

La communication chez les plantes, ou comment les radis s'avertissent de l'attaque de prédateurs

Autor(en): **Salomon, Joy-Anne**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **100 (2021)**

PDF erstellt am: **15.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-953545>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

La communication chez les plantes, ou comment les radis s'avertissent de l'attaque de prédateurs

Joy-Anne SALOMON¹

SALOMON J.-A., 2021. La communication chez les plantes, ou comment les radis s'avertissent de l'attaque de prédateurs. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 100 : 173-180.

Résumé

Lorsque les scientifiques se sont intéressés à la capacité des végétaux à réagir à leur environnement, ils ont découvert que les plantes avaient la capacité de communiquer entre elles. Deux voies de communication ont à ce jour été mises en évidence. La première, la voie aérienne, consiste en un échange de molécules gazeuses appelées composés organiques volatils biogènes (COVB). La seconde, la voie souterraine, se passe à travers la greffe des racines, avec l'aide d'un réseau mycorhizien, ou par des signaux électriques. Dans ce travail nous avons cherché à savoir (i) si des pousses de radis (*Raphanus sativus*) communiquaient afin de s'avertir lors d'une attaque par des prédateurs, et (ii) en cas de communication, d'identifier la ou les voie(s) utilisée(s). Pour ce faire, j'ai créé deux groupes de radis : un groupe « averti », consistant en des plantes se trouvant à côté de radis attaqués et qui devraient être informées de l'attaque en cas de communication, et un groupe « naïf », consistant en des plantes exposées à des congénères non-attaqués. Ces plantes étaient réparties dans deux types de substrats différents, avec ou sans champignons mycorhiziens, et exposées à trois traitements expérimentaux permettant de déterminer la ou les voies de communication utilisées. Un premier groupe pouvait uniquement communiquer par voie racinaire, le second uniquement par voie aérienne, et le dernier pouvait utiliser les deux voies. Les résultats ne montrent pas de différence de prédation entre les plantes naïves et informées, mais soulignent par contre une prédation réduite des radis ayant poussé dans un sol avec champignons mycorhiziens. De plus, les résultats suggèrent que la communication par voie aérienne joue un rôle important chez les plants de radis lors de la prévention d'attaques de prédateurs, mais des expériences en milieu contrôlé seraient nécessaires pour vérifier cette hypothèse.

Mots-clés: Altise, *Alticinae*, communication par voie aérienne, communication par voie souterraine, composé organique volatile biogénique, COVB, mycorhize, *Raphanus sativus*.

SALOMON J.-A., 2021. The communication between plants. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 100 : 173-180.

Abstract

When scientists became interested in the ability of plants to respond to their environment, they discovered that plants had the ability to communicate with each other. Two communication routes have been identified to date. The first, the aerial way, consists in an exchange of gaseous molecules called biogenic volatile organic compounds (BVOC). The second, the underground way, is through the grafting of roots, with the help of a mycorrhizal network, or by electrical signals. In this work, we wanted to know (i) if radish (*Raphanus sativus*) shoots communicate in order to warn each other about predator attacks, and (ii) in case of communication, to identify the pathway(s) used. To do

¹Gymnase d'Yverdon-les-Bains, route du gymnase 6, 1400 Cheseaux-Noréaz.

Auteur pour correspondance : Joy-Anne Salomon, joyannesalomon@gmail.com

this, I created two groups of radishes: a “warned” group, consisting of plants next to attacked radishes that should be informed of the attack in case of communication, and a “naive” group, consisting of plants exposed to unattacked conspecifics. These plants were distributed in two different types of substrates, with or without mycorrhizal fungi, and exposed to three experimental treatments to determine the communication pathway(s) used. The first group could communicate only by root, the second only by air, and the last one could use both ways. The results showed no difference in predation between the naïve and informed plants, but did indicate reduced predation by radishes grown in soil with mycorrhizal fungi. In addition, the results suggest that airborne communication plays an important role for radishes in preventing predator attacks, but experiments in a controlled environment would be needed to test this hypothesis.

