

VÉGÉPHYL – 25^{ème} CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 5, 6 ET 7 DÉCEMBRE 2023

**LA RÉGULATION DES ADVENTICES PAR L'ALLÉLOPATHIE DES PLANTES CULTIVÉES :
QUELS ÉLÉMENTS DE PREUVE AU CHAMP ?**

D. MOREAU¹, I. MAHE¹, B. CHAUVEL¹, N. COLBACH¹, S. CORDEAU¹, A. GFELLER², A. REISS³

¹ Agroécologie, INRAE, Institut Agro Dijon, Univ. Bourgogne, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France (delphine.moreau@inrae.fr)

² Herbology in Field Crops, Plant Production Systems, Agroscope, Nyon, Switzerland

³ Chr. Hansen A/S, Hørsholm, Denmark

RÉSUMÉ

Dans quelle mesure l'allélopathie peut-elle contribuer à réguler les adventices au champ ? Cette question controversée revêt un intérêt majeur en agroécologie. Quantifier les effets de ce mécanisme présente toutefois une difficulté : dissocier les effets de l'allélopathie de ceux d'autres mécanismes dont la compétition pour les ressources. Nous avons mené ici une revue systématique de la littérature scientifique pour identifier des preuves au champ du rôle de l'allélopathie (par des cultures vivantes uniquement) dans la régulation des adventices, indépendamment de la compétition (en nous centrant sur des études comparant différentes variétés cultivées d'une même espèce). Nous montrons que, dans la plupart des articles, le rôle de la compétition n'est pas pris en compte ou étudié de manière exhaustive. Ainsi, contrairement aux conclusions des auteurs, il n'est pas possible de déterminer si la régulation des adventices est due à l'allélopathie ou à la compétition. Au bilan, peu d'études fournissent des preuves convaincantes des effets de l'allélopathie au champ.

Mots-clés : Revue de la littérature, compétition, variété, composés allélochimiques.

ABSTRACT

To what extent can allelopathy contribute to regulate weeds in the field? This controversial question is of major interest in agroecology. Quantifying the effects of this mechanism, however, presents a difficulty: dissociating the effects of allelopathy from those of other mechanisms, such as competition for resources. Here, a systematic review of the scientific literature was conducted to identify field-based evidence of the role of allelopathy (by living crops only) in weed regulation, independently of competition (focusing on studies comparing different crop varieties of the same species). We show that, in most articles, the role of competition is not considered or studied exhaustively. Thus, contrary to the authors' conclusions, it is not possible to determine whether weed regulation is due to allelopathy or competition. Overall, few studies provide convincing evidence of the effects of allelopathy in the field.

Keywords: Literature review, competition, variety, allelochemicals.

1. Introduction

Les adventices peuvent réduire considérablement le rendement et la qualité de la récolte, principalement en entrant en compétition avec la culture pour les ressources (Oerke, 2006). Différentes pratiques peuvent réguler la dynamique des adventices, mais leur efficacité n'est pas totale. C'est la raison pour laquelle les herbicides, avec leur haut niveau d'efficacité et leur faible coût, jouent généralement un rôle clé pour assurer la production des cultures dans les systèmes de culture conventionnels. Cependant, la réduction de l'utilisation des herbicides est devenue nécessaire compte tenu de leur nocivité pour l'environnement (dont la diversité des communautés biologiques) et la santé publique et de l'impasse technique résultant de la résistance aux herbicides.

