

Titre de l'article : Relations antagonistes des insectes-plantes

Auteurs :

1. Dr François Xavier MATOKO¹
2. Benny Moïse MOKONDA¹
3. Frise Jonathan NGALIFOUROU¹

Nom et adresse du laboratoire :

1. Laboratoire de biodiversité et écologie animale, Université Marien NGOUABI, Faculté des sciences et Techniques, Brazzaville République du Congo

Adresse e-mail de l'auteur correspondant : fxaviermatoko@gmail.com

Résumé : Les relations antagonistes insectes–plantes sont celles où les insectes bénéficient au détriment des plantes. L'herbivorie est la plus fréquente : défoliation, minage, forage, succion de sève, consommation des racines, fruits et graines. Les insectes peuvent aussi transmettre des maladies (vecteurs de pathogènes), induire la formation de galles (détournement de ressources) ou causer des dommages lors de la ponte. Ces interactions ont des impacts écologiques et économiques majeurs, influençant la structure des écosystèmes et les rendements agricoles. Comprendre ces relations est essentiel pour la gestion des ravageurs et la conservation de la biodiversité.

Mots clés : relations insectes-plantes, antagoniste, herbivories, transmission des maladies, formation des galles.

Summary: antagonistic insect-plant relationships are those where insects benefit at the expense of plants. Herbivory is the most frequent: defoliation, leaf mining, boring, sap-sucking, root, fruit, and seed consumption. Insects can also transmit diseases (vectors of pathogens), induce gall formation (resource diversion), or cause damage during oviposition. These interactions have major ecological and agronomic impacts, influencing ecosystem structure and agricultural yields. Understanding these relationships is essential for pest management and biodiversity conservation.

Keywords: relationships insect-plant, Antagonistic, Herbivory, Transmissions diseases, Gall formation.

I. Introduction

Les interactions antagonistes entre insectes et plantes sont le théâtre d'une coévolution continue, où chaque partie développe des stratégies pour sa survie et sa reproduction. Les insectes phytophages, en tant qu'herbivores primaires, exercent une pression sélective intense sur les plantes, les forçant à développer une panoplie de défenses. En retour, les insectes ont évolué des mécanismes pour contourner ou tolérer ces défenses. Ainsi, l'**herbivorie** peut diminuer la surface foliaire, mais également les stocks de nutriments, la capacité photosynthétique, la capacité reproductrice ou encore la croissance végétative. Ces différents types d'attaques conduisent à des pertes quantitatives (réduction de la production de biomasse) et/ou à des pertes qualitatives (diminution du contenu nutritionnel, de la qualité commerciale ou de la caractéristique de stockage). Dans cette revue, nous tenterons d'aborder la notion de spécialisation alimentaire des insectes et les attaques auxquelles peuvent être soumises les plantes par les insectes par le biais d'exemple biologiques, leurs conséquences ainsi que les mécanismes de défenses des plantes à ces attaques.

II. Méthodologie

Pour réaliser cette étude, nous avons procédé à une recherche documentaire au travers des sites de recherches google et autres, qui nous a permis de constituer ces résultats sous forme de revue de la littérature, dont les résultats sont consignés dans le paragraphe suivant.

III. Résultats

Les résultats obtenus sur base des différentes recherches se subdivisent en plusieurs ensembles, ils se déclinent de la manière suivante :

1. La spécialisation alimentaire des insectes aux plantes hôtes

La spécialisation alimentaire des insectes aux plantes hôtes est un concept fondamental en écologie évolutive, structurant les communautés biotiques et influençant la dynamique des populations. Plutôt qu'un simple continuum, cette spécialisation se manifeste à travers un spectre de stratégies alimentaires, principalement classées en trois catégories : la polyphagie, l'oligophagie et la monophagie (Emmanuelle Lousselin et *al.*, 2013 ; Audrey Lebon., 2014).

1.1. Polyphagie

Les insectes polyphages sont des généralistes alimentaires, capables de se nourrir sur un grand nombre d'espèces végétales appartenant à des familles taxonomiques diverses. Cette stratégie est souvent associée à une forte capacité d'adaptation et une résilience face aux changements de disponibilité des ressources. La polyphagie implique des systèmes de détoxification très plastiques notamment les cytochromes P450 (CYP), les glutathion S- transférases (GST) et les estérases, capables de neutraliser une large gamme de métabolites secondaires végétaux (Wang et *al.*, 2017)). Les insectes polyphages peuvent également présenter des comportements de sélection plus opportunistes, exploitant les ressources disponibles plutôt que de rechercher des plantes spécifiques. Leur capacité à changer de plante hôte leur confère un avantage en cas de pénurie ou de dégradation d'une ressource particulière. L'avantage principal de la polyphagie est la flexibilité alimentaire, réduisant le risque de famine et permettant l'exploitation de nouveaux habitats.

Cependant, cette généralisation a un coût : les insectes polyphages sont souvent moins efficaces pour assimiler les nutriments ou détoxifier les composés de défense d'une plante spécifique comparés aux spécialistes (Smilanich et al., 2009). Ils peuvent également faire face à une compétition plus intense pour les ressources. C'est le cas de nombreux insectes ravageurs agricoles, tels que le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*) ou la légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*), sont des exemples emblématiques de polyphages, ce qui contribue à leur statut de nuisibles. Des travaux récents explorent également le microbiome intestinal des insectes polyphages qui contribue à la dégradation des toxines végétales, élargissant ainsi leur gamme d'hôtes (Ceja-Navarro et al., 2015).

