



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE EL-HADJ LAKHDAR BATNA
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de

MAGISTER

Filière

Sciences agronomiques

Ecole doctorale

Option

Valorisation et amélioration de l'agro biodiversité végétale

Présenté par :

M^{lle} MEKAOUSSI Radhia

THEME

**Etude de comportement variétal du blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis de
Rhopalosiphum maidis (Homoptera : Aphididae) dans la région de Batna en vue
de l'amélioration de la plante.**

JURY

Grade et Université

Présidente : **M^{me} FRAH N.** Maître de conférences (A)

Université de Batna.

Examinatrice : **M^{me} LOMBARKIA N.** Maître de conférences (A)

Université de Batna.

Examineur : **M^r BENBELKACEM A.** Maître de recherche (A)

INRA /URC.

Rapporteur : **M^r SI BACHIR A.** Professeur

Université de Batna.

Année universitaire : 2014/2015.

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout **DIEU**, tout puissant, pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée et le courage pour terminer ce travail.

J'adresse mes plus vifs remerciement à mon rapporteur, **M^r SI BACHIR A.**, pour avoir de bien voulu de m'encadrer, pour sa patience, son aide, ses conseils et encouragements, pour le temps qu'il m'a consacré pour réaliser ce travail.

Je remercie chaleureusement l'ensemble des membres de jury.

- **M^{me} FRAH N.** Maître de conférences du département d'agronomie ;
- **M^{me} LOMBARKIA N.** Maître de conférences du département d'agronomie ;
- **M^r BENBELKACEM A.** Maître de recherche INRA.

Pour avoir accepté de faire partie du jury et pour l'intérêt de temps qu'ils consacrés pour avoir bien évalué ce travail.

Je tiens à remercier infiniment **M^{lle} KELLIL H.**, enseignante à l'université de Sétif pour sa disponibilité, son aide lors de l'identification des espèces. **M^{me} ABDESSMED D.**, pour son aide pendant les analyses biochimiques.

Les nombreuses personnes qui ont contribué de près ou de loin à ce mémoire par leurs attentions, et leurs collaborations, je les remercie infiniment.

Enfin

Je tiens à rendre un hommage chaleureux à mes parents pour leur sacrifice, leur amour et leur confiance. Ils m'ont sans cesse apporté le soutien moral, matériel, et financier durant toutes les années d'études.

A tout merci.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à des êtres qui me sont très chers, et sans les quelles je n'aurais jamais atteint le stade où je suis actuellement.

A ma précieuse perle, celui qui ma guidé vers la voie de la réussite, pour ses conseils et ses encouragements...

*A mon père **AMMAR**.*

A ma précieuse perle, celle qui à fait l'impossible pour me permettre de poursuivre mes études jusqu'à ce jours...

*A ma mère **MEKAOUSSI SALIHA**.*

*Je dédie également ce mémoire à mon très cher fiancé **CHERRRI ATEF**.*

*A ma très chère sœur : **SIHAM**.*

*A mes très chers frères : **ABDELJALIL, SALAHEDDINE, ABDENOUR**.*

A tout ma grande famille.

A mes superbes et introuvables amies.

A tout mes collègues de l'école doctorale 2011/2012.

A tous ceux qui j'ai connu et n'ai pu citer.

Radhia

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à des êtres qui me sont très chers, et sans les quelles je n'aurais jamais atteint le stade où je suis actuellement.

A ma précieuse perle, celui qui ma guidé vers la voie de la réussite, pour ses conseils et ses encouragements...

A mon père.

A ma précieuse perle, celle qui à fait l'impossible pour me permettre de poursuivre mes études jusqu'à ce jours...

A ma mère.

*Je dédie également ce mémoire à mon très cher fiancé **CHERRRI ATEF**.*

*A ma très chère sœur : **SIHAM**.*

*A mes très chers frères : **ABDELJALIL, SALAHEDDINE, ABDENOUR**.*

A tout ma grande famille.

A mes superbes et introuvables amies.

A tout mes collègues de l'école doctorale 2011/2012.

A tous ceux qui j'ai connu et n'ai pu citer.

Radhia

Table de matière

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre 1 : Caractéristiques générales et importance économique du Blé dur

1. Historique et origine génétique.....	1
2. Classification et caractéristiques botaniques et agronomiques.....	4
3. Valeur alimentaire	10
4. Importance économique.....	11
5. Aspect phytosanitaire.....	13
6. Situation agronomique du blé dur en Algérie.....	15
6.1. Zone de production.....	15
6.2. Principales variétés de Blé dur cultivées en Algérie.....	17

Chapitre 2 : Mécanismes de défense du blé dur et les bio-agresseurs Aphidiens

1. Mécanismes de défense du blé aux bio-agresseurs	18
1.1. Généralités.....	18
1.2. Composées produits par la plante hôte.....	19
1.3. Sources de résistance du blé aux pucerons.. ..	19
2. Aphididae agresseurs du blé dur	20
2.1. Caractéristiques morphologiques des Aphididae	20
2.2. Critères d'identification des Aphididae.....	20
2.3. Espèces aphidiennes agresseurs du blé dur.....	22
3. Biologie de <i>Rhopalosiphum maidis</i> (Aphididae).....	23
3.1. Position systématique	23
3.2. Description et répartition géographique	23
3.3. Cycle biologique et plantes hôtes.....	23
3.4. Seuil de nuisibilité	24
3.5. Dégâts.....	25
3.6. Moyens de lutte	26

Chapitre 3 : Méthodes d'étude

1. Présentation générale du cadre de l'étude et des stations échantillonnées.....	28
1.1. Description générale de la région d'étude	28
1.1.1. Géographie.....	28
1.1.2. Géologie.....	29
1.1.3. Relief.....	29
1.1.4. Hydrologie	30
1.1.5. Occupation agricole de la région de Batna.....	30
1.2. Situation climatique.....	30
1.2.1. Facteurs climatiques primaires.....	31
1.2.2. Facteurs climatiques secondaires.....	34
1.2.3. Synthèse climatique	35
1.3. Présentation générale des stations d'étude.....	37
1.3.1. Choix des stations	37
1.3.2. Description des stations d'étude.....	37
1.3.3. Occupation des sols et importance des productions.....	39
1.3.4. Calendrier cultural et tenue des cultures de la campagne 2012/2013 dans les trois stations d'étude	40
2. Méthodes et techniques d'étude	42
2.1. Sur terrain	42
2.1.1. Méthodes d'échantillonnage des pucerons	42
2.1.2. Méthode d'échantillonnage des plants de blé dur	44
2.2. Au laboratoire	46
2.2.1. Montage et dénombrement des pucerons	46
2.2.2. Installation et suivi de la culture au laboratoire	46
2.2.3. Calcul des paramètres et indices	47
2.2.3.1. Fréquence d'abondance	47
2.2.3.2. Fréquence d'occurrence	47
2.2.3.3. Mesures des paramètres morphologiques, agronomiques et biochimiques.....	48
2.3. Traitements statistiques.....	51

Chapitre 4: Résultats et discussions

1. Structure des peuplements aphidiens recensés sur champ.....	52
1.1. Inventaire et fréquence d'occurrence	52
1.2. Dynamique des populations de pucerons en fonction des stades phénologiques de la plante hôte.....	55
1.3. Dynamique des populations de pucerons en fonction des variétés de blé dur.....	57
2. Résultats de l'essai d'infestation du blé dur par <i>R. maidis</i> au laboratoire	59
2.1. Evolution des fréquences d'infestation par <i>R. maidis</i> fonction des stades phénologiques.....	59
3. Paramètres morphologiques, biochimiques et agronomiques.....	61
3.1. Paramètres morphologiques.....	61
3.1.1. Analyse de la variance des différents paramètres morphologiques.....	68
3.2. Paramètres biochimiques.....	69
3.2.1. Analyse de la variance des différents paramètres biochimiques.....	74
3.3. Paramètres agronomiques	75
3.3.1. Analyse de la variance des différents paramètres agronomiques.....	82
4. Incidence des Aphididae sur le comportement variétal du blé dur sur champ	83
5. Incidence de <i>R. maidis</i> sur les trois variétés du blé dur étudiées au laboratoire.....	84

Conclusion

Références bibliographiques

Liste des abréviations

BOU : Variété Boussallem.

CHLO : Chlorophylle.

Ep.E : Nombre d'épillet par épi.

GTA : Variété GTAdur.

HP : Hauteur de la plante.

LB : Longueur des barbes.

LE: Longueur de l'épi.

MBB : Variété Mohamed Ben Bachir.

NG : Nombre des grains par épi.

PMG : Poids de mille grains.

RDT : Rendement.

SF : Surface foliaire.

SFDF : Surface foliaire de la dernière feuille.

TF : Taux de fertilité.

Var : Variété.

Liste des tableaux

Tableau 1. Les stades de développement des céréales suivant l'échelle de Feekes et Zadocks (Cauwel et <i>al.</i> , 2000).....	8
Tableau 2. Composition nutritionnelle moyenne du grain entier de blé (en % de la matière sèche MS) et composition en vitamines et en minéraux (en mg) (Fredot, 2005).....	11
Tableau 3. Les maladies virales et fongiques les plus communes sur le blé	14
Tableau 4. Principaux insectes ravageurs du blé dur.....	15
Tableau 5. Principales variétés de blé dur cultivées en Algérie et leurs caractéristiques (ITGC, sd).....	17
Tableau 6. Espèces aphidiennes agresseurs du blé dur.....	22
Tableau 7. Données thermométriques mensuelles moyennes en C° de la région d'étude calculé par extrapolation sur la période 1994-2013.....	32
Tableau 8. Données thermométriques mensuelles moyennes en °C de la région d'étude calculé par extrapolation sur la période 2012-2013.....	33
Tableau 9. Moyennes mensuelles de précipitation en (mm) de la région d'étude calculée par extrapolation sur la période 1994-2013 et sur la campagne 2012-2013.....	34
Tableau 10. L'humidité relative moyenne (en %) de la région d'étude de la période 1994-2013 et de la campagne 2012-2013.....	34
Tableau 11. Vitesse moyenne des vents de la région d'étude sur la période 1994-2013 et sur la campagne 2012-2013.	35
Tableau 12. Production des céréales durant la campagne 2012/2013 dans les deux zones d'étude.	40
Tableau 13. Caractéristiques générales et calendrier cultural de la culture de blé dur au niveau des trois stations.	42
Tableau 14. Caractéristiques générales des trois variétés de blé dur étudiées.....	45
Tableau 15. Représentation du dispositif expérimental	47
Tableau 16. Liste systématique des Aphididae inventoriés avec leurs fréquences d'occurrences sur trois variétés blé dur étudiées.....	53
Tableau 17. Valeurs des paramètres morphologiques moyens des variétés de blé	

