

Evolution des teneurs en polyamines dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies de *Vitis vinifera* L. (cv. Cabernet Sauvignon) atteints d'eutypiose

L. A. RIFAI¹⁾, T. KOUSSA¹⁾, A. FASSOUANE²⁾, B. DUBOS³⁾ et M. BROQUEDIS⁴⁾

¹⁾Laboratoire de Physiologie et Pathologie Végétales,

²⁾Laboratoire de Biochimie Appliquée, Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc

³⁾UMR Santé Végétale, INRA-ENITA, Centre de Recherche de Bordeaux, Villenave d'Ornon, France

⁴⁾Laboratoire des Sciences de la Vigne, Université Bordeaux I, Talence, France

Résumé

L'influence de l'eutypiose sur le contenu en polyamines (PAs) et en tyramine des boutons floraux des fleurs et des jeunes baies de la vigne a été déterminée afin de préciser l'importance de ces composés dans le développement de cette maladie, induite par *Eutypa lata*. Ce travail a été réalisé sur des organes sains (portés par des pieds sains), sur des organes apparemment sains (portés par un bras ne présentant pas de symptômes alors que l'autre bras est malade) et sur des organes malades (présentant des symptômes de la maladie). Cette étude a porté sur les PAs libres, conjuguées aux molécules de faibles poids moléculaires, (PAs-fpm) et liées aux macromolécules (PAs-mm) chez un cépage de *Vitis vinifera* L. sensible à cette maladie, le Cabernet Sauvignon. Dans les organes malades, l'eutypiose provoque une augmentation des PAs-mm et une diminution des PAs libres, perturbation qui concerne essentiellement le diaminopropane et la putrescine. Les teneurs de ces deux dernières formes de PAs ne sont pas influencées par l'eutypiose dans les organes apparemment sains. Le contenu en PAs-fpm des différents organes étudiés a également été perturbé par la maladie. Ces derniers composés, qui auraient un rôle important dans la réaction de la plante contre les agressions parasitaires, sont faiblement présents dans les organes malades par rapport aux organes sains. Paradoxalement, les organes apparemment sains contiennent plus de PAs-fpm que les organes sains. Il est suggéré que les perturbations du contenu en PAs et en PAs-mm dans les organes malades seraient en relation avec le mauvais déroulement de la floraison. L'accumulation des PAs-fpm dans les organes apparemment sains serait en revanche l'un des processus utilisés par la plante pour faire face à l'agression induite par la présence d'*E. lata* dans le pied de vigne afin de freiner l'extension de la maladie et d'éviter l'apparition des symptômes. La tyramine conjuguée, en s'accumulant dans les organes apparemment sains et malades, pourrait constituer un marqueur de la présence du champignon dans les pieds de vigne même en l'absence de symptômes.

M o t s c l é s : Polyamines, boutons floraux, fleurs, baies, *Eutypa lata*, *Vitis vinifera*.

Development of polyamine levels in flower buds, flowers and young berries of *Vitis vinifera* L. (cv. Cabernet Sauvignon) infected by eutypiosis fungus, *Eutypa lata*

Effects of eutypiosis on polyamines (PAs) and tyramine contents in flower buds, flowers and young berries of grapevine were studied to determine the relationship between these components and disease development. The study was performed using organs (1) from healthy vines, (2) healthy appearing organs from vines with one symptomless arm and one diseased arm, and (3) diseased organs. Free PAs, conjugated polyamines (PAs-fpm) and wall-bound polyamines (PAs-mm) were analysed in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon which is sensitive to eutypiosis. An increase of PAs-mm and a decrease of free PAs were observed in diseased organs; particularly putrescine and diaminopropane were concerned. On the other hand these substances were not affected by eutypiosis in the healthy appearing organs. Alterations of free PAs and PAs-mm in diseased organs were correlated with alteration of the flowering process. In contrast, the PAs-fpm levels decreased in diseased organs in response to eutypiosis whereas they increased in healthy appearing organs. This group of PAs seems to play an important role in the response to *Eutypa lata* attacks to prevent the expression of symptoms. Accumulation of the conjugated tyramine in diseased and healthy appearing organs as a response to eutypiosis might be used as marker of *Eutypa lata* infection.

K e y w o r d s : Polyamines, flower buds, flower, berries, *Eutypa lata*, *Vitis vinifera*.

A b b r e v i a t i o n s : PAs: Polyamines, Dap: Diaminopropane; Put: putrescine; Spd: Spermidine; Spm: Spermine; Tyr: Tyramine; MS: Dry weight, matière sèche.

