

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLAB - Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département De Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière Sciences Biologiques

Option : Parasitologie

Thème

Etude de la transmission persistante des pucerons vecteurs
de la jaunisse nanisante de l'orge (*BYDV*s) Essai de lutte
par biopesticide à base de cannelle

Présenté par :

* Melle. ECHIKR Imane.

* Melle. SAHRAOUI Meriem.

Date de soutenance :

12 Juillet 2021.

Devant le jury :

Présidente : Mme. BOULKOUR S. (MCB/ USDB 1).

Examinatrice : Mme. KARA F. (Pr/ USDB 1).

Promotrice : Mme. ZERKAOUI A. (MAA/USDB 1).

Promotion : 2020/2021.

Résumé

Ce travail est une contribution à l'étude la transmission persistante des pucerons vecteurs de la jaunisse nanisante de l'orge sur une culture herbacée (orge et blé) par la connaissance morphologique et l'identifications des aphides potentiellement vecteurs du barley Dwarf virus (*BYDVs*) dans la région de Mitidja, d'autre part, un essai de lutte biologique à base d'une solution de cannelle a été effectué sur les espèces aphidiennes collectées dans cette région.

L'identification des pucerons est réalisée par un échantillonnage sur des parcelles qui ont montré des symptômes typiques à cette maladie dans trois stations d'étude à savoir : Mouzaia, Chiffa et Oued El Alleug la transmission virale est évaluée par un test biologique par deux méthodes : transmission directe par vecteur et inoculation mécanique.

Cette étude a montré la présence de deux espèces vectrices de virus de *BYD* dans cette région : *Rhopalosiphum padi* (AR=78%) et *Myzus persicae* (AR=22%), le test de la transmission biologique a appuyé ces résultats après la manifestation de la maladie sur les plantes tests et enfin le biopesticide à base de cannelle a prouvé son efficacité vis-à-vis le vecteur, ça nous a permis d'évaluer la DL50 dont : DL50 24h= 0.25g/ml, DL50 48h= 0.63 g/ml et DL50 72h= 1.4 g/ml.

Mots clés : pucerons, *BYDV*, céréales, lutte biologique, solution de cannelle.

Abstract:

This work is a contribution in the study on the persistent transmission of aphids vectors of *barley yellow dwarf virus* on a herbaceous crop (Barley and Wheat) by morphological knowledge and identification of aphids potentially vectors of *BYDV* in the region of Mitidja, on the other hand a biological control test using cinnamon solution was carried out on aphid species collected in this region.

The identification of aphids is carried out by sampling on plots that have revealed typical symptoms to this disease in three study stations namely: Mouzaia, Chiffa and Oued El Alleug viral transmission is evaluated by a biological test using two methods: direct vector transmission and mechanical inoculation.

This study revealed the presence of two species vectors of *BYD* virus in this region: *Rhopalosiphum padi* (AR=78%) et *Myzus persicae* (AR=22%), the test of biological transmission supported these results after the manifestation of the disease on the test plants and finally the biopesticide based on cinnamon proved its effectiveness opposite the vector, this allowed us to evaluate the LD50 of which: LD50 24h= 0.25g/ml, LD 50 48h= 0.63 g/ml et LD50 72h= 1.4 g/ml.

Key words: aphids, *BYDV*, cereal, biocontrol test, cinnamon solution.

الملخص:

هذا العمل هو مشاركة في دراسة الانتقال المستمر لحشرات المن نواقل لفيروس التقزم الاصفراري للشعير *BYDV* على مستوى محصول عشبي (القمح والشعير) عن طريق المعرفة الشكلية وتعيين النواقل من حشرات المن المحتملة لمرض في منطقة متبجة من جهة أخرى تمت تجربة مكافحة حيوية عن طريق محلول القرفة على حشرات المن المجموعة في هذه المنطقة.

تم تعيين حشرات المن عن طريق جمع العينات من المحاصيل التي أظهرت الاعراض النموذجية لهذا المرض في محطات الدراسة الثلاث كالاتي: موزاية وشفة وواد العلايق. تم تقييم انتقال العدوى الفيروسية بواسطة اختبار حيوي بطريقتين: الانتقال المباشر بالحشرة الناقلة او الحقن الميكانيكي.

أظهرت هذه الدراسة تواجه نوعين من الحشرات الناقلة لفيروسات التقزم الاصفراري للشعير في هذه

المنطقة: *Rhopalosiphum padi* (AR=78%) et *Myzus persicea* (AR=22%)

فحص الانتقال الحيوي هذه النتائج بعد ظهور المرض على النباتات المجرى عليها وأخيرا أكد المبيد

الحيوي المصنوع من القرفة فعاليته على الناقل, هذا سمح لنا بتقييم DL50 منها: 24 DL50 سا= 0.25 غ/مل, 48 DL50 سا= 0.63 غ/مل و DL50 72 سا= 1.4 غ/مل.

الكلمات المفتاحية: حشرات المن. الحبوب. مكافحة حيوية. محلول القرفة.



Remerciement

Nous tenons à remercier sincèrement notre promotrice Mme. ZERKAOUI A. qui était pour nous l'amie, la sœur et le professeur, pour sa qualité remarquable d'encadrement, pour sa grande disponibilité, sa grande contribution, et pour le temps qu'il a consacré à la correction de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent Mme. BOULKOUR S. d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Nos remerciements s'adressent aussi Mme. KARA F. d'avoir accepté d'examiner le document et faire partie du jury de soutenance.

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants de la faculté des sciences la nature et de la vie Blida 1 en générale.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétence la réalisation de ce mémoire.



Dédicace

Merci dieu le tout miséricordieux, ton amour et tes grâces à mon égard m'ont donnée la persévérance et le courage pour accomplir ce travail.



Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ce qui me sont chers,

A ma chère mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles Ma Maman qui m'a tout donné, je t'aimerais toujours. Merci pour toutes vos prières et tous vos messages de soutien.

Puisse Dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

A mon cher père

L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon amour.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments envers un être très cher.

Vous avez toujours été mon école de patience, de confiance es surtout d'amour.

J'implore dieu, tout puissant vous combler de santé, de bonheur et vous procurer une longue vie.

A la mémoire de mon frère « Tahar »

Puisse dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

Je souhaite dédier ce mémoire également à tous les membres de ma famille, mes **chers frères et sœurs** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien morale.



ECHIKR Imane.

Dédicace

Je dédier ce travail à ma lune et mon soleil : Mes parents.

SHRAOUI Meriem



Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....	01
Synthèse bibliographique	03
I.Présentation de l'hôte :.....	04
I.1. Généralité :.....	04
I.2. Intéret des céréales :.....	04
I.2.1. Dans le monde :.....	04
I.2.2. En Algérie :	04
I.3. L'orge :.....	05
I.3.1. Systématique :	06
I.3.2. L'origine :.....	06
I.3.3. Description :	06
I.4. Le blé :	07
I.4.1. Systématique :	07
I.4.2. L'origine :.....	07
I.4.3. Description :	08
I.5. Les maladies des céréales :	09
I.5.1. Les maladies cryptogamiques :	09
I.5.2. Les maladies bactériennes :	11
I.5.3. Insectes ravageurs et acariens :	12
I.5.4. Nématodes :.....	13
I.5.5. Les maladies virales :	13
I.5.5.1. Présentation de l'agent pathogène (<i>BYDVs</i>) :.....	14
I.5.5.2. Les symptômes :.....	19
I.6. L'étude de vecteur :	20
I.6.1. Systématique :	21
I.6.2. Morphologie :.....	21
I.6.2.1. Le corps:	22
I.6.2.2. La tête :	23
I.6.2.3. Le thorax :.....	24

I.6.2.3. L'abdomen :	24
I.6.3. Cycle de développement :	25
I.6.4. Le polymorphisme :	28
I.6.5. Facteurs de développement :	29
I.6.6. Les interactions plante-puceron :	31
I.6.7. Les dégâts causés par les aphides :	31
I.6.7.1. Directs :	31
I.6.7.2. Indirects :	32
I.6.8. La transmission du virus :	32
I.6.9. La lutte contre les pucerons :	33
I.6.9.1.1. La lutte biologique :	34
I.7. Interactions vecteur-plante hôte :	36
Chapitre II : Matériel et méthodes	37
II.1. L'objectif de l'étude :	38
II.2. Présentation de la région d'étude « Mitidja » :	38
II.3. Technique et matériel de l'échantillonnage :	39
II.4. Etude des échantillons au laboratoire :	40
II.5. Identification des aphides :	40
II.6. Traitement des données :	40
II.6.1. Taux d'identification (TI) :	40
II.6.2. Abondance relative (AR) :	40
II.7. Etude biologique de la transmission du virus :	40
II.7.1. Transmission directe (vectorielle) :	41
II.7.2. Transmission mécanique (par inoculation) :	41
II.8. Essai de lutte par biopesticide à base de cannelle :	41
II.8.1. Préparation de biopesticide à base de cannelle :	41
II.8.2. Application sur les échantillons :	42
II.8.3. Détermination de la DL50 :	42
Chapitre III : Résultats	44
III.1. Résultats de l'identification :	45
III.1.1. Taux d'identification :	45
III.1.2. Biodiversité de vecteur :	46
III.1.3. Dénombrement des espèces et abondance relative AR (%) :	46
III.2. Résultats de l'étude de la transmission :	47

III.3. Résultats de l'essai de lutte biologique :	47
Chapitre IV : Discussion générale	51
Conclusion	55
Références bibliographiques	

Liste des abréviations

BYDVs : *Barley yellow dwarf virus*.

CYDV : virus de la naine jaune des céréales.

FAO: Food Agriculture Organisation

ORF: Open Reading Frame.

Liste des figures

Titre	Page
Figure 01 : Carte géographique sur le croisant-fertile (zone en vert) : air de domestication de l'orge vulgare (<i>Hordum vulgare</i> spp) (feuillet <i>et al.</i> , 2008).	06
Figure 02 : Des épis d'orge à deux rangs et à six rangs (GNIS, SD).	07
Figure 03 : Les épis de blé tendre et de blé dur (François-Xavier, 2014).	08
Figure 04 : Les caractéristiques des grains de blé tendre et dur (Bendaas, 2019).	09
Figure 05 : Particule virale de <i>BYDV-PAV</i> (Meulewaeter <i>et al.</i> , 2004).	15
Figure 06 : Diagramme schématique de l'acquisition et de la circulation du <i>BYDVS</i> dans leur vecteur (Gildow, 1987).	17
Figure 07 : Décoloration des feuilles sur une culture de l'orge (Jean M., 2012).	20
Figure 08 : Décoloration des feuilles sur une culture du blé dur (Nigel c., 2006).	20
Figure 09 : Morphologie d'un puceron ailé (Leclant, 1999).	22
Figure 10 : Tête de puceron (Leclant, 1999).	23
Figure 11 : Le rostre d'un puceron (Leclant, 2000).	23
Figure 12 : Les différents types d'antennes de puceron avec les rhinaries primaires Rh1 et secondaires Rh2 (Hullé <i>et al.</i> , 1999).	24
Figure 13 : Les différents types de cornicules (Turpeau <i>et al.</i> , 2010).	25
Figure 14 : Les différents types de cauda chez les pucerons (Leclant, 2000).	25
Figure 15 : A : Œufs du puceron, B : La naissance de jeunes larves (www.omafra.gov.on.ca).	26
Figure 16 : Les cycles annuels de vie des pucerons avec alternance ou non de plante hôte (Dixon, 1998).	28
Figure 17 : Situation géographique de la Mitidja (Namane, 2009).	38
Figure 18 : Préparation des quatre doses de biopesticide (original).	41
Figure 19 : L'application de pesticide directement sur les aphides (original).	42
Figure 20 : Taux d'infestation par les pucerons.	45
Figure 21 : Répartition des espèces de puceron recensées dans la région d'étude (Mitidja).	47
Figure 22 : La mortalité corrigée des pucerons en fonction des doses de solution de biopesticide de cannelle.	49

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau I : Classification de <i>BYDVs</i> (Allen <i>et al.</i> , 2002).	14
Tableau II : Présentation de la région d'étude.	39
Tableau III : Effectif totale des feuilles échantillonnées et le taux d'infestation par les pucerons	45
Tableau IV : Présence et distribution des aphides dan la région d'étude (Mitidja).	46
Tableau V : Dénombrement et at abondance relative de population collectées	47
Tableau VI : Dénombrement des aphides morts témoins et traités par chaque dose	48
Tableau VII : Mortalité observée M_o (%) des populations	48
Tableau VIII : Mortalité corrigée M_c (%) des populations	49
Tableau IX : La mortalité corrigée en probits	49

Introduction

Introduction

La culture des céréales est considérée comme l'une des premières grandes découvertes ayant exercé une influence majeure sur l'avenir des sociétés humaines. Encore aujourd'hui, les céréales constituent la base de notre alimentation, en raison de la facilité des modes de production, de récolte, de stockage et de transport, de la diversité des aires géographique de production, de leur richesse en constituants d'intérêt nutritionnel et de la diversité des modes de préparation et de consommation (**Abecassis J. et Bergez J-E., 2009**).

Dans plusieurs régions d'Algérie, les céréales représentent les ressources principales du Fallah, elles constituent la base de la nourriture des Algériens (**Lerin François, 1986**). Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien (**Feillet, 2000**).

La filière céréalière constitue une des principales filières stratégiques de la production agricole en Algérie (**Djermoun, 2009**). Malgré cette importance, elle se trouve constamment menacées par plusieurs contraintes qui affectent les rendements de façon qualitative et quantitative.

Avec une production nationale qui ne satisfait que le tiers des besoins, l'Algérie apparaît très dépendante de l'extérieure. Cette dernière est aggravée par les pertes dues aux accidents climatiques, aux itinéraires techniques appliqués par les agricultures, à la concurrence des herbes ainsi qu'aux maladies (**Lahmar et Zerbita, 2015**).

La production des céréales en Algérie est marquée aussi par une forte irrégularité, elle-même conditionnée par les aléas climatiques (**Rastoin et Benabderrazik, 2014**). Les céréales sont sujettes à de nombreuses contraintes biotiques, notamment les maladies virales qui occasionnent des pertes substantielles.

Les maladies virales provoquées par de nombreux virus dangereux et non éradicables tels que le virus de la jaunisse nanisante de l'orge [*Barley yellow dwarf virus (BYDV)*] (**Henry, M. et McNab, A., 2002**).

La *BYD* est causée par un complexe de virus appartenant à un genre de la famille des Luteoviridae. Il s'agit du genre Luteovirus, spécifique des Poaceae. Ces virus sont : le *BYDV-PAV* ; membre type du genre Luteovirus ; et le *BYDV-MAV* (**Robertson, 2003**).

Tous les travaux effectués sur la distribution de *BYD* ont montré que sa présence est mondiale. Les virus responsables de cette maladie, ont été signalés dans les 5 continents. Ils semblent être ubiquistes et présents dans toutes les zones céréalières. (D'Arcy, *et al.*, 2000). Ces virus se transmet uniquement par les pucerons (Belkahla et Doumandji, 2000).

La reconnaissance de ces maladies ainsi que leurs moyens de lutte restent des outils importants pour une meilleur maîtrise de ces contraintes et une amélioration de la productivité par la suite (Aouali et Douici-Khalfi, 2013).

La lutte contre les infestations des pucerons s'articule essentiellement autour des méthodes chimiques, en plus de leur coût élevé, ces méthodes sont eux-mêmes néfaste à la faune et à la flore. L'utilisation abusive des pesticides chimiques peut engendrer une perte de leur efficacité, pouvant aussi polluer les eaux de surface et souterraines entraînant une intoxication des organismes aquatiques et au risque de contamination de l'eau du robinet (Horrigan *et al.*, 2002), ces molécules chimiques sont également impliquées chez l'homme dans certaines maladies due à la consommation des résidus de pesticides avec les aliments et l'eau ou à la respiration de l'air pollué (Horrigan *et al.*, 2002). Par ailleurs, une utilisation excessive de pesticides peut induire une résistance de la part des espèces nuisibles aux molécules actives, rendant le produit inefficace en ayant un impact sur l'environnement (Harmel *et al.*, 2008). Par conséquent, les scientifiques ont commencé à rechercher d'autres moyens alternatifs pour lutter contre ces insectes, tels que la lutte biologique qui se base sur l'utilisation d'insectes aphidiphages, comme les prédateurs, les parasitoïdes et les pathogènes, ou l'utilisation des produits biologiques à base d'extrait végétaux qui ont des propriétés insecticides.

C'est dans ce cadre s'inscrit notre travail, dans une première partie nous nous somme intéressé à faire un inventaire d'aphides potentiellement vecteurs de la jaunisse nanisante (*BYDV*) dans la région de la Mitidja précisément dans Mouzaia, Chiffa et Oued El Alleug plus d'une étude de la transmission persistante et son efficacité par vecteurs. Dans une seconde partie, un essai de lutte biologique contres ces ravageurs a été effectué par l'utilisation d'un biopesticide à base de cannelle.

Chapitre I :
Synthèse Bibliographique

I. Présentation de l'hôte :

I.1. Généralité :

A. Définition :

Les céréales 1 sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylicé, réduit en farine, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques (**Moule, 1971**).