étudiées sur champ et au laboratoire.....	61
Tableau 18. Résultats de l'analyse de la variance pour les paramètres morphologiques révélés pour les plantes de blé dur sur champ et au laboratoire.....	68
Tableau 19. Valeurs moyennes des paramètres biochimiques dosés au laboratoire sur des plantes de blé dur étudiées.....	70
Tableau 20. Résultats de l'analyse de la variance pour les paramètres biochimiques mesurés au laboratoire sur les plantes de blé dur... ..	74
Tableau 21. Paramètres agronomiques des plantes de blé dur étudiées sur champ et au laboratoire.....	75
Tableau 22. Résultats de l'analyse de la variance pour les paramètres agronomiques révélés pour les plantes de blé dur sur champ et au laboratoire.....	82
Tableau 23. Résultats de l'analyse de la variance des paramètres morphologiques de variétés de blé dur cultivées au champ et l'incidence des aphides sur ces variétés.....	84
Tableau 24. Résultats de l'analyse de la variance des paramètres agronomiques des variétés de blé dur cultivées au champ et l'incidence des aphides sur ces variétés....	84
Tableau 25. Analyse de la variance des paramètres morphologiques des variétés de blé dur étudiées et l'incidence des <i>R. maïdis</i> sur ces variétés.....	85
Tableau 26. Résultats de l'analyse de la variance des paramètres biochimiques de variétés de blé dur cultivées au laboratoire et l'incidence des <i>R. maïdis</i> sur les variétés.....	85
Tableau 27. Résultats de l'analyse de la variance des paramètres agronomiques de variétés de blé dur étudiées et l'incidence de <i>R. maïdis</i> sur ces variétés.....	86

Liste des figures

Figure 1 : Origines et généalogie du blé (Naville, 2005).....	3
Figure 2 : Anatomie du grain de blé (Fredot, 2005).....	5
Figure 3 : Fleurs et graine (caryopse) de blé (Heiser, 1990).....	6
Figure 4: Production du blé dur en million de tonnes dans les principaux pays producteurs dans le monde au cours de l'année 2012/2013 (CIC, 2013).....	12
Figure 5: Localisation des trois principales zones céréalières en Algérie (Kellou, 2008).....	16
Figure 6 : Morphologie externe d'un puceron ailé (Turpeau –Ait et <i>al.</i> , 2011).....	21
Figure 7: Formule de seuil d'intervention (Bassino, 1982).....	25
Figure 8: Situation géographique de la région de Batna (DPAT, 2008).....	28
Figure 9 : Diagramme ombrothermique de Gaussen des zones d'étude (1994-2013).....	36
Figure 10 : Carte de la situation géographique de Tazoult et d'Ouyoun El Assafir et situation des trois stations d'étude (cercles rouges).....	39
Figure 11: Vue générale sur les trois sites (champs) étudiés	41
Figure 12: Photo représentante les pièges utilisés pour la capture des pucerons.....	43
Figure 13 : Disposition des pièges utilisés dans les parcelles de blé dur étudiés.....	44
Figure 14 : Evolution des effectifs totaux des populations de pucerons recensés sur blé dur dans la région de Batna en fonction des stades phénologiques	55
Figure 15: Evolution des effectifs de la population de <i>R.maïdis</i> recensé sur blé dur dans la région de Batna en fonction des stades phénologiques	55
Figure 16: Fréquences en nombre d'individus des espèces de pucerons recensés trois variétés de blé dur dans la région de Batna.	58
Figure 17 : Evolution des fréquences d'infestation par <i>R. maïdis</i> des trois variétés de blé dur étudiées au laboratoire en fonction des stades phénologiques.	60
Figure 18 : Boîtes à moustaches représentent la hauteur des plantes (HP) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire	63
Figure 19: Boîtes à moustaches représentent la surface foliaire de la dernière feuille (SFDF) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire.....	64

Figure 20: Boites à moustaches représentent la surface foliaire (SF) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire	65
Figure 21: Boites à moustaches représentent la longueur de l'épi (LE) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire	66
Figure 22: Boites à moustaches représentent la longueur des barbes (LB) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire	67
Figure 23: Boites à moustaches représentent la teneur en chlorophylle (CHLO) des trois variétés de blé dur cultivées au laboratoire.....	71
Figure 24 : Boites à moustaches représentent la teneur en sucres solubles (SUCRE) des trois variétés de blé dur cultivées au laboratoire.....	72
Figure 25 : Boites à moustaches représentent la teneur en proline (PROLINE) des trois variétés de blé dur cultivées au laboratoire.....	73
Figure 26 : Boites à moustaches représentent le taux de fertilité (TF) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire.....	77
Figure 27: Boites à moustaches représentent le nombre d'épillets par épi (Ep.E) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire.....	78
Figure 28: Boites à moustaches représentent le nombre de grains (NG) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire.....	79
Figure 29: Boites à moustaches représentent le poids de 1000 grains (PMG) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire.....	80
Figure 30: Boites à moustaches représentent le rendement en grains (RDT) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire.....	81

INTRODUCTION

Introduction

En Algérie, la culture des céréales occupe une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays. La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 millions d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures (Djermoun, 2009). Aussi, les importations des céréales représentent 43% des valeurs globales des importations du pays et le blé dur représente la majorité des importations (Smadhi et Zella, 2009).

La production de blé dur, comme le reste des cultures céréalières est limitée par des stress abiotiques et biotiques qui représentent de réelles contraintes affectent les rendements (Turki et *al.*, 2014). Hormis les stress abiotiques, tel le stress hydrique, le stress salin et les gelées ; les stress biotiques exercés notamment par les ravageurs sur les plantes cultivées représentent l'une des contraintes majeures de la production végétale à l'échelle mondiale (Noir, 2002).

Parmi les principaux stress biotiques, les pucerons sont considérés comme étant des ravageurs importants de la majorité des cultures en causant des pertes économiques importantes (Dedryver., 2010). Selon Turpeau–Ait et *al.*, (2011), l'importance des pucerons est due à leurs formidables aptitudes de se reproduire et leur capacité à transmettre les maladies virales aux plantes. Kieckhefer et Gellner (1992) et Voss et *al.*, (1997) in Crespo-Herrera et *al.*, (2013), considèrent que les pucerons peuvent réduire le rendement du blé de 30 à 40 %.

Ailleurs, Deravel et *al.*, (2014), avancent que la lutte intégrée par l'utilisation de variétés résistantes aux ravageurs est une alternative efficace à l'emploi de produits phytosanitaires. L'amélioration du rendement et la gestion durable des ressources phytogénétiques passent ainsi par la réhabilitation de certaines variétés de blé et ces dernières devraient être introduites dans les programmes de sélection (Cherfia, 2010).

L'amélioration de la production du blé passe donc par un meilleur contrôle de ses parasites. En effet, le développement de variétés à grande production avec une meilleure qualité du grain reste le principal objectif du sélectionneur. Toutefois, à ces besoins classiques s'ajoutent aujourd'hui des exigences découlant d'une grande prise de conscience sociale en matière de protection de l'environnement, menant à la limitation des traitements phytosanitaires (Najimi et *al.*, 2003).

Pour améliorer la production de blé et la rendre plus stable, plusieurs voies ont été suivies dont la recherche et la création de nouvelles variétés plus résistantes aux stress (Hayek et *al.*, 2000). La résistance des plantes aux attaques des insectes peut être définie par la capacité de la variété à produire un rendement élevé et à haute qualité que les autres variétés au même niveau de pullulations des insectes (Carena et Glogoza, 2004).

Cependant, cette recherche nécessite l'analyse et la compréhension des différents modes de résistance, révélée par la plante, afin de développer des critères de sélection qui peuvent être utilisés dans des programmes d'amélioration variétale (Hayek et *al.*, 2000). Selon Turner, (1979) in Hayek et *al.*, (2000), la résistance à un stress est associée à plusieurs caractéristiques d'ordre morphologiques, physiologiques et biochimiques reflétant différents types de résistance. Du point de vue agronomique, la tolérance au stress va se mesurer par l'impact du stress sur le rendement (graines, parties végétatives), en fonction des cultures et/ou la qualité des produits (Gravot, 2009).

Le présent travail a pour but d'évaluer le comportement variétale de blé dur (*Triticum durum* Desf) à l'égard de pucerons (Homoptera : Aphididae) dans le champ et au laboratoire.

Notre étude s'insère dans cette problématique et se fixe comme objectifs :

- D'identifier les espèces de pucerons et mettre en évidence la dynamique de leurs populations sur trois variétés de blé dur : GTAdur, Boussallem et Mohamed Ben Bachir dans la région de Batna,
- Caractérisation morphologique (hauteur des plantes, surface foliaire de la dernière feuille, surface foliaire, longueur de l'épi et longueur des barbes) et agronomique (taux de fertilité, nombre d'épillets par épi, nombre des grains par épi, le poids de mille grains et rendement en grains) des variétés de blé dur de champ
- Caractérisation biochimiques des trois variétés de blé dur (chlorophylle, sucres solubles et proline) suite à des cultures réalisées au laboratoire,
- Etude de l'effet de l'infestation des plantes cultivées au laboratoire par *Rhopalosiphum maidis*, afin de suivre l'évolution de cette espèce sur les trois variétés de blé dur étudiés, mettant en évidence le comportement de ces trois variétés, notamment en ce qui concerne les différents paramètres (morphologiques, agronomiques et biochimiques),

Les résultats de cette étude permettraient de mieux orienter le choix des meilleures variétés, les plus productives et qui montrent une plus au moins grande résistance vis-à-vis des pucerons.

Chapitre 1

**Caractéristiques générales et importance économique du
Blé dur**

Chapitre 1 : Caractéristiques générales et importance économique du Blé dur

1. Historique et origine génétique

La saga du blé accompagne l'histoire de l'homme et l'agriculture (Feillet, 2000). La domestication du blé, liée à la naissance de l'agriculture, survient au proche orient, dans la région du croissant fertile, il y a environ 10000 ans (Naville, 2005). Selon Cook et *al.*, (1991), le centre d'origine géographique du blé semble être l'ouest de l'Iran, l'est de l'Irak, et le sud et l'est de la Turquie. Toutes les espèces de blé spontanées et cultivées appartiennent au genre *Triticum* et sont distribuées sur un vaste territoire qui s'étale de l'Asie centrale aux régions du bassin méditerranéen (Verville, 2003). Le blé a gagné l'Europe occidentale par deux grands axes: la Méditerranée et la vallée du Danube (Naville, 2005).