Introduction

La putrescine (Put), la spermidine (Spd), la spermine (Spm) et le diaminopropane (Dap) sont des amines aliphati-

ques présentes dans toutes les cellules végétales (GALSTON et KAUR-SAWHNEY 1990). Ces polyamines (PAs) peuvent se présenter sous formes libres, liées aux macromolécules (protéines et acides nucléiques) ou à des molécules de faible poids moléculaires (comme les acides hydroxycinnamiques). Actuellement, ces substances sont considérées comme un nouveau groupe de régulateurs de croissance (BAGNI et TORRIGIANI 1992), et paraissent intervenir dans plusieurs aspects du développement des plantes comme la croissance, la différenciation et la sénescence (GALSTON 1983). Les PAs seraient notamment impliquées dans l'initiation et le développement floral ainsi que dans la croissance des fruits (COSTA et BAGNI 1983; KAKKAR et RAI 1993). Chez plusieurs espèces végétales, certaines amines aromatiques, la tyramine par exemple, interviendraient aussi dans le processus de développement de la plante (MARTIN-TANGUY 1997). Les PAs et les amines aromatiques semblent également intervenir dans la réponse de la plante aux stress biotiques et abiotiques. Plus particulièrement, certains auteurs ont signalé de profonds dérèglements du métabolisme de ces amines à la suite d'infections de la plante par des champignons ou des virus (WALTERS 2003).

L'eutypiose, due au champignon *Eutypa lata*, est une maladie de dégénérescence de la vigne. Les pieds infectés présentent une réduction de la croissance des rameaux et des feuilles. Les inflorescences, si elles ne se dessèchent pas avant la floraison, présentent un port dressé puis subissent en général une forte coulure. A la récolte, les baies sont petites et beaucoup sont apyrènes. L'apparition des symptômes de la maladie laisse penser qu'on serait en présence d'un déséquilibre de la balance hormonale. BROQUEDIS *et al.* (1993) signalent, en effet, une perturbation des teneurs en PAs libres dans les grappes de vignes atteintes d'eutypiose.

Dans la présente étude, nous avons déterminé l'influence de l'eutypiose sur les teneurs en polyamines et en tyramine sous formes libres et conjuguées dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies. La relation entre la perturbation des teneurs de ces amines et l'apparition des symptômes de la maladie sur les organes étudiés est discutée.

Matériel et Méthodes

Cette étude a été réalisée sur la variété Cabernet Sauvignon (*V. vinifera*), réputée pour sa sensibilité à l'eutypiose. Sur ce cépage, des prélèvements de boutons floraux, de fleurs et de jeunes baies des deux premières inflorescences (rangs 1 et 2) à partir de la base des rameaux principaux ont été effectués pendant deux années consécutives dans un vignoble du bordelais (France). Ces prélèvements, réalisés toujours à la même heure (10 h du matin), ont été effectués aux stades boutons floraux séparés (13 mai), début floraison (20 mai), fin floraison (27 mai), nouaison (11 juin), 13 jours après la nouaison (24 juin) et fermeture de la grappe (9 juillet), correspondant respectivement aux stades 17, 19, 25, 27, 31 et 33 décrits par EICHHORN et LORENZ (1977). Trois états sanitaires ont été distingués pour chaque prélèvement : organes sains (portés par des pieds sains); organes apparemment sains (portés par un bras ne présentant pas de symptômes alors que l'autre bras est malade) et organes malades (pré-

sentant des symptômes de la maladie). Les différents organes récoltés ont été immédiatement fixés à l'azote liquide, lyophilisés puis conservés à -20 °C jusqu'au dosage.

Sur ces échantillons, nous avons dosé le diamino-propane (Dap), la putrescine (Put), la spermidine (Spd) et la spermine (Spm) ainsi qu'une amine aromatique: la tyramine (Tyr). Ces amines ont été extraites et dérivées par dansylation selon la méthode de FLORES et GALSTON (1982). Elles ont ensuite été identifiées par chromatographie liquide à haute pression (CLHP) couplée à un détecteur fluorimétrique selon la méthode de SMITH et DAVIES (1985).

Les valeurs représentées correspondent à la moyenne de trois répétitions; la différence entre ces répétitions ne dépasse pas 8 %.

Résultats

Quel que soit l'état sanitaire considéré, les teneurs en PAs libres totales augmentent fortement du stade 17 au stade 19 avant de diminuer jusqu'au stade 33 (Fig. 1). La maladie provoque, néanmoins, une réduction des teneurs en PAs libres totales au stade 19 qui ne concerne que les organes

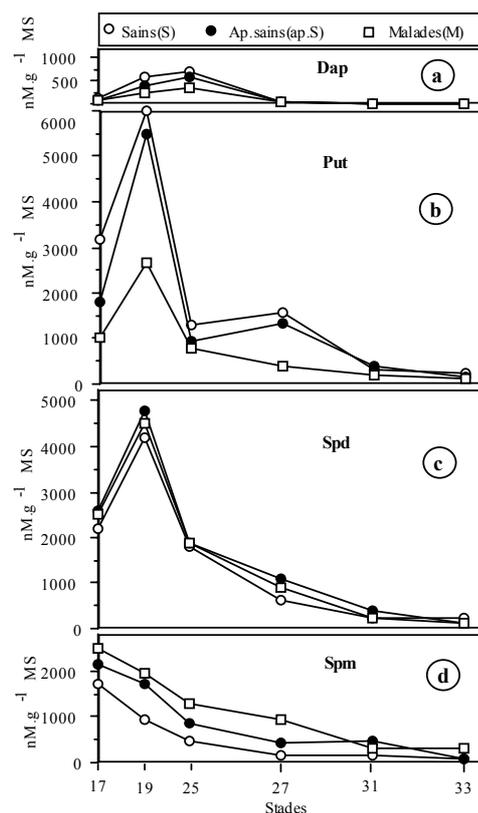


Fig. 1: Influence de l'eutypiose sur l'évolution des teneurs des différentes polyamines libres (a: Dap; b: Put; c: Spd; d: Spm) dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies de Cabernet Sauvignon. Les stades phénologiques sont ceux décrits par EICHHORN et LORENZ (1977). (Ap. S: Apparemment sains; M: malades).