La plupart des céréales appartiennent à la famille des Graminées (ou Poacées). Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des *Festucoïdées* : blé, orge, avoine, seigle ; les autres à la sous-famille des *Panicoïdées* : maïs, riz, sorgho, millet (**Moule, 1971**).

Enfin, une céréale, le sarrasin appartient à une autre famille, celle des Polygonacées (**Moule, 1971**).

I.2. Intérêt des céréales :

I.2.1. Dans le monde :

En relation avec le marché mondial, les produits céréaliers représentent plus de 40% de la valeur des importations des produits alimentaires. Les produits céréales occupent le premier rang (39,22%), devant les produits laitiers (20,6%), le sucre et sucreries (10%) et les huiles et corps gras (10%) (**Chehat,2007**).

La production mondiale actuelle de l'orge environ 141,2 millions de TM en 2001), représente environ 23 % de la production globale annuelle du blé. Seulement 20 % de cette production est destinée à l'alimentation humaine directe tandis que 35 % sert à l'élaboration de la bière, d'alcools et de sirops et 45 % de cette production est utilisée à la ferme pour l'alimentation des animaux de ferme et comme source de semences pour les plantations de l'année (**FAOSTAT, 2001**).

I.2.2. En Algérie :

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins (**Djermoun, 2009**).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie national. Cette caractéristique est perçue d'une claire vision à travers toutes les phases de la filière (**Djermoun, 2009**).

En Algérie, la consommation des produits céréaliers se situent à niveau d'environ 205 kg/hab/an (**Chehat, 2007**).

Les céréales et leurs dérivées constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire. C'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les disponibilités des blés représentent un apport équivalent à 1505,5 Kcal/personne/jour, 45,553gr de protéine /personne/J et 5,43gr de lipide/personne/J (**Chehat, 2007**).

De 1995 à 2005, le marché Algérien a absorbé, en moyenne annuelle, 4244903 tonnes de blé dont 70,44% de blé dur, soit 2990265 tonnes représentant une valeur de 858 millions de dollars, dont 60,36% de blé dur, soit 578 millions (**Chehat, 2007**).

I.3 L'orge :

I.3.1. Systématique :

La classification de l'orge est basée sur la fertilité des épillets, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes (**Grillot, 1959**).

Selon (**Liné, 1959**) :

- **Règne :** Plantae
- **Phylum :** Spermaphytes
- **Classe :** Angiospermes
- **Ordre :** Gramineales
- **Famille :** Poacées
- **Sous-famille :** Festucoidées
- **Genre :** *Hordum*
- **Espèce :** *Hordum vulgare*

I.3.2. L'origine :

L'orge cultivée *Hordum vulgare* L de constitution génomique diploïde ($2n=14$) est une espèce dont les origines remontent à celles de l'agriculture elle-même (Taibi, 2014).

La forme actuelle de l'orge est issue des formes sauvages de l'espèce *Hordum spontaneum* que l'on trouve aujourd'hui au moyen orient (Jestin,1992).

L'orge à 2 rangs datant de néolithique 10000 ans avant JC a été découverte dans le croissant fertile, au moyen orient, elle est considérée comme étant les restes les plus anciennes de l'orge cultivée (Taibi, 2014) (Fig. 01).



Figure 01 : Carte géographique sur le Croissant-Fertile (zone en vert) : aire de domestication de l'orge vulgare (*Hordum vulgare* spp), (Feuillet *et al.*, 2008)

I.3.3. Description :

L'orge (*Hordum vulgare* L) est une plante annuelle, au stade herbacé, elle se distingue principalement d'autres céréales par un feuillage vert clair, la présence d'une ligule très développée, des oreillettes glabres et un fort tallage herbacé. L'inflorescence est un épi, le plus souvent barbu. Le rachis porte sur chaque article trois épillets monoflores un médian et deux latéraux. Le grain est vêtu par des glumelles qui ne s'en séparent pas lors du battage (Bouchetat, 2020).

On distingue deux sous-espèces selon que l'épi porte deux ou six rangées des grains selon Mazoyer *et al.*, (2002) (Fig.02).

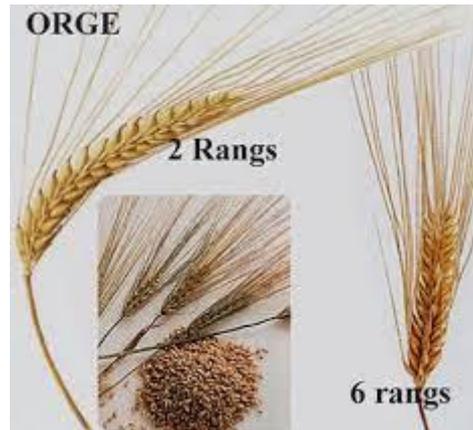


Figure 02 : Des épis d'orge à deux rangs et à six rangs (GNIS, SD a).

Orge à deux rangs des grains : dont les épillets médians seuls sont fertiles.

Orge à six rangs de grains : dont les épillets médians et latéraux sont fertiles et subdivisent selon le degré de compacité de l'épi en deux groupes : *Hordum hexastichum* L et *Hordum tetrastichum* L.

I.4. Le blé :

I.4.1. Systématique : (Oudjani, 2008)

- **Règne :** Plantae
- **Phylum :** Spermaphytes
- **Classe :** Angiospermes
- **Ordre :** Glumiflorales
- **Famille :** Gramineae
- **Tribu :** Triticeae
- **Genre :** *Triticum*
- **Espèce :** *Triticum durum* (Blé dur)

Triticum aestivum (Blé tendre)

I.4.2. L'origine :

Le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au proche orient il y a environ 10,000 à 15,000 ans avant JC (**Hervé, 1979**).

Des restes de blés diploïde et tétraploïde ont été découverts sur des sites archéologiques au proche orient (**Harlan, 1975**).

I.4.3. Description :

Le blé dur *Triticum turgidum* s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (**Bozzini, 1998**).

Comme pour le blé tendre, il existe des variétés de blé dur demi naines. Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent. Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (**Clarke et al.,2002**).

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) c'est une graminée annuelle ou annuelle hivernale, de hauteur moyenne. Les feuilles ont un limbe plan, et l'inflorescence est un épi terminal, à fleurs parfaites. L'état végétatif de la plante se caractérise par la présence d'un plateau de tallage, dont les bourgeons axillaires se transforment en tiges feuillées. Les tiges, appelées chaumes, possèdent cinq à sept nœuds ainsi que trois ou quatre feuilles véritables. La feuille la plus haute, ou dernière feuille, sous-tend l'inflorescence (**Lersten, 1987**) (**Fig.03 et 04**).

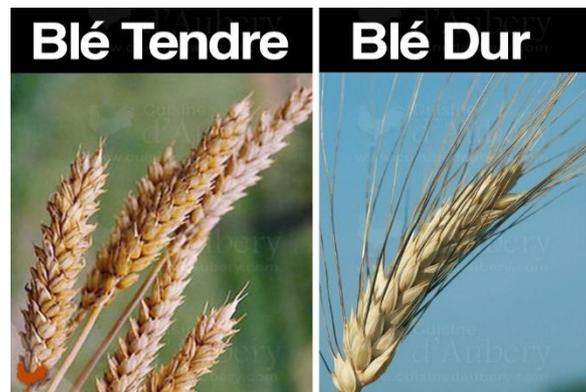


Figure 03 : Les épis de blé tendre et blé dur (**François-Xavier, 2014**).

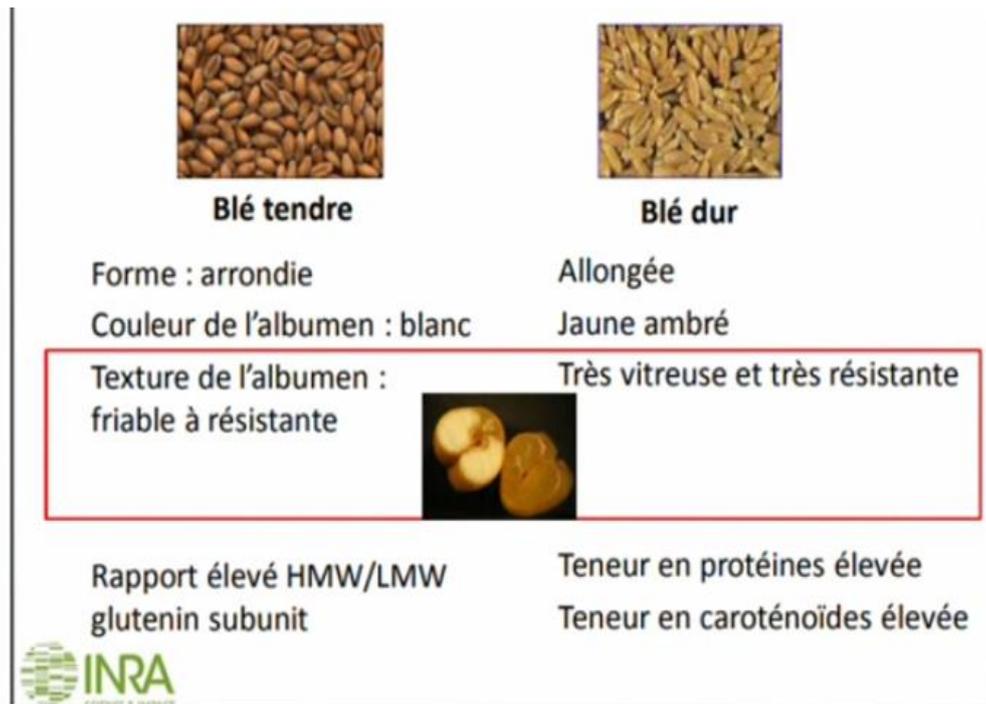


Figure 04 : les caractéristiques des grains de blé tendre et dur (Bendaas, 2019).

I.5. Les maladies des céréales :

Les céréales peuvent être attaquées par de multiples maladies durant leur cycle de développement, et subir des pertes de rendement importantes, surtout lorsque la variété utilisée est sensible et que les conditions de l'environnement sont favorables au développement des agents pathogènes (Aouali et Douici-Khalfi, 2013).

I.5.1. Les maladies cryptogamiques :

A- Fusariose de l'épi : *Fusarium spp.*

La fusariose est une maladie fongique qu'on trouve sur toute une gamme d'hôtes dont le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, le seigle et les herbages graminées (Richard, 2004 ; Wegulo *et al.*, 2008 ; Mathieu *et al.*, 2012).

B- La septoriose :

La tache Septorienne est l'une des principales maladies cryptogamiques du blé à travers le monde (Shipton *et al.*, 1971 ; Eyal *et al.*, 1987). La maladie est causée par l'attaque d'un champignon qui peut être présent sous deux formes au champ : la forme sexuée « *Mycosphaerella graminicola* » et la forme asexuée « *Zymoseptoria tritici* » (Brunner *et al.*, 2013).

c. Les rouilles :

- **La rouille brune :**

- **Nom scientifique :** *Puccinia recondita* f. *Sp. tritici*.

- **Symptômes :**

Petites pustules circulaires ou ovales de couleur orange ou brunes ces pustules sont (poudreuses) remplies de spores (urédospores), apparaissent sur la face supérieure et parfois sur la face inférieure des feuilles. En fin de saison ces pustules prennent une couleur noire (téleutospores) (Aouali et Douici-Khalfi, 2013)

- **L'hôte alternatif :** *Anchusa azurea* anciennement appelé *Anchusa italica* ou Buglosse d'Italie ou fausse bourrache (plante vivace) (Aouali et Douici-Khalfi, 2009).

- **La rouille jaune :**

La Rouille jaune est causée par l'agent pathogène *Puccinia striiformis* f.sp. *Tritici*. Sur blé (Amrani, 2013). Elle peut provoquer des dégâts très importants à la culture. Son développement est lié à des conditions climatiques particulières (printemps frais, couvert, humide et venteux) (Moreau, 2011).

- **La rouille naine de l'orge :**

C'est une maladie fongique qui affecte les cultures d'orge. Provoquée par une espèce de champignons basidiomycètes phytopathogène, *Puccinia hordei*, c'est la plus importante des maladies du type « rouille » affectant l'orge (Prescott et al., 1987).

d. Helminthosporiose du blé :

La rouille naine de l'orge est causée par *Cochliobolus sativus* (*Helminthosporium sativum*), Syn. *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera sorokiniana*.

Le blé, le triticale, l'orge et la plupart des graminées sont susceptibles d'être attaqués par ce pathogène. La maladie est répandue dans le monde entier, mais elle est particulièrement fréquente dans les régions humides ou dans celles où les pluies sont abondantes (Prescott et al., 1987).

E. Oïdium :

C'est une maladie fongique causée par *Erysiphe graminis f.sp. Tritici*. La spécificité du champignon quant aux plantes auxquelles il s'attaque est élevée. Les isolats qui affectent le blé lui sont spécifiques et il semble qu'il en est de même des isolats qui s'attaquent exclusivement et respectivement à l'orge, à l'avoine et au seigle. Cette spécificité existe aussi sous forme de races. Dans le monde entier, les cultures de céréales dans les régions fraîches, humides et semi-arides peuvent être atteintes de cette maladie (**Prescott et al., 1987**).

I.5.2. Les maladies bactériennes :

Il existe plusieurs maladies bactériennes touchant les céréales à savoir :

A- Glume noire et strie bactérienne :

Glume noire causée par *Xanthomonas campestris pv. Translucens* et strie bactérienne causés par *Xanthomonas Translucens pv. Translucens*.

Ces maladies se présentent dans le monde entier et affectent toutes les céréales à paille, ainsi que de nombreuses graminées. La glume noire et la strie bactérienne n'occasionnent que rarement des dégâts importants quelle que soit l'étendue des symptômes observés (**Prescott et al., 1987**).

B- Brûlure bactérienne de l'épi : (pourriture jaune de l'épi).

Cette maladie bactérienne causée par *Corynebacterium tritici*. Le blé est la seule culture-hôte de cette bactérie, mais d'autres graminées peuvent en être également infectées. La maladie est souvent observée dans le sous-continent asiatique (**Prescott et al., 1987**).

C- Bactériose des glumes et brûlure bactériennes de la feuille :

Ces maladies causées par *Pseudomonas syringae pv. Atrofaciens*.

L'agent pathogène de ces maladies survit dans les débris végétaux et dans diverses graminées qui en sont les hôtes. Il est disséminé par les éclaboussures d'eau de pluie ou transmis par les insectes. La maladie peut être également transmise par les graines de semence. La bactériose de la glume n'a pas de grande importance du point de vue

économique, mais c'est une maladie très répandue dans les régions humides productrices de céréales (**Prescott et al., 1987**).

I.5.3. Insectes ravageurs et acariens :

Nombreux sont les ravageurs qui attaquent le blé et le triticale, mais fort heureusement seules quelques espèces occasionnent des dégâts importants dans des régions très étendues. La plupart d'entre elles, en effet, ne font qu'occasionnellement des ravages ou sont très localisées. Les informations disponibles à l'égard des insectes et acariens en tant que ravageurs ne sont pas toujours suffisantes (**Prescott et al., 1987**).

A- Pucerons (diverses espèces) :

Les pucerons sont un véritable fléau pour les cultures de céréales qui, en cas de pullulations intenses, sont exposées à subir des pertes importantes. De plus, les espèces mentionnées ci-dessus peuvent être vecteurs du virus de la jaunisse nanisante de l'orge (**Prescott et al., 1987**).

B- Punaises (diverses espèces) :

Les pertes occasionnées par les punaises dépendent de la densité de l'invasion, des conditions climatiques et de la durée de la période de développement des cultures. Ces pertes sont évaluées surtout en fonction de la qualité des grains dont la farine est destinée à la panification (**Prescott et al., 1987**).

C- Thrips (diverses espèces) :

Les thrips occasionnent rarement de sérieux dégâts et le niveau de leurs populations ne justifie pas en général de mesures de lutte (**Prescott et al., 1987**).

D- La mouche de Hess :

Il s'agit en fait d'un des insectes parmi les plus nuisibles des céréales. Les pullulations de la mouche de Hess peuvent survenir dans plusieurs régions du monde et dans certaines d'entre elles (en Afrique du Nord et aux États-Unis, par exemple), elles se répètent chaque année (**Prescott et al., 1987**).

E- Criocère des feuilles des céréales :

Le criocère des feuilles des cereales peut causer un problème dans le cas de cereales semées en automne. Les blés à feuilles velues sont moins exposés à ses attaques que les autres (**Prescott et al., 1987**).

F- Acariens :

En fait, ces ravageurs ne posent pas de graves problèmes, mais l'acarien du blé est le vecteur du virus de la maladie dite mosaïque striée (**Prescott et al., 1987**).

I.5.4 Nématodes :

Du fait qu'ils tirent de la plante leur nourriture, les nématodes épuisent celle-ci et occasionnent lésions, pourritures, déformations, galles et l'apparition de nodules sur les racines. Les cultures infestées ont un aspect hétérogène, certains groupes de plantes étant nettement rabougrie (**Prescott et al., 1987**).

