

LES PLANTES PRENNENT LA PAROLE

LES COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS :
UNE ALTERNATIVE AUX PESTICIDES ?



MEMBRACIDÉ SUR PLANTE TROPICALE - SOURCE : ALEX WILD

FICHE PÉDAGOGIQUE

ANTOINE BODELOT, MÉLANIE FORTIER, FRANCESCA LAURINI, JULIETTE MARON

OCTOBRE 2019 - PROJET CHAPERONNÉ PAR ESLA BALLINI

INTRODUCTION

Les plantes, dans leur environnement, sont constamment soumises à des pressions biotiques et abiotiques. Parmi les pressions biotiques, elles peuvent être attaquées par des insectes phytophages qui peuvent aussi être vecteurs de maladies, être infectées par des agents pathogènes ou encore entrer en concurrence avec des adventices.

Afin de lutter contre ces pressions, les plantes, comme les animaux, possèdent leur propre système de défense. Il repose principalement sur la production de composés organiques volatiles (COV) émis par différents organes de la plante (feuilles, tige, racines ...).

Ces molécules peuvent être stockées puis libérées dans l'air suite à une blessure, ou circuler au sein de la plante et diffuser vers le milieu extérieur sous l'effet de différents facteurs biotiques et abiotiques. Elles permettent aux plantes de communiquer avec leur environnement, que ce soit avec d'autres plantes ou avec d'autres organismes. Ainsi, elles peuvent par exemple prévenir leurs voisines d'une attaque d'insectes phytophages et induire chez elles une résistance accrue.

L'utilisation des COVs pourrait donc s'inscrire dans le cadre d'une lutte biologique intégrée et ainsi participer, entre autres, à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires.

(Quintana-Rodriguez *et al.*, 2015)

