

Introduction

La nature est un pourvoyeur de composés utilisés dans de nombreux secteurs industriels; les molécules organiques issues de la biomasse sont valorisées sous forme de médicaments, de produits cosmétiques, de parfums, de colorants ou encore de préparations phytopharmaceutiques. L'homme utilise les plantes et les principes actifs de ces plantes pour leurs vertus thérapeutiques depuis plus de 35 000 ans (Girre, 1997). Les connaissances accumulées sur les propriétés des plantes et sur les composés qu'elles produisent à des fins thérapeutiques sont colossales ; ceci se traduit par une large utilisation des composés naturels pour la production de médicaments. En effet, en 2007 une substance active sur deux utilisée par l'industrie pharmaceutique est directement issue du vivant ou synthétisée à partir de composés issus du vivant (de plantes, de microorganismes,...) (Newman & Gordon, 2007).

La biomasse est donc une importante source de principes actifs valorisables notamment sous forme de produits à haute valeur ajoutée, comme les anticancéreux ou autres composés de chimiothérapie, mais aussi en cosmétique, en parfumerie ou encore comme produits sanitaires. La valorisation des composés naturels comme pesticides est plus rare. Cet état de fait peut s'expliquer par le coût encore important de production des composés d'origine naturelle et par les importantes quantités de produit nécessaires pour protéger les cultures, handicapant économiquement la filière. La prise de conscience civique, l'évaluation du coût environnemental de l'impact des pesticides de synthèse, le développement des biotechnologies et la mondialisation des systèmes de production permettent le développement d'un nouveau paradigme économique favorable au développement des biopesticides et des produits de biocontrôle d'origine naturelle.

Cette nouvelle gamme de produits de biocontrôle englobe une large gamme de composés proposant un tout aussi large éventail d'activités exploitables en protection des cultures. Les substances actives valorisées comme produits de biocontrôle sont issues de l'étude des médiateurs chimiques et de leur rôle dans les écosystèmes.

Ces composés médiateurs sont qualifiés de secondaires par opposition aux métabolites primaires produits par les organismes pour élaborer entre autres, les structures cellulaires, la machinerie enzymatique, et les réserves énergétiques. Les métabolites secondaires font l'objet de

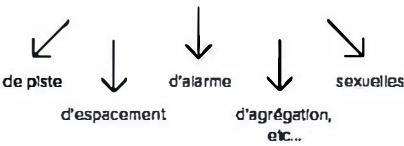
nombreuses études notamment dans le domaine de l'écologie chimique. Ces composés ou médiateurs chimiques occupent des fonctions précises à différents niveaux d'interactions, dans des relations interbiotiques (entre individus différents) intra- ou interspécifiques ; en écologie chimique, ces composés sont nommés substances sémiochimiques et peuvent être classés en quatre catégories : phéromones, allomones, kairomones et synomones. Ces quatre classes de composés sont définies selon leur mode d'action (Figure 1)

Substances Sémiochimiques



Action intraspécifique

Phéromones



Action interspécifique

Substances allélochimiques



Figure 1 : Différents médiateurs chimiques (Brossut, 1996)

A l'heure actuelle, les phéromones constituent une classe de produits de biocontrôle largement utilisée en protection des cultures.

Afin d'illustrer le processus de recherche de substances d'origine naturelle à activité biopesticide, prenons l'exemple des composés issus des plantes (Figure 2). Une plante est un organisme photosynthétique, soumis à une multitude de stress. De par leur condition d'organisme fixé, les végétaux ont mis en place des stratégies de défense, voire d'attaque, basées sur la production de médiateurs chimiques spécifiques. Ce sont ces molécules d'origine végétale qui constituent la palette qu'utilise l'homme directement ou indirectement en médecine, en cosmétique ou encore en protection des cultures.

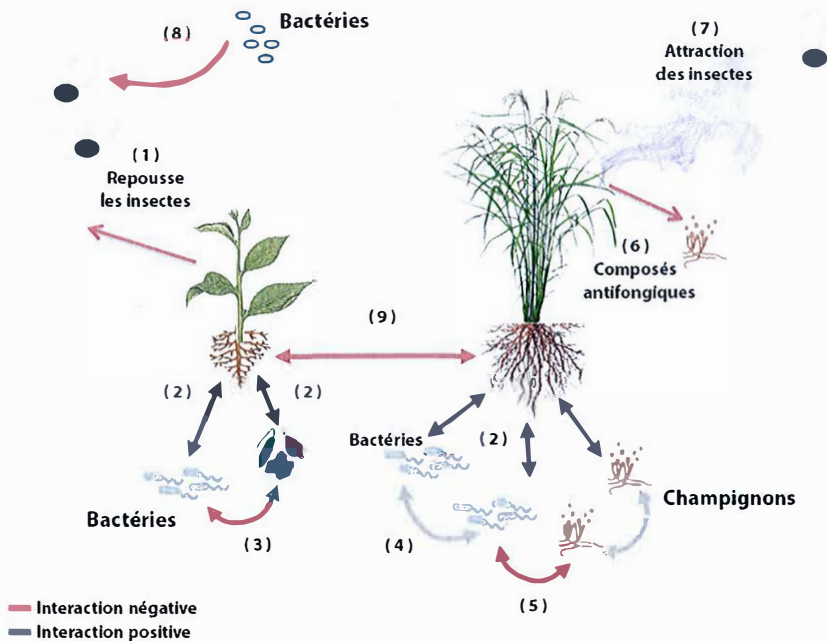


Figure 2 : Exemples de quelques interactions entre organismes.

