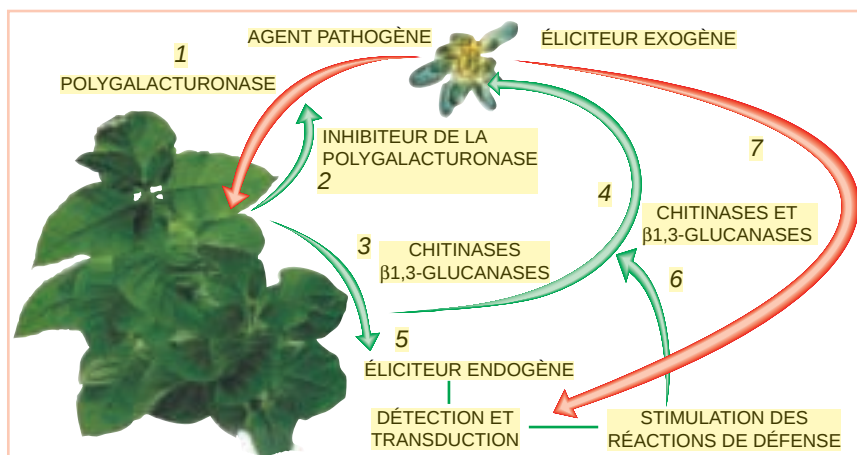


Il s'agit d'oligosaccharides produits par des enzymes d'origine microbienne et d'origine végétale. Ainsi, certains champignons produisent des polygalacturonases qui dégradent rapidement la paroi végétale. La plante riposte contre ces facteurs d'agressivité en synthétisant des inhibiteurs de polygalacturonases qui freinent la dégradation de la paroi végétale et, par conséquent, freinent la progression de l'agent pathogène. Comme ces inhibiteurs n'inactivent pas totalement la polygalacturonase, la paroi végétale continue à être partiellement dégradée ; des fragments oligosaccharidiques ayant une activité d'élliciteurs sont alors libérés de la paroi et activent les réactions de défense. La paroi végétale est à la fois un rempart mécanique et un réservoir de signaux d'activation des réactions de défense.

Un système d'amplification

De surcroît, la plante utilise également la paroi des cellules de champignons agresseurs comme une source d'oligosaccharides qui déclenchent les réactions de défense. Ce sont certaines enzymes de la plante, telles les β -1,3-glucanases ou les chitinases, qui permettent la libération de nouveaux signaux qui, eux-mêmes, déclenchent la synthèse de nouvelles β -1,3-glucanases et chitinases végétales : le système de défense de la plante est ainsi amplifié. Parfois, l'agent pathogène riposte en produisant un inhibiteur de ces enzymes végétales.

Le système de défense des plantes vis-à-vis d'agents pathogènes très variés comporte donc différentes stratégies complémentaires, simultanées ou différées, localisées ou globales. Les mécanismes sous-jacents sont coordonnés dans l'espace (dans la plante) et dans le temps : certaines réactions se déclenchent en quelques secondes ou en quelques minutes sur le site d'infection, d'autres, éloignées apparaissent après plusieurs heures. Certaines cessent avec l'emprisonnement, parfois la mort, du parasite, d'autres persistent plusieurs semaines, notamment celles qui assurent un état de veille préparant la plante entière à être encore plus performante lors d'une nouvelle agression. Les modalités de la contre-attaque de la plante mettent en jeu un arsenal d'armes diverses qui visent plusieurs cibles de l'agent pathogène, augmentant d'autant l'efficacité de la défense.



5. DES MÉCANISMES D'AMPLIFICATION renforcent les défenses des plantes. L'agent pathogène produit l'enzyme polygalacturonase (1) qui dégrade la paroi de la plante, laquelle synthétise un inhibiteur de l'enzyme (2). Dès l'attaque, elle libère aussi les enzymes chitinases et β 1,3-glucanases (3) qui attaquent la paroi des cellules de l'agent pathogène (4). L'inhibiteur de la polygalacturonase n'empêche pas totalement l'enzyme d'agir : la paroi végétale est un peu dégradée et libère des élliciteurs endogènes (5) ; ces derniers activent les réactions de défense, notamment la synthèse de nouvelles enzymes chitinases et β 1,3-glucanases (6), lesquelles renforcent l'action des premières. Ces enzymes, agissant sur la paroi des cellules de l'agent pathogène libèrent des élliciteurs exogènes qui stimulent aussi les réactions de défense de la plante (7).

Aujourd'hui, nous connaissons des signaux capables de déclencher, hors de toute infection, une partie, voire la totalité, de ces réactions de défense. Ainsi, avec la Société *Goëmar*, à Saint-Malo, et la Société *Biotransfer*, à Montreuil, nous avons montré que des extraits d'algues, nommés laminarines et contenant des glucanes, sont de puissants élliciteurs de réactions de défense qui ne déclenchent pas de mort cellulaire. Ils protègent efficacement des plantes d'intérêt agronomique telles que le blé, l'orge, le riz, la vigne ou les pommiers contre différentes maladies. Une telle démarche, fondée sur la stimulation des défenses des plantes à l'aide de composés naturels non toxiques, concilie agriculture performante et respect de l'environnement. On envisage d'étendre ce type d'actions protectrices ; en utilisant de tels

produits naturels en synergie avec les pesticides chimiques, on pourrait diminuer les volumes des pesticides et des fongicides. Cette démarche pourrait éviter la production de plantes transgéniques qui rencontre, pour l'instant, des oppositions par crainte d'une éventuelle dissémination non maîtrisée des gènes étrangers introduits dans ces plantes. Simultanément, avec la Société *Rhône-Poulenc Agro*, nous cherchons à élucider la nature des signaux émis par la plante lors de l'induction de la résistance locale acquise. Nous pourrions peut-être les utiliser pour stimuler cette réaction locale de défense, particulièrement efficace.

De ces recherches des mécanismes de défense des plantes naîtront sans doute des méthodes de protection des cultures plus efficaces et qui, surtout, respecteront mieux l'environnement.

Serge KAUFFMANN est directeur de recherche au CNRS, dans le laboratoire de Phytopathologie moléculaire à l'Institut de biologie moléculaire des plantes (IBMP) de Strasbourg, où Stéphane DOREY a préparé une thèse sur les mécanismes de la réaction hypersensible. Bernard FRITIG dirige le département Mécanismes moléculaires des réponses des végétaux aux agents pathogènes et aux xénobiotiques de l'Institut de biologie moléculaire des plantes.

Plant-Microbe Interactions, in *The Plant Cell*, numéro spécial, vol. 10, n° 10, 1996.

J. T. GREENBERG, *Programmed Cell Death in Plant-Pathogen Interactions*, in *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* vol. 48, pp. 525-545, 1997.

B. FRITIG et al., *Antimicrobial proteins in induced plant defense*, in *Curr. Opin. Immunol.*, vol. 10, pp. 16-22, 1998.

X. Dong, *Salicylic Acid, Jasmonic Acid, Ethylene, and Disease Resistance in Plants*, in *Curr. Opin. Plant Biol.*, vol. 1, pp. 316-323, 1998.