules et qualité des pépins de raisins en fonction du rang des grappes sur les sarments. Génétique et amélioration de la Vigne. 2e Symp. Intern. Amélior. Vigne, Bordeaux, 14—18 juin 1977, 59—67, I.N.R.A.
- BROQUEDIS, M.; 1984: Sur la diffusion d'une partie de l'acide abscissique des pépins de raisin au cours de la phase de réhydratation nécessaire à leur germination. *Connaiss. Vigne Vin* **18**, 273—276.
- — ; 1986: Evolution de l'acide abscissique lié (absicissate de β -D-glucopyranose) et de l'acide abscissique libre au cours du développement de la baie de raisin. 2e Symp. Intern. Physiol. Vigne, Burgas, Bulgarie, sept. 1983, 317—326. *Acad. Sci. Agricult., Sofia*.
- — ; 1987 a: Utilisation de la dialyse et de la chromatographie ultra-rapide pour le dosage de l'acide abscissique: Application à la Vigne. *Vitis* **26**, 19—26.
- — ; 1987 b: L'acide abscissique et l'absicissate de β -D-glucopyranose dans le développement des baies de raisin, la germination des pépins et la formation des racines sur les boutures de vigne. Thèse de Doctorat d'Etat, Bordeaux.
- — ; BOUARD, J.; 1986: Influence de l'incision annulaire sur la qualité des pépins de raisin: conséquences sur leurs teneurs en acide abscissique et leurs possibilités de germination. 4e Symp. Intern. Génét. Vigne, Vérone, Italie, avril 1985. *Vignevini* **13**, n° spécial (suppl. au n° 12), 283—286.
- — ; — — ; 1989: The *cis* and *trans* forms of abscisic acid and of abscisyl- β -D-glucopyranoside in the compound buds of the vine (*Vitis vinifera* L., var. Merlot) during their post-dormancy phase. (En préparation).

- CÔME, D.; 1982: Germination. In: MAZLIAK, P. (Ed.): Croissance et Développement. Physiologie Végétale. Vol. II, 129—225. Hermann édit., Paris.
- HIRAI, N.; OKAMOTO, M.; KOSHIMIZU, K.; 1986: The 1', 4'-transdiol of abscisic acid, a possible precursor of abscisic acid in *Botrytis cinerea*. *Phytochemistry* **8**, 1865—1868.
- KING, R. W.; 1976: Abscisic acid in developing wheat grains and its relationship to grain growth and maturation. *Planta* **132**, 43—53.
- — ; 1979: Abscisic acid synthesis and metabolism in wheat ears. *Austral. J. Plant Physiol.* **6**, 99—109.
- LEHMANN, H.; GLUND, K.; 1986: Abscisic acid metabolism — vacuolar/extracelluar distribution of metabolites. *Planta* **168**, 559—562.
- LE PAGE-DEGIVRY, M. TH.; BULARD, C.; 1979: Acide abscissique lié et dormance embryonnaire chez *Pyrus malus* L. *Physiol. Plant.* **46**, 115—120.
- LOVEYS, B. R.; MILBORROW, B. V.; 1984: Metabolism of abscisic acid. In: CROSIER, A.; HILLMAN, J. R. (Eds.): *The Biosynthesis and Metabolism of Plant Hormones*, 71—104. Cambridge University Press.
- MARUMO, S.; KATAYAMA, M.; KOMORI, E.; OZAKI, Y.; NATSUME, M.; KONDO, S.; 1982: Microbial production of abscisic acid by *Botrytis cinerea*. *Agricult. Biol. Chem.* **46**, 1967.
- MILBORROW, B. V.; 1978: The stability of conjugated abscisic acid during wilting. *J. Exp. Bot.* **112**, 1059—1066.
- NEILL, S. J.; HORGAN, R.; HEALD, J. K.; 1983: Determination of the levels of abscisic acid-glucose ester in plants. *Planta* **157**, 371—375.
- — ; — — ; WALTON, D. C.; LEE, T. S.; 1982: The biosynthesis of abscisic acid in *Cercospora rosicola*. *Phytochemistry* **21**, 61—65.
- PIERCE, M.; RASCHKE, K.; 1980: Correlation between loss of turgor and accumulation of abscisic acid in detached leaves. *Planta* **148**, 174—182.
- — ; — — ; 1981: Synthesis and metabolism of abscisic acid in detached leaves of *Phaseolus vulgaris* L. after loss and recovery of turgor. *Planta* **153**, 156—165.
- ZEEVAART, J. A. D.; 1980: Changes in the levels of abscisic acid and its metabolites in excised leaf blades of *Xanthium strumarium* during and after water stress. *Plant Physiol.* **66**, 672—679.
- — ; CREELMAN, R. A.; 1988: Metabolism and physiology of abscisic acid. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **39**, 439—473.

Eingegangen am 23. 2. 1989

Dr. M. BROQUEDIS
Université de Bordeaux I
Laboratoire de Physiologie
végétale et Ampélogie
Avenue des Facultés
33405 Talence
France