Keywords: Air communication, *Alticinae*, biogenic volatile organic compound, BVOC, flea beetle, mycorrhizae, radish, *Raphanus sativus*, underground communication.

INTRODUCTION

Avant que Charles Darwin ne mette en lumière la capacité des plantes à réagir à leur environnement et à se mouvoir, les végétaux étaient généralement considérés comme inanimés et insensibles à ce qui les entoure. Il était alors impensable d’envisager une quelconque forme de communication entre les plantes (DAUGEY 2018). Il faudra attendre un siècle avant que les chercheurs se penchent sur cette hypothèse de communication entre plantes. C’est en 1979 que le chercheur David Rhoades, en s’intéressant aux saules et leur ravageurs, les livrées d’Amérique, a fait une découverte étonnante. En nourrissant, dans son laboratoire, des chenilles de feuilles d’arbres non infestées mais se trouvant à proximité d’arbres qui eux l’étaient, il a vu que ces livrées présentaient des problèmes de croissance liés à la mise en place d’un système de défense par les arbres. Le saule a donc dû être averti afin de mettre en place un mécanisme de défense en prévision de l’attaque (RHOADES 1979). Cette expérience a permis de poser un regard différent sur les plantes et leurs capacités, notamment la communication entre individus.

Depuis, les chercheurs et scientifiques ont mené de nombreuses expériences, permettant ainsi de mieux comprendre la communication entre les plantes, notamment sur les mécanismes impliqués lors de cet échange. La communication se définit comme étant un « moyen technique par lequel des personnes communiquent, se transmettent des messages » (REY & REY-DEBOVE 1990), impliquant une participation active de l’émetteur et du récepteur, et donc une intention des deux côtés. Or, étant donné qu’il est difficile, voire impossible, d’attribuer un dessein à une plante, nous parlerons ici d’intérêt au sens évolutif. Ainsi, dans mon travail, le terme de communication signifie l’échange d’informations entre plusieurs plantes et dont l’émetteur et le récepteur en tirent un certain bénéfice.

Plusieurs voies de transferts entre individus ont été mises en évidence (ELHAKHEEM A. et al. 2018, VOLKOV & SHTESSEL 2020), que ce soit au-dessus ou au-dessous du sol. La communication par voie aérienne, c’est-à-dire au-dessus du sol, a lieu grâce à un échange d’informations portées par des molécules chimiques appelées composés organiques volatils biogéniques (COVB; MANCUSO & VIOLA 2018). Ces molécules se répandent facilement dans l’air et transportent des messages qui sont amenés par le vent vers les plantes voisines qui vont réagir en fonction (LENNE et al. 2013). Cependant, ce moyen de communication est incertain puisqu’il dépend des conditions météorologiques. En effet, le vent et la pluie peuvent détruire les messages ou les dévier du chemin qui les mèneraient à la plante réceptrice (DAUGEY 2018).

Le second voie de communication possible est la voie souterraine. Cette méthode présente l'avantage, étant donné que tout se passe sous terre, d'être moins dépendante des conditions météorologiques (DAUGEY 2018). Dans le sol, l'échange de messages peut avoir lieu sous différentes formes. Il peut se faire par les racines des plantes d'une même espèce qui se greffent directement entre elles afin de passer, entre autres, des messages. L'envoi de signaux électriques et chimiques passant par le sol est également possible, et les racines des plantes n'ont alors pas besoin de se toucher (VOLKOV & SHTESSEL 2020). Enfin, les champignons mycorhiziens, qui vivent en symbiose avec la plupart des plantes, peuvent aussi aider à la communication, en créant un réseau souterrain qui relie les différentes plantes, de la même espèce ou non (HALLÉ 2008). Le rôle des champignons mycorhiziens dans la transmission de messages a d'ailleurs été mis en évidence par SONG *et al.* (2010) qui a remarqué que lorsqu'il infectait une pousse de tomates d'une maladie, ses voisins se préparaient mieux à la venue des ravageurs lorsqu'elles étaient mises dans de la terre mycorhizée que dans de la terre non-mycorhizée. Cependant, bien que la plupart des plantes forment des mycorhizes, ce n'est pas le cas de toutes les espèces. D'après certaines études, la famille des Brassicacées ferait partie des exceptions, mais son cas reste à vérifier (ROBERT 2013).

