

## Plantes : une défense en « zig-zag »

**Les plantes ont co-évolué avec les pathogènes depuis des millions d'années, et on observe des niveaux de résistance très variables en fonction des interactions : c'est ce qu'on appelle le modèle en zig-zag de défense des plantes.**

### Coévolution des plantes et des pathogènes : le modèle en « zig-zag »

Actuellement, 10 à 16% des récoltes mondiales sont perdues à cause des nuisibles ([Bebber et al., 2013](#)). Dans la nature, malgré l'apparente immobilité et passivité des plantes face aux agresseurs, la maladie est l'exception plus que la règle. En effet, **les plantes sont dotées d'un système immunitaire évolué et efficace.**

Les végétaux représentent 99% de la biomasse terrestre et ils ont survécu depuis des millions d'années à la multitude de nuisibles qui les attaque. Les pathogènes, quant à eux, cherchent constamment à déstabiliser les défenses de la plante et trouver de nouvelles armes.

Cette idée de **co-évolution entre les agents pathogènes et les plantes** a été formalisée par [Dangl et al. en 2006](#) et schématisée sous forme de modèle dit « en zig-zag » (Figure 1 ). Ce modèle permet également de comprendre les **différents niveaux de résistance présents chez les plantes, leurs efficacités et leurs spécificités.**

### La résistance basale

Un premier niveau de résistance basale (ou PTI pour PAMP Triggered Immunity) va pouvoir être activé lorsque **la plante perçoit, par des récepteurs extracellulaires, des molécules « générales » associées aux pathogènes** telles que la [flagelline de la bactérie](#) ou la [chitine des champignons](#).

**Ce premier niveau de défense est peu spécifique et peu intense** mais permet de limiter la propagation de nombreux pathogènes par des **renforcements pariétaux** par exemple, notamment sous forme de [callose](#) (Figure 2).

### La contre-attaque des agents pathogènes

En réponse à ce premier niveau de défense, **les pathogènes ont contre-attaqués et ont mis en**

**place des systèmes leur permettant notamment d'injecter (ou délivrer) des effecteurs directement à l'intérieur de la cellule végétale.**

Ces effecteurs ont pour but principal de **court-circuiter les voies de défense activées**, ils peuvent également servir à **détourner le métabolisme de la plante à leur profit ou être toxique pour la cellule végétale**. La plante devient alors sensible au pathogène et on parle d'**Effector Triggered Susceptibility (ETS)**.

## **La résistance spécifique**

Les plantes ont réagi en modifiant les cibles de ces effecteurs ou en mettant en place des **systèmes de détection de ces effecteurs** grâce à des **récepteurs intracellulaires**.

Une fois ces récepteurs activés, **des mécanismes de défense plus spécifiques au pathogène** en train d'attaquer et **plus intenses** vont pouvoir permettre à la plante de résister au pathogène. On parle alors d'**Effector Triggered Immunity (ETI)**.

Parmi ces mécanismes, le plus intense est la **réaction hypersensible (HR)** (Figure 3), où la plante va induire la mort de la zone entourant le pathogène tout en produisant des composés anti-microbiens, afin de le confiner et le détruire. Ce mécanisme peut-être mis en place face à des [agents pathogènes biotrophes](#).



**Figure 3 :** Réaction hypersensible (HR) : La plante induit la mort localisée des tissus autour de l'agent pathogène et produit des composés anti-microbiens afin de le confiner et le détruire.

Face à des [agents pathogènes nécrotrophes](#), les plantes ont pu développer d'autres armes afin notamment de former une barrière physico-chimique grâce à des renforcements pariétaux (dépôt de lignine (Figure 3), subérine ou modifications des protéines pariétales par des espèces réactives d'oxygène (ROS) ...) couplés ou non à la synthèse de composés antimicrobiens (phytoalexines, enzymes...).

***Figure 4** : Coupe transversale de racine : Renforcement des parois (ici, dépôt de lignine) afin d'empêcher la pénétration des agents pathogènes dans les vaisseaux conducteurs.*

En réponse à ces mécanismes de défense, les pathogènes vont à leur tour trouver de nouvelles armes pour combattre et/ou déjouer les défenses des plantes, qui mettront à nouveau tout en œuvre pour trouver une nouvelle parade.

La **co-évolution des agents pathogènes et des plantes** entraîne donc le développement continu de **nouvelles stratégies d'attaques et de survie** pour les deux partenaires de l'interaction. En agriculture, des nouvelles stratégies de **protection des plantes** se développent afin de tirer profit et d'optimiser la capacité naturelle des plantes à se défendre, comme

l'utilisation de **stimulateurs de défense des plantes** (SDP).

Références bibliographiques :

Jones J.D. et Dangl J.L., 2006 « The plant immune system », Nature 444, p323-329.

Bebber D.P., Ramotowski M.A.T. et Gurr S.J., 2013 « Crop pests and pathogens move polewards in a warming world », Nature Climate Change, 3, p985–988

*Crédits photos : Image illustrant le billet et modifiée par Vegenov mais dont le crédit photo de départ est: © Sergey Nivens - Fotolia.com ; Autres images dans le billet © Vegenov*