La domestication progressive de graminées cultivées résulte du passage d'une civilisation nomade (chasseurs, cueilleurs et éleveurs) à celle de l'agriculteur sédentarisé dont la plus ancienne est le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie (Feillet, 2000).

D'après Cook et *al.*, (1991) et Verville, (2003), certains des premiers blés cultivés (primitifs) étaient des diploïdes, l'en grain *Triticum monococcum* ($2n = 14$), le tétraploïde *Triticum turgidum* var. *dicoccum* ($2n = 28$; amidonnier) et l'hexaploïde l'épautre (*T. aestivum* var. *spelta*).

D'après Cook et *al.*, (1991) ; Henry et De Buyser, (2001), la culture de l'en grain est attestée, au septième millénaire avant J.-C., au Kurdistan irakien, dans le sud-est de la Turquie et dans le sud des Balkans. L'amidonnier était la principale céréale cultivée par les premiers agriculteurs du proche orient. C'est probablement par l'intermédiaire des régions montagneuses du croissant fertile qu'il est parvenu dans les plaines de Mésopotamie au sixième millénaire avant J.C., d'où il était introduit en Egypte, en Europe, en Asie centrale et en Inde au cinquième et quatrième millénaires. L'épautre aurait été cultivé dans la région du Haut-Rhin au cours du deuxième millénaire avant J.C.

Selon Feillet, (2000), de grands agronomes, le russe Vavilof notamment, ont déterminé les foyers anciens de l'agriculture. En Europe, le plus important est celui de moyen orient

entre le Tigre et l'Euphrate. Les céréales y étaient la base de l'alimentation. Le blé est ainsi devenu le symbole de la terre nourricière.

En Algérie selon Pictav, (1856), le Blé dur (*T. durum*) était la seule variété connue de la population autochtone avant la colonisation française. Il est de couleur plus brune du grain, son écorce craque sous la dent, sa cassure vitreuse, sa farine moins blanche. Léon Ducellier (1878-1937), découvrit et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies (Lery, 1982). Au temps des amazighs le plat traditionnel était le couscous (Bensalem et al., 1995).

Le blé a été domestiqué par hybridation entre trois espèces d'une graminée sauvage, l'épeautre ou engrain sauvage (Fig.1) (Naville, 2005). Pendant plusieurs millénaires, le blé n'est cultivé, comme les autres céréales, qu'en faibles quantités et avec de très bas rendements (Naville, 2005). Les analyses cytogénétiques plus récentes appuyées par les analyses biochimiques qui utilisent des marqueurs moléculaires ont permis de retracer la progéniture des formes cultivées de blé et de mieux comprendre les processus de polyploïdie qui ont produit les diverses espèces spontanées et les formes cultivées de blé (Verville, 2003).

Selon Belaid, (1996) ; Verville (2003) et Naville, (2005), les blés constituent le genre *Triticum* qui comporte un certain nombre d'espèces sauvages et cultivées qui se différencient par leur degré de ploïdie et par leur nombre de chromosomes. Génétiquement, ils sont divisés en diploïdes, tétraploïde et hexaploïdes.

D'après Cook et al., (1991) ; Feillet, (2000) et Verville (2003), les analyses cytogénétiques ont montré que les espèces de *Triticum* formaient une série polyploïde avec une base chromosomique de sept. Les blés diploïdes sauvages ont 14 chromosomes, les blés tétraploïdes et les blés durs modernes en ont 28. Les blés communs hexaploïdes ont 42. Les blés tétraploïdes résultent d'un croisement rare mais naturel entre 2 espèces de blé diploïdes. Les chromosomes des 2 espèces diploïdes se sont combinés dans un processus appelé l'amphidiploïdie. Une espèce diploïde ayant le génome AA produit par un croisement avec une espèce diploïde ayant le génome BB, un hybride diploïde ayant le génome AB, qui serait

stérile. Dans des rares cas, les chromosomes se dédoublent spontanément pour produire l'hybride tétraploïde AA BB qui est fertile (Cook et *al.*, 1991).

Les tétraploïdes comportent plusieurs espèces dont le *Triticum durum* ou blé dur (Naville, 2005). Donc le *Triticum durum* contient les deux génomes AA et BB et 28 chromosomes.

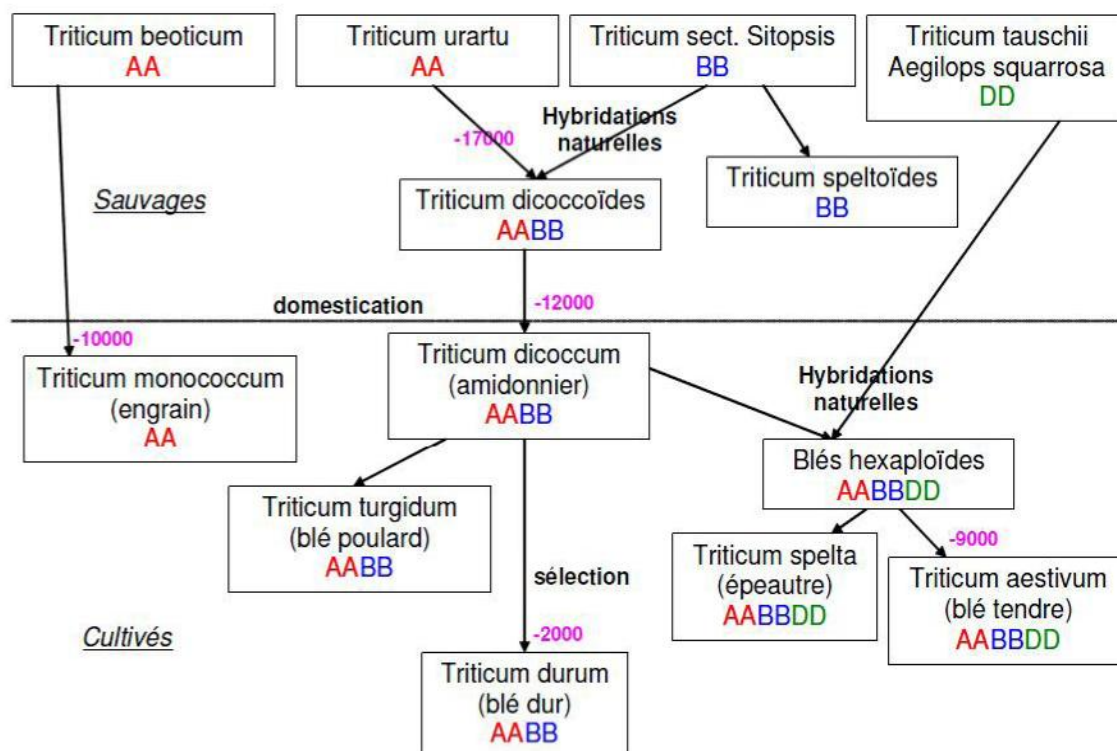


Figure 1 : Origines et généalogie du blé (Naville, 2005).

(AA, BB, DD : génomes ; -10000 : nombre d'années avant l'histoire).

2. Classification et caractéristiques botaniques et agronomiques

Selon Naville, (2005); Cook et *al.*, (1991); Le Clech, (2000) et Feillet, (2000), la taxonomie de blé dur est établie comme suit :

Classe : Angiospermes

Ordre : Monocotylédones

Famille : Poacées (Gramineae)

Tribu : Hordées

Genre : *Triticum*

Espèce : *Triticum durum*

Nom commun : Blé dur

➤ Caractéristique botaniques

- **Description morphologique**

- **Le grain**

D'après Belaid, (1996); Soltner, (1999) ; Feillet, (2000) et Ferreira, (2011), le grain de blé est un caryopse. C'est un fruit sec indéhiscent, constitué d'une graine et de téguments. Le caryopse de blé est nu (les glumelles n'adhèrent pas le caryopse). Sur l'épi, il est trouvé des glumes et glumelles, lors du battage ils sont éliminés.

Sur le plan morphologique, le grain a une forme ovoïde de coloration blanchâtre à brunâtre avec un sillon sur la face ventrale, il est de taille de 6.5 à 8.5 mm de long et son diamètre de 3 à 4mm (Fredot, 2005). Ce sont des caractéristiques variétales qui varient en fonction des conditions culturales et la position du grain sur l'épi (Calderini *et al.*, 2000, Evers et Millar, 2002 in Ferreira, 2011).

Histologiquement, le grain de blé dur est formé de trois types de tissus : le germe (3% du poids du grain), les enveloppes (17%) et l'albumen (80%) (Fredot, 2005) (Fig. 2).

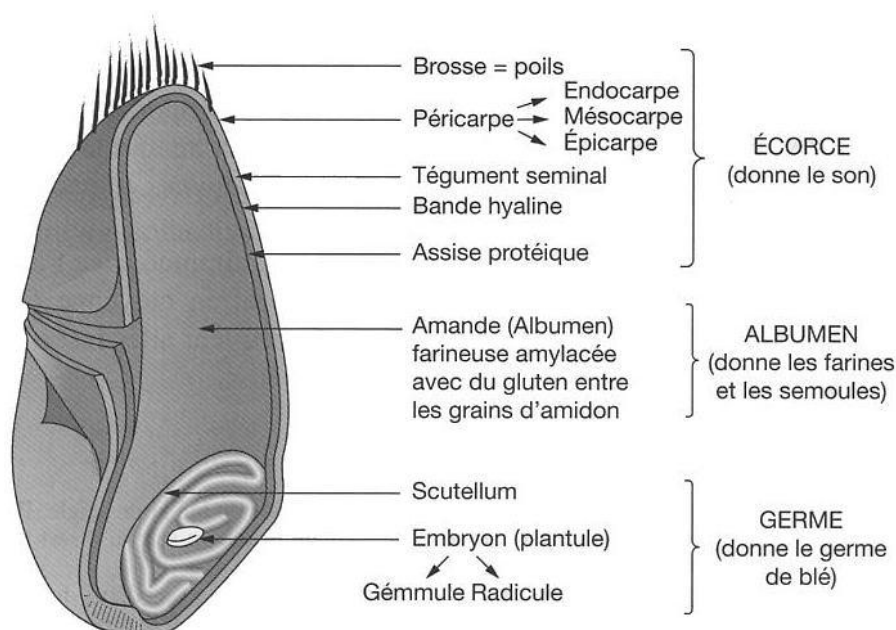


Figure 2 : Anatomie du grain de blé (Fredot, 2005).