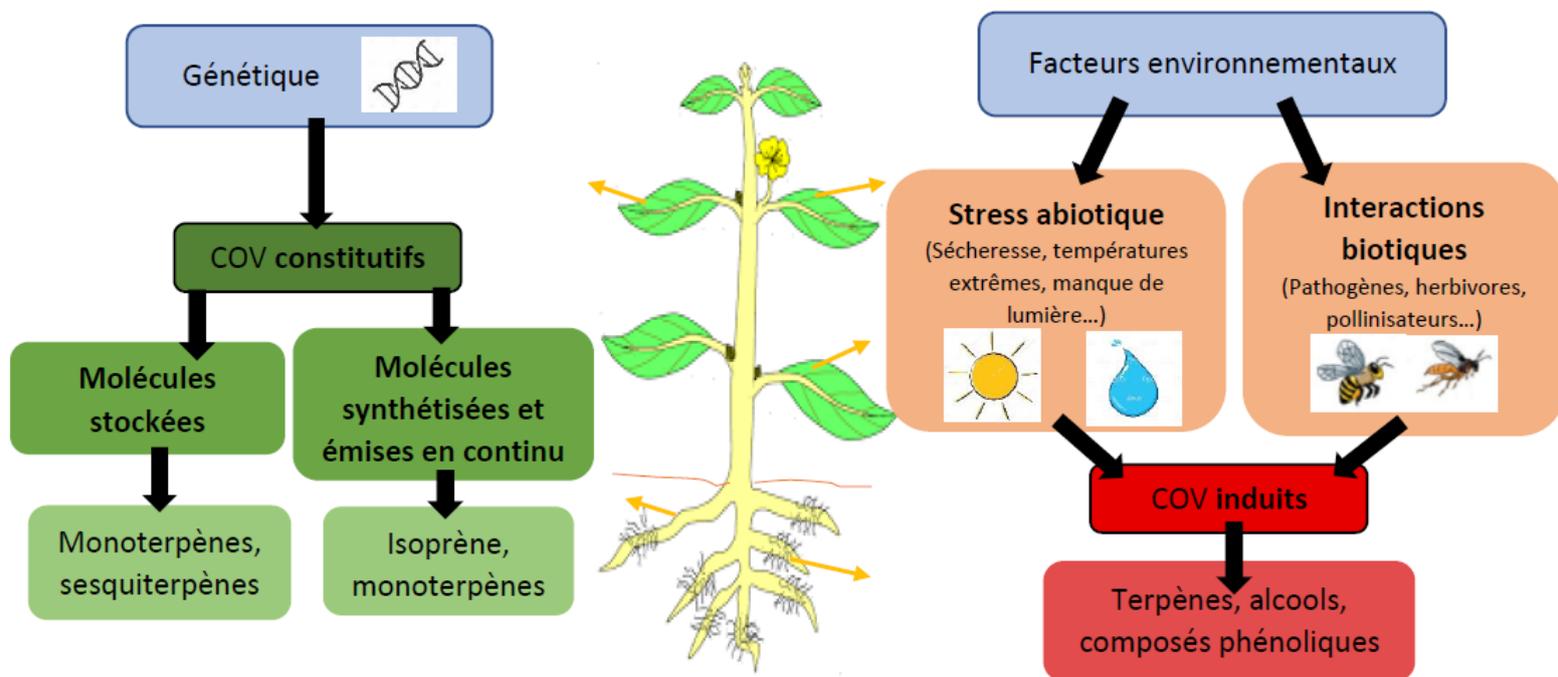


Figure 1 : Influence des facteurs biotiques et abiotiques sur l'émission des COVs

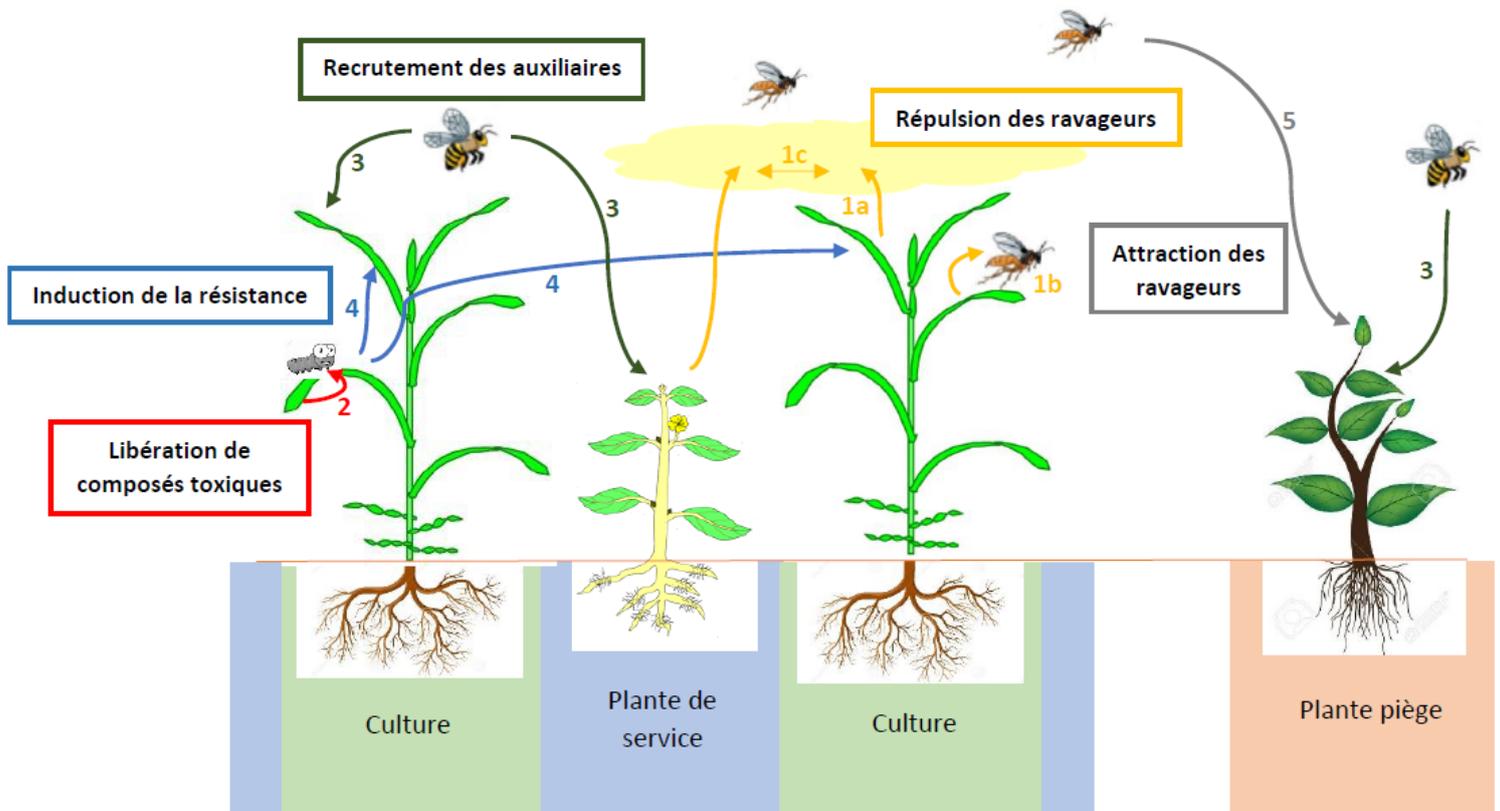
Les émissions de COVs sont soit **constitutives**, c'est-à-dire contrôlées par des facteurs génétiques, soit **induites** par les perturbations et/ou les stress biotiques ou abiotiques.