L'utilisation d'espèces/variétés cultivées réprimant les adventices apparaît comme une option prometteuse (parmi d'autres) pour favoriser la régulation biologique des adventices (Andrew *et al.*, 2015; Petit *et al.*, 2018). La compétition pour les ressources (lumière, nutriments ou eau) est le mécanisme sous-jacent le plus fréquemment cité et a été étudié de manière exhaustive jusqu'à présent (Zimdahl, 2007). L'allélopathie a également été suggérée pour jouer un rôle dans la régulation des adventices par les cultures vivantes. Malgré un grand nombre d'études, l'allélopathie reste un sujet scientifique controversé. Bien qu'il soit reconnu que les plantes émettent un grand nombre de substances, le rôle effectif de ces molécules est très difficile à démontrer (Inderjit & Del Moral, 1997). En limitant la définition aux interactions culture-adventice, l'allélopathie se réfère ici à tout effet nuisible direct d'une plante sur une autre par la production de composés chimiques (allélochimiques) exsudés par les racines (Rice, 1974). Plusieurs cultures appartenant à des familles botaniques diverses telles que les Astéracées, Brassicacées, Fabacées, Poacées et Polygonacées ont été étudiées pour leur potentiel allélopathique contre les adventices, et des différences entre les espèces et les variétés d'une espèce donnée ont été signalées (Wu *et al.*, 1999; Tesio & Ferrero, 2010; Jabran *et al.*, 2015). Néanmoins, l'effet allélopathique des cultures sur les adventices a principalement été observé en conditions contrôlées (Kato-Noguchi & Salam, 2013), alors que les expériences sur le terrain sont rares. Caractériser l'allélopathie uniquement en laboratoire semble insuffisant. En effet, même si une variété a montré un potentiel allélopathique élevé en conditions contrôlées, l'effet allélopathique peut être inefficace en conditions de terrain en raison d'interactions complexes dans les agroécosystèmes (Khanh *et al.*, 2005).

Deux raisons principales expliquent pourquoi il est difficile de prouver l'allélopathie sur le terrain :

- Les effets liés à l'allélopathie sont difficiles à dissocier de ceux liés à la compétition pour les ressources (lumière, nutriments, eau). Les plantes doivent être suffisamment proches pour que les substances allélochimiques libérées par le donneur soient absorbées par le receveur. Mais avec une telle proximité, les plantes sont en compétition pour les ressources.
- Alors que la compétition pour la lumière se produit systématiquement dans les couverts cultivés, dès que les feuilles des plantes voisines se chevauchent ou que les plantes à croissance rapide dépassent leurs voisines, la production d'allélochimiques et la sensibilité de la plante réceptrice varient en fonction de l'espèce végétale, du stade de la plante et de l'environnement (Inderjit & Del Moral, 1997).

Ainsi, l'allélopathie et la compétition peuvent se produire de manière concomitante, ce qui rend difficile de déterminer si seule l'allélopathie par les plantes cultivées peut affecter de manière significative la croissance des adventices dans le champ.

Pour exclure autant que possible les effets de la compétition entre les cultures, une option consiste à étudier les effets allélopathiques de différentes variétés d'une espèce cultivée donnée. En effet, différentes variétés peuvent être judicieusement choisies pour avoir :

- (1) une morphologie et une dynamique de croissance similaires (attestées par des mesures de caractéristiques végétales), et donc un effet compétitif comparable contre les adventices, mais (2) des propriétés allélopathiques différentes (caractérisées en conditions contrôlées). Dans cette situation, les différences variétales dans l'effet de suppression des adventices au champ qui sont corrélées avec les différences dans les propriétés allélopathiques peuvent être considérées comme une preuve de l'allélopathie, indépendamment de la compétition.

- Des caractéristiques différentes relatives à la fois à la compétition et aux propriétés allélopathiques. Dans ce cas, les différences variétales dans l'effet de suppression des adventices au champ qui sont en corrélation avec les différences dans les propriétés allélopathiques mais pas avec les différences dans les valeurs des caractères liés à la compétition peuvent être considérées comme fournissant également des preuves de l'allélopathie, indépendamment de la compétition. Dans ce contexte, l'objectif de cet article était de rechercher dans la littérature des preuves scientifiques de la régulation des adventices par l'allélopathie des cultures dans des conditions de terrain. L'accent a été mis sur les études comparant différentes variétés d'une espèce donnée, afin de distinguer les effets de l'allélopathie de ceux de la compétition. Nous avons limité notre analyse à l'exsudation racinaire par les plantes vivantes (en excluant les études sur l'allélopathie par les résidus de culture). Notre approche a consisté à réaliser une revue systématique. Contrairement à la revue narrative qui vise à discuter d'un large éventail de questions sur un sujet donné, une revue systématique consiste à effectuer une recherche exhaustive de tous les articles entrant dans le cadre du sujet de recherche. Cette approche nous a permis de fournir une analyse exhaustive, reproductible, quantitative et critique de la littérature. L'identification des forces et faiblesses dans les articles que nous avons étudiés nous a permis de fournir des indications sur les dispositifs expérimentaux à mettre en œuvre pour quantifier les effets de l'allélopathie au champ, indépendamment de la compétition.

