



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 بوعريريج

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 : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des végétaux

## Intitulé :

Synthèse bibliographique sur l'impact du changement climatique sur  
l'aphidofaune associée aux arbres fruitiers et leur gestion

### Présenté par :

Benaries ikram & Djahnit lilia

Soutenu le \_\_\_ / \_\_\_ / 2025, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	Mme. BOURAHLA Amel	MCA.	Faculté SNV-STU, Univ. de B.B.A.
Encadrant :	Mme. ZIOUCHE Sihem	MCA_	Faculté SNV-STU, Univ. de B.B.A.
Examineur :	M. KHOUDOUR Abdelmalek	MAA	Faculté SNV-STU, Univ. de B.B.A.

Année Universitaire 2024/2025

## **Dédicace**

*A mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinies.*

*A ma mère qui a toujours été mon port d'attachement et ma boussole, merci pour ton amour inconditionnel, ton dévouement et ton soutien inébranlable. Tu as été la lumière qui a éclairé mon chemin dans les moments sombres et tu as toujours cru en moi, même lorsque je doutais.*

*A mon père qui m'a appris l'importance du travail acharné, de la persévérance et de l'honnêteté, je suis reconnaissante pour tes conseils avisés et ton soutien sans faille. Tu m'as inspiré à viser plus haut et à poursuivre mes rêves. Je te suis infiniment reconnaissante pour ton soutien indéfectible, ta confiance en moi et ton amour.*

*A mes frères Taki eddine et seif ainsi qu'à mes sœurs adorées dalel et Amira qui sont aussi mes meilleures amies, merci pour votre soutien constant, votre humour contagieux et votre présence réconfortante. Vous êtes ma source de joie et de bonheur, et je suis fière de vous avoir dans ma vie.*

*A mes nièces et neveux loulou, wail, yahya, rahma qui remplit ma vie de tant de bonheur et de joie.*

*A belle-sœur Ahlem qui est devenue une amie et une conf merci pour ta gentillesse, ton soutien et ton amour.*

*A ma fierté et a ma joie said, merci pour votre soutien et merci pour votre amour .*

*Enfin, à mon binôme lilia qui est devenue une amie chère et une collaboratrice talentueuse, merci pour notre collaboration fructueuse notre amitié. Tu as été une source d'inspiration et de motivation na moi tout au long de ce parcours.*

*Au-delà des noms cités, il existe un cercle précieux de personnes qui ont joué un rôle significatif dans mon parcours. Je vous exprime ma reconnaissante pour votre présence et votre soutien qui ont marqué positivement ma vie.*

***Ikram***

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux que j'aime mais surtout :*

*A mes parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont illuminé mon chemin depuis ma naissance, je ne les remercierai jamais assez (maman et papa qui ont la plus grande place dans mon cœur que Dieu me les garde) ;*

*A mon cœur cher mari ILIES que j'aime beaucoup merci pour votre soutien et votre amour.*

*A mon cher frère mon bébé d'amour Yazid.*

*A mes chères princesses Amina et Belkis.*

*A ma chère famille surtout Mima Hassina.*

*A mes chéries Channel et Adha.*

*A mes très chers amis : Mounia, khawla, Imen, et sur tout ma Queen Amoun.*

*J'aimerais exprimer ma gratitude pour la patience, le soutien et l'aide qu'a pu m'apporter ma promotrice Dr : Ziouche Sihem.*

*Votre expertise a été une source d'inspiration inestimable qui a grandement contribué à façonner ce travail. Votre soutien a été essentiel tout au long de ce processus, et je tiens à vous remercier sincèrement pour votre engagement et votre contribution significative à la réussite de ce mémoire.*

*A ma chère amie et collègue Ikram.*

*A mes cousins et mes cousines (Nina ; Marwa ; Riheb ; Rania ;*

*Ines ; Firouz ; Hanine ; Marwa ; Layane ; Ghina ;*

*Mohamed ; Yakoub ; Racime ; Wassim ; Jadou ; sidra ; Maya ).*

*À ma chère belle-famille surtout tante ghezala ; amel ; chahira; samiha;noura*

*Enfin, à mes très chers parents, sans eux moi et ce travail n'aurait*

*Jamais vu le jour.*

*A moi-même pour le courage silencieux ; la foi inébranlable et les nuits sans sommeil. Ce mémoire est le fruit d'un rêve porté avec amour et ténacité et une lettre d'amour à ma résilience, et mes rêves les plus doux.*

**Lilia**

## **Remerciements**

*Nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir accordé la santé, le courage et la volonté d'étudier, et de nous avoir permis de mener à bien ce modeste travail dans les meilleures conditions.*

*Nous exprimons également notre profonde gratitude à nos chers parents, qui se sont investis corps et âme pour notre réussite, nous soutenant moralement et financièrement, et nous encourageant constamment à donner le meilleur de nous-mêmes. Nous remercions aussi l'ensemble de notre famille, qui ont toujours été présents à nos côtés.*

*Nos remerciements s'adressent tout particulièrement à notre promotrice, **D<sup>r</sup> Ziouche Sihem**, pour sa patience, son soutien et son aide précieuse. Son expertise a été une source d'inspiration inestimable et a grandement contribué à l'élaboration de ce travail. Son accompagnement a été essentiel tout au long de ce processus, et nous lui exprimons notre sincère reconnaissance pour son engagement et sa contribution significative à la réussite de ce mémoire.*

*Nous remercions chaleureusement le **D<sup>r</sup> Bourahla A.** et **M<sup>r</sup>. Khoudour A.M.**, membres de ce jury, pour l'honneur qu'ils nous feront en évaluant et en appréciant notre travail.*

*Enfin, nous n'oublions pas de remercier nos amis qui nous ont tant encouragés, ainsi que toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.*

## Liste des abréviations

- **IPM** : Gestion intégrée des ravageurs.
- **GIEC** : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
- **HSP** : Protéines de choc thermique.
- **GIR** : Gestion intégrée des ravageurs.
- **VNP** : Le virus de la polyhédrose nucléaire.
- **Bt** : *Bacillus thuringiensis*.

## Liste des figures

**Figure 1 :** Colonie de pucerons (*Aphididae*) sur une feuille

**Figure 2 :** Dégâts caractéristiques de pucerons sur pommier : feuilles déformées et enroulées suite aux piqûres d'alimentation

**Figure 3 :** Une fourmi recueillant le miellat d'un puceron.

**Figure 4 :** Cycle holocyclique diœcique des pucerons, illustrant l'alternance entre reproduction sexuée et parthénogénèse au cours des saisons.

**Figure 5 :** Principaux ennemis naturels des pucerons : coccinelles, syrphes et chrysopes.

**Figure 6 :** Pulvérisation de pesticide dans une culture agricole

**Figure 7 :** Utilisation d'auxiliaires naturels en lutte biologique

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Principales espèces de pucerons affectant les arbres fruitiers, leurs hôtes et les dommages associés.

