

Les mécanismes de défense de la vigne

Des utilisations possibles pour lutter contre les pathogènes

Alain Deloire*, Elena Kraeva*, Guang-Hui Dai**, Anne-Sophie Renault***, Joel Rochard****, Corine Chatelain****, Alain Carbonneau*, Claude Andary**

L'étude de nouvelles stratégies de lutte contre les parasites et ravageurs de la vigne nécessite de mieux connaître les mécanismes de défense de la plante et de ses baies. Les travaux entrepris depuis quelques années dans ce domaine montrent l'intérêt d'intégrer dans les programmes d'amélioration génétique de la vigne (hybridation, transformation génétique...), les connaissances nouvelles apportées par la recherche en amont.

Nous allons, à l'aide de quelques exemples, tenter de décrire certains mécanismes de défense naturelle, mis en place avec plus ou moins de succès, par les principaux groupes d'espèces du genre *Vitis*, pour tenter de combattre les nombreux pathogènes qui agressent les Vitaceae.

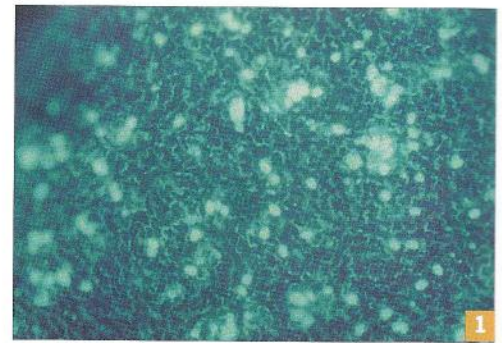
Dans le genre *Vitis*, les différents groupes d'espèces n'ont pas le même comportement vis-à-vis des pathogènes. Le groupe qui comprend l'ensemble des cépages de *V. vinifera* est généralement le plus sensible aux pathogènes. Il s'agit des quelque 400 cépages cultivés parmi les 7 000 connus, pour la production de raisin de cuve et de table.

Par ailleurs, le groupe américain (*V. labrusca*, *V. riparia*, *V. rupestris*, *V. berlandieri*, etc.) a des espèces qui sont généralement tolérantes, voire résistantes aux pathogènes. C'est à partir de croisements entre ces espèces et les cépages de *V. vinifera* que les porte-greffe tolérants au Phylloxéra ont été obtenus. *Muscadinia rotundifolia*, quant à lui, a été utilisé pour introduire dans *V. vinifera* un caractère de résistance au champignon *Oïdium* (*Uncinula necator*) (Bouquet, 1986).

Actuellement, la grande majorité des vignobles du monde nécessitent des traitements phytosanitaires pour combattre les pathogènes.

Cependant, tous les pathogènes ne peuvent pas être éradiqués par la lutte chimique (ou ne pourront plus l'être à terme), pour l'une ou l'autre des raisons suivantes : 1) il n'y a pas de produit approprié (ex. des anti-virus) ; 2) les produits utilisés peuvent être dangereux pour l'homme et l'environnement (ex. des maladies du bois, Esca notamment, par les arsénites de soude) ; 3) et enfin certains produits ont induit des résistances (ex. *Botrytis* et *Oïdium*).

La protection de l'environnement et de la santé de l'homme nécessite une réflexion et des actions autour d'une protection raisonnée et / ou biologique de la vigne. Ces démarches sont entreprises en France depuis de nombreuses années



De 1 à 3 : Développement du Mildiou à la surface des feuilles de trois génotypes de vigne, trois jours après l'inoculation.

- 1 - Développement mycélien important sur *V. vinifera* cv. Grenache (sensible, «S») ;
- 2 - Développement mycélien limité sur *V. rupestris* (tolérant, «T») ;

maintenant. Parmi les études pour trouver des solutions complémentaires, voire alternatives à la lutte chimique, une approche biologique peut être envisagée. La voie la plus utilisée actuellement est la lutte biologique qui dans son sens strict consiste à utiliser des organismes vivants (ou leur sous-produit), pour lutter contre les pathogènes. Une autre voie biologique, interne à la vigne, peut s'avérer intéressante, celle portant sur les mécanismes de défense ou de résistance chez le genre *Vitis*.

Nous proposons de présenter quelques-uns de nos récents résultats sur les défenses naturelles de la vigne, assorties d'une synthèse bibliographique sommaire (hors défenses mécaniques). Parmi les défenses biochimiques, il nous semble important de distinguer, sans forcément les dissocier, les défenses de l'appareil végétatif de celles des baies, comme nous allons l'illustrer ci-dessous.