2. Matériels et méthodes

Une première étape a visé à identifier un corpus d'articles liés au sujet de recherche. Les articles ont été collectés en effectuant une recherche sur la base de données Web of Science (www.webofscience.com/wos) à partir de 1956. La recherche a été menée en deux grandes phases (Tableau 1).

La première a consisté à constituer un corpus initial d'articles (étape 1 du Tableau 1) et, sur cette base, exclure les articles traitant en dehors de notre question de recherche (étapes 2, 3, 4) ou qui ne présentaient pas des résultats primaires (nous empêchant d'accéder aux données brutes) (étape 5). Des articles qui ne pouvaient pas être extraits avec la requête de recherche ont été ajoutés manuellement au corpus (étape 6).

Dans un deuxième temps, tous les articles ont été examinés en détail. D'abord, les articles qui, d'après leur résumé, n'étaient finalement pas liés à notre question ont été écartés (étape 7). Ensuite, comme nous nous intéressions aux effets allélopathiques sur les adventices et à la distinction entre l'allélopathie et la compétition pour les ressources, les articles devaient fournir des données quantitatives sur la pression exercée par les adventices et sur les caractéristiques compétitives de la culture. Des articles ont donc été supprimés lorsque la pression des adventices n'était pas quantifiée, ou lorsque la compétition n'était pas prise en compte, pas étudiée ou pas présentée avec des données quantitatives (étape 8).

Tableau 1 : Etapes de la recherche bibliographique et nombre d'articles associés.
(*Research steps and corresponding number of articles*)

Etape	Objectif	Nombre d'articles
1	Sélection d'un corpus initial	523
2	Exclusion des articles ne traitant pas de l'allélopathie sur les adventices	467
3	Exclusion des articles ne ciblant pas les effets allélopathiques par des plantes vivantes	370
4	Exclusion des articles ne comportant pas d'expérimentation au champ	70
5	Exclusion des articles de synthèse	61
6	Ajout d'articles qui n'ont pas été sélectionnés dans les étapes précédentes	66
7	Exclusion d'articles après la lecture du résumé	45
8	Exclusion d'articles après la lecture du matériel et méthode	25

3. Résultats et discussion

3.1. Très peu d'études sur allélopathie ont été conduites au champ

L'analyse des principaux goulots d'étranglement dans la sélection du corpus (Tableau 1) a permis d'illustrer les principaux points faibles des recherches antérieures. Parmi les différents critères de sélection de la requête, le critère d'expérimentation au champ était le plus restrictif, réduisant le nombre d'articles de 81% (étape 4 du Tableau 1). Cette constatation confirme quantitativement que, dans la plupart des études sur l'allélopathie, les essais ont été réalisés dans des conditions contrôlées.

3.2. Peu d'études prennent explicitement en compte la compétition en plus de l'allélopathie

Un autre point-clé a été le goulot d'étranglement en étape 8 qui visait à évincer les articles qui ne quantifiaient pas la pression des adventices ou dans lesquels la compétition n'était pas prise compte, étudiée ou présentée par des données quantitatives. Ainsi, malgré la nécessité de différencier l'allélopathie de la compétition (voir la section Introduction), environ un tiers des articles dans ce corpus ignoraient la compétition par culture.

De manière surprenante, pour la plupart d'entre eux, les auteurs ont supposé que l'allélopathie était le seul mécanisme expliquant la variation de l'infestation par les adventices entre les variétés de cultures, ce qui est peu probable. Dans quelques articles, les auteurs ont estimé que les variétés cultivées testées présentaient des traits morphologiques similaires (et donc des aptitudes similaires à la compétition) sans toutefois disposer de données quantitatives pour étayer leurs affirmations. Quelques articles n'ont pas présenté de données quantitatives sur la pression des adventices, ce qui ne permet pas de comparer les variétés cultivées sur cette variable de réponse.