1 - des composés sont émis par la plante pour repousser les insectes phytoagresseurs piqueurs suceurs, il peut s'agir par exemple de nicotine ou de sesquiterpènes lactones qui sont antiapétants (Robert et al. 1987). 2- des composés émis par la plante attirent les microorganismes symbiotiques mais aussi phytopathogènes 3 & 5 l'antibiose : des composés émis par certains microorganismes peuvent inhiber d'autres microorganismes. 4 - dans le cadre d'un phénomène appelé quorum sensing, certains composés peuvent être perçus au sein d'une population, modifier la transcription de gènes et engendrer un changement de phase, conduisant à la modification du métabolisme des bactéries et, par exemple, à la production de facteurs de virulence. 6 - la plante se défend par la production de phytoalexines, composés antifongiques ou répulsifs vis-à-vis des organismes phytophages. 7 - la plante émet de fortes quantités de composés volatils pour attirer les pollinisateurs mais ces composés peuvent aussi guider les insectes phytophages. 8 - bactéries entomopathogènes (ex : *Bacillus thuringiensis*). 9 - des composés phytotoxiques peuvent être aussi produits par la plante pour limiter la croissance d'autres plantes, c'est le phénomène d'allélopathie. (Adapté de Chamam A. 2011).

Aujourd'hui, une part importante du marché des produits de biocontrôle est occupée par les microorganismes. Tout comme nous l'avons illustré précédemment pour les plantes, les microorganismes sont capables de produire des composés naturels de structures diverses offrant un large spectre d'activités. Ces composés sont commercialisés sous diverses formes comme insecticides, antifongiques ou éliciteurs des défenses des plantes.

Nous nous proposons d'introduire succinctement et de façon non exhaustive les grands principes des interactions biotiques occurrentes dans la protection des cultures, d'identifier quelques molécules impliquées dans ces relations et de détailler quelques exemples utilisés en protection des cultures.

L'étude des composés naturels dans le cadre du biocontrôle couvre quatre grands domaines stratégiques :

1. l'identification de composés à action directe sur les phytoagresseurs :
 - les phéromones,
 - les biocides (antifongiques, bactéricides, herbicides....).
2. l'identification de composés stimulateurs des défenses naturelles des plantes, permettant de limiter les pressions exercées par le pathogène sur la plante hôte.
3. l'identification de métabolites de défenses chez les plantes contre les phytopathogènes permettant :
 - la sélection de variétés résistantes,
 - la sélection de stimulateurs des défenses efficaces.
4. l'identification de facteurs de virulence des microorganismes afin de mieux comprendre leur mode d'action et de pouvoir inhiber leur activité.

Nous proposons une approche transversale de ces axes thématiques de recherche et pour plus de clarté nous classerons les composés naturels impliqués dans les interactions de biocontrôle selon le plan suivant :

1. Les composés à action directe :

1.1. Les phéromones

1.2. Les composés toxiques pour l'insecte ravageur

1.2.1 Les composés d'origine végétale

1.2.2. Les insecticides d'origine microbienne

1.3. Les fongicides

1.3.1 D'origine végétale à action directe ou utilisés comme biofumigant

1.3.2 D'origine microbienne : action d'antibiose

1.4. Les composés phytotoxiques

1.4.1 Les métabolites végétaux

1.4.2. Utilisation de plante entière pour lutter contre les mauvaises herbes

2. Les substances à actions indirectes stimulantes des défenses naturelles des plantes

2.1. Des composés mimant des motifs présente à la surface des phytopathogènes et impliqués dans les mécanismes de reconnaissance de l'agresseur par la plante

2.2. Les composés analogues de métabolites végétaux clés dans la signalisation de l'agression ou dans l'éveil de la défense

1 - Les composés à action directe

1.1. Les phéromones

Les phéromones sont des dérivés d'alcane aliphatiques volatils parfois oxygénés, qui interviennent dans la reconnaissance intraspécifique de nombreux individus (Figure 3). Elles ont été largement étudiées chez les papillons pour lesquels elles interviennent comme attractant entre les mâles et les femelles. Presque toutes les phéromones sont des composés linéaires et sont classés en deux grands groupes : les phéromones comptant les alcools insaturés de C10 à C18 et leurs dérivés (type I) et les hydrocarbures de C17 à C23 et leurs époxydes (Type II) (Tetsu a & Yamakawa Rei, 2011). Les phéromones synthétisées industriellement sont identiques aux substances attractives naturellement produites. Elles sont utilisées en protection des cultures pour attirer les insectes dans des pièges (pour monitoring et piégeage de masse) ou pour perturber la reproduction des organismes nuisibles. Dans les cultures, les femelles des insectes ravageurs émettent un mélange phéromonal pour attirer le mâle et s'accoupler. L'apport de phéromones de synthèse dans l'atmosphère de la parcelle désoriente les mâles, empêche l'accouplement et permet ainsi de rompre le cycle du ravageur avant l'apparition du stade nuisible.

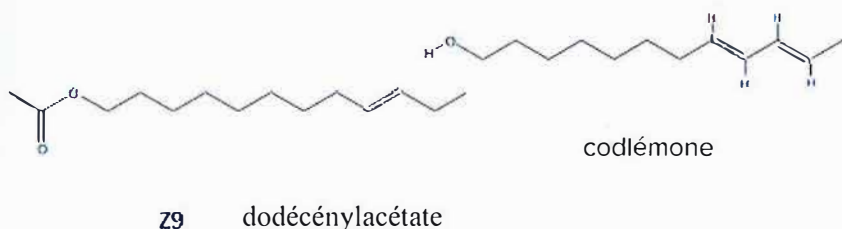


Figure 3 : structure de deux phéromones, la codlémone et le Z9 - dodécénylacétate.