Les défenses de l'appareil végétatif

Pour se défendre, les plantes synthétisent des composés qui peuvent être présents dans leurs tissus préalablement à l'attaque des pathogènes, on parlera alors de composés de défense constitutifs. Lorsque la synthèse des composés de

* UFR de Viticulture, Agro.M-INRA, 2, place Viala, 34060 Montpellier cedex 1, France.

** Laboratoire de Botanique, Phytochimie et Mycologie, CNRS-UMR 9921, Faculté de Pharmacie, 15, av. C. Flahault, 34060 Montpellier, Cedex 2, France.

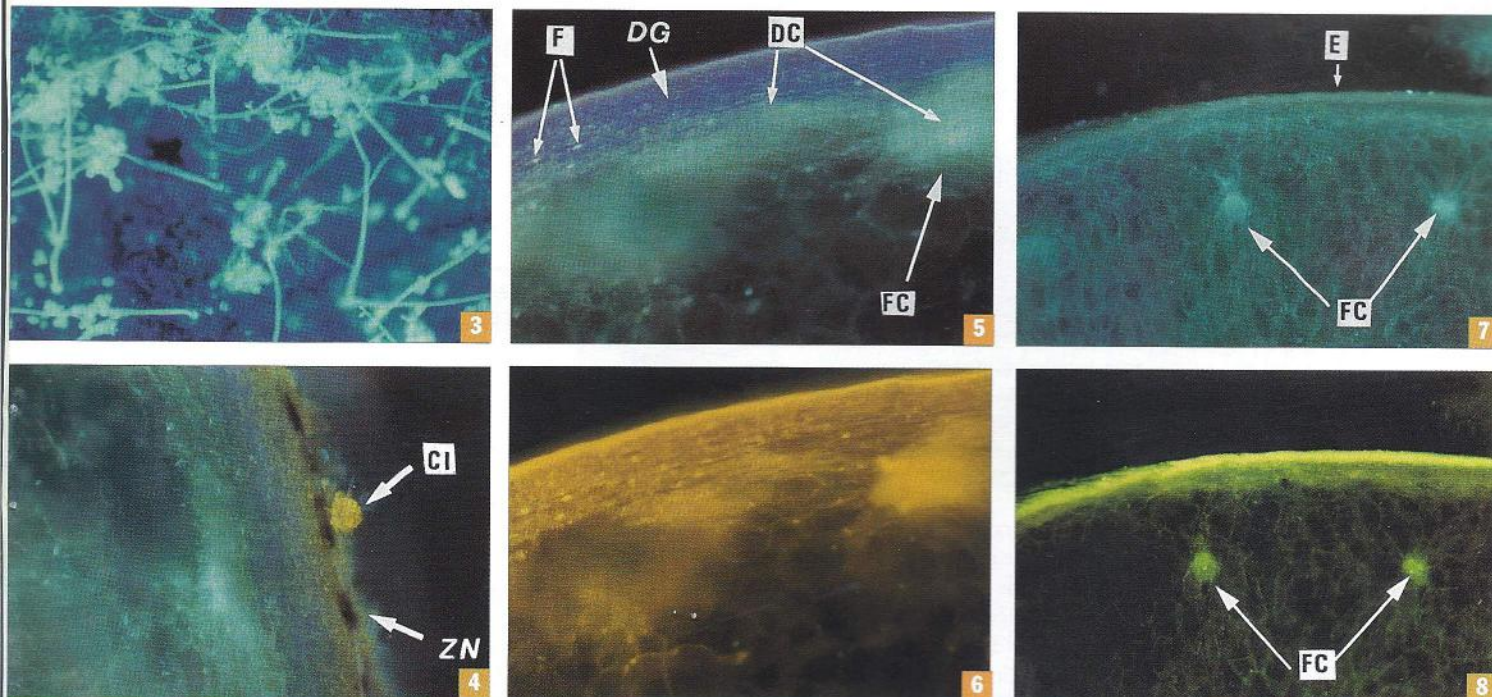
*** Laboratoire de Biologie Cellulaire et Moléculaire, Université de Reims Champagne-Ardenne, 51687 Reims cedex, France.

**** Institut Technique de la Vigne et du Vin, C.R.A., 2, esplanade Roland-Garros, BP 235, 51686 Reims cedex 2, France.

Tableau 1 - Phénols constitutifs et induits par *Plasmopora viticola* dans les feuilles de *Muscadinia rotundifolia* (Résistant, « R »), de *V. rupestris* (Tolérant, « T ») et de *V. vinifera* cv. Grenache (Sensible, « S »).

Génotypes	Symptômes	Phénols constitutifs		Phénols induits	
R	Pas de développement du mycélium	Dérivés galliques Tanins catéchiques	+++ +++	Flavonoïdes (1j)*	+++
T	Développement limité du mycélium	Dérivés galliques Tanins catéchiques	++ ++	T. catéchiques Flavonoïdes (8j)*	+++ ++
S	Développement important du mycélium	Dérivés galliques Tanins catéchiques	+ +		

* : Jours d'apparition des flavonoïdes. +, ++, +++ : Augmentation de la concentrations des phénols. (Dai et al., 1995).