I.5.5. Les maladies virales :

A- Jaunisse nanisante de l'orge : (*Barley yellow dwarf virus*).

Maladie due aux virus de *BYDVs*. La jaunisse nanisante de l'orge affecte les céréales à pailles (**Misri, 1994**).

Ces virus causent des jaunisses sur les plantes cultivées (**Rochow et al., 1981 ; Matthews, 1981 ; Caudwell, 1990**).

Les plantes atteintes prennent une couleur jaune qui commence d'abord aux sommets puis gagne petit à petit la base des feuilles (**Kamel, 1985**), avec un nanisme après 7 à 20 jours d'inoculation du virus (**Cornuet, 1987 ; Matthews, 1989 ; Weckman et al., 1990 ; Burnnet, 1990**). Les nervures médianes des feuilles demeurent nettement vertes (**Kamel, 1985**). Les conditions optimales d'expression de la maladie exigent beaucoup de lumière et une température de 18°C (**Gaumon, 1989**).

I.5.5.1. Présentation de l'agent pathogène (BYDVs) :

• **Taxonomie :**

La jaunisse nanisante de l'orge est la virose des céréales la plus importante dans le monde car elle induit des pertes économiques aussi lourdes, elle est due à un virus appelé *BYDVs* (*barley yellow dwarf virus*) et qui a été signalée la première fois en Californie USA (**Oswald et Houston, 1951**).

BYDV appartient au genre *luteovirus*, famille *luteoviridae*. *BYDVs* comprend au moins deux sérotypes ou virus : *BYDV-PAV* et *BYDV-MAV*, l'ancien *BYDV-RPV* est maintenant le virus de la naine jaune des céréales (*CYDV*) (**Allen et al., 2002**).

Tableau I : Classification de *BYDVs* (Allen et al., 2002).

Ordre	Virinae
Famille	Luteoviridae
Genre	Luteovirus
Espèce	<i>BYDV</i>
Variété	<i>BYDV-PAV</i> <i>BYDV-MAV</i>

Selon la première classification basée sur le tropisme, le *BYDVs* est un phytovirus

La classification actuelle repose sur les critères physico-chimiques :

- La nature de génome : ARN simple brin a polarité positive non segmenté et linéaire

Ce génome porte 5 à 6 cadres ouverts de lecture (ORF), les ORF sont exprimés à partir des ARN génomique et subgénomique par des mécanismes particuliers de traduction (**Mohamed Bouziane, 2009**).

- Absence de l'enveloppe.

- Capside a symétrie icosaédrique.

Luteovirus : du latin, *luteus* veut dire jaunisse. Cette appellation est due au symptôme de jaunissement habituellement extériorisé sur les plantes infectées. Le genre *Luteovirus* proprement dit comprend les espèces *MAV* et *PAV*. Ce dernier est le virus type. C'est à ces 2 virus que le nom des virus de la jaunisse nanisante de l'orge

(*BYDV*s) est devenu réservé. Ce genre est spécifique aux Poaceae (**Mohamed Bouziane, 2009**).

Cependant, le *BYDV-PAV* est l'espèce de virus la plus répandue et la plus abondante dans le monde, probablement en raison de son efficacité de vecteur et de la large distribution de son vecteur principal *Rhopalosiphum padi* (**Aradottir et Crespo-herrera, 2021**).

C'est un virus dont le génome est constitué d'une seule molécule d'ARN simple brin de polarité positive.

La particule virale linéaire, d'une forme hexagonale isométrique est de 25 à 30 Um de diamètre et d'une longueur de 5300 à 5800 nucléotides.

Comme tous les Luteovirus, le *BYDV-PAV* ne possède pas d'enveloppe. Son génome contient 28% d'acides nucléiques, 72% de protéines et pas de lipides.

Pour chaque nucléotide, il y a 32 capsomères. La composition de base de l'acide nucléique génomique est de 24,6% de guanine (G), 29,6% d'adénine (A), 23,8% de cytosine (C) et 22% d'uracile (U) (**Mohamed Bouziane, 2009**) (**Fig.05**).

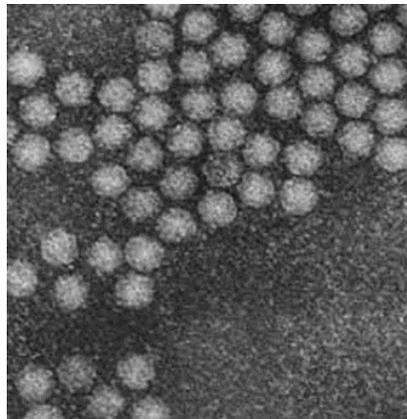


Figure 05 : particule virale de *BYDV-PAV* (**Meulewaeter et al., 2004**).

Les virus qui causent la *BYD* ont généralement un diamètre de 25 à 28 nm et un contour hexagonal. Ils sont composés de deux protéines (une protéine d'enveloppe principale et une protéine mineure de « lecture ») qui encapsulent le génome de l'acide ribonucléique simple brin (ARNs). Ce génome ARN sert d'ARN messager et possède cinq à six gènes ou cadres de lecture ouverts (ORF) (**D'Arcy et Domier, 2000**).

- **Cycle de réplication :**

La particule virale, ou virion, est déposée dans une cellule de phloème par un vecteur de puceron. Le cycle de réplication du virus commence lorsque le ARNs est libéré du virion. Cet ARNs est un ARN sens positif ou « + sens » qui sert d'ARN messenger.

Les premiers produits géniques (protéines) sont traduits à partir de l'ARNs.

Des brins d'ARN complémentaires (sens négatif ou « - sens ») sont produits à partir de l'ARNs + sens. Les brins d'ARN sens - sont ensuite utilisés comme modèles pour la production de nombreuses copies d'ARN sens pleine longueur +. Les ARN sousgénomiques + sens sont également fabriqués à partir de brins d'ARN - sens, et les produits géniques tardifs sont exprimés à partir de ces ARN sous-génomiques. Parmi les produits géniques tardifs figurent les protéines structurales des virions.

L'ARN pleine longueur + sens et les protéines structurales sont assemblés en virions, qui peuvent être ingérés par un vecteur de puceron qui transmet le virus à une nouvelle cellule, dans la même plante ou dans une autre plante, où le cycle de réplication peut recommencer. Les virions nouvellement formés se propagent également dans la plante hôte à travers le phloème, mais on ne pense pas qu'ils déclenchent de nouvelles infections dans la plante (**D'Arcy et Domier, 2000**).

- **Transmission :**

Plus de 40 espèces de pucerons s'attaquent aux céréales. Mais les vecteurs potentiels sont *Rhopalosiphum maidis*, *Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* et *Sitobion fragariae*, *Schizaphis graminum*, *Metopolophium dirhodum*, (**Muller, 1964**).

- **Mode de transmission :**

Le *BYDV*s est généralement transmis par les aphides, appelés aussi pucerons. Ceux sont des petits insectes parasites de l'ordre des homoptères, à pièces buccales de type piqueur suceur. Leur cycle biologique sur une année est complexe : il comprend plusieurs générations, certaines avec des ailes, d'autres aptères, les unes vivipares et les autres ovipares. Certaines générations étant sexuées et d'autres se reproduisant par parthénogenèse. L'hivernation se passe sous la forme d'un œuf fécondé. Le mode de transmission du *BYDV*s est un mode persistant (le virus persiste dans le corps de

puceron) circulatif (circule dans tout le corps de puceron) non propagatif (ne se transmet pas à la descendance de puceron) et non multipliant (ne se multiplie pas dans le puceron) (**Fig. 06**). Cette transmission comprend 3 principales étapes (**Turpeau et al., 2010**).

a. L'acquisition :

Correspond au temps nécessaire au puceron pour acquérir le virus lors d'un repas contaminant dans le phloème de la plante infectée. Les particules virales traversent le stylet d'aphide et sont introduites dans le canal alimentaire et gagnent l'intestin, puis elles doivent traverser la paroi intestinale et gagner la cavité générale ou l'hémocoèle du puceron (**Fig. 06**). A cette étape, une proportion importante de particules virales est éliminée avec le miellat (**D'Arcy et al., 2000**

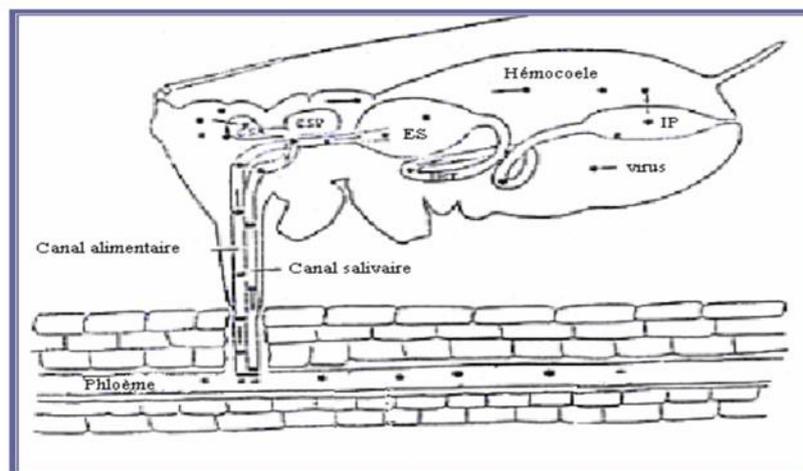


Figure 06 : Diagramme schématisé de l'acquisition et de la circulation du *BYDV*s dans leur vecteur (**Gildow, 1987**).

Légende :

ES : Estomac ; GSA : Glandes salivaires principales ; GSP : Glandes salivaires principales ; IMT : Intestin moyen tubulaire ; IP : Intestin postérieur.

b. Latence :

Cette étape intègre un certain nombre de phénomènes qui débutent par la reconnaissance de la paroi intestinale jusqu'à la sortie des GSA de l'insecte où il passe dans la salive. Le virus ne peut pas être transmis par un aphide que lorsqu'il suit ce

chemin à travers le corps de l'insecte. Donc, il y a habituellement plusieurs heures après qu'un aphide acquière le virus durant lesquelles il ne peut pas encore le transmettre. La période de latence minimale est normalement entre 12 et 24 heures. Après cette période, l'insecte sérotype et leur vectotype et les conditions de transmission. la vection du *BYDV-PAV* par les espèces *R. padi* et *S. avenae* peut être réalisée après des périodes d'acquisition et d'inoculation de quelques minutes mais de très faibles fréquences (**Rochow, 1969**). Le puceron ayant acquis le virus restera virulifère presque toute sa vie même sans aucune réacquisition, mais il ne transmet pas le virus à sa descendance. Le virus ne se multiplie pas dans son aphide vecteur (**D'Arcy et al., 2000**).

- **La relation entre *BYDVs* et ses vecteurs :**

La relation entre *BYDVs* et ses vecteurs est très spécifique, cette spécificité de transmission à distingue à six virus du complexe *BYDVs* (Rochow, 1970).

RPV : Transmis spécifiquement par *Rhopalosiphum padi*.

RMV : Transmis spécifiquement par *Rhopalosiphum maidis*.

MAV : Transmis spécifiquement par *Sitobion avenae*.

SGV : Transmis spécifiquement par *Schizaphis graminum*

RGV : Transmis spécifiquement par *R. padi* et *S. avenae*.

PAV : Transmis spécifiquement par *R. padi*.

L'espèce *Rhopalosiphum padi*, transmet la souche PAV à condition que la souche MAV est présente dans la plante, ainsi la souche MAV transmise par *Sitobion avenae* est un virus assistant pour la souche PAV (**Cornuet, 1987**).

- **L'efficacité de la transmission :**

Elle est liée au comportement de recherche de la plante hôte. Lorsque le puceron atterrit sur une plante, il réalise des piqûres d'essai superficielles et brèves pour goûter et voir si elle lui convient. Si oui, il s'immobilise, enfonce ses stylets jusqu'au phloème et se nourrit longuement, sinon, il repart à la recherche d'une nouvelle plante. Il peut prélever un virus aussi bien pendant les piqûres d'essai que pendant les piqûres d'alimentation. Les virus et le mode de transmission sont spécifiques à un type de piqûre (**Turpeau et al., 2010**).

I.5.5.2. Les symptômes :

Les symptômes induits sont très variables selon les facteurs tel que : l'espèce attaquée, la variété, l'âge de la plante au moment de l'infection, la souche virale et les conditions de l'environnement (température et photopériode) (**Ouffroukh et al., 2011**).

Le *BYDV-PAV* se multiplie très rapidement dans la plante atteinte ce qui fait une manifestation rapide et spectaculaire des symptômes (**Mohamed Bouziane, 2009**).

Néanmoins, les symptômes ne sont pas appropriés comme outil de diagnostic sauf dans des situations d'épidémie sévère (**Comeau et al., 1992**).

Il est souhaitable de faire appel aux techniques moléculaires et sérologiques qui permettent de détecter le virus dans les plantes et dans le vecteur.

➤ **Décoloration des feuilles :**

C'est le symptôme le plus courant, on observe une perte de la couleur verte des feuilles, commençant de sommet à la base et de limbe aux nervures (**Mohamed Bouziane, 2009**).

La perte de la couleur verte des feuilles est souvent plus visible sur les feuilles plus âgées, elle commence 1 à 3 semaines après l'infection et peut être précédée par un développement des zones imbibées d'eau sur les feuilles (**D'Arcy et Domier, 2000**).

a- Sur l'orge

Les feuilles deviennent jaune vif (**D'Arcy et Domier, 2000**) et au bout de la dernière feuille sous l'épi on observe un V inversé et certaines variétés présentent un rougissement ou une couleur violacée (**Watkins et Lane, 1998**) (**Fig.07**).



Figure 07 : décoloration des feuilles sur une culture de l'orge (Jean M., 2012).

b- Sur le blé :

Les feuilles deviennent jaunes ou rouge commençant par des taches au sommet qui se transforment en couleur rouge ou violet avec le temps, c'est une décoloration similaire à celle de l'orge mais elle n'est pas très brillante (Mohamed Bouziane, 2009) (Fig. 08).



Figure 08 : décoloration des feuilles sur une culture du blé dur (Nigel C., 2006).

I.6. L'étude de vecteur :

Les pucerons constituent un groupe d'insectes extrêmement répandus, dans le monde. Ils sont apparus il y a environ 280 d'années (Hullé *et al.*, 1999). On connaît plus de 4700 espèces de pucerons dans le monde (Remaudière *et al.*, 1997) dont 450 sont des ravageurs de plantes (Blackman et Eastop, 2000). Ils colonisent une grande

variété de plantes ornementales et maraichères (**Dedryver et al., 2010**). Il existe des espèces de pucerons qui vivent sur les parties supérieures de la plante et d'autres sur les racines (**Crawley, 1992**). La plupart sont propres à une espèce végétale donc très spécifiques (monoxènes), mais certaines espèces de pucerons s'attaquent à une grande variété d'hôte (hétéroxène) (**Fraival, 2006**).

I.6.1. Systématique :

Les pucerons ou les aphides font partie de l'embranchement des arthropodes, sous-embranchement de Mandibullata, super-classe de Tracheata, classe d'Insecta. Les pucerons appartiennent au Super-ordre des Hémiptères, ordre d'homoptères au même titre que les cicadelles, les Psylles, les Aleurodes ou les cochenilles (**Blackman et Eastop, 2000**). Selon **Remaudière (1997)** les pucerons appartiennent au sous-ordre des *Aphidinae*, super-famille des *Aphidoidea*, la famille Aphididae qui est divisé en 12 sous-familles comme Aphidinae, Lachninae, Myzocallidinae, et autres et plusieurs tribus tels que : Aphidini, Macrosiphini, Tramini. La systématique des pucerons se résume comme suit :

- **Embranchement** : Arthropoda
- **Sous-embranchement** : Mandibullata
- **Super-classe** : Tracheata
- **Classe** : Insecta
- **Super-ordre** : Hemiptera
- **Ordre** : Homoptera
- **Sous-ordre** : Aphidinea
- **Super-famille** : Aphidoidea
- **Famille** : Aphididae
- **Tribu** : Aphidini, Macrosiphini, Tramini

I.6.2. Morphologie :

Les pucerons sont de petits insectes piqueurs suceurs dont la longueur au stade adulte et comprise entre 2 et 5 millimètres (**Hullé et al., 1999**).

Dans une population de puceron, on rencontre des individus aptères et des ailés. Ces deux formes peuvent avoir des couleurs et des caractères différents. Les individus ailés disséminent la colonie (**Malais et al., 1993**).

Les pucerons, aptères ou ailés, peuvent être observés directement sur leur plante hôte ou piégés lors de leurs déplacements aériens dans le cas des ailés. Les différentes espèces se distinguent selon les critères morphologiques, mais aussi grâce à la connaissance de plante sur laquelle elles sont observées et les dégâts qu'elles y éventuellement occasionnés (**Hullé *et al.*, 1999**).

Un puceron se distingue des autres insectes par : (**Fig. 09**).

