

Effet allélopathique d'une espèce indigène sur une plante envahissante majeure en Europe

Résumé : Cet article a été écrit par 9 élèves de l'Institution Sévigné de Compiègne avec leur professeur de SVT à partir d'une étude menée par l'équipe du Docteur Piola et avec sa collaboration. Ils se sont intéressés à l'article portant sur l'effet allélopathique d'une espèce indigène *Sambucus ebulus* sur une plante envahissante majeure en Europe *Fallopia x bohemica* faisant partie des *Renouées asiatiques*. Grâce à cette réécriture, les élèves ont pu apprendre comment l'effet allélopathique d'une plante indigène pouvait influencer une plante envahissante.



Mots clés: allélopathique, envahissante, indigène

Fallopia x bohemica

I/ INTRODUCTION

De nombreuses plantes envahissantes ne sont pas dominantes dans leur habitat naturel mais peuvent le devenir en étant introduites dans un nouvel environnement. La compétition directe entre les plantes invasives et natives est un processus continu par lequel les espèces invasives remplacent les espèces natives. Ceci menace la biodiversité. Parmi les interactions directes, la compétition pour les ressources est souvent considérée comme le principal facteur limitant. Cependant, d'autres formes de compétition directe, comme l'allélopathie, peuvent également avoir un impact significatif.

L'allélopathie est définie comme un processus d'interaction chimique plante-plante ou plante-micro-organisme. Elle a des effets positifs ou négatifs, et est aussi activement impliquée dans le succès des invasions. Diverses études ont conduit à l'hypothèse que les plantes qui ont co-évolué avec une espèce allélopathique peuvent être moins sensibles aux composés avec lesquels elles ont évolué tandis que les espèces nouvellement exposées vont présenter une moindre résistance face à la nouvelle espèce introduite. Le succès des espèces envahissantes va donc être plus important face aux plantes indigènes.

Cependant, une autre théorie propose que les espèces envahissantes qui n'ont pas co-évoluées avec les espèces indigènes pourraient être sensibles aux composés toxiques produits par des indigènes. Leurs composés allélopathiques pourraient affecter la croissance des espèces envahissantes et constitueraient une nouvelle méthode naturelle de contrôle. Mais, les effets allélopathiques des plantes indigènes sur les espèces envahissantes ont rarement été étudiés.

Fallopia x bohemica est une des espèces les plus envahissantes en Europe. Elle a la capacité de se disperser en utilisant deux types de propagules, les akènes (dispersion sexuée) et les rhizomes (dispersion végétative) ce qui la rend très difficile à contrôler. Il a récemment été démontré que *Sambucus ebulus* pouvait limiter la colonisation et le développement des deux types de propagules de *F. x bohemica*. Cet effet pourrait s'expliquer par un effet allélopathique direct, par un accès limité à la lumière ou par une compétition pour les ressources. En effet, la plante *S. ebulus* est capable de coloniser le même lieu d'habitation (par exemple les bords de route ou les berges de rivière) que *F. x bohemica*. Nous pouvons supposer que les propagules sexuées et les propagules végétatives comme les fragments de rhizome sont impliquées dans la colonisation et la propagation pendant l'invasion.

Dans ce travail, il a été émis comme hypothèse que l'espèce indigène *S. ebulus* a un effet allélopathique sur l'espèce invasive *F. x bohemica*, limitant la croissance de celle-ci. Cette hypothèse a été testée avec des akènes et des fragments de rhizomes en utilisant un plan expérimental consistant à arroser les pots cibles de *F. x bohemica* avec les lessivats des pots donneurs de *S. ebulus*. L'effet des lessivats de *S. ebulus* sur les traits de croissance de *Fallopia* (hauteur, nombre de feuilles, masse sèche souterraine et masse sèche aérienne) a été mesuré.