## Table des matières

<b>1. Introduction</b> .....	10
<b>2. Contexte Climatique</b> .....	11
2.1. Tendances climatiques récentes.....	11
2.2. Impacts globaux du changement climatique sur l'agriculture.....	12
<b>3. Aphidofaune et Arbres Fruitiers</b> .....	13
3.1. Introduction à l'aphidofaune.....	13
3.2. Espèces de pucerons affectant les arbres fruitiers.....	16
3.3. Biologie et écologie des pucerons.....	19
<b>4. Impact du changement climatique sur l'aphidofaune</b> .....	21
4.1. Introduction.....	21
4.2. Effets de la température .....	21
4.2.1. Influence sur la reproduction et la survie .....	21
4.2.2. Modifications des périodes d'activité.....	22
4.3. Effets de l'humidité.....	22
4.3.1. Modifications des comportements migratoires .....	22
4.4. Études de cas spécifiques .....	23
<b>5. Stratégies de Gestion des Pucerons</b> .....	23
5.1. Gestion intégrée des ravageurs (GIR) .....	23
5.2. Pratiques agronomiques adaptées .....	25
5.2.1. Sélection de variétés résistantes.....	25
5.3.2. Surveillance numérique et applications .....	26
<b>6. Conclusion</b> .....	27
<b>Références bibliographiques</b> .....	28

# **Synthèse bibliographique sur l'impact du changement climatique sur L'aphidofaune associée aux arbres fruitiers et leur gestion**

## **Résumé**

Le changement climatique représente une menace croissante pour l'arboriculture fruitière, principalement en favorisant la prolifération des pucerons. Ce document détaille comment le réchauffement climatique, les altérations des précipitations et la multiplication des événements extrêmes influencent directement la biologie, la reproduction et la répartition de ces ravageurs. Les pucerons, déjà nuisibles par leurs dégâts directs et la transmission de virus, voient leur cycle de vie accéléré et leur aire de distribution étendue. De plus, ces perturbations climatiques déséquilibrent les écosystèmes en affectant les ennemis naturels des pucerons, rendant le contrôle biologique moins efficace. Il est donc impératif d'adapter et d'innover dans les stratégies de lutte intégrée pour garantir la protection durable des vergers face à ces défis climatiques.

**Mots clés :** Arbres fruitiers, changement climatique, gestion intégrée des ravageurs, interactions écologiques, Pucerons (*Aphididae*).

## 1. Introduction

Les écosystèmes agricoles sont soumis à des pressions croissantes dues au changement climatique global, caractérisé par une augmentation des températures, des modifications des régimes hydriques et une fréquence accrue d'événements extrêmes (IPCC, 2022). Parmi les organismes affectés, les insectes ravageurs, et plus particulièrement les pucerons (Hemiptera : *Aphididae*), représentent une menace significative pour la production fruitière mondiale (Emden et Harrington, 2017). Ces hémiptères phytophages causent des dommages considérables par leur alimentation directe, la transmission de phytovirus et la production de miellat, impactant la qualité et le rendement des cultures (Deutsch et *al.*, 2018). La gestion efficace de ces ravageurs est donc essentielle pour la durabilité des systèmes arboricoles.

Or, le changement climatique est susceptible de perturber profondément les interactions complexes entre les pucerons, leurs plantes hôtes (les arbres fruitiers) et leurs ennemis naturels. Des études récentes ont mis en évidence l'influence des températures élevées sur le développement et la reproduction des pucerons, ainsi que sur leur distribution géographique, avec une potentielle expansion vers des latitudes et altitudes plus élevées (Hullé et *al.*, 2010). De plus, les modifications des régimes de précipitations peuvent affecter la physiologie des plantes hôtes, les rendant potentiellement plus ou moins vulnérables aux infestations de pucerons (IPCC., 2022).

L'impact du changement climatique ne s'arrête pas aux pucerons eux-mêmes. Les interactions trophiques avec leurs ennemis naturels, tels que les coccinelles, les chrysopes et les parasitoïdes, peuvent également être désynchronisées par les changements environnementaux, réduisant l'efficacité du contrôle biologique naturel (Jeffs et Lewis, 2013). Par conséquent, les stratégies de gestion des pucerons actuellement utilisées pourraient devenir moins performantes, nécessitant une adaptation des pratiques pour maintenir la protection des cultures fruitières (Deutsch et *al.*, 2018).

Cette synthèse bibliographique vise à examiner l'état actuel des connaissances concernant l'impact du changement climatique sur l'aphidofaune associée aux arbres fruitiers et les implications pour leur gestion. En compilant et en analysant les recherches récentes, nous chercherons à identifier les principaux mécanismes en jeu, les incertitudes persistantes et les pistes pour développer des stratégies de gestion intégrée des ravageurs (IPM) résilientes face aux défis climatiques futurs.

## **2. Contexte Climatique**

Cette section vise à établir le contexte climatique actuel et les projections futures qui sous-tendent l'étude de l'impact du changement climatique sur l'aphidofaune des arbres fruitiers. Nous examinerons les tendances climatiques récentes au niveau global et régional, en mettant l'accent sur les changements de température, la variabilité des précipitations et l'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes. Enfin, nous aborderons les impacts généraux du changement climatique sur le secteur agricole.

### **2.1. Tendances climatiques récentes**

Les tendances des températures mondiales continuent de montrer une hausse marquée, largement imputable aux activités humaines. Entre 2011 et 2020, la température moyenne mondiale a dépassé de 1,09 °C celle de l'ère préindustrielle (1850-1900). Ce réchauffement s'est accentué ces dernières années, avec des records historiques. Par exemple, septembre 2023 a affiché une anomalie de température de +1,75 °C par rapport aux niveaux préindustriels, illustrant l'accélération du changement climatique (WMO, 2024).

Les observations au cours des dernières décennies indiquent un changement climatique sans doute, avec des signaux clairs et significatifs dans de nombreux indicateurs clés.

#### **2.1.1. Changements de température**

Le réchauffement du système climatique est désormais un fait établi, comme l'atteste le dernier rapport du GIEC (IPCC, 2021). De nombreux records de température ont été battus à l'échelle mondiale, et la température moyenne globale a connu une augmentation significative depuis l'ère préindustrielle. Cette tendance au réchauffement devrait se poursuivre au cours des prochaines décennies, avec des projections indiquant une élévation continue des températures moyennes (WMO, 2023). Il est important de noter que l'ampleur de ce réchauffement n'est pas uniforme à travers le globe, certaines régions, y compris potentiellement celles où l'arboriculture fruitière est prédominante (comme le bassin méditerranéen, incluant l'Algérie), pouvant connaître un réchauffement plus marqué que la moyenne mondiale (Giorgi et *al.*, 2016). Ces changements de température ont des implications directes sur la biologie et l'écologie des pucerons, influençant leur développement, leur taux de reproduction et leur survie, comme nous l'explorerons plus loin.