- Sa taille comprise entre 2 et 5 mm.
- Ses antennes qui comportent généralement 6 articles dont le dernier est prolongé par un fouet.
- Son abdomen qui est souvent pourvu d'une paire de cornicules parfois très réduites. Ce dernier caractère, lorsqu'il existe, la forme et la nervation de l'aile sont également des critères de reconnaissance. Pour distinguer les espèces entre elles, des critères morphologiques fins doivent être observés généralement à la loupe binoculaire et parfois au microscope (**Hullé *et al.*, 1999**).

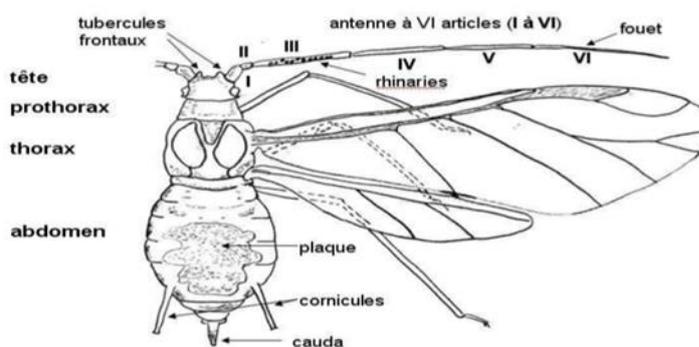


Figure 09 : Morphologie d'un puceron ailé (**Leclant, 1999**).

I.6.2.1. Le corps :

Le corps du puceron est mou et en forme de poire. Il existe une grande variabilité de morphologie entre les espèces de pucerons ainsi qu'entre les individus d'une même espèce. Certaines possèdent un corps translucide, soit vert, noir, brun, rose ou jaune. D'autres, qualifiées de lanigères, possèdent un corps recouvert d'une cire blanche semblable à de la ouate (**Fraival, 2006**).

I.6.2.2. La tête :

Le puceron adulte se caractérise par une tête soudée (**Fig 10**) (**Fraval, 2009**), et donc peu mobile, et deux gros yeux muriformes, ayant à leur base un tubercule oculaire de 3 ommatidies. A cela s'ajoutent également trois ocelles frontaux. Chez les pucerons, il y a un rostre qui porte les pièces buccales de type pique-suceur, lui permettent la préhension de nourriture liquide inaccessible depuis la surface (**ACTA, 1982**) (**Fig. 11**).



Figure 10 : Tête de puceron (**Leclant, 1999**).

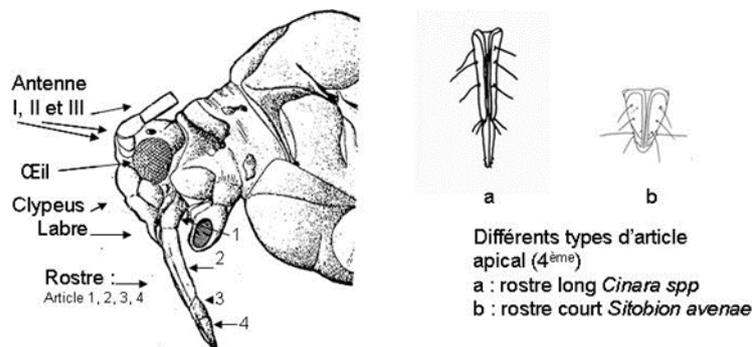


Figure 11 : Le rostre d'un puceron (**Leclant, 2000**).

- **Les antennes :**

Chez les adultes, les antennes ont en générale 6 articles (quelquefois 3, 4 ou 5) sur lesquels apparaissent des organes olfactifs : les sensoria primaire et les sensoria secondaires (rhinaries) ; le dernier article antennaire comporte une partie terminale. Le nombre et la localisation des rhinaries, la longueur des antennes et la longueur du fouet aident à la détermination des espèces, ainsi que la forme du front et des tubercules frontaux sur lesquels sont insérées les antennes (**Hullé et al., 1999**) (**Fig. 12**).

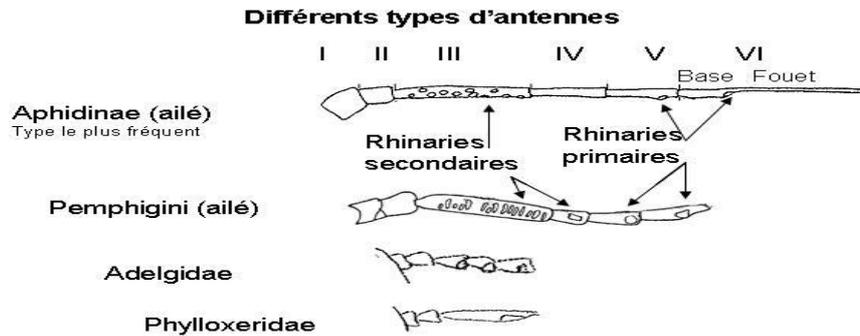


Figure 12 : Les différentes types d'antennes de puceron avec les rhinaries primaires Rh1 et secondaires Rh2 (Hullé *et al.*, 1999).

I.6.2.3. Le thorax :

Il est composé de trois segments et porte les trois paires de pattes qui se terminent par des tarsi à deux articles ; le dernier est pourvu d'une paire de griffes. Chez l'ailé, le thorax porte également deux paires d'ailes membraneuses repliées verticalement au repos. Chez certaines espèces, la nervation des ailes peut être caractéristique (Hullé *et al.*, 1999).

I.6.2.4. L'abdomen :

Les pucerons ont un abdomen rond, il comporte 09 segments difficiles à différencier. La cinquième porte les cornicules (Fig.13) par où le puceron excrète des gouttes de liquide contenant des hormones d'alarme qui préviennent les autres pucerons en cas de danger, ou hormone impliquée dans la rencontre des sexes. Le dernier segment porte la cauda (Fig.14).

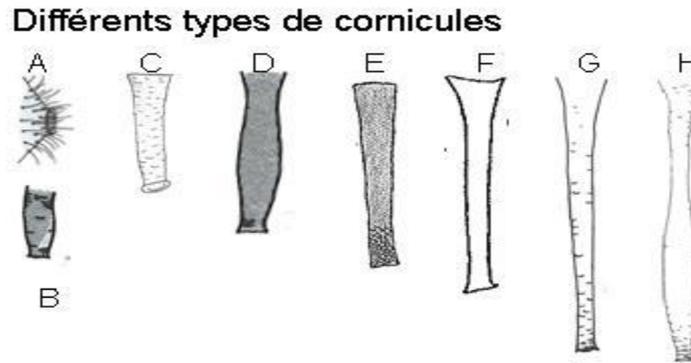


Figure 13 : Les différents types de Cornicules (Turpeau *et al.*, 2010).

(A) : cornicules courtes en cône (B) : renflées (C) : droites (D) : des cornicules moyennes renflées (E) : droites (F) : des cornicules longues (G) : voir très longues droites (H) : renflées

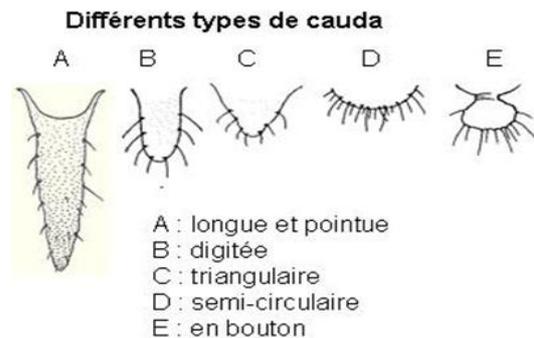


Figure 14 : Les différentes types de cauda chez les pucerons (Leclant, 2000).

La forme et la pigmentation des cornicules et de la cauda, ainsi que la présence de stries, de bandes, de plaques ou de sclérites sur l'abdomen sont des critères utilisés pour la détermination des espèces (Hullé *et al.*, 1999).

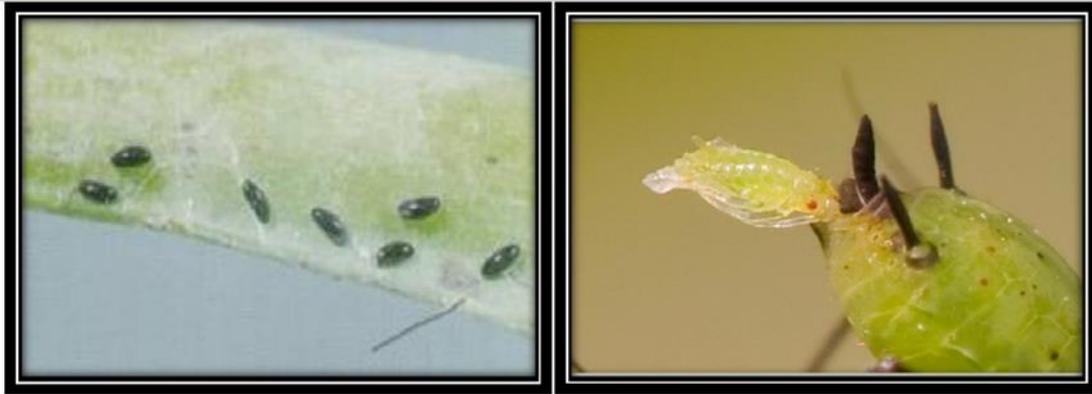
L.6.3. Cycle de développement :

A- La reproduction :

Les pucerons ont deux modes de reproduction : la reproduction sexuée et la reproduction asexuée ou parthénogénétique. Les femelles sexuées sont ovipares (Fig. 15 A) alors que les femelles parthénogénétiques sont vivipares (Fig. 15 B), donnant naissance directement à de jeunes larves, qui leur sont génétiquement identiques, et capables de s'alimenter et de se déplacer aussitôt produites (Leclant, 2000).

Les pucerons connaissent parfois de véritables explosions démographiques. Pendant la plus grande partie de l'année, le temps de génération est en effet rendu très

court grâce à un mode de reproduction sans sexualité, la parthénogenèse, et à une viviparité. Une femelle parthénogénétique donne directement naissance à d'autres femelles parthénogénétiques, sans avoir été fécondée par des mâles. En évitant ainsi la sexualité et le stade œuf, les pucerons réalisent une « économie » d'individus, les mâles, et de temps (**Hullé et al., 1999**).



-A-

-B-

Figure 15 : A : Œufs du puceron, B : La naissance de jeunes larves (www.omafra.gov.on.ca).

B- Cycle biologique :

Les pucerons affichent un large éventail de cycle de vie relativement compliquées (**Williams et Dixon, 2007**). La plupart des espèces présentent un cycle hétérogonique, c'est-à-dire qu'il est caractérisé par l'alternance des modes de reproductions selon les générations : une génération amphisexuelles comportant des mâles et des femelles fécondables alterne avec plusieurs générations ne comportant que des femelles parthénogénétiques qui se reproduisent sans fécondation (**Leclant, 1997**). Les femelles fécondées sont toujours ovipares, alors que les femelles parthénogénétiques sont quelquefois ovipares mais le plus souvent vivipares. L'alternance des phases sexuée ('fin d'été ou l'automne) et asexuée (printemps et été) est sous le contrôle des paramètres environnementaux, en particulier la photopériode (**Bonnemain, 2010**) (**fig. 16**).

Dans les régions tempérées, les pucerons ont presque toujours gardé la possibilité d'effectuer un cycle annuel complet ou holocycle, c'est-à-dire comportant la génération amphisexuelle : L'œuf fécondé est pondu à l'automne, il est diapausant et constitue pour l'espèce une forme de survie durant les conditions climatiques défavorables de l'hiver (**Dedryver, 1982**).

L'éclosion de l'œuf se produit généralement en même temps que le débourrement des bourgeons de sa plante hôte. La femelle parthénogénétique qui en issue est appelée fondatrice, elle est presque toujours aptère.

Au cours de printemps, la fondatrice engendre une ou plusieurs générations de femelles parthénogénétiques appelées fondatrigènes, qui se développent sur la même plante qu'elle. Lorsqu'il y a plusieurs générations de fondatrigènes, les premières sont essentiellement composées d'aptères, la proportion d'ailés croissant au fil des générations.

Les fondatrigènes ailées quittent la plante sur laquelle elle se sont développées et vont s'alimenter sur des végétaux de la même espèce ou d'espèce différentes, sur lesquelles elles engendrent un certain nombre de générations d'individus femelles parthénogénétiques, alternativement aptères ou ailés, appelés virginogènes.

A l'automne apparaissent des femelles parthénogénétiques appelées sexupares, qui donneront naissance à des mâles, souvent ailés, et à des femelles ovipares, presque toujours lieu sur la plante portant la femelle ovipare. Après accouplement, celle-ci pond des œufs fécondés sur les parties lignifiées de sa plante hôte (**Dedryver, 1982**).

La biologie des aphides est extrêmement complexe, du fait de la présence successive ou simultanée de ses différentes formes. Il peut également y avoir succession de différents hôtes au cours de l'année (**Praloran, 1997**). Les espèces de pucerons dites monœcique, accomplissent tout leur cycle de développement sur un seul type de plante. D'autres espèces, dites dioéciques alternent entre deux types de plantes, en générale très différentes l'une de l'autre (**Dedryver & Turpeau-Ait Ighil, 2011**)

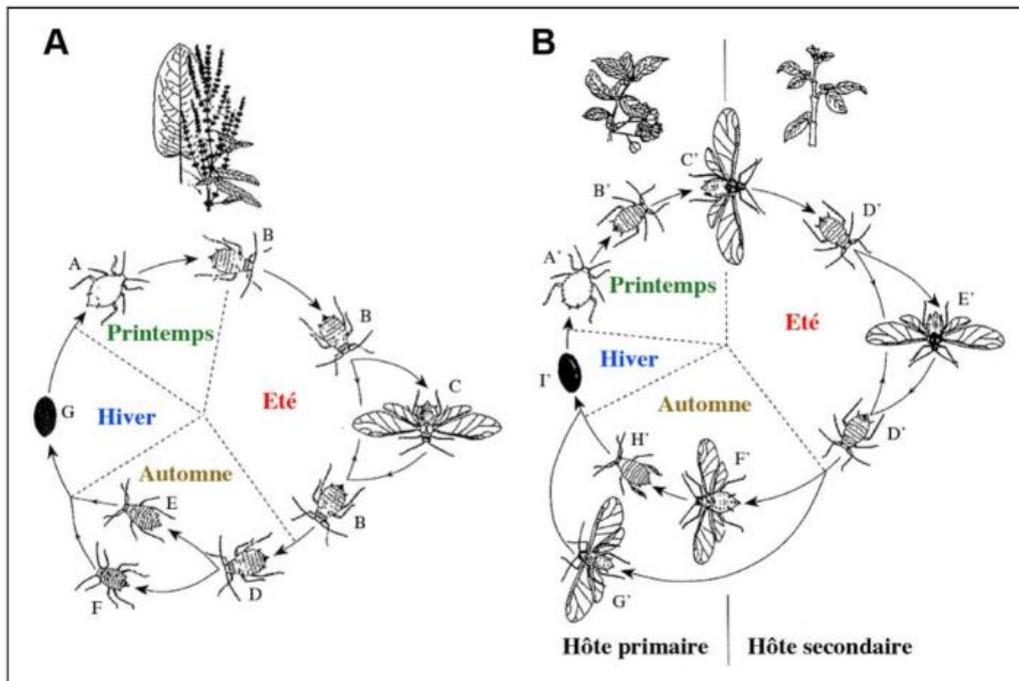


Figure 16 : Les Cycles annuels de vie des pucerons avec alternance ou non de plante hôte (Dixon, 1998).

A) Cycle monœcique du puceron du rumex, *Aphis rumicis*. Les individus représentés sont : (A) la femelle fondatrice, (B) les formes aptères parthénogénétiques, (C) la forme ailée parthénogénétique, (D) la sexupare, (E) la femelle sexuée, (F) le mâle, et (G) l'œuf.

B) Cycle diœcique du puceron de la fève, *Aphis fabae*. Les individus représentés sont : (A') la femelle fondatrice, (B') la fondatrigenes, (C') la forme ailée migrante de printemps, (D') les formes aptères parthénogénétiques, (E') la forme ailée parthénogénétique, (F') la forme gynopares migrante d'automne, (G') la femelle sexuée, (H') le mâle, et (I') l'œuf.

I.6.4. Le polymorphisme :

Selon Nijhout (2013), le polymorphisme qui caractérise les pucerons, est sous le contrôle du système endocrinien, et neuroendocrinien, les pucerons peuvent produire des formes adultes ailées ou aptères afin d'accomplir des fonctions écologiques différentes (dispersion à grande distance). Ce polymorphisme, unique dans le monde des insectes, et est sous la dépendance de divers facteurs, en particulier, l'effet de groupe, l'état physiologique de la plante hôte, les températures et les caractéristiques génétiques de la lignée parthénogénétique de l'aphide. Ce polymorphisme s'observe clairement

chez les espèces qui vivent sur plusieurs hôtes. Les pucerons qui vivent exclusivement sur des arbres à feuilles caduques, développent peu de formes (espèces anholocyclique) comparativement aux autres espèces (espèces holocyclique) (**Dixon, 2005**).