Dans ce travail, j'ai étudié la communication entre des pousses de radis (*Raphanus sativus*) en situation d'attaque par des prédateurs, principalement par des altises qui sont des coléoptères et ravageurs de nombreuses cultures de Brassicacées. J'ai créé un premier groupe de radis « avertis », consistant en des plantes se trouvant à côté de radis attaqués et qui devraient être informées de l'attaque en cas de communication, et un second groupe de radis « naïfs », consistant en des plantes exposées à des congénères non-attaqués. Mon hypothèse est que, si les radis communiquent entre eux, alors le groupe « averti » aura une surface foliaire mangée inférieure aux radis naïfs étant donné qu'ils auront été prévenus et se seront préparés à l'attaque. De plus, si les champignons mycorhiziens aident à la communication entre les plantes de radis, celles en contact avec ces champignons auront une surface foliaire mangée inférieure à celles qui ne sont pas en contact avec ceux-ci. Finalement, j'ai également testé expérimentalement quelle était la voie de communication, aérienne ou souterraine, utilisée par les pousses de radis pour s'informer lors d'attaques.

MÉTHODE

L'expérience s'est déroulée en extérieur, dans le nord-vaudois près d'Yverdon-les-Bains (450 m d'altitude), en Suisse, du 31 juillet au 10 septembre 2020. Les conditions météorologiques auxquelles étaient exposées les pousses de radis n'étaient pas des plus favorables (vent et pluie), sans toutefois perturber les expériences.

Germination des pousses de radis

La première étape de mon expérience a été la mise en germination de ma première série de radis (Marabelle, Pure Nature, Migros). Les graines ont été plantées à deux centimètres de profondeur dans de la terre pour semi (Oecoplan Terreau, COOP), dans des plaques multi-pots alvéolées de 4 ou 77 trous. Afin que les prédateurs n'attaquent pas les jeunes pousses, j'ai recouvert les plaques alvéolées d'un filet de protection anti-insecte (Andermatt Biogarten, Landi).

Préparation des différentes expériences

Trois expériences différentes ont été menées pour déterminer le mode de communication utilisé entre les plants de radis. Dans la première expérience, les plantes n'étaient soumises à aucune contraintes et étaient donc libres de communiquer par voies aérienne et souterraine. Dans la seconde, j'ai utilisé du géotextile pour empêcher toute communication souterraine entre les radis. Dans la troisième, j'ai empêché la communication aérienne en plaçant des pots de 5L retournés, dont le fond avait préalablement été découpé pour garantir un accès des pousses à la lumière, sur les plantes pour empêcher les contacts entre les parties aériennes des plantes. Chacun des trois traitements comptait dix pots, cinq remplis avec de la terre (Terreau universel Capito, Landi) et les cinq autres avec de la terre à laquelle étaient ajoutés des champignons mycorhiziens (Myradix, Jumbo).

Exposition aux attaques de prédateurs

Sept jours après leur germination, quatre radis ont été plantés dans chacun des 30 pots, soit un total de 120 radis. Dans chacune des expériences, j'ai ensuite recouvert quatre pots (deux pour les pots avec les champignons et deux pots sans champignons mycorhiziens) d'un filet de protection anti-insectes. Ces plantes sont considérées comme « naïves » puisqu'elles n'auront pas subi d'attaques et ne pourront pas, dans le cas d'une communication entre plantes, avertir les pousses voisines. Pour les plantes qui n'avaient pas de filet de protection, j'ai laissé les prédateurs librement attaquer les plantations.