- Dans le premier cas, des molécules sont synthétisées et libérées en continu ou libérées à partir du stock existant suite à une rupture mécanique des tissus par exemple.
 - > Ces molécules sont produites par la plante quelles que soient ses interactions biotiques, elles sont donc constitutives.
- Dans le deuxième cas, une forte plasticité phénotypique dans l'émission des COVs est observée en fonction de facteurs biotiques (comme la présence de pathogènes) et de facteurs abiotiques (comme des stress : sécheresse, température élevée...).
 - > Les molécules sont produites en réponse à un événement et sont donc induites.

(Niederbacher *et al.*, 2015)

EXEMPLE D'APPLICATION : les stratégies "Push-Pull"

On peut définir ces stratégies comme une approche qui consiste à éloigner les insectes des zones de cultures pour les amener dans une zone où ils seront éliminés (généralement en bordure de champ). Cette technique peut être associée à l'utilisation d'auxiliaires (lutte biologique), qui sont également recrutés par des COVs.



- 1: Répulsion des ravageurs - 1a : à distance - 1b : par contact - 1c : par synergie avec les plantes de service (stratégie PUSH)
- 2: Libération de composés toxiques pour les ravageurs ou de substances antimicrobiennes ou antifongiques (stratégie PUSH)
- 3: Recrutement des auxiliaires : prédateurs, parasitoïdes... (stratégie PULL)
- 4: Induction de la résistance de la plante et des autres plantes (stratégie PUSH)
- 5: Attraction des ravageurs en dehors de la parcelle (stratégie PULL)

Figure 2 : Illustration de l'ensemble des fonctions des COVs exploitables pour des stratégies Push-Pull

DÉFINITIONS

- **Plante de service** : plante cultivée au sein de la parcelle, en association spatiale et/ou temporelle avec la culture d'intérêt. Son rôle premier n'est pas la production, mais le **rendu de services écosystémiques** (attraction d'auxiliaires, fixation d'azote, répulsion des ravageurs...).
- **Plante piège** : plante placée en bordure de parcelle qui permet l'**attraction des ravageurs en dehors de la culture**. Ainsi regroupés, ils sont plus faciles à contrôler et/ou éliminer.

(Stenberg, *et al.*, 2015)

MÉCANISMES (d'après le schéma)

- Certains COVs agissent à distance : ils **repoussent les ravageurs** (1a) et empêchent par exemple le phénomène d'agrégation.
- D'autres agissent par contact et **modifient le comportement de l'insecte** (1b) une fois qu'il est posé sur la plante : ils peuvent être un signal d'alarme pour les insectes qui quittent alors la plante ou se laissent tomber au sol.
- En intercalant des plantes de service, l'effet répulsif à distance est renforcé : il y a **synergie avec les COVs de la culture d'intérêt** (1c).
- Lorsqu'un phytophage attaque la plante, elle peut **libérer des COVs toxiques** (2) suite à la rupture mécanique des structures dans lesquels ils étaient stockés (trichomes glandulaires et conduits résineux).

(Delory *et al.*, 2016)

(Issa, 2014)

MÉCANISMES (suite)

- La phytophagie peut aussi induire la synthèse de molécules dites "herbivore-induced plant volatiles (HIPV)"
 - certains HIPV sont des "Green Leaf Volatiles (GLV)" : ils permettent d'attirer des auxiliaires (3), qui s'attaqueront aux ravageurs présents sur la plante et dans la parcelle (*salicylate de méthyle*).
 - d'autres sont des signaux chimiques qui induisent la résistance de la plante (*acide jasmonique*) et des plantes voisines (*salicylate de méthyle*) (4).
- Les plantes pièges sont placées en bordure de parcelle. Leur production de COVs attire les ravageurs en dehors de la culture (5) et recrute également des auxiliaires, qui peuvent s'y abriter et s'y nourrir (3).