II MÉTHODE

1 ÉCHANTILLONNAGE

Date	Espèce	Mode de stockage et de nettoyage de culture	Lieu
13/12/2010	Rhizomes de <i>S. ebulus</i> collectés	4°C Laver afin d'enlever la terre	Chambéon (France, Pays de la Loire)
Janvier/ Février	Rhizomes de <i>F x bohemica</i> collectés (2 échantillons de la même plante) 	Cultiver à 20°C dans une serre dans des conditions identiques	Feysine à Lyon => population 1 Veauchette (département de la Loire) -> population 2
Janvier 2009	Akène de <i>F. x bohemica</i> 		Le long de la rivière Dorlay à Lorette (France)

2/ Plan expérimental

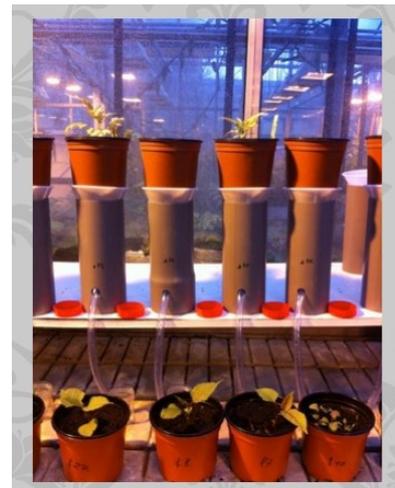
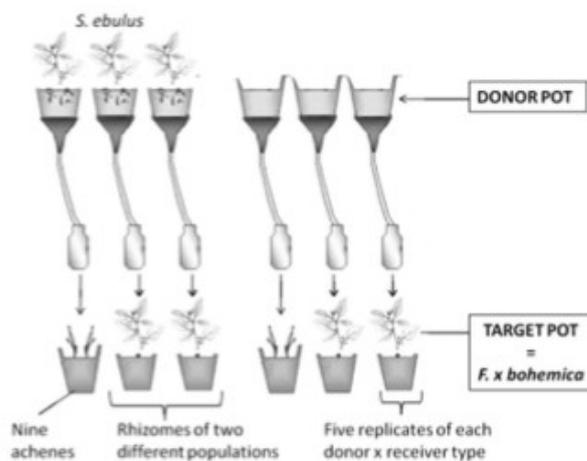


Fig. 1 : Conception expérimentale de l'expérience du pot. Deux types de pots donneurs (terreau, témoin et *S. ebulus* dans du terreau) sous lesquels ont été placés trois types de pots cibles contenant du terreau planté avec des akènes *F x bohemica*, ou des fragments de rhizome provenant des populations 1 ou 2, pour un total de six traitements avec cinq réplicats chacun (30 pots cibles).

Le plan expérimental a été adapté en utilisant des pots donneurs et des pots cibles pour séparer la compétition et l'allélopathie. Des pots de 1 L remplis de terreau Klasmann ont été utilisés. C'est un terreau pour tester si une plante peut avoir un effet chimique direct sur une autre indépendamment des effets liés à la communauté microbienne, probablement peu représentée dans ce type de substrat.

Les pots donneurs ont été placés sur des entonnoirs en plastique de 15 cm de diamètre et ont été placés sur des étagères à 30 cm au-dessus des pots cibles. Un flacon de 120 mL a été placé sous chaque entonnoir pour recueillir les lessivats qui sont des solutions formées par le mouvement ou la percolation d'un liquide à travers un sol ou des déchets solides et la dissolution dans l'eau de certains constituants des milieux traversés. Trente pots ont été assignés au hasard aux contrôles (15 pots sans plantes) ou au traitement (15 pots contenant des rhizomes de *S. ebulus*). Les rhizomes ont été sélectionnés avec un nœud et une biomasse d'environ $5 \pm 0,1$ g.

Article de recherche vulgarisé/ Research outreach article

Les rhizomes de *S. ebulus* avaient été plantés 2 mois avant le début de l'expérience afin d'obtenir une pousse aérienne de chaque rhizome. Des pots donateurs témoins ont également été préparés et arrosés pendant ces 2 mois avant le début de l'expérience. Au début de l'expérience, les 30 pots donateurs ont été saturés d'eau et ensuite arrosés tous les 2 ou 3 jours, respectivement, pour obtenir 100 ml de lessivat.