Effect of *Eutypa lata* on the development of free polyamines (nM.g⁻¹ dry matter) (a: Dap; b: Put; c: Spd; d: Spm) in flower buds, flowers and young berries of Cabernet Sauvignon. Phenological stages according to EICHHORN and LORENZ (1977). (S: healthy organs; Ap. S: healthy appearing organs; M: diseased organs).

présentant des symptômes. Dans les organes malades, l'analyse détaillée des teneurs des différentes PAS libres montre que l'eutypiose provoque un appauvrissement en Put particulièrement entre les stades 17 et 27 (Fig. 1 b), réduction qui concerne aussi le Dap pendant le déroulement de la floraison (Fig. 1 a). Ces perturbations se font au profit de la Spm et dans une moindre mesure de la Spd (Fig. 1 c, d). En revanche, dans les organes apparemment sains, les teneurs en Dap, en Put et en Spd ne sont pas influencées par la présence du champignon dans les pieds de vigne, contrairement à celles de la Spm qui paraissent augmenter.

Dans les trois catégories d'organes, les PAS liées aux macromolécules (PAS-mm) totales présentent le même type d'évolution (Fig. 2). Ce dernier paraît similaire à celui des PAS libres totales avec, toutefois, un maximum atteint à la fin de la floraison (stade 25). L'eutypiose ne semble pas influencer les teneurs des différentes PAS-mm des organes apparemment sains (Fig. 2). Cette maladie induit par contre un enrichissement en PAS-mm totales dans les organes présentant des symptômes particulièrement à partir du stade 25. Dans ce cas aussi, ce sont le Dap et la Put qui semblent responsables de ce dérèglement puisque leurs teneurs sont augmentées dans les organes malades (Fig. 2 a, b).

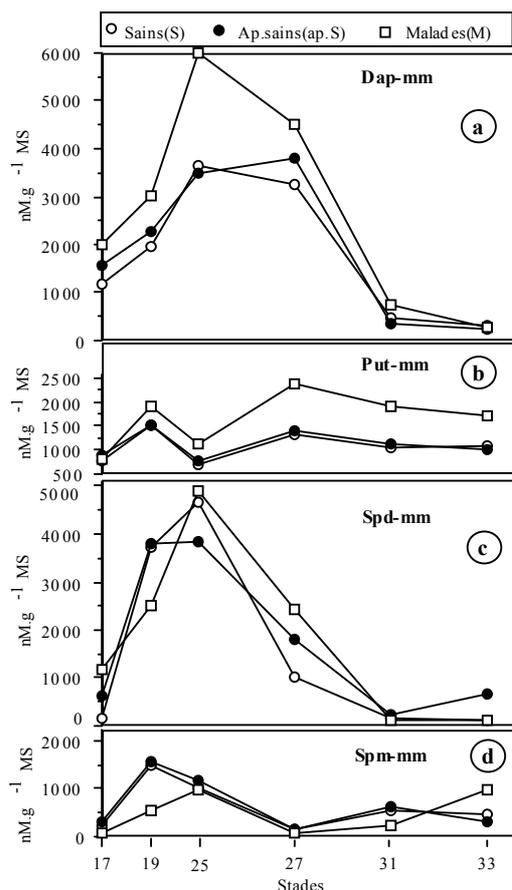


Fig. 2: Influence de l'eutypiose sur l'évolution des teneurs des différentes polyamines liées aux macromolécules (a: Dap-mm; b: Put-mm; c: Spd-mm; d: Spm-mm) dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies de Cabernet Sauvignon. (Détails: Fig. 1).

Effect of *Eutypa lata* on the development of wall-bound polyamines (a: Dap-mm; b: Put-mm; c: Spd-mm; d: Spm-mm) in flower buds, flowers and young berries of Cabernet Sauvignon. (For details see Fig. 1).

Les PAS liées aux molécules de faibles poids moléculaires (PAS-fpm) totales présentent une évolution similaire à celle des PAS-mm totales (Fig. 3). Ce type de PAS est le moins représenté dans les trois catégories d'organes durant toute la période étudiée. Ces PAS-fpm totales ne s'accumulent que faiblement au moment de la floraison dans les organes malades. Ce fait est principalement le résultat d'un appauvrissement en Dap (Fig. 3 a), en Put (Fig. 3 b) et en Spd (Fig. 3 c). Au contraire, les teneurs en ces PAS semblent plus élevées dans les organes apparemment sains par rapport aux organes sains.