3 - Pas de germination des conidies sur *Muscadinia rotundifolia* (résistant, «R»). Coloration au calcofluor (x 100), (Dai *et al.*, 1995).
4 - Observation histochimique d'une coupe transversale de baie de Carignan contaminée par l'Oïdium (coloration au Neu, filtre bleu).

En réaction à la fixation des appressoria ou à la pénétration des suçoirs du champignon, des zones nécrotiques se sont formées au niveau de l'épiderme. (x 100).
ZN : zone nécrotique ; Cl : cléistothèce.
De 5 à 8 - Observations histochimiques de coupes transversales de

baies d'un hybride *M. rotundifolia* x *V. vinifera* (coloration au Neu).
5, 6 - Observations au stade herbacé (fermeture de la grappe). Les flavonoïdes (F), les dérivés galliques (DG) et les dérivés caféiques (DC) sont nettement visibles en (5). En (6), seuls F. et DC. deviennent jaune fluorescent.

7, 8 - Observations au stade de maturité, aux mêmes longueurs d'ondes. Les photos montrent une nette diminution des différents groupes phénoliques, en particulier dans la zone tissulaire comprise entre l'épiderme (E) et les faisceaux conducteurs (FC).

défense est déclenchée, de façon directe ou indirecte, par les pathogènes, on parlera alors de composés induits.

La relation vigne-Mildiou

Les défenses constitutives

Les composés phénoliques (voie de l'acide shikimique) des feuilles de deux espèces du genre *Vitis* et d'une espèce du genre *Muscadinia*, de sensibilité différente au Mildiou, ont été analysés (Dai *et al.*, 1995). Il s'agit de *Vitis vinifera* cv. Grenache noir (sensible, « S »), de *Vitis rupestris* (tolérant, « T ») et de *Muscadinia rotundifolia* (résistant, « R »). Des différences nettes ont été mises en évidence entre « S » et « R » pour les dérivés galliques et les tanins catéchiques (Tableau 1). Les tanins catéchiques sont présents

dans les limbes des trois espèces à des concentrations différentes, mais seul l'épiderme de la face inférieure de « R » contient également ces mêmes tanins (photos 9, 10). Or dans le vignoble, le Mildiou se développe et pénètre sur la face inférieure des feuilles de vigne.

Les défenses induites

Une suspension de sporocystes de *Plasmopara viticola*, prélevés dans les vignes de collection de l'Agro-M, est déposée sur des feuilles excisées de *Vitis vinifera* cv. Grenache noir (sensible, « S »), de *Vitis rupestris* (tolérant, « T ») et de *Muscadinia rotundifolia* (résistant, « R »), selon un protocole mis au point par Dai *et al.*, (1995). Les photos 1, 2 et 3 nous montrent clairement la différence de croissance du champignon sur les feuilles des vignes considérées.

Des études histochimiques ont permis de montrer la présence de trans-resveratrol deux jours après l'infection chez « R » et cinq jours après l'infection chez « T ». Il n'y a pas eu de trans-resveratrol détecté chez « S ». Les flavonoïdes étaient présents deux jours après l'infection chez « R », huit jours après l'infection chez « T » et absents après l'infection chez « S » (Dai *et al.*, 1995). La rapidité de fabrication des composés de défense, suite à leur induction par le champignon, est donc un élément important de la stratégie de la plante pour lutter contre les pathogènes.

Les protéines de réponse (ou pathogenesis-related proteins, ou PR proteins) sont des composés importants de la réponse associée à la défense des plantes. Les plus connus sont les chitinases et les glucanases. Une chitinase de classe III (VCH3) a



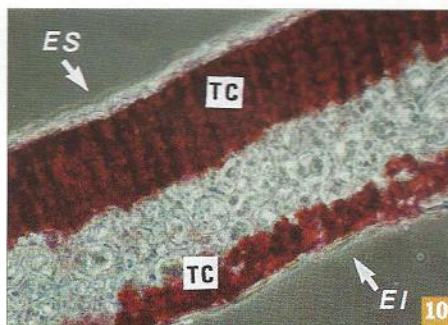
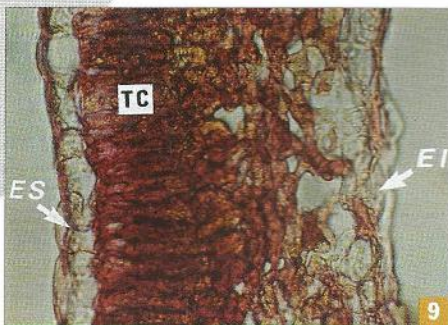
Alarme GEL par Station Météo