I.6.5. Facteurs de développement :

A- Facteurs abiotiques :

- **La température :**

La température joue un rôle important dans le développement, la longévité, et la fécondité. Les aphides sont adaptés aux régions à hiver froid durant lesquels ils survivent sous forme d'œufs capable de résister à des températures de l'ordre -10 à 15 °C. La température minimale de développement de ces insectes est de 4°C en moyenne. En dessous de ce seuil, ils ne se multiplient plus. Entre 4°C et 22°C, ils se multiplient d'autant plus vite que la température s'élève. Au-delà de 22°C, qui est leur optimum thermique, leur développement ralentit à nouveau (**Hullé et Acier, 2007**).

- **Les précipitations :**

Selon **Oulad El Hadj (2004)**, en milieu aride, les effets des températures sont toujours difficiles à isoler de ceux des précipitations, car ce sont deux facteurs limitant l'activité générale des insectes.

Dedryver (1982), a noté que les fortes précipitations peuvent empêcher le vol des pucerons, diminuent leur fécondité et augmentent leur mortalité.

- **Le vent :**

D'après **Fink et Volkl (1995)** et **Labrie (2010)**, le vent est un élément qui influence l'envol et la dispersion des insectes, notamment les pucerons et leurs ennemis naturels. Par sa vitesse et sa direction, il détermine la distribution et l'aptitude de déplacement des pucerons, ils peuvent être transportés à des longues distances qui atteignent jusqu'à 150 à 300 km (**Robert, 1982**).

- **L'humidité de l'air :**

Le vol des pucerons est rare lorsque l'humidité relative de l'air est supérieure à 75% combinée avec une température inférieure à 13 °C, et il est favorisé à une humidité

relative de l'air inférieure à 75% avec une température comprise entre 20 et 30 °C (Bonnemaison, 1950).

- **La durée d'insolation :**

D'après **Robert (1982)**, l'intensité lumineuse agit sur les possibilités d'envol des pucerons et favorise donc la contamination des cultures.

B- Facteurs biotiques :

- **Facteurs de régulations :**

- a. Caractéristiques propres aux individus :**

La colonie de pucerons est une ressource localisée et limitée dans l'espace. Sa taille et le nombre d'individus qui la composent ne sont pas fixes, elle varie d'une dizaine à plus d'une centaine d'individus (Agele, 2006 ; Martini, 2010).

- b. Facteurs intra-spécifiques :**

D'après **Dedryver (1982)**, ces facteurs peuvent réguler eux-mêmes leurs populations par des mécanismes intraspécifiques de deux ordres : La formation d'ailes ; le contact étroit des individus d'une population dense se trouve lorsque les conditions écologiques sont favorables à la pullulation ce qui entraîne des modifications physiologiques sur l'insecte, il provoque l'apparition des formes ailées. La modulation du poids ; donc de la fécondité des adultes. Sous l'effet direct de comportements agrégatifs intraspécifiques et l'effet direct de modification de la composition de la nourriture par les prélèvements de sève. Dans ces conditions, la densité d'une population augmente, le poids et la fécondité des adultes diminuent, retardent ainsi le moment où la plante risque de mourir.

- **Rôle de la plante hôte :**

Les pucerons sont uniquement phytophages, ils se nourrissent de la sève des plantes (Christelle, 2007 ; Prado et Tjallingii, 1997 ; Armelle *et al.*, 2010). Ils s'attaquent presque à la plupart des jeunes plantes qui sont les plus sensibles à la contamination par les ailés et les aptères (Michael et Donahue, 1998 ; Fournier., 2010). Cette sensibilité diminue quand la plante acquiert une certaine maturité.

- **Rôle des ennemis naturels :**

Les pucerons sont attaqués par un large éventail d'ennemis naturels (**Schmidt et al., 2004**). On distingue les prédateurs, les parasitoïdes et les champignons entomopathogènes.

I.6.6. Les interactions plante-pucerons :

Les interactions arbres-pucerons englobent l'ensemble des étapes qui interviennent dans la sélection et la colonisation de l'hôte par le puceron, en plus des caractéristiques et des réactions de l'arbre qui affectent les préférences et les performances des pucerons, et le processus de colonisation (**Pickett et al., 1992 ; Prado 1997 ; Powell et al., 2006 ; Pettersson et al., 2007**).

La localisation d'un nouvel arbre hôte s'effectue par les morphes aptères investissent l'énergie dans la reproduction et le développement local des colonies, l'orientation du vol guidée par les odeurs spécifiques de la plante (**Chapman et al., 1981 ; Hardie et al., 1994 ; Powell et al., 1995**). Après avoir atterri sur l'arbre, les pucerons prospectent la surface de la plante avec leurs antennes portant les sensilles olfactives ainsi que leurs tibias et l'extrémité de leur labium qui portent des soies mécanoréceptrices, lorsque les caractères physico-chimiques de la plante sont acceptés par le puceron, ce dernier insère leur stylet entre deux cellules épidermiques et injecte également une salive liquide avant et après la pénétration dans les tubes criblés. Chez les espèces phloémophages, la décision finale d'accepter la plante en tant qu'hôte se reflète par l'activité d'alimentation puisque les signaux induisant la parturition sont généralement perçus avant le contact avec phloème au cours de la phase de recherche du site d'alimentation (**Tosh et al., 2003 ; Powell et al., 2006**).

I.6.7. Les dégâts causés par les aphides :

I.6.7.1 Directs :

a. Au prélèvement de la sève :

Les pucerons, insectes piqueur-suceurs, se nourrissent en effet en prélevant et en absorbant la sève de leur hôte. La plante attaquée s'affaiblit, végète mal, flétrit et peut finir par sécher complètement. Les dégâts se manifestent par une moindre croissance, une mauvaise fructification ou une diminution du nombre des grains (perte de

rendement). Le dégât sera fonction de la durée de présence et de la quantité de pucerons sur la plante et du degré de sensibilité de ce dernier aux pucerons (**Blackman et Eastop, 1994**).

b. Au sécrétion salivaires :

La salive des pucerons a une action irritative et toxique : le végétal réagit aux piqûres d'alimentation et à la présence de salive, souvent de façon spécifique. Il peut s'agir de déformations de feuilles, celles-ci se plient, s'enroulent, se cloquent, changent ou non de couleur. Parfois les pousses se rabougrissent, se tordent, les fleurs avortent, les feuilles tombent. Enfin des chancres apparaissent sur les rameaux ou sur les racines, des galls se forment sur les feuilles ou sur les tiges (**Cherqui et Tjallingii, 2000**).

I.6.7.2. Indirects :

a. Miellat et fumagine :

Les produits non assimilés de la digestion de la sève, riches en sucre, sont éjectés sur la plante sous forme de miellat. Cette substance peut contrarier l'activité photosynthétique de la plante soit directement en bouchant les stomates, soit indirectement en favorisant le développement de champignons saprophytes. Ceux-ci provoquent des fumagines qui entravent la respiration et l'assimilation chlorophyllienne ou souillent les parties consommables (fruits par exemple) et les rendent ainsi impropres à la commercialisation (**Christelle, 2007 ; Giordanengo et al., 2010**).

I.6.8. La transmission du virus :

D'après **Hullé et al., (1999)**, notent que les virus transmis par les pucerons sont regroupés selon leurs caractéristiques structurelles, les symptômes qui sont provoquées ou leur mode de transmission.

• Les virus circulaires (persistants) :

Les virus transmis selon ce mode sont transportés de façon interne, mais jamais ils ne se répliquent durant leur passage dans le milieu intérieur du vecteur. Ils doivent traverser différentes barrières membranaires : au niveau du tube digestif pour entrer, et des glandes salivaires pour sortir de leur vecteur. Le virus ingéré avec la sève phloémique lors de la prise de nourriture du vecteur traverse les cellules épithéliales de

l'intestin vers l'hémocèle (phase d'acquisition) et se diffuse dans l'hémolymphe jusqu'aux glandes salivaires. Il traverse les cellules de ces glandes, et est injecté dans la plante hôte avec la salive lors d'une nouvelle piqûre (phase d'inoculation) (**Hebrard et al., 1999 ; Brault et al., 2010**).

• **Les virus non circulaires :**

Les virus non circulaires sont acquis et transmis au cours des piqûres brèves ; des piqûres d'une durée de cinq secondes suffisent mais les meilleurs résultats sont obtenus pour des durées comprises entre 15 et 60 secondes.

Si la durée de la période d'acquisition augmente, ces virus peuvent être transmis immédiatement après qu'ils ont été acquis, sans qu'une période de latence soit nécessaire mais le puceron ne demeure pas longtemps infectieux après quelques minutes après avoir rencontré une plante saine. (**Racah et Fereres, 2009**). Ce type de virus regroupe les virus nonpersistants et les virus semi-persistants.

• **Virus non persistants :**

Selon **Racah et Fereres (2009)**, les virus de ce type sont acquis par les pucerons dans les tissus libériens en même temps que la sève prélevée pour leur alimentation. Le temps requis pour atteindre le liber varie naturellement selon les espèces aphidiennes. Il est fréquemment d'une demi-heure et excède une heure le plus souvent.

• **Virus semi-persistants :**

Ces virus ne peuvent généralement pas être acquis au cours de piqûres brèves mais au contraire les chances de transmission augmentent parallèlement avec la longueur de la durée de la période d'acquisition (**Braulte et al., 2010**).

Il semble que ce type de virus adhère à l'intérieur du canal alimentaire ou il s'accumule puis il est relâché progressivement où il s'accumule puis il est relâché (**Braulte et al., 2010**).

1.6.9. La lutte contre les pucerons :

Le niveau des populations de pucerons dans les cultures est extrêmement variable d'une année à l'autre et peut évoluer très rapidement au sein d'une même culture. Il dépend bien sûr des capacités reproductives propres aux différentes espèces mais aussi de facteurs extérieurs dépendant de l'environnement physique et biologique. Ces

facteurs peuvent être très nombreux, ce qui explique les différences rencontrées dans les tentatives de modélisation de leur influence sur le développement des populations de pucerons (**Hullé *et al.*, 1999**).

I.6.9.1. La lutte biologique :

A. Par l'utilisation des organismes naturels antagonistes :

La définition officielle stipule que la lutte biologique est « l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs » (**Hullé *et al.*, 2011**).

Selon **Turpeau *et al.*, (2010)**, les antagonistes naturels limitant les populations aphidiennes sont essentiellement des Insectes. Les Arachnides jouent aussi probablement un rôle important. On distingue classiquement, parmi les entomophages :

- **Les prédateurs** ont besoin de plusieurs proies pour accomplir leur cycle,
- **Les parasitoïdes** se développent généralement sur un seul hôte, souvent à l'intérieur de celui-ci, et le tuent une fois leur développement larvaire achevé.
- Les pathogènes micro-organismes (champignons, bactéries, virus etc...) agents de maladie.

A.1. Les prédateurs :

Les prédateurs de pucerons sont des insectes polyphages, qui se nourrissent de nectar ou pollen, outre les pucerons. Parmi les plus utilisés en lutte biologique on retrouve les familles des coccinelidae (*Adalia bipunctata*), les diptères avec la famille des syrphidae et celle des cecidomyiidae avec notamment *Aphidoletes aphidimiza*. Enfin, les névroptères avec notamment *Chrysoperla carnea*. Ils sont tous capables à leur stade larvaire, de consommer une quantité importante de pucerons (**Malais *et al.*, 2006 ; Mignault *et al.*, 2006**). Cependant, la guildé aphidiphage comprend également des araignées (Araneae : Araneidae) et des punaises de la famille des Miridae (**Costamagna *et al.*, 2008**).

Chez les syrphes et les cécidomyies, notamment, seule la larve est prédatrice de pucerons, l'adulte étant floricole. Chez les coccinelles, larves et adultes chassent les pucerons. Les punaises comme les forficules (Dermaptère) ont souvent un régime alimentaire mixte, phytophage et zoophage (**Turpeau *et al.*, 2010**).

A.2. Les parasitoïdes :

Les parasitoïdes se distinguent des parasites par leur aptitude à tuer leur hôte unique en conséquence de leur développement larvaire à l'intérieur (endoparasitisme) ou à l'extérieur (ectoparasitisme) de celui-ci. Les parasitoïdes de pucerons appartiennent à deux ordres d'insectes : les Diptères (*la cécidomyie Endaphis perfida Kieffer*) et les Hyménoptères. En plus, la classe des Arachnides (ex : *Allothrombium fuligineum*) sont également considérées comme au parasitoïdes des pucerons (**Turpeau et al., 2010**).

A.3. Pathogènes :

La majorité des insectes sont sensibles aux microorganismes dont les champignons, les bactéries et les virus (**Scholte et al., 2004**). Les entomophthorales sont des champignons à mycélium non cloisonné, actuellement placés dans la classe des Zygomycètes. Ils comprennent six familles, Dont trois, les Ancylistaceae, les Entomophthoraceae et les Neozygitaceae qui contiennent essentiellement des espèces pathogènes d'insectes, 223 en tout dont 26 pathogènes de pucerons (**Dedryver, 2012**).

Le puceron est tué par une toxine qu'émet le champignon. Le mycélium envahit la cavité du puceron, qui devient alors une momie (**Reboulet, 1999**). Le développement des colonies de pucerons est fréquemment menacé par l'infection des champignons entomopathogènes qui sont leur première cause de mortalité (**Remaudière et al., 1981**). Les champignons entomopathogènes et leurs métabolites affectent plusieurs traits de la biologie de l'insecte tels que : la survie, le développement, la fécondité et la prise de nourriture (**Amiri et al., 1999 ; Ekesi et al., 2001 ; Ganassi et al., 2006**).

B. Par l'utilisation de pesticides d'origine botanique :

Plus de 59 familles et 188 genres de plantes sont utilisés sous plusieurs formes (poudre, huiles essentielles, etc.) pour la répression des parasites des plantes. Ces plantes à effet pesticide contiennent des substances qui ont des propriétés répulsives, insecticides, antimicrobiennes ou même la capacité de déclencher chez la plante à protéger des mécanismes de défense qui s'opposent au développement de l'infection (**Kouassi, 2001**).

I.7. Interaction vecteur-plante hôte :

Les espèces aphidiennes ont des préférences différentes à divers plantes hôtes, cas de *R. padi* qui préfère beaucoup plus l'avoine que l'orge et le blé ; ce qui affecte clairement l'épidémiologie de *BYD*. Également, le stade de croissance de la culture affecte le comportement d'aphides dans la nature, cela est justifié par la présence de fortes populations de *S. avenae* au stade épiaison « puceron de l'épi » et *R. padi* au stade montaison « puceron de la tige ». Ainsi que les plantes infectées par le *BYDV-PAV* et même le *BYDV-MAV* sont très nourrissantes pour les aphides à une longue durée et conduisent à une fécondité très élevée. Cela est due à l'augmentation de la teneur des hydrates de carbone suite à la destruction du phloème par le virus (**Henry et McNab, 2002**).

Chapitre II :
Matériel et méthodes

II.1. L'objectif de l'étude :

Cette étude a pour objectif la connaissance morphologique des pucerons vecteurs de *BYDVs* dans la région de Mitidja et elle consiste à un essai de transmission persistante sur plantes herbacées (orge et blé) ainsi que l'effet d'une solution biopesticide à base de cannelle sur les pucerons et le calcul de la DL50, pour cela, nous avons prospecté trois stations au niveau de la wilaya de Blida dans la région de Mitidja à savoir : Oued El Alleug, Mouzaia et Chiffa.

II.2. Présentation de la région d'étude « Mitidja » :

Avec une superficie totale de 1400 kilomètres carrés et une superficie agricole de 120,000 ha à 130,000 ha, la plaine de la Mitidja est la plus vaste plaine subtropicale en Algérie (**Fig.17**). La Mitidja est bordée au nord par les basses collines du sahel plus basses encore à l'est d'Alger, au nord-ouest et l'ouest se situe le djebel chenoua, la chaîne de Boumaad et djebel Zaccar, et elle est limitée au sud par la haute chaîne du Tell. La région est caractérisée par un climat méditerranéen avec une influence continentale (le sirocco en été) des hivers pluvieux et doux et des étés chauds et secs. (**Namane, 2009**).

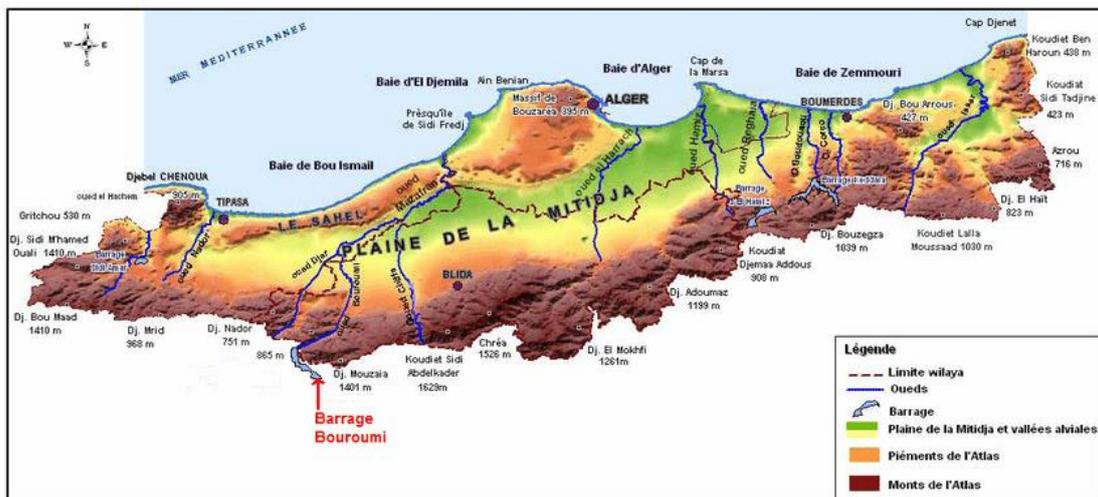


Figure 17 : situation géographique de la Mitidja (Namane, 2009).