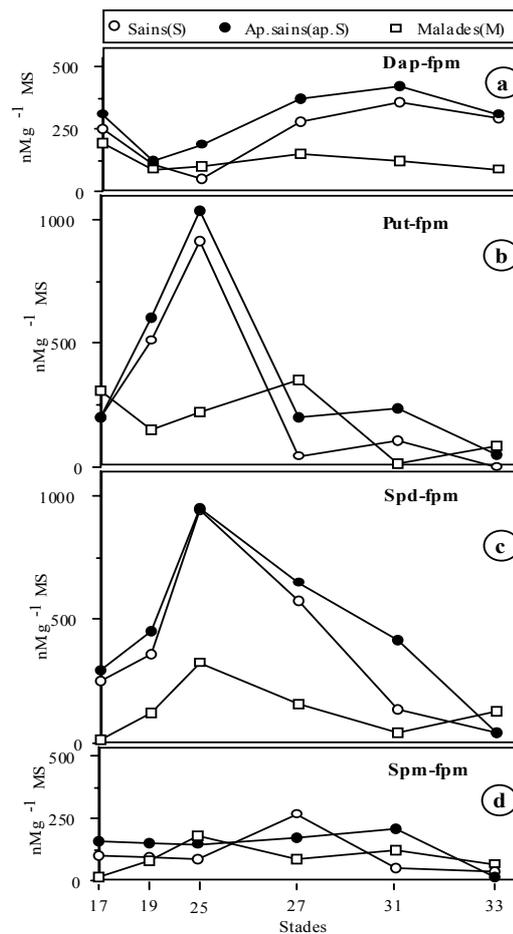


Fig. 3: Influence de l'eutypiose sur l'évolution des teneurs des différentes polyamines liées aux molécules de faibles poids moléculaires (a: Dap-fpm; b: Put-fpm; c: Spd-fpm; d: Spm-fpm) dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies de Cabernet Sauvignon. (Détails: Fig. 1).

Effect of *Eutypa lata* on development of conjugated polyamines contents (a: Dap-fpm; b: Put-fpm; c: Spd-fpm; d: Spm-fpm) in flower buds, flowers and young berries of Cabernet-sauvignon. (For details see Fig. 1).

La tyramine est présente sous forme libre et conjuguée (liée aux macromolécules ou aux molécules de faibles poids moléculaires); la Tyr liée aux molécules de faibles poids moléculaires étant faiblement représentée. Quel que soit l'état sanitaire considéré, la forme libre subit une diminution du stade 17 au stade 33 (Fig. 4 a). L'eutypiose provoque, cependant, un appauvrissement en Tyr libre dans les organes malades pendant la période précédant la fin de la floraison.

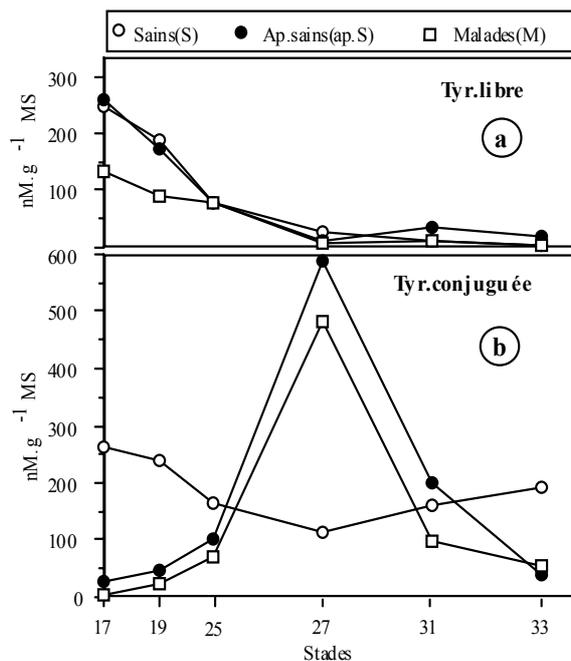


Fig. 4: Influence de l'eutypiose sur l'évolution de la teneur en tyramine libre (a) et conjuguée (b) dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies de Cabernet-Sauvignon de Cabernet-Sauvignon. (Détails: Fig. 1).

Effect of *Eutypa lata* on development of free (a) and conjugated (b) tyramine contents in flower buds, flowers and young berries of Cabernet-sauvignon. (For details see Fig. 1).

Dans les organes sains, la teneur en Tyr conjuguée diminue du stade 17 au stade 25 pour ne plus évoluer significativement (Fig. 4 b). La présence du champignon dans les pieds de vigne provoque une forte accumulation de la Tyr conjuguée du stade 17 au stade 27 avant de diminuer par la suite. Cette accumulation est plus marquée dans les organes apparemment sains que dans les organes malades.

