

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريش

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : : Science Agronomique

Spécialité : Protection des végétaux

Intitulé :

**Régimes alimentaires des insectes et adaptation des
pièces buccales (étude bibliographique)**

Présenté par :

Rebihi Anfel Hadjer & Chettouh Saida

Soutenu le 30 /06/ 2024, Devant le Jury:

Président : M. Bensouilah Taki Eddine MCA Université de B.B.A.

Encadreur : M. Sayah Tahar MAA Université de B.B.A.

Examineur ; M. Khodour Abdelmalek MAA Université de B.B.A.

Année Universitaire 2023/2024



Dédicaces

C'est avec un très grand honneur pour nous de dédions ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde.

À nos chers parents qui nous a permis de continuer nos études dans les meilleures conditions et qui nous appris a ne jamais baissé les bras.

À nos très chères sœurs qui ont toujours été avec nous et ont apporté tout leur soutien.

À tous nos chers amis qui ont ajouté du plaisir et du bonheur à nos vies. Et à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

Anfel et Saida



Remerciements

Louange à ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Nos vifs remerciements vont à notre encadreur **Mr : Sayah Tahar** pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nous tenons à exprimer nos remerciements à **Monsieur Khodour Abdelmalek** et **Monsieur Bensouilah Taki Eddine** qui ont accepté de présider et d'examiner notre travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos enseignants de notre faculté.

Que tous ceux, qui d'une manière ou d'une autre, ont rendu possible la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Table de matière

Dédicace	
Remerciement	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	
Introduction général	1
Chapitre I L'Organisation des pièces buccales et leurs types	
I.1. L'Anatomie et structure des insectes	4
I.1.1. L'appareil buccal	4
I.1.1.1. La position des pièces buccales	4
I.1.1.2. Structure de l'appareil buccal	5
I.1.1.3. Le rôle de la structure de l'appareil buccale	7
I.2. Les Types de pièces buccales	8
I.2.1. Pièces buccales de type « broyeur »	8
I.2.1.1. Les broyeurs-suceurs	10
I.2.1.2 Les broyeurs-lécheurs	10
I.2.2 Pièces buccales de type « suceur »	11
I.2.2.1. Les suceurs-lécheurs	12
I.2.2.1.1. Type suceur-maxillaire	12
I.2.2.1.2. Type suceur-labial	13
I.2.3. Pièces buccales de type « piqueur-suceur »	14
Chapitre II Régime alimentaire et les types de dégâts d'insectes	
II.1. Le mode d'alimentation et les types de dégâts d'insectes	22
II.1.1. Insectes phyllophages	22
II.1.2. Insectes foreurs	23
II.1.3. Insectes piqueur-suceurs	24
II.1.4. Insectes floricoles	25
II.1.5. Insectes frugivores	26
II.1.6. Insectes rhizophages	27
II.1.7. Les mineuses	29
II.2. Méthodologie d'étude alimentaire des insectes	30
II.2.1. Technique analyse utilisées	30
II.2.2. Exemples de protocoles et méthodes couramment employées	30
II.2.3. Limitation et défis dans l'étude du régime alimentaire des insectes	30

II.3. Impact des insectes ravageurs sur les cultures	31
II.3.1. Principaux insectes ravageurs en agriculture	31
II.3.2. Conséquences économiques et environnementales des ravageurs	32
II.3.3. Exemples de dégâts causés par des insectes non indigènes	32
II.4. La gestion intégrée des ravageurs	33
Conclusion	35
Références Bibliographiques	

Liste des figures

Figure 01 : Organisation de la tête d'un insecte (cas du Criquet).	4
Figure 02 : Position des pièces buccales par rapport à l'axe du corps	5
Figure 03 : : <i>Représentation schématique de la disposition des pièces buccales chez un Insecte de type broyeur.</i>	7
Figure 04 : Les pièces buccales des insectes	8
Figure 05 : a) Pièces buccales de type « broyeur ». LS = lèvre supérieure (labre) ; Ma = mandibule ; Mx = maxille ; LI = lèvre inférieure (labium) b) Pièces buccales d'un coléoptère de type broyeur. Md : mandibules; Mx : maxilles ou mâchoires; Ga : galea; Gl : glossa; La : lacinia; Pl : palpe labial; Pm : palpe maxillaire.	9 10
Figure 06 : Pièces buccales [type broyeur-lécheur]de l'Abeille domestique <i>Apis mellifera</i> .	11
Figure 07 : Appareil buccal de type suceur	12
Figure 08 : Appareil buccal de Lépidoptère [suceur-maxillaire].	13
Figure 09 : Exemple de la pièce buccale d'un insecte de type suceur-labial LS = lèvre supérieure (labre) ; Ma = mandibule ; Mx = maxille ; LI = lèvre inférieure (labium)	13
Figure 10 : Exemple de la pièce buccale de deux insectes (moustique et punaise) de type piqueur-suceur. LS = lèvre supérieure (labre) ; Ma = mandibule ; Mx = maxille ; LI = lèvre inférieure (labium).	14
Figure 11 : Dégâts de <i>P. xylostella</i>	23
Figure 12 : Phoenix canariensis infesté par le charançon rouge.	24
Figure 13 : Feuilles de pêcher infestées par des pucerons verts, <i>Myzus persica</i> .	25
Figure 14 : Dégâts causés par les attaques sur la culture de colza.	26
Figure 15 : Cerises portant des perforations causées par un scolyte (<i>Hypothenemus hampei</i>).	27
Figure 16 : Partie des céréales infectées par le ver blanc.	28
Figure 17 : Dégâts causés par la mouche mineuse sur une feuille.	29

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les types d'ordres des insectes	15
---	----

Résumé

L'étude bibliographique sur la classification des insectes ravageurs selon leurs dommages aux plantes met en lumière la diversité des interactions entre ces organismes et les cultures.

Cette étude nous a permis de classer les insectes ravageurs en plusieurs catégories, (phyllophages, les mineurs, les foreurs, frugivores et d'autres) en fonction des types de dommages qu'ils causent aux plantes, souvent déterminés par leurs parties buccales et leur mode d'alimentation.

Les insectes phyllophages, les mineurs, les foreurs à pièces buccales broyeurs, comme les Acridiens, les coléoptères comme le charançon rouge du palmier *Rhynchophorus ferrugineus* dont les larves dévorent les jeunes palmes et les chenilles (Lepidoptera). Les piqueurs-suceurs comme les Pucerons et les Cicadelles (Aphididae), qui sont souvent, porteurs de virus, bactéries ou phytoplasmes. Ces ravageurs secondaires peuvent avoir de nombreuses conséquences sur le métabolisme végétal.

La gestion intégrée des ravageurs (Integrated Pest Management, IPM) est une approche holistique qui combine différentes méthodes pour contrôler les populations de ravageurs tout en minimisant l'impact environnemental et les risques pour la santé humaine.

Mots clés : parties buccales, mode d'alimentation, Les insectes phyllophages, les mineurs, les foreurs, frugivores, Les piqueurs-suceurs, (Integrated Pest Management, IPM),

الملخص

دراسة بيبليوغرافية عن تصنيف الحشرات الضارة وفقاً لأضرارها على النباتات تسلط الضوء على تنوع التفاعلات بين هذه الكائنات والمحاصيل.

لقد سمحت لنا هذه الدراسة بتصنيف الحشرات الضارة إلى عدة فئات (الآكلة للأوراق، الحافرات، الناخرة، الآكلة للثمار وغيرها) بناءً على أنواع الأضرار التي تسببها للنباتات، وغالباً ما يتم تحديدها من خلال أجزاء الفم وطريقة تغذيتها.

الحشرات الآكلة للأوراق، الحافرات، الناخرة ذات الأجزاء الفموية الطاحنة، مثل الجراد، والخنافس مثل سوسة النخيل الحمراء التي تلتهم يرقاتها سعف النخيل الصغير، واليرقات. الحشرات الثاقبة الماصة مثل المن والحشرات

النطاطة، التي تكون غالبًا حاملة للفيروسات أو البكتيريا أو الفيتوبلازما. يمكن أن يكون لهذه الآفات الثانوية العديد من العواقب على الأيض النباتي.

الإدارة المتكاملة للآفات هي نهج شامل يجمع بين طرق مختلفة للسيطرة على تجمعات الآفات مع تقليل الأثر البيئي والمخاطر على صحة الإنسان.

كلمات رئيسية: أجزاء الفم، طريقة تغذيتها، الحشرات الآكلة للأوراق، الحافرات، الناخرة، الآكلة للثمار، لحشرات الثاقبة الماصة، الإدارة المتكاملة للآفات.

Abstract

The bibliographic study on the classification of pest insects according to their damage to plants highlights the diversity of interactions between these organisms and crops.

This study has allowed us to classify pest insects into several categories (folivores, miners, borers, frugivores, and others) based on the types of damage they cause to plants, often determined by their mouthparts and feeding modes.

Folivorous insects, miners, and borers with chewing mouthparts, such as grasshoppers, beetles like the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*, whose larvae devour young fronds, and caterpillars (Lepidoptera). Piercing-sucking insects like aphids and leafhoppers (Aphididae), which are often carriers of viruses, bacteria, or phytoplasmas. These secondary pests can have numerous consequences on plant metabolism.

Integrated Pest Management (IPM) is a holistic approach that combines different methods to control pest populations while minimizing environmental impact and risks to human health.

Keywords: mouthparts, feeding modes, Folivorous insects, miners, borers, Piercing-sucking insects, Integrated Pest Management (IPM).

Introduction général

Malgré leur rôle primordial dans les écosystèmes, les insectes, qui représentent les trois quarts des espèces animales identifiées, sont encore mal connus. Leur relation avec le règne végétal, que ce soit comme compétiteurs au niveau des cultures ou comme auxiliaires, notamment par la pollinisation, revêt pourtant une importance majeure. **(Calatayud et al, 2013)**.

Ces bestioles ont la capacité d'exploitation de l'ensemble des ressources alimentaires de leur environnement : feuilles, fruits, bois, nectar des fleurs, sève, sang des Mammifères ou encore autres Insectes. Cette spécialisation alimentaire a provoqué une adaptation des pièces buccales au régime alimentaire dans le but d'accroître l'efficacité de la prise de nourriture. **(Force, 2020)**.

L'analyse bibliographique de la classification des insectes ravageurs en fonction des dommages ils causent aux plantes revêt une importance capitale en entomologie agricole. Ces insectes représentent une menace sérieuse pour la sécurité alimentaire mondiale en raison des pertes économiques qu'ils engendrent et de leur impact sur la production agricole.

Une étude importante est celle de **R. F. Chapman, (1998)** qui a classé les insectes ravageurs en fonction de leur mode d'alimentation. Chapman a identifié trois principaux modes d'alimentation : broyeur, suceur et mineur. Cette classification est essentielle pour développer des méthodes de contrôle adaptées à chaque type d'insecte ravageur.

En observant différentes espèces d'insectes en train de s'alimenter, il est facile de constater qu'il existe plusieurs types de pièces buccales dont les formes et les agencements varient beaucoup d'une espèce à l'autre et parfois même à l'intérieur d'une même espèce. Si les insectes ont pu coloniser la plupart des biotopes au cours de leur évolution, c'est entre autres parce qu'ils ont été capables d'exploiter toutes les ressources alimentaires de ces milieux, feuilles, fruits, bois, nectar des fleurs, sève, sang de mammifères, autres insectes. Cette spécialisation a entraîné une adaptation des pièces buccales au régime alimentaire afin d'être le plus efficace possible dans la prise de nourriture **(Sauvion et al, 2013)**.