Après sept jours dans ces conditions, j'ai préparé les plaques alvéolées pour les prochaines pousses de la même manière que précédemment (voir « germination des pousses de radis » ci-dessus). Après une semaine de germination, j'ai replanté les jeunes pousses de radis dans les 30 pots, soit quatre radis par pot, à côté des anciennes pousses. Les filets de protections des pots avec les plantes « naïves » ont été retirés et les prédateurs ont pu librement attaquer les plantations pendant deux semaines. J'ai ensuite mesuré sur les nouvelles pousses la surface foliaire mangée par les prédateurs.

Analyse statistique

Une première analyse a consisté à tester si la communication entre les plants de radis induisait une meilleure défense contre les prédateurs, et par conséquent une réduction des dégâts sur les feuilles. Pour ce faire, j'ai comparé la surface de feuille mangée entre les plantes naïves et averties (variable « État »), en interaction avec le type de sol (avec ou sans champignons mycorhiziens; variable « Mycorhize »), à l'aide d'une ANOVA à deux facteurs en utilisant la fonction *lm* dans le package *stats*. Cette analyse, ainsi que les suivantes, a été effectuée sur R v.4.1.0 (R CORE TEAM 2018).

La seconde analyse a eu pour but d'étudier le mode de communication, aérien ou racinaire, utilisé par les plants de radis lors de l'attaque par des prédateurs. Pour ce faire, j'ai comparé la surface de feuilles mangée entre les plantes naïves et averties, en interaction avec les différentes expériences limitant la communication (communication libre, uniquement aérienne, uniquement racinaire; variable « Expérience »), à l'aide d'une ANOVA à deux facteurs comme précédemment. Deux modèles ont été construits, un pour les plantes ayant poussé dans une terre sans champignons mycorhiziens, et un pour celles ayant poussé dans une terre avec. Nous n'avons pas construit un modèle avec une triple interaction (Etat*Mycorhize*Expérience) car

les données n'étaient pas assez robustes pour ceci, et l'interprétation des résultats par conséquent impossible.

Les interactions significatives ont par la suite été détaillées avec des comparaisons par paires entre les groupes en utilisant la méthode des « moyennes marginales estimées » à l'aide de la fonction *emmeans_test* du package *rstatix*, en appliquant une correction de Bonferroni pour les comparaisons multiples.

RÉSULTATS

Pour les plantes pouvant communiquer librement (aucune contrainte racinaire ou aérienne), les résultats ne montrent pas de différence significative de prédation entre les plantes naïves et informées (figure 1A; ANOVA à deux facteurs, $F_{(1,35)} = 0,532$, $p = 0,470$). Toutefois, bien que le modèle n'ait pas reporté un effet significatif ($p = 0,782$) de l'interaction entre l'état de la plante (naïve ou informée) et le type de terre (avec ou sans champignons micorhiziens), la présence de champignons micorhiziens dans le sol a réduit la prédation des plants de radis de manière générale (figure 1B; $p < 0,001$).

Dans la seconde analyse, ayant pour but d'étudier le mode de communication utilisé par les plants de radis lors de l'attaque par des prédateurs, nous avons effectué une analyse par type de sol (avec ou sans champignons mycorhiziens). Dans une terre mycorhizées, l'état du plant de radis