### **2.1.2. Variabilité des précipitations**

Outre l'augmentation des températures, le changement climatique induit une modification significative des régimes de précipitations à l'échelle globale et régionale (IPCC, 2021). Certaines régions sont confrontées à une intensification des précipitations et à un risque accru d'inondations, tandis que d'autres, comme certaines zones d'Afrique du Nord, y compris l'Algérie, pourraient connaître une aridification accrue et des périodes de sécheresse plus fréquentes et prolongées (Tramblay et *al.*, 2021). Cette variabilité accrue des précipitations peut exercer un stress hydrique sur les arbres fruitiers, affectant leur physiologie, leur croissance et leur capacité à se défendre contre les ravageurs, y compris les pucerons (Martel et *al.*, 2022). Des changements dans le régime des pluies peuvent également influencer indirectement les populations de pucerons en modifiant la disponibilité de l'eau pour les plantes hôtes et en affectant les conditions microclimatiques au sein des vergers.

### **2.1.3. Événements climatiques extrêmes**

Le changement climatique se manifeste également par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements climatiques extrêmes (IPCC, 2021). Les vagues de chaleur, les sécheresses sévères, les inondations, les tempêtes de grêle et les gelées tardives deviennent plus courantes et peuvent avoir des impacts dévastateurs sur l'agriculture, y compris l'arboriculture fruitière. Pour l'aphidofaune, ces événements peuvent entraîner une mortalité directe, perturber les cycles de vie et modifier les interactions avec les plantes hôtes et les ennemis naturels. Par exemple, des vagues de chaleur peuvent dépasser les seuils de tolérance thermique de certaines espèces de pucerons ou affecter l'efficacité des agents de lutte biologique (Harrington et *al.*, 2010). De même, des gelées tardives peuvent endommager les jeunes pousses des arbres fruitiers, modifiant la qualité et la disponibilité des ressources pour les premières générations de pucerons au printemps.

## **2.2. Impacts globaux du changement climatique sur l'agriculture**

Le secteur agricole est particulièrement sensible aux effets du changement climatique, et l'Algérie, avec son agriculture diversifiée incluant l'arboriculture, n'est pas une exception (Meddi et *al.*, 2018). Les modifications des températures et des précipitations, ainsi que l'augmentation des événements extrêmes, peuvent entraîner des réductions de rendement, une baisse de la qualité des produits et une augmentation des risques liés aux ravageurs et aux

maladies des plantes (Chakraborty et Newton, 2011 ; Porter et *al.*, 2014). Le changement climatique peut favoriser l'émergence de nouveaux ravageurs ou l'expansion de la distribution géographique d'espèces existantes, y compris les pucerons, posant des défis supplémentaires pour la protection des cultures. Comprendre ces impacts globaux et régionaux est crucial pour contextualiser l'étude spécifique de l'aphidofaune des arbres fruitiers et pour développer des stratégies d'adaptation et de gestion des ravageurs efficaces dans un contexte de changement climatique. (Porter et *al.* , 2014)

### **3. Aphidofaune et Arbres Fruitiers**

Cette section introduit le groupe des pucerons (*Aphididae*) et leur importance dans le contexte des arbres fruitiers. Nous définirons et classifions brièvement ce groupe d'insectes, soulignerons leur impact économique significatif sur l'arboriculture, et présenterons quelques-unes des espèces de pucerons les plus importantes affectant les arbres fruitiers. Enfin, nous aborderons les aspects fondamentaux de leur biologie et de leur écologie, essentiels pour comprendre comment le changement climatique peut influencer leur dynamique et leurs interactions.

#### **3.1. Introduction à l'aphidofaune**

##### **3.1.1. Définition et classification**

Les pucerons sont l'un des plus destructeurs et des plus répandus groupes de ravageurs qui affectent les cultures dans le monde entier. Ils sont très adaptables et ont une large variété de plante hotes, y compris les fruits, les légumes, les céréales, plantes ornementales et grandes cultures (Blackman et Eastop, 2000 ; Khan et *al.*,2020). Ils constituent une vaste et diversifiée superfamille (*Aphidoidea*) d'insectes hémiptères, caractérisée par leur petite taille (généralement de 1 à 7 mm de long), leur corps mou et leur régime alimentaire basé sur la sève des plantes (Figure 1).



**Figure 1 :** Colonie de pucerons (*Aphididae*) sur une feuille .

Ils sont classés au sein de l'ordre des Hemiptera, sous-ordre des Sternorrhyncha, et se distinguent des autres groupes d'hémiptères par plusieurs caractéristiques morphologiques, notamment la présence de cornicules (deux appendices dorsaux en forme de tubes) à l'extrémité de l'abdomen, et souvent une cauda (un appendice en forme de queue). La superfamille Aphidoidea comprend plusieurs familles, dont la plus importante en termes d'impact agricole est la famille des Aphididae, qui regroupe la majorité des espèces nuisibles aux cultures (Dixon, 1998).

### **3.1.2. Importance économique des pucerons**

Les pucerons représentent un groupe de ravageurs majeurs pour l'agriculture à l'échelle mondiale, causant des pertes économiques considérables dans de nombreuses cultures, y compris les arbres fruitiers (Van Eeden et Harrington, 2007). Leur impact économique est multiple :

- **Dommmages directs** : En se nourrissant de la sève des plantes à l'aide de leurs stylets buccaux, les pucerons affaiblissent les plantes, réduisent leur croissance et leur capacité photosynthétique. Sur les arbres fruitiers, cela peut se traduire par une déformation des

feuilles (enroulement, crispation) (Figure 2), un ralentissement du développement des jeunes pousses et une diminution de la taille et de la qualité des fruits.



**Figure 2 :** Dégâts caractéristiques de pucerons sur pommier : feuilles déformées et enroulées suite aux piqûres d'alimentation.

- **Dommmages indirects :**

- **Transmission de virus :** De nombreuses espèces de pucerons sont des vecteurs efficaces de virus phytopathogènes, qui peuvent causer des maladies graves et incurables chez les arbres fruitiers, entraînant des pertes de rendement importantes et une réduction de la durée de vie des arbres.

○ **Production de miellat** : L'excrétion de miellat, une substance sucrée et collante, par les pucerons (Figure 3) favorise le développement de champignons saprophytes (fumagine) qui recouvrent les feuilles et les fruits, réduisant la photosynthèse et altérant leur aspect commercial. Le miellat peut également attirer d'autres insectes, comme les fourmis, qui peuvent protéger les pucerons de leurs ennemis naturels.