Une étude approfondie des régimes alimentaires des insectes et de l'adaptation de leurs pièces buccales peut avoir des répercussions économiques importantes en améliorant la productivité agricole, en favorisant l'innovation biotechnologique, et en soutenant des pratiques de gestion environnementale durables.

L'objectif de cette étude est d'explorer la littérature qui traite les différentes interactions insectes-plantes, afin d'approfondir nos connaissances et de pouvoir classer les insectes ravageurs en fonction de leurs dommages qu'ils causent aux plantes. En mettant le point sur les espèces les plus préjudiciables et les plus difficiles à contrôler.

La présente étude se structure en deux chapitres, le premier représente l'organisation des pièces buccales et leurs types. Le second chapitre englobe la nature et les types de dégâts d'insectes ravageurs. Enfin, nous concluons ce travail par des perspectives et des recommandations.

Chapitre I

L'Organisation des pièces buccales et leurs types

I.1. Anatomie et structure d'un insecte :

Le corps des insectes est divisé en trois parties : la tête (portant les organes sensoriels, la bouche et les pièces buccales), (**Figure 01**), le thorax (caractérisé par la présence de trois paires de pattes et de deux paires d'ailes) et l'abdomen.

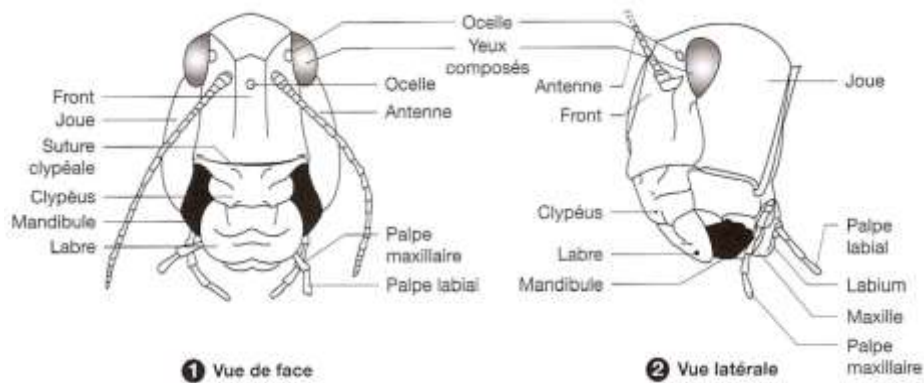


Figure01 : Organisation de la tête d'un insecte (cas du Criquet). **D'après BREUIL (2007).**

I.1.1. L'appareil buccal :

L'appareil buccal des Insectes est un ensemble d'appendices, souvent articulés, servant à la préhension de la nourriture ainsi qu'à son ingestion. (**Force, 2020**).

La forme de ces appendices varie énormément en fonction du régime alimentaire de l'insecte.

Le labre ou lèvre supérieure ; une paire de mandibules ou mâchoires ; une paire de maxilles (parfois nommées mâchoires secondaires) ; et le labium, ou lèvre inférieure, qui résulte de la fusion de deux appendices. (**Chinery,2012**).

I.1.1.1. La position des pièces buccales :

Selon Benoît, (2019) L'orientation de la tête par rapport à l'axe du corps est variable (**Figure 02**), peut-être :

- 1) **Hypognathe (Orthognathe)** : si les pièces buccales sont placées perpendiculairement à l'axe du corps ;

2) **Prognathe** : si elles pointent vers l'avant et sont parallèles à l'axe du corps ;

3) **Opisthorynque (Opisthognathe)** : si elles sont modifiées en proboscis (rostre piqueur) placé entre les pattes antérieures ;

4) **Entognathe** : si elles sont invaginées dans la tête et placées dans une cavité.
(Chapman, 2013).

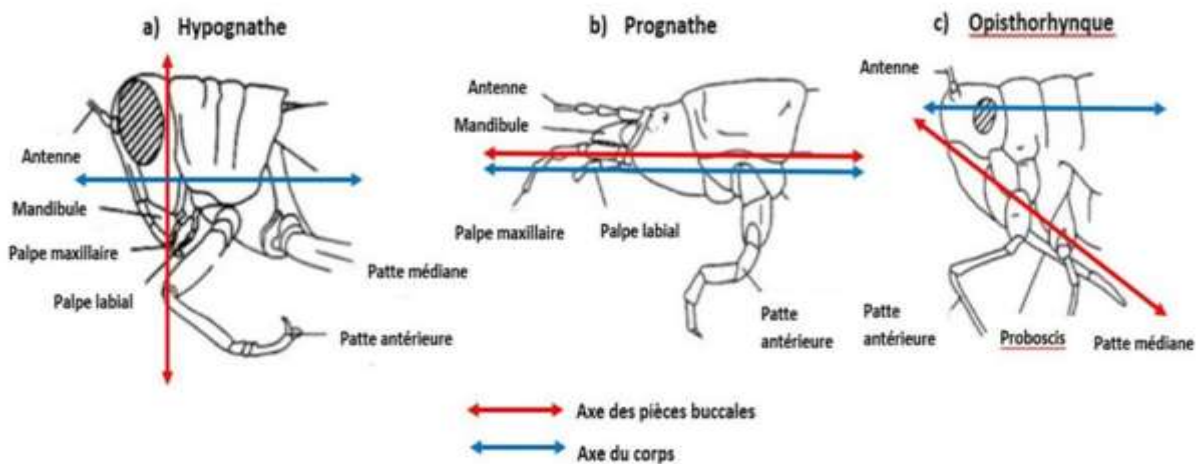


Figure 02 : Position des pièces buccales par rapport à l'axe du corps (Chapman,2013).

I.1.1.2. Structure de l'appareil buccal : Selon Dajoz (2010), les pièces buccales (Figure 03) comprennent :

- **Le labre ou labrum (lèvre supérieure)**: impair, ce n'est pas un appendice, il correspond à une simple évagination du tégument, situé juste sous le clypéus. C'est une pièce mobile qui maintient les aliments lors de la mastication.

- **Les Mandibules**: paire, appendices très sclérifiés et unisegmenté qui sont réunis à la base de la capsule céphalique par une double articulation et sont mise en mouvement par de puissants muscles.

Une paire de mandibules, l'articulation de la mandibule s'effectue par l'intermédiaire de deux points d'attache, l'un antérieur, l'autre postérieur; chez les insectes piqueurs ou suceurs de

sève, les mandibules sont transformées en stylets allongés.

- **Les Maxilles:** paire, elles comprennent une pièce basale: cardo, suivi du stipes, celui-ci porte le palpe maxillaire qui porte à son extrémité de nombreuses terminaisons nerveuses ayant un rôle gustatif et 2 autres articles : une galéa externe et une lacinia interne.

La structure rappelle fortement celle de l'appendice biramé supposé être le type primitif des arthropodes. Chez les insectes primitifs, ayant des pièces buccales non modifiées, de type broyeur, les maxilles constituent l'organe de mastication. Chez les Lépidoptères, la coaptation des galéas aboutit à la formation d'une trompe flexible. Toutefois, les organes vulnérants des insectes piqueurs ne sont pas toujours formés de cette façon. Chez certains d'entre eux, le canal alimentaire est formé par une élongation de l'hypopharynx qui constitue normalement un lobe logé sur le plancher de la cavité buccale.

-**Labium (lèvre inférieure):** impair, divisé en un postmentum basal et un prémentum distal. Le premier comprend un submentum basal suivi d'un mentum, le second porte une paire de palpes labiaux, formés chacun de 3 articles et terminés par des organes sensoriels, et un ensemble de lobes apicaux: 2 lobes submédians appelés les glosses et 2 lobes latéraux dits les paraglosses.

-**Hypopharynx (langue):** c'est un repli membraneux situé à la base du mentum. Il est assez réduit chez les insectes à pièces buccales de type broyeur.

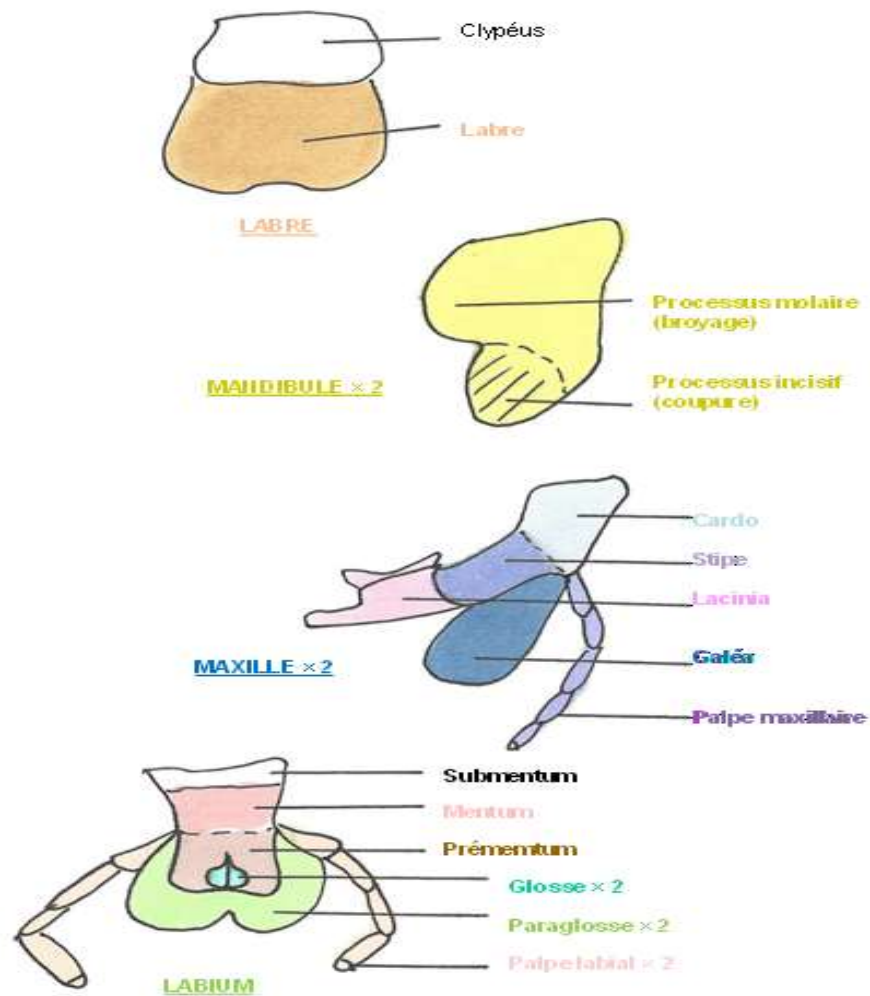


Figure 03 : Représentation schématique de la disposition des pièces buccales chez un Insecte de type broyeur. (Tanguy, 2015)

I.1.1.3. Le rôle de la structure de l'appareil buccale :

- La configuration des mandibules permet aux insectes comme les cicindèles (Carabidae) de couper leur proie ou la végétation (criquets – Orthoptera) avec la partie distale et de broyer et malaxer la nourriture avec la partie proximale. (Gilles, 2019) .
- De plus, les mandibules étant utilisées dans la sélection sexuelle, les mâles luttent entre eux pour l'accès aux femelles. (Gilles, 2019) .