- Totale autonomie par panneau solaire et par transmission GSM
- Lutte raisonnée en viticulture, arboriculture ; calcul de l'E.T.P.
- A partir de 14 800 F HT, logiciel inclus

Présent au SITEVINITECH
Hall 1 - Allée C
stand 1702

Station Agro-Météo F. CHAPEAU

16, rue de Veyle F 71000 Sancé
Tél. 0.385 344 502 Fax. 0.385 292 790
E-mail : fchapeau.winecollection@wanadoo.fr



De 9 à 10 - Coupes transversales de feuilles de *Vitis vinifera* cv. Grenache noir (9) et de *Muscadinia rotundifolia* (10) colorées par le réactif à la vanilline-HCl mettant en évidence les tanins catéchiques. ES : épiderme supérieur ; EI : épiderme inférieur ; TC : tanins catéchiques colorés en rouge.

été mise en évidence dans des feuilles de Pinot noir et de *V. rupestris*, deux à quatre jours après leur inoculation avec *Plasmopara viticola* (Busam *et al.*, 1997).

Ces travaux ont permis de mettre en évidence un comportement différent de *V. vinifera* et de *V. rupestris* face à l'agression du Mildiou. *V. rupestris* limite la progression du champignon, notamment en développant une nécrose cellulaire au point de dépôt des sporocystes sur les feuilles (nous y reviendrons dans le paragraphe « nécrose cellulaire »). La rapidité de synthèse des chitinases (VCH3) ne semble pas, dans ce cas, déterminante. Nous voyons bien à travers ces exemples, que les stratégies de défense des *Vitis* sont différentes, ce dont il faut tenir compte pour les programmes d'amélioration génétique.

La relation vigne-Oïdium

Des travaux récents (Giannakis *et al.*, 1998) ont montré l'implication potentielle des chitinases et des β -1,3-glucanases dans la tolérance ou la résistance de certaines espèces de *Vitis* à l'Oïdium (*Uncinula necator*).

Les auteurs montrent que la présence constitutive de ces enzymes hydrolytiques dans les feuilles, associée à la capacité de la plante de les synthétiser rapidement lorsque le pathogène attaque, sont deux éléments clés de la résistance ou de la tolérance de certains *Vitis* du groupe d'espèces américain (*V. riparia*, *V. rupestris*, *V. labrusca*). En comparaison, les *V. vinifera* analysés dans ce

travail (Pinot noir, Riesling, Syrah), ont pour leur part un taux constitutif de chitinase et / ou de β -1,3-glucanase généralement inférieur. Toutefois, les barrières physiques et la synthèse d'autres composés de défense sont également des éléments à prendre en compte dans l'étude de la défense des génotypes de vigne.

La relation vigne-Botrytis

Des feuilles de Chardonnay ont été inoculées avec des conidies de *Botrytis cinerea*, suivant un protocole développé par Renault *et al.* (1996). La transcription d'ARNm de β -1,3-glucanases est observée deux jours après l'infection, et les protéines correspondantes sont détectées par immunochimie 3 à 7 jours après l'infection (Renault *et al.*, 1997). La synthèse de ces protéines n'empêche pas le champignon de coloniser la feuille : les protéines de défense de type glucanases synthétisées par ce cépage ne semblent pas efficaces en l'état pour stopper le champignon. Leur synthèse tardive, de 3 à 7 jours après l'infection, pourrait expliquer cette apparente inefficacité à inhiber la croissance du pathogène.

Les défenses des baies de raisin

En ce qui concerne les baies, il a été observé des différences significatives de l'évolution de certains composés de défense entre le stade de croissance herbacée et le stade « véraison-maturité ». Les composés les plus étudiés actuellement sont

les phénols et les protéines de réponse. Ils sont présents dans les baies de façon soit constitutive (c'est-à-dire préalable à l'attaque des pathogènes), soit leur synthèse est induite par l'attaque des pathogènes.

Acide glycolique, polygalacturonases et phénols

Les concentrations de l'acide glycolique et celles de certains inhibiteurs de polygalacturonases diminuent à partir de la véraison (Pezet et Pons, 1988).

Les phytoalexines

Bavaresco *et al.* (1997) montrent une diminution des stilbènes durant la maturation des baies de deux cépages hybrides, l'un, sensible (Huxelrebe), et l'autre tolérant (Castor) à *Botrytis*. La diminution de la concentration de stilbènes constitutives des baies de raisin, depuis la véraison et pendant la maturité, a également été montrée par Jeandet *et al.* (1995) sur le cépage Aramon.