**Figure 3** : Une fourmi recueillant le miellat d'un puceron.




En raison de ces dommages directs et indirects, la gestion des populations de pucerons est une composante essentielle de la protection des vergers fruitiers, et les changements induits par le climat peuvent exacerber ces problèmes, comme nous l'examinerons ultérieurement.

### **3.2. Espèces de pucerons affectant les arbres fruitiers**

De nombreuses espèces de pucerons peuvent infester les arbres fruitiers, avec une spécificité variable pour leurs hôtes. Voici quelques exemples d'espèces importantes (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Principales espèces de pucerons affectant les arbres fruitiers, leurs hôtes et les dommages associés.

Nom de l'espèce	Plante hôte	Symptômes et dommages	Caractéristiques	Photos
<p><b>Puceron vert du pommier</b> (<i>Aphis pomi</i>)</p>	<p>Pommier, poirier, cognassier,</p>	<p>Enroulement et déformation des feuilles, miellat, fumagine, affaiblissement de la croissance des jeunes pousses.</p>	<p>Puceron vert vif, souvent présent sur les jeunes pousses et le revers des feuilles.</p>	
<p><b>Puceron cendré du pommier</b> (<i>Dysaphis plantaginea</i>)</p>	<p>Pommier, poirier</p>	<p>Enroulement serré et déformation des feuilles, coloration rougeâtre ou jaunâtre, arrêt de la croissance des pousses, déformation des fruits.</p>	<p>Puceron gris-vert à rose, couvert d'une pruine cireuse. Cause des dommages importants aux fruits.</p>	
<p><b>Puceron farineux du prunier</b> (<i>Hyalopterus pruni</i>)</p>	<p>Prunier, abricotier, pêcher, amandier</p>	<p>Enroulement des feuilles, miellat abondant, fumagine.</p>	<p>Puceron vert pâle, couvert d'une pruine blanche cireuse. Migre vers les roseaux en été.</p>	

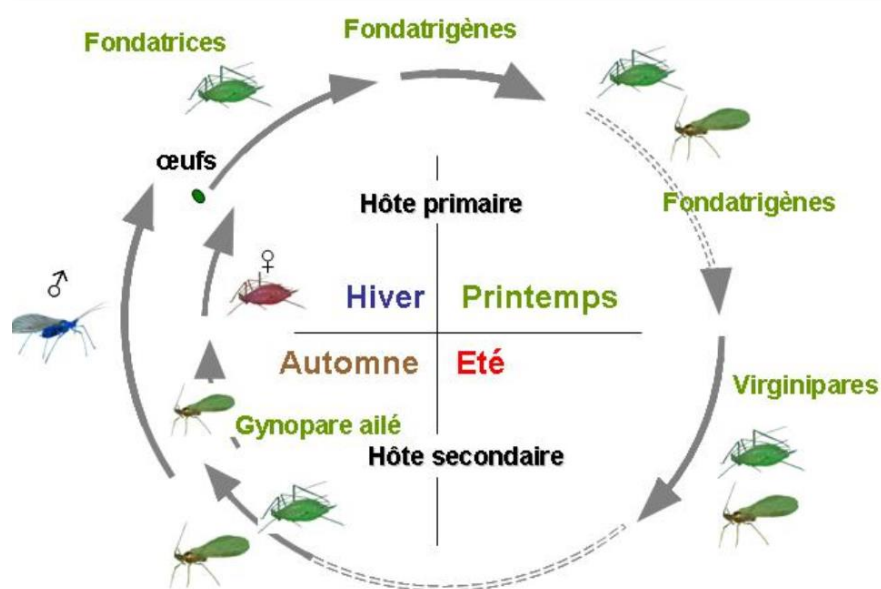
<p><b>Puceron noir du cerisier</b> (<i>Myzus cerasi</i>)</p>	<p>Cerisier</p>	<p>Enroulement et crispation des feuilles (surtout les jeunes pousses), miellat noir et abondant, fumagine.</p>	<p>Puceron noir brillant, forme de grandes colonies denses sur les jeunes pousses.</p>	
<p><b>Puceron vert du pêcher</b> (<i>Myzus persicae</i>)</p>	<p>Pêcher, abricotier, prunier, cerisier, et de nombreuses autres cultures.</p>	<p>Enroulement et jaunissement des feuilles, miellat, fumagine. Vecteur de nombreux virus.</p>	<p>Puceron vert à jaunâtre, très polyphage et capable de transmettre plus de 100 virus végétaux.</p>	
<p><b>Puceron lanigère du pommier</b> (<i>Eriosoma lanigerum</i>)</p>	<p>Pommier, poirier, cognassier</p>	<p>Formation de galles et de chancres sur les branches et les racines, présence d'une masse cireuse blanche et cotonneuse.</p>	<p>Puceron rouge-brun recouvert d'une sécrétion cireuse blanche. Peut causer des dommages graves et persistants.</p>	

### 3.3. Biologie et écologie des pucerons

Comprendre la biologie et l'écologie des pucerons est fondamental pour évaluer comment le changement climatique peut influencer leurs populations et leurs interactions avec leur environnement.

#### 3.3.1. Cycle de vie et reproduction

Les pucerons présentent un cycle de vie complexe (Figure 4), souvent caractérisé par une alternance de générations sexuée et asexuée (parthénogenèse), ainsi que par la présence de différentes formes (aptères et ailées) (Dixon, 1998). En conditions favorables, la reproduction asexuée permet une augmentation rapide des populations. Certaines espèces présentent un cycle de vie holocyclique, avec une phase sexuée et la production d'œufs résistants pour passer l'hiver sur un hôte primaire, suivie de générations parthénogénétiques sur un hôte secondaire pendant l'été. D'autres espèces sont anholocycliques, se reproduisant uniquement par parthénogenèse tout au long de l'année sur le même hôte ou sur des hôtes différents. Le changement climatique, notamment l'augmentation des températures, peut influencer la durée des cycles de vie, le nombre de générations par an et la proportion des différentes formes (ailées/aptères), ce qui peut avoir des conséquences importantes sur la dynamique des populations et la dispersion des pucerons.



**Figure 4 :** Cycle holocyclique diœcique des pucerons, illustrant l'alternance entre reproduction sexuée et parthénogénèse au cours des saisons.

### 3.3.2. Hôtes et interactions avec d'autres organismes

La spécificité des pucerons pour leurs plantes hôtes varie considérablement entre les espèces. Certaines sont monophages (se nourrissant d'une seule espèce de plante), tandis que d'autres sont polyphages (se nourrissant de nombreuses espèces appartenant à différentes familles botaniques). Les interactions des pucerons ne se limitent pas à leurs plantes hôtes. Ils interagissent également avec une variété d'autres organismes, notamment leurs ennemis naturels (prédateurs comme les coccinelles et les chrysopes, parasitoïdes, et pathogènes) (Figure 5), les fourmis (qui peuvent les protéger en échange de miellat), et les micro-organismes associés aux plantes. Le changement climatique peut perturber ces interactions complexes, par exemple en désynchronisant les cycles de vie des pucerons et de leurs ennemis naturels, ou en modifiant la qualité des plantes hôtes et leur influence sur les interactions tritrophiques (Dedryver et *al.*, 2010).