- Les maxilles et le labium servent à maintenir les aliments, pendant qu'ils sont broyés par les mandibules, puis à les pousser à l'intérieur de la bouche, ils sont aussi munis d'appendices sensoriels, les palpes maxillaires et labiaux, qui « examinent et évaluent » les qualités gustatives de la nourriture (**Figure 04**). (**Chinery,2012**).

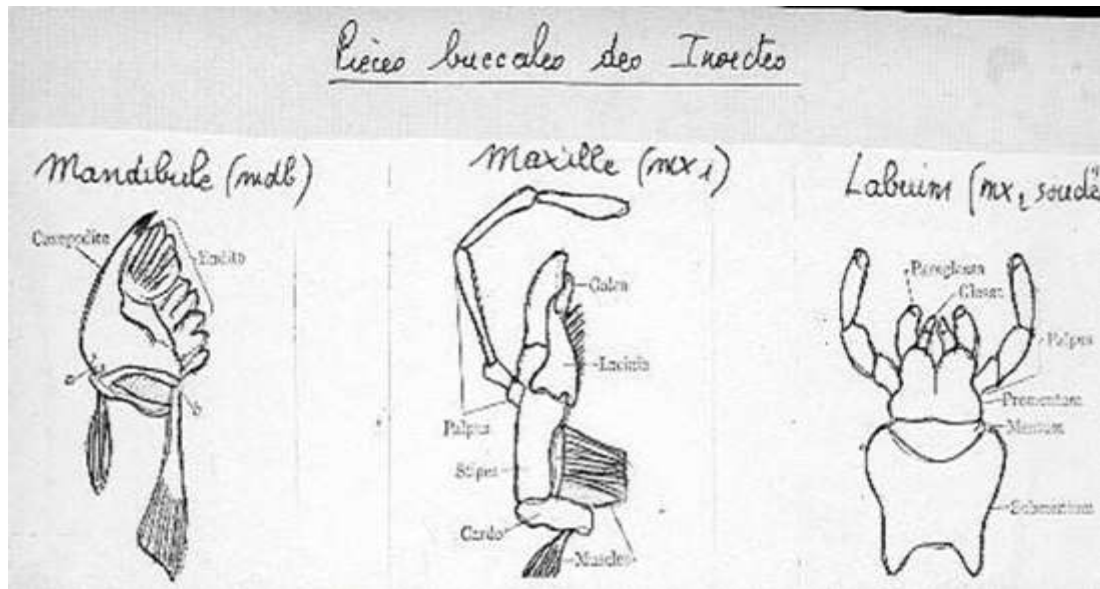


Figure 04 : Les pièces buccales des insectes (**Wojtyra**).

I.2. Les Types de pièces buccales :

En observant différentes espèces d'insectes en train de s'alimenter, il est facile de constater qu'il existe plusieurs types de pièces buccales dont les formes et les agencements varient beaucoup d'une espèce à l'autre. La nature de ces pièces buccales de chaque espèce dicte le panel des ressources qui lui sont accessibles. Si les insectes ont pu coloniser la plupart des biotopes au cours de leur évolution, ils sont capables d'exploiter toutes les ressources alimentaires de ces milieux, feuilles, fruits, bois, nectar des fleurs, sève, sang. Cette spécialisation a entraîné une adaptation des pièces buccales au régime alimentaire afin d'être le plus efficace possible dans la prise de nourriture (**Alleaume, 2012 ; Sauvion et al., 2013**).

I.2.1. Pièces buccales de type « broyeur » :

Le type broyeur observé par exemple chez le Criquet (régime phytophage), (**Figure 5(a) et 5(b)**), constitue un modèle primitif d'organisation des pièces buccales. Les insectes

broyeurs à régime phytophage ou carnivore, se caractérise par des mandibules développées, puissantes et tranchantes, capables de couper et de mâcher des aliments solides, comme des feuilles, des graines ou d'autres insectes. C'est le cas des Coléoptères, des Hyménoptères (fourmis et guêpes), des Blattoptères (blattes) des Raphidioptères, des Plécoptères, des Embioptères, des Dermaptères (les forficules ou perce-oreilles), des Dictyoptères, des Zoraptères, des Chéleutoptères, des Isoptères, des Orthoptères (sauterelles, criquets) et des larves de Lépidoptères (Sauvion et al., 2013).

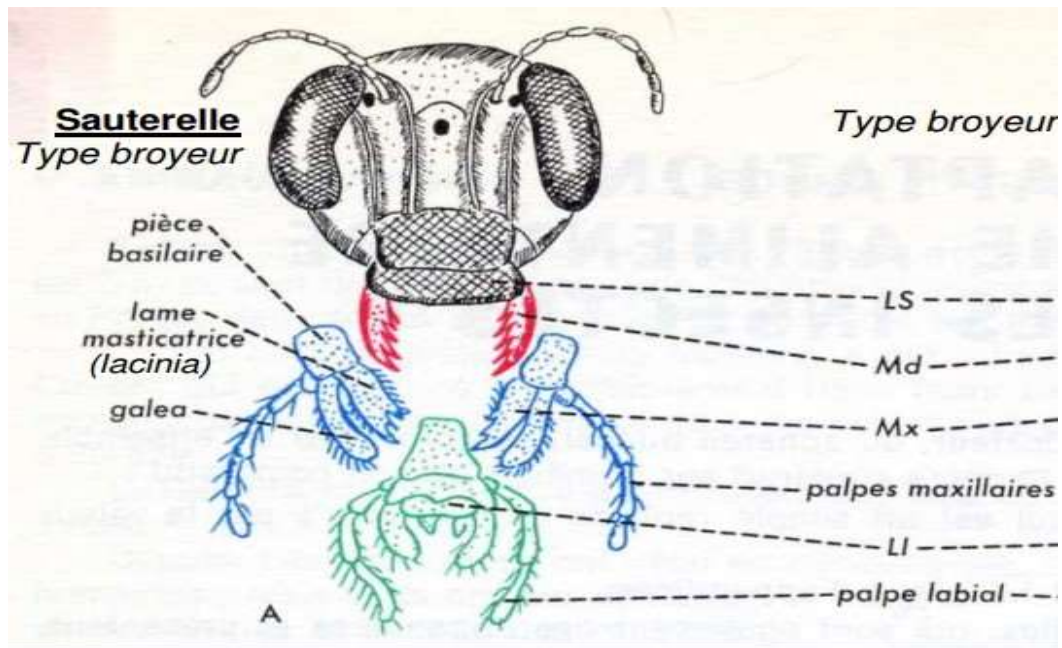


Figure 5 (a) : Pièces buccales de type « broyeur ». (Tanguy, 2015).

LS = lèvre supérieure (labre) ; **Ma** = mandibule ; **Mx** = maxille ; **LI** = lèvre inférieure (labium)

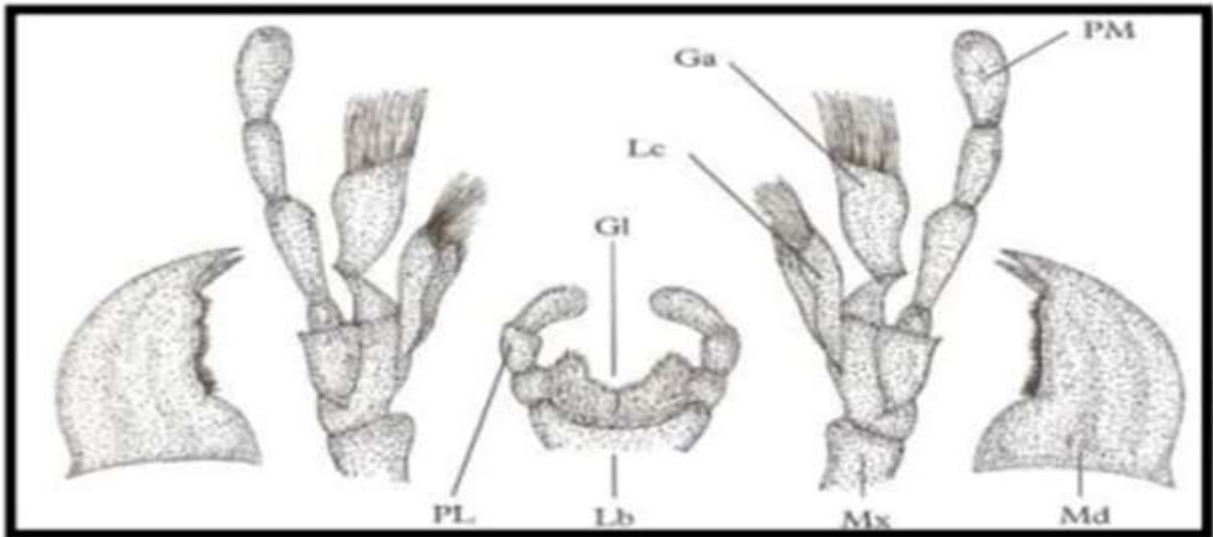


Figure 5 (b) : Pièces buccales d'un coléoptère de type broyeur (**Pouvreau, 2004**). Md: mandibules; Mx : maxilles ou mâchoires; Ga: galea; Gl: glossa; La: lacinia; Pl: palpe labiale; Pm: palpe maxillaire.

I.2.1.1. Les broyeurs-suceurs :

Certains insectes « broyeurs » se nourrissent exclusivement d'aliments liquides ou liquéfiés, même si parmi eux certains possèdent des mandibules bien développées. C'est le cas des Thysanoptères, de certains Diptères, des larves de dytique et de nombreux Névroptères. La larve de dytique, par exemple, est un prédateur si vorace qu'elle s'attaque même aux têtards de grenouilles et aux poissons de petite taille. (**Calatayud et al, 2013**).

Chacune de ses mandibules en forme de crocs est percée d'un étroit canal au travers duquel la larve injecte de la salive dans le corps de sa proie pour la liquéfier, Elle aspire ensuite l'intérieur de sa proie, devenu liquide, réalisant ainsi une digestion extra-orale. (**Calatayud et al, 2013**).

I.2.1.2 Les broyeurs-lécheurs :

L'appareil buccal de type broyeur-lécheur se rencontre chez les Hyménoptères. Les mandibules sont telles des dents, les 1ères maxilles sont allongées en lame de sabre et la langue est velue, creusée d'une rigole servant à lécher ou à pomper le nectar des fleurs (**Alleaume, 2012**). Leur nourriture avec une « langue » formée par la fusion du labium et des

maxilles. C'est le cas des Hyménoptères (les abeilles ouvrières et les bourdons par exemple), dont l'abeille domestique est un parfait exemple (**Figure 06**) : leurs mandibules ne sont utilisées que pour pétrir la cire pour en faire des alvéoles, et non pas pour couper des aliments (Sauvion et *al*, 2013).