Tableau II : présentation de la région d'étude :

Station	Coordonnées géographiques	Superficie	Altitude	Climat
Mouzaia	Latitude : 36.4667ha Longitude : 2.68333 36°28'0'' nord 2°40'60' est	839ha 83.9km ²	118m	Méditerranéen avec été chaud
Chiffa	Latitude : 36,4667 Longitude : 2,75021 36°24'0'' nord 2°46'0'' est	4811ha 48.11km ²	266m	Méditerranéen avec été chaud
Oued El Alleug	Latitude : 36,553ha Longitude : 2.79091 36°33'11'' nord 2°47'27'' est	5553ha 55.53km ²	49m	Méditerranéen avec été chaud

II.3. Technique et matériel de l'échantillonnage :

L'étude est effectuée durant la période de mars à juin 2021, une prospection sur orge et blé est effectuée sur chaque station.

Les prélèvements des échantillons (épis et grains) sont faits uniquement sur la présence des plantes qui montrent des symptômes de type jaunissement pour l'orge et jaunissement rougissement pour le blé ainsi que la présence du vecteur dans cette région.

Les échantillons mis en étude expérimental s'englobent dans le nombre total (90 échantillons) des plants étudiés de l'orge ainsi que le blé.

Des instruments ont été nécessaires dans l'échantillonnage sur terrain ainsi que dans l'identification des aphides dans le laboratoire, parmi ces instruments : la loupe binoculaire, les boîtes de pétri, des pinceaux, des tubes à essais, une seringue, une règle, des lames, pipette pasteur, une balance et des béchers.

L'observation des pucerons et leur étude a lieu dans le laboratoire de virologie de département de biotechnologie dans la faculté de biologie de l'université de Blida1.

II.4. Etude des échantillons au laboratoire :

Les épis des céréales prélevées sont observés sous la loupe binoculaire et les aphides sont déposés sur des boites de pétri à l'aide d'un pinceau humide pour les compter et identifier.

II.5. Identification des aphides :

L'identification des pucerons vecteurs des *BYDVs* est faite à l'aide d'une clé d'identification proposée par **Halbert et al., (1990)**, l'observation des critères morphologiques (la forme, la couleur et la longueur de l'abdomen, les antennes et la cauda) nous permis l'identification des espèces vectrices des *BYDVs* (**El Ferran et Boukhalfa, 1998**).

II.6. Traitement des données :

II.6.1. Taux d'infestation (TI) :

Le taux d'infestation représente le rapport entre le nombre des feuilles infestées et le nombre total des feuilles observées exprimé en pourcentage (**Bousaad, 2003**).

Selon la formulation suivante :

TI%=le nombre des feuilles infestées/le nombre total des feuilles observéesx100.

II.6.2. Abondance relative (AR) :

Ziam et Gautier, (1989) ont défini l'abondance relative comme le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce (ni) au nombre total des espèces (N) selon la formulation qui suit :

AR (%) =ni/Nx100.

II.7. Etude biologique de la transmission de virus :

Les études biologiques réalisées visent à mettre en évidence des propriétés susceptibles de varier entre les virus du *BYD* (**El Ferran et Boukhalfa, 1998**).

Nous avons utilisé 10 plants qui ont été semées individuellement en pots, pour chacun des deux tests le total est 20 plants en plus d'un témoin.

Les plants sont maintenus en serre jusqu'au stade de la première feuille ou ils seront inoculés.

II.7.1. Transmission directe (vectorielle) :

Des pucerons potentiellement virulifère (*Rhopalosiphum padi* et *Myzus persicae*) sont mis en contact avec les plants puis maintenus dans une température ambiante jusqu'à l'apparition des symptômes.

II.7.2. Transmission mécanique (par inoculation) :

Cette méthode consiste à utiliser des végétaux infectés par le virus de *BYD* broyés dans de l'eau distillée et injectés (hypodermique) par la suite dans les plants tests par une seringue et puis les déposer en serre jusqu'à l'apparition des symptômes.

II.8. Essai de lutte par biopesticide à base de cannelle :

II.8.1. Préparation de biopesticide à base de cannelle :

Nous avons préparé des solutions de cannelles (*Cinnamomum verum*) en diluant respectivement : 5g, 10g, 15g et 20g de poudre de cannelle dans 125ml eau distillée pour chaque dose (**Fig.18**) afin d'obtenir des solutions homogènes qui seront filtrées dans des flacons vaporisateurs.



Figure 18 : Préparation des 4 dilutions de biopesticide (original).

II.8.2. Application sur les échantillons :

Les solutions de cannelle sont pulvérisées directement sur les pucerons déposés dans des boîtes de pétri a raison de 28 pucerons par boîtes (**Fig. 19**) selon deux méthodes :

- **Première méthode** : dans une boîte de pétri contenant de papier filtre imbibé de biopesticide de cannelle, nous déposons les pucerons à l'aide d'un pinceau humide puis nous les observons pendant 24h, 48h et 72h de suite.
- **Deuxième méthode** : nous déposons les aphides dans une boîte de pétri qui est maintenue entre deux couches de parafilm entre lesquelles nous pulvérisons la solution de cannelle.

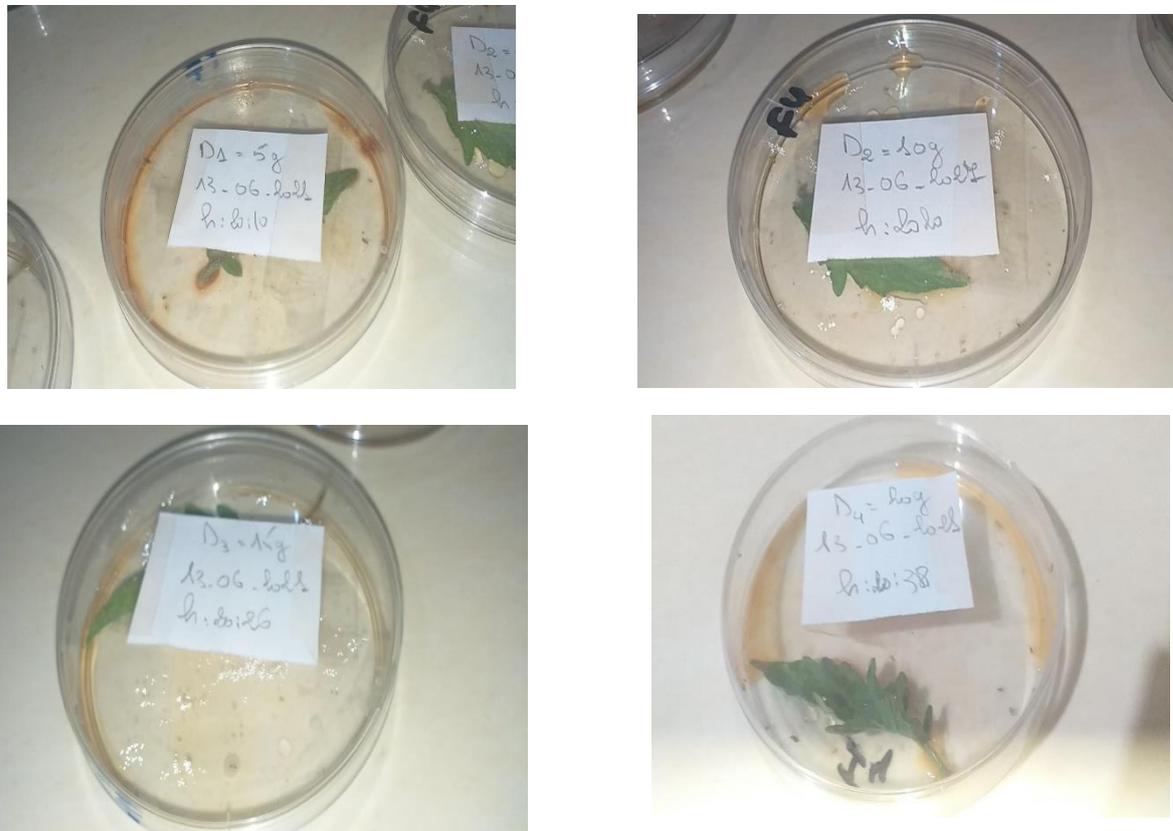


Figure 19 : l'application de pesticide directement sur les aphides (original).

II.8.3. Détermination de la DL 50 :

La DL50 signifie la dose létale pour 50% d'une population donnée, ce qui fait déterminer l'efficacité de chaque dose utilisée vis-à-vis le vecteur traité.

C'est la quantité d'une matière nécessaire pour que périssent 50% (la moitié) de (n) individus pendant un temps donné (**Ramade, 2007**).

-on doit d'abord compter les pucerons morts dans chaque boîte de pétri après 24h puis 48h et ensuite 72h de traitement

- ensuite on doit calculer le pourcentage de la mortalité observée selon la formule :

MO (%) = nombre d'individus morts / nombre total d'individus x 100

- Si le pourcentage de MO de témoin est inférieur à 5% le test est invalide
- Si le pourcentage de MO de témoin varie entre 5% et 20% on doit évaluer le mortalité corrigée (MC) par la formulation suivante :

MC (%) = $\frac{M2 - M1}{100 - M1} \times 100$

Dont : M1 : pourcentage de mortalité observée chez le témoin

M2 : pourcentage de mortalité observée chez les individus traités

Les valeurs de MC doivent être converties en probits en fonction de dose en logarithme décimal afin de tracer une courbe qui correspond à l'équation :

$$Y = aX + b$$

Dont : a : la pente de la courbe

b : la valeur de l'axe X à l'échelle

X : logarithme de dose

Y : probit = 5 pour rechercher la DL50

Cette méthode est connue par la méthode de **Miller et Tainer, (1944)** pour l'évaluation de la DL50 en traçant un graphe.

Notre étude s'est étalée de mars à juin 2021, l'instabilité de climat pendant cette période nous a permis de collecter un total de 90 échantillons dans les trois stations d'étude

Nous avons observé une apparition spectaculaire des symptômes de *BYDV*s de type jaunissement sur l'orge et jaunissement rougissement sur le blé ainsi que la présence marquée de deux espèces de pucerons *Rhopalosiphum padi* et *Myzus persicae*.

Chapitre III :

Résultats

III.1. Résultats de l'identification :

III.1.1. Taux d'infestation :

Ce rapport nous permet de déterminer le pourcentage de population vectrice sur les échantillons collectés sur chaque station (**Tab.II**) :

Tableau III : Effectif totale des feuilles échantillonnées et le taux d'infestation par les pucerons.

Station	Nombre d'échantillons	Nombre d'épis infestés	Taux d'infestation
Mouzaia	30	17	56
Chiffa	30	11	36
Oued El Alleug	30	09	30

Nous remarquons que le Taux d'infestation est important dans la station de Mouzaia que la station de Chiffa et oued El Alleug (**Fig. 20**).

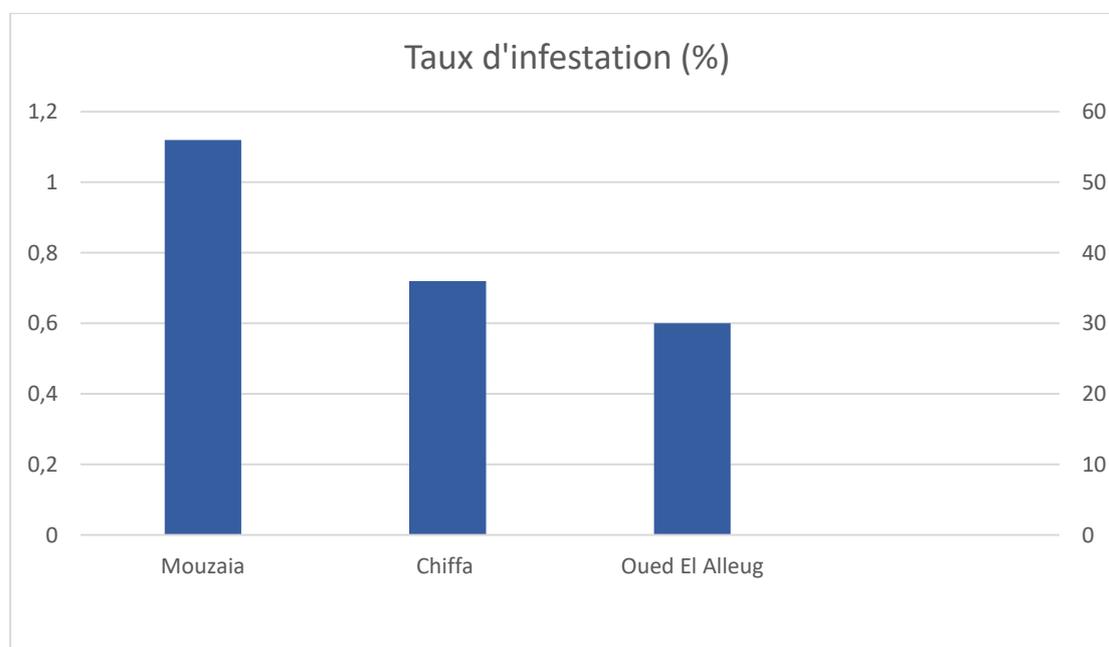


Figure 20 : Taux d'infestation par les pucerons

III.1.2. Biodiversité de vecteurs :

Cette étude a visé les parcelles d'orge et de blé au stade de montaison qui ont montré des symptômes largement distribués et une présence forte de deux espèces potentiellement vectrices de *BYDVs* au niveau de la région de Mitidja (**Tab, IV**).

Tableau IV : présence et distribution des aphides dans la région d'étude (Mitidja).

Station / Espèce	Mouzaia	Chiffa	Oued El Alleug
<i>R. padi</i>	+++	+++	++
<i>M. persica</i>	++	+	-

Myzus persica est l'espèce la plus largement présente dans la région de Mitidja cependant dans le dernier tranche d'étude nous avons observé une diminution importante de sa population et une augmentation de la population de *Rhopalosiphum padi* notamment dans la station de Mouzaia.

III.1.3. Dénombrement des espèces et abondance relative AR (%) :

Le **tableau V** et là ci-dessous montrent les effectifs totaux des populations collectées ainsi que leurs abondances relatives :

Tableau V : dénombrement et abondance relatives des populations collectées

	<i>Rhopalosiphum padi</i>		<i>Myzus persica</i>	
	Ni	AR (%)	Ni	AR (%)
Mouzaia	78	74	27	26
Chiffa	68	85	12	15
Oued El Alleug	45	75	15	25
Total	191	78	54	22

ni : nombre d'individus, **(AR %)** : Abondance relative

Le tableau et la figure ci-dessus montre que dans la station de Mouzaia nous avons récolté 105 pucerons dont 78 sont des *Rhopalosiphum padi* et 27 sont des *Myzus persicea*. Dans la station de Chiffa nous avons récolté 80 pucerons dont 68 sont des *Rhopalosiphum padi* et 12 sont des *Myzus persicea*. Dans la station de Oued El Alleug nous avons récolté 60 pucerons dont 45 sont des *Rhopalosiphum padi* et 15 sont des *Myzus persicea*.

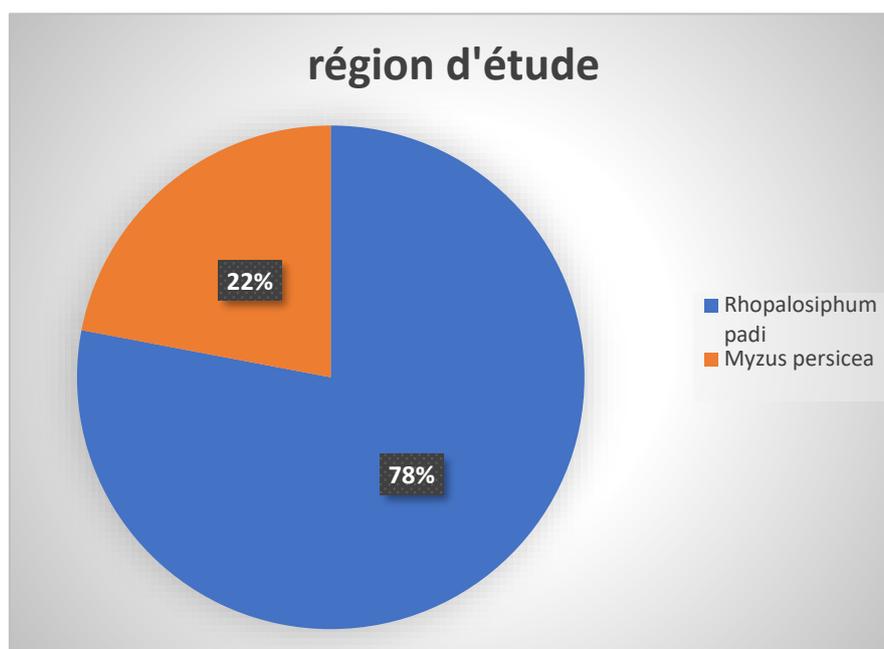


Figure 21 : Répartition des espèces de pucerons recensées dans la région d'étude (Mitidja).