(Shulaev *et al*, 1997)

(James *et al*, 2004)

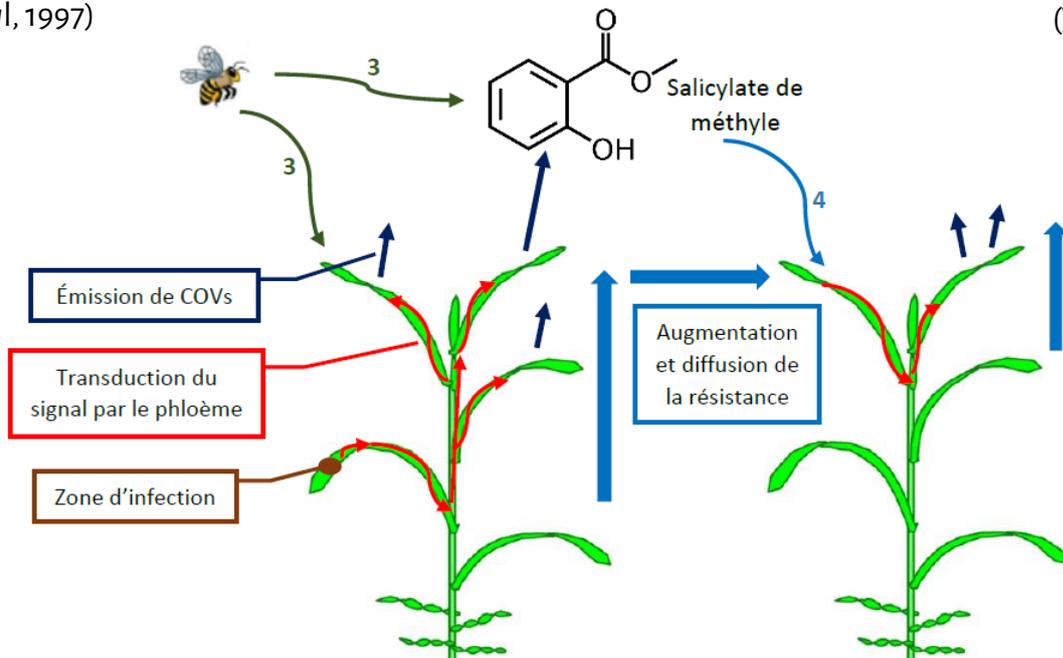


Figure 3 : Zoom sur les mécanismes d'action d'un HIPV: le salicylate de méthyle

LIMITES D'UTILISATION DES PLANTES DE SERVICE

Variabilité de la production de COVs

- Selon les conditions pédoclimatiques (structure du sol, climat, saisons...), situations de stress et pollutions
- Selon le stade phénologique de la plante et sa variété
- Selon le système de culture

Incertitudes quant à l'efficacité des stratégies

- Interactions entre COVs de plusieurs plants d'une même variété
- Interactions entre COVs de différentes espèces
- Interactions avec le microbiote
- Phénomène de compétition entre culture d'intérêt et plantes de service
- Peu de spécificité des COVs produits (on ne sait pas quels pathogènes seront visés)

PERSPECTIVES

(Kergunteuil, 2014)

Pour pallier la variabilité de production et d'efficacité des COVs des plantes de service, on peut les remplacer par des diffuseurs continus. Ces derniers sont disposés à intervalles réguliers au sein et en bordure de parcelle afin d'avoir une couverture olfactive optimale. Ce dispositif permet de choisir quels COVs sont utilisés et où ils sont diffusés. De plus, il n'y a plus de problèmes de fluctuation de la production selon les différents paramètres biotiques et abiotiques.

EXEMPLE D'APPLICATION : lutte contre la mouche du chou

L'efficacité des diffuseurs en bordure de parcelle a déjà été démontrée à plusieurs reprises. Un des exemples est la diffusion de Diméthylsulfure (DMDS) au sein d'un champ de brocolis couplée à la plantation d'une bordure de choux chinois où des diffuseurs de Z-3 HAC sont installés. Ce dispositif permet de réduire de 30% la ponte (oviposition) de *D. radicum* (la mouche du chou) sur le brocolis, tandis qu'elle augmente de 40% sur le chou chinois.

