

**Un autre regard sur les successions de culture :
Comprendre et utiliser l'allélopathie pour améliorer la
gestion des cultures dans la rotation**

Raymond Reau, Thierry Doré, Alain Quinsac

► **To cite this version:**

Raymond Reau, Thierry Doré, Alain Quinsac. Un autre regard sur les successions de culture : Comprendre et utiliser l'allélopathie pour améliorer la gestion des cultures dans la rotation. Déméter 2006 – Economie et stratégies agricoles, Club démeter, pp.115-131, 2005. hal-02314710

HAL Id: hal-02314710

<https://hal-agroparistech.archives-ouvertes.fr/hal-02314710>

Submitted on 13 Oct 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Reau R., Doré T., Quinsac A., 2005. Comprendre et utiliser l'allélopathie pour améliorer la gestion des cultures dans la rotation. In « *Déméter 2006 – Economie et stratégies agricoles* », Club Déméter, Paris, 115-131.

Un autre regard sur les successions de culture : comprendre et utiliser l'allélopathie pour améliorer la gestion des cultures dans la rotation

Raymond Reau, reau@cetiom.fr - CETIOM - Responsable du Service « Systèmes de culture »

Thierry Doré, dore@inapg.inra.fr - Professeur INA P-G – UMR Agronomie INRA/INA P-G

Alain Quinsac, quinsac@cetiom.fr – CETIOM - Direction scientifique

Les effets précédents des cultures sont utilisés de longue date pour organiser la succession des cultures afin d'optimiser la production¹. Dans un contexte où l'on souhaite de plus en plus éviter l'usage des pesticides, des études et recherches se mettent en place pour diminuer les populations et la pression des bioagresseurs avant la mise en place de la culture à protéger grâce à un choix judicieux du précédent cultural et de sa conduite, comme le font les agriculteurs en agriculture biologique². Une part de ces travaux cherche à utiliser le phénomène de l'allélopathie. Ils consistent soit à mettre en place avant la culture à protéger une culture intermédiaire spécialement choisie pour interagir avec le bioagresseur, soit à choisir et gérer la culture de production précédente dans cette finalité.

L'allélopathie a été définie comme « *tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante sur une autre à travers la production de composés chimiques libérés dans l'environnement* »³. Les mécanismes à l'origine de ces phénomènes et la manière de les aborder en agronomie font l'objet d'une attention croissante de la part des agronomes⁴ qui cherchent à l'utiliser soit pour réduire les effets allélopathiques négatifs préjudiciables à certaines cultures, soit pour utiliser ces propriétés allélopathiques comme moyen de lutte contre les bioagresseurs dans des stratégies de protection intégrée des cultures.

On sait depuis longtemps que de nombreux genres et espèces de plantes, cultivées, adventices ou spontanées, sont sources de composés allélopathiques. L'une de ces familles de plantes est particulièrement importante dans l'agriculture européenne : celle des Crucifères, qui comprend à la fois des cultures largement développées (colza, moutarde brune, choux) et des adventices (moutardes noires et blanches). Nous illustrons ici les perspectives d'utilisation du phénomène d'allélopathie en agriculture avec des exemples basés sur les propriétés des Crucifères.

Les cultures de Crucifères sont fréquemment citées dans la littérature pour les propriétés « assainissantes » des glucosinolates (GSL) qui entrent dans la

¹ BULLOCK DG (1992). Crop rotation. *Crit. Rev. Plant sciences*, 11(4), 309-326.

² ROBSON MC, FOWLER SM, LAMPKIN NH., LEIFERT C, LEITCH M, ROBINSON D, WATSON CA, LITTERICK AM (2002). The agronomic and economic potential of break crops for ley/arable rotations in temperate organic agriculture. *Advances in agronomy*, 77, 369-427.

³ RICE EL (1984). *Allelopathy*. 2nd ed. Florida : Academic Press, Inc. Orlando.