Trente pots cibles contenaient des propagules de *F. x bohemica* : 10 avec des akènes (9 akènes par pot), 10 avec des fragments de rhizome de la population 1 et 10 avec des fragments de rhizome de la population 2 (1 fragment par pot). Les fragments de rhizome ont été sélectionnés avec un nœud et une biomasse de $1,5 \pm 0,1$ g. Ces pots ont été régulièrement arrosés avec les lessivats des pots donateurs récoltés par gravité (pour chaque ensemble de 10 pots cibles, 5 ont été arrosés avec des lessivats de pots donateurs témoins et 5 avec les pots donateurs contenant des plantes de *S. ebulus*). Les pots cibles ont été déplacés aléatoirement chaque semaine au sein d'un même traitement (témoin ou *S. ebulus*) afin d'éviter un éventuel effet de localisation. L'expérience a duré 50 jours.

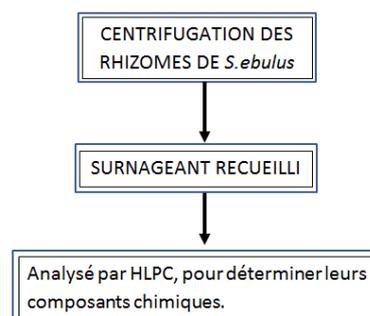
Explication sous forme de tiret :

- Utilisation pots donateurs et cibles, terreau Klasmann.
- Pots donateurs > entonnoirs 15 cm sur étagères 30 cm au-dessus pots cibles. + Flacon 120 mL sous entonnoir
- 15 pots contrôles : sans plantes ; 15 pots au traitement : rhizomes *S ebulus* (nœud et biomasse 5+0,1g)
- Plantation *S. ebulus* 2 mois avant expérience > pousses aériennes. Préparation et arrosage pots donateurs 2 mois avant expérience
- Saturation d'eau de 30 pots donateurs puis arrosage tous les 2 ou 3 jours respectivement > obtention 100 mL lessivats
- 30 pots cibles contenaient *F. x bohemica*, 10 avec akènes (9 par pots), 10 avec fragments rhizomes de population 1 et 10 avec fragments rhizomes de population 2 (1 fragment par pot) (nœud et biomasse de 1,5+0,1g)
- Arrosage régulier des pots avec lessivats (pour chaque ensemble de 10 pots cibles, 5 arrosés avec lessivats pots donateurs, et 5 avec pots donateurs contenant *S.ebulus*)
- Déplacement aléatoire des pots cibles chaque semaine pour éviter un éventuel effet de localisation
- Durée de l'expérience : 50 jours

Mesures et analyses

Pour mesurer le succès de la colonisation, le taux de germination des akènes et le temps régénération de rhizomes de *F. x bohemica* ont été évalués. Afin de tester l'impact des lessivats de *S.ebulus* sur la croissance de *F. x bohemica*, la hauteur, le nombre de feuilles et les masses sèches de celles-ci ont été mesurés durant 50 jours.

Une analyse chimique de *S.ebulus* a été faite. Après broyage et extraction, le surnageant recueilli des rhizomes de *S.ebulus* par centrifugation, a été analysé par chromatographie liquide haute performance aussi appelé HPLC, dans le but de déterminer ses composants chimiques.



Analyses statistiques

<u>Traitement sur le taux de germination des akènes</u>	<u>Traitement sur le taux de germination des rhizomes</u>	<u>Utilisation d'ANOVA</u>	<u>Utilisation modèles mixtes d'analyse de la variance</u>
Nombre de jours avant émergence	Nombre de jours avant émergence	+ ; -	- ; +
Nombre total feuilles finales	Population d'origine	+ ; -	- ; +
Masses sèches souterraines et aériennes par pot	Interaction sur nombre de jours avant l'émergence	+ ; -	- ; +
La hauteur	Nombre total feuilles finales	- ; -	+ ; +
Nombres de feuilles à 50 jours	Feuilles inférieures/supérieures à 50 jours	- ; -	+ ; +
	Masses sèches aériennes	+	-
	La hauteur	+	-
	Nombre total de feuilles après cinquante jours	+	-

Titre: Tableau représentant les techniques utilisées pour analyser les statistiques de traitement sur les akènes et les rhizomes.