Au total, seuls 25 articles ont étudié les effets différentiels des variétés cultivées sur la pression des adventices, en tenant compte explicitement de l'allélopathie et de la compétition (la liste complète des références est donnée dans Mahé *et al.* (2022)). Par la suite, seul ces articles ont été analysés.

3.3. Peu d'articles ont fourni des preuves convaincantes de la présence d'allélopathie sur le terrain

Par l'analyse détaillée des conclusions des 25 articles prenant en compte explicitement les effets de la compétition, en plus de l'allélopathie, nous avons identifié 18 articles pour lesquels les auteurs rapportaient un effet significatif de l'allélopathie au champ sur la régulation des adventices (Figure 1a). Treize d'entre eux rapportaient des effets combinés de l'allélopathie et de la compétition, alors que cinq autres considéraient que l'allélopathie était le seul mécanisme à l'origine des différences entre variétés dans leur aptitude à réguler les adventices.

Nous avons alors mené une analyse détaillée de ces 18 articles par une approche qualitative (pertinence des dispositifs et des protocoles expérimentaux) et quantitative (gamme de variation des variables mesurées, analyses de corrélation) afin de déterminer s'ils fournissaient effectivement des preuves convaincantes des effets de l'allélopathie indépendamment de la compétition (Figure 1a). D'après l'analyse, 11 articles n'étaient pas convaincants pour deux raisons majeures :

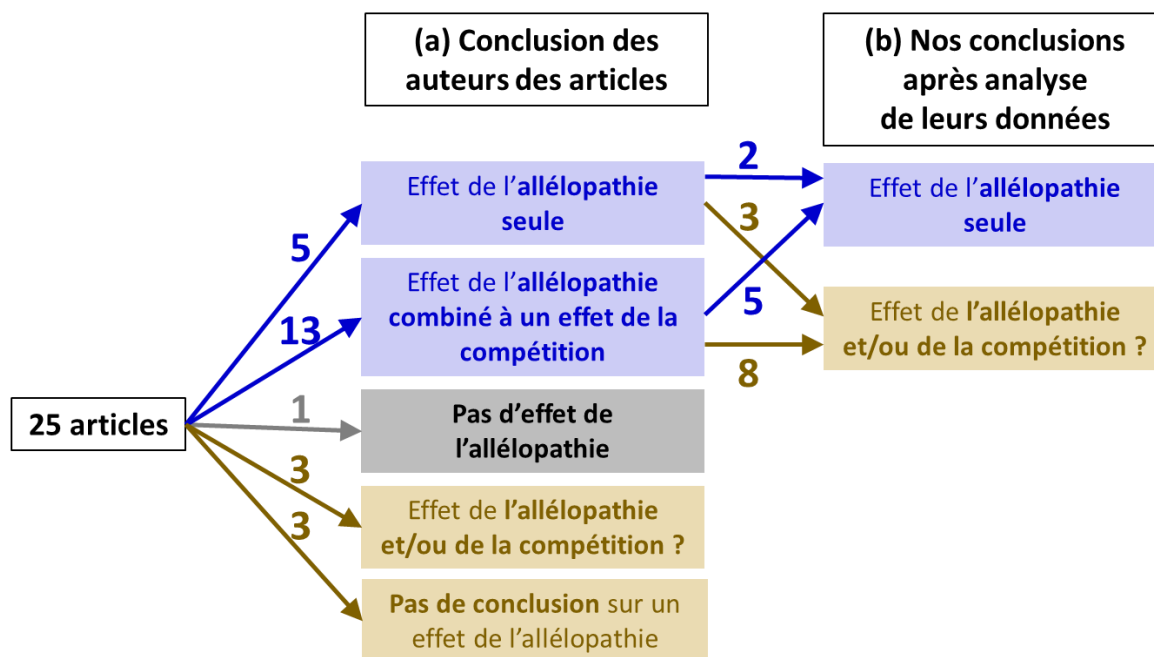
- (1) une corrélation entre l'aptitude à la compétition des variétés et leur aptitude à réguler les adventices a été identifiée ; l'allélopathie et la compétition n'ont pas pu être différenciées ;
- (2) l'aptitude à la compétition des variétés n'était pas suffisamment caractérisée, si bien que, même si des différences de régulation des adventices étaient observées entre variétés au champ, on ne pouvait pas exclure un effet de la compétition.