1.2. Oligophagie

Les insectes oligophages se nourrissent sur un nombre limité d'espèces végétales, généralement appartenant à la même famille botanique ou à quelques familles étroitement apparentées. Cette stratégie représente un équilibre entre la flexibilité des polyphages et la forte dépendance des monophages. L'oligophagie est souvent le résultat d'adaptations spécifiques à certaines classes de composés secondaires (ex: glucosinolates chez les Brassicaceae pour certains Pieridae). Ces insectes ont développé des systèmes de détoxification efficaces pour ces composés spécifiques, mais moins polyvalents que ceux des polyphages (Snyder et al., 2004) et des études sur le transcriptome ont permis de mettre en évidence l'expression différentielle de gènes de détoxification en réponse à des composés spécifiques de la plante hôte chez des oligophages (Gao et al., 2018 sur *Plutella xylostella*). La recherche récente a affiné notre compréhension de la reconnaissance de la plante hôte chez les oligophages. Des études se sont concentrées sur l'identification des récepteurs olfactifs (OR) et gustatifs (GR) spécifiques qui permettent aux insectes de détecter les signaux chimiques caractéristiques de leurs plantes hôtes préférées. Par exemple, des travaux sur les Plutellidae (papillons de la famille des **Brassicaceae**) ont identifié des OR sensibles aux **glucosinolates**, des composés spécifiques des Brassicaceae (Wadke et al., 2019). Leur dépendance modérée à un groupe de plantes leur confère une certaine résilience tout en permettant une optimisation de l'exploitation des ressources. Le risque est la vulnérabilité si l'ensemble des plantes hôtes disponibles dans leur aire de répartition subit une pression. C'est le cas du doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*), qui se nourrit principalement de **Solanaceae**, est un exemple classique d'oligophage.

1.3. Monophagie

Les insectes monophages sont les plus spécialisés, se nourrissant exclusivement sur une seule espèce ou un genre végétal étroitement défini. Cette stratégie est le fruit d'une coévolution poussée et d'adaptations très fines. La monophagie est caractérisée par des adaptations extrêmement précises à la chimie et à la morphologie d'une plante hôte unique. Les systèmes de détoxification sont hautement spécifiques et peuvent même permettre la séquestration et l'utilisation des toxines végétales pour la propre défense de l'insecte contre les prédateurs (Endara et al., 2017). Des études récentes utilisant des approches de génomique comparative et d'édition génomique (CRISPR-Cas9) commencent à identifier les gènes clés responsables de la monophagie, y compris ceux impliqués dans la reconnaissance de la plante hôte et la gestion des toxines (Xu et al., 2020). La préférence de ponte des femelles est également très sélective. Tout déclin au de la plante hôte (changement climatique et à la perte d'habitat) menace directement

l'existence de l'insecte monophage. Le **papillon monarque** (*Danaus plexippus*), dont les chenilles se nourrissent exclusivement d'asclépiades (*Asclepias spp.*), est un exemple emblématique de monophage, dont la survie est étroitement liée à la conservation de sa plante hôte (Northrup et al., 2019).

2. Les différents types d'attaques des insectes aux plantes

2.1. Les insectes attaquant les feuilles

Les feuilles, étant les principaux organes photosynthétiques, sont les cibles les plus fréquentes et souvent les plus visibles des insectes phytophages. L'herbivorie foliaire peut réduire la capacité de photosynthèse, affaiblir la plante et la rendre plus vulnérable à d'autres stress. Les dégâts foliaires peuvent réduire drastiquement la capacité d'une plante à produire de l'énergie.

a. Les attaques :

Chez les Lépidoptères (chenilles), de nombreuses espèces de chenilles, comme la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) sur les pins ; le ver de la capsule du cotonnier (*Helicoverpa armigera*) , *Spodoptera exigua* et ou *Spodoptera frugiper* sur diverses cultures (coton, maïs, tomate), consomment directement le parenchyme foliaire, causant une défoliation importante (Battisti et al., 2005 ; Al-Obaidi et Al -Shammari, 2012 ; Gan et al., 2021 ; Li et al., 2023)

Chez les orthoptères (sauterelles et criquets), Les criquets pèlerins (*Schistocerca gregaria*) sont tristement célèbres pour leurs essaims dévastateurs qui consomment la biomasse foliaire de presque toutes les plantes sur leur passage, des cultures aux pâturages (Lecoq, 2001)

Chez les Coléoptères (adultes et larves), Le doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*) est un exemple classique. Ses larves et adultes dévorent rapidement le feuillage de la pomme de terre, pouvant entraîner des pertes de rendement considérables (Alyokhin, 2009). *Diabrotica virgifera virgifera* (chrysomèle des racines du maïs) sur les feuilles juvéniles ont également été étudiées (Rebeiz et al., 2018).

Chez les Hyménoptères (tenthrèdes), les larves de tenthrèdes, comme la tenthrède du rosier (*Arge pagana*), défolient les rosiers, se nourrissant du limbe foliaire et ne laissant souvent que les nervures. Les espèces (*Myzus persicae* et *Empoasca flavescens*) causent des dégâts sur la tomate lorsque les feuilles sont fortement attaquées, elles s'enroulent vers le bas, flétrissent, brunissent et finissent par tomber suite à l'injection de salives toxiques dans les cellules.

Les insectes mineuses foliaires, les larves de certains insectes (lépidoptères, diptères, coléoptères) creusent des galeries à l'intérieur des feuilles. Des travaux ont documenté l'impact de mineuses comme *Phyllocnistis citrella* sur les agrumes et les stratégies de lutte biologique les concernant (Goolsby et al., 2010 et Huang et al., 2017).

b. Défenses des plantes

Défenses physiques : Trichomes (poils glandulaires ou non glandulaires), cuticules épaisses, cires épicuticulaires (Glas et al., 2012).

Défenses chimiques : Production de métabolites secondaires tels que les alcaloïdes (nicotine dans le tabac contre *Manduca sexta*), glucosinolates (dans les Brassicaceae contre *Plutella xylostella*), tanins (dans le chêne contre *Operophtera brumata*), terpénoïdes, phénols (War et al., 2012).

Défenses induites : Libération de composés organiques volatils (COV) qui attirent les ennemis naturels des herbivores (ex: maïs attaqué par *Spodoptera frugiperda* attirant des parasitoïdes comme *Cotesia marginiventris*) (Turlings et al., 1995).

2.2. Les insectes attaquant la tige

Les tiges sont des voies de transport essentielles pour l'eau et les nutriments. Les insectes attaquent les tiges en les forant, en les creusant, ou en suçant leur sève, ce qui peut interrompre le flux vasculaire, provoquer des cassures ou introduire des pathogènes (Audrey Lebon. 2014).

a. Les attaques :

Chez les Foreurs de tiges, les larves de certains lépidoptères et coléoptères percent les tiges, créant des galeries qui affaiblissent la plante et la rendent sujette à la verse. Le foreur du maïs (*Ostrinia nubilalis*) et le foreur de la canne à sucre (*Chilo sacchariphagus*) ont été des sujets d'étude majeurs, notamment en ce qui concerne le développement de variétés résistantes sur le maïs *Bt* et la canne à sucre (Ni et al., 2014; Setamau et al., 2011). Les scolytes (foreurs de tiges : *Dendroctonus spp.*) sont des ravageurs majeurs des conifères. Ils creusent des galeries sous l'écorce, interrompant le transport de la sève et entraînant la mort de l'arbre (Franceschi et al., 2005). Le charançon rouge du palmier (*Rhynchophorus ferrugineus*) fore les troncs et les palmes des palmiers, causant d'énormes dommages (Rugman-Jones et al., 2007).

