



UNE DÉCOUVERTE RÉCENTE : LE RÔLE DES STRIGOLACTONES DANS LA RAMIFICATION DES VÉGÉTAUX - © J.-F. COFFIN

À l'affût des connaissances

LES STRIGOLACTONES, HORMONES DE LA RAMIFICATION

Par Alexandre de Saint-Germain

Les strigolactones sont une famille d'hormones végétales qui contrôlent la ramification des plantes. Alexandre de Saint-Germain nous explique les mécanismes qui régissent ces hormones découvertes récemment et les avantages que pourrait en tirer le monde horticole s'il peut les maîtriser.

Des composés chimiques, appelés hormones végétales, produits par les plantes, leur permettent d'échanger des informations soit entre organes soit en réponse aux stimuli extérieurs assurant ainsi un développement adapté et harmonieux. À ce jour, moins d'une dizaine de ces messagers, regroupés en famille d'hormones, ont été identifiés. Les strigolactones constituent la famille d'hormones découverte le plus récemment pour son rôle dans le contrôle de la ramification des plantes (Figure 1). Elles présentent aussi l'originalité d'être diffusées par les racines dans la rhizosphère (zone du sol voisine et influencée par les racines) où ces molécules interviennent dans des interactions avec d'autres organismes du sol. Ainsi, elles favorisent la rencontre avec des champignons du sol, bénéfiques aux deux partenaires. On parle de symbiose mycorhizienne à arbuscules qui concerne plus de 80 % des plantes terrestres. Cette symbiose leur

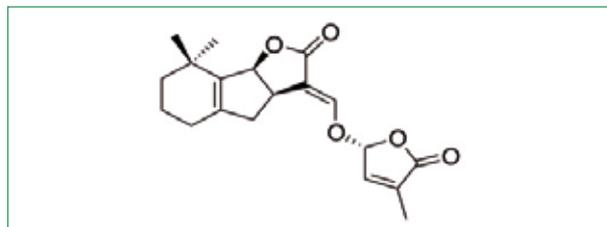


FIGURE 1. STRUCTURE CHIMIQUE D'UNE STRIGOLACTONE NATURELLE

permet notamment de mieux résister au stress hydrique. Malheureusement, les strigolactones stimulent aussi la germination de graines de plantes parasites, comme l'Orobanche et les Striga qui peuvent causer d'importants dégâts aux cultures notamment en Afrique (Figure 2).

— LES STRIGOLACTONES INHIBENT LA RAMIFICATION DES PLANTES —

L'architecture d'une plante est largement déterminée par le nombre et la direction des ramifications générés à partir de l'axe principal. L'organe précurseur d'une ramification est appelé bourgeon axillaire, on le trouve à l'aisselle de chaque feuille. Au cours du développement de la plante, soit un bourgeon ne grandit pas, il est dit dormant, soit il donne naissance à une nouvelle ramification, on parle de levée de dormance. Longtemps, les

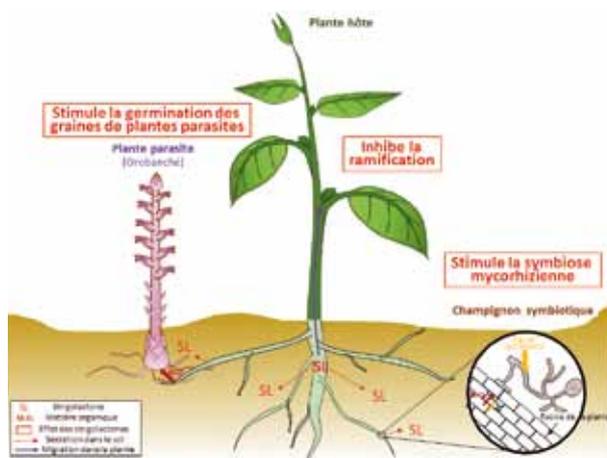


FIGURE 2. DIFFÉRENTS EFFETS DES STRIGOLACTONES CHEZ UNE PLANTE.

LES STRIGOLACTONES SYNTHÉTISÉES DANS LES RACINES, MIGRENT DANS LA TIGE VERS LES BOURGEONS AXILLAIRES ET INHIBENT LA RAMIFICATION : IL S'AGIT D'UN RÔLE HORMONAL. LES STRIGOLACTONES SONT ÉGALEMENT SÉCRÉTÉES DANS LE SOL. ELLES ATTIRENT LES CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS, QUI DANS UN ENVIRONNEMENT PAUVRE EN ÉLÉMENTS MINÉRAUX, AIDENT LES RACINES À ABSORBER L'EAU ET LES ÉLÉMENTS MINÉRAUX, EN ÉCHANGE DE QUOI LA PLANTE FOURNIT LES SUCRES NÉCESSAIRES AU DÉVELOPPEMENT DU CHAMPIGNON. LES PLANTES PARASITES, COMME L'OROBANCHE, UTILISENT LES STRIGOLACTONES AFIN DE TROUVER UNE PLANTE HÔTE ET PUISER SA MATIÈRE ORGANIQUE (M.O.) CE QUI AFFAIBLIT FORTEMENT LA PLANTE HÔTE.