Au final, seuls sept articles pouvaient vraiment fournir des éléments de preuve des effets de l'allélopathie au champ. Ils portent uniquement sur des espèces cultivées graminées : sorgho, blé, seigle, orge et triticale. Néanmoins, même pour ces sept articles, nous avons émis quelques réserves liées principalement à l'absence de mesures permettant de s'assurer que les ressources du sol n'étaient pas limitantes (condition importante pour s'assurer de l'absence de compétition souterraine).

Figure 1. Cohérence entre les conclusions des auteurs (a) et nos conclusions (b) sur les preuves au champ des effets de l'allélopathie des cultures sur les adventices pour les 25 articles étudiés en

détail. Les chiffres représentent le nombre d'articles, divisés en : absence de preuve d'allélopathie (marron), preuve de l'absence (gris) et de la présence (bleu) d'allélopathie. La liste complète des références des 25 articles est donnée dans Mahé *et al.* (2022).

(Consistency between the authors' conclusions (a) and our conclusions (b) on field evidence of the effects of crop allelopathy on weeds for the 25 articles studied in detail. The numbers represent the number of articles, divided into: no evidence of allelopathy (brown), evidence of absence (grey) and presence (blue) of allelopathy. The full list of references for the 25 articles is given in Mahé et al. (2022))



3.4. Quels dispositifs pour quantifier les effets de l'allélopathie au champ ?

Les faiblesses et les forces des articles analysés dans la présente revue systématique ont mis en évidence des aspects méthodologiques-clés et nous ont permis d'énumérer un certain nombre de critères à prendre en compte dans un protocole optimal pour évaluer la contribution de l'allélopathie dans la régulation des adventices par les variétés cultivées sur le terrain (figure 2). Il n'y a pas de réponse simple à la question du protocole idéal (par exemple, le nombre de répétitions, d'observations et de dates de mesure, la taille de la parcelle ou le nombre de traits compétitifs mesurés), car tous ces éléments sont un compromis pour chaque expérimentation et dépendent principalement des ressources humaines, techniques et financières. Néanmoins, ils déterminent ensuite la puissance statistique et la fiabilité des résultats.

- **Dispositif expérimental**

Notre analyse justifie l'importance de mener des expériences sur l'allélopathie pendant plusieurs années et sur plusieurs sites dans des conditions pédoclimatiques variées. En effet, les conditions environnementales influencent en partie la capacité de suppression des adventices par les variétés cultivées.

Il est particulièrement recommandé de semer des adventices pour assurer une pression homogène d'adventices entre les parcelles, ou au moins pour assurer que la pression naturelle d'adventices est homogène.

Il convient également de vérifier que les ressources du sol (c'est-à-dire l'eau et les nutriments) ne sont pas limitées afin de minimiser la compétition. Une mesure de la quantité d'azote aérienne de la culture peut être utilisée pour vérifier que les plantes ne souffrent pas de carences en azote et un indice de nutrition azotée peut également être calculé (Perthame *et al.*, 2020; Louarn *et al.*, 2021). De plus, l'eau

semble nécessaire à l'établissement de l'effet allélopathique, puisque les substances allélochimiques doivent être libérées dans le milieu pédologique et que, comme pour toutes les molécules, l'absorption des substances allélochimiques par le système racinaire de la plante réceptrice dépend de la teneur en eau du sol.

- **Mesures**

Trois catégories de mesures doivent être effectuées pour s'assurer que la part de la variance de l'infestation d'adventices non expliquée par la compétition puisse être expliquée, au moins en partie, par l'allélopathie (Figure 2) : la caractérisation des adventices, la caractérisation de l'aptitude à la compétition de la culture, et l'évaluation du potentiel allélopathique de la culture. Ces deux dernières catégories de mesures doivent ensuite être analysées par des régressions multiples afin d'évaluer leur contribution respective à l'explication de la biomasse d'adventices.

Il semble que l'allélopathie affecte moins la phase de germination des graines que la phase de croissance des plantes (Zhang *et al.*, 2021). Par conséquent, les efforts devraient être concentrés sur l'étude de la croissance des adventices plutôt que sur leur nombre. Idéalement, l'infestation d'adventices devrait être évaluée par la biomasse d'adventices, sinon par une estimation visuelle.

