

Simulation sur la symbiose:

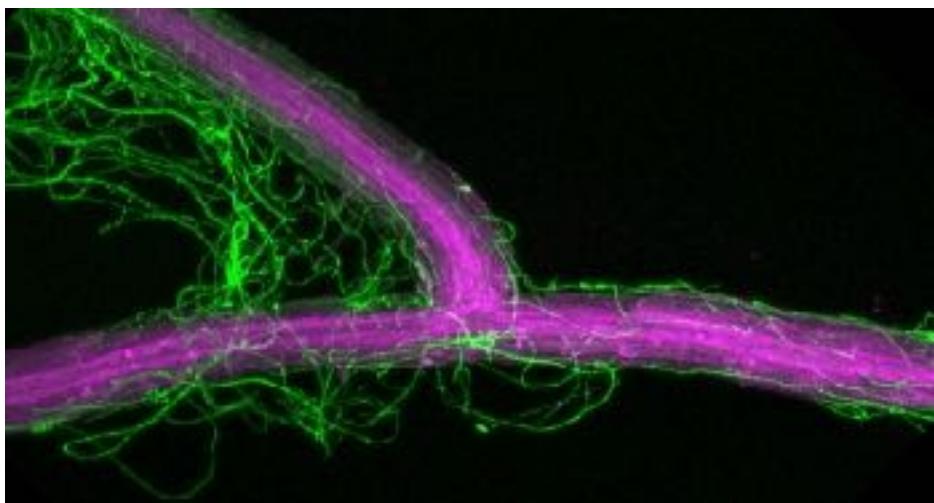
Symbioses entre les plantes, les champignons et d'autres organismes

Laurençon Marianne - Licence 2 de biologie - Université de Bordeaux

La symbiose est l'une des plus belles interactions entre les organismes mais elle est rare et fragile. En effet, la symbiose permet aux plantes et aux champignons par exemple, si il y a interaction entre eux, de grandir dans des endroits, des sols où ils ne pourraient pas habituellement, grâce aux échanges de nutriments.

Cette interaction est complexe et est très étudiée par les chercheurs car elle n'est pas entièrement comprise, mais aussi parce qu'elle pourrait être bénéfique pour le futur. La population augmente considérablement depuis quelques décennies et pourrait arriver à 9,8 milliards en 2050. Le besoin en nourriture sera donc de plus en plus important. Pour éviter qu'il y ait un épuisement des ressources et des épisodes de famines un peu partout dans le monde, il faut donc commencer à agir maintenant et la symbiose pourrait aider à cela. En effet, elle pourrait aider à avoir un meilleur rendement à l'hectare pour les céréales notamment mais peut-être aussi pour d'autres types de cultures.

Trouvant cette interaction très importante, j'ai choisi dans ma simulation sur le site StarLogo Nova, d'aborder la symbiose entre les plantes et les champignons.



Racine d'Arabidopsis thaliana (magenta) recouverte par un maillage d'hyphes de *Colletotrichum tofieldiae* (vert).

© Max Planck Institute for Plant Breeding Research, Ryohei Thomas Nakano

Le but de cette simulation est de montrer à quel point la symbiose est aléatoire. Mais aussi, quels facteurs biotiques permettent de mener à bien cette symbiose ou au contraire. Elle permet également de montrer comment fonctionne la symbiose: c'est à dire, comment est-ce que les champignons font pour trouver des racines alors qu'ils n'ont pas d'yeux. C'est le principe de chimiotaxisme: les champignons se déplacent suivant la plus forte concentration de phytohormones libérées par les racines. Combien de temps faut-il pour qu'il y ait une première mycorhization ? La résistance des racines aux pathogènes permet-elle de sauver la symbiose ? Les facteurs biotiques tels que le nombre de pathogènes influencent-ils sur la symbiose ? En quoi cette interaction est-elle aléatoire et instable ?

Les figurés

Au début de ma simulation, il y a donc :

- 4 racines vertes foncées
- 5 champignons symbolisés par des triangles, créant des lignes: les hyphes
- 4 pathogènes symbolisés par des carrés noirs.



Fonctionnement et explications de la simulation

Après avoir cliqué sur les deux boutons, setup et forever, nous pouvons voir que les champignons sont en mouvement dans le sol, tout comme les pathogènes. Ces champignons vont avancer aléatoirement et vont grandir, créant des hyphes rouges. Ces hyphes sont rouges car ils symbolisent le manque

de nutriments des champignons. Ils se déplacent peu, avec des lignes droites, jusqu'à ce qu'ils interceptent suffisamment de « boules bleues », des signaux ou plus précisément des phytohormones provenant des plantes. C'est de la chimiotaxie. Les champignons deviennent jaunes car ils ont assez de nutriments et vont ainsi croître autour des racines grâce aux éléments fournis par ces dernières. De plus, les champignons vont leur fournir des acides aminés entre autres: c'est la symbiose. Ayant suffisamment de nutriments, les champignons peuvent également se développer: il y aura de plus en plus de champignons et donc de plus en plus de produits échangés avec les racines.