Chez les Cochenilles et pucerons, certaines espèces s'installent sur les tiges pour se nourrir de la sève, entraînant un dépérissement et une réduction de la croissance, particulièrement sur les plantes ligneuses.

Chez les diptères (Galerie de mouche mineuse) *Liriomyza cephytia*, la larve creuse des galeries longiformes dans les feuilles de tomate (Diana médina. 2023).

Chez les Isoptères (termites), la famille des **Rhinotermitidae** qui envahissent les nouveaux champs de manioc se nourrissent en rongant les branches d'arbres de manioc (Auguste-Denise B.M. et al.,2022). Ces dernières souffrent d'une mauvaise croissance, meurent et pourrissent. Dans les plus vieux champs de manioc, les termites rongent les tiges et y pénètrent. Les tiges deviennent très fragiles. Les dégâts des termites sont surtout observés en saison sèche.

Chez les Homoptères (suceurs de sève), les pucerons (par exemple, *Aphis fabae* sur la fève) et les **cigales** se nourrissent du phloème ou du xylème, retirant des nutriments essentiels et pouvant transmettre des virus végétaux (Gildow et Gray, 2008)

Chez les insectes galligène, *Pineus similis* induisent la formation de galles sur les tiges des **Conifères**, ce qui peut détourner les ressources de la plante et affaiblir sa structure (Shorthouse et Rohfritsch, 2012 ; Sébastien Lacroix.2024).

b. Les défenses des plantes

Exsudats résineux/gommeux : Les conifères produisent de grandes quantités de résine, riches en terpènes toxiques, pour piéger et noyer les scolytes (Franceschi et al., 2005). Les arbres fruitiers peuvent produire de la gomme en réponse aux foreurs.

Lignification accrue : Renforcement des tissus lignifiés pour rendre les tiges plus difficiles à percer.

Protéines de défense : Présence de protéines de défense (comme les lectines ou les inhibiteurs de protéase) dans la sève.

Formation de galles : Bien que souvent bénéfiques pour l'insecte, les galles sont une réponse de la plante. Les guêpes à galle du chêne (*Andricus kollari*) induisent des galles sur les bourgeons et les tiges, ce qui représente une déviation de ressources de la part de la plante (Cornell University, 2024).

2.3. Les Insectes piqueurs-suceurs de la sève

Ils sont une classe d'insectes responsable de la perte directe en assimilât. Outre leur impact immédiat sur la plante, ils sont bien souvent porteurs de virus, bactéries ou phytoplasmes. Ces ravageurs peuvent avoir de nombreuses conséquences sur le métabolisme végétal en diminuant la **capacité de la photosynthétique** (par altération des chloroplastes) et donc par réduction de la fixation du CO₂ ou par réallocation de la matière au détriment de la photosynthèse, **accélération de la sénescence** et de **l'abscission des feuilles**, **apparition de lésions nécrotiques** qui peuvent réduire l'interception lumineuse (Audrey Lebon .2014).

a. Les attaques :

Les Insectes suceurs (pucerons, aleurodes, cicadelles), Ces insectes se nourrissent de la sève, causant un affaiblissement général de la plante, des déformations foliaires et la transmission de virus. Les pucerons, en particulier, ont fait l'objet de nombreuses études en raison de leur capacité à se reproduire rapidement et à transmettre des maladies virales (Ng et al., 2011 sur *Myzus persicae* Lu et al., 2020 ; Wang et al., 2022). Les aleurodes, comme *Bemisia tabaci*, ont été étudiées pour leur résistance aux insecticides et leur impact sur la transmission de virus aux cultures maraîchères (De Barro et al., 2011 et Ren et al., 2019). Les cicadelles, vectrices de **phytoplasmes** et de **virus**, ont également été un sujet de recherche important, notamment dans les vignobles et les vergers (Lessio & Alma, 2012 ; Ma et al., 2020).

La Cochenille rayée (*Ferrisia virgata*), cochenille verte (*Phenacoccus madeirensis*) : les deux espèces (**Pseudococcidae**) prélèvent la sève des plantes-hôtes sans inoculer de toxines. Les plants infestés manifestent des symptômes d'affaiblissement général par contre ils ne présentent pas de déformations chez la plante hôte (Auguste-Denise B.M. et al.,2022).

2.4. Les insectes attaquant les pièces florales

Certains insectes dits floricole s'attaquent principalement aux pièces florales et respectivement aux étamines et aux ovaires non fécondés (Audrey Lebon. 2014).

a. Les attaques :

Chez les coléoptères (méligèthes), *Meligethes aeneus* (Coleoptera, Nitidulidae) détruisent les anthères du colza, y causant d'important dégâts en mangeant les fleurs des plantes et les **Elatéridés** ou taupins adultes, sont des espèces floricoles qui se nourrissent généralement du pollen ou du nectar des fleurs ;

Chez les hyménoptères endémiques d'Andalousie, une espèce de fourmis sur **cystes** (*Cataglyphis floricola*) spécialisée consomment des pétales de fleurs.

Chez les Lépidoptères myrmécophiles du genre *Maculinea* (*Phengaris*) appartenant à la famille des Lycénidés. Les femelles de ces papillons pondent sur les bourgeons floraux de leurs plantes hôtes et les larves de l'Azuré du serpolet *Maculinea arion* commencent leur développement en consommant les pièces florales de diverses espèces de thym (*thymus vulgaris*) puis tombent sur le sol au pied de la plante.

Chez les diptères, *Chiastocheta* (petite mouche) pollinisateur de la trolle d'Europe, pondent leurs œufs dans la fleur. Les larves écloses se nourrissent des graines du trolle. Ces dernières sont donc considérées comme parasites lorsque la consommation des graines devient trop importante.