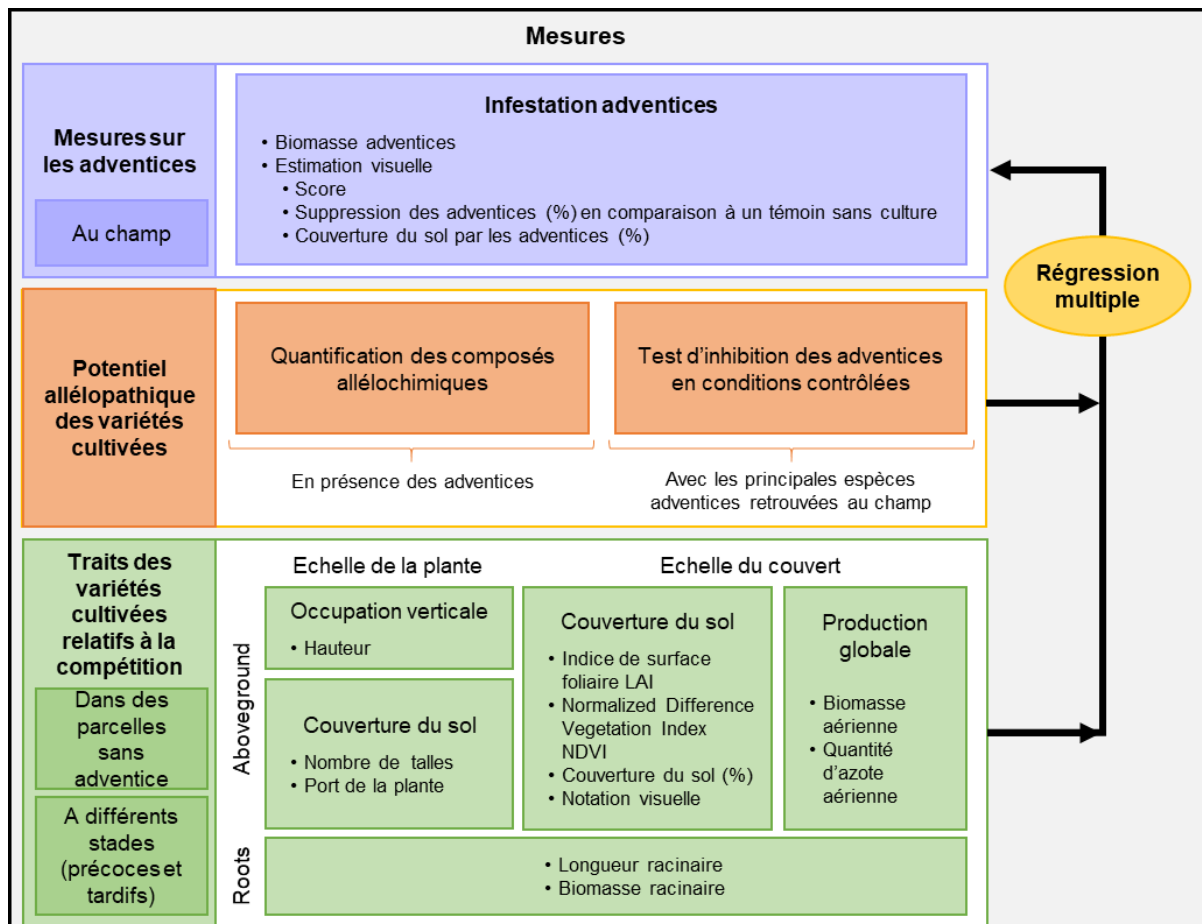
Il existe deux façons d'estimer le potentiel allélopathique d'une variété : i) en quantifiant les substances allélochimiques ou ii) en mesurant l'inhibition des adventices en conditions contrôlées. L'inhibition des adventices en conditions contrôlées doit être évaluée en utilisant les principales espèces d'adventices observées sur le terrain, car l'allélopathie peut être sélective et l'effet peut dépendre de l'espèce adventice.