Discussion

Nos résultats ont permis, pour la première fois, de montrer que l'eutypiose de la vigne provoque une perturbation du métabolisme des polyamines (Dap, Put, Spd et Spm) et de la tyramine dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies du stade 17 au stade 33. Ce dérèglement concerne les formes libres, conjuguées aux molécules de faibles poids moléculaires et liées aux macromolécules. La seule étude dont nous disposons concernant ce sujet n'a, en effet, porté que sur l'influence de cette maladie sur les teneurs en polyamines totales libres des boutons floraux et des fruits à la nouaison (BROQUEDIS *et al.* 1993).

La perturbation des teneurs des différentes catégories de PAs induite par l'eutypiose dans les organes étudiés n'est pas propre au système *Vitis vinifera-Eutypa lata* puisqu'elle a été signalée dans plusieurs cas d'infections (DARRIEUMERLOU *et al.* 2001; WALTERS 2003). En effet, plusieurs travaux ont rapporté une augmentation des teneurs en PAs libres de la plante à la suite d'une attaque par des

champignons pathogènes (FOSTER et WALTERS 1992; WALTERS 2003). Dans notre cas, les organes atteints d'eutypiose présentent une diminution des teneurs en PAs libres totales particulièrement en putrescine. Cette différence de réponse notée dans les organes malades semblent pouvoir être expliquée, en partie, par la localisation de l'agent pathogène dans la plante. En effet, l'augmentation des teneurs en PAs libres a généralement été signalée dans les organes malades contenant le champignon. Ce fait a même amené certains auteurs à suggérer que cet enrichissement en PAs libres serait d'origine fongique (FOSTER et WALTERS 1992; DARRIEUMERLOU *et al.* 2001). Dans le cas de l'eutypiose, l'agent pathogène n'est pas localisé dans les organes analysés présentant ou non des symptômes, mais plutôt dans les vieux bois (BERNARD et MUR 1986). L'hypothèse d'une participation des PAs fongiques dans les variations du contenu en PAs libres des organes malades paraît peu probable. Cela est étayé par les travaux de WALTERS et WYLIE (1986) qui mettent en évidence une réduction de l'augmentation des teneurs en PAs libres avec l'éloignement du site d'infection. Dès lors, nous sommes amenés à suggérer que l'absence de l'augmentation des teneurs en PAs libres dans le cas de l'eutypiose, serait due, en partie, à l'absence des PAs fongiques. L'appauvrissement en PAs libres, notamment en Put, a cependant été noté auparavant par d'autres auteurs à la suite de différentes attaques parasitaires (BELLES *et al.* 1991; EDVERA 1997). Nous sommes amenés à suggérer que la réduction du contenu en PAs libres des boutons floraux, des fleurs et des jeunes baies sous l'effet de l'eutypiose serait en relation avec l'état sénescence de leurs tissus. Cette constatation serait en accord avec les travaux signalant que les PAs caractérisent les tissus jeunes lorsque leurs teneurs sont élevées et les tissus en voie de sénescence lorsque leurs concentrations sont faibles (GALSTON et KAUR-SAWHNEY 1990).

L'accumulation de la Spm libre que nous avons notée dans les organes malades est aussi un phénomène qui a été signalé par certains auteurs, notamment chez la tomate (BERTRAND 1991). Cet enrichissement pourrait être responsable du dérèglement de la floraison puisque, d'après CARBONELL et NAVARRO (1989), de fortes teneurs en Spm semblent caractériser les ovaires sénescents.

Par ailleurs, plusieurs travaux ont mis en évidence l'implication de PAs libres dans le processus de la floraison. Ainsi, Costa et Bagni (1983) ont montré que la formation des boutons floraux est augmentée par des concentrations élevées en PAs libres. De même, un traitement avec des PAs libres améliore le taux de germination du pollen et la croissance des tubes polliniques chez la vigne (COLIN 2000). Il a aussi été montré que la pénétration de ces tubes polliniques au niveau de l'ovule peut être favorisée par des traitements à base de PAs (CRISOSTO *et al.* 1988). Nous sommes donc amenés à supposer que le mauvais déroulement du processus de la floraison et de la fécondation des organes présentant les symptômes de l'eutypiose serait en relation avec la perturbation du métabolisme des PAs libres.

Sous l'influence de l'eutypiose, les teneurs en PAs liées aux macromolécules augmentent dans les organes malades. Un tel dérèglement a été signalé par DARRIEUMERLOU *et al.* (2001) dans le système *Vitis vinifera / Botrytis cinerea* et

aussi par BHARTI *et al.* (1996) dans les feuilles de variétés sensibles et moyennement résistantes de *Triticum aestivum* infectées par *Puccinia recondita*. Dans le cas de l'eutypiose, cette perturbation qui concerne particulièrement le Dap et la Put expliquerait probablement la réduction des teneurs en PAs libres. En effet, d'après FLORES et FILNER (1985), la conjugaison des PAs interviendrait pour réguler le pool de PAs libres dans les cellules de la plante. De plus, les teneurs élevées en PAs liées aux macromolécules que nous avons notées dans les organes malades pourraient inhiber la multiplication cellulaire et suspendre la différenciation des tissus, phénomène signalé par MARTIN-TANGUY (1997) en présence de quantité importante de Put conjuguée.