⁴ DORE T, SENE M, PELLISSIER F, GALLET C (2004). Approche agronomique de l'allélopathie. *Cahiers Agricultures*.

composition de leurs graines, mais aussi des parties végétatives. Les dérivés des glucosinolates peuvent en effet être impliqués dans la diminution de problèmes parasitaires telluriques liés à des nématodes⁵, des bactéries⁶ ou des champignons⁷. Inversement, les Crucifères pourraient être impliquées, de manière négative cette fois-ci, dans des perturbations des phénomènes de mycorhization des cultures suivantes. Cette action des produits de dégradation des glucosinolates présents dans leurs résidus de récolte expliquerait tout ou partie des effets précédents des Crucifères dans les rotations. On nomme « bio-fumigation » ce phénomène, qui met en oeuvre des substances chimiques volatiles provenant de la dégradation des GSL présents dans les Crucifères cultivées et enfouies dans le sol.

Les propriétés allélopathiques des Crucifères pour la protection des cultures contre les bioagresseurs

Les molécules en jeu : des produits de dégradation des glucosinolates

Les GSL sont des composés glucidiques soufrés fréquents dans des familles de dicotylédones comme les Crucifères. Ils jouent un rôle dans la résistance des Crucifères aux ravageurs et aux agents pathogènes. Ainsi la sinalbine, glucosinolate aliphatique, protège les cotylédons de jeunes plants de moutarde blanche (*Sinapis alba*) de l'attaque d'un coléoptère⁸. La sinigrine et la glucobrassicine, et certains de leurs dérivés, sont à l'origine de la résistance du chou-fleur (*Brassica oleracea*) au mildiou⁹. Les produits issus de la dégradation des glucosinolates ont également un rôle biologique, puisqu'ils sont susceptibles d'influencer la croissance des populations fongiques, de nématodes, et bactériennes du sol. Parmi ces produits, les isothiocyanates ont des propriétés biocides efficaces¹⁰, certains composés de cette famille entrant d'ailleurs dans la composition de fumigants du commerce comme le Méthylisothiocyanate.

⁵ STAPELTON JJ, DUNCAN RA (1998). Soil desinfestation with cruciferous amendments and sublethal heating : effects on *Meloidogyne incognita*, *Sclerotium rolfsii* and *Pythium ultimum*. *Plant pathology*, **47** : 737-42.

⁶ TIEDING HGM, MALINGREC.E, VAN BROEKHOVEN LW, JONGEN WMF, LEWIS J, FENWICK GR (1991). Role of glucosinolates in the formation of *N*-nitroso compounds. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **39** : 922-6.

⁷ BLOCK WJ, LAMERS JG, TERMORSHUIZEN AJ, BOLLEN GJ (1999). Control of soilborne plant pathogen by incorporating fresh organic amendments followed by tarping. *Phytopathology*, **90**.: : 253-9.

ANGUS JF, GARDNER PA, KIRKEGAARD JA, DESMARCHELIER JM (1994). Biofumigation : isothiocyanates released from *Brassica* roots inhibit growth of the take-all fungus. *Plant and soil* **162** : 107-12.

LAZZERI L, MANICI LM (2000). The glucosinolate-myrosinase system : a natural and practical tool for biofumigation. In : *Proceedings of an International Symposium 'Chemical and non-chemical soil and substrate desinfestation'*. Gullino ML., Katan J, Matta A eds.

⁸ BODNARYK RP (1991). Developmental profile of sinalbin (p-hydroxybenzyl glucosinolate) in mustard seedlings, *Sinapsis alba* L., and its relationship to insect resistance. *Journal of Chemical Ecology*, **17** : 1543-56.

⁹ MENARD R (2000). Rôle des glucosinolates et de leurs produits de dégradation dans la résistance du chou-fleur (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) à *Peronospora parasitica*, agent pathogène du mildiou. Thèse de doctorat, Université de Rennes I, 143 p.

¹⁰ BROWN PD, MORRA MJ (1997). Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Advances in Agronomy*, **61** : 167-231.

Un potentiel allélopathique estimé à partir du profil en glucosinolates des Crucifères

On admet que le potentiel allélopathique d'un cultivar de Crucifère dépend de son profil en GSL au moment de l'enfouissement des résidus. Plutôt que la quantité totale en GSL, on préfère se focaliser sur la teneur en chacun des GSL : en effet les propriétés des produits de dégradation sont très variables suivant le GSL dont ils sont issus. Parmi les principaux produits de dégradation des GSL, c'est la famille des isothiocyanates déjà citée qui comprendrait les composés les plus actifs. Les différents isothiocyanates présentent une grande variabilité de volatilité et de persistance, des propriétés importantes à prendre en compte pour caractériser l'intensité ou la durée d'action potentielle des molécules. Les isothiocyanates considérés aujourd'hui comme les plus actifs sont dérivés de la sinigrine, la glucobrassicinapine, et la gluconapine.