▪ L'appareil végétatif

❖ Le système racinaire

D'après Belaid, (1996), le système racinaire est de type fasciculé. En cours de développement, deux systèmes se forment :

- Le système racinaire séminal (primaire) : fonctionne de la germination au tallage.
- Le système racinaire coronaire (secondaire) : apparait au stade tallage.

❖ Le système aérien

Selon Belaid, (1996), la tige est cylindrique, séparée par des nœuds formant des entrenœuds, ces derniers sont plaines chez le blé dur, chaque nœud est le point d'attache d'une feuille. La tige principale appelée le maître brin et des tiges secondaires appelées talles qui naissent à la base de la plante (Gate, 1995).

Les feuilles sont à nervures parallèles et formées en deux parties : La partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige (la gaine) et la partie supérieure en forme de lame (le

limbe) (Belaid, 1996). Les feuilles portent à leur jonction avec la gaine des oreillettes vêtues et une ligule (Moule, 1971).

▪ L'appareil reproducteur

Les fleurs sont groupées en inflorescences de type épi, l'épi est composé d'épillets, l'épillet est une petite grappe de une à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (Fig.3) (Moule, 1971). L'épi est constitué d'un axe appelé le rachis sur le quel sont fixés les épillets (Belaid, 1996). Le blé est une plante monoïque à fleurs parfaites (Cook et *al.*, 1991). Elle se reproduit par voix sexué et par l'autofécondation (espèce autogame) (Soltner, 1999). Il existe un pourcentage faible (< 3%) de pollinisation croisé (Cook et *al.*, 1991).

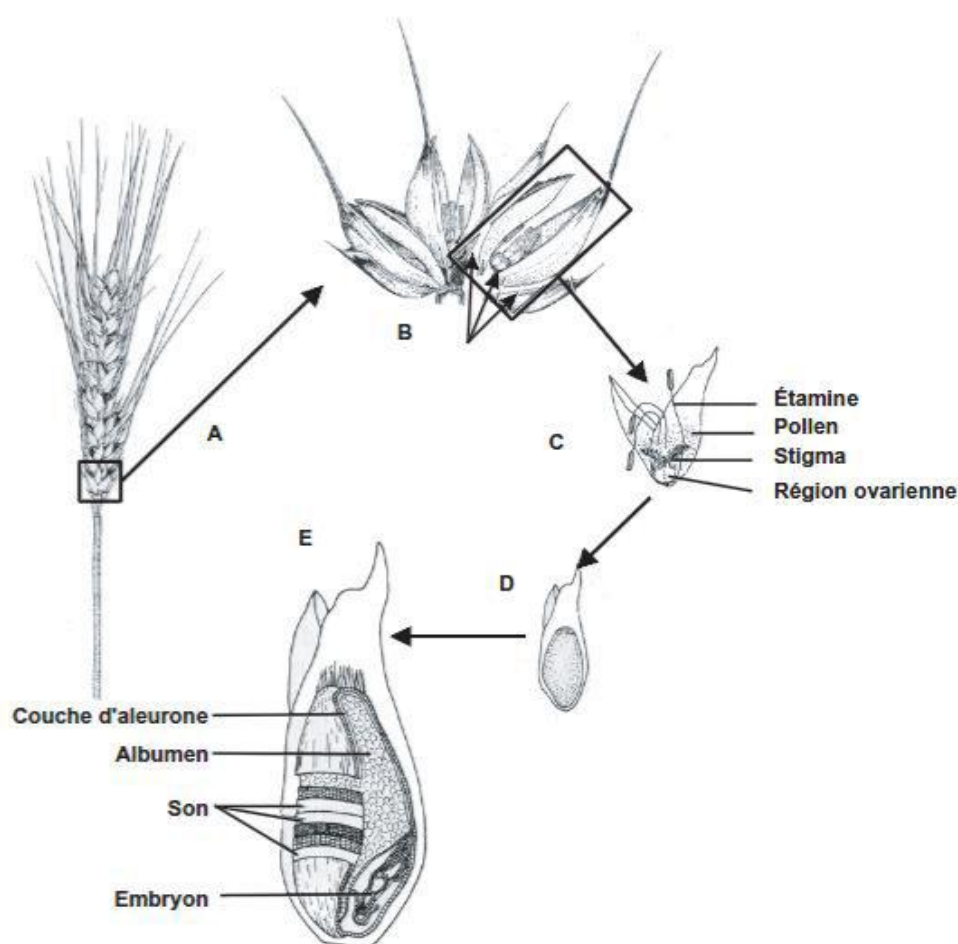


Figure 3 : Fleurs et graine (caryopse) de blé (Heiser, 1990).

- A. Epi composé de plusieurs épillets possédant plusieurs fleurs ; B. Epillet à trois fleurs ;
 C. Composantes d'une fleur ; D. Jeune caryopse ; E. Fruit mature (caryopse).

- **Stades phénologiques**

D'après Bogard, (2011), les stades clés de développement décrits par différents auteurs suivant des échelles de développement différentes : telle l'échelle de Zadocks et l'échelle de Feekes (Tableau 1).

- ✦ **La germination - levée**

Le blé germe dès que la température dépasse le zéro de germination (0 °C) (Moule, 1971). La levée est notée lorsque 50% des plantes sont sorties de la terre. Durant cette première phase le blé va être très sensible aux conditions climatiques (Belaid, 1996).

- ✦ **Tallage**

D'après Moule, (1971) et Gate, (1995), le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la 1^{ère} feuille de la talle latérale primaire. L'ensemble court noué, formant un plateau du tallage situé juste au niveau du sol. L'importance des talles dépend de la variété, la densité de semis, la densité des adventices et la nutrition azotée (Belaid, 1996). La fin du tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive (Gate, 1995).

- ✦ **Montaison- gonflement**

D'après Gate et Giban, (2003), cette phase débute à partir du stade épi 1cm par l'élongation des entrenœuds, ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du maître brin atteint 1cm du plateau du tallage. La montaison est le stade le plus critique du développement du blé. Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la dernière feuille (Boulal et *al.*, 2007)

- ✦ **Epiaison-floraison**

Selon Gate, (1995), l'épiaison est la période allant de l'apparition des premiers épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors la gaine de la dernière feuille. Après 4 à 8 jours, les épis fleurissent au même moment à l'écart de 2 ou 3 jours, une fois la fécondation est terminée le nombre de grains est fixé.

Le tableau suivant représente les stades de développement des céréales suivant l'échelle de Feekes et Zadocks.

Tableau 1. Les stades de développement des céréales suivant l'échelle de Feekes et Zadocks (Cauwel et *al.*, 2000).

Stades	FEEKES	ZADOKS	Caractéristiques
Levée	1	7 10 11 12 13	Sortie de la coléoptile 1ère feuille traversant le coléoptile 1ère feuille étalée 2ème feuille étalée 3ème feuille étalée
Début tallage	2	21	Apparition de la 1ere talle et de la 4eme feuille
Plein tallage	3	22 23	2 à 3 talles
Fin tallage	4	24 25	
Epi à 1 cm	5	30	Sommet de l'épi distant de 1 cm du plateau de tallage
1-2 nœuds	6 7	31 32	1 nœud Elongation de la tige 2 nœuds
Gonflement	8	37	Apparition de la dernière feuille
L'épi gonfle la gaine de la dernière feuille	9 10	39 45	Ligule juste visible (méiose male) Gaine de la dernière feuille sortie
Épiaison	10-1 10-2 10-3 10-4 10-5	49-51 53 55 57 59	Gaine éclatée ¼ épiaison ½ épiaison ¾ épiaison Tous les épis sont sortis
Floraison	10-5-1 10-5-2 10-5-3	61 65 69	Début floraison Mi-floraison Floraison complète
Formation du grain	10-5-4 11-1 11-2 11-3 11-4	71 75 85 91 92	Grain forme Grain laiteux Grain pâteux Grain jaune Grain mur

✦ Remplissage du grain

D'après Gate, (1995), la formation du grain se fait en trois étapes essentielles ; la première étape de la floraison au grain laiteux, le grain est vert et la teneur en eau est élevée. La deuxième étape, du grain laiteux à la phase grain pâteux, il y a un remplissage des cellules des enveloppes par les sucres sous forme de l'amidon. Le stade pâteux, correspond à la fin de

la migration des réserves, le grain est de couleur jaune-vert. La troisième étape est la maturation physiologique qui marque la fin du remplissage du grain. Le grain perd son humidité pour atteindre son poids sec final, le grain durcit et sa coloration est jaune.

➤ **Caractéristiques agronomiques**

- **Exigences agro techniques**

- ✦ **Rotation**

Selon Moule, (1971), la rotation est l'une des méthodes les plus efficaces, pour contrôler les nématodes, les pathogènes originaires du sol et un grand nombre d'insectes. Le meilleur précédent est constitué par une plante sarclée (ou une jachère). Le but de la jachère travaillée est l'amélioration de la production des céréales qui suit, elle améliore la capacité des stockages des eaux de pluie par le sol, réduit l'infestation en mauvaises herbes et favorise la minéralisation de l'azote (Oudina et Bouzerzour, 1989 in Hargas, 2007).

- ✦ **Préparation du sol**

Pour installer la culture il faut bien préparer le sol ; la première étape est le labour. Le labour consiste à découper et à retourner une bande de terre (Belaid, 1996). Il a un effet favorable sur le développement racinaire, il améliore en particulier la vitesse de croissance en début de cycle (Vilain, 1997 et Amara et *al.*, 2006). D'après Charreau et Nicou, 1971 ; Nicou, 1977 cités par Amara et *al.*, (2006), cet effet est attribué à la modification de la porosité du sol et à une réduction de la résistance du sol à la pénétration des racines. Selon Zaghouane et *al.*, (2006), il s'effectue entre 12 et 25 cm, mais les labours trop profonds affectent la fertilité du sol.

- ✦ **Choix de la variété**

Selon Soltner, (2005) et Vilain, (1997), pour choisir une variété de blé, il faut tenir compte de plusieurs caractéristiques : la date de semis (variété tardive ou précoce, hiver ou printemps), date de récolte (pour éviter les risques d'échaudage), les risques physiologiques (froid, sécheresse, verse), risque sanitaire (maladies), la productivité et la qualité de récolte (Moule, 1971).