Les traits de compétitivité présentés dans la Figure 2 ne constituent pas une liste exhaustive des mesures à effectuer, mais plutôt une "boîte à outils" dans laquelle les chercheurs peuvent choisir des mesures adaptées à la disponibilité de leur personnel et à leurs ressources matérielles et financières. Néanmoins, le nombre de caractères doit être maximisé pour garantir une bonne caractérisation de la compétitivité des cultures, y compris des mesures à des stades précoces et tardifs. Les caractères doivent être choisis pour couvrir différentes échelles : l'échelle de la plante (par exemple, la hauteur, le nombre de tiges) et l'échelle du couvert, qui est plus intégrative (c'est-à-dire la combinaison de plusieurs caractères de la plante), et pour caractériser l'occupation verticale de la culture, la couverture du sol ainsi que la production globale de biomasse. Certains traits sont substituables lorsqu'ils fournissent globalement les mêmes informations, comme l'indice de surface foliaire et la couverture du sol par exemple. En outre, il est conseillé de mesurer les traits de compétitivité des cultures dans des parcelles exemptes d'adventices afin d'évaluer le potentiel de compétitivité des cultures vis-à-vis des adventices. Le moment choisi pour mesurer les caractéristiques des cultures peut influencer la caractérisation de la compétitivité des cultures. La vigueur précoce de la culture contribue fortement à la compétition ultérieure entre la culture et les adventices, c'est pourquoi certains traits de compétitivité devraient être mesurés à un stade précoce du développement de la culture (par exemple, une ou deux semaines avant l'épiaison).

D'autres techniques (neutralisation des composés allélochimiques par des absorbants, utilisation de filets pour limiter la compétition pour la lumière, etc.) peuvent également être mobilisées pour différencier allélopathie et compétition, comme discuté dans Mahé *et al.* (2022).

Figure 2. Principaux points méthodologiques à prendre en compte lors de la mise en œuvre d'une expérimentation au champ visant à caractériser les effets allélopathiques de différentes variétés cultivées.

(Main methodological aspects to consider when designing a field experiment to characterize the allelopathic effects of different crop varieties)



4. Conclusion

Cette première revue systématique de la littérature scientifique sur le sujet a permis d'identifier trois éléments marquants :

- La grande majorité des études portant sur les effets allélopathiques des variétés cultivées sur les plantes adventices sont menées uniquement en conditions contrôlées ; ce résultat s'explique probablement par la difficulté d'isoler au champ les effets strictement dus à l'allélopathie de ceux de la compétition ;
- Ce travail pointe la nécessité d'être très vigilant lors de la lecture d'articles rapportant des effets de l'allélopathie au champ ; en effet, peu d'entre eux mettent en œuvre des moyens suffisants pour s'assurer que les effets observés sont uniquement dus à l'allélopathie, et pas aussi à d'autres mécanismes (notamment la compétition) ;
- Sur l'ensemble de la littérature scientifique depuis 1956, nous avons identifié seulement sept articles mettant en œuvre des mesures pour quantifier les effets de l'allélopathie sur les adventices au champ, avec néanmoins quelques réserves ne nous permettant pas d'écarter complètement un effet de la compétition.

Ainsi, la pertinence de développer une sélection variétale sur des traits relatifs à l'allélopathie dans une optique de régulation des adventices reste une question ouverte. A noter qu'il existe des variétés allélopathiques de riz en Chine, mais leur effet au champ n'est pas décrit dans la littérature internationale.

Cette analyse bibliographique ne remet pas en question la capacité de nombreuses espèces végétales à réguler les adventices au champ : de nombreuses études ont montré un effet régulateur des couverts végétaux sur les adventices, sans chercher à identifier les mécanismes sous-jacents (Teasdale *et al.*, 2007; Mirsky *et al.*, 2011; Rouge *et al.*, 2022). Il ne remet pas non plus en question l'existence du phénomène biologique de l'allélopathie (c'est-à-dire la capacité d'espèces végétales à émettre des composés allélochimiques) dans les interactions entre espèces végétales dans les agrosystèmes ou

dans les écosystèmes naturels. Il met en avant la difficulté scientifique et technique à quantifier le rôle spécifique de l'allélopathie au champ.