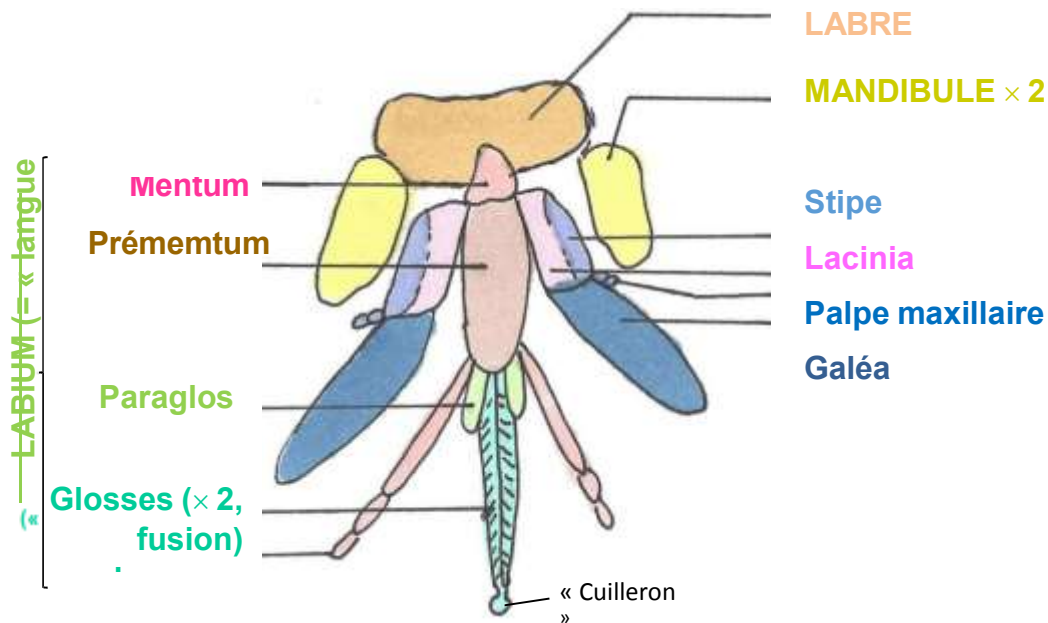


Figure 06 : Pièces buccales [type broyeur-lécheur] de l'Abeille domestique *Apis mellifera*.
(Tanguy, 2015)

I.2.2 Pièces buccales de type « suceur » :

Chez de nombreux insectes. Incapables de couper et de broyer des aliments solides, la nourriture est exclusivement liquide. Chez ces insectes appelés « suceurs ». (**Figure 07**). Les mandibules, les maxilles et certaines autres pièces buccales sont modifiées en stylets. Ces pièces buccales généralement allongées forment un long tube par lequel les aliments liquides sont aspirés. La bouche de ces insectes fonctionne généralement comme une pompe. Le nombre de stylets, leur agencement et leur fonctionnement permettent la distinction de différents groupes. (Chapman ;1998).

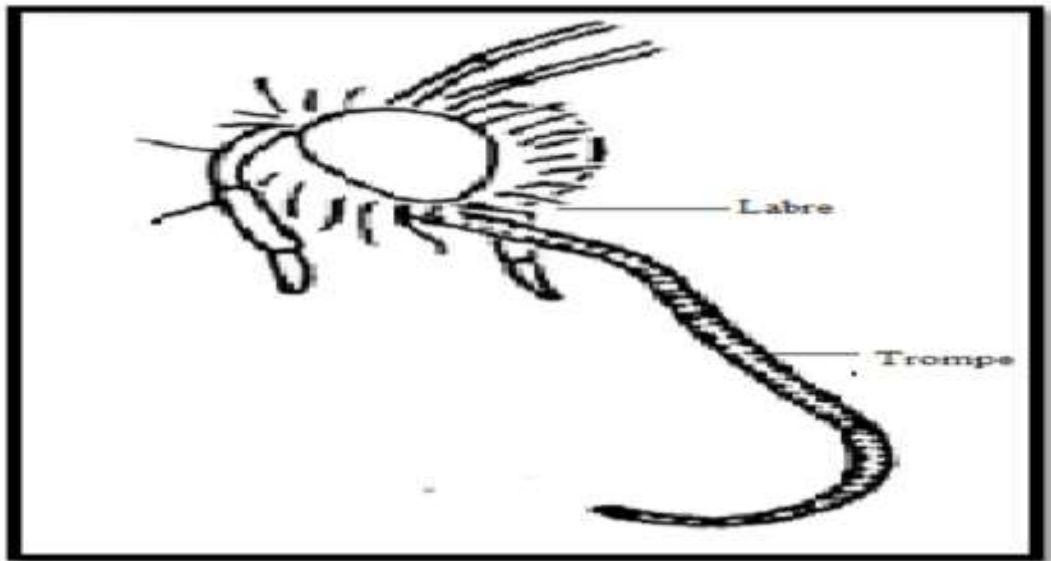


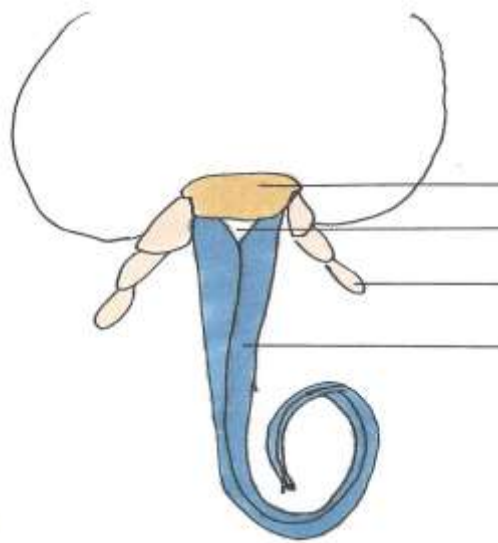
Figure 07 : Appareil buccal de type suceur (Basli et Djellab, 2017).

I.2.2.1. Les suceurs-lécheurs :

I.2.2.1.1. Type suceur-maxillaire :

Les Lépidoptères adultes, dont les pièces buccales comprennent des palpes labiaux et des maxilles allongées, sont également des « suceurs-lécheurs », de type « suceur-maxillaire ». **(Figure 08)**. Les maxilles sont soudées l'une à l'autre pour former une sorte de longue trompe spiralée. Au repos, cette trompe est enroulée sur elle-même, sous la tête. Elle se déplie pour aspirer le nectar des fleurs et le jus des fruits fermentés. **(Calatayud et al, 2013)**.

Notons quelques exceptions. Ainsi, les Micropterygidès ont gardé un appareil buccal primitif de type broyeur. Par ailleurs, les adultes de certaines espèces de papillons, comme les Attacidés et certains Noctuidés foreurs de graminées (comme *Busseofa fusca* [Lépidoptère, Noctuidae], ont une « trompe » réduite qu'ils utilisent a priori rarement pour se nourrir. Ils vivraient donc de leurs réserves accumulées lorsqu'Us étaient au stade de chenille. **(Calatayud et al, 2013)**.



LABRE
 Épi pharynx
Palpe labial
Galéas (×2, fusion) [MAXILLES]

Figure 08 : Appareil buccal de Lépidoptère [suceur-maxillaire]. (Tanguy, 2015)

I.2.2.1.2. Type suceur-labial :

Chez certains insectes « suceurs-lécheurs », comme les Diptères supérieurs (les Muscidae, Syrphidae et Tachinidae), le labium est très développé, formant une trompe molle appelée proboscis. (Figure 09). Il est soutenu par des pièces chitineuses et peut se replier en Z sous la tête (Sauvion et al., 2013).

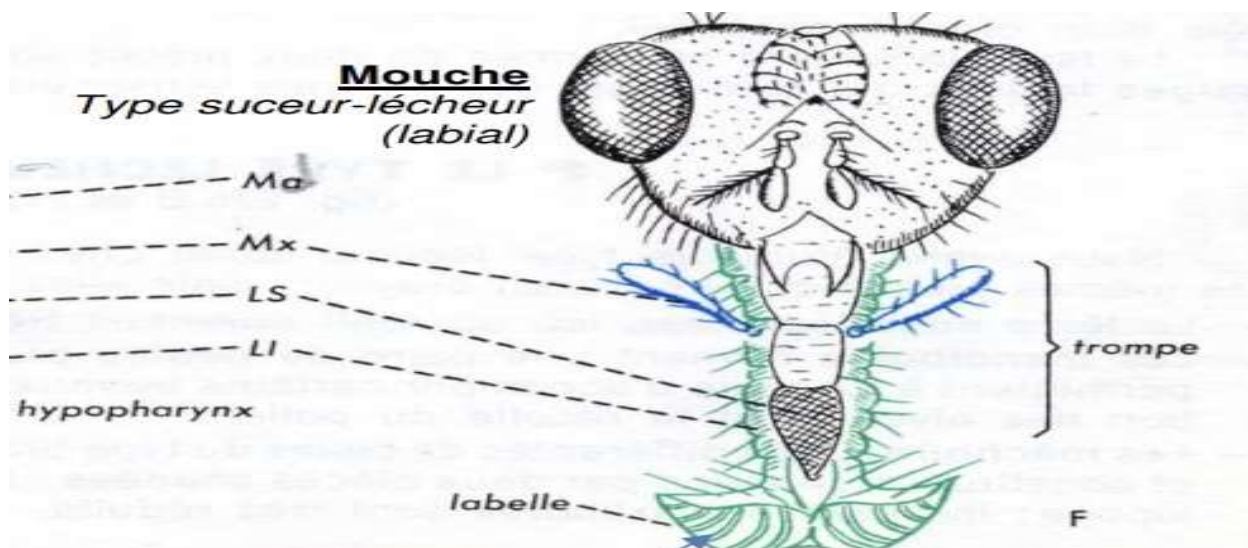


Figure 09: Exemple de la pièce buccale d'un insecte de type suceur-labial. (Tanguy, 2015).

LS = lèvre supérieure (labre) ; Ma = mandibule ; Mx = maxille ; LI = lèvre inférieure (labium)

I.2.3. Pièces buccales de type « piqueur-suceur » :

Les insectes « piqueurs-suceurs » possèdent des pièces buccales appelées stylet leur permettant de percer la peau des animaux ou les tissus de végétaux afin d'aspirer les liquides internes. Certains d'entre eux, comme les cigales et les pucerons, se nourrissent de la sève des plantes. Ainsi les pucerons enfoncent leurs stylets dans les tissus de la plante jusqu'aux vaisseaux phloèmes afin d'y aspirer la sève élaborée. Afin de prévenir la cicatrisation des vaisseaux lors de la prise de nourriture, ils injectent de la salive. (Chapman ;1998).

D'autres insectes, comme les punaises des lits, les glossines (ou mouches « Tsé-Tsé ») et les moustiques (Figure 10), se nourrissent de sang. Les moustiques enfoncent leurs stylets dans la peau jusqu'à ce qu'ils rencontrent un vaisseau sanguin afin d'y aspirer le sang. Comme tous les insectes hématophages, ils injectent de la salive afin de prévenir la coagulation de ce dernier. (Chapman ;1998).

Enfin, d'autres encore, comme les punaises Réduvidés et Belostomatidés, se nourrissent d'insectes. Après avoir piqué une proie, elles lui injectent de la salive pour liquéfier ses tissus et ensuite les absorber. (Chapman ;1998).