✦ Semis

D'après Belaid, (1996), la préparation d'un lit de semences favorise un levé rapide homogène. La profondeur de semis (3 – 4 cm) permettra un meilleur levé et un tallage plus important (Moule, 1971). La période optimum de semis s'étale entre le 15 octobre et le 15 novembre ; selon la zone agro climatique (Belaid, 1996). Selon Belaid, (1996) et Soltner, (2005), l'objectif de la dose de semis est d'atteindre un peuplement optimum, il dépend de la variété et de la zone. Pour un blé d'hiver, la densité optimale est de l'ordre de 250 plante au m² ce qui correspond à une dose de 90 à 130 kg/ha (Moule, 1971).

✦ Fertilisation

Selon Belaid, (1996), la fertilisation est un facteur d'augmentation des rendements, elle est en fonction du type de sol et du type de répartition de la pluviométrie. L'apport de phosphore entretient la fertilité des sols. Il a un effet sur la croissance et la multiplication du système racinaire. La fumure phosphopotassique est généralement enfouie au labour, à l'automne (Moule, 1971). L'azote est un élément nécessaire au développement des organes, il accroît la surface foliaire et augmente l'évapotranspiration (Vilain, 1997). Afin que la plante puisse bien utiliser la fumure azotée, les apports doivent être fractionnés (Soltner, 2005).

3. Valeur alimentaire

Cook et *al.*, (1991), ont estimé que deux tiers de la population mondiale dépendent du blé dur et du riz pour leur nourriture de base. Les avantages nutritionnels des céréales sont évidents : nature complexe des glucides, source protéique intéressante, apport de micronutriments indispensables, présence de fibres alimentaires végétales, etc. (Fredot, 2005 ; Leverage, 2007). Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain (Feillet, 2000). Une grande partie des composantes du grain ayant un intérêt nutritionnel se retrouve dans les sons (Oury, 2007). Selon Branlard et *al.*, (2012), le son et le germe sont connus pour renfermer la majorité des substances nutritionnelles ou bioactives telles que les fibres et les minéraux (notamment Fe, Mg, Se, Zn, P), des antioxydants (notamment acides phénoliques, caroténoïdes), les vitamines du groupe B et E (Tableau 2). Selon Moule, (1971), la matière sèche de grain de

blé est de 86 – 87 %. Le grain de blé ne constitue que 13,5 % d'eau (Fredot, 2005). Le blé est donc, un aliment énergétique. D'après Feillet, (2000), les protéines du blé ont une teneur élevée en acide glutamique, elles sont riches en proline et leucine. L'amidon est le principal polysaccharide de réserve de grain des céréales.

La composition nutritionnelle avec leurs pourcentages dans le grain entier de blé et la composition en vitamines et en minéraux (en mg), sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2. Composition nutritionnelle moyenne du grain entier de blé (en % de la matière sèche MS) et composition en vitamines et en minéraux (en mg) (Fredot, 2005).

Composition nutritionnelle	Pourcentage de MS (%)
Protéines	12
Lipides	2
Glucides	61
Composition en vitamine	Poids (mg) pour 100g
<u>Vitamine</u>	
Vitamine E	2,5
Vitamine B1	0,41
Vitamine B2	0,1
Vitamine B3	4,7
Vitamine B6	0,5
Vitamine D	0
<u>Minéraux</u>	
Calcium	35
Cuivre	0,6
Fer	5
Magnésium	140
Sodium	3
Potassium	435
phosphore	400
Zinc	4,1

4. Importance économique

D'après Feillet, (2000) et Branlard et *al.*, (2012), le blé est l'une des ressources alimentaires principales de l'humanité. La production de blé est aujourd'hui devenue un enjeu important pour nourrir l'humanité.

➤ **Dans le monde**

La production du blé dans le monde est de 650 million de tonnes en 2010 (Branlard et *al.*, 2012). D'après Feillet, (2000), les estimations de la demande mondiale de blé dur s'élèvera à 1 milliard de tonnes en 2020. La culture de blé représente 17% des échanges internationaux de produits agricoles. Seconde en volume après le maïs, la production de blé ne cesse de croître pour faire face à la demande de sa consommation. Les surfaces cultivées en blé (220 million d'ha) ne peuvent croître indéfiniment d'autant que les conditions agro climatiques et de culture (zone semi-aride, salinité des sols) voire l'extension des zones urbains sont de réelles limites à sa progression (Branlard et *al.*, 2012).

Selon les statistiques de Conseil international des céréales CIC, (2013), la production de blé dur continue de décliner dans le sud de l'union européenne. Au Maghreb, la production décline d'environ 100 000 t, à 5,3 million de t. Les productions ont chuté à la cause de la sécheresse qui a frappé les pays. Au total, à l'échelle mondiale, la production se contracte de 1,4 million de t. La demande mondiale en blé dur est en hausse et la baisse de la production entraine une augmentation des prix des échanges mondiaux (Fig.4).

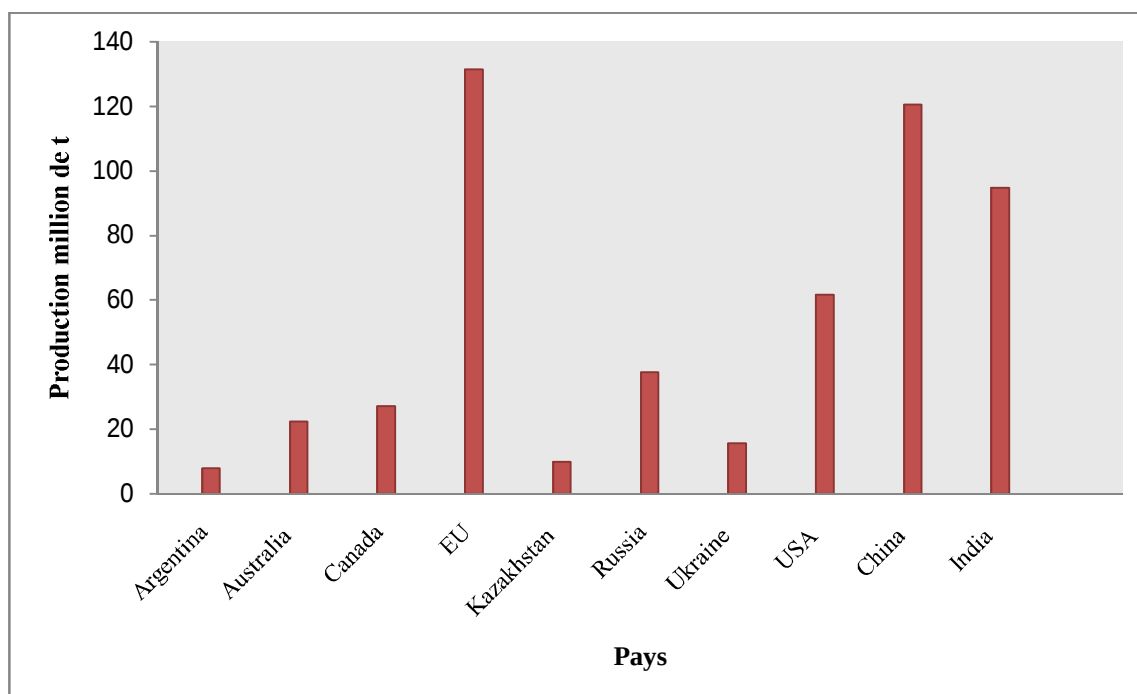


Figure 4: Production du blé dur en million de tonnes dans les principaux pays producteurs dans le monde au cours de l'année 2012/2013 (CIC, 2013).

➤ **En Algérie**

Selon Bencharif et Rastoin, (2007), les céréales constituent la base du modèle de consommation alimentaire algérien, comme dans la plus part des pays méditerranéens.

L'Algérie se situe au premier rang mondial pour la consommation des céréales. C'est le troisième pays importateur des céréales dans le monde après le Brésil et l'Egypte (Kellou, 2008). Selon les données du CIC, (2013), l'Algérie a importé 545.000 t de blé dur à la fin novembre 2012 contre 527.000 t au cours de la précédente campagne, soit une hausse de plus de 3%. La cause de recul du rendement est la conséquence de la sécheresse qui a frappé les pays.

5. Aspect phytosanitaire

La culture de blé est exposée à différentes contraintes biotiques causées par les organismes vivants. Le stress biotique contribue dans la situation productive de la plante (Kazi et *al.*, 2013). D'après Soltner, (2005), les principaux ennemis des cultures sont les nématodes, les mollusques, les insectes, les acariens, les oiseaux, les rongeurs et autres mammifères.

➤ **Les maladies**

Les céréales peuvent être attaquées par des virus, des bactéries et des champignons (Tableau 3). Ces attaques ont lieu au cours de toute la période de végétation (Laffont, 1985). D'après Botterel, (1980), l'ampleur et la gravité des maladies parasitaires dépendent de la présence d'un agent pathogène virulent, de l'état du sol, et du milieu aérien et de la sensibilité de plante hôte. L'intervention d'insectes et autres vecteurs est nécessaire pour la transmission de certaines maladies dues à des bactéries, des virus ou des mycoplasmes. Ces facteurs doivent être présents, dans un état équilibré, pour que la maladie puisse se développer (Botterel, 1980).

Tableau 3 . Les maladies virales et fongiques les plus communes sur le blé

	Maladies	Agent causal	Référence
Maladies virales	Virus de la jaunisse nanisante des céréales	Le virus <i>BYDV</i>	Laffont, (1985)
	Mosaïque striée du blé	Le virus <i>WSMV</i>	
	Virus de la mosaïque modérée de l'orge	Le virus <i>BaMMV</i>	
Maladies fongiques	Le piétin échaudage	<i>Gaeumannomyces graminis</i>	Laffont, (1985) et Caron, (2000)
	Les fusarioses	<i>Fusarium culmorum</i> <i>Fusarium graminecola</i>	
	Les septorioses	<i>Septoria tritici</i>	
	Rouille jaune	<i>Puccinia striiformis</i>	
	Rouille brune	<i>Puccinia tritici</i>	
	L'oïdium	<i>Erysiphe graminis</i>	
	La carie	<i>Tilletia caries</i> <i>Tilletia foetida</i>	
	Les charbons	<i>Ustilagi tritici</i> <i>Ustilago nuda</i>	
	Taches helminthosporienne	<i>Pyrenophora tritici repentis</i>	

➤ Les ravageurs

D'après Jacquemin et *al.*, (2009), d'autres ravageurs sporadiques peuvent être observés dans les céréales, comme des mineuses, plusieurs espèces de cécidomyies, des thrips et même des rongeurs, des oiseaux ou des nématodes (*Heterodera spp.* et *Ditylenchus dipsaci*) (Moule, 1971).