**Figure 5 :** Principaux ennemis naturels des pucerons : coccinelles, syrphes et chrysopes.

Comprendre ces aspects de la biologie et de l'écologie des pucerons est essentiel pour interpréter comment le changement climatique peut impacter l'aphidofaune des arbres fruitiers et pour développer des stratégies de gestion adaptées (Jamieson et *al.*, 2012).

## **4. Impact du changement climatique sur l'aphidofaune**

### **4.1. Introduction**

Le changement climatique influence de manière significative la dynamique des populations de pucerons (aphidés), modifiant leur développement, leur reproduction, leur répartition géographique et leurs interactions écologiques. Ce chapitre synthétise les connaissances actuelles sur les effets de la température, de l'humidité et des modifications climatiques sur l'aphidofaune, avec une attention particulière portée aux conséquences pour l'agriculture et les écosystèmes.

### **4.2. Effets de la température**

La température est un facteur clé qui influence directement le développement, la reproduction et la survie des pucerons. Le réchauffement climatique accélère le cycle de vie des pucerons, favorisant une reproduction plus rapide et une augmentation de leur abondance, y compris dans des zones auparavant inadaptées à leur présence (Wu et *al.*, 2020 ; Li et *al.*, 2023a). Certaines espèces, comme *Rhopalosiphum padi*, présentent une meilleure tolérance aux températures élevées, tandis que d'autres, telles que *Sitobion avenae*, y sont plus sensibles, ce qui peut modifier la composition des communautés aphidiennes selon les régions et les saisons (Li et *al.*, 2023a).

La sensibilité thermique des pucerons influence davantage leur comportement d'évitement que leur tolérance physiologique. Certaines espèces fuient rapidement les zones chaudes, limitant ainsi les effets létaux directs des températures extrêmes (Li et *al.*, 2023b). Par ailleurs, des températures plus élevées peuvent entraîner l'émergence de générations plus précoces, perturbant la synchronisation avec les cycles de croissance des plantes et augmentant les pertes de récoltes (Blanchard et *al.*, 2019 ; Sun et *al.*, 2022).

Sur le plan physiologique, les pucerons développent des mécanismes d'adaptation, tels que l'accumulation de cytoprotectants et l'expression de protéines de choc thermique (HSP), essentiels à leur survie dans des conditions extrêmes (Li, 2023).

#### **4.2.1. Influence sur la reproduction et la survie**

L'élévation des températures accélère le cycle de vie des pucerons, augmentant leur taux de reproduction et réduisant la durée entre les générations (Li et *al.*, 2023a). À 25 °C, certaines

espèces comme *Myzus persicae* se reproduisent plus rapidement, mais au-delà de 30 °C, la survie diminue et des anomalies apparaissent (Mehrparvar et Hatami, 2022). Cette plasticité reproductive permet à de nombreuses espèces de s'adapter au changement climatique, notamment en augmentant le nombre de générations annuelles dans les régions plus chaudes (Sun et *al.*, 2022).

#### **4.2.2. Modifications des périodes d'activité**

Le changement climatique modifie également les périodes d'activité des pucerons. Dans les régions septentrionales, les populations tendent à avoir des périodes de développement plus courtes, en corrélation avec une fécondité accrue. Ce compromis leur permet d'augmenter le nombre de générations annuelles, améliorant ainsi leur survie dans des climats plus chauds (Sun et *al.*, 2022).

#### **4.3. Effets de l'humidité**

L'humidité joue un rôle crucial dans la régulation des populations de pucerons. Une humidité élevée favorise leur développement et leur reproduction, tandis qu'un air trop sec peut entraîner la déshydratation et la mortalité. Les cycles d'humidité modifiés par le changement climatique influencent directement la dynamique des pucerons : des périodes prolongées d'humidité élevée peuvent prolonger leur activité et augmenter les risques d'infestation (Beetge et Krüger, 2019 ; Li et *al.*, 2023a).

Des conditions spécifiques (80-90 % d'humidité relative, températures de 20-25 °C) sont idéales pour leur prolifération, favorisant la transmission des maladies et le stress sur les cultures (Mehrparvar et Hatami, 2022). À l'inverse, la sécheresse et les vagues de chaleur peuvent perturber les populations et leurs prédateurs naturels, menaçant l'équilibre écologique (Barreca, 2012).

##### **4.3.1. Modifications des comportements migratoires**

L'augmentation des températures et les fluctuations de l'humidité modifient les comportements migratoires des pucerons, qui se déplacent plus tôt dans l'année et parfois sur de plus longues distances. Cela leur permet d'étendre leur aire de répartition vers des régions auparavant non affectées, augmentant ainsi la probabilité d'infestations dans de nouvelles zones agricoles (Li et *al.*, 2023b).

Les pucerons développent diverses stratégies pour s'adapter, telles que l'ajustement de leur cycle de reproduction ou la modification de leur calendrier migratoire, maximisant leurs chances de survie dans des conditions plus chaudes et plus sèches (Jackson et *al.*, 2015).

#### **4.4. Études de cas spécifiques**

Avec l'augmentation des températures mondiales, les effets sont souvent plus prononcés dans des saisons spécifiques, en particulier en hiver, où les températures minimales augmentent à un rythme plus rapide que les températures maximales moyennes. Ce réchauffement saisonnier perturbe des événements écologiques tels que la floraison, l'hibernation et la migration, ce qui peut avoir des effets en cascade sur les interactions entre plantes et insectes (Gallinger et *al.*, 2023). Par exemple, la floraison précoce des poiriers et des pommiers en France a été liée à des changements dans les besoins de froid liés à l'augmentation des températures, entraînant des décalages dans les cycles de vie des pollinisateurs et des ravageurs tels que les pucerons (Guédon et Legave, 2008).

##### **4.4.1. Vergers de pommiers**

Les vergers de pommiers sont particulièrement sensibles aux infestations de pucerons, notamment *Aphis pomi*. Les conditions plus chaudes favorisent une reproduction accélérée, augmentant l'impact sur les arbres fruitiers et la transmission de maladies virales. Les stratégies de gestion intégrée doivent être adaptées pour répondre à ces nouveaux défis (Bevacqua et *al.*, 2016).