La composition de différentes Crucifères des parties végétatives est connue ; des analyses en GSL des parties végétatives ont été réalisées sur un colza d'hiver, une moutarde brune et une moutarde blanche ¹¹.

Ces trois espèces de Crucifères se distinguent par la nature de leurs GSL et des produits de dégradation qui en sont issus. Chez le colza, le potentiel de bio-fumigation est notable grâce à des isothiocyanates à action rapide issus des parties aériennes et à action lente issus des racines. Chez la moutarde blanche, le potentiel provient également d'isothiocyanates à action lente issus des racines et d'isothiocyanates à action rapide issus des parties aériennes. Cependant les isothiocyanates de la moutarde blanche sont moins volatils que ceux du colza et devraient avoir une action plus lente. Chez la moutarde brune, les parties aériennes conduisent à des isothiocyanates volatils à action rapide. Les racines libèrent un isothiocyanate très volatil.

Ces résultats indiquent surtout une grande variabilité des concentrations totales entre ces espèces de Crucifères : de l'ordre de la dizaine de micromole/g pendant la phase végétative, les valeurs les plus faibles étant recensées chez la moutarde blanche. Ces cultivars analysés se différencient plus nettement si l'on ne comptabilise que les GSL les plus actifs cités ci-dessus : plusieurs dizaines de micromole/g pour la moutarde brune, des valeurs plus faibles pour le colza d'hiver, et quelques unités pour la moutarde blanche (Figure 1). A maturité, les parties végétatives des variétés de colza analysées ne contiennent que de très faibles concentrations en glucosinolates actifs.

A partir de l'analyse de la teneur et de la nature des GSL présents, il est possible d'estimer le potentiel allélopathique d'une espèce ou d'une variété de Crucifère sur la base des propriétés des produits de leur dégradation. Le *tableau 1* résume le potentiel en bio-fumigation de chaque espèce évoquée ci-dessus (parties aériennes et racines) à partir des teneurs des GSL et des propriétés de leurs produits de dégradation présentées précédemment.

¹¹ ACTA, 2004. Effets précédents des cultures du genre Brassica (moutarde, colza) vis-à-vis des céréales (maïs et blé) et du pois. Maîtrise de l'allélopathie de leurs résidus de culture en vue d'améliorer la compétitivité des rotations avec crucifères et pois. Rapport final, 10 p.+ annexes.

En résumé, dans ces trois espèces, les teneurs observées en GSL et les propriétés connues des produits de dégradation indiquent que la moutarde brune doit avoir l'action la plus puissante. En revanche, le colza et la moutarde blanche auraient une action moins significative.

Maîtriser l'expression de ce potentiel allélopathique au champ

L'utilisation de ce potentiel allélopathique a été testée dans le cadre de la protection contre deux pathogènes du sol responsables respectivement d'une maladie du pois, et d'une maladie du blé tendre.

La pourriture molle du pois due à *Aphanomyces euteiches*

La pourriture molle du pois est due à un champignon oomycète, *Aphanomyces euteiches*. Ce champignon est capable de provoquer des pertes de rendement très conséquentes (10 à 30 q/ha) suite à la destruction plus ou moins précoce du système racinaire. L'absence de méthode de protection hormis l'allongement des rotations explique que ce problème soit devenu, depuis les années 1993-1994, une grande préoccupation pour les agriculteurs des régions européennes les plus touchées. Parmi les méthodes de lutte envisagées, la réduction du potentiel infectieux du sol par un choix judicieux de plantes « de coupure » a été testée.

Un test *in vitro* a montré la capacité fongistatique des résidus de Crucifères¹². La décomposition des tissus des engrais verts agit sur la croissance mycélienne d'*Aphanomyces* : une moutarde brune testée inhibe cette croissance mycélienne, un colza d'hiver et une moutarde blanche ralentissent seulement cette croissance mycélienne (Figure 2).