Les ravageurs les plus communs et les plus dangereux pour les emblavures de céréales sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4. Principaux insectes ravageurs du blé dur

Nom commun	Parties attaquées	Références
La mouche de Hesse (cécidomyies) (Diptères)	Grains	Moule, (1971) et Jacquemin et <i>al.</i> , (2009)
La punaise des céréales (Hétéroptères)	Epis	//
Les vers blancs (Coléoptères)	Feuilles et tiges	//
Les pucerons (Homoptères)	Feuilles et jeunes épis	//
Les criquets (Orthoptères)	Feuilles et tiges	//
Les Noctuelles (Lépidoptères)	Feuilles, tiges et épis	Soltner, (2005)
Thrips (Thysanoptère)	Epis	Jacquemin et <i>al.</i> , (2009)

6. Situation agronomique du blé dur en Algérie

6.1. Zones de production

Le blé dur est cultivé traditionnellement dans tout le bassin méditerranéen (Ferreira, 2011). Aujourd'hui il est cultivé pour la semoulerie en Amérique du Nord, en Europe, en Afrique du Nord, en Asie et au proche orient (Cook et *al.*, 1991).

Chehat, (2005) in Kellou, (2008), précise les limites des zones géographiques où la céréaliculture domine en Algérie, En fonction des quantités de pluies reçus au cours de l'année et la quantité des céréales produites, il a distingué trois zones céréalières (Fig. 5) :

➤ Zone à haute potentialité (Z1)

Dans cette zone 20 % de la surface agricole utile (SAU) couvre par les céréales. La pluviométrie moyenne >500 mm/an, rendements moyens 20 Qx/ha : Plaines de l'Algérois et Mitidja, bassin des Issers, vallées de la Soummam et de l'Oued El Kébir, vallées de la Seybouse...

➤ Zone à moyenne potentialité (Z2) :

La pluviométrie comprise entre 400 et 500 mm/an, les crises climatiques sont élevées. Les rendements de 5 à 15 Qx/ha : Côteaux de Tlemcen, vallées du Chélif et massif de Médéa... Moins de la moitié de la SAU est réservées aux céréales.

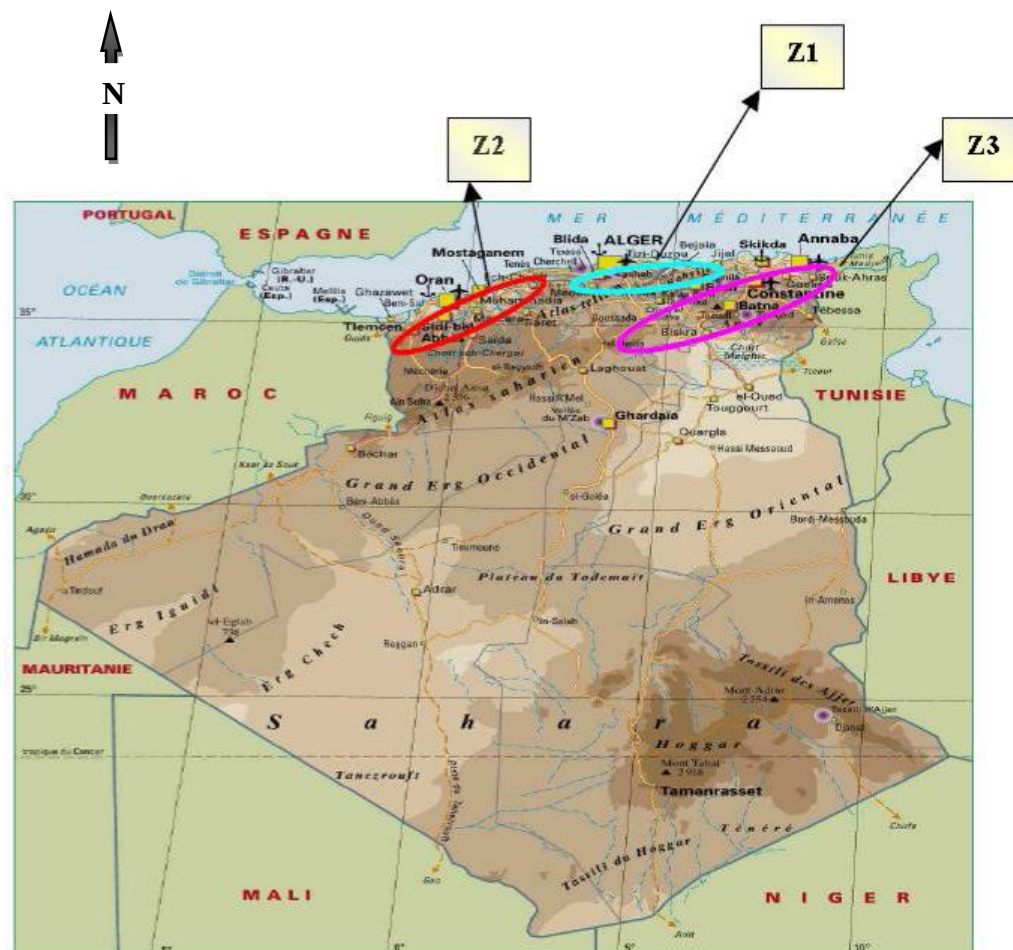


Figure 5: Localisation des trois principales zones céréalières en Algérie (Kellou, 2008).

(Z1 : Zone à haute potentialité)

(Z2 : Zone à moyenne potentialité)

(Z3 : Zone à basse potentialité).

➤ Zone à basse potentialité (Z3) :

Zone de climat semi-aride localisée dans les hauts plateaux de l'Est et de l'Ouest et dans le Sud du massif des Aurès. La moyenne des précipitations <350 mm/an. Les

rendements sont souvent inférieurs à 8 Qx/ha. Les céréales occupent presque la moitié de la SAU de cette zone.

Le blé dur occupe 60% des superficies cérésières emblavées, qui représentent 45% de la SAU (Chehat, 2005 in Kellou, 2008).

6.2. Principales variétés de Blé dur cultivées en Algérie

Les sélectionneurs cherchent d'améliorer le rendement et la qualité du blé dur par la création variétale et le choix de critères fiables pour l'identification de mécanismes d'adaptation aux contraintes environnementales. Parmi ces critères, la stabilité du rendement, la tolérance aux stress abiotiques, la résistance aux maladies et une bonne qualité technologique (Benbelkacem et *al.*, 1995).

Selon l'ITGC (sd.), les variétés les plus cultivées en Algérie, sont des variétés plus adaptées aux conditions locales (Tableau 5).

Tableau 5. Principales variétés de blé dur cultivées en Algérie et leurs caractéristiques (ITGC, sd).

Variété	Caractéristiques Culturales	Productivité	Zone d'adaptation
Waha	Précoce	Très bonne	Hauts plateaux et plaines intérieures
Oued zenati	Tardive	Moyenne	Plaines intérieures
Bidi 17	Semi tardive	Moyenne	Littoral et plaines intérieures
Sebaou	Demi- précoce	Bonne	Littoral et plaines intérieures
Aribs	Précoce	Bonne	Nord des hauts plateaux, plaines intérieures
Righa	Précoce	Moyenne	Pleines intérieures
Chougrane	Semi- tardive	Moyenne	Hauts plateaux et plaines intérieures
Rahouia	Tardive	Moyenne	Hauts plateaux
Guemgoum r'khem	Tardive	Faible	Hauts plateaux
Sahel77	Précoce	Bonne	Littoral et plaines intérieures
Hoggar (ex. Vitron)	Précoce	Bonne	Hauts plateaux et zones sahariennes
Mohamed Ben Bachir	Tardive	Moyenne	Hauts plateaux
Bibans	Semi- tardive	Moyenne	Littoral et plaines intérieures
Tassili (ex. Mexicali 75)	Précoce	Assez bonne	Hauts plateaux et zones sahariennes
Hedba3	Tardive	Moyenne	Hauts plateaux et plaines intérieures

Chapitre 2

**Mécanismes de défense du blé dur et les bio-agresseurs
Aphidiens**

Chapitre 2 : Mécanismes de défense du blé dur et les bio-agresseurs Aphidiens

1. Mécanismes de défense du blé aux bio-agresseurs

1.1. Généralités

Les plantes sont soumises en permanence à des stress abiotiques ou biotiques. Pour y faire face, elles ont plusieurs types de barrières, physiques ou chimiques. Plus une plante est capable de mettre en place des mécanismes de défense rapides et appropriés, moins le stress aura de conséquences sur la santé de la plante (Rémus-Borel, 2007).

Il existe deux types de défense des plantes ; constitutive et inductible. Le premier peut être d'origine biochimique (composition des tissus, présence des substances allélochimiques) ou morphologique (taille, forme ou couleur des feuillages, la cire, etc.) (Auclair, 1989 in Rat-mourris, 1994 ; Gravot, 2009), il est présent à tout moment du développement de la plante, il est constitué par un ensemble de structures physiques ou barrières chimiques qui permettent de contrer la pénétration et le développement des bio-agresseurs (Klarzynsk et Fritig, 2001). Le second type de défense regroupe un ensemble de défenses induites par la présence d'un bio-agresseur, il nécessite la synthèse de nouveaux composés (Rémus-Borel, 2007), par la néosynthèse localisée des métabolites secondaires et des protéines de défense et des barrières physiques (Gravot, 2009). Selon Rémus-Borel, (2007), la défense inductible des plantes se déroule en trois grandes étapes :

- Lors d'une interaction plante-agent pathogène, un signal sera produit et reconnu par des récepteurs qui se trouvent dans les membranes des cellules à la surface de la plante,
- L'activation des messages secondaires,
- Ces derniers agiront soit au niveau du noyau de la cellule infectée afin d'aller activer des facteurs de transcription qui permettront l'expression de gènes responsables de la production de nouveaux composés, soit, agiront à distance afin d'activer des réactions de défense dans des cellules qui ne sont pas encore infectées.