##### **4.4.2. Vergers de poiriers**

Les poiriers sont également touchés, en particulier par les espèces du genre *Pachypsylla* et *Aphis*. Le réchauffement climatique, avec des périodes plus longues de températures élevées et une humidité accrue, favorise la prolifération de ces insectes, nécessitant des techniques de gestion adaptées pour protéger la production fruitière (Mehrparvar et Hatami, 2022).

## **5. Stratégies de Gestion des Pucerons**

### **5.1. Gestion intégrée des ravageurs (GIR)**

#### **5.1.1. Principes de la GIR**

La Gestion Intégrée des Ravageurs (GIR) est une approche combinant diverses stratégies pour contrôler les populations de ravageurs, notamment les pucerons, tout en minimisant les

impacts environnementaux. Elle repose sur la surveillance des populations pour déterminer les seuils d'intervention, l'utilisation de méthodes préventives comme la rotation des cultures et les variétés résistantes, l'encouragement des ennemis naturels, ainsi que l'évaluation des interventions (Dent, 2000 ; Dhaliwal et Arora, 2001 ; Moretti et *al.*, 2020). La GIR vise à optimiser l'utilisation des ressources et à réduire la dépendance aux traitements chimiques.

### **5.1.2. Méthodes de lutte chimique**

La lutte chimique implique l'utilisation d'insecticides pour contrôler les populations de pucerons (Figure 6). Bien qu'efficace, elle présente des risques de résistance (El-Sayed et *al.*, 2021) et d'impact environnemental (Nauen et *al.*, 2015). La GIR préconise une utilisation judicieuse et sélective des insecticides, en tenant compte des seuils d'intervention et en privilégiant les produits à faible impact.



**Figure 6** : Pulvérisation de pesticide dans une culture agricole

### **5.1.3. Méthodes de lutte biologique**

La lutte biologique utilise les ennemis naturels des pucerons pour contrôler leurs populations. Elle inclut l'introduction ou la conservation de prédateurs, parasitoïdes et pathogènes (Messing et Brodeur, 2018). Une revue récente de Khan et *al.* (2020) explore le potentiel des insectes prédateurs dans la lutte biologique contre les pucerons. Ces méthodes biologiques

offrent une durabilité accrue et réduisent les risques environnementaux (Landge et *al.*,2024) (Figure 7).



**Figure 7 :** Utilisation d’auxiliaires naturels en lutte biologique

## **5.2. Pratiques agronomiques adaptées**

Les pratiques culturales sont l’une des plus importantes méthodes de gestion des ravageurs et qui contribue à la diminution des pertes économiques (Bryant et Reay-Jones, 2020). Les nombreuses pratiques culturelles ont été classées comme suit.

### **5.2.1. Sélection de variétés résistantes**

L'utilisation de variétés de plantes résistantes aux pucerons est une méthode préventive efficace qui joue un rôle clé dans la réduction des infestations. Ces variétés peuvent présenter des caractéristiques qui les rendent moins attractives ou qui limitent le développement des pucerons (Kaloshian et Williamson, 2016; Smith et *al.*, 2016 ).

### **5.2.2. Ajustement des calendriers de plantation**

Modifier les dates de semis ou de plantation peut permettre d’éviter les périodes de forte infestation de pucerons en décalant le cycle de croissance de la culture (Hooks et Johnson, 2003). Des recherches spécifiques au contexte algérien seraient nécessaires pour identifier les calendriers optimaux pour les cultures locales.

## **5.3. Innovations technologiques**

### **5.3.1. Utilisation de biopesticides**

Les biopesticides, substances d'origine naturelle, sont utilisés pour lutter contre les ravageurs avec un impact environnemental potentiellement plus faible (Glare et *al.*, 2012).

Les microorganismes offrent des alternatives écologiques aux pesticides chimiques pour lutter contre les pucerons et représentent une avenue prometteuse (Chandler et *al.*, 2011). Les champignons, les virus et les bactéries sont les trois principaux groupes d'agents pathogènes. Certains nématodes causent également des maladies chez certains insectes nuisibles. Parmi les virus, l'exemple le plus important est le virus de la polyhédrose nucléaire (VNP), parmi les bactéries entomopathogènes qui causent la maladie chez les insectes et la détruisent par la production de septicémie et de toxines *Bacillus thuringiensis* (Bt.) et *B. Papillae* sont des exemples particulièrement fréquents (Khan et *al.*, 2012). Il est recommandé d'utiliser les biopesticides *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii* et azadirachtin séparément ou en combinaison pour lutter contre le puceron de la moutarde (*Lipaphis erysimi*) en tant qu'alternative écologique et rentable (Halder et *al.*, 2014).

Les propriétés insecticides des produits dérivés d'extraits de plantes sont la source de biopesticides botaniques. Les extraits de gousse d'ail, le pyrèthre et l'huile de neem sont quelques exemples de plantes utilisés pour la gestion des parasites efficacement et écologiquement (Thakur, 2023) dans le contrôle biologique en produisant des composés de défense qui aident à induire une résistance systémique (Isman, 2006). Les différents biopesticides étudiés pour la gestion des populations de pucerons sont cités dans l'Annexe A.

### **5.3.2. Surveillance numérique et applications**

Les technologies numériques offrent de nouvelles possibilités pour la surveillance des pucerons, notamment par l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique (Toews et Fuhlendorf, 2017). Des outils numériques sont en développement pour améliorer la gestion des ravageurs et des maladies en agriculture (Valdastri et *al.*, 2021).

## **6. Conclusion**

En conclusion, ce document offre une analyse approfondie des effets du changement climatique sur l'aphidofaune des arbres fruitiers, mettant en lumière les multiples défis que ce phénomène impose à l'arboriculture fruitière. Le réchauffement global, l'augmentation de la variabilité des précipitations et la fréquence accrue des événements climatiques extrêmes modifient non seulement les conditions abiotiques des vergers, mais affectent également la biologie, la reproduction et la distribution des pucerons, principaux ravageurs des cultures fruitières. Ces insectes, par leur alimentation directe, la transmission de virus phytopathogènes et la production de miellat favorisant le développement de fumagine, compromettent la qualité et le rendement des fruits, avec des conséquences économiques significatives.

Le changement climatique perturbe aussi les interactions écologiques complexes entre les pucerons, leurs plantes hôtes et leurs ennemis naturels, tels que les coccinelles et les parasitoïdes. Cette désynchronisation peut réduire l'efficacité des mécanismes de contrôle biologique naturel, rendant les stratégies actuelles de lutte contre ces ravageurs moins performantes. De plus, l'extension géographique possible des pucerons vers de nouvelles régions, notamment des zones plus élevées ou plus septentrionales, accentue les risques pour des systèmes arboricoles jusque-là peu exposés.