Après avoir analysé ce tableau, on comprend mieux comment ces espèces sont analysées, avec quelles techniques. Toutes les analyses sont faites à l'aide du logiciel R 2.12.0 (R Development Core Team 2010), puis à l'aide d'ANOVA ou d'autres modèles mixtes d'analyse de variance.

III/ RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le traitement au lessivat de *S. ebulus* n'a eu aucun effet sur la régénération de *Fallopia* comme le montre la figure 2 ci-dessous. Il n'a pas non plus eu d'effet sur le taux de germination des akènes.

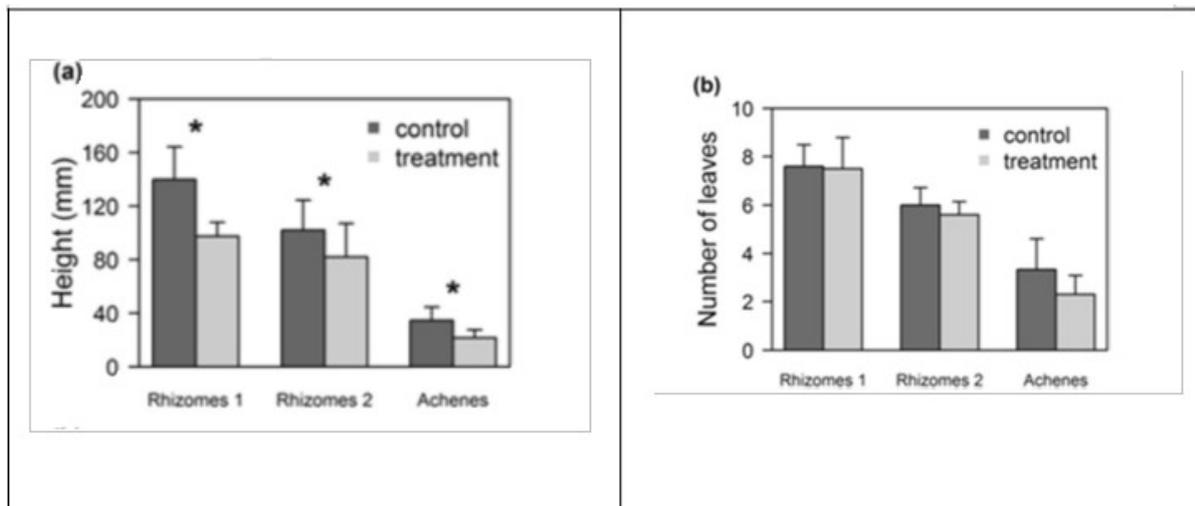


Fig.2 : Représentation de la hauteur et du nombre de feuilles des plantes provenant des rhizomes 1, 2 et des Akènes de *F. x bohemica* qui ont été arrosées avec des lessivats de pots de *S. ebulus* (test= treatment) ou avec des pots de compost (control) au 50^{ème} jour.

Dans le cas des plantes issues des akènes, le traitement a eu plusieurs effets sur les masses sèches (figure 3). La masse sèche souterraine a diminué de 55%, la masse sèche aérienne a diminué de 61% et la masse sèche foliaire a, elle, diminué de 70%. La hauteur a aussi diminué, de 38% pour les akènes traités. Au bout de 50 jours, le traitement a diminué de 20% le nombre total des feuilles.

Dans le cas des plantes provenant des rhizomes, l'interaction entre le traitement et les populations de rhizomes n'était pas significative pour aucun des traits mesurés. Mais, le nombre de jours avant l'émergence, la hauteur des plantes et le nombre de feuilles étaient différents entre les plantes provenant de la population de rhizomes 1 et la population de rhizomes 2. Les plantes provenant de la population de rhizomes 2 étaient plus courtes, avaient moins de feuilles et prenaient plus de temps à émerger.