Chez les thysanoptères (thrips), *Aphidius coleman* peut causer des dégâts sur les feuilles et fruits principalement. Les dégâts ne sont généralement pas très importants, mais ils peuvent déprécier la qualité des fruits, en créant des lésions sur la courgette.

2.5. Les Insectes attaquant les graines

Les graines sont l'unité de reproduction de la plante, riches en nutriments stockés pour le développement de l'embryon. Leur destruction a un impact direct sur la capacité de la plante à se reproduire (Audrey Lebon 2014).

a. Les attaques :

Chez les coléoptères (bruches), les bruches (*Callosobruchus maculatus*) sont des ravageurs majeurs des légumineuses (pois chiche, lentille, haricot). Leurs larves se développent à l'intérieur des graines, les vidant de leur contenu nutritif (Sharma et al., 2009 ; Chougourou & Alavo. 2011). Les scolytes du caféier *Hypothenemus hampei*, creusent des galeries dans les grains de café matures ce qui induit une diminution de rendement et de qualité finale en créant également des portes d'entrées pour des ravageurs secondaires de type champignon ou bactéries. Les espèces, *Sitophilus oryzae* (charançon du riz) et *Callosobruchus maculatus* ont fait l'objet de nombreuses recherches sur leurs méthodes de contrôle, y compris les traitements non chimiques sur les plantes insecticides (Obeng-Ofori et al., 2011 ; Boeke et al., 2012).

Chez les Lépidoptères (foreurs de graines) ; Certaines chenilles, comme la pyrale de la pomme (*Cydia pomonella*), peuvent atteindre les graines des fruits, les détruisant et rendant le fruit non commercialisable.

Chez les Punaises des graines, Certaines punaises se nourrissent des graines en développement, causant des dégâts qui réduisent la qualité et la viabilité des semences (Panizzi & Parra, 2013).

b. Défenses des plantes :

- **Téguments durs** : Enveloppe extérieure des graines qui rend leur pénétration difficile.
- **Composés toxiques** : Accumulation d'inhibiteurs enzymatiques (comme les inhibiteurs de la trypsine dans les légumineuses), lectines, et autres composés antinutritionnels ou toxiques qui réduisent la digestibilité ou la survie des insectes (Mishra et al., 2012).
- **Défenses physiques (silice)** : Certaines graines peuvent incorporer de la silice dans leurs téguments pour les rendre plus abrasifs.

2.6. Les insectes attaquant les Fruits

Les fruits contiennent et protègent les graines en développement, et leur destruction peut empêcher la dispersion des graines ou leur germination. Ils causent des pertes économiques considérables dans les vergers et les cultures maraîchères.

a. Les attaques :

Chez les Mouches des fruits (Tephritidae), telles que *Bactrocera dorsalis* (mouche des fruits orientale) et *Ceratitis capitata* (mouche méditerranéenne des fruits), sont des ravageurs polyphages qui déposent leurs œufs dans les fruits en développement. Les larves qui éclosent se nourrissent de la chair, rendant les fruits impropres à la consommation (Vargas et al., 2015 ; Ghafoor et al., 2020 ; Diana médina. 2023 ; Yarou Boni Barthélémy et al., 2023)

Chez les Coléoptères (charançons des fruits), le charançon de la prune (*Conotrachelus nenuphar*) pond ses œufs dans les jeunes fruits, et les larves se développent à l'intérieur, causant la chute prématurée des fruits (Reissig et al., 1986).

Chez les Lépidoptères (mineuses des fruits), la *Tuta absoluta* est une mineuse qui peut attaquer les fruits de tomate, créant des galeries et favorisant les infections secondaires (Desneux et al., 2010). Les larves de certains papillons (carpophages) attaquent également les fruits, comme la pyrale de la pomme (*Cydia pomonella*) et la tordeuse de la pelure (*Adoxophyes orana*). Des études ont porté sur l'utilisation des phéromones pour le suivi et la confusion sexuelle (Thwaite et Madsen, 2010 ; Witzgall et al., 2019)

2.7. Défenses des plantes

Changement de composition chimique : Les fruits verts peuvent être riches en composés amers, toxiques (par ex., alcaloïdes, saponines) ou en tanins pour décourager les herbivores avant la maturation des graines. Ces composés diminuent à mesure que le fruit mûrit et que les graines sont prêtes à être dispersées (Anthon et al., 2011).

Épaississement de l'épiderme/cuticule : Une peau plus résistante peut empêcher la pénétration de l'ovipositeur des insectes.

Exsudation de latex ou de gomme : Certaines plantes produisent du latex collant qui piège les insectes (par ex., figuier).

2.8. Les Insectes attaquant les racines

Les racines sont des organes vitaux pour l'ancrage, l'absorption d'eau et de nutriments, ainsi que le stockage. Les attaques sur les racines peuvent compromettre gravement la survie et la productivité de la plante, même si les dommages sont souvent moins visibles.

a. Les attaques :

Chez les orthoptères (Ensifères), *Grylotalpa grylotalpa*, s'attaquent aux parties souterraines des cultures légumières en consommant soit les racines simples et ou les organes de stockage.

Chez les Coléoptères (larves), les larves de la chrysomèle des racines du maïs (*Diabrotica virgifera virgifera*) sont parmi les ravageurs les plus destructeurs du maïs, se nourrissant des racines et provoquant le "versement" des plantes (collapse) (Head et al., 2017 ; Hibbard et al., 2018). La préoccupation majeure de cette espèce a déjà fait objet d'une étude portant sur sa gestion face à la résistance aux insecticides et aux cultures Bt (Meihls et al., 2011 ; Spencer et Hibbard, 2012). Les larves de hannetons (genres **Melolontha**, **Phyllophaga**) ont également été étudiées pour leurs dégâts sur les cultures et les prairies (Haile et al., 2013 ; Riaz et al., 2021).

Chez les Homoptères (pucerons radicicoles), Certains pucerons, comme le puceron lanigère du pommier (*Eriosoma lanigerum*) et *Pemphigus spp*, peuvent former des colonies sur les racines, provoquant des galles et affaiblissant l'arbre (Simon et al., 2012 ; Wang et al., 2019).