Face à ces enjeux, il devient impératif d'adapter et d'innover dans les pratiques de gestion intégrée des ravageurs (IPM). Cela inclut une meilleure compréhension des cycles biologiques des pucerons sous des conditions climatiques changeantes, le suivi des populations et des interactions trophiques, ainsi que le développement de méthodes de lutte plus résilientes et écologiquement durables. Par ailleurs, il est essentiel de renforcer la recherche pour combler les incertitudes sur les mécanismes d'adaptation des pucerons et pour anticiper leurs réponses aux futures conditions climatiques.

En somme, la protection durable des arbres fruitiers dans un contexte de changement climatique nécessite une approche intégrée, combinant connaissances scientifiques actualisées, innovations agronomiques et politiques adaptées, afin de préserver la productivité agricole et la sécurité alimentaire à long terme.

## Références bibliographiques

- Amieson, M. A., Trowbridge, A. M., Raffa, K. F., & Lindroth, R. L. (2012).** Consequences of climate warming and altered precipitation patterns for plant–insect and multitrophic interactions. *Plant Physiology*, 160(4), 1719–1727. <https://doi.org/10.1104/pp.112.206524>
- Barreca, A. I. (2012).** Climate change, humidity, and mortality in the United States. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(1), 19-34. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2011.07.004>
- Beetge, L., et Krüger, K. (2019).** Drought and heat waves associated with climate change affect performance of the potato aphid *Macrosiphum euphorbiae*. *Scientific Reports*, 9, 3645. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40178-5>
- Bevacqua, D., Grechi, I., Gènard, M., et Lescourret, F. (2016).** The consequences of aphid infestation on fruit production.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000).** *Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide* (2nd ed.). Wiley.
- Blanchard, S., Lognay, G., Verheggen, F., et Detrain, C. (2019).** Today and tomorrow: impact of climate change on aphid biology and potential consequences on their mutualism with ants. *Physiological Entomology*, 44(1), 77-86. <https://doi.org/10.1111/phen.12285>
- Bryant T et Reay-Jones FPF., (2020):** *Integrated Pest Management: Concepts and Strategies*. Clemson (SC): Clemson Cooperative Extension, Land-Grant Press by Clemson Extension. LGP; Available from: <https://lpress.clemson.edu/publication/integrated-pest-management-concepts-and-strategies/>.
- Chakraborty, S., et Newton, A. C. (2011).** Climate change, plant diseases and food security: an overview. *Plant Pathology*, 60(1), 2-14.
- Chandler, D., Bailey, A. S., Tatchell, G. M., Davidson, G., Greaves, J., et Grant, W. P. (2011).** Microbial biopesticides for insect pest management: progress, limitations, and potential for development. *Progress in Biological Control*, 11, 177-206.
- 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(6-7), 539–553. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.03.009>
- Dent, D. (2000).** *Integrated pest management*. Blackwell Science.
- Dhaliwal, G. S., et Arora, R. (2001).** *Integrated pest management: concepts and approaches*. Kalyani Publishers.
- El-Sayed, A. A., Abdel-Latif, A. L., et Mahmoud, M. E. (2021).** Insecticide resistance in aphids: an overview of global status and management strategies. *Crop Protection*, 141, 105398.
- Gallinger J, Rid-Moneta M, Becker C, Reineke A, Gross J. (2023).** Altered volatile emission of pear trees under elevated atmospheric CO2 levels has no relevance to pear psyllid host choice. *Environ Sci Pollut Res Int*. 30(15):43740-43751. doi: 10.1007/s11356-023-25260-w.
- Gilioli, G., Marzorati, M., et Bocci, G. (2020).** Climate change effects on pest species: The case of *Corythucha ciliata* in Northern Italy. *Agriculture, Ecosystems et Environment*, 301, 107028. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107028>

- Giorgi, F., Coppola, E., et Guettler, D. (2016).** Regional climate change in the twenty-first century. *Nature Climate Change*, 6(6), 574-579.
- Glare, T. R., Caradus, J. R., Gelernter, W. D., Jackson, T. A., Keyhani, N. O., Köhl, J., ... et Moran-Diez, M. E. (2012).** Biopesticides for sustainable agriculture. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 7(035), 1-16.
- Guédon Y. et Legave J. M., (2008) .** Analyzing the time-course variation of apple and pear tree dates of flowering stages in the global warming context, *Ecological Modelling*, Volume 219, Issues 1–2. 189-199. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.08.010>.
- Halder J, Rai AB, Kodandaram MH., (2014):** Parasitization preference of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae) among different aphids in vegetable ecosystem. *Indian J Agric Sci.* ;84(11):1431-33.
- Harrington, R., Woiod, I. P., et Sparks, T. H. (2010).** Climate change and trophic interactions. *Trends in Ecology et Evolution*, 25(2), 146-153.
- Hooks, C. R. R., et Johnson, M. W. (2003).** Influence of planting date on yield and insect pests of sweet corn in Hawaii. *Journal of Economic Entomology*, 96(6), 1759-1767.
- IPCC. (2021).** Climate Change 2021: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., ... et Zhou, B., Eds.). Cambridge University Press.
- Jackson, M. M., Gergel, S. E., et Martin, K. (2015).** Effects of climate change on habitat availability and configuration for an endemic coastal alpine bird. *PLoS ONE*, 10(11), e0142110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142110>
- Kaloshian, I., et Williamson, V. M. (2016).** Molecular mechanisms of plant resistance to aphids. *Annual Review of Entomology*, 61, 491-509.
- Khan A.A., Kundoo A.A., Nissar M. et Mushtaq M., (2020):** Sucking pests of temperate fruits. In book: *Sucking Pests of Crops*. Khan AA, ed. Singapore: Springer; pp: 369-409. DOI: 10.1007/978-981-15-6149-8\_12
- Khan IA, Naeem M, Hassan SA, Bilal H, Mohsin AU, (2012).** Trophic relationships between aphids and their primary parasitoids. *J Insect Sci.*;12 (1).
- Khan, I., Waqas, M., Khan, A. L., Hussain, J., Kang, S. M., et Yun, B. W. (2020).** Aphidophagous insects and their potential in biological control: A review. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 23 (3), 687-698.
- Khanal D, Upadhyaya N, Poudel K, Adhikari S, Maharjan S, Pandey P, (2023):** Efficacy of entomo pathogenic fungus and botanical pesticides against mustard aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.) at field condition Rupandehi Nepal. *J King Saud Univ Sci.* 35(8):102849
- Landge A.D., Dwivedi S.A. and Landge S.A., (2024) :** A review on application of integrated pest management tactics for aphid complex on crop ecosystem. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*; 8(7): 458-468. <https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i7f.1505>
- Li, Y. (2023).** Impact of climate change on aphid communities: physiological and molecular responses to temperature. [Doctoral dissertation, Université de Rennes].