scientifiques ont cherché le messager chimique contrôlant ce changement d'activité du bourgeon. La découverte des strigolactones en 2008 a permis de répondre à cette question. Cette hormone, produite essentiellement dans les racines, migre dans la tige vers les bourgeons et les empêche de grandir jouant le rôle de signal inhibiteur. La plante est capable de contrôler la synthèse et l'action de cette hormone lui permettant ainsi de moduler son architecture en fonction des stimuli perçus tels qu'un changement de l'environnement ou une agression par un herbivore. Ainsi, lorsqu'une plante est décapitée par un ruminant, celle-ci génère de nouvelles branches émergeant des bourgeons axillaires dormants présents à la base de la plante, en diminuant la synthèse de strigolactones afin d'initier la levée de dormance de ces bourgeons. Le même mécanisme permet de générer de nouvelles branches chez le rosier suite à la taille par le jardinier des branches supérieures.

— VERS DES APPLICATIONS PERMETTANT D'AUGMENTER LES RENDEMENTS... —

Pour la plupart des espèces cultivées, le degré de ramification a de multiples conséquences sur les caractères agronomiques. La ramification peut en effet affecter la productivité, la qualité de la production comme la grosseur des fruits ou le nombre d'inflorescences d'une plante ornementale. Ainsi, la découverte des strigolactones modulant la ramification des plantes et la compréhension de leur mode de perception offrent des possibilités inté-

ressantes pour les secteurs agronomiques et horticoles. Il serait ainsi intéressant de sélectionner les plantes en se focalisant sur les gènes impliqués dans la perception de ces hormones. On peut aussi envisager d'appliquer directement les strigolactones sur la plante par vaporisation ou bien dans la solution nutritive via les racines. Ces hormones étant des composés naturels, biodégradables et agissant à de très faibles concentrations, leur utilisation pourrait se faire sans effet néfaste pour l'environnement. Mais ceci implique une optimisation des modalités de traitement et la compréhension de leur interaction avec le récepteur RMS3. Ce contrôle de la ramification pourrait avoir un intérêt en sylviculture, où les arbres destinés à la production du bois doivent être les moins ramifiés possibles, mais aussi en horticulture, où l'inhibition de l'action des strigolactones permettrait d'obtenir des plantes avec plus de ramifications et donc plus d'inflorescences. Chez les plantes fourragères ou destinées à la production de biocarburants, l'inhibition de l'action des strigolactones permettrait d'augmenter la biomasse. Enfin l'étude du rôle des strigolactones dans la rhizosphère permettait d'envisager de nombreuses applications notamment pour lutter contre les plantes parasites.

— ...ET DE SIMPLIFIER LES INTERVENTIONS MANUELLES —

Les premiers tests réalisés sur Tomate afin de diminuer la ramification, qui a tendance à réduire la taille des fruits et qui nécessite un travail manuel de suppression des bourgeons, ne sont pas concluants pour le moment. La compréhension du mécanisme moléculaire de la perception des strigolactones est nécessaire pour développer de nouveaux analogues beaucoup plus actifs que les strigolactones naturelles, c'est-à-dire des molécules ayant une très forte affinité pour le récepteur endogène (RMS3). La même approche pourrait être envisagée chez le fraisier afin d'inhiber la formation des « gourmands » ou sur la pomme de terre pour inhiber la germination pendant le stockage.

Avec l'augmentation de la population mondiale, les produits d'origine végétale sont soumis à une demande accrue que ce soit pour l'alimentation humaine et animale, ou pour les biocarburants, alternative aux énergies fossiles. La compréhension fine du mode d'action des strigolactones s'intègre parfaitement aux recherches actuelles visant à augmenter la production, la biomasse et les rendements des plantes tout en minimisant l'utilisation d'eau, d'engrais et de produits chimiques.

LA PERCEPTION DES STRIGOLACTONES

Comment cette hormone est-elle perçue par la plante ? Comment régule-t-elle l'expression des gènes qui conduisent à une modification de l'architecture de la plante ? Les investigations ont été menées sur le pois qui est un excellent modèle pour l'étude de l'architecture des végétaux, notamment car les bourgeons axillaires sont facilement accessibles.

Le laboratoire (C. Rameau INRA Versailles) avait au préalable isolé deux mutants hyper-ramifiés insensibles aux strigolactones. Potentiellement ces mutants étaient affectés dans la signalisation de l'hormone et non dans sa synthèse (Figure 3).