(Lamy, 2016)

LIMITES D'UTILISATION DES DIFFUSEURS

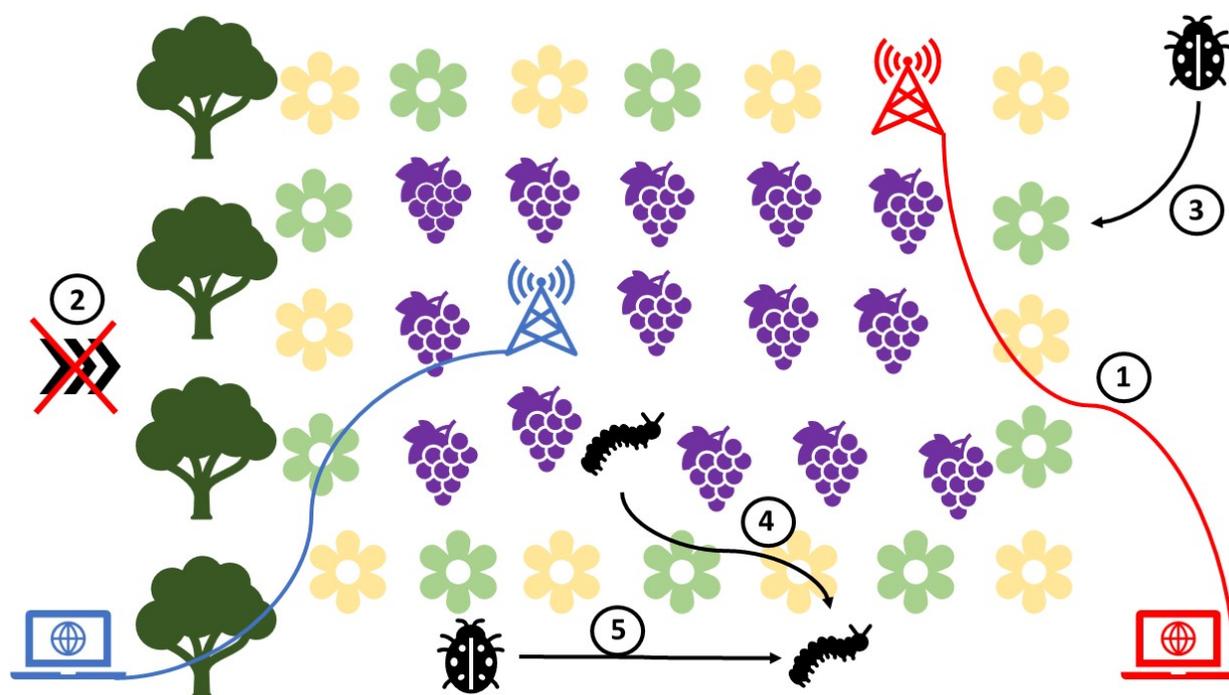
Variabilité de l'efficacité

- Possibles interactions antagonistes entre les COVs synthétiques et les COVs de la culture d'intérêt
- Problème de recouvrement (concentration en COVs synthétiques trop élevée dans une zone)
- Problème de dilution de la quantité émise (balayage de la parcelle par le vent)
- Apparition d'un phénomène d'habituation des insectes aux COVs
- Pas de possibilité d'implantation durable des auxiliaires dans le milieu (manque de nourriture alternative ie du pollen)

Manque de connaissances

- Nécessité de faire des recherches en amont (identification, sélection, synthèse, et test des COVs d'intérêt)

PERSPECTIVES



- (1) : Les diffuseurs de COV sont reliés à un ordinateur couplé d'un logiciel d'aide à la décision et de cartographie.
-> les COVs sont diffusés lorsque les **conditions sont optimales** et on peut essayer de **modéliser les aires de recouvrement**.
-> les **données sont collectées** et compilées dans une base de données pour améliorer le système à posteriori.
- (2) : Des haies plantées face au du vent dominant permettent de le bloquer et de **réduire le phénomène de dilution**.
- (3) : Les bandes fleuries plantées en bordure de parcelle permettent d'**implanter durablement les auxiliaires dans le milieu**
-> zone abritée et présence de nourriture en continu (pollen, autres insectes...).
- (4) : Les ravageurs, au contact des COVs diffusés, sont repoussés en dehors de la parcelle, et attirés par ceux diffusés dans les bandes fleuries. Ils servent alors de nourriture aux auxiliaires qui s'y sont installés (5).