La présence d'*E. lata* dans les pieds de vigne n'a pas provoqué de perturbations significatives du contenu en PAs libres et en PAs-mm dans les organes apparemment sains. En revanche, les teneurs en PAs-fpm de ces organes ont été profondément modifiées dans le cas de l'infection de la vigne par *E. lata*, comme c'est d'ailleurs le cas pour les organes présentant des symptômes.

Plusieurs études ont déjà mis en évidence l'implication des PAs liées aux molécules de faibles poids moléculaires, surtout aux acides hydroxycinnamiques, dans la réaction des plantes à différentes attaques parasitaires. Cependant, les variations des PAs-fpm semblent différentes selon qu'il s'agit de réaction compatible ou de réaction incompatible. Dans le cas des organes présentant les symptômes d'eutypiose, on note une réduction importante du contenu en PAs-fpm. Ce résultat rejoint les travaux de LEGAZ *et al.* (1998) qui ont mis en évidence le fait que les feuilles de la canne à sucre présentant les symptômes d'infection par *Ustilago scitaminea* ont des teneurs faibles en Put-fpm. Un tel appauvrissement dans le cas de l'eutypiose refléterait la diminution des teneurs en composés phénoliques de la vigne probablement par action toxique du champignon. Cette manifestation concernant ces substances phénoliques s'accompagnerait d'un affaiblissement de la réaction de défense de la plante ce qui se traduirait certainement par l'apparition des symptômes maladiers. Dans les réactions de type incompatible, les plantes augmentent leur contenu en PAs-fpm, action qui se ferait rapidement après l'attaque du champignon afin de s'opposer à sa pénétration (VON ROPENACK *et al.* 1998). Ainsi une accumulation de Put-fpm a été signalée par SAMBORSKI et ROBRINGER (1970) dans le cas du blé infecté par la rouille et par MALMBERG (1984) dans le système pomme de terre/ *Phoma exigua*. Dans les organes apparemment sains, on observe aussi une augmentation des teneurs en PAs-fpm essentiellement sous forme de Put. Il semblerait donc que le comportement des organes apparemment sains de la vigne pourrait être assimilé à une réaction incompatible. Ainsi, les PAs-fpm agiraient en formant des barrières phénoliques qui rendent les parois cellulaires résistantes à l'arsenal enzymatique d'*E. lata* comme cela a été suggéré dans d'autres cas d'infections (CLARK 1982; MALMBERG 1984). D'autres auteurs ont attribué à ce type de PAs une action antifongique (VON ROPENACK *et al.* 1998). *E. lata* n'étant pas localisé dans les organes apparemment sains, il est possible que ces PAs conjuguées puissent assurer un rôle de transporteur de composés phénoliques jusqu'au site de présence

du champignon c'est-à-dire le vieux bois. Une telle possibilité de migration est tout à fait possible sous cette forme puisqu'elle a été signalée par HAVELANGE *et al.* (1996) chez *Sinapis alba*, plante herbacée. L'hypothèse d'une action de l'eutypine, toxine produite par *E. lata*, sur la biosynthèse *in situ* des composés phénoliques des organes éloignés est à envisager.

Le type d'évolution de la tyramine libre que nous avons noté dans les organes sains de Cabernet Sauvignon, similaire à celui des organes apparemment sains, confirme celui signalé par MARTIN-TANGUY et CARRE (1993) chez une autre variété de la vigne, le Chardonnay. La réduction des teneurs en Tyr libre et conjuguée dans les organes malades pendant la période précédant la fécondation semble refléter un dérèglement du métabolisme des acides aminés qui va se répercuter sur la synthèse des polyamines. Mais le résultat le plus marquant concerne la teneur en Tyr conjuguée pendant la phase de fécondation où elle devient très élevée non seulement dans les organes présentant des symptômes mais aussi dans les organes apparemment sains. Il semblerait donc que cette synthèse accrue de Tyr conjuguée serait indépendante de l'apparition des symptômes et pourrait ainsi avoir un intérêt pratique important. La Tyr conjuguée pourrait, en effet, être considérée comme un marqueur de la présence d'*E. lata* même en l'absence de symptômes. Cette manifestation de la Tyr conjuguée dans les organes portés par des pieds malades semble en accord avec les travaux de BERTRAND (1991) qui observe une accumulation de cette amine conjuguée aussi bien chez la tomate sensible au *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* que chez la tomate résistante ce qui lui a permis de suggérer que ce serait une réaction non spécifique. L'augmentation des teneurs en Tyr conjuguée dans les organes apparemment sains semble également confirmer les travaux de CLARKE (1982) qui a montré que ce type d'accumulation est l'une des premières réponses des tissus du tubercule de pomme de terre à la suite d'une infection par *Phytophthora infestans*. Un même résultat a été rapporté par MARTIN-TANGUY (1997) lors de la réaction hypersensible du tabac infecté par le virus de la mosaïque de tabac. D'après CLARKE (1982) cette amine conjuguée aurait un rôle dans la réaction de la cellule à l'infection par l'agent pathogène. Dans les organes apparemment sains, cette augmentation de teneurs en Tyr conjuguée interviendrait probablement dans la défense de la plante en s'accumulant dans les parois cellulaires comme cela a été suggéré par NEGREL (1984) dans le cas de certaines réactions hypersensibles. Dans les organes malades, l'accumulation de cette amine est un peu moins intense ce qui pourrait être considéré comme l'un des facteurs ayant contribué à l'affaiblissement du système de défense de la vigne.