L'analyse de la littérature scientifique a permis d'identifier les forces et faiblesses des approches menées pour mesurer les effets de l'allélopathie sur les adventices au champ. Pour aller plus loin sur ce sujet, de nouvelles expérimentations pourront être menées en s'appuyant sur les recommandations formulées en matière de dispositif expérimental, de mesures à effectuer et d'analyse statistique des données.

5. Remerciements

Ce travail a été soutenu par INRAE, le projet Casdar RAID financé par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale "Développement agricole et rural"), et le projet COPRAA qui a été soutenu par l'Office Français de la Biodiversité dans le cadre de l'appel Ecophyto "Approches globales pour limiter l'utilisation des produits phytopharmaceutiques : combiner les produits préventifs et curatifs dans les filières, de l'agriculteur au consommateur" lancé par les Ministères français en charge de l'Ecologie, de l'Agriculture, de la Santé et la Recherche. Ce travail s'inscrit dans un projet "Partenariat Hubert Curien (PHC) - Germaine de Staël".

6. Références

- Andrew I. K. S., Storkey J. & Sparkes D. L., 2015 - A review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. *Weed Research*, 55, 239-248.
- Inderjit & Del Moral R., 1997 - Is separating resource competition from allelopathy realistic? *The botanical review*, 63, 221-230.
- Jabran K., Mahajan G., Sardana V. & Chauhan B. S., 2015 - Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72, 57-65.
- Kato-Noguchi H. & Salam M. A., 2013 - Allelopathy of bangladeshi rice: application in the agricultural systems. In: Heidelberg, Berlin. 193-213.
- Khanh T., Chung M., Xuan T. & Tawata S., 2005 - The exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191, 172-184.
- Louarn G., Bedoussac L., Gaudio N., Journet E.-P., Moreau D., Steen Jensen E. & Justes E., 2021 - Plant nitrogen nutrition status in intercrops– a review of concepts and methods. *European Journal of Agronomy*, 124, 126229.
- Mahé I., Chauvel B., Colbach N., Cordeau S., Gfeller A., Reiss A. & Moreau D., 2022 - Deciphering field-based evidence for weed regulation by crop allelopathy. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42, 50.
- Mirsky S. B., Curran W. S., Mortensen D. M., Ryany M. R. & Shumway D. L., 2011 - Timing of Cover-Crop Management Effects on Weed Suppression in No-Till Planted Soybean using a Roller-Crimper. *Weed Science*, 59, 380-389.
- Oerke E. C., 2006 - Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144, 31-43.
- Perthame L., Colbach N., Brunel-Muguet S., Busset H., Lilley J. M., Matejcek A. & Moreau D., 2020 - Quantifying the nitrogen demand of individual plants in heterogeneous canopies: a case study with crop and weed species. *European Journal of Agronomy*, 119.
- Petit S., Cordeau S., Chauvel B., Bohan D., Guillemin J. P. & Steinberg C., 2018 - Biodiversity-based options for arable weed management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 38, 21-21.
- Rice E. L., 1974 - *Allelopathy*. Academic Press, New York, 353-353 p.
- Rouge A., Adeux G., Busset H., Hugard R., Martin J., Matejcek A., Moreau D., Guillemin J.-P. & Cordeau S., 2022 - Weed suppression in cover crop mixtures under contrasted levels of resource availability. *European Journal of Agronomy*, 136, 126499.
- Teasdale J., Brandsaeter L., Calegari A., Neto F. S., Upadhyaya M. & Blackshaw R., 2007 - Cover crops and weed management. *Non chemical weed management principles. Concepts and Technology*, CABI, Wallingford, UK, 49-64.

- Tesio F. & Ferrero A., 2010 - Allelopathy, a chance for sustainable weed management. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 17, 377-389.
- Wu H., Pratley J., Lemerle D. & Haig T., 1999 - Crop cultivars with allelopathic capability. *Weed Research*, 39, 171-180.
- Zhang Q., Zhang Q., Lin S., Wang P., Li J., Wang H. & He H., 2021 - Dynamic analysis on weeds inhibition and phenolic acids of allelopathic rice in field test. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67, 1809-1821.
- Zimdahl R. L., 2007 - *Weed-crop competition: A review. 2nd edition*. Blackwell Publishing, 219-219 p.