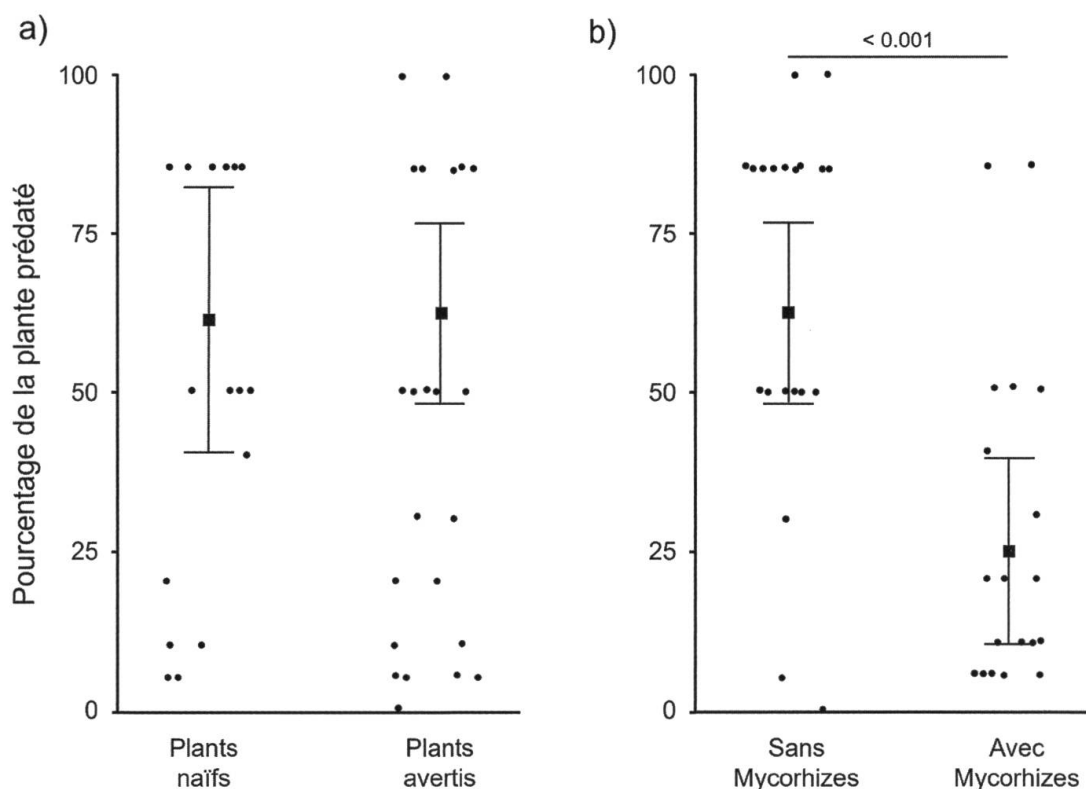


Figure 1. Pourcentage des feuilles de radis consommées par les prédateurs en fonction (a) de l'état des plants, les « avertis » étant avec des plantes préalablement exposées à des prédateurs et les « naïfs » avec des plantes qui ne l'ont jamais été, et (b) du type de sol, avec ou sans champignons mycorhiziens. Les carrés noirs indiquent les moyennes et les barres les intervalles de confiance à 95 %. Les points noirs représentent les données brutes.

(naïf ou informé) en interaction avec la restriction de la communication (aérienne ou racinaire) a eu un effet sur la surface de la feuille de radis prédatée (ANOVA a deux facteurs, $F_{(2,48)} = 2,692$, $p = 0,008$), avec les plants naïfs privés de communication aérienne étant plus prédatés que tous les autres (figure 2). Pris individuellement, l'état ($p = 0,006$) et le type d'expérience ($p < 0,001$) semblent également influencer la prédation des radis. Le second modèle, concernant les plantes de radis poussant dans une terre non-mycorhizée, indique des résultats biologiquement non pertinents, probablement dus à des biais expérimentaux, et il n'est donc pas reporté ici.

DISCUSSION

Cette étude met en lumière l'importance des champignons mycorhiziens dans la résistance des plantes à l'attaque de prédateurs. En effet, les résultats indiquent que les plants de radis ayant poussé dans une terre contenant des champignons mycorhiziens étaient moins prédatés que ceux ayant poussé sans. La symbiose entre les champignons mycorhiziens et les plantes peut