Cette équipe a par ailleurs montré que les baies de raisin, durant leur maturité, peuvent synthétiser du resveratrol (3,5,4'-trihydroxystilbène) en réponse à une attaque de *Botrytis cinerea*, et ainsi limiter la progression du pathogène. Toutefois, si les conditions climatiques sont favorables au développement du champignon, la synthèse de ce composé de défense, au stade maturité, ne suffit plus à limiter sa progression. Cela confirme bien l'importance de la connaissance de l'épidémiologie du champignon dans les stratégies de lutte.

Nous avons, pour notre part, observé par histochimie, une diminution des flavonoïdes, des dérivés galliques et des dérivés caféiques dès le début de la maturité des baies de *V. vinifera* cv. Syrah, dans la zone tissulaire située entre l'épiderme et l'anneau des faisceaux conducteurs (Exocarpe et mésocarpe extérieur). Un hybride de Muscadine (*Muscadinia rotundifolia* x *V. vinifera*; Bouquet, INRA-GAP-Montpellier) résistant à l'Oïdium, présente aussi une diminution des flavonoïdes et des dérivés caféiques dès le stade de véraison-maturité (photos 5, 6, 7, 8). Ces phénols, connus par ailleurs pour leur rôle dans la défense des plantes, sont essentiellement localisés dans la zone de l'épicarpe et du mésocarpe



ZAC de Milieux
42160 Andrézieux-Bouthéon
France
PÔLE DE L'EAU DE SAINT-ETIENNE
Tél. 04 77 55 56 60
Fax 04 77 55 56 69

Société d'Ecotoxicologie et de Physico-Chimie

Laboratoire reconnu BPL et accrédité COFRAC (26-2 et 26-4)

Activités :

- Tests d'Ecotoxicologie
- Biodégradabilité
- Propriétés Physico-Chimiques
- Homologation - Notification
- Transport par route (ADR)
- Fiches de Données de Sécurité
- Gestion complète des tests
- Expertise - Montage des dossiers

Compétences :

- Produits Phytosanitaires
- Produits Chimiques
- Actifs pharmaceutiques

L'Environnement
et la Sécurité

externe, des baies de raisin. La similitude de comportement des baies de ces deux génotypes (le premier sensible à l'Oïdium et le second résistant), vis-à-vis de l'évolution de certains phénols entre le stade herbacé et la véraison, est, là encore, un des éléments dont il faut tenir compte dans les programmes d'amélioration ou de lutte contre les maladies.

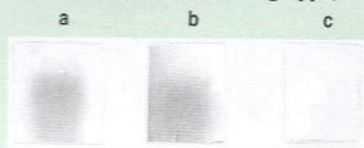
Les protéines de défense

Certaines chitinases sont spécifiques des baies (VvChi4), et sont synthétisées dès la véraison et pendant la maturité (Robinson *et al.*, 1997). Une autre famille de PRs, les glucanases, sont également synthétisées par le fruit dès la véraison et au cours de la maturité, comme nous l'avons montré récemment (Kraeva *et al.*, 1998).

Au cours du stade de croissance herbacée des baies, la présence de chitinases et de glucanases constitutives n'a pas été montrée. En revanche, suite à une blessure ou à une élicitation chimique par l'acide salicylique, nous avons mis en évidence, à ce stade de développement des fruits, l'induction d'ARN messagers de β -1,3-glucanases (Figure 1). Ceci illustre les différences qui existent dans l'expression et la régulation des gènes de défense, au cours du développement de la baie. Ces observations sont utiles pour raisonner les nouvelles stratégies de lutte, comme par exemple la transformation génétique.

L'efficacité de ces composés de défense (phénols, enzymes hydrolytiques...) pour limiter le développement des champignons pathogènes des baies de raisin n'a pas été encore clairement démontré *in vivo*. Face à l'évolution des compo-

Figure 1 - Induction de beta-1,3-glucanases dans des baies de Chardonnay au stade herbacé (fermeture de la grappe).



a, b : expression, 7 jours après blessure, de mRNA de β -1,3-glucanases dans le péricarpe des baies,
a - après blessure,
b - après injection d'acide salicylique,
c - baies témoins. Révélation des mRNA par la technique du Northern blotting (Kraeva *et al.*, 1998).

sés de défense constitutifs ou induits, au cours du développement de la baie de raisin, il nous paraît intéressant de signaler le comportement différent de deux champignons : *Botrytis cinerea* (parasite et saprophyte) et l'Oïdium (parasite obligatoire). Il a été observé au vignoble que la période de sensibilité des baies au Botrytis, se situe de la véraison à la maturité. En revanche, les baies sont sensibles à l'Oïdium de la nouaison à la véraison, soit essentiellement au stade herbacé de leur développement (Clerjeau *et al.*, 1998).