Toutes les phases du cycle infectieux du pathogène sont en effet susceptibles d'être affectées par l'action des composés libérés lors de la dégradation des GSL contenus dans les plantes. L'action étant irréversible, elle peut être qualifiée de fongicide.

Par contre, les tests réalisés en chambre climatisée et aux champs ne permettent pas de mettre en évidence un effet des Crucifères utilisées en engrais vert sur l'évolution du potentiel infectieux d'un sol infesté par *Aphanomyces euteiches*, malgré la diversité des espèces de Crucifères testées : colzas d'hiver et moutardes brunes, blanches, et noire. Les tests de systèmes de culture restent également négatifs pour le moment¹³. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer ces résultats décevants :

- un effet des composés issus de la dégradation des glucosinolates sur la croissance mycélienne, mais des effets insuffisants sur les oospores d'*Aphanomyces euteiches* ;
- une teneur en glucosinolates actifs *a priori* insuffisante dans les variétés choisies pour ces dispositifs, notamment dans les moutardes blanches et les colzas ;

¹² ACTA, 2004. Effets précédents des cultures du genre Brassica (moutarde, colza) vis-à-vis des céréales (maïs et blé) et du pois. Maîtrise de l'allélopathie de leurs résidus de culture en vue d'améliorer la compétitivité des rotations avec crucifères et pois. Rapport final, 10 p.+ annexes.

¹³ PAPAIVAS GC., LEWIS JA. 1971-. Effect of amendments and fungicides on *Aphanomyces* root rot of peas. *Phytopathology*, **61** : 215-20.

- la complexité des phénomènes en cause qui rendent difficile la maîtrise de ce phénomène à des fins agronomiques.

Dans l'état actuel des connaissances, l'utilisation de crucifères pour la lutte contre cette maladie du pois ne semble pas assez fiable pour être recommandée à grande échelle, et la recherche met la priorité sur la connaissance de la décomposition des glucosinolates au champ suivant les conditions (climat, sol, état de la crucifère, modalité d'enfouissement...) et de son interaction avec le pathogène dans le sol.

Le piétin-échaudage des céréales

Gaeumannomyces graminis (Sacc.) Arx & Olivier var. *tritici* Walker, agent pathogène responsable de la maladie du piétin-échaudage des céréales, a également fait l'objet de travaux relevant de la même motivation.

Le piétin échaudage est un problème récurrent des systèmes de culture céréaliers dans les situations où le blé revient souvent sur les mêmes parcelles. Il est à l'origine d'une grande partie des pertes de rendement observées en succession blé/blé. Ce champignon attaque le collet et les racines des céréales, entraînant une stérilité totale ou partielle de l'épi. Des solutions de lutte chimique par traitement des semences existent mais restent coûteuses, et d'une efficacité variable et incomplète. L'évitement des situations à risque dans le cadre de successions culturales adaptées reste un moyen de lutte privilégié.

On connaît bien l'effet de la succession de culture sur la dynamique de l'agent pathogène. De manière schématique, les populations du champignon s'accroissent en cas de monoculture, jusqu'à un palier atteint au bout de quatre ans, qui précède une phase de déclin de la maladie¹⁴. Cette dynamique serait liée au développement, avec un certain retard par rapport à l'agent pathogène, d'une flore antagoniste constituée de bactéries¹⁵. Le développement du champignon est ainsi fonction de la succession de culture, et varie selon le caractère hôte ou non des espèces présentes (le lin, le pois, le colza par exemple sont non-hôtes) et de leur effet sur la flore antagoniste, qui peut amener à un rôle amplificateur sur la maladie.

Les résultats obtenus en conditions contrôlées d'une part et au champ d'autre part sont plus convergents que dans le cas d'*A. euteiches*, et semblent ainsi ouvrir des perspectives plus rapides d'utilisation des propriétés allélopathiques des Crucifères dans des stratégies intégrées de lutte contre la maladie.

Au champ, l'effet potentiellement dépressif des Crucifères sur la maladie est cependant variable, et dépend des conditions climatiques et des conditions de survie de l'inoculum¹⁶. Dans les dispositifs avec Crucifères en culture de production (colza

¹⁴ HORNBY D, BATEMAN GL, GUTTERIDGE RJ, LUCAS P, OSBOURN AE, WARD E, YARHAM DJ (1998). Take-all disease of cereals. A regional perspective (384 p) CAB International, Wallingford, UK.