- Li, Y.-J., Liu, Y., Zhang, W., et Wang, X. (2023a).** Interspecific differences in thermal tolerance landscape explain aphid community abundance under climate change. *Journal of Thermal Biology*, 114, 103583. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103583>
- Li, Y.-J., Liu, Y., Zhang, W., et Wang, X. (2023b).** Heat-avoidance behavior associates with thermal sensitivity rather than heat tolerance in aphids. *Journal of Thermal Biology*, 114, 103582. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103582>
- Martel, S., Doury, G., et Desneux, N. (2022).** Plant water stress and insect herbivores: impacts and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 42 (1), 1-18.
- Meddi, M., Assani, A. A., et Zerouali, F. (2018).** Climate change impacts on water resources and agriculture in Algeria: A review. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(14), 387.
- Mehrpour, M., et Hatami, B. (2022).** Combined elevation of temperature and CO<sub>2</sub> impacts the production and sugar content of honeydew in the aphid–ant mutualism. *Journal of Chemical Ecology*, 48, 555–566. <https://doi.org/10.1007/s10886-022-01376-4>
- Messing, R. H., et Brodeur, J. (2018).** Biological Control of Aphids: From Classical to Augmentative Strategies. In *Aphids as Crop Pests* (pp. 343-378). Springer, Cham.
- Moretti, M., Knop, E., et Obrist, M. K. (2020).** Integrated Pest Management in European Agriculture: Current Status and Future Prospects. *Sustainability*, 12(10), 4105.
- Nauen, R., Kennedy, J. S., Elbert, A., et Bloomquist, J. R. (2015).** Neonicotinoids – a critical assessment of global use and risk potentials. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(1), 1-8.
- Porter, J. R., Xie, L., Challinor, A. J., Cochrane, K., Howden, S. M., Iqbal, M. M., ... & Travasso, M. I. (2014).** Food security and food production systems. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, ... & L. L. White (Eds.), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 485–533). Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2>
- Singh RP, Patra A, Prasad D, Kumar G, Singh BK., (2023):** Entomopathogenic Bacteria: A Potential Biological Weapon against Insect-Pests Management. *Just agriculture*. ;3(10).
- Smith, C. M., Clement, S. L., et Pike, K. S. (2016).** Plant resistance to arthropods: molecular mechanisms and breeding strategies. *CABReviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 11(012), 1-13.
- Sun, J., Tan, X., Li, Q., Francis, F., et Chen, J. (2022).** Effects of different temperatures on the development and reproduction of *Sitobion miscanthi* from six different regions in China. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 794495. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.794495>
- Sun, X., Sun, Y., Ma, L., . (2022).** Multidecadal, continent-level analysis indicates agricultural practices impact wheat aphid loads more than climate change. *Communications Biology*, 5, 761. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03722-5>
- Thakur S, Verma SC, Sharma PL, Chandel RS, Sharma P, Sharma S, , (2023).** Biology and life table of *Diaeretiella rapae* against *Brevicoryne brassicae* on different cultivars of cauliflower. *Phytoparasitica* ;51(2):189-198.

**Toews, M. D., et Fuhlendorf, S. D. (2017).** Precision pest management: applications of remote sensing and geographic information systems. *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1), 1-9.

**Tramblay, Y., Belamari, S., Bouaicha, F. Z., et Brotons, L. (2021).** Climate change trends in Algeria: towards increased aridity and heat stress. *Regional Environmental Change*, 21(3), 1-14.

**Valdastri, G., Ferrarini, A., Gaiardo, C., Rovati, L., et Gilioli, G. (2021).** Digital tools for pest and disease management in agriculture: A state-of-the-art review. *Sensors*, 21(14), 4869.

**World Meteorological Organization (WMO), (2023).** State of the Global Climate 2023.

**World Meteorological Organization (WMO), (2024).** State of the Global Climate 2024.

**Wu, Y., Li, J., Liu, H., Qiao, G., et Huang, X. (2020).** Investigating the impact of climate warming on phenology of aphid pests in China using long-term historical data. *Insects*, 11(10), 684. <https://doi.org/10.3390/insects11100684>

## Annexe A

**Tableau 2 :** Liste des Biopesticides efficaces contre les pucerons de la moutarde

N	Pathogene	Biopesticide	Decouvert part	% d'efficacite	References
1	Champignon	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Metschnikoff, 1879	83.23	Khanal et al., 2023
2	Champignon	<i>Beauveria bassiana</i>	Vuill, 1912	78.33	
3	Bacterie	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Berliner, 1915	73.00	
4	Champignon	<i>Lecanicillium lecanii</i>	Zimmermann, 1898	98-83	Singh et al., 2023
5	Champignon	<i>Paecilomyces lilacinus</i> <i>Charles</i>	Thom, 1910	100-73	

# Bibliographic synthesis on the impact of climate change on aphid fauna associated with fruit trees and their management

## Abstract

Climate change poses an increasing threat to fruit tree cultivation, primarily by promoting the proliferation of aphids. This document details how global warming, changes in precipitation patterns, and the rise in extreme weather events directly influence the biology, reproduction, and distribution of these pests. Aphids, already harmful due to their direct damage and virus transmission, experience accelerated life cycles and expanded distribution areas. Moreover, these climatic disturbances disrupt ecosystems by affecting the natural enemies of aphids, making biological control less effective. It is therefore imperative to adapt and innovate integrated pest management strategies to ensure the sustainable protection of orchards in the face of these climatic challenges.

**Keywords:** Fruit trees, climate change, integrated pest management, ecological interactions, aphids (*Aphididae*).

---

مراجعة ببليوغرافية لدراسة تأثير تغير المناخ على حشرات المن في أشجار الفاكهة واستراتيجيات التحكم بها

## ملخص

يشكل تغير المناخ تهديدًا متزايدًا لزراعة الأشجار المثمرة ويرجع ذلك بالأساس إلى تشجيعه لانتشار توضح هذه الوثيقة كيف يؤثر الاحتباس الحراري، والتغيرات في أنماط هطول الأمطار، وزيادة الأحداث المناخية القصوى بشكل مباشر على بيولوجيا هذه الآفات، وتكاثرها، وتوزيعها. تعاني حشرات المن، التي تسبب أضرارًا مباشرة وتنقل الفيروسات، من تسريع دورات حياتها واتساع مناطق انتشارها. علاوة على ذلك، تؤدي هذه الاضطرابات المناخية إلى تعطيل النظم البيئية من خلال التأثير على الأعداء الطبيعيين لحشرات المن، مما يقلل من فعالية المكافحة البيولوجية. لذلك، من الضروري تكيف وابتكار استراتيجيات متكاملة لإدارة الآفات لضمان الحماية المستدامة للنباتات في مواجهة هذه التحديات المناخية.

**الكلمات المفتاحية:** الأشجار المثمرة، تغير المناخ، المكافحة المتكاملة للآفات، التفاعلات البيئية حشرات المن (*Aphididae*)