Conclusion

La présence d'*E. lata* dans les pieds de vigne provoque un dérèglement important du métabolisme des PAs dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies. Le mauvais déroulement du processus de la floraison semble être lié aux perturbations des teneurs en PAs libres et probablement

aussi aux PAs-mm provoquées par l'eutypiose. L'accumulation des PAs-fpm dans les organes apparemment sains serait en revanche l'un des processus mobilisés par la plante pour faire face à l'agression induite par la présence d'*E. lata* dans le pied de vigne afin d'éviter l'apparition des symptômes. L'accumulation de la tyramine conjuguée dans les organes apparemment sains, si elle est retrouvée chez d'autres cépages, ferait de cette amine un bon marqueur de la présence d'*E. lata* dans le pied de vigne avant même l'apparition des symptômes.

Références

- BAGNI, N.; TORRIGIANI, P.; 1992: Polyamines: A new class of growth substances. In: C. M. KARSEN, L. C. VAN LOON, D. VEUGDENHILL (Eds.): *Progress in Plant Growth Regulation*, 264-275. Kluwer Academic Publ., Dordrecht.
- BELLES, J. M.; PEREZ-AMADOR, M. A.; CARBONELL, J.; CONEJERO, V.; 1991: Polyamines in plant infected by citrus exocortis viroid or treated with silver ions and ethephon. *Plant Physiol.* **96**, 1053-1059.
- BERNARD, A. C.; MUR, G.; 1986: Les sites de présence de la souche des mycéliums d'*Eutypa lata*, agent causal de l'eutypiose de la vigne. *Prog. Agric. Vitic.* **103**, 288-289.
- BERTRAND, S.; 1991: Variations dans les Niveaux d'Acide Abscissique et de Polyamines dans les Plantules lors d'une Infection par un Champignon: Etude de la Relation Tomate-*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Thèse Ph. D., Univ. Laval, Québec.
- BHARTI, X.; RAJAM, M. V.; SAWHNEY, R. N.; 1996: Involvement of polyamines in resistance of wheat to *Puccinia recondita*. *Phytochem.* **43**, 1009-1013.
- BROQUEDIS, M.; CAUCHOIS, A.; DUBOS, B.; BOUARD, J.; 1993: L'Acide Abscissique et les Polyamines dans les Mycéliums d'*Eutypa lata* et dans les Feuilles et les Grappes de Vigne Atteintes d'Eutypiose. Actes du Colloque O.I.L.B., 2-5 mars 1993, Bordeaux, France.
- CABANNE, F.; DALEBROUX, M.; MARTIN-TANGUY, J.; MARTIN, C.; 1981: Hydroxycinnamic acid amides and ripening to flower of *Nicotiana tabacum* var. Xanthi n.c.. *Physiol. Plant.* **53**, 399-404.
- CARBONELL, J.; NAVARRO, J. L.; 1989: Correlation of spermine levels with ovary senescence and with fruit set and development in *Pisum sativum* L. *Planta* **178**, 482-487.
- CLARKE, D. D.; 1982: The Accumulation of Cinnamic Acid Amides in the Cell Walls of Potato Tissue as an Early Response to Fungal Attack. In: R. K. S. WOOD (Ed.): *Active Defence Mechanisms in Plants*. Plenum Press, London.
- COLIN, L.; 2000: Influence de Traitements à Base de Polyamines et d'Inhibiteurs de leur Biosynthèse sur les Teneurs des Différentes Polyamines et de l'Acide Abscissique au Cours de la Floraison des Grappes et au Début du Développement des Baies de Raisin. Relations avec la Coulure et le Millerandage. Thèse Univ. Bordeaux II, France.
- COSTA, G.; BAGNI, N.; 1983: Effects of polyamines on fruit-set of apple. *HortSci.* **18**, 59-61.
- CRISOSTO, C. H.; LOMBARD, P. B.; SUGAR, D.; POLITO, V. S.; 1988: Putrescine influences ovule senescence, fertilization time, and fruit set in 'comice' pear. *J. Am. Soc. Hort.Sci.* **113**, 708-712.
- DARRIEUMERLOU, A.; GENY, L.; BROQUEDIS, M.; DONÈCHE, B.; 2001: Evolution de la composition en polyamines des baies de raisin au cours du processus d'infection par *Botrytis cinerea*. *Vitis.* **40**, 11-15.
- EDVERA, A.; 1997: Tobacco polyamines as affected by stresses induced by different pathogens. *Biol. Plant.* **40**, 317-320.
- EICHHORN, K. W.; LORENZ, D. H.; 1977: Phänologische Entwicklungsstadien der Reben. *Nachrichtenbl. Dt. Pflanzenschutzd.* **29**, 119-120.