La nécrose cellulaire

Parmi les mécanismes de défense des plantes, la nécrose cellulaire des tissus de la plante, permet d'isoler le pathogène et de limiter son développement. Dans certains cas bien précis, cette « mort cellulaire programmée » est appelée « réponse d'hypersensibilité ». Nous avons pu

observer (au stade de développement herbacé et à maturité), sur des baies de Carignan attaquées par l'Oïdium, la présence de zones nécrotiques sur l'épiderme et l'hypoderme des baies (photo 4). Boubals (1961), avait observé sur des *Vitis* du groupe américain, tolérants, voire résistants à l'Oïdium, des nécroses de cellules épidermiques de feuilles, autour des appressoria et des suçoirs. Ces nécroses cellulaires permettent donc à la plante d'empêcher la fixation et la pénétration du champignon, et ainsi de limiter son développement.

Toutefois, là encore sur *V. vinifera*, ce mécanisme de défense ne semble pas en mesure de stopper ni de limiter la progression du champignon, comme nous avons pu l'observer au vignoble en 1997 sur des baies de raisin contaminées au stade herbacé (INRA-Domaine de Pech-Rouge).

Conclusion

Les cépages de *V. vinifera* cultivés pour la production de raisins de cuve ou de table, sont sensibles aux parasites et ravageurs et nécessitent des traitements phytosanitaires, tant pour des impératifs quantitatifs que qualitatifs. La fréquence d'application de ces derniers et leur nombre, varient d'une année à l'autre et d'une région viticole à l'autre.

Les progrès dans les luttes biologique et raisonnée, ainsi que la recherche de solutions futures, complémentaires ou alternatives de la lutte chimique, devraient peut-être plus prendre en compte, de façon coordonnée quand cela est possible une approche biologique intrinsèque à la vigne et notamment dans les domaines suivants :

VOTRE BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom, Prénom ou Société.....
 Adresse complète.....
 Tél.....
 Souscrit un abonnement à "Phytoma-La Défense des Végétaux" de :
 France 1 an : 367 FF ⁽¹⁾ 2 ans : 660 FF ⁽²⁾
 Étranger 1 an : 433 FF 2 ans : 780 FF
 Avion 1 an : +173 FF 2 ans : + 346 FF
 Abonnements groupés (à partir de 5) 1 an : 295 FF ⁽³⁾
 Prix du numéro : 42 FF Justificatif de paiement demandé
 Règlement joint : Chèque bancaire ou postal Mandat
 à l'ordre de "Le Carrousel Editions"

Le Signature :

(1) Dont TVA : 2,10 % : 7,55 FF (2) Dont TVA : 2,10 % : 13,57 FF. (3) Dont TVA : 2,10 % : 6,07 FF.

Pour mieux vous servir permettez-nous de mieux vous connaître.

Votre type d'activité (cochez 1 case maximum)	Vos secteurs d'intérêt (cochez 2 cases maximum)
2 <input type="checkbox"/> Organismes de conseil/Prescription/ Services officiels/Diagnostic	V <input type="checkbox"/> Vigne
3 <input type="checkbox"/> Distribution (Coopératives, Négoce)	G <input type="checkbox"/> Céréales
4 <input type="checkbox"/> Production agricole	P <input type="checkbox"/> Oléo-Protéagineux
5 <input type="checkbox"/> Firmes d'agro-fourriture (Phyto, Engrais, Semences, Matériel)	B <input type="checkbox"/> Autres Grandes Cultures (Betteraves, Pommes de terre)
6 <input type="checkbox"/> Enseignement/Recherche	L <input type="checkbox"/> Cultures légumières
7 <input type="checkbox"/> Mairies/Collectivités / Administrations	R <input type="checkbox"/> Cultures fruitières
	N <input type="checkbox"/> Pépinières/Cultures ornementales/Espaces verts

RELIURES

11 numéros

- à nos bureaux 77 F TTC
- France 101 F TTC Franco
- Étranger 106 F HT Franco

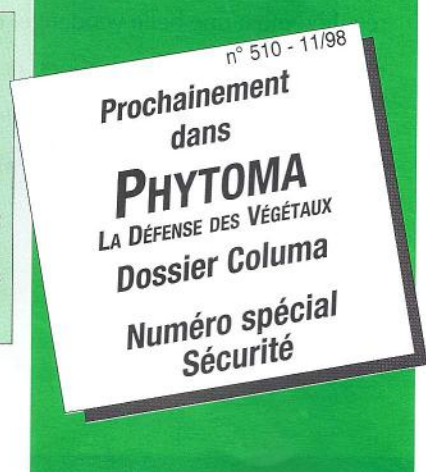
Règlement reliures
à adresser séparément à :
Le Carrousel Éditions,
27, rue Danielle-Casanova
75001 Paris
☎ 01 42 61 51 42