III.2. Résultats de l'étude de la transmission :

Les plants mis en étude de la transmission biologique de *BYDV*s ont montré des symptômes après quinze jours de leur inoculation jusqu'au dépérissement de la plante.

Les plants inoculés mécaniquement ont présenté une expression plus sévère exprimée par une décoloration de type jaunissement pour le blé et jaunissement rougissement pour l'orge.

III.3. Résultats de l'essai de lutte biologique :

La dose létale pour tuer 50% de la population aphidienne est déterminée par le comptage des pucerons morts dans chaque boîte d'abord, puis le calcul du pourcentage de la mortalité observée et corrigée respectivement, et par la suite nous calculons la DL50 exprimée par une courbe qui correspond à l'équation : $Y=aX+b$.

Les résultats sont consignés dans les tableaux (**Tab VI, VII**) suivants :

Tableau VI : dénombrement des aphides morts témoins et traités par chaque dose

	Témoin	D1 (5g)	D2 (10g)	D3 (15g)	D4 (20g)
Après 24h	0	5	7	9	16
Après 48h	2	7	11	15	22
Après 72h	3	15	24	27	28

• **Mortalité observée chez le témoin :**

MO= nombre d'individus morts/nombre total d'individus x 100

$$MO (20g) = 3/28 \times 100$$

$$MO (20g) = 10.71\% > 5\%$$

Donc le test est valide

Tableau VII : Mortalité observée MO (%) des populations

	Témoin	D1	D2	D3	D4
MO 24h (%)	0	17.8	25	32.14	57.14
MO 48h (%)	7.14	25	39.28	53.57	78.57
MO 72h (%)	10.71	53.57	85.71	96.42	100

• **Mortalité corrigée MC (%)**

MC (%) = MO (traité)-MO (témoin)/100-MO (témoin) X 100

$$MC (5g) = 17.8-0/100-0 \times 100$$

$$MC (5g) = 17.8\%$$

Tableau VIII : Mortalité corrigée MC (%) des populations

	D1	D2	D3	D4
MC 24h (%)	17.8	25	32.14	57.14
MC 48h (%)	19.23	34.61	50	76.92
MC 72h (%)	48	83.99	95.99	100

- Conversion de MC en probits (Y) et les doses en logarithme décimal (X)

Tableau IX : La mortalité corrigée en probits

	Log(D1) =0.69	Log(D2) =1	Log(D3) = 1.17	Log(D4) = 1.3
Probit (MC 24h)	4.08	4.33	4.50	5.18
Probit (MC 48h)	4.12	4.61	5	6.74
Probit (MC 72)	4.95	6.96	6.99	8

- Traçage de la courbe en fonction de log de dose (X) et probits (Y)

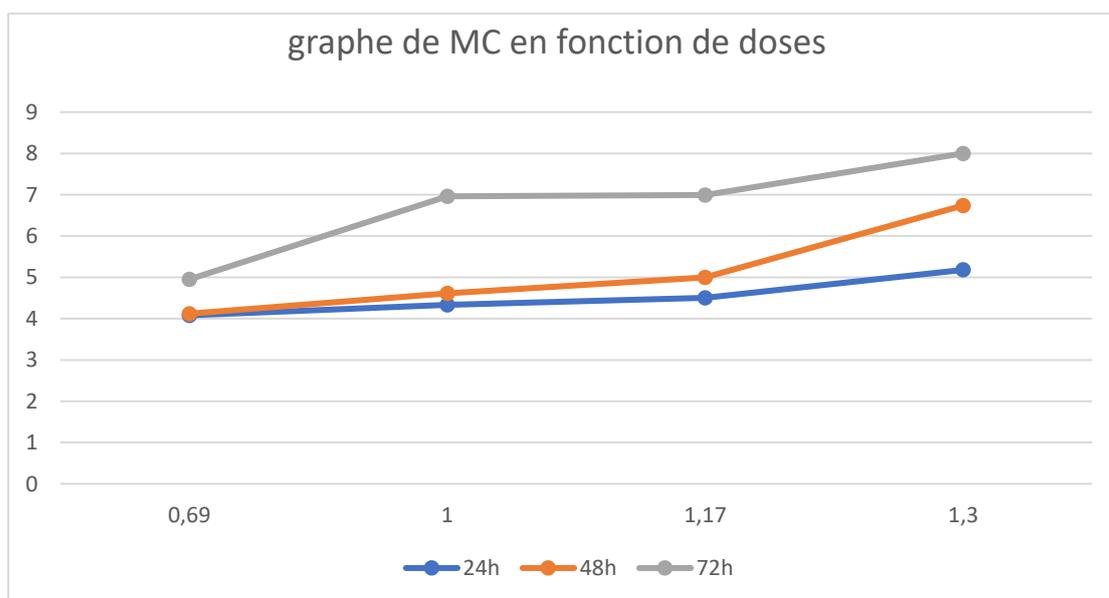


Figure 22 : la mortalité corrigée des pucerons en fonction des doses de solution biopesticide de cannelle.

- **Evaluation de la DL50 :**

- **Pour 24h :**

On a $y=5$ pour le calcul de la DL50

Et la valeur de la courbe sur l'axe de X $b=1.8$

$$a = |y_2 - y_1 / x_2 - x_1| \quad a = |4.33 - 4.08 / 1 - 0.69| \quad a = 0.8$$

$$\gg 1/x = 5 - 1.8 / 0.8 = 4 \gg x = 1/4$$

DL50 = 0.25 g/ml

- **Pour 48h :**

On a $y=5$

Et $b=2.1$

$$a = |5 - 4.12 / 1.17 - 0.69| \quad a = 1.83$$

$$1/x = 5 - 2.1 / 1.83 \quad 1/x = 1.58$$

DL50 = 0.63g/ml

0,69 1 1,17 1,3

- **Pour 72h :**

$Y=5$

$b = 0.6$

$$a = |6.96 - 4.95 / 1 - 0.69| \quad a = 6.48$$

$$1/x = 0.67$$

DL50 = 1.4g/ml

Chapitre IV :
Discussion générale

Dans la région d'étude, nous avons observé la présence d'une population importante des vecteurs de *BYDV*, représentée par deux espèces : *Rhopalosiphum padi* et *Myzus persicea* et due aux symptômes observés sur les céréales, donc on estime la présence de *BYDV-PAV* transmis non spécifiquement par *R. padi* et *BYDV-MAV* transmis spécifiquement par *M. persicea*.

Les virus présentes sont donc le *RPV*, le *MAV* et *PAV*. Le *RPV* est transmis spécifiquement par *R. padi*. Le *PAV* est transmis non spécifiquement par *R. padi* (**EL Ferran et Boukhalfa, 1998**).

Le *BYDV-PAV* est le virus le plus représentatif, et c'est dû à la transmission non spécifique par l'espèce *R. padi* et la forte abondance de cette dernière ainsi que son parasitisme vers une large gamme d'hôtes, ces résultats sont appuyés par (**Plumb, 1979 ; Power et Gram, 1995**). Le *PAV* est le plus répandu mondialement.

Ces deux espèces vectrices ont été signalées en Algérie par (**El Ferran et Boukhalfa, 1998**) dans la région de Mitidja aussi bien que dans d'autres régions notamment la grande zone céréalière d'El.Khroub à l'est d'Algérie.

Dans la première tranche d'étude, en suivant les symptômes nets et typiques de *BYDVs* sur blé et orge (jaunissement pour l'orge et jaunissement rougissement pour le blé) au stade début montaison nous avons signalé une prédominance de l'espèce *Myzus persicea* représentée par une forte population dans la station de Mouzaia et Chiffa où le taux d'humidité est plus élevé ce qui fait un bon facteur de développement pour *M. persicea*.

Cependant, la population de *Rhopalosiphum padi* l'espèce la plus présente a été augmentée dans les derniers mois de l'étude et dans les trois stations Mouzaia, Chiffa et Oued El Alleug vu les températures élevées dans la région de Mitidja à partir de mois de mai.

Vis-à-vis l'étude de la transmission biologique, nous avons constaté la transmission virale de la maladie exprimée par les symptômes remarquables sur les plantes inoculées mécaniquement suivis par un dépérissement de ces plantes et mêmes celles mise en contact avec le vecteur qui ont montré une expression typique a la maladie due au virus de *BYD*.

Cette variation de l'infection est due à la possibilité que le vecteur ne porte pas la charge virale suffisante pour causer un dommage égal à celui causé par la transmission mécanique.

A propos de la lutte biologique par la solution de cannelle (*Cinnamomum verum*), nous avons observé une diminution progressive des populations aphidiennes mises en étude à partir de 24h jusqu'à l'élimination totale des individus traités par la dose la plus concentrée (20g) au bout de 72h ce qui garantit la toxicité de la solution de cannelle vis-à-vis les pucerons ce qui lui fait un excellent biopesticide comparé aux pesticides synthétiques et leurs contre-indications sur la santé humaine et sur l'environnement.

Conclusion

Conclusion

Ce travail porte sur une étude de la transmission des virus de *BYD* par les espèces aphidiennes selon le mode persistant en plus d'une identification morphologique de vecteurs, l'étude a visé trois stations : Mouzaia, Chiffa et Oued El Alleug sur la région de Mitidja.

Les prélèvements sur terrain ont porté uniquement sur la présence des symptômes typiques des maladies dues aux virus de *BYD* exprimés par une décoloration spectaculaire de type jaunissement sur orge et jaunissement rougissement sur blé.

Ce qui a révélé la présence des fortes populations de l'espèce *Myzus persicea* (22%) en mois de mars, nous avons remarqué une chute importante des populations de cette espèce à partir de fin mai grâce aux températures élevées, par ailleurs, une population importante de l'espèce *Rhopalosiphum padi* (78%) a été signalée sur les trois stations d'étude, avec une prédominance dans la station de Mouzaia, ce qui implique la présence de *BYDV-PAV* transmis non spécifiquement par *R.padi* et *BYDV-MAV* transmis spécifiquement par *Myzus persicea*.

Les résultats de la transmission biologique ont confirmé la présence de la maladie après l'affection des plantes tests inoculées mécaniquement d'une manière plus sévère que celles mise en contact direct avec le vecteur.

A propos de l'essai de control biologique à base de solution de cannelle, la toxicité de biopesticide vis-à-vis le vecteur été satisfaisante avec une DL50=0.25g/ml dès les premières 24h de traitement des pucerons qui ont fini par s'éliminer totalement après 72h du traitement

Pour conclure et dans le contexte de l'interdiction des pesticides chimiques, il est souhaitable et préférable d'inclure la phytopréparation à base de cannelle dans les méthodes de lutte contre les pucerons vecteurs des maladies et la combiner avec les moyens de lutte biologique en suivant une stratégie de lutte intégrée afin de maintenir cette espèce en dessous de seuil de nuisibilité sans l'éradiquer complètement.

Vu l'importance de la céréaliculture en Algérie. Nous souhaitons que notre travail soit considéré étant d'un premier pas vers des travaux sérieux dans le domaine de la lutte biologique pour diminuer la dispersion de virus en utilisant les phytopréparations comme celle à base de cannelle aussi l'utilisation des parasites entomophages des

pucerons tel que les coléoptères, il faut aussi inclure la biologie moléculaire et le génie génétique par l'amélioration des variétés des céréales pour qu'elles soient plus résistantes aux *BYDVs* ou bien par viser le virus lui-même en ciblant les gènes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abecassis J. et Bergez J-E. Les filières céréalières organisation et nouveaux défis. Edition Quae, 2009.

ACTA. (1982). "Qu'est-ce qu'un puceron", dans Les pucerons des cultures -Ed. Le Carrousel. 9-34 p.

Agele SO., ofuyad T.I.& James P.O., 2006. Effects of watering regimes on aphids infestation and performance of selected varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in a humid zone of Nigeria. *Crop protection*, 25, 73-78 P.

Allen miller W. Liu S. Becket R. (2002). Barley yellow dwarf virus: Luteoviridae or Tombusviridae, 4,177-183.

Amrani B., 2013. Maladie : Méthode et échelle de notation des maladies et accidents divers. Bulletin des grandes cultures. ITGC. P 2-5.

Amiri B., Ibrahim L. and Butt T. (1999). Antifeedant properties of destruxins and their potential use with the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae* for improved control of crucifer pest. *Biocontrol Science and Technology* 9 : 487-498.

Aouali S. et Douici-Khalfi A., 2013. Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte. ITGC. P 8-36.

Aradottir G. et Crespo-herrera L. (2021). Host plant resistance in wheat to barley yellow dwarf viruses and their aphid vectors, vol45, 59-68.

Armelle C. D'acier., Nicolas. P. H & Ollvera. P. O., 2010. Aphids (Hemiptera, Aphidae). *BioRisk* 4(1): 345-474 P.

ARVALIS, 2015. Qualité des blés français

B

Belkahla, H. and Doumandji, D., « Serodetection of viruses associated to Barley yellow dwarf (BYD) on cereals in Algeria », *Phytoprotection*, vol. 80, N° 3, April 2000, pp 169-177

Bendaas Youssouf, 2019. La différence entre les grains de blé dur et les grains de blé dur.

Références bibliographiques

Blackman R. L. and Eastop V. F. (1994). Aphids on the World's Trees: an Identification and Information Guide, CAB international, Ed, Wallingford. 987 p.

Blackman R. L. and Eastop V. F. (2000). Aphids on the world's crops: An identification and information guide, 2nd, wiley, chischister. 466p.

Bonnemain J. -L.,2010. Aphids as biological models and agricultural pests. Comptes Rendus Biologies 333, 461-463 P.

Bonnemaison, I., 1950- Facteurs d'apparition des formes ailés chez les pucerons ; vecteurs des maladies à virus de la pomme de terre et méthodes générales de protection des cultures de plantes de sélection. Rev. M.E.N.S.

Bouchetat F. (2020). « Etude de comportement et de la qualité technologique du grain de cultivars d'orge introduits et de la variété locale saïda. Hybridation diallele et analyse génétique des descendance », Th de doctorat, univ de Blida1, p2.

Bousaad I., 2003- Situation des ravageurs des agrumes et leurs ennemis en verger biologique, sous protection intégrée et conventionnel. Workshop International : Apport des biotechnologies en production intégrée, 13 Décembre 2003, 73 P.

Bozzini A. (1988). Origin, distribution and production of Durum wheat in the world Dans Fabriani G. et Lintas C.(ed) Durum: chemistry and technology. AACCC(Minnesota), Etats-Unis 1-16p.

Brault. V., Uzest. M., Monsion. B., Jacquot. E., & Blanc. S., 2010 - Aphids as Transport devices for plant viruses Les pucerons, un moyen de transport des virus de plante. C. R. Biologies 333: 525-531.

Brunner P.C., Torriani S.F.F., Croll D., Stukenbrock E.H., et McDonald B.A., 2013. Coevolution and Life Cycle Specialization of Plant Cell Wall Degrading Enzymes in a Hemibiotrophic Pathogen. Mol. Biol. Evol. P 1.

C

Caudwell, A. 1990. Preface, Barley yellow dwarf a proceeding of the work shop, CIMMMYT, Mexico, 6.

Références bibliographiques

Chapman RF, Bernays EA, Simpson SJ (1981). Attraction and repulsion of aphid, *Cavariella aegopodii*, by plant odors. *Journal of Chemical Ecology*, 7, 881-888 P.

Chehat F (2007). Analyse macroéconomique des filières la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires maghrébines Libéralisation et mondialisation ».

Cherqui A. and Tjallingii W. F. (2000). Salivary proteins of aphids, a pilot study on identification, separation and immunolocalisation. *Journal of Insect Physiology* 46 : 1177-1186.

Christelle L. (2007). Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique Application au puceron *Aphis gossypii* et au parasitoïde *Lysiphlebus testaceipes* en serre de melons. Thèse Doctorat., *Agro Paris Tech, Paris*. 43- 44p.

Clarke F.R. (2002). Inheritance of stem solidness in eight durum wheat crosses, 82,661-664p.

Comeau A., Gilles J.P., (1976) Predisposition to Septoria leaf blotch in oats affected by barley yellow dwarf virus,01,13-19p.

Cornuet, P. 1987. Eléments de virologie végétale. INRA. Paris. 206 P.

Costamagna A. C., Landis D. A. et Brewer M. J. (2008). The role of natural enemy guilds in *Aphis glycines* suppression. *Biol. Control* 45: 368-379.

Crawley M. (1992). Natural enemies. Blackwell Publishing. 592.