1.2. Composés produits par la plante hôte

D'après Rémus-Borel, (2007), de nombreux changements se produisent au niveau du métabolisme des tissus des plantes en particulier lors de l'attaque d'un bioagresseur. Les dérivées de la plante allélochimique ou les métabolites secondaires sont introduit dans différentes étapes de l'interaction plante-insecte (Simmonds, 2001). Chaque espèce a ses particularités de réaction de défense par la production des composés phénoliques (Rémus-Borel, 2007). Selon Gravot, (2009) et Ba *et al.*, (2010), les composés phénoliques (acides phénoliques, flavonoïdes et tanins) sont les métabolites secondaires les plus largement représentés dans le règne végétal. Ils jouent un rôle important dans les mécanismes de défense de la plante vis-à-vis des champignons et des déprédateurs, comme les insectes et les oiseaux. Certains composés phénoliques, tels que l'acide vanillique, coumarique ou ferrulique ainsi que les composés de la famille benzoxazinones soient des composés toxiques et fassent partie des mécanismes de défense du blé contre les parasites (Rémus-Borel, 2007).

1.3. Sources de résistance du blé aux pucerons

Une plante résistante à un stress se distingue d'une plante sensible par une moins grande intensité des symptômes associés à ce stress. D'une manière générale, la résistance correspond à la rapidité de la réponse de la plante face à un stress (Rémus-Borel, 2007). D'après Gravot, (2009), le plus souvent, les résistances sont soit à la fois totales, spécifiques et à déterminisme monogénique ou partielles ; non spécifiques et à déterminisme polygénique. De nombreuses résistances aux bioagresseurs sont sous le contrôle de déterminismes monogéniques, sont donc facilement utilisables dans des plans de sélection.

De nombreuses études traitent des gènes impliqués dans la résistance de la plante face à différents bio agresseurs. Selon Crespo-Herrera *et al.*, (2013), la résistance du blé à plusieurs stress biotiques a été trouvée chez l'espèce *Aegilops speltoides* Tausch, l'amélioration de la résistance de cultivars de blé contre *Schizaphis graminum* (Aphididae) a commencé en 1950. Liu *et al.*, (2012) in Crespo-Herrera *et al.*, (2013), ont dessiné une carte de gènes de résistance du blé dur *Triticum turgidum* L. ssp. *durum* (Desf.). Migui et Lamb, (2003), ont évalué 19 génotypes de blés sauvages relatifs pour la résistance à *Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae* et *Schizaphis graminum*.

Selon Klarzynsk et Fritig, (2001), les progrès récents de la biologie moléculaire permettent de proposer un autre moyen de défense contre les bioagresseurs : la transgénèse, les espèces transgéniques sont obtenues par l'insertion d'un fragment d'ADN dans leur génome, par cette méthode on peut améliorer la résistance des plantes aux ravageurs

2. Aphididae agresseurs du blé dur

2.1. Caractéristiques morphologiques des Aphididae

Il existe environ 4700 espèces d'Aphididae dans le monde (Remaudière et Remaudière, 1997 in Blackman et Eastop, 2007). Mais les espèces d'une importance agronomique appartiennent à la super famille des Aphidinae parce qu'elle contient une grande partie des espèces phytophages (Blackman et Eastop, 2007) .Ils sont appelés aphides ou pucerons.

Les pucerons sont de petits insectes de 2 à 5 mm de long (Ronzon, 2006). Selon Hullé et *al.*, (1999) et Ronzon, (2006), leur système buccal de type piqueur-suceur est composé de stylets perforants, longs et souples, coulissent dans le rostre, le puceron s'en sert pour percer la paroi du végétal afin de prélever la sève élaborée de ses hôtes. Selon Hullé et *al.*, (1999), les pucerons sont caractérisés par la présence à la face inférieure de la tête d'un rostre. La tête porte généralement deux yeux composés et deux antennes. Chez les adultes, les antennes portent des organes olfactifs (sonsores). Le thorax est composé de trois segments et porte les trois paires de pattes. Chez les ailés, le thorax porte également deux paires d'ailes membraneuses repliées en toit au repos. L'abdomen comporte des segments, le 5^{ème} segment porte des cornicules et le dernier segment porte le cauda. On compte quatre stades larvaires qui ressemblent aux adultes. Ils ont le même mode de vie et provoquent le même type de dégâts.

2.2. Critères d'identification des Aphididae

Selon Hullé et *al.*, (1999) ; Leclant, (2000), les principaux critères d'identification des pucerons relèvent de la tête, du thorax et de l'abdomen (Fig.6):

Tête : La longueur des antennes, le flagelle du dernier article antennaire, la longueur du fouet et le nombre et la localisation des sonsores aident à la détermination des espèces, ainsi que

l'extrémité de rostre, la forme du front et des tubercules frontaux sur lesquels sont insérées les antennes.

Thorax : Chez certaines espèces la nervation d'ailes peut être caractéristique.

Abdomen : Les segments abdominaux 1 et 2 et leur pigmentation, le premier et le deuxième article de tarses postérieurs, la forme et la pigmentation des cornicules et du cauda, ainsi que la présence des stries, de bandes, de plaques ou de sclérites sur l'abdomen.

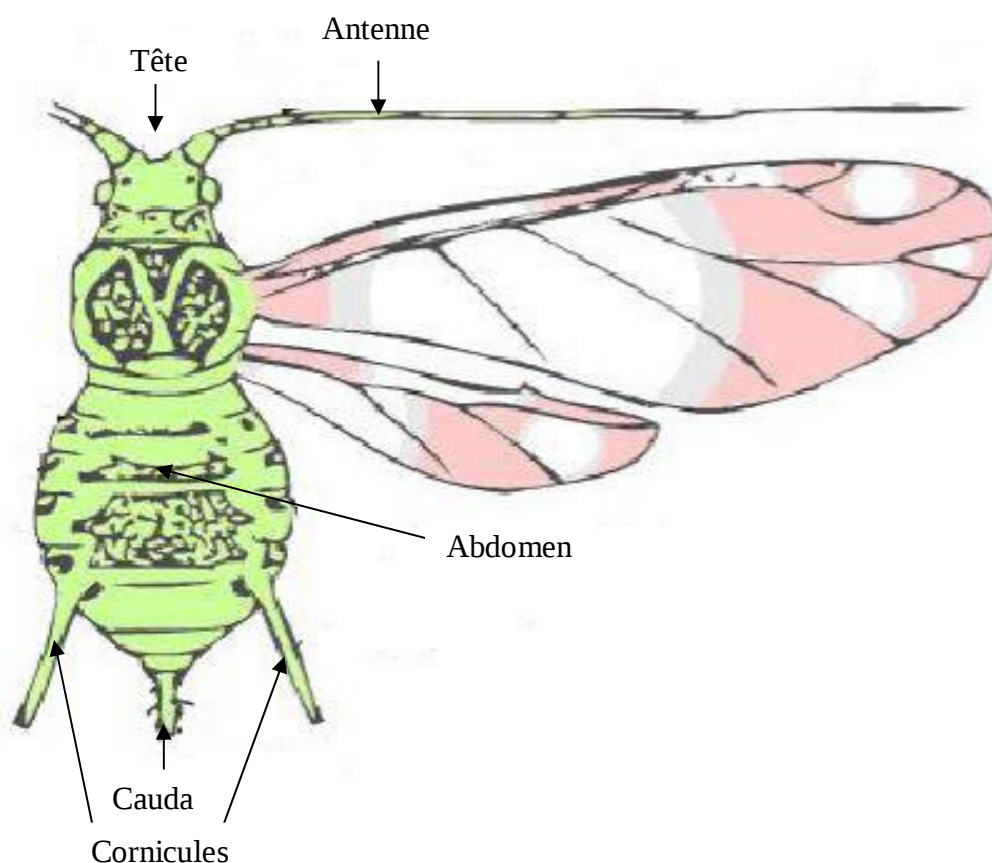


Figure 6 : Morphologie externe d'un puceron ailé (Turpeau –Ait et *al.*, 2011).

2.3. Espèces aphidiennes agresseurs du blé dur

Les principales espèces aphidiennes signalés sur le blé dur avec les dégâts causés sont mentionnées dans le tableau 6.

Tableau 6. Espèces aphidiennes agresseurs du blé dur

Espèces	Partie attaquée	Dégâts	Références
<i>Sitobion avenae</i> Fabricius 1775) (Puceron des épis des céréales)	Feuilles, inflorescence, tiges et jeunes épis.	Affaiblissement de la plante et diminution du poids des grains.	Soltner, (2005)
<i>Sitobion fragariae</i> (Walker, 1848) (Grand puceron des céréales)	Feuilles	Perte de récolte.	Turpeau –Ait et <i>al.</i> , (2011)
<i>Duiraphis noxia</i> (Mordvilko, 1913) (Puceron russe du blé)	Feuilles	- Formation des raies chlorotiques longitudinales sur les feuilles ; - Enroulement de la gaine foliaire de la dernière feuille ; - Empêche l'émergence des épis.	Salvadori et Tonet (2001) ; Salvadori et Salles (2002) ; Salvadori et <i>al.</i> , (2006) in Savaris et <i>al.</i> , (2013)
<i>Rhopalosiphum padi</i> (Linnaeus, 1758) (Puceron du merisier à grappes)	Feuilles et pieds des plantes	- Vecteur de la jaunisse nanisante de l'orge.	Salvadori et Tonet (2001) ; Salvadori et Salles (2002) ; Salvadori et <i>al.</i> , (2006) in Savaris et <i>al.</i> , (2013)
<i>Rhopalosiphum maïdis</i> (Fitch, 1856) (Puceron vert du maïs)	Tiges et face supérieure des feuilles	- Enroulement des feuilles ; - Rejet du miellat ; - Développement de la fumagine.	Pereira et <i>al.</i> , (2008) ; Parizot et <i>al.</i> , (2013) in Savaris et <i>al.</i> , (2013)
<i>Metopolophium dirhodum</i> (Walter, 1849) (Puceron des céréales et de rosier)	Feuilles tendres et en particulier sur la face inférieure du limbe	- Déformation des plantes	Mann et <i>al.</i> , (1986)
<i>Schizaphis graminum</i> (Rondani, 1852) (Puceron vert des graminées)	Feuilles	- Chloroses et nécroses sur feuilles ; - Avortement de l'épi.	Crespo-Herrera et <i>al.</i> , (2013)

3. Biologie de *Rhopalosiphum maïdis* (Aphididae)

3.1. Position systématique

Selon Blackman et Eastop, (2007), la taxonomie de *R.maïdis* est comme suit :

Classe : Insectes

Super ordre : Hémiptéroïdes

Ordre : Homoptera

Sous ordre : Aphidinea

Super famille : Aphidoidea

Famille : Aphididae

Sous famille : Aphidinae

Genre : *Rhopalosiphum*

Espèce : *Rhopalosiphum maïdis* Fitch, 1856

3.2. Description et répartition géographique

Les adultes sont petits (environ 1 mm de long), ont un corps mou, de forme ovale, de couleur vert olive à vert bleuâtre avec des petites antennes. Les pattes, les cornicules et le cauda sont de couleur sombre (foncée) (Blackman et Eastop, 2007). La femelle d'un bleu vert, ne pond pas d'œufs, mais donne naissance à des nymphes. En colonies surpeuplées apparaissent des formes ailées qui migrent (Ortega, 1988).