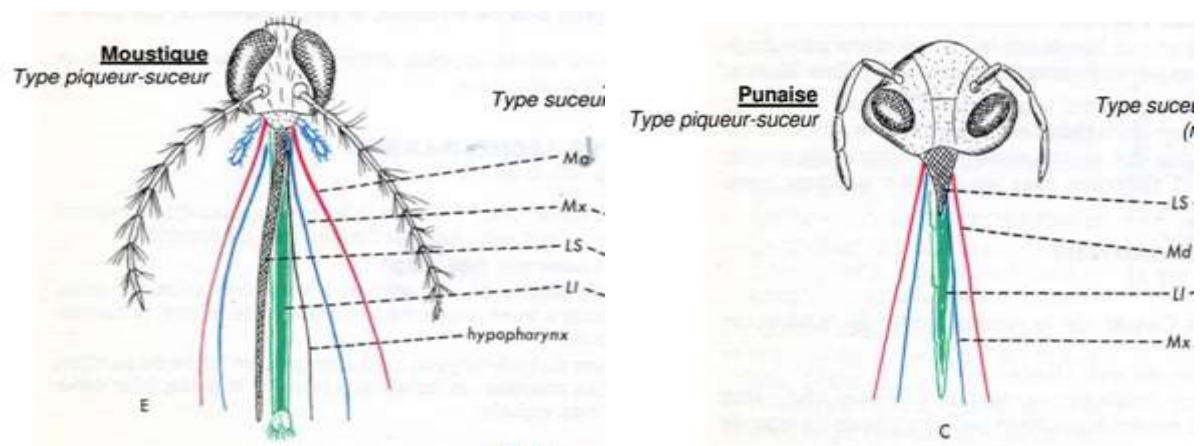


Figure 10 : Exemple de la pièce buccale de deux insectes (moustique et punaise) de type piqueur-suceur. (Tanguy, 2015).

LS = lèvre supérieure (labre) ; Ma = mandibule ; Mx = maxille ; LI = lèvre inférieure (labium).

I. 3. Les types d'ordres des insectes :

On a un tableau détaillant les ordres d'insectes, mettant en lumière leurs pièces buccales et régimes alimentaires, leur diversité et classification taxonomique, ainsi que leur importance économique.

Ordre + évent. sous-ordre	Pièces buccales et régime alimentaire	Diversité / classification [‘xxxx’ = paraphylie connue]	Importance agronomique
Orthoptères	<ul style="list-style-type: none"> • Appareil broyeur • Criquets surtout phytophages (phyllophages : feuilles, granivores : graines...) • Sauterelles et Courtilière surtout carnassières • Grillons surtout détritivores 	<p>~ 22 500 espèces / 2 sous-ordres :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caelifères : antennes nettement plus courtes que le corps = Criquets • Ensifères : antennes plus longues ou aussi longues que le corps (exception : Courtilières à antennes courtes) + ovipositeur allongé en longue tarière chez les ♀♀ = Sauterelles, Grillons, Courtilières 	<ul style="list-style-type: none"> • Criquets ravageurs de cultures (y compris céréalières) • En Afrique : essaims = vraie catastrophe
Hémiptères ‘Hétéroptères’	<ul style="list-style-type: none"> • Appareil piqueur suceur 	<p>Hémiptères (total) 900000 espèces</p> <p>Classification : sort du cadre du programme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ravageurs de cultures • Vecteurs de maladies par leurs piqûres des végétaux (virus, champignons, Bactéries...)

	<ul style="list-style-type: none"> • Exodigestion : injection d'enzymes dans les tissus (puis aspiration de liquide) • Surtout phytophages (sève élaborée ou tissus végétaux exodigérés) • Peuvent être aussi Carnivores (Réduve, Punaises aquatiques...), hématophages, voire nécrophages 	<p>Classification : Un peu complexe et en plein remaniement.</p> <p>Homoptères = groupe paraphylétique</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Maladies parasitaires (bétail, homme) dues aux hématophages
--	--	--	--

<p>Hémiptères 'homoptères'</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appareil piqueur-suceur = piqueur ▪ Exodigestion : injection d'enzymes dans les tissus (puis aspiration de liquide) ▪ Surtout phytophages (sève élaborée ou tissus végétaux exodigérés) ▪ 	<p>Hémiptères (total) ~ 90 000 espèces</p> <p>Classification : sort du cadre du programme.</p> <p>Classification : Un peu complexe et en plein remaniement.</p> <p>Homoptères' = groupe paraphylétique</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ravageurs de cultures (Pucerons, Cochenilles...) ▪ Vecteurs de maladies par leurs piqûres des végétaux (virus, champignons, Bactéries...) ▪ <i>Intérêt touristique des Cigales</i>
<p>Coléoptères</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appareil broyeur ▪ Régimes alimentaires très variés (phyllophages, granivores, carnassiers, nécrophages, xylophages, frugivores, saprophages...) 	<p>Plus de 350 000 espèces</p> <p><i>Classification : un peu complexe et discutée.</i></p> <p><i>Jadis 4 sous-ordres mais en plein remaniement...</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ravageurs de cultures : Charançons (céréales, autres...), larves de Doryphores (Pommes de terre), espèces xylophages (Scolytes, larves variées...) ▪ Auxiliaires de cultures : Coccinelles (larves c/ Pucerons), prédateurs généralistes comme les Carabes

<p>Lépidoptères</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appareil suceur-lécheur (trompe) ▪ Principalement nectarivores 	<p>~ 160 000 espèces / traditionnellement 2 sous-ordres :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rhopalocères : antennes en massue = ▪ Papillons de jour » (mais il y a des espèces nocturnes !) ▪ Hétérocères' : antennes filiformes ou pectinées (en forme de peigne) = <p>« Papillons de nuit » (mais il y a des espèces diurnes !)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chenilles = ravageurs de cultures ▪ Adultes = pollinisateurs
<p>Diptères 'Nématocères'</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appareil piqueur-suceur = piqueur ▪ Adultes principalement hématophages (Moustiques) ou suceurs de liquides végétaux (Tipules...) [alimentation liquide !] 	<p>Diptères (total) ~ 125 000 espèces</p> <p>Classification : sort du cadre du programme.</p> <p>Classification : Un peu complexe et en plein remaniement.</p> <p>'Nématocères' = groupe paraphylétique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ravageurs : Tipules ▪ Risques sanitaires et vétérinaires : espèces hématophages...

<p>Diptères 'Brachycères'</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appareil suceur ... mais existence de types piqueurs <p>parmi les Mouches hématophages (Glossine, Taon...)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adultes frugivores, omnivores, coprophages, <p>saprophages, nectarivores... [alimentation plutôt liquide]</p>	<p>Diptères (total) ~ 125 000 espèces</p> <p><i>Classification : sort du cadre du programme.</i></p> <p><i>Classification : Un peu complexe et en plein remaniement.</i></p> <p><i>'Nématocères' = groupe paraphylétique.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ravageurs : divers... ▪ Auxiliaires de cultures : Espèces prédatrices 'd'homoptères' (Pucerons, Cochenilles...) : Syrphes... ▪ Saprophages, coprophages : rôle écologique important dans la décomposition... ▪ Pollinisateurs : nombreuses Mouches dont Syrphes... ▪ <i>NB Syrphes : font du mimétisme (ressemblent aux Hyménoptères) mais inoffensives – attention au nombre d'ailes !</i>
--	--	--	---

<p>Hyménoptères</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appareil broyeur-lécheur ▪ Adultes principalement nectarivores mais aussi frugivores, omnivores... [alimentation liquide !] 	<p>125 000 espèces / traditionnellement 2 sous-ordres :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ‘Symphytes’ : sans étranglement abdominal = Tenthredes / larves = fausses chenilles ▪ Apocrites : avec étranglement abdominal 2 sections d’Apocrites : ▪ ‘Térébrants’ : <i>femelles avec un ovipositeur externe / larves galligènes (larves se développant dans les végétaux) ou parasitoïdes (dont les larves consomment d’autres Hexapodes d’abord vivants et paralysés puis morts)</i> <p><i>Aculéates : femelle avec un aiguillon venimeux (dard) / larves parasitoïdes, carnivores... ou consommant du miel chez les Abeilles mellifères</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ravageurs de cultures : espèces galligènes, larves de ‘symphytes’... ▪ Auxiliaires de culture : trichogrammes (‘térébrants’ qui parasitent des œufs d’Insectes → lutte biologique, par exemple contre la Pyrale du Maïs) ... ▪ Espèces invasives : frelon asiatique... ▪ Pollinisateurs : nombreux adultes, entre autres les Abeilles sociales et solitaires ▪ <i>Difficultés médicales liées au venin (allergies...)</i>
----------------------------	--	---	---

Chapitre II
Régime alimentaire
et les types de dégâts
d'insectes

II.1. Le mode d'alimentation et les types de dégâts d'insectes :

Bien qu'il concerne plusieurs centaines de milliers d'espèces, le régime phytophage n'est pas le plus répandu chez les insectes. Sur les 29 ordres actuels, seulement 14 d'entre eux ont véritablement évolué vers la phytophagie partielle ou complète. (Martinez, 2013). Environ 35% des insectes sont réellement phytophages. En effet, les limites entre ces divers régimes alimentaires, ne sont pas absolument strictes. De plus les larves et les adultes d'une même espèce peuvent avoir une alimentation totalement différente. Se nourrir des plantes nécessite des adaptations à divers niveaux, notamment, la possibilité de digérer la cellulose (termites, certains Curculionidae,...), de surmonter les défenses chimiques (les alcaloïdes,...), et physiques (les poils, la dureté,...) des plantes. (Martinez, 2013). L'évolution parallèle des plantes et des insectes a sélectionné certaines espèces d'insectes à s'alimenter d'une seule espèce végétale, tandis que d'autres vivent aux dépens d'une grande diversité de plantes. Les insectes phytophages n'ont donc pas tous le même type de relation avec leurs plantes hôtes. Certains sont polyphages, d'autres oligophages et d'autres monophages. Par ailleurs, certains sont exophages, d'autres endophytes. (Martinez, 2013).

II.1.1. Insectes phyllophages :

Les insectes phyllophages sont des consommateurs de feuilles soit par ingestion depuis l'extérieur dans le cas des broyeur, soit par consommation du parenchyme chlorophyllien entre les épidermes dans le cas des mineurs. Un exemple de broyeur est la teigne des crucifères (*Plutella xylostella*) est un lépidoptère ravageur (papillons) des cultures de crucifères. (Talekar and Shelton, 1993). Les dégâts de *P. xylostella* sont provoqués par les 4 stades larvaires. (Figure 11). La chenille nouvellement sortie de son œuf (L1) commence à s'alimenter en minant dans les tissus de la feuille, la vidant de son contenu, et lui donnant un aspect de fenêtré. Les chenilles plus âgées sont des ravageurs externes, qui consomment le limbe entièrement (Talekar and Lin, 1998). Il est également possible de citer la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Desneux et al., 2010, 2011). La conséquence directe de ce type d'alimentation est une réduction de la capacité photosynthétique. Cette réduction photosynthétique peut avoir elle aussi des conséquences importantes sur le reste du

métabolisme de la plante telles qu'un retard de croissance et de développement, voire la mort de la plante en cas de destruction du méristème apical.



Figure 11 : Dégâts de *P. xylostella*. (Hubert, 2010).

II.1.2. Insectes foreurs :

D'autres insectes sont appelés foreurs de tiges ou xylophages, pour leur capacité à entrer dans les tissus végétaux et à consommer les parties lignifiées de la plante. C'est par exemple, le charançon rouge du palmier *Rhynchophorus ferrugineus* est un insecte coléoptère dévore les larves des jeunes palmes. (**Figure 12**). Elles sont capables de perforer le stipe, induisant à plus ou moins long terme la mort complète de la plante (**Atakan et al., 2012**). Ces attaques peuvent survenir sur tout endroit de la plante présentant une blessure (et pas obligatoirement à la base des palmes) mais aussi sur des plantes déjà affaiblie par un autre stress biotique ou non. Si l'attaque à lieu sur une plante saine, une rupture du cambium et/ou du système vasculaire peut induire des perturbations physiologiques et fragiliser les tiges ou branches (**Sauvion et al., 2013**).