Le traitement a fait diminuer la masse sèche souterraine, la masse sèche aérienne, celle des feuilles ainsi que la hauteur des deux populations de rhizomes. La masse sèche souterraine a diminué de 25%, la masse sèche aérienne a diminué de 41% et la masse sèche des feuilles a diminué de 40%. La hauteur a aussi diminué de 31% pour les rhizomes 1 et de 26% pour les rhizomes 2.

L'espèce introduite est sensible aux métabolites secondaires produits par l'espèce native (*S.ebulus*).

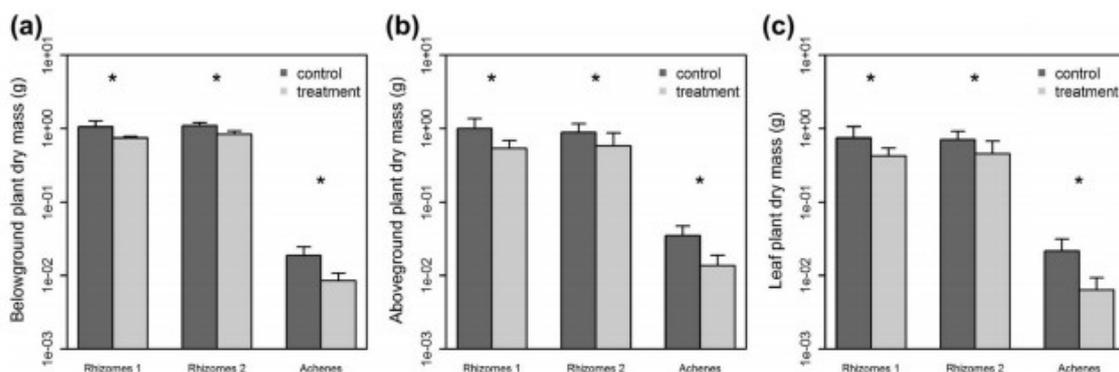


Fig.3: Représentation de la masse sèche finale souterraine, aérienne et de feuilles de plantes provenant de trois types de propagules arrosés avec des lessivats de *S. ebulus*.

Article de recherche vulgarisé/ Research outreach article

Quelles sont ces métabolites secondaires produits par *S. ebulus*?

La chromatographie liquide haute performance à 280 nm de l'extraction des rhizomes de *S. ebulus* a montré sept pics principaux, identifiés comme étant des composés chimiques, des métabolites secondaires. Ce sont les flavonoïdes, la catéchine et l'épicatéchine, quatre autres ont montré des caractéristiques de la famille des acides di-hydroxycinnamiques et le dernier composé phénolique n'a pas pu être identifié.

Discussion

Les expériences qui démontrent l'allélopathie sont souvent critiquées en raison de la difficulté à mettre en place un dispositif expérimental adéquat. Ici la méthode implique des pots cibles arrosés par des lessivats des pots donneurs pour étudier l'allélopathie. L'utilisation du dispositif a permis de valider l'hypothèse sur l'implication de l'allélopathie dans les interactions entre les plantes indigènes et invasives. Dans une étude précédente, la croissance de *Fallopia* a été affectée par la compétition de *S. ebulus*. Cette compétition dans le même pot est probablement due à une interférence allélopathique.

F. x bohemica peut se propager végétativement et grâce à la reproduction sexuée. La dispersion potentielle des akènes de *Fallopia* le long des rivières a été mise en évidence (Rouifed et al. 2011). Dans les études, les akènes semblaient beaucoup plus sensibles à la résistance biotique que les rhizomes (Rouifed 2011). Les résultats obtenus confirment cette hypothèse. Un traitement allélopathique sur les akènes a entraîné une diminution plus importante de la hauteur, du nombre de feuilles ou de la masse sèche souterraine des plantes que sur les rhizomes. Cette sensibilité pourrait participer à la prédominance de la dispersion clonale.