Chez les Diptères (larves), les larves de mouches des racines (par exemple, la mouche du chou (*Delia radicum*)) s'attaquent aux racines de **Brassicaceae**, entraînant le flétrissement et la mort des jeunes plants (Finch et Collier, 2012 ; Zhao et al., 2020)

b. Défenses des plantes

Défenses chimiques : Excrétion de métabolites secondaires toxiques ou répulsifs dans le sol. Le maïs, par exemple, libère le (E)- β -caryophyllène dans la rhizosphère lorsqu'il est attaqué par *Diabrotica virgifera*, attirant des nématodes entomopathogènes qui parasitent les larves (Rasmann et al., 2005).

Défenses physiques/compensatoires : Développement de racines adventives, augmentation de la croissance compensatoire des racines, lignification accrue des tissus racinaires (Bezemer et al., 2003).

Interactions microbiennes : Association avec des microorganismes du sol (bactéries, champignons) qui peuvent induire une résistance systémique chez la plante (ISR) ou produire des composés anti-herbivores (Pieterse et al. 2014)

2.9. Les insectes attaquant les bourgeons terminaux

Les bourgeons terminaux sont les sites de croissance primaire et contiennent les méristèmes apicaux responsables de l'élongation de la tige et de la formation des nouvelles feuilles et fleurs.

Leur destruction peut arrêter la croissance verticale de la plante, favoriser la ramification indésirable ou même tuer les jeunes plants.

a. Les attaques

Chez les Lépidoptères (foreurs de bourgeons), la tordeuse européenne des pousses de pin (*Rhyacionia buoliana*) est une chenille qui fore les bourgeons terminaux des pins, causant la déformation du tronc et des pertes économiques importantes en foresterie (Miller, 1967).

Chez les Homoptères (les pucerons et cicadelles); comme *Macrosiphum rosae* (pucerons du rosier), s'agglomèrent sur les jeunes pousses et bourgeons, suçant la sève et entraînant le rabougrissement, la déformation des feuilles et une réduction de la floraison (Liu et al., 2017).

Chez les Coléoptères (curculionidés), Certains charançons peuvent attaquer les bourgeons, s'en nourrissant ou y pondant leurs œufs. Ils peuvent percer ou ronger les bourgeons terminaux, comme le charançon de la pousse du pin (*Pissodes strobi*), un ravageur important des conifères (Alfaro et al., 2010 ; Audrey Lebon. 2014 ; Huber et al., 2018)

b. Défenses des plantes

La concentration de défenses chimiques : Les jeunes tissus en croissance rapide, comme les bourgeons, peuvent concentrer des niveaux élevés de composés défensifs (alcaloïdes, terpénoïdes, phénols) pour se protéger (Herms & Mattson, 1992).

Les défenses physiques : Présence de trichomes ou de cires sur les bourgeons tendres.

La croissance compensatoire : La destruction du bourgeon terminal peut induire la croissance des bourgeons axillaires, entraînant une ramification accrue. Bien que cela puisse être une compensation, cela peut aussi altérer la forme désirée de la plante (ex: arbres forestiers).

2.10. Les insectes attaquant les différentes parties de la plante

Certains insectes ont un régime alimentaire très large et peuvent attaquer plusieurs parties de la plante au cours de leur cycle de vie ou en fonction de la disponibilité.

Chez les Orthoptères (sauterelles, criquets), les essaims de criquets pèlerins (*Schistocerca gregaria*) ont continué à faire l'objet d'études en raison de leur potentiel dévastateur sur de vastes étendues de cultures, se nourrissant de feuilles, de tiges, d'épis et de fruits (Latchininsky et al., 2011 ; Lecoq et al., 2021).

Chez les Termites (*Rhinotermitidae*), des régions tropicales et subtropicales, peuvent causer des dommages considérables à l'ensemble de la plante, depuis les racines jusqu'aux tiges et même aux fruits (Jouquet et al., 2014 ; Ruan et al., 2022 ; Auguste-Denise B.M. et al., 2022).

Chez les Acariens phytophages, bien que ce ne soient pas des insectes, les acariens (Tetranychidae comme *Tetranychus urticae*) sont des ravageurs omniprésents qui peuvent attaquer toutes les parties vertes de la plante, causant des décolorations, des nécroses et une réduction de la photosynthèse (Migeon & Dorkeld, 2011 ; Agut et al., 2020).

Chez les coléoptères (charançons) *Sitona lineatus*, *Sitona lepidus* et *Sitona flavescens*, Les **adultes** attaquent les jeunes feuilles (pois trèfle, luzerne et ou haricot), provoquant sur les feuilles des

encoches circulaires caractéristiques qui peuvent limiter la densité des jeunes semis. Les **larves** s'attaquent ensuite aux nodosités et aux jeunes racines. Elles entraînent ainsi une mauvaise alimentation de la culture et des chutes de rendement et de qualité.

Chez les hémiptères, le *Diaspididae* (pou de Californie) constitue le ravageur le plus dangereux pour les agrumes (arbuste fruitier). Il est très polyphage et s'attaque à toutes les parties de l'arbre, du tronc jusqu'aux fruits. Elle enfonce profondément ces stylets dans le végétal pour puiser la sève, elle injecte au même temps une salive toxique (action toxique) ; ceci se traduit sur les jeunes fruits par des déformations physique ou esthétique. L'espèce *Graphocephala fennahi*, les adultes et les larves sur *rhododendron* attaquent les feuilles, fruits, rameaux, tronc, racines. Les piqûres d'alimentation (sève et liquide cellulaire) provoquant un affaiblissement de la plante ; lors de pullulation, un encroûtement est possible, et des malformations apparaissent, causées par l'injection de salive ; le dessèchement progressif de la plante ; le miellat produit par certaines espèces se couvre généralement d'un complexe de champignons noirâtres, la fumagine, qui provoque une diminution de la photosynthèse et la transmission possible d'autres parasites comme les virus. L'espèce *Phenacoccus manihoti* (Cochenille du manioc), en se nourrissant sur les plants de manioc jeune et adulte, elle inocule une toxine dont l'effet se traduit par de profondes perturbations au niveau de la croissance (Auguste-Denise B.M. et al.,2022)

Chez les Thysanoptères, l'espèce *Thrips spp* sur l'aubergine et *Frankliniella williamsi* se nourrit du contenu des cellules végétales en s'attaquant surtout aux parties les plus jeunes provoquant une levée de la dominance apicale. Sur les plantes attaquées, les feuilles et les fruits ne se développent plus normalement, se déforment et se couvrent de points chlorotiques avec des lésions sur les jeunes tiges et des entrenœuds raccourcis (Auguste-Denise B.M. et al.,2022 ; Diana médina. 2023).