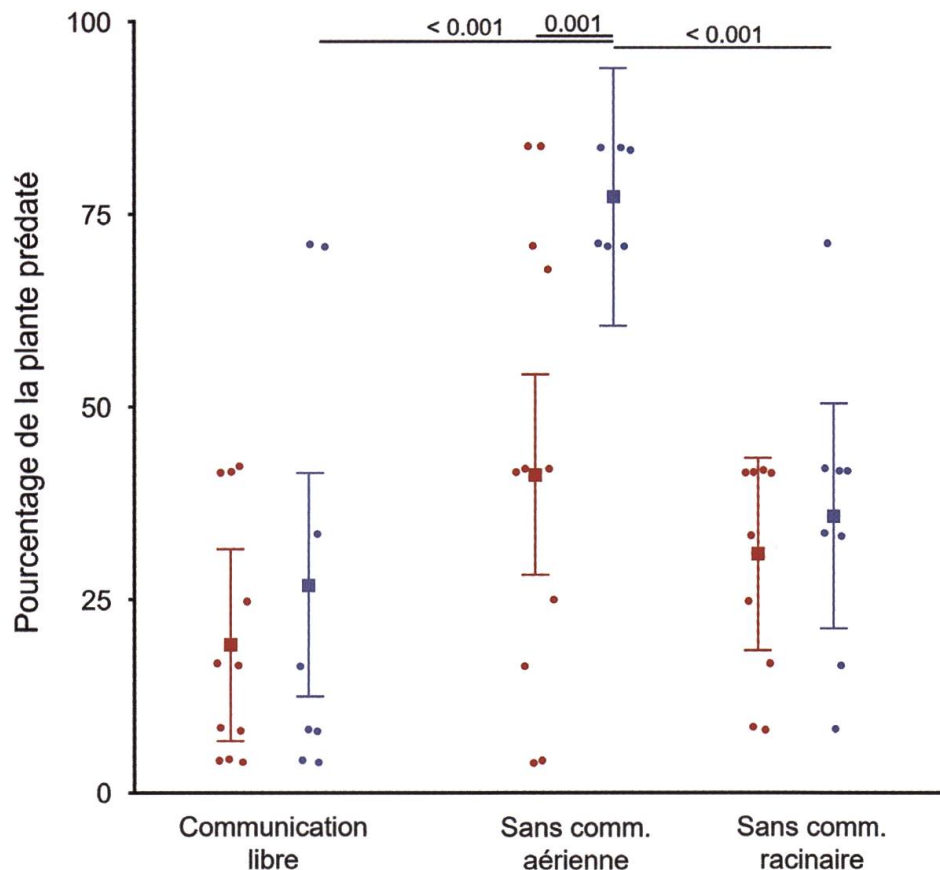


Figure 2. Pourcentage des feuilles de radis consommées par les prédateurs en fonction du type de communication possible (libre, sans communication aérienne, sans communication racinaire) et de l'état de la pousse, les « averties » (en rouge) étant avec des plantes préalablement exposées à des prédateurs, et les « naïves » (en bleu) avec des plantes qui n'ont jamais été exposées. Seules les plantes ayant poussé dans une terre avec champignons mycorhiziens ont été considérées. Les carrés noirs indiquent les moyennes et les barres les intervalles de confiance à 95 %. Les points représentent les données brutes.

rendre les plants de radis plus résistants aux prédateurs de différentes manières. Cependant, étant donné que mon expérience n'a pas été élaborée spécifiquement pour étudier ces mécanismes, ce ne sont ici que des spéculations. La symbiose entre les plantes et les champignons mycorrhiziens peut avoir un effet direct sur la réponse de la plante contre une attaque, en fournissant par exemple des molécules spécifiques (POZO *et al.* 2010, HAO *et al.* 2019), ou de manière indirecte en améliorant par exemple la croissance de la plante (MIRANSARI 2010, MITRA *et al.* 2021), la rendant moins attractive pour les prédateurs en comparaison des pousses moins développées et plus tendres. Dans tous les cas, il est intéressant de relever l'influence que peut avoir la présence de mycorhizes dans le sol sur la prédation des parties aériennes d'une plante.