¹⁵ BRISBANE PG, ROVIRA AD (1988). Mechanisms of inhibition of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* by fluorescent pseudomonas. *Plant Pathology*, **37**.: 104-11.

SARNIGUET A, LUCAS P, LUCAS M, SAMSON R (1992). Soil conduciveness to take-all of wheat : Influence of the nitrogen fertilizers on the structure of populations of *fluorescent pseudomonads*. *Plant and Soil*, **145** : 29-36.

¹⁶ KIRKEGAARD JA, SARWAR M, WONG PTW, MEAD A, HOWE G, NEWELL M (2000). Field

d'hiver assolé au blé dur dans le sud de la France), les résultats confirment les données de la bibliographie, à savoir des infestations plus faibles en blé suivant un colza par rapport à un blé suivant un blé, et dans une moindre mesure par rapport à un blé en monoculture. On peut s'intéresser sur l'origine de cet effet précédent. Il peut soit relever de l'action de toute plante de coupure non-hôte du piétin échaudage, soit combiner à cet effet un rôle plus actif via un phénomène d'allélopathie.

Lorsque l'on met en place des cultures intermédiaires entre deux céréales, les infestations par le piétin échaudage ne sont pas diminuées par les moutardes blanches testées. Par contre des résultats significatifs ont déjà été obtenus avec un radis fourrager. Ces derniers résultats confirment l'hypothèse d'un effet allélopathique des résidus de certaines Crucifères. L'absence d'effet des moutardes blanches pourrait provenir de la nature de leurs glucosinolates. Ces résultats indiquent qu'il est nécessaire de s'orienter, pour viser un effet sur le piétin-échaudage, vers des Crucifères dont la composition est plus prometteuse, des radis mais aussi des moutardes brunes ou noires et des colzas.

Il apparaît ainsi que l'effet allélopathique des résidus de Crucifères sur le potentiel infectieux n'a rien de systématique dans les systèmes de culture. Utilisés sous forme d'engrais vert, on aurait une réduction du piétin échaudage du blé avec un radis en culture intermédiaire, mais aucune réduction des attaques d'*Aphanomyces* quelle que soit la Crucifère testée. Les moutardes blanches ne semblent pas avoir le pouvoir de réduire le potentiel infectieux du sol. Pour utiliser cet effet allélopathique sur des pathogènes telluriques avec des Crucifères en culture intermédiaire dont le cycle est court, il semble nécessaire de se concentrer sur des Crucifères à effet intense, c'est-à-dire riches en GSL précurseurs de métabolites actifs. Utilisés en culture de production, où les résidus sont enfouis à maturité après un cycle de longue durée, les colzas semblent réduire le potentiel infectieux du sol de l'agent pathogène responsable du piétin échaudage. Il reste à tester le colza de production pour réduire le potentiel infectieux du sol par *Aphanomyces*.

Pour bien utiliser l'allélopathie en agriculture : trois obstacles à surmonter

Beaucoup de connaissances sont déjà disponibles quant aux capacités des Crucifères à produire puis libérer dans le sol des métabolites secondaires dont les produits de dégradation ont des actions inhibitrices sur la croissance de populations de champignons telluriques. On connaît également la sensibilité de certains champignons pathogènes à ces molécules organiques. Par ailleurs plusieurs manifestations de l'effet précédent au champ pourraient au moins en partie être dues à cet effet allélopathique. C'est le cas pour les effets des Crucifères sur *Aphanomyces* chez le pois, et sur le piétin-échaudage des céréales.

Cependant, plusieurs obstacles demeurent, avant de pouvoir réellement envisager des applications agronomiques à grande échelle.

La première difficulté a trait à la grande diversité (i) des molécules produites, (ii) des niveaux de concentration en ces molécules selon les espèces et cultivars, (iii) des niveaux de sensibilité des agents pathogènes à ces molécules. Dès lors, il est nécessaire de réaliser un long travail de « screening » pour identifier les couples matériel végétal x agent pathogène pour lesquels on peut espérer un effet biocide du premier sur le second.