Chez les lépidoptères (**chenilles**) occasionnent des dommages aux cultures soit en mangeant le feuillage ou les fruits. Par exemple, *Helicoverpa armigera*, *Selepa docilis* et *Tuta absoluta* sont connus pour être de redoutables déprédateurs de la tomate sur laquelle ils peuvent causer des pertes considérables sur la tomate, le gombo, le poivron et sur l'aubergine (Kouadio Dagobert KRA et al.2023 ; Diana médina. 2023 ; Yarou Boni Barthélémy et al., 2023). Les fortes attaques contribuent à une réduction du rendement en fruit pendant la pluviosité ou humidité. Les chenilles du sphinx du manioc (*Erinnyis ello*) se nourrissent des feuilles, des tiges et des bourgeons entraînant une défoliation complète de la plante (Auguste-Denise et al. 2022).

Chez les hyménoptères (**cynips**) *Andricus fecundator*, *Andricus kollari* et *Neuroteurus quercusbaccarum*, attaquent principalement les feuilles et les tiges, et parfois les bourgeons et inflorescences en causant la formation de galles. Certains ne produisent pas de galles, en revanche, ils profitent de celles produites par les autres espèces pour se développer. Et, les larves rongent les racines des plantes ainsi que les organes de réserve éventuels (rhizomes, tubercules...) entraînant une réduction des flux de sève. La croissance du végétal est alors réduite et la plante peut dépérir ;

IV. Conclusion

Les relations antagonistes entre les insectes-plantes représentent une force écologique fondamentale, sculptant la structure des communautés végétales et influençant la dynamique des

populations d'insectes. Chaque partie de la plante, des racines souterraines aux bourgeons terminaux, présente des défis et des opportunités uniques pour les insectes phytophages, qui ont développé des spécialisations incroyables pour exploiter ces ressources. En retour, les plantes ont évolué une "pharmacie" et une "boîte à outils" physiques d'une complexité remarquable pour se défendre. Une compréhension approfondie de ces interactions est cruciale non seulement pour la science fondamentale mais aussi pour le développement de stratégies de lutte intégrée contre les ravageurs, en exploitant les défenses naturelles des plantes et les vulnérabilités des insectes pour une agriculture plus durable. Enfin, la relation antagoniste entre insectes et plantes n'est pas une simple lutte à sens unique, mais plutôt un équilibre dynamique, une danse complexe où les défenses des plantes et les adaptations des insectes se répondent sans cesse, modelant le paysage vivant qui nous entoure.

Bibliographie :

1. Audrey Lebon (2014); La compensation dans les interactions plantes-insectes : modélisation, simulation et expérimentation. Biologie végétale, thèse doctorat : Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc, Français. P.26-33
2. Auguste-Denise B.M., Marcos B.D., Gonian Serge K., Franck Borel A., Kouadio Y. J., & Niaba Pierre V., (2022); Inventaire et identification des dégâts des insectes infestant les plants de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) à deux et huit mois après plantation et essai de lutte biologique dans la localité de Daloa (Côte d'Ivoire) ; éd : *European Scientific Journal*, ESJ, 18 (14), 180.
3. Alyokhin, A. (2009). Colorado Potato Beetle Management. In: Encyclopedia of Pest Management. CRC Press.
4. Anthon, G. E., Barrett, D. M., & Lipton, P. (2011). Effect of ripeness on the phenolic content and antioxidant activity of fresh-cut processing tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(12), 6500-6507.
5. Al-Obaidi, H. F., & Al-Shammari, S. N. (2012). Biological control of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) using some native entomopathogenic fungi. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(2), 239-245.
6. Alfaro, R. I., Battisti, A., & Stastny, M. (2010). Insect pests in planted forests. In: *Forests and insects: Threats and management* (pp. 115-139).
7. Agut, M., Ardanuy, A., & Navarro, R. (2020). *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): A review of its impact on Mediterranean crops and management strategies. *Journal of Economic Entomology*, 113(1), 1-13.
8. Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., & Rosner, S. (2005). Expansion of the pine processionary moth distribution linked to climate warming. *Global Change Biology*, 11(12), 2084-2094.
9. Bezemer, T. M., Wagenaar, R., & van der Putten, W. H. (2003). Soil-born pathogens and nematodes: the underestimated enemies of plants. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(1), 22- 26.
10. Boeke, S. J., van Loon, J. J. A., & van Huis, A. (2012). The use of botanicals for the control of stored product insects: a review. *Journal of Stored Products Research*, 48, 271-284.
11. Cornell University. (2024). Plant Galls. <https://hort.cornell.edu/news/articles/2024/02/plant-galls>
12. Chougourou D.C et Alavo T.B.C.(2011) Systèmes de stockage et méthodes endogènes de lutte contre les insectes ravageurs des légumineuses à grains entreposées au Centre Bénin. *Rev.CAMES-Série A, Sciences et Médecine* 12 (2) : 137-141
13. Ceja-Navarro, J. A., Tabche, F., Frese, E., Vandenbol, M., & Garcia-Mendoza, A. (2015). Gut microbiota of *Spodoptera frugiperda* larvae plays a crucial role in the detoxification of plant secondary metabolites. *FEMS Microbiology Ecology*, 91(12), fiv129
14. Diana médina (2023) ; maraichage ; ed : *andre bernard maison des agriculteurs 22 avenue henri pontier 13626 aix en provence cedex 1*
15. De Barro, P. J., Liu, S. S., Boykin, L. M., & Shatters, R. G. (2011). *Bemisia tabaci*: A statement of species status. *Annual Review of Entomology*, 56, 1-19.
16. Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A. G., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, J. L., ... & Torres-Ruiz, J. A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, history, and management strategies. *Annual Review of Entomology*, 55, 181-207.
17. Emmanuelle lousselin, Jean-François Silvain et GaëlKergoat (2013). Scénarios évolutifs des interactions insectes-plantes. In : *Sauvion N. (ed.), Calatayud Paul-André (ed.), Thiéry D. (ed.), Marion-Pol F. (ed.). Interactions insectes- plantes. Marseille (FRA), Versailles : IRD*, p. 551- 563.
18. Endara, M. J., Mappes, J., & Van Nouhuys, S. (2017). The consequences of diet breadth for warning signal evolution. *Evolution*, 71(11), 2732-2741.
19. Finch, S., & Collier, R. H. (2012). The cabbage root fly, *Delia radicum*: A review of its biology, ecology and control. *Annals of Applied Biology*, 160(3), 205-224.
20. Franceschi, V. R., Krokene, P., Kreckling, T., & Christiansen, E. (2005). Physiological and structural responses of Norway spruce (*Picea abies*) stems to bark beetle attack. *New Phytologist*, 167(2), 333-353.
21. Goolsby, J. A., Portillo, H. E., & Dilday, R. H. (2010). Biological control of citrus leafminer (*Phyllocnistis citrella* Stainton) with *Ageniaspis citricola* Logvinovskaya (Hymenoptera: Encyrtidae) in Texas. *Journal of Economic Entomology*, 103(5), 1563-1570.
22. Gildow, F. E., & Gray, S. M. (2008). The biology of plant virus transmission by aphids. *Annual Review of Entomology*, 53, 565-585.
23. Glas, J. J., Schimmel, B. C. J., Alba, J. M., Escobar-Bravo, R., Schuurink, R. C., & Kant, M. R. (2012). Plant press-solicited salivary secretions of *Spodoptera exigua* caterpillars selectively induce a jasmonate-dependent defense response in tomato. *New Phytologist*, 194(1), 211-224.
24. Ghafoor, A., Mahmood, K., Ali, S., Shakeel, M., & Abbas, T. (2020). Management strategies for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in South Asia: A review. *Crop Protection*, 133, 105 -151.
25. Gan, J., Li, P., Li, C., Xu, L., & Li, C. (2021). Integrated pest management of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in China: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(4), 896-911.
26. Gao, P., Zhang, J., Wang, J., Liu, B., Wang, Y., & Li, C. (2018). Transcriptomic analysis reveals detoxification mechanisms in *Plutella xylostella* in response to dietary glucosinolates. *Pest Management Science*, 74(11), 2110-2117.
27. Head, G. P., Carroll, M. J., Evans, S. L., & Owen, M. D. K. (2017). A meta-analysis of the impact of Bt