Les lessivats de *S. ebulus* n'ont eu aucun effet sur l'émergence des plantes. Mais au cours du stade de développement il y a un impact sur la croissance, la hauteur ainsi que sur la biomasse sèche de *Fallopia*. L'allélopathie peut être impliquée dans la résistance à l'invasion. Dans certains fruits et certaines feuilles de *Myrica gale*, il y a un composé allélopathique, la *myricagalone*, qui est phytotoxique pour *F. x bohemica*. On montre ici que *F. x bohemica* est sensible aux composés chimiques provenant d'une plante indigène, dans des conditions plus proches des conditions naturelles.

Les interactions entre les populations de *Fallopia* et les populations de *Sambucus* pourraient faire évoluer les populations de *Fallopia* pour qu'elles tolèrent l'effet de la nouvelle allélochimie de la plante indigène. La chromatographie d'extraits de rhizomes de *S. ebulus* a révélé des composés connus pour être potentiellement allélopathiques (Macias et al. 2007). La catéchine est un puissant allochimique impliqué dans le succès invasif de *C. maculosa* (Thorpe et al. 2009).

Selon l'équipe de recherche, une façon d'identifier quels composés particuliers du *S. ebulus* sont impliqués dans la compétition contre *Fallopia* serait de compléter les pots cibles de *F. x bohemica* avec certains des métabolites secondaires clés identifiés dans le cocktail du *S. ebulus*. Ces métabolites peuvent également cibler les micro-organismes, et les effets allélopathiques observés peuvent résulter d'interactions indirectes impliquant des micro-organismes (Inderjit et al. 2011). Dans cette étude, même si des précautions ont été prises avec l'utilisation d'un terreau, les microorganismes présents dans les pots donneurs peuvent modifier le cocktail biochimique de *S. ebulus*.

D'autres expériences sont alors nécessaires pour approfondir les mécanismes impliquant les micro-organismes, qu'ils soient les cibles du processus allélopathique ou des organismes interférents du sol.

En conclusion, il a été montré que *F. x bohemica* est sensible aux substances allélopathiques produites par l'espèce indigène *S. ebulus*. Ces résultats suggèrent un nouveau type de résistance biotique, peu étudié jusqu'à présent, suivant l'hypothèse inversée des nouvelles armes.

Lexique :

Allélopathie : Ensemble des interactions biochimiques entre deux ou plusieurs plantes (autres que des micro-organismes).

Espèce indigène : Espèce végétale ou animale qui vit dans son aire de répartition naturelle ou de dispersion potentielle.

Propagules : Petit organe pluricellulaire (qui comporte plusieurs cellules) assurant la multiplication d'une espèce.

ANOVA : Signifie l'analyse de la variance (Analysis of variance)

Surnageant : Fraction la moins dense d'un liquide qui se trouve en surface.

Rhizomes : Tiges souterraines de certaines plantes vivaces. Organes de multiplication végétative.

Centrifugation : Procédé de séparation des composés d'un mélange en fonction de leur différence de densité en les soumettant à une force centrifuge.

HPLC : Technique de séparation où l'échantillon sera divisé sur un système à deux couches dans lequel un contre-courant sera appliqué.

Références :

Mathias Christina. Soraya Rouifed. Sara Pujalon. Félix Vallier. Guillaume Meiffren. Floriant Bellvert. Florence Piola « Allelopathic effect of a native species on a major plant invader in Europe ».

Sci Nat (2015) 102:12

DOI 10.1007/s00114-015-1263-x

Ont participé au travail d'écriture de cet article, les élèves des classes de 2nde de l'Institution Sévigné de Compiègne/ Joséphine Villain Sawadogo, en collaboration avec Florence Piola, chercheuse en écologie moléculaire du Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (par ordre alphabétique) : Bavart Noah, Bituli Laura, Boulet Ilona, Faux Flavie, Gramont Paul, Poulain-Rabier Clémence, Quirin Anne-Flore, Le Devehat Mathéo, Minos Ludmilla.