Figure 12 : Phoenix canariensis infesté par le charançon rouge. (Brahimi et Khouidrat,2020).

II.1.3. Insectes piqueur-suceurs :

Les piqueurs-suceurs sont une classe d'insectes responsable de la perte directe en assimilats. Outre leur impact immédiat sur la plante, ils sont bien souvent porteurs de virus, bactéries ou phytoplasmes. Ces ravageurs secondaires peuvent avoir de nombreuses conséquences sur le métabolisme végétal : diminution du taux 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 (Boote et al., 1983, Zangerl et al., 2002), accélération de la sénescence et de l'abscission des feuilles, apparition de lésions nécrotiques qui peuvent réduire l'interception lumineuse (Boote et al. 1983).

Les pucerons sont les porteurs de virus les plus communs (Brault et al., 2010, NG et Perry, 2004) et concernent entre 30% et 50% des transmission de virus (Brault et al., 2010, NG et Perry, 2004). De plus, les pucerons produisent un liquide très sucré appelé miellat favorisant le développement d'un champignon secondaire, la fumagine. Ce dernier a la capacité de recouvrir entièrement une feuille et finir par la tuer. (Figure 13). Cependant, les pucerons ne sont pas les seuls insectes piqueurs suceurs capable de transmettre un virus ou une bactérie. C'est aussi le cas par exemple de la cicadelle porteuse de la flavescence doré (Lefol et al., 1994) ou encore des mirides qui se nourrissent sur les cacaoyers (Muhamad et Way, 1995). Les feuilles soumises à la présence de piqueurs suceurs présentent généralement des

déformations, des marbrures, des taches, des décolorations ou colorations anormales, des brûlures.

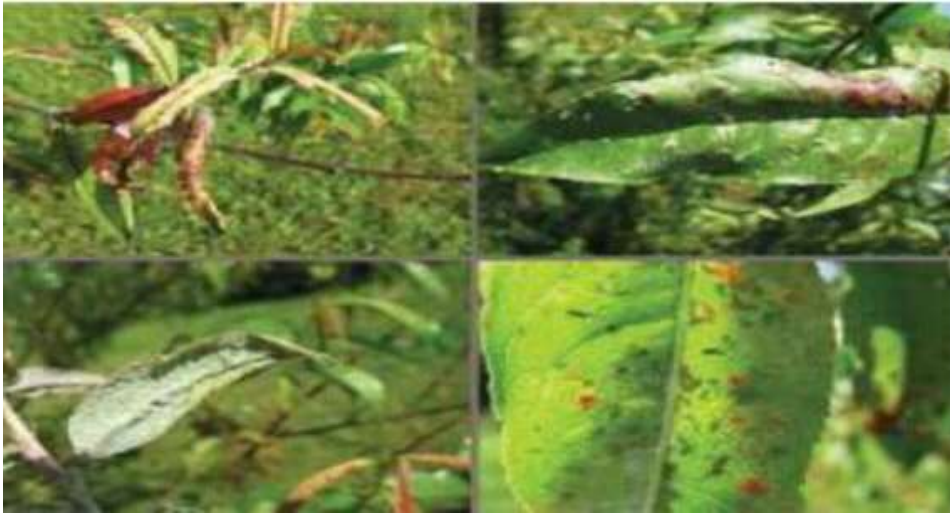


Figure 13: Feuilles de pêcher infestées par des pucerons verts, *Myzus persica* (Lebon,2014).

II.1.4. Insectes floricoles :

Certains insectes dits floricole (pollinivore et carpophage) s'attaquent principalement aux pièces florales et respectivement aux étamines et aux ovaires non fécondés. Ils se retrouvent principalement chez les Coléoptères et certains Lépidoptères. Les melligèthes, *Meligethes aeneus* (Coleoptera, Nitidulidae), est un coléoptère phytophage univoltin¹ spécialiste des crucifères qui est un des ravageurs les plus importants du colza d'hiver, (**Figure 14**) y causant d'important dégâts (**Hansen, 2004**). Les pertes de rendement proviennent généralement de l'avortement des boutons floraux. L'avortement des boutons suite aux attaques de melligèthes est majoritairement dû à la destruction des boutons pour l'alimentation des adultes (généralement des boutons dont la longueur est inférieure à 3 mm **Nilsson, 1994**)._Les attaques de melligèthes représentent un facteur limitant la production, même dans le cas d'une forte compensation. Le melligèthe ne permettent pas à la plante décompenser efficacement la destruction des boutons floraux et entraînent alors des pertes de rendement importantes (**Lerin, 1988**).



Figure 14 : Dégâts causés par les attaques sur la culture de colza. (Hansen, 2004).

II.1.5. Insectes frugivores :

D'autres insectes sont dits frugivores ou sèminivores et consomment les fruits et les graines en croissance ou matures. Les dégâts s'expriment surtout par une dépréciation de l'aspect qualitatif ou une altération des capacités de stockage (attaque secondaire de champignons ou de bactéries) mais aussi par d'autres aspects tels que la réduction du nombre de graine par fruits, le retard à la maturation des fruits, la modification de la taille des graines et leur compétitivité ou la réduction leur capacité d'attraction d'agents de dispersion. *Hypothenemus hampei*, le scolyte du caféier Le scolyte des fruits du caféier est un petit coléoptère de la famille des Scolytidae, il a ainsi plusieurs impacts sur la plante : L'attaque du scolyte a lieu préférentiellement au niveau de l'apex du fruit (Corbett, 1933). La femelle adulte fore la pulpe, pénètre dans le grain dont elle se nourrit et creuse une logette où elle dépose une partie de ses œufs. Dès l'éclosion, les larves s'alimentent de l'albumen des grains provoquant ainsi une dégradation du fruit et une forte perte de tonnage lors de la récolte. Par contre, *H. hampei* ne met jamais en danger la vie de l'arbre puisqu'il est un ravageur exclusif du fruit. Les pertes économiques provoquées par le scolyte du caféier sont difficilement estimables car elles se manifestent à divers niveaux et sont variables d'une année sur l'autre (Figure 15). (Martinez, 2013) distingue les aspects suivants: chute des fruits, diminution de la croissance des fruits

voisins, cout du triage et dépréciation de la valeur commerciale des fruits attaqués, cout des traitements phytosanitaires. Certaines espèces ont aussi la possibilité de continuer leur cycle de croissance après récolte. C'est le cas des bruches par exemple (**Horne et Bailey, 1991**). Des larves sont également capables de consommer les fruits tant de l'intérieur que depuis l'extérieur, comme par exemple la tordeuse de la vigne (**Bartier, 2012**) ou le ver rose du cotonnier (**Attique et al., 2004**). Les mouches des fruits sont aussi un exemple d'insectes ayant un fort impact sur la reproduction des plantes (**Stonehouse et al., 1997**). Les mirides sont quant à elles considérées comme un des ravageurs les plus importants de la culture du cacao et peuvent induire des pertes de rendements allant jusqu'à 75 %, selon l'organisation internationale du cacao.



Figure 15 : Cerises portant des perforations causées par un scolyte (*Hypothenemus hampei*).
(**Ohoueu et al, 2021**).

II.1.6. Insectes rhizophages :

Il existe deux types d'insectes rhizophages, ceux qui ne s'attaquent qu'aux racines simples (et qui de fait ne sont pas endophytes) et les insectes qui s'attaquent aux organes souterrains (rhizome, bulbes, tubercules) et qui eux peuvent parfois être endophytes. Dans le premier cas, les insectes herbivores peuvent induire des déséquilibres de l'alimentation hydrique et minérale ce qui peut entraîner des retards de croissance, des avortements de fruits et/ou de fleurs dans le cadre de la reproduction, voire la mort si la plante est à un jeune stade

Phrénologique. Cette diminution du système racinaire peut également induire une fragilisation de l'enracinement au sol de la plante. Dans le second cas, il s'agit principalement d'un détournement des réserves effectuées par la plante dans ces organes de stockage (rhizome, bulbes, tubercules). Les insectes s'attaquant à ces organes sont également capables de poursuivre leur cycle dans l'organe en question (endophytie). Ils peuvent perturber la stabilité de ces organes lors du stockage. Les insectes appartenant à ce groupe sont surtout des larves de diptères, de noctuelles telles que le vers-gris, ou de Coléoptère Scarabaeoidès (vers blancs) (Sauvion et al., 2013). Les vers blancs sont extrêmement polyphages et leurs habitudes alimentaires diffèrent selon leur stade de développement, les larves, qui ont une mobilité réduite, se nourrissent principalement de racines des pelouses. Cependant, elles peuvent aussi s'attaquer à un large éventail de cultures, dont le maïs, le soya, les céréales (Figure 16), Au fur et à mesure que les larves consomment le système racinaire, les plantes attaquées flétrissent et dépérissent. Sur Les fléaux agricoles en Algérie 10 végétaux ligneux, les attaques du système racinaire peuvent causer de gros dégâts, surtout sur sujets jeunes et en sols sableux (Jean et al., 2015).



Figure 16: Partie des céréales infectées par le ver blanc. ((Brahimi et Khoudrat,2020).

II.1.7. Les mineuses :

L'insecte mineur, souvent désigné sous le terme générique "mineuse", fait référence à plusieurs espèces d'insectes appartenant principalement aux genres *Liriomyza* et *Phytomyza*, qui causent des dommages importants aux cultures en creusant des mines dans les feuilles. Voici une vue d'ensemble des dégâts généraux causés par ces insectes (Spencer,1990) .

-Les dommages Physiologiques

Les larves de l'insecte mineur creusent des tunnels (mines) à l'intérieur des feuilles, perturbant le système vasculaire de la plante et interférant avec la photosynthèse. Cela affaiblit la plante en réduisant sa capacité à produire de la nourriture et peut entraîner des symptômes tels que des feuilles flétries, jaunies ou desséchées (Coulson et Witter,1984).

-Les dégâts Économiques

Les mines réduisent la valeur marchande des cultures affectées, affectant ainsi les rendements et la qualité des produits récoltés. Les pertes économiques peuvent être significatives, en particulier dans les cultures maraîchères et horticoles intensives (Reitz et al,1999).

La mouche mineuse est une petite mouche, fait des ravages en France depuis des années qui est susceptible de s'attaquer aux cultures légumières et parfois à la tomate qui supporte assez bien la présence de ce ravageur. La (Figure 17) montre les dégâts causés par la mouche mineuse. Ils sont observés comme des taches de couleur blanche sur les feuilles (El massi et al ,2014).



Figure 17: Dégâts causés par la mouche mineuse sur une feuille (El massi et al, 2014).

II.2.Méthodologie d'étude du régime alimentaire des insectes

II.2.1.Techniques d'analyse utilisées :

1.Observation directe :

- Description : Observation sur le terrain ou en laboratoire des insectes pour identifier visuellement leur source alimentaire(**Warton et al 2013**) ont utilisé l'observation directe pour documenter les choix alimentaires des insectes dans différents habitats.

2. Analyse des contenus stomacaux :

- Description :Dissection des insectes pour examiner le contenu de leur estomac et identifier les restes alimentaires.(**Jacobs 2009**) a décrit une méthode détaillée pour extraire et analyser les contenus stomacaux des insectes afin de déterminer leur régime alimentaire.

3. Techniques moléculaires :

- PCR et séquençage d'ADN : Utilisation de techniques moléculaires pour analyser l'ADN extrait des contenus stomacaux ou des excréments afin d'identifier les espèces végétales ou animales consommées.(**Clare et al,2014**) ont utilisé le séquençage d'ADN pour caractériser le régime alimentaire des insectes herbivores avec une résolution taxonomique élevée.