- crops on farm economics and pesticide use. *Plant Biotechnology Journal*, 15(11), 1312-1323.
28. Hibbard, B. E., Roberts, D. E., & Reising, D. D. (2018). *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) management in corn: a review. *Journal of Integrated Pest Management*, 9(1), 1-15.
 29. Huang, C. C., Hung, T. H., & Yang, C. M. (2017). Management of citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae), using different insecticides in Taiwan. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 522-526.
 30. Huber, A., Klupal, V., & Hilszczanski, J. (2018). *Pissodes strobi* (Peck) (Coleoptera: Curculionidae) and its host plants in Central Europe. *Forest Pathology*, 48(6), e12467.
 31. Haile, F. J., Ngowi, A. V., & Nchimbi-Msolla, S. (2013). Occurrence and management of white grubs in smallholder maize production in Tanzania. *African Journal of Agricultural Research*, 8(12), 1058-1065.
 32. Joep van lidth de Jeude (2004) ; identification des dégâts causés aux cultures ; ed :irene koomen
 33. Jouquet, P., Dauber, J., Lagerlöf, J., Lavelle, P., & Lepage, M. (2014). Soil invertebrates as ecosystem engineers: a review of concepts and approaches. *European Journal of Soil Biology*, 61, 1-16.
 34. Lecoq, M., Zhang, L., & Latchininsky, A. V. (2021). Locusts and climate change: A review. *Journal of Orthoptera Research*, 30(1), 7-23.
 35. Lecoq, M. (2001). Locusts and grasshoppers: the biology, ecology, and management of Orthoptera. Blackwell Science.
 36. Li, S., Huang, Y., & Cui, J. (2023). Progress in the management of Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) in China. *Crop Protection*, 164, 106129.
 37. Liu, Y., Li, S., & Wu, Y. (2017). Damage and control of aphid on tree buds in urban greening. *Journal of Forestry Research*, 28(4), 863-868.
 38. Lu, Q., Wei, X., & Li, X. (2020). Host plant resistance to aphids in wheat: a review. *Journal of Pest Science*, 93(1), 1-15.
 39. Latchininsky, A. V., Sivanpillai, R., & Lkhagvaa, B. (2011). Remote sensing and GIS for locust management: An overview. *Journal of Orthoptera Research*, 20(1), 1-10.
 40. Lessio, F., & Alma, A. (2012). Leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) of European vineyards: A review. *Journal of Pest Science*, 85(2), 173-195.
 41. Ma, X., Fan, Y., & Wei, L. (2020). Distribution and control of leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) in Chinese vineyards. *Journal of Plant Protection Research*, 6(4), 361-368.
 42. Miller, W. E. (1967). The European Pine Shoot Moth—Ecology and Control. *Annual Review of Entomology*, 12, 197-224.
 43. Mishra, R., Khan, M. I., & Khan, M. F. (2012). Plant lectins: novel tool in pest control management. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 3(6), 579-585.
 44. Meihls, L. N., Hibbard, B. E., & Ellersieck, M. R. (2011). Field-evolved resistance to Bt maize by western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte). *PLoS One*, 6(7), e22619.
 45. Migeon, A., & Dorkeld, F. (2011). Spider mites web: A comprehensive database on Tetranychidae. *Acarologia*, 51(4), 515-526.
 46. Ng, J. C., Lin, J. G., & Hsieh, S. H. (2011). Integrated pest management of green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) in pepper. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(12), 6520-6526.
 47. Ni, X., Wang, Q., & Li, Q. (2014). Host plant resistance to insect pests in transgenic crops. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 51(1), 1-11.
 48. Northrup, J. M., Jenkins, D. A., & Wittemyer, G. (2019). Rapid decline in monarch butterfly populations in western North America. *Biological Conservation*, 235, 117-125.
 49. Obeng-Ofori, D., Bortey, F., & Boamah, E. (2011). Effect of some botanicals on insect pests of cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., in Ghana. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2(7), 127-133.
 50. Panizzi, A. R., & Parra, J. R. P. (2013). Heteropteran pests of economic importance. CRC press.
 51. Pellizzari, G., & Porcelli, F. (2012). Current approaches for controlling scale insects (Hemiptera: Coccoidea): An overview. *Journal of Entomology and Acarology Research*, 44(1), 1-16.
 52. Pieterse, C. M. J., Zamioudis, C., Berendsen, F. M., Weller, D. M., Van Wees, S. C. M., & Bakker, P. A. H. M. (2014). Induced Systemic Resistance by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 52, 347-374.
 53. Rasmann, S., Köllner, T. G., Degenhardt, J., Hiltbold, I., Toepfer, S., Kuhlmann, U., ... & Turlings, T. C. J. (2005). Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature*, 434(7034), 732-737..
 54. Reissig, W. H., Weires, R. W., & Seem, R. C. (1986). Damage potential of plum curculio (*Conotrachelus nenuphar*) on apples in New York. *Journal of Economic Entomology*, 79(6), 1604-1610.
 55. Rugman-Jones, P. G., Hoddle, M. S., & Stouthamer, R. (2007). Phylogenetic relationships among the palm weevils (Rhynchophorus) indicate multiple independent origins of palm specialization. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43(3), 1150-1162.
 56. Rebeiz, M., Ellersieck, M. R., & Hibbard, B. E. (2018). Evaluation of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae feeding on young corn plants and adult feeding on corn leaves and pollen. *Journal of Economic Entomology*, 111(3), 1362-1370.
 57. Ren, H., Wu, H., & Zhou, X. (2019). Research progress on resistance mechanisms and management strategies of *Bemisia tabaci*. *Pest Management Science*, 75(11), 3505-3518.
 58. Riaz, M. A., Qureshi, R., & Sarwar, M. (2021). Management of white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae): A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9(1), 1547-1554.
 59. Ruan, Y., Xie, H., & Ma, X. (2022). Termite damage to cultivated plants: A review of species, damage characteristics, and control strategies. *Journal of Insect Science*, 22(4), 1-15.
 60. Sharma, H. C., Singh, L., & Pampapathy, G. (2009). Host plant resistance to the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in cowpea. *Journal of Economic Entomology*, 102(2), 795-802.