La seconde difficulté tient, comme cela a été montré pour la lutte contre *Aphanomyces* chez le pois, au fossé important qui sépare la mise en évidence d'un effet en conditions contrôlées, et l'expression de cet effet au champ. Les techniques de conduite des cultures (fertilisation, date de destruction, proportion d'organes exportés, travail du sol...), en interaction avec les caractéristiques du sol et du climat, sont de nature à faire varier de manière considérable les rythmes de dégradation des résidus de culture, et donc les quantités instantanées de composés libérés et les durées de production de ces composés. Ces deux variables (intensité et durée de production) sont certainement des clés de l'efficacité de l'effet biocide des métabolites secondaires. Par ailleurs, les techniques culturales influencent d'autres facteurs de variation probables de l'effet, par exemple la position des résidus dans le profil de sol, qui peut jouer sur la proximité des molécules biocides vis-à-vis des champignons. Des recherches supplémentaires sont à mener pour identifier les conditions agronomiques d'expression au champ d'un effet allélopathique : études en conditions contrôlées, expérimentations pour tester les effets biocides et modèles pour concevoir des itinéraires techniques dans l'optique de bénéficier de ces effets.

Enfin la troisième difficulté tient au fait que les pratiques agricoles dans les systèmes de culture vont jouer sur les champignons phytopathogènes et sur le fonctionnement de la culture suivante par d'autres moyens que la production de composés à effet biocide. Par ailleurs, lorsque ces composés affectent les populations microbiennes du sol, rien ne permet de penser qu'elles ne touchent que celles qui ont un effet néfaste, et préservent celles qui ont un rôle positif. En conséquence, l'évaluation de systèmes de conduite mis au point dans une optique de bénéficier de leurs effets allélopathiques ne pourra faire l'économie d'une évaluation plus générale, faisant le bilan complet des gains mais aussi des coûts liés à ces pratiques.

Innovations en perspectives

L'analyse et la compréhension de ces mécanismes contribue à faciliter les diagnostics agronomiques réalisés au champ, puis à concevoir des systèmes de culture susceptibles de résoudre les problèmes rencontrés. Ainsi ces travaux sur crucifères ont permis de commencer à comprendre les mécanismes en jeu dans certains de leurs effets précédents, avec le maïs comme avec le pois ou le blé. Les résultats des tests aux champs ne sont cependant pas suffisamment fiables pour envisager des développements de tels systèmes de culture dans un avenir proche. L'allélopathie est un phénomène complexe à comprendre au champ, et les innovations qu'on peut en espérer sont longues à mettre au point. L'utilisation de phénomènes de régulations naturelles permises par certaines crucifères ne doit cependant pas être considérée comme une utopie.

En effet, même si au-delà des Crucifères, l'utilisation du phénomène de l'allélopathie comme base d'innovations reste quasiment absente en agriculture d'Europe de

l'Ouest, d'autres exemples existent dans lesquels des phénomènes allélopathiques impliquant des cultures ont été compris puis valorisés. C'est certainement dans le domaine de la lutte contre les adventices que les travaux sont les plus avancés. En particulier la sélection de génotypes de riz à effets allélopathiques contre certaines adventices est déjà une réalité ; elle est également en cours chez le blé. On utilise également en milieu tropical les résidus de pailles de différentes espèces (dont l'avoine) comme paillis dans les cultures maraîchères : leur effet allélopathique pourrait expliquer en partie leur efficacité pour contrôler les adventices. Dans ce dernier cas de figure, il est clair cependant que la technique employée modifie d'autres états du système, et que l'allélopathie n'est pas seule en cause.

En dehors de ces exemples déjà passés dans la pratique, qui mobilisent l'allélopathie parfois sans le savoir, des pistes de recherche ont été ouvertes dans l'objectif de développer l'utilisation de ces régulations naturelles dans l'agriculture¹⁷. Ces pistes sont variées : sélection de cultivars de cultures aux propriétés allélopathiques améliorées ; identification des substances actives dans les phénomènes d'allélopathie soit pour les isoler et produire des produits de protection des plantes naturels, soit pour en préparer la synthèse afin de produire des pesticides plus favorables à l'environnement et à la santé humaine ; utilisation des espèces ayant des propriétés allélopathiques comme cultures intermédiaires (grandes cultures) ou cultures intercalaires (cultures spéciales), comme source de paillis, ou encore en culture associée.