.II.2.2.Exemples de protocoles et méthodes couramment employées :

- Protocole d'échantillonnage : Définir les sites d'échantillonnage, les périodes d'observation et les méthodes d'attrapage des insectes.
- Préparation des échantillons : Conservation des échantillons pour préserver l'intégrité des contenus stomacaux ou des échantillons ADN.
- Analyse statistique : Utilisation de méthodes statistiques pour interpréter les données sur le régime alimentaire.

.II.2.2.Limitations et défis dans l'étude du régime alimentaire des insectes :

- Spécificité des techniques :Chaque méthode présente des limites en termes de spécificité et de sensibilité.

- Complexité du régime alimentaire : Certains insectes peuvent avoir un régime alimentaire varié, ce qui rend difficile l'identification précise des sources alimentaires.
- Interactions trophiques : Les interactions avec d'autres espèces peuvent influencer le régime alimentaire des insectes, introduisant des variables supplémentaires à considérer.

.II.3. Impact des insectes ravageurs sur les cultures :

.II.3.1. Principaux insectes ravageurs en agriculture :

- Pucerons (Aphididae) :

- Exemples et cas d'étude : Les pucerons attaquent une grande variété de plantes cultivées, dont les céréales, les légumes et les arbres fruitiers. Ils se nourrissent de la sève des plantes, provoquant une déformation des feuilles et une réduction de la croissance (**Fabre et al ,2010**).

- Charançons (Curculionida) :

_Exemples et cas d'étude : Le charançon du maïs (*Sitophilus zeamais*) est un ravageur majeur des céréales stockées. Il endommage les grains en se nourrissant de l'amidon, ce qui réduit leur qualité et leur valeur marchande (**Rees, D. 2004**).

- Pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) :

_Exemples et cas d'étude: Ce lépidoptère attaque principalement le maïs, causant des dommages aux tiges et aux épis, ce qui peut entraîner des pertes de rendement significative (**Hellmich et al, 2012**).

.II.3.2.Conséquences économiques et environnementales des ravageurs :

_Les insectes ravageurs entraînent des pertes économiques considérables :

- Les coûts associés incluent :
 - Perte de rendement : Les ravageurs peuvent réduire la quantité et la qualité des récoltes, entraînant des pertes financières directes pour les agriculteurs.
 - Coûts de lutte : Les dépenses pour les pesticides et autres méthodes de contrôle augmentent les coûts de production.
 - Impact sur le commerce: Les infestations peuvent entraîner des restrictions commerciales et des pertes de marchés pour les produits agricoles.
- Les conséquences environnementales incluent :
 - Utilisation accrue de pesticides : Cela peut entraîner une pollution des sols et des eaux, affectant la biodiversité.
 - Résistance aux pesticides : Une utilisation excessive de pesticides peut conduire à la résistance des ravageurs, rendant les méthodes de contrôle moins efficaces.
 - Impact sur la biodiversité: Les pratiques de lutte contre les ravageurs peuvent avoir des effets négatifs sur les insectes non ciblés et les organismes bénéfiques.

.II.3.3.Exemples de dégâts causés par des insectes non indigènes :

- . Doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*) :
 - Originaire d'Amérique du Nord, il s'est répandu en Europe et en Asie, causant des dégâts importants aux cultures de pommes de terre (**Alyokhin et al,2008**).
- . Mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*):
 - Introduite dans de nombreuses régions du monde, elle cause des pertes importantes dans les cultures de fruits, en particulier les agrumes (**Liquido et al ,1991**).
- . Sauterelle du désert (*Schistocerca gregaria*):
 - Originaire d'Afrique et d'Asie, cette espèce peut provoquer des pertes agricoles massives lors des invasions acridiennes (**FAO,2015**).

.II.4.La gestion intégrée des ravageurs (GIR) :

Stratégies de gestion intégrée des ravageurs basées sur le régime alimentaire repose sur une approche holistique qui combine différentes méthodes pour contrôler les populations de ravageurs tout en minimisant les impacts négatifs sur l'environnement.

Voici un aperçu des stratégies basées sur le régime alimentaire des ravageurs, des approches préventives et curatives, l'utilisation de plantes hôtes, et le développement de variétés résistantes ou tolérantes.

.II.4.1.Approches préventives :

- **Rotation des cultures :**

- Principe : Alternier les cultures pour rompre le cycle de vie des ravageurs spécifiques à certaines plantes(**Davis et al.2012**).

- **Choix des dates de semis et des pratiques culturales :**

- Principe : Planifier les dates de semis pour éviter les périodes de forte activité des ravageurs(**Kennedy et al.2000**).

.II.4.2. Approches curatives :

- **Utilisation de pièges à phéromones :**

- Principe: Utiliser des phéromones pour attirer et capturer les ravageurs mâles, réduisant ainsi leur capacité à se reproduire(**Cork et al.2010**).

- **Application de biopesticides :**

- Principe : Utiliser des agents de bio contrôle comme les bactéries, les virus et les champignons pour cibler spécifiquement les ravageurs(**Glare et al.2000**).

.II.4.3.Utilisation de plantes hôtes :

- **Plantes pièges:**

- Principe : Cultiver des plantes attractives pour les ravageurs en bordure des champs cultivés pour les éloigner des cultures principales(**Hokkanen et al, 1991**).

- **Association de cultures (intercropping) :**

- Principe : Associer différentes cultures pour réduire l'attractivité et la propagation des ravageurs(**Andow et al.1991**).

.II.4.4.Développement de variétés résistantes ou tolérantes

- **Sélection variétale et biotechnologie :**

- Principe : Développer et utiliser des variétés de plantes cultivées qui sont résistantes ou tolérantes aux ravageurs grâce à la sélection traditionnelle ou à la modification génétique (Gatehouse et al.2008).

- **Utilisation de marqueurs génétiques :**

- Principe : Utiliser des marqueurs génétiques pour identifier et sélectionner rapidement les traits de résistance dans les programmes de sélection(Collard et al.2008).

Ces stratégies montrent l'importance de la compréhension du régime alimentaire des ravageurs pour développer des approches efficaces et durables de gestion intégrée.

Il est possible de réduire les impacts des ravageurs tout en minimisant l'utilisation de pesticides chimiques.

Conclusion

L'étude bibliographique sur la classification des insectes ravageurs selon leurs dommages aux plantes met en lumière la diversité des interactions entre ces organismes et les cultures. Cette classification est primordiale pour comprendre les comportements des ravageurs, leurs modes d'alimentation et pour développer des stratégies de gestion adaptées visant à minimiser les pertes agricoles et à assurer une production durable.

Les insectes ravageurs se répartissent en plusieurs catégories en fonction des types de dommages qu'ils causent aux plantes, souvent déterminés par leurs parties buccales et leur mode d'alimentation. Les insectes suceurs, comme les pucerons (Aphididae) et les aleurodes (Aleyrodidae), possèdent des pièces buccales en forme de stylet qu'ils utilisent pour percer les tissus végétaux et se nourrir de la sève. Cette action affaiblit la plante en réduisant la photosynthèse et en transmettant des maladies virales (**Backus et al., 2005**). Les dégâts indirects causés par ces insectes sont souvent plus graves que les dommages physiques directs, car les virus véhiculés peuvent provoquer des épidémies dévastatrices.

En revanche, les insectes broyeur, tels que les coléoptères (Coleoptera) et les chenilles (Lepidoptera), possèdent des pièces buccales adaptées à la mastication, causant des dommages directs en consommant les feuilles, les tiges et parfois les fruits. Ces dommages peuvent entraîner une réduction significative de la photosynthèse, un affaiblissement général de la plante et une diminution de la qualité et de la quantité des récoltes (**Capinera, 2001**). Les chenilles de la noctuelle (Noctuidae) sont particulièrement redoutées pour leur capacité à dévorer rapidement de grandes quantités de feuillage.

Les ravageurs perceurs, tels que les foreurs de tiges (Borer species) et certains lépidoptères, causent des dommages internes en creusant des galeries dans les tissus végétaux. Cette activité peut entraîner la mort des plantes en perturbant la circulation des nutriments et de l'eau (**Mattoon et Addy, 1975**). Les foreurs des tiges du maïs (*Ostrinia nubilalis*) et du riz (*Scirpophaga incertulas*) sont des exemples notoires de ravageurs ayant un impact économique significatif.

Les insectes mineurs, comme certains lépidoptères et diptères, vivent et se nourrissent à l'intérieur des feuilles, créant des galeries qui interfèrent avec la photosynthèse et autres fonctions vitales des plantes (**Parrella et al., 1983**). Les dégâts des mineuses sont souvent difficilement détectables jusqu'à ce que les dommages soient avancés, rendant leur gestion plus complexe.

La gestion intégrée des ravageurs (Integrated Pest Management, IPM) est une approche holistique qui combine différentes méthodes pour contrôler les populations de ravageurs tout en minimisant l'impact environnemental et les risques pour la santé humaine. Les stratégies de gestion incluent l'utilisation de prédateurs naturels, de parasitoïdes, de résistances variétales, de pièges phéromonaux, et de pesticides de synthèse ou biologiques (**Kogan, 1998**). Par exemple, les coccinelles (Coccinellidae) sont couramment utilisées pour contrôler les populations de pucerons de manière biologique.

Les avancées en biotechnologie et en génie génétique ont permis le développement de cultures génétiquement modifiées résistantes à certains ravageurs, réduisant ainsi la dépendance aux pesticides chimiques (**Shelton et al., 2002**). Les plantes transgéniques exprimant des protéines insecticides, telles que le maïs Bt (*Bacillus thuringiensis*), ont démontré une efficacité notable contre les lépidoptères et les coléoptères ravageurs. Cependant, la gestion de la résistance des ravageurs aux cultures Bt reste un défi majeur nécessitant une surveillance continue et des stratégies de gestion intégrée.

En conclusion, la classification des insectes ravageurs selon leurs dommages aux plantes est un domaine complexe et dynamique. Elle nécessite une compréhension approfondie des interactions écologiques et des approches de gestion durable. La recherche continue et l'innovation dans les techniques de gestion des ravageurs sont cruciales pour maintenir la productivité agricole et la sécurité alimentaire mondiale. La combinaison de méthodes traditionnelles et modernes, ainsi que la coopération internationale, sont essentielles pour faire face aux défis posés par les ravageurs des cultures.