Dans cette animation, les racines saines et en développement deviennent vertes claires.

Il y a également des pathogènes: ils sont également en mouvements, aléatoirement. Ils détruisent les champignons et les racines dès qu'ils sont en contact avec. En les détruisant, ils absorbent les nutriments contenus dans les champignons et dans les plantes. Ils peuvent donc se développer et se multiplier.

Dans cette animation, il y a la possibilité de choisir la résistance de la plante aux pathogènes. Ainsi, si on choisit de fixer la résistance entre zéro et trois, la résistance sera faible voire nulle, le pourcentage de chance pour que la plante meure est très élevée. On peut également déplacer le curseur de trois à sept. Dans ce cas, le pourcentage de chances pour qu'elle meure sera plus faible. Enfin, entre sept et dix, la plante aura très peu de chance de succomber car elle sera très résistante aux pathogènes, la probabilité de mourrir est de seulement 0,01%.

Hypothèses:

En théorie, si il y a plus de pathogènes, alors la probabilité pour les racines et les champignons d'être détruits augmente. Par conséquent, la symbiose pourra être plus ou moins altérée suivant le nombre de pathogènes et ce qu'ils détruisent. Dans ce cas, les pathogènes pourraient être une des raisons pour expliquer pourquoi cette interaction est instable. De plus, nous pouvons imaginer que si la racine est résistante aux pathogènes, ils pourront seulement détruire les champignons. Les racines pourront continuer à diffuser des nutriments aux champignons, qui se développeront. Dans ce cas, les pathogènes pourraient avoir un impact sur la symbiose, mais bien moindre que si les racines étaient sensibles à eux.

Résultats :

Grâce au graphique installé à côté de l'animation, j'ai pu recueillir des données pour valider ou non mes hypothèses.

Dans un premier temps, je voulais savoir si les facteurs biotiques tels que les pathogènes pouvaient influencer la symbiose. Plus particulièrement, si ils pouvaient influencer la première mise en place d'une mycorhization. Pour cela, j'ai lancé plusieurs fois la simulation, six fois avec seulement deux pathogènes, six fois avec quatre, six fois avec six et six fois avec quatorze. En moyenne, pour le premier lot, j'obtiens une première mycorhization d'en moyenne 303 secondes. Pour le deuxième lot, c'est en moyenne 335 secondes mais deux simulations n'ont pas pu être prises en compte car les plantes étaient mortes avant même d'avoir pu être mycorhizées. J'obtiens ensuite une moyenne d'environ 290 mais trois simulations n'ont pas été prises en compte car il n'y avait soit plus de champignons soit plus de racines avant qu'il puisse y avoir une mycorhize.

Enfin, dans celle de où il y avait quatorze champignons, seul un essai sur six a pu avoir une plante mycorhisée, au bout de 115 secondes. Par conséquent, les pathogènes n'ont pas de lien avec le temps de mise en place des mycorhizes mais influencent la symbiose: nous avons pu voir ici qu'ils dégradent les organismes. De plus, dans la suite de mes expériences, j'ai pu voir que même après mycorhization, si il n'y a aucune résistance des plantes, la symbiose s'arrête parce que les pathogènes ont détruits les autres organismes. Dans les résultats donnés, nous pouvons également voir la variabilité des chiffres: pour le dernier lot, avoir une mycorhize au bout de 115 secondes est plus dû à une variable aléatoire, au placement préférentiel du champignon plutôt que des effets des pathogènes. Enfin, on peut en conclure que la symbiose est instable, car même si il y a des mycorhizations, l'un ou l'autre des organismes peut être dégradé et mettre fin à la relation. Voyons maintenant avec les résistances. Si on augmente les résistances des plantes, en mettant le curseur au maximum par exemple, nous pouvons voir que les plantes ne peuvent être dégradées par les pathogènes, par conséquent elles continuent d'envoyer des phytohormones pour les champignons, ce qui les protègent des pathogènes. Ainsi, les champignons peuvent se développer très facilement et se développent de façon exponentielle une fois autour de la racine. Il y a donc une augmentation de la mycorhize. Cela ne change pas le temps de mise en place de la première mycorhize mais aide à ce que la symbiose soit plus stable et plus pérenne dans le temps car elle se développe beaucoup plus.

Cette simulation nous permet donc de nous montrer à quel point la symbiose est une interaction complexe, aléatoire et fragile.