Figure 4 : Schéma explicatif des perspectives d'amélioration du système des diffuseurs

Contrôler et suivre les émissions

- Relier les diffuseurs à des ordinateurs (1)
 - couplé à un logiciel d'aide à la décision
 - couplé à un logiciel de cartographie (SIG)
- Créer une base de données (1)
 - historique des COVs utilisés et des zones de diffusion

Augmenter la durabilité

- Coupler les diffuseurs avec un aménagement du paysage
 - implantation de haies (arbres ou arbustes) (2)
(Audemard *et al.*, 1989)
 - implantation de bandes fleuries (3)

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'utilisation des COVs dans la lutte contre les ravageurs de culture est une des méthodes qui permet de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. Les diffuseurs de COVs peuvent être intégrés dans des stratégies Push Pull.

Cependant, leur efficacité est encore limitée, surtout quand on les utilise sans aucun aménagement (haies, plantes de service...) ou sans aucune association avec les pratiques culturales existantes. Un des facteurs limitants pour l'efficacité des COVs est l'environnement dans lequel sont placés les diffuseurs. Un autre facteur est le manque de connaissances et de recherches sur les méthodes de sélection des COVs à utiliser.

Il serait intéressant de coupler ces diffuseurs avec des technologies dites "de précision" afin d'améliorer leur performance. Cependant, les nouvelles technologies associées aux diffuseurs sont encore peu utilisées, notamment à cause des coûts importants.

RÉFÉRENCES

- AUDEMARD, H., *et al.* Bilan de sept années d'essais de lutte contre la Tordeuse orientale du pêcher *Cydia molesta* Busck (Lep., Tortricidae) par confusion sexuelle des mâles. *Journal of applied entomology*, 1989, 108.1-5: 191-207.
- DELORY, B. M., *et al.* Root-emitted volatile organic compounds: can they mediate belowground plant-plant interactions?. *Plant and Soil*, 2016, 402.1-2: 1-26.- ISSA, R. B., 2014. Etude de l'effet de plantes de service (PdS) sur l'installation d'une population du puceron *Myzus persicae* (Hemiptera Aphididae): mise en évidence du rôle des composés organiques volatils (COV).
- JAMES, D. G. et PRICE, T. S., 2004. Field-Testing of Methyl Salicylate for Recruitment and Retention of Beneficial Insects in Grapes and Hops. In : *Journal of Chemical Ecology*. 1 août 2004. Vol. 30, n° 8, p. 1613-1628.
- KERGUNTEUIL, A., 2014. Des odeurs pour protéger les cultures: utilisation de composés volatils pour modifier le comportement de la mouche du chou, *Delia radicum* et de ses ennemis naturels. *Sciences agricoles*. 2013. p. 166.
- LAMY, F. Comprendre et manipuler la communication entre les plantes et les insectes pour protéger les cultures: vers l'élaboration d'une stratégie «Push-Pull» pour lutter contre la mouche du chou (*Delia radicum*). 2016. PhD Thesis. Rennes 1.
- NIEDERBACHER, B., Winkler, J.B., and Schnitzler, J.P. Volatile organic compounds as non-invasive markers for plant phenotyping. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 66, No. 18 pp. 5403–5416, 2015
- QUINTANA RODRIGUEZ E., Adan T. Morales-Vargas, J. Molina-Torres, R. M. Ádame-Alvarez, J. A. Acosta-Gallegos, et M. Heil. « Plant Volatiles Cause Direct, Induced and Associational Resistance in Common Bean to the Fungal Pathogen *Colletotrichum Lindemuthianum* ». Édité par Dan Flynn. *Journal of Ecology* 103, no 1 (janvier 2015): 250-60.
- SHULAEV, V., SILVERMAN, P. et RASKIN, I., 1997. Airborne signalling by methyl salicylate in plant pathogen resistance. In : *Nature*. février 1997. Vol. 385, n° 6618, p. 718-721.
- STENBERG, J. A., *et al.* Optimizing crops for biocontrol of pests and disease. *Trends in plant science*, 2015, 20.11: 698-712.