- FLORES, H. E.; FILNER, P.; 1985: Metabolic relationships of putrescine, GABA and alkaloids in cell and root cultures. In: K. H. NEWMAN, W. BARZ, E. REINHARD, (Eds): *Primary and Secondary Metabolism of Plant Cell Cultures*, 37-42. Springer-Verlag, New York.
- FLORES, H. E.; GALSTON, A. W.; 1982: Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography. *Plant Physiol.* **69**, 701-706.
- FOSTER, S. A.; WALTER, D. R.; 1992: Polyamine concentrations and activities of ornithine and arginine decarboxylase in wheat infected with the stem rust fungus. *J. Plant Physiol.* **140**, 134-136.
- GALSTON, A. W.; 1983: Polyamines as modulators of plant development. *Bioscience* **33**, 382-388.
- GALSTON, A. W.; KAUR-SAWHNEY, R.; 1990: Polyamines in plant physiology. *Plant Physiol.* **94**, 406-410.
- HAVELANGE, A.; LEJEUNE, P.; BERNIER, G.; KAUR-SAWHNEY, R.; GALSTON, A. W.; 1996: Putrescine export from leaves in relation to floral transition in *Sinapis alba*. *Physiol. Plant.* **96**, 59-65.
- KAKKAR, R. K.; RAI, V. K.; 1993: Plant polyamines in flowering and fruit ripening. **33**, 1281-1288.
- LEGAZ, M. E.; DE ARMAS, R.; PINON, D.; VINCENTE, C.; 1998: Relationships between phenolics-conjugated polyamines and sensitivity of sugarcane to smut (*Ustilago scilaminea*). *J. Exp. Bot.* **49**, 1723-1728.
- MALMBERG, A.; 1984: N-feruloylputrescine in infected potato tubers. *Acta Chemica Scand.* **38**, 153-155.
- MARTIN-TANGUY, J.; 1997: Conjugated polyamines and reproductive development: Biochemical, molecular and physiological approaches. *Physiol. Plant.* **100**, 675-688.
- MARTIN-TANGUY, J.; CARRE, M.; 1993: Polyamines in grapevine microcuttings cultivated *in vitro*. Effects of amines and inhibitors of polyamine biosynthesis on polyamine levels and microcutting growth and development. *Plant Growth Regul.* **13**, 269-280.
- NEGREL, J.; 1984: Aspects du Métabolisme de la Putrescine et de la Tyramine au Cours de la Réaction Hypersensible au Virus de la Mosaïque de Tabac chez *Nicotiana tabacum*. Thèse Doctorat, Paris, France.
- SAMBORSKI, D. J.; ROBRINGER, R.; 1970: Abnormal metabolites of wheat: Occurrence, isolation and biogenesis of 2-hydroxy-putrescine amides. *Phytochemistry* **9**, 1939-1945.
- SMITH, T. A.; DAVIES, P. J.; 1985: Separation and quantification of polyamines in plant tissue by high performance liquid chromatography of their dansyl derivatives. *Plant Physiol.* **78**, 89-91.
- VON ROPENACK, E.; PARR, A.; SCHULZE-LEFERT, P.; 1998: Structural analysis and dynamics of soluble and cell wall bound barley phenolics and their role in a broad spectrum resistance to the powdery mildew fungus. *J. Biology. Chem.* **273**, 9013-9022.
- WALTERS, D. R.; 2003: Polyamines and plant disease. *Phytochemistry* **64**, 97-107.
- WALTERS, D. R.; WYLIE, M. A.; 1986: Polyamines in discrete regions of barley leaves infected with the powdery mildew fungus, *Erysiphe graminis*. *Physiol. Plant.* **67**, 630-633.

Received March 22, 2004

Erratum

In the paper

Evolution des teneurs en polyamines dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies de *Vitis vinifera* L. (cv. Cabernet Sauvignon) atteints d'eutypiose • Development of polyamine levels in flower buds, flowers and young berries of *Vitis vinifera* L. (cv. Cabernet Sauvignon) infected by eutypiosis fungus *Eutypa lata*

L. A. RIFAI, T. KOUSSA, A. FASSOUANE, B. DUBOS et M. BROQUEDIS

Vitis **43** (3), 139–144 (2004)

The authors requested to introduce L. GENY at position three of the manuscript. The paper should therefore be cited as follows:

Evolution des teneurs en polyamines dans les boutons floraux, les fleurs et les jeunes baies de *Vitis vinifera* L. (cv. Cabernet Sauvignon) atteints d' eutypiose • Development of polyamine levels in flower buds, flowers and young berries of *Vitis vinifera* L. (cv. Cabernet Sauvignon) infected by eutypiosis fungus *Eutypa lata*

L. A. RIFAI, T. KOUSSA, L. GENY, A. FASSOUANE, B. DUBOS et M. BROQUEDIS

Vitis **43** (3), 139–144 (2004)