La compréhension, puis la valorisation dans des systèmes techniques, de l'allélopathie, contribuent ainsi au développement de l'agroécologie¹⁸. Mais envisager une extension de sa valorisation appelle deux remarques. D'une part elle ne constitue bien sûr qu'une partie des régulations naturelles qui sont en jeu dans la gestion des successions de culture, et même dans la seule partie de cette gestion relative à la protection des cultures. Toutes les modifications des états physiques, chimiques et biologiques engendrées par le choix d'une succession de culture, et pas seulement la plus ou moins grande abondance de composés allélopathiques, vont de fait modifier les dynamiques des populations des bioagresseurs. D'autre part, pour dépasser le simple stade de voie de progrès prometteuse, la valorisation de l'allélopathie devra s'attacher à comprendre comment les effets découverts puis maîtrisés à travers telle ou telle technique s'insèrent de manière cohérente dans les systèmes de culture, et permettent d'atteindre les objectifs fixés à l'agriculture. Il n'est en effet pas impossible que dans certains cas les techniques à mettre en œuvre pour valoriser cette régulation naturelle soient contradictoires avec d'autres éléments des systèmes de culture.

¹⁷ ANAYA AL (1999). Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. *Critical reviews in plant sciences*, 18(6), 697-739.

¹⁸ ALTIERI MA (1995). *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. 2nd ed. Westview Press, Boulder, CO, USA.

Figure 1 : Concentration en glucosinolates « actifs » (sinigrine+gluconapine +glucobrassicinapine) en micromoles/g de 3 espèces de crucifères en phase végétative (source : CETIOM 2002)

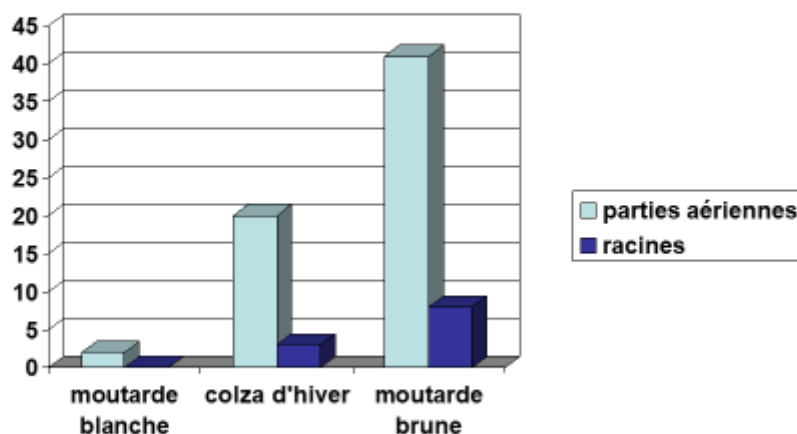


Tableau 1 : Présence et effets potentiels en fumigation des principaux produits de dégradation des glucosinolates des organes de colza, moutarde blanche et moutarde brune.

ITC : Isothiocyanate ; OT : oxazolidine-2-thione ; SCN⁻ : ion thiocyanate ; 0 : absence ; + : présence et effet potentiel significatif, - : présence et effet potentiel négligeable ; (le nombre de signes – et + indique la richesse de l'organe en GSL précurseur).

Plante	Organe	Produits de dégradation des glucosinolates et type d'action						
		OT	SCN ⁻	Phényléthyl-ITC	Benzyl ITC	Pent-4-enyl ITC	But-3-enyl ITC	Allyl-ITC
		Inconnue	Inconnue	Lente	Lente	Rapide	Rapide	Rapide
Colza	P. aériennes	-	--	+	0	++	+	0
	Racines	-	0	+++	+	+	+	0
Moutarde blanche	P. aériennes	0	----	0	++	+	0	0
	Racines	0	--	+	++	0	0	0
Moutarde brune	P. aériennes	0	0	0	0	+	++	+++
	Racines	0	0	++	0	0	+	++

Figure 2 : Croissance mycélienne in vitro (mm) de *Aphanomyces eutiches* suivant les résidus de culture (source : INRA Rennes Bio3P)