61. Sébastien Lacroix (2024). Ministère des ressources naturelles et des forêts. Direction de la protection des forêts. Rapport Insectes, maladies et feux dans les forêts du Québec en 2023. *Bibliothèque nationale du Québec, ISBN (PDF) : 978-2-550-97591-5*
62. Smilanich, A. M., Fincher, B. M., & Dyer, L. A. (2009). Costs of resistance in a tritrophic system: plant defense and herbivore performance. *Oecologia*, 159(3), 619-629.
63. Snyder, W. E., Clevenger, G. M., & Phelan, P. L. (2004). Induced plant resistance and diet mixing in an insect herbivore. *Oecologia*, 140(3), 441-447.
64. Setamau, T., Singh, A. K., & Sharma, M. K. (2011). Sugarcane borers and their management : A review. *Sugar Tech*, 13(2), 105-115.
65. Shorthouse, J. D., & Rohfritsch, O. (Eds.). (2012). *Biology of insect-induced galls. Oxford University Press.*
66. Simon, J. C., Carre, S., & Le Gallic, J. F. (2012). Population structure of the aphid *Pemphigus bursarius* in France. *Insect Conservation and Diversity*, 5(2), 118-128.
67. Spencer, J. L., & Hibbard, B. E. (2012). Western corn rootworm: Biology, ecology, and management. *Annual Review of Entomology*, 57, 239-261.
68. Thwaite, W. G., & Madsen, H. F. (2010). The codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae): a review of its biology, ecology, and management in apples. *Journal of Economic Entomology*, 103(5), 1475-1491.
69. Turlings, T. C. J., Loughrin, J. H., McCall, P. J., Alborn, U. S., Tumlinson, J. H., & Lewis, W. J. (1995). How caterpillar-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92(10), 4169-4174.
70. Vargas, R. I., Liquido, N. J., & Jang, E. B. (2015). Fruit fly (Diptera: Tephritidae) species trapped in California: Implications for border security. *Journal of Economic Entomology*, 108(4), 1835-1845.
71. War, A. R., Taggar, G. K., & Buhroo, A. A. (2012). *Impact of biotic factors on insect host plants and their management. Springer.*
72. Wang, M., Wang, X., & Zhang, J. (2022). Progress in the research of wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) resistance and its breeding in China. *Crop Protection*, 154, 105878.
73. Wang, Y., Li, Z., & Chen, J. (2019). Research progress on *Pemphigus spp.* (Hemiptera: Aphididae) and their host plants. *Plant Protection*, 45(6), 1-7
74. Witzgall, P., Backman, B., & Birgersson, G. (2019). Pheromones and chemical ecology in apple pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 45(10), 919-930.
75. Wadke, N., Li, M., Zhu, L., Li, Z., Guo, M., & Zhang, Y. (2019). Identification of glucosinolate-sensitive olfactory receptors in the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Insect Molecular Biology*, 28(2), 220-230.
76. Wang, Y., Lu, Y., & Wu, K. (2017). Transcriptome analysis of detoxification genes in the generalist herbivore *Spodoptera litura* in response to different host plants. *Scientific Reports*, 7(1), 40537.
77. Xu, S., Liu, C., Yang, G., Ren, X., Sun, M., & Zhang, J. (2020). Evolution of a specialist taste receptor in the diamondback moth, *Plutella xylostella*, enables adaptation to glucosinolate-containing host plants. *PLoS Biology*, 18(1), e3000627.
78. Yarou Boni Barthélémy, Francisco Abdou Rachidi, De Troij Antoine, Touré Fatoumata, Azagba Joël, Traoré Aissata, Dagno Karim, Aboubakar Souma Djibril, 2023. Protéger mes cultures des nuisibles. Document Technique et d'Informations (DT&I). CIRAD/WorldVeg. Dépôt légal : N° 15333 du 9 Octobre 2023, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale du Bénin. ISBN : 978-99982-1-517-7. 33 page
79. Zhao, Y., Li, M., & Zhang, Y. (2020). Research progress on the control of *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) in cruciferous vegetables. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(3), 514-522.