PHYTOMA

La Défense des Végétaux

L'information
phytosanitaire
la plus complète
et la plus fiable

Demandez à la Rédaction
les anciens numéros
ou les suppléments
(les Cahiers de Phytoma)
qui vous intéressent



Règlement abonnement à retourner à PHYTOMA-La Défense des Végétaux
Service Abonnements, 78, rue La Condamine, 75017 Paris

Tél. 01 42 61 51 42

Bibliographie

- BAVARESCO L., PETEGOLLI D., CANTU E., FREGONI M., CHIUSA G. AND TREVISAN M., 1997 — Elicitation and accumulation of stilbenes phytoalexins in grapevine berries infected by *Botrytis cinerea*. *Vitis* 36, 77-83.
- BOUBALS D., 1961 — Étude des causes de la résistance de Vitacées à l'Oïdium (« *Uncinula necator* (Schw.) Burr. - et de leur mode de transmission héréditaire. *Ann. Amélior. Plantes*, 11 (4), 401-500.
- BOUQUET A., 1986 — Introduction dans l'espèce « *Vitis vinifera* » L. d'un caractère de résistance à l'Oïdium (« *Uncinula necator* (Schw.) Burr. - et de leur mode de transmission héréditaire. *Ann. Amélior. Plantes*, 11 (4), 401-500.
- BUSAM G., KASSEMAYER H.-H. & MATERN U., 1997 — Differential expression of chitinases in *Vitis vinifera* L. responding to systemic acquired resistance activators or fungal challenge. *Plant Physiol* 115, 1029-1038.
- DAI G. H., ANDARY C., MONDOLOFF-COSSON L. AND BOUBALS D., 1995 — Histochemical responses of leaves of *in vitro* plantlets of *Vitis* spp. to infection with *Plasmopara viticola*. *Phytopathology*, 85, 149-154.
- GIANNAKIS C., BUCHELI C.S., SKENE K.G.M., ROBINSON S.P. & STEELE SCOTT N., 1998 — Chitinase and β -1,3-glucanase in grapevine leaves: a possible defense against powdery mildew infection. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 4, 14-22.
- JEANDET P., SBAGHI M., BESSIS R. & MEUNIER P., 1995a — The potential relationship of stilbene (resveratrol) synthesis to anthocyanin content in grape berry skins. *Vitis* 34 (2), 91-94.
- KRAEVA E., TESNIERE C., TERRIER N., ROMIEU C., SAUVAGE F.-X., BIERNE J., & DELOIRE A., 1998 — Transcription of a β -1,3-glucanase gene in grape berries in late development period, or earlier after wounding treatments. *Vitis* 37 (3), 101-111.
- MAURO, M.-C., TOUTAIN S., WALTER B., PINCK L., OTTEN L., COUTOS-THEVENOT P., DELOIRE A., & BARBIER P., 1995 — High efficiency regeneration of grapevine plants transformed with the GFLV coat protein gene. *Plant Sci.*, 112, 97-106.
- PEZET R., & PONT V., 1988a, Mise en évidence de pterostilbène dans les grappes de *Vitis vinifera*. *Plant Phys. Bioch.* 26, 603-607.
- RENAULT A.S., LETINOIS I., KRAEVA E., BIERNE J., & DELOIRE A., 1997 — Grapevine infection with *Botrytis cinerea* results in synthesis of pathogenesis-related proteins. *Annales ANPP, Cinquième Conférence Internationale sur les maladies des plantes*, 11, 103-110.
- RENAULT A.S., DELOIRE A., AND BIERNE J., 1996 — Pathogenesis-related proteins in grapevines induced by salicylic acid and *Botrytis cinerea*. *Vitis* 35, 49-52.
- ROBINSON, S.P., JACOBS A.K., DRAY I.B., 1997 — A class IV chitinase is highly expressed in grape berries during ripening. *Plant Physiol.* 114, 771-778.

l'épidémiologie des pathogènes et le microclimat des grappes, les mécanismes de défense et/ou de résistance des *Vitis* en fonction du développement, et les technologies d'application des produits dont certains pourraient agir comme stimulants des défenses naturelles de la plante.

Concernant la terminologie, nous proposons en association avec l'Institut technique de la vigne et du vin (ITV France), d'introduire plusieurs notions :

- La **bio-défense**, approche biologique associant la physiologie, le métabolisme biochimique et le patrimoine génétique de la vigne, destinée à assurer une meilleure protection vis-à-vis des pathogènes. Celle-ci s'intègre comme une alternative ou un complément à la lutte chimique. Cette notion peut être scindée en deux parties, la **bio-tolérance** et la **bio-résistance**.