Références bibliographiques :

- [1]. **Alleaume C, (2012).** L'abeille domestique (*Apis mellifera*) exemple pour l'étude de l'attractivité des plantes cultivées sur les insectes pollinisateurs. Thèse doctorat vétérinaire. Creteil. France: Pp 7-41.
- [2]. **Atakan, O. Y`uksel, and V. Soroker, (2012).**Current status of the red palm weevil in canary island date palms in adana. *Turkey Entomology Bulletin*, 2(1):11–22.
- [3]. **Attique, A. Ahmad, A.I. Mohyuddin, and M.M. Ahmad, (2004).** Oviposition site preference of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: gelechiidae) on cotton and its effects on boll development. *Crop Protection*, 23:287–292.
- [4]. **Alyokhin, A., Baker, M., Mota-Sanchez, D., Dively, G., Grafius, E. (2008).** Colorado potato beetle resistance to insecticides. *American Journal of Potato Research*, 85(6), 395-413.
- [5]. **Andow, D. A. (1991).** Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, 36(1), 561-586.
- [6]. **Backus, E. A., Serrano, M. S., & Ranger, C. M, (2005).** Mechanisms of hopper burn: an overview of insect taxonomy, behavior, and physiology. *Annual Review of Entomology*, 50, 125-151.
- [7]. **Bartier, (2012).** De l'écologie de *Sparganothis pilleriana* den. Et schiff. (Lepidoptera, tortricidae) `a la protection des plantes. Master's thesis, Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage.
- [8]. **Basli et Djellab, (2017).** Relation faune entomophile pollinisatrice à pièces buccales longues et la flore de Bekkaria.Mémoire de master. Université de Tbessa ,12pp.
- [9]. **Benoît, G. (2019, 16 septembre).** Pièces buccales des insectes : Synthèse générale. <https://passion-entomologie.fr/synthese-pieces-buccales-des-insectes/>.
- [10]. **Boote, J.W. Jones, J.W. Mishoe, and R.D Berger, (1983).** Coupling pest to crop growth simulators to predict yield reductions. *Symposium: Estimating Yield Reduction of Major Food Crops of the World*, pages 1581–1587.

- [11]. **Borbon-Martinez, O, (1989).** Bio écologie d'un ravageur des baies de caféier, *Hypothenemus hampei* Fer. (Coleoptera, Scolytidae) et de ses parasitoïdes au Togo. Thèse, Université Paul-Sabatier - Toulouse, 185 pp.
- [12]. **Brahimi et Khouidrat, (2020).** Note de synthèse sur les Arthropodes causant des principaux fléaux en Algérie. Mémoire de master. Université de B.B.A, 15pp.
- [13]. **Brault, M. Uzest, Monsionn B., E. Jacquot, and S. Blanc, (2010).** Aphids as transport devices for plant viruses. *C.R. Biologies*, 333 :524–538.
- [14]. **BREUIL, M. (2007).** Biologie 1re année BCPST-véto. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- [15]. **Calatayud P A, Thiéry D, Marion-P F, Sauvion N, (2013).** Interactions insectes-plantes (1-). IRD Éditions, Éditions Quæ. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.22185>.
- [16]. **Capinera, J. L, (2001).** Handbook of Vegetable Pests. Academic Press.
- [17]. **Chapman R.F, (1998).** The insects: Structure and Function. Cambridge University Press.
- [18]. **Chapman, R. F, (2013).** The Insects: Structure and Function. Cambridge University Press.
- [19]. **Chinery. M, (2012).** Insecte de France et d'Europe occidentale, 5pp.
- [20]. **Corbett, G. H, (1933).** Some preliminary observations on the coffee berry borer, *Stephanoderes (Cryphalus) hampei* Fer. *MaJayan Agric. J.*, 21: 8-22.
- [21]. **Coulson, R. N., & Witter, J. A. (1984).** Pest management in soybean. Elsevier.
- [22]. **Clare, E.L. et al. (2014).** Molecular detection of trophic interactions: Emerging trends, distinct advantages, significant considerations and conservation applications. *Ecology and Evolution*, 4(18), 3569-3574.
- [23]. **Collard, B. C. Y., Mackill, D. J. (2008).** Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 557-572.
- [24]. **Desneux, E. Wajnberg, K. A.G Wyckhuys, G. Burgio, S. Arpaia, C. A. Narvaez Vasquez, J. Gonzalez-Cabrera, D. C. Ruescas, E. Tabone, J. Frandon, J. Pizzol, C. Poncet, T. Cabello, and A. Urbaneja, (2010).** Biological invasion of European tomato crops

by tuta absoluta: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. Journal of Pest Science, 83 :197–215.

[25]. **Dajoz, R. (2010).** Dictionnaire d'entomologie : Anatomie, Systématique, Biologie. Lavoisier, 321p.

[26]. **Dedryver, C.-A., Le Ralec, A., Fabre, F. (2010).** The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. Comptes Rendus Biologies, 333(6), 539-553.

[27]. **Davis, A. S., Hill, J. D., Chase, C. A., Johanns, A. M., Liebman, M. (2012).** Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. PLoS One, 7(10), e47149.

[28]. **EL Massi, Y. ES-saady, M. EL yassa, D. mammas. (2014).** Reconnaissance des épidémies agricoles causées par la mouche mineuse à base de k-means clustering et de color moments, 1pp.

[29]. **Force, E. (2020).** La diversité des appareils buccaux et l'alimentation des insectes. [https://totakenature.fr/tag-biologieanimale-la-diversite-des-appareils-buccaux-et-l'alimentation-des-insectes.html](https://totakenature.fr/tag-biologieanimale-la-diversite-des-appareils-buccaux-et-l-alimentation-des-insectes.html).

[30]. **FAO. (2015).** Desert Locust Guidelines. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[31]. **Jacobs, S. (2009).** Methods for identifying and studying herbivory: Some methods are more useful than others. Entomologia Experimentalis et Applicata, 133(1), 1-8.

[32]. **Hansen, (2004).** Economic damage threshold model for pollen beetles (*Meligethes aeneus* f.) in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) crops. Crop Protection, 23:43–46.

[33]. **Horne and P. Bailey, (1991).** *Bruchus pisorum* L. (coleoptera, bruchidae) control by a knockdown pyrethroid in field peas. Crop Protection, 10p.

[34]. **Hubert, (2010).** Evaluation biologique & Agronomique de filets de protection contre la teigne des crasse Fère (*Plutella xylostella* L). Mémoire de master. 3p.

[35]. **Hellmich, R. L., Hellmich, R. L. (2012).** European corn borer and other stalk-boring caterpillars. Field Crops IPM.

- [36]. **Hokkanen, H. M. (1991)**. Trap cropping in pest management. *Annual Review of Entomology*, 36(1), 119-138.
- [37]. **Jean, S., Firat, O., Cho, K., Memisevic, R., & Bengio, Y. (2015)**. Montreal neural machine translation systems for WMT'15. In *Proceedings of the Tenth Workshop on Statistical Machine Translation* (pp. 134-140).
- [38]. **Glare, T. R., O'Callaghan, M. (2000)**. *Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety*. John Wiley & Sons.
- [39]. **Gatehouse, J. A. (2008)**. Biotechnological prospects for engineering insect-resistant plants. *Plant Physiology*, 146(3), 881-887.
- [40]. **Kogan, M. (1998)**. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43, 243-270.
- [41]. **Kennedy, G. G., Storer, N. P. (2000)**. Life systems of polyphagous arthropod pests in temporally unstable cropping systems. *Annual Review of Entomology*, 45(1), 467-493.
- [42]. **Lebon, (2014)**. Thèse de doctorat de la compensation dans les interactions plantes-insectes : modélisation, simulation et expérimentation, 30p.
- [43]. **Lefol, J. L'Hermine, E. Boudon-Padieu, J. Larue, C. Louis, and A. Caldwell, (1994)**. Propagation of flavescence dorée mlo (mycoplasma-like organism) in leafhopper vector *Euscelidius variegatus* kbm. *Journal of invertebrate pathology*, 63 :285–293.
- [44]. **Lerin, J. (1988)**. Yield losses associated with 2 successive pests (*Ceuthor rhynchus napi* Gyll. and *Meligethes aeneus* F.) on winter rape (cultivar *Bienvvenu*). *Agronomie* 8, 251-256.
- [45]. **Liquido, N. J., Shinoda, L. A., Cunningham, R. T. (1991)**. Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) an annotated world review. *Entomological Society of America*.
- [46]. **Martinez, (2013)**. <https://ephytia.inra.fr/fr/C/7507/Info-Insectes-Phytophagie>.
- [47]. **Mattson, W. J., & Addy, N. D. (1975)**. Phytophagous insects as regulators of forest primary production. *Science*, 190(4214), 515-522.
- [48]. **Muhamad and M.J. Way, (1995)**. Damage and crop loss relationships of *Helopeltis* thievery, hemiptera, miridae, and cocoa in Malaysia. *Crop protection*, 14(2):117–121.

- [49]. **NG and K.L. Perry, (2004).** Transmission of plant viruses by aphid vectors. *Molecular plant pathology*, 5(5):5005–511.
- [50]. **Nilsson, C, (1994).** Pollen Beetle (*Meligethes aeneus* spp) in oilseed rape crops (*Brassica napus* L.): Biological interactions and crop losses. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences.
- [51]. **Ohoueu et al, (2021).** Variation saisonnière des populations du scolyte des fruits de caféiers (*Hypothenemus hampei*) dans les zones de production d'Abengourou en Côte d'Ivoire . *Journal of Applied Biosciences* 161: 16632 – 16641.
- [52]. **Parrella, M. P., Jones, V. P., Youngman, R. R., & Lebeck, L. M, (1983).** Effect of leaf mining and leaf stippling by *Liriomyza* spp. on yield of 'Mums. *Agricultural Entomology*, 36, 561-566.
- [53]. **Pouvreau A, (2004).** Les insectes pollinisateurs. Delachaux et Niestlé, coll. « Bibliothèque du naturaliste », Pp 192.
- [54]. **Reitz, S. R., Trumble, J. T., & Stacey, D. L. (1999).** Impact of insecticides on the predaceous arthropod community associated with avocado, *Persea Americana*. *Biological Control*, 15(3), 311-324.
- [55]. **Rees, D. (2004).** *Insects of Stored Products*. CSIRO Publishing.
- [56]. **Sauvion N, Calatayud P A, Thiéry D, Marion-P F, (2013).** *Interactions insectes-plantes*. Editions Quae. Pp 749.
- [57]. **Shelton, A. M., Zhao, J. Z., & Roush, R. T, (2002).** Economic, ecological, food safety and social consequences of the deployment of BT transgenic plants. *Annual Review of Entomology*, 47, 845-881.
- [58]. **Spencer, K. A. (Ed.). (1990).** *Aphids, their biology, natural enemies and control* (Vol. C). Elsevier.
- [59]. **Stonehouse, J.D. Mumford, and G. Mustafa, (1997).** Economic losses to tephritid fruit flies (diptera: Tephritidae) in Pakistan. *Crop Protection*, 17(2):159–164.
- [60]. **Talekar & A.M. Shelton, (1993).** Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annual review of Entomology*, pages 275–301.

[61]. **Talekar, N. S., Su, F. C. & Lin, M. Y, (2003).** How to Grow Safer Leafy Vegetables in Net houses and Net Tunnels. AVRDC pub 03-558.

[62]. **Tanguy J. (2015).** Les Insectes Morphologie, Anatomie, Développement post-embryonnaire, Diversité, Importance agronomique.

[63]. **Wojtyra, A.** *Les pièces buccales des insectes.*

[64]. **Witzgall, P., Kirsch, P., Cork, A. (2010).** Sex pheromones and their impact on pest management. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1), 80-100.

[65]. **Warton, D.I. et al. (2013).** The composite diet: Combining analysis of species proportions and prey items to examine prey selectivity. *Ecology*, 94(1), 196-204.

[66]. **Zangerl, A., Hamilton, J., Miller, T., Crofts, A., Ox borough, K., Berenbaum, M., de Lucia, E, (2002).** Impact of folivory on photosynthesis is greater than the sum of its holes. *PNAS* 99 (2), 1088–1091.

Site d'internet :

-**INSECTES2bis. (S. d.).** Le Monde des Insectes. <http://aramel.free.fr/INSECTES2bis.shtml>

-<https://www.svt-tanguy-jean.com/uploads/1/2/0/4/120408978/ats-tpa6-a7-insectes.pdf>.