Contrairement à nos prédictions, les résultats n'ont pas montré de différence de prédation entre les plants de radis naïfs et avertis dans des conditions expérimentales de base. Toutefois, les plants naïfs étaient plus prédatés lorsque la communication aérienne était impossible, ce qui suggère que cette dernière est un moyen de communication important pour les pousses de radis pour se prévenir de l'attaque de prédateurs. Il est important de relever que l'expérience s'est déroulée en extérieur dans des conditions non standardisées et, étant donné la complexité des mécanismes étudiés ici, il est difficile de tirer des conclusions sur la base de ces résultats. Il serait souhaitable de réitérer l'expérience en laboratoire, ce qui permettrait de contrôler les conditions de croissance (par exemple l'arrosage et l'ensoleillement), la prédation (par exemple les espèces et leur nombre), mais également de mesurer plus précisément le mode de communication utilisé (par exemple l'émission de molécules volatiles).

En conclusion, les résultats obtenus durant cette étude préliminaire n'indiquent pas une réduction significative de la prédation associée à la communication entre les plants de radis, mais ils suggèrent quand même un rôle potentiel de la communication aérienne dans la résistance aux attaques. De plus, cette expérience a également mis en évidence la prédation réduite des radis plantés dans un sol avec des champignons mycorrhiziens, le mécanisme expliquant ceci restant toutefois à découvrir.

BIBLIOGRAPHIE

- DAUGEY F., 2018. *L'intelligence des plantes: les découvertes qui révolutionnent notre compréhension du monde végétal*. Éditions Ulmer, Paris, France. 159 p.
- ELHAKHEEM A., MARKOVIC D., BROBERG A., ANTEN N.P.R. & NINKOVIC V., 2018. Aboveground mechanical stimuli affect belowground plant-plant communication. *PLoS ONE* 13(5): e0195646.
- HALLÉ F., 2008. *Aux origines des plantes, Des plantes anciennes à la botanique du XXI^e siècle*. Éditions Fayard, Paris, France. 675 p.
- HAO Z., XIE W. & CHEN B., 2019. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Affects Plant Immunity to Viral Infection and Accumulation. *Viruses*, 11: 534.
- LENNE C., BODEAU O. & MOULIA B., 2013. Vrai ou Faux: Les plantes communiquent-elles? *Pour la science*, Société Pour la Science 2013, 423 (Janvier 2013).
- MANCUSO S. & VIOLA A., 2018. *L'intelligence des plantes*. Éditions Albin Michel, Paris, France. 240 p.
- MIRANSARI M., 2010. Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under different types of soil stress. *Plant Biology*, 12: 563-569.
- MITRA D., DJEBAILI R., PELLEGRINI M., MAHAKUR B., SARKER A., CHAUDHARY P., KHOSHROU B., DEL GALLO M., KITOUNI M., BARIK D.P., PANNEERSELVAM P. & DAS MOHAPATRA P.K., 2021. Arbuscular mycorrhizal symbiosis: plant growth improvement and induction of resistance under stressful conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 44: 1993-2028.
- POZO M.J., JUNG S.C., LÓPEZ-RÁEZ J.A. & AZCÓN-AGUILAR C., 2010. Impact of Arbuscular Mycorrhizal

- Symbiosis on Plant Response to Biotic Stress: The Role of Plant Defence Mechanisms. *In*: KOLTAI H., KAPULNIK Y. (eds) *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Springer, Dordrecht.
- R CORE TEAM, 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- REY A. & REY-DEBOVE J., 1990. *Le petit Robert: dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*. Paris, Les dictionnaires Le Robert, p. 346.
- ROBERT L., 2013. Les mycorhizes, ça vaut le coup? <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/journalvisionagricole/autresarticles/grandescultures/Pages/Lesmycorhizescavautlecoup.aspx>, consulté le 03.08.2020.
- RHOADES D.F., 1979. Evolution of plant chemical defense against herbivores. Pages 3-54 in G. A. Rosenthal and D. H. Janzen, editors. *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. Academic Press, Orlando, Florida, USA.
- SONG Y.Y., ZENG R.S., XU J.F., LI J., SHEN X. & YIHDEGO W.G., 2010. Interplant communication of tomato plants through underground common mycorrhizal networks. *PLoS ONE* 5: e13324.
- VOLKOV A.G. & SHTESSEL Y.B., 2020. Underground electrotonic signal transmission between plants. *Communicative & Integrative Biology*, 13(1): 54-58.