- La **bio-tolérance**, qui intègre à la fois l'approche génétique classique (hybridation et sélection), les approches liées à la conduite de la vigne et la stimulation des défenses naturelles.

- La **bio-résistance**, liée à une relation de type gène pour gène. Les techniques sont celles de l'hybridation sexuée, et surtout les nouvelles approches de la génétique moléculaire (Mauro et al., 1995). Les techniques moléculaires permettent d'intégrer dans les différents cépages de *V. vinifera*, des gènes provenant d'espèces de *Vitis* connues pour leur résistance aux parasites et ravageurs, en principe sans modifier les autres caractéristiques variétales, du moins c'est l'objectif souhaité.

L'ensemble des programmes d'amélioration de la vigne vis-à-vis des pathogènes, les programmes de luttés raisonnée ou biologique, les travaux sur la conduite de la vigne, peuvent s'appuyer sur les résultats des travaux de recherche (encore peu nombreux par comparaison à d'autres plantes),

entrepris sur les mécanismes de défense de la vigne et de ses baies. A terme, des solutions nouvelles de lutte contre les pathogènes pourraient être mises au point en relation avec ces recherches en amont. ■

Summary

GRAPEVINE DEFENSE MECHANISMS AND DISEASES CONTROL

The species groups of the *Vitis* genus do not react to pathogens in the same way. All members of the *Vitis vinifera* group are susceptible to parasites and pests. On the other hand, the American group includes species that are tolerant of or even resistant to pathogens. Knowledge of the defense mechanisms of the species of

these two *Vitis* groups enables us to envisage ways to combat pathogens that are complementary to chemical control. Species resistant to fungi (*Mildiou*, *Oïdium*) possess constitutive and induced defense compounds (phenols, hydrolytic proteins, etc.). The phenols (particularly flavonoids) induced in the leaves by the pathogens are synthesised rapidly in resistant species (1-2 days), compared to more than 8 days in tolerant species. On the other hand, these flavonoids are not induced at all in susceptible vines (*Vitis vinifera*). Hydrolytic enzymes (notably chitinases and glucanases) are also constitutive and induced natural defense compounds of *Vitis*. Concerning grapes themselves, the regulation and expression of the defense genes, as well as the phenolic profile, differ between the fruit setting to fruit ripening stage and the fruit ripening to fruit maturity stage.

Key words: Grapevine, defense mechanisms, pathogens, phenols, pathogenesis-related proteins, cell death.

Résumé

Les groupes d'espèces du genre *Vitis* n'ont pas le même comportement vis-à-vis des pathogènes. L'ensemble des cépages du groupe des *Vitis vinifera* sont sensibles aux parasites et ravageurs. En revanche, le groupe américain comprend des espèces tolérantes, voire résistantes, aux pathogènes. La connaissance des mécanismes de défense des espèces de ces deux groupes de *Vitis* permettrait d'envisager des solutions complémentaires à la lutte chimique pour combattre les pathogènes.

Les espèces résistantes aux champignons (*Mildiou*, *Oïdium*) ont des composés de défense (phénols, protéines hydrolytiques...) constitutifs et induits. Les phénols induits dans les feuilles (en particulier les flavonoïdes) par les pathogènes sont synthétisés rapidement chez les espèces résistantes (1 à 2 jours), contre plus de 8 jours pour les espèces tolérantes. En revanche, ces flavonoïdes ne sont pas induits dans les feuilles des cépages sensibles (*V. vinifera*).

Les enzymes hydrolytiques (chitinases et glucanases notamment) sont aussi des composés naturels de défense de *Vitis*, constitutifs et induits. En ce qui concerne les baies de raisin, la régulation et l'expression des gènes de défense, ainsi que le profil phénolique, sont différents entre le stade de développement herbacé « nouaison-véraison », et le stade « véraison-maturité ».

Mots-clés: vigne, cépages, mécanismes de défense, pathogènes, phénols, protéines, mort cellulaire.



STAGE

Ensemble pour préparer demain

" Ensemble pour préparer demain "



Reconnue conforme BPL
Agréée BPE

Nous mettons notre compétence et notre expérience à la disposition de tous vos besoins en EXPÉRIENCE AGROCHIMIQUE

- **Sur vignes et toutes cultures :**
Sur stations et en plein champ
- **Tous types d'essais :**
Evaluation de nouvelles molécules ou formulations
Efficacité et sensibilité pour homologation
Adaptation et démonstration pour la promotion
Vinification et transformation des produits récoltés
Application pour dosage de résidus

Travail en contamination artificielle et sous brumisation

21, rue du Clos Saint-Libert - 37100 TOURS
Tél. 33 (0)2 47 41 97 38 - Fax 33 (0)2 47 49 23 78