Grâce à des approches de biologie moléculaire, deux gènes essentiels à la perception des strigolactones ont été identifiés durant ma thèse. Le premier, BRC1, permet la synthèse d'une protéine qui régule l'expression d'autres gènes (c'est un facteur de transcription). J'ai montré que les strigolactones contrôlent la quantité de protéine BRC1 dans les bourgeons. Une forte quantité de protéine BRC1 provoque la dormance du bourgeon alors qu'une faible quantité induit sa levée de dormance et donc la formation d'un axe secondaire. Par la suite, BRC1 va réguler l'expression de gènes effecteurs, tels ceux contrôlant la division cellulaire (Figure 4). Cette découverte est aussi intéressante car elle permet d'envisager l'utilisation de BRC1 comme un marqueur moléculaire pour tester l'efficacité de traitements utilisant des analogues synthétiques de strigolactones.

Le second gène que j'ai caractérisé permet la synthèse du récepteur des strigolactones : RMS3. Cette protéine se lie à l'hormone ce qui signale sa présence aux cellules. Mon prochain objectif est de comprendre comment les strigolactones se fixent à RMS3, c'est-à-dire comment l'hormone s'imbrique dans la cavité du récepteur. Ceci pourrait permettre de synthétiser des analogues de stri-

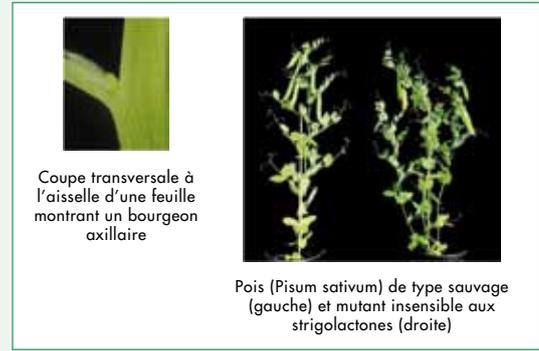


FIGURE 3. ÉLÉMENTS DE L'ARCHITECTURE D'UNE PLANTE DE POIS.

golactones ayant une plus forte affinité pour le récepteur RMS3 que l'hormone naturelle. Leur utilisation provoquerait une réponse physiologique plus forte c'est-à-dire une très forte inhibition de la ramification. À l'inverse, la synthèse de molécules, antagonistes, qui prendraient la place des strigolactones dans la poche du récepteur, empêcherait l'action de l'hormone (Figure 5).

On comprend ici comment l'étude d'un gène, d'une protéine et d'une interaction à l'échelle moléculaire peut permettre de contrôler l'architecture d'une plante et de développer des applications agronomiques ou horticoles basées sur la compréhension des mécanismes mis en évidence.

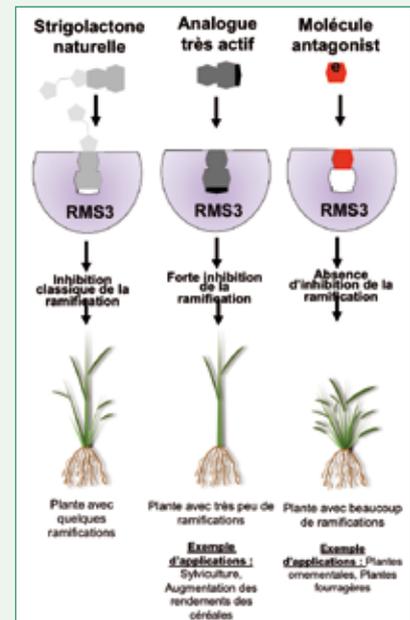


FIGURE 5. EFFET DES ANALOGUES DE STRIGOLACTONES ET DES ANTAGONISTES SUR LA RAMIFICATION DES VÉGÉTAUX.

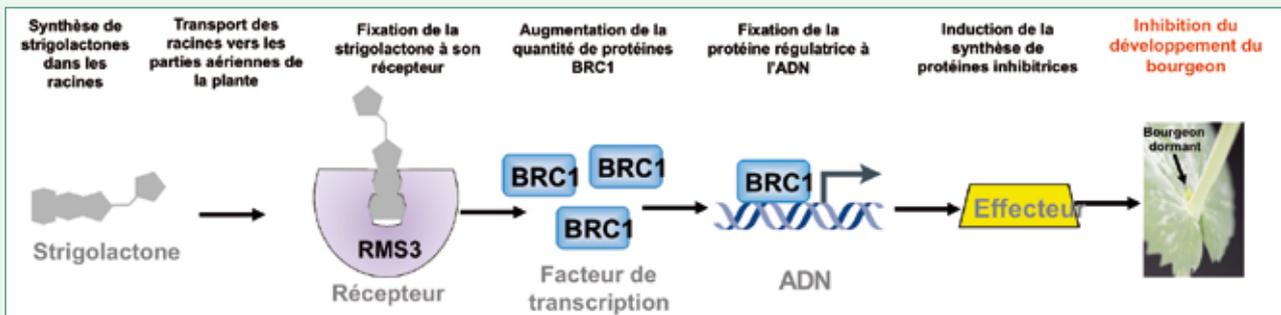


FIGURE 4. ÉLÉMENTS DE LA VOIE DE SIGNALISATION DES STRIGOLACTONES.