D

D'Arcy C.J, Domier L.L. and Mayo, M.A., (2000). « Family Luteoviridae » Ed. Van Regenmortel M.H.V., Fauquet C.M., Bishop D.H., Carstens E.B., Estes m.K., Lemon S.M. Maniloff J., Mayo M.A., McGeach D.J., Pringle C.R. and Wickner R. B, ed. Academic press, San Diego, 784p.

Dedryver C. A. (1982). Qu'est-ce qu'un puceron ? journ. D'info et d'étude « : les pucerons des cultures, Le 2, 3 et 4 mars 1981. Ed. Bourd, Paris. 9-20 p.

Références bibliographiques

Dedryver C. A., Le Rarec A. et Fabre F. (2010). Les relations conflictuelles entre les pucerons et les hommes : une revue sur leurs dégâts et les stratégies de lutte. *C. R. Biologies* 333 : 539-553.

Dedryver C. A. (2012). Puceron et milieu. Encyclo'Aphid. www.inra.fr/encyclopedie-pucerons.

Djermoun A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, 01,45-53p

Dixon A. F. G. 1998. *Aphid Ecology*, Second edition edn: Chapman & Hall. Domestication, xviii + 390 pp.

Dixon A. F. G. (2005). *Insect herbivore-host dynamics*. Ed. Cambridge University Press (UK), 199 P.

E

Ekese S., Egwurube E. A., Akpa A. D. and Onu I. (2001). Laboratory evaluation of the entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae* for the control of the groundnut bruchid, *Caryedon serratus* on groundnut. *Journal of Stored Products Research* 37: 313-321.

El Ferran A. et Boukhalfa S., (1998). « L'étude du complexe BYDVs dans les zones céréalières d'Algérie : caractères vectoriels et sérologiques », Th d'état, univ. Blida 1.

Eyal Z., Scharen A.L., Prescott J.M., Van Ginkel M., 1987. *The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management*. Mexico, D.F. : CIMMYT.

F

FAOSTAT (2001). Pour l'alimentation bases de données statistiques de l'organisation des nations unies.

Feillet P., (2000). Le grain de blé composition et utilisation Inra, paris 2000 : 17 – 18.

Feuillet C, Langridge P, Waugh R. cereal breeding takes a walk on the Wild side. *Trends Genet.* 2008 Jan; 24(1): 24-32.doi: 10.2016/j.tig.2007.11.001.Epub 2007 Dec 3. PMID: 18054117.

Références bibliographiques

Fink, U. & Volkl, W. (1995). The effect of abiotic factors on foraging and oviposition success of the aphid parasitoid, *Aphidius rosae*. 103, 371-378.

Fournier. A., 2010. Assessing winter survival of aphids pathogenic fungus pandora neophidis and implications for conservation biological control. Insect 141(2), 3-8.

Fraval A. (2006). Les pucerons – 1ère partie. Office pour les insectes et leur environnement, France, 2e trimestre. Insectes n° 141 : 3-8 p.

Fraval A. (2006). Les pucerons – 2e partie. Office pour les insectes et leur environnement, France, 3e trimestre. Insectes n° 142: 27-30 p.

François-Xavier. Les types de farine : Quelle farine pour quel usage ? publié le 25 Mars 2014.

G

Ganassi S., Moretti A., Stornelli C., Fratello B. and Pagliai A. M. (2006). Effect of Fusarium, Paecilomyces and Trichoderma formulations against aphid Schizaphis graminum. Mycopathologia 151 : 131-138.

Gaumon, A. 1989. La jaunisse nanisante de l'orge en France. Phytouma-Défense des cultures, 4-11.

Gildow, F. E., « Virus membrane interactions involved in circulative transmission of Luteoviruses by aphids », Curr. Top. Vector Res., vol. 4, N° 10, 1987, pp 140-143.

Giordanengo. P., Brunissen. L., Rusterucci. C., Vincent. C., Bel. A. V., Dinant. S.,

Girousse. C., Faucher. M., & Bonnemain. J. L., 2010 - Compatible plant-aphid Interactions : How aphids manipulate plant responses. C. R. Biologies 333 : 516–523.

GNIS, SD a - Identification des variétés d'orge. ASFIS et GNIS. Paris. 56p.

Grillot G. (1959). La classification des orges cultivées, 4,446-486p.

H

Halbert, J.N. 1910. Cryptophagus bimaculatus Panz. And other Coleoptera at Lough Neagh. Entomologist's Monthly Magazine **46.** 47-52.

Références bibliographiques

Hardie J., Isaacs R, Pickett JA, Wadhams LJ., Woodcock CM (1994). Methyl salicylate and (-) -(1R,5s)-myrtenal are plant derived repellents for black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. (Homoptera: Aphididae). *Journal of Chemical Ecology*, 20, 28447-2855 P.

Harmel N., Francs F., Haubruge E.& Glordanego P., 2008. Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons : vers une nouvelle stratégie de lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. *Cahier Agricultures* 17(4), 395- 400 P.

Harlan J.R. (1975). Our vanishing genetics resources Ed.188, 618-621p

Hébrard. E., Froissart. R., Louis. C., & Blanc. S., 1999 - Les modes de transmission des virus phytopathogènes par vecteurs. *Virologie*. 3: 35-48.

Henry, M. and McNab, A., « Barley yellow dwarf disease: Recent advances and future strategies », Pro. inter. symp. CIMMYT, Mexico, D.F., Mexico, 1-5 Septembre 2002, p 139.

Hervé Y., (1979). Introduction à l'amélioration des plantes, cours, école nationale supérieure agronomique de Rennes.

Horrigan L., Lawrence R.S. & Walker P., 2002. Hox sustainable agriculture can address the environmental and human health harms of industrial agriculture. *Environmental health perspectives* 110 (5), 445-456 P.

Hullé M., Turpeau-Aït Ighil E., Robert T.M. et Monnet Y. (1999). Les pucerons des plantes maraîchères. Cycles biologiques et activités de vol – Éd. INRA/ACTA. 136 p.

Hullé M. et Coeur D'acier A. (2007). Les pucerons, indicateurs de changements globaux ? *Biofuture* 297 : 44- 47.

J

Jean Moullart. Attention à la jaunisse nanisante de l'orge (JNO). Publié le 09 Mai 2012.

Jestin L., (1996). « L'orge, amélioration des espèces végétale cultivées » Ed. INRA, Paris,55-70p.

K

Références bibliographiques

Kamel, A. H. 1985. Principaux ravageurs du blé et de l'orge : guide d'identification au champ. Bull.tech.1.Ed. Arabe ICARDA,70.

Kouassi M. (2001). La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides. La revue électronique en sciences de l'environnement. Vol 2 N°2 : 01-12.

L

Lahmar et Zerbita. Identification des différentes maladies cryptogamiques rencontrées chez les céréales durant la campagne agricole 2014/2015 dans la région de Constantine. Université des frères Mentouri Constantine. 2015.

Labrie. G., 2010 - Synthèse de la littérature scientifique sur le puceron du soya, Aphis Glycines Matsumura. Centre De Recherche Sur Les Grains Inc. (CÉROM), Québec.

Leclant F. and Deguine J. P. (1997). Aphides (Hemiptera, Aphididae). In Mathew J. A., Tunstall J. P. and Wallingford U. K: Insect pests of cotton – CAB International. 285-323p.

Leclant F. (2000). Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'indentification. III – Cultures fruitières. ACTA – INRA Ed. 128 p.

Lerin F. céréales et produits céréaliers en Méditerranée, 1986.

Lersten N.R. (1987), Morphology and Anatomy of the wheat plant, vol.13, ed.2

M

Malais M. et Ravensberg W. J. (1993). Connaître et reconnaître. Mode de vie des ravageurs de serres et de leurs ennemis naturels. Koppert B.V. 109 p.

Malais M. H., Ravensberg W. J. (2006). Connaître et reconnaître, la biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels. Koppert B.V., Pays-Bas, Reed Business. 290 p

Martini X., 2010 – Evolution du cannibalisme et du comportement de ponte chez les coccinelles aphidiphage. Thèse Doctorat, Université Paul Sabtier, Toulouse. 11 P

. Mathieu CB., Nathalie S., Denis Pageau M Sc. Et Sylvie R., 2012. Pour en savoir plus sur la Fusariose.7p.

Matthews, R.E.F. 1981. Plant virology 2nd. edition, Ed. Acad. Press New York 897 p.

Références bibliographiques

- Matthews, R.E.F. 1991.** Plant virology 3rd edition, Ed. Acad. Press New York 835P.
- Mazoyer M., Aubineau M., Bermond A., Bougler J., Ney J.B. (2002).** « parcours agricole » Ed.la rousse, Paris, 767p.
- Meulewaeter F., Van Lipzig R., Gultyaev A.P., Pleij C.W.A., Van Damme D., Cornelissen M., and Van Eldik G. (2004).** «conservation of RNA structures enables TNV and BYDV5' and 3' elements to cooperate synergistically in cap-independent translation », nucleic acides Res, vol.32,05,1721-1730.
- Michael J. B., & Donahue. J.D., 1998-** Leaf and Stem Feeding Aphids. College of Agriculture. *Entomology Program, University of Wyoming.*
- Mignault M. P., Roy M. et Brodeur J. (2006).** Soybean aphid predators in Quebec and the suitability of Aphis glycines as prey for three Coccinellidae. *Bio Control* 51 : 89-106.
- Miller LC, Tainer ML. Estimation of LD50 and its error by means of log-probit graph paper. *Proc Soc Exp Bio Med* 1944; 57:261.
- Misiri, B., 1994.** Pasture Pashmina and the Changapas of Changthang. In Pangtey, Y.P.S. and Rawal, R.S (eds), High Altitudes of the Himalaya. Nainital: Gyanodya Prakashan.
- Mohamed Bouziane R. (2009).** « Etude de Luteovirus des céréales en Algérie diagnostic sérologique TAS-ELISA et biologique du virus de la jaunisse nanisante de l'orge (BYDVPAV) et épidémiologie de BYDV-PAV » Th de doctorat, univ. Blida 1.
- Moreau J.M., (2011).** Lutte contre les maladies. Livre Blanc « Céréales » ULg Gembloux-Agro-Bio Tech et CRA-W.
- Muller, I. 1964.** Identification of Luteoviruses by two methods. *Plant Dis.* 70, 461-464.

N

- Namane L., Thème :** *Suivi des irrigations dans une exploitation agricole de la Mitidja ouest commune de Mouzaia.* Mémoire de magister. Option : hydrolique.2009, 40 P.
- Nigel Cattlin.** Le BYDV nanisme jaune de l'orge des symptômes dans la récolte de blé à maturité. Publié le 17 Janvier 2006.

Références bibliographiques

Nijhout H. F., 2013. Arthropod developmental endocrinology. In: Minelli A., Boxshall G.& Fusco G. (eds), Arthropod biology and Evolution, Ed. Springer (Berlin), 123-148.

O

Oudjani W. (2009). « Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum*) étude des caractères de production et d'adaptation » Th de Magister, univ. Constantine.

Ouffroukh A., Khelifi D., Dehimat L. (2011). Contribution à l'étude des maladies foliaires des céréales 'approche à l'étude épidémiologique et identification de la jaunisse nanisante de l'orge dans les céréales d'hiver dans les régions de l'est d'Algérie ,33

Oulad El Hadj. M.D., 2004- Le problème acridien au Sahara algérien. Thèse Doctorat., E.N.S.A. EL Harrach, Alger. 279 P.

Oswald J.W. et Houston B.R. (1951). A new disease of cereals, transmissible by aphids, 8,471-475 P.

P

Pettersson J, Tjallingii WF, Hardie J (2007). Host-plant selection and feeding. In: Aphids as crop pests (eds van Emden HF, Harrington R), 87-113 P. International, Wallingford.

Pickett JA, Wadhams LJ, Woodcock CM (1992). The chemical ecology of Aphids. *Annual Review Entomology*, 37, 67-90.

Plumb, R.T. 1974. Properties and isolates of *BYDVs*. *Ann. Appl. Biol.* 77, 87-91.

Powell G, Hardie J, Pickett JA (1995). Response of *Myzus persicae* to the repellent polygodial in choice and no choice video assays with young and mature leaf tissue. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 74, 91-94 P.

Powell D, Tosh CR, Hardie J (2006). Host plant selection by aphid: Behavioral, Evolutionary and Applied perspectives. *Annual Review of Entomology*, 51, 309-330.

Références bibliographiques

Prado E. & Tjallingii. W. f., 1997 -Effects of previous plant infestation on sieve element acceptance by two aphids. *Entomology Experimentalis et Applicata* (82): 189-200 P.

Praloran J.C. – les agrumes. Paris, G.P. Maisonneuve et Larose, 1976, 565p.

Prescott, J.M., P.A. Burnett, E.E. Saari, J. Ransom, J. Bowman, W. de Milliano, R.P. Singh, G. Bekele. 1987. Maladies et ravageurs du b/e: guide d'identification au champ. CIMMYT. Mexico, D.F., Mexico.

R

Raccah. B., & Fereres. A. 2009. Plant Virus Transmission by Insects. Encyclopedia Of Life Sciences, John Wiley and Sons, Ltd. www.els.net.

Ramade F., 2007, introduction à l'écotoxicologie, Ed Masson

Rastoin J.-L., Benabderrazik E.H., 2014, Céréales et oléo protéagineux au Maghreb : Pour un co-développement de filières territorialisées, Ipemed, Col. « Construire la Méditerranée », Paris : 136 p.

-**Rastoin J.-L., 2015,** Editorial, Les systèmes alimentai

Reboulet J. N. (1999). Les auxiliaires entomophages – reconnaissance, méthodes d'observation, intérêt agronomique. Ed. ACTA. 136 p.

Remaudières G., Latgé J. P. at Michel M. F. (1981). Ecologie comparée des entomophoracées pathogènes de pucerons en France littorale et continentale. *Entomophaga* 26 : 157-178.

Remaudière G. et Remaudière M. (1997). Catalogue des Aphididae du Monde. Homoptera, Aphidoidea. INRA Ed, Paris. 473 pp.

Richard M., 2004. La Fusariose chez les céréales dans le Canada atlantique.1-3. <http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/10/pdf/Agriculture/FieldCropsGrainesCultures/FUSARI%20f3.pdf>.

Robert Y., 1982. Les pucerons de la pomme de terre. In : les pucerons des cultures, ACTA, Paris, 198 P.

Références bibliographiques

Robertson, N.L., « Luteovirus and Polerovirus Found in Small Grains for the First Time in the Matanuska-Susitna Region of Alaska », *Plant Dis.*, vol. 87, N° 11, April 2003, pp 433-446.

Rochow W.F. 1969. Biological properties of four isolates of *barley yellow dwarf virus*. *Phytopathology*, 55, 1580-1589.

Rochow W. F., DUFFUS, J.F., and Renal, L., 1981. Relationship between *BYDVs* and other viruses. *Phytopathology*, 7, 52-54.

S

Scholte EJ, Knols BGJ, Samson RA, Takken W. 2004. Entomopathogenic fungi for mosquito control: a review. *J. Insect Sci.* 4/19: 1-24. (insectscience.org/4.19).

Schmidt M.H., Thewes. U., Thies C., & Tschardtke. T., 2004. *Aphid suppression by natural enemies in mulched cereales*. Department of Agroecology, Georg-August University, Waldweg. Germany: 87-93 P.

Shipton W.A., Boyd W.R.J., Rosielle A.A., Shearer B.L., 1971. The common Septoria diseases of wheat. *Botanical Review* 37. P 231-262.

T

Taibi W. (2014). « CONTRIBUTION A L'ANALYSE GENETIQUE ET CARACTERISATION DE QUELQUES VARIETES D'ORGE ET L'INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT SUR LEURS RENDEMENTS AU NIVEAU DE LA WILAYA DE TLEMCEM », Th de Magister univ. Tlemcen.

Terre-net. Des rendements hétérogènes et une qualité variable en blé dur. Publié le 22 août 2013.

Tosh CR, Powell G, Holmes ND, Hardie J (2003). Reproductive response of generalist and specialist aphid morphs with the same genotype to plant secondary compounds and amino acids. *Journal of Insect Physiology*, 49, 1173-1182 p.

Turpeau-Aït Ighil E., Hullé M. et Chaubet B. (2010). Puceron et milieu. Encyclo'Aphid. www.inra.fr/encyclopedie-pucerons.

W

Références bibliographiques

Watkins J.E. et Lane L.C. (1998). Barley yellow dwarf disease of barley, oats and wheat, vol.65,19,222-2229p.

Weckman D.C., Pardo E., 1990. *Intil. J. Numer. Methode Eng.*, 29, pp. 969-984.

Wegulo S., Jackson T.A., Baenziger S., Carlson M., et Hernandez J., 2008. Fusarium Head Blight of Wheat. P 8.

Williams I. S. & Dixon A. F. G., 2007. Life cycles and polymorphism. In: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed International (UK), 69-95.

Z

Ziam A. et Gautier J. Y. (1989). Comparaison des régimes alimentaire de trois espèces de Gerbillidae en milieu saharien, au Maroc. *Rev. Ecol. (Terre et vie)*, T. 44 : 263-278.

Références bibliographiques