Ce ravageur est réparti dans le monde entier (Ortega, 1988), mais il ne survit pas aux hivers rigoureux (Remaudière et *al.*, 1985 et Blackman et Eastop, 2007). Il est probablement le plus important aphide des céréales dans les régions chaudes (So et *al.*, 2010); tropicales et subtropicales de l'Afrique et de l'Asie (Blackman et Eastop, 2007).

3.3. Cycle biologique et plantes hôtes

Le cycle de vie des pucerons est souvent très compliqué ; ces derniers peuvent succéder sur différents plantes avec différentes formes (aptères et ailées), individus sexés et parthénogénétiques, etc....

D'après Jacquemin et *al.*, (2009), la plupart des espèces de pucerons connaissent deux modes de reproduction, l'un sexué, l'autre parthénogénétique. Par le premier mode, des femelles fécondées produisent des œufs, très résistants au froid. Par le second, des femelles vierges donnent naissance à des larves parthénogénétiques

Le cycle des pucerons se déroule sur plusieurs hôtes ; primaires et secondaires. Sur les premiers, ils pondent leurs œufs d'hiver (à l'automne), et le deuxième de la même famille (puceron monoécique) ou d'une famille différente (puceron dioécique), sur lequel ont lieu les pullulations printanières par une multiplication asexuée très rapide (Leclant, 2000). Le cycle peut se faire avec ou sans œufs d'hiver (holocyclie ou anholocyclie).

Selon Bonnemaison, (1953) ; Leclant, (2000), la pluparts des Aphididae ont un cycle complet (holocycle) à deux hôtes (dioécique), mais *R. maidis* est une espèce anholocyclique qui se reproduit uniquement par parthénogenèse (Chan et *al.*, 1991). Selon Ronzon, (2006) et Jacquemin et *al.*, (2009), le mode de reproduction parthénogénétique (femelles donnent naissance à des femelles qui elles-mêmes donneront naissance à d'autres femelles sans fécondation), permet une multiplication très rapide et la formation de populations génétiquement homogènes ou « clone ». Les femelles parthénogénétiques sont le plus souvent vivipares (Leclant, 2000). Le puceron vert du maïs, *R. maidis* semble avoir perdu définitivement l'holocyclie de ses congénères. Il se perpétue de mère en fille, nul n'a jamais vu de sexués, c'est un pur clone.

R. maidis s'alimente sur les jeunes feuilles de sa plante hôte (Blackman et Eastop, 2007). C'est une espèce graminicole ; elle est commune sur diverses Gramineae (Remaudiere et *al.*, 1985 ; So et *al.*, 2010). Elle provoque des dégâts sur *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, et *Hordeum vulgare* (Blackman et Eastop, 2007). Le maïs et le sorgho subissent souvent de fortes attaques (Remaudiere et *al.*, 1985), aussi ils colonisent plusieurs adventices et céréales dans plus de 30 genres incluant ; *Avena*, *Secale*, *Triticum*, *Oryza* et *Saccharum*. Par ailleurs, il est trouvé accidentellement sur Cyperaceae et Typhaceae (Blackman et Eastop, 2007).

3.4. Seuil de nuisibilité

Selon Bassino, (1982), il est difficile d'établir des seuils de tolérance économiques car ils dépendent des règles commerciales du moment. Les seuils peuvent être classés en deux

grands groupes : les seuils de tolérance économique des dégâts et les seuils de nuisibilité des ravageurs. Les seuils de tolérance économique ne peuvent être véritablement établis que pour les ravageurs qui provoquent des dégâts directs et mesurables affectant la qualité du produit (grains lésés par exemple) ou le rendement. Ils sont donc étroitement dépendants des règles commerciales du moment.

D'après Bassino, (1982), les seuils de nuisibilité sont le résultat de l'effet dépressif d'un ravageur (puceron par exemple) sur la plante cultivée. La sensibilité de la culture aux attaques, dans le milieu climatique considéré, a donc un rôle déterminant. Le seuil d'intervention s'inscrit dans la formule suivante :

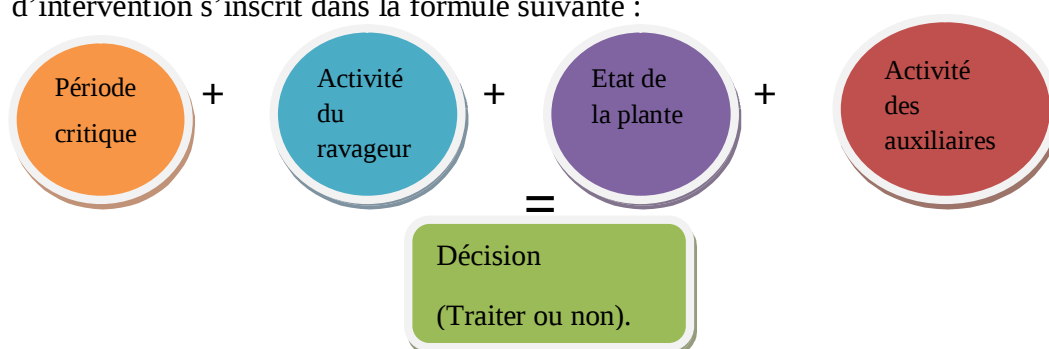


Figure 7: Formule de seuil d'intervention (Bassino, 1982).

Pour déterminer les seuils économiques, on étudie les rapports entre les pertes que peuvent produire les ravageurs et le coût et les avantages des mesures de lutte (Botterel, 1980). Plusieurs seuils d'intervention ont été proposés parmi lesquels l'utilisation des symptômes de stress de la plante, tel que le pourcentage des feuilles enroulées (Chan et *al.*, 1991). D'après Turpeau-Ait et *al.*, (2011), cette limite est atteinte lorsque le seuil de 30 pucerons par tige est atteint, généralement pendant la floraison.

3.5. Dégâts

Les aphides sont des contraintes majeures biotiques du blé, ils peuvent causer de graves pertes aux plantes cultivées (Crespo-Herrera et *al.*, 2013). D'après Savaris et *al.*, (2013), ils causent des dégâts directs et indirects.

➤ Dégâts directs

Les dégâts directs de puceron sont liés à son mode de nutrition. Ses piqûres peuvent entraîner des lésions chlorotiques, mais engendrent surtout un ralentissement de croissance et

affaiblissement de la plante liées à la consommation de la sève (Hullé et *al.*, 1999 ; Ronzon, 2006).

➤ **Dégâts indirectes**

- 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 entraver la photosynthèse, soit directement en bouchant les stomates, soit indirectement en favorisant le développement de champignons saprophytes (Turpeau–Ait et *al.*, 2011). Le miellat excrété par le puceron sert de substrat à des champignons saprophytes. Les fumagines, qui se développent sur les feuilles, limitent la photosynthèse de la plante (Hullé et *al.*, 1999 et Jacquemin et *al.*, 2009) entravant sa respiration (Ronzon, 2006).
- Transmission des virus : Selon Hullé, (1999) ; Ronzon, (2006) et Crespo-Herrera et *al.*, (2013), au cours de la prise de nourriture de la plante hôte, des pucerons peuvent transmettre des virus phytophages. De très nombreux virus des plantes, incapables de se déplacer d'un hôte à un autre de façon autonome, utilisent l'action itinérante des pucerons pour se propager et se maintenir dans l'environnement. Les pucerons des céréales sont des vecteurs de virus tel que la jaunisse nanisante de l'orge (JNO) (Bassino, 1982 ; Jacquemin et *al.*, 2009 et Gassen 1984 ; Salvadori 2000 ; Salvadori et Tonet 2001 et Parizoto et *al.*, 2013 in Savaris et *al.*, 2013). *R. maidis* est le vecteur de plus de 15 virus aux plantes, y compris le jaunisse nanisante de l'orge (JNO) (Chan et *al.*, 1991 ; Kennedy et *al.*, 1962 in Stary, 1996 et So et *al.*, 2010). Le virus de la mosaïque qui attaque le maïs, virus de la mosaïque de la canne à sucre et du virus de la tache foliaires du maïs, son rôle de transmission des virus confère à cet insecte une importance économique considérable (Ortega, 1988).

3.6. Moyens de lutte

Le mode de reproduction parthénogénétique et le développement rapide des pucerons font que ce ravageur est difficilement contrôlable. La lutte contre les pucerons est uniquement curative. Il est conseillé d'intervenir au début de la phase de croissance rapide de la population (Turpeau–Ait et *al.*, 2011).

➤ **Lutte chimique**

Selon Bonnemaïson, (1950), une fois le puceron installé, les traitements chimiques sont le moyen de lutte le plus efficace pour minimiser les pertes de rendement et de qualité,

l'utilisation des produits phytosanitaires pour la lutte contre les ravageurs des cultures est le moyen le plus utilisé et le plus efficace. Les produits chimiques doivent être sélectifs afin de préserver la faune utile (Christine et Fraval, 1999). D'après Bassino, (1982), la lutte chimique systémique est l'une des causes des pullulations récentes de ravageurs du maïs et du blé, mais les traitements aphicides appliqués régulièrement peuvent conduire à l'émergence de populations résistantes. En outre, les traitements chimiques causent la pollution de l'environnement et ils ont un effet néfaste sur la santé humaine, il faut pratiquer une lutte raisonnée (Christine et Fraval, 1999).

➤ Lutte biologique

Actuellement, la lutte biologique est l'option la plus employée. Elle consiste en l'introduction des prédateurs nématodes ou des agents pathogènes (virus, bactéries et champignons) (Christine et Fraval, 1999), des parasitoïdes. Stary, (1996), a trouvé sur *R. maidis* et *R. padi* les parasitoïdes ; *Aphidius rhopalosiphi* DeSt (Hymenoptera: Aphidiinae). *Diaeretiella rapae* (M'Int.) (Hymenoptera: Braconidae), *Praon volucre* (Hal) (Hymenoptera: Braconidae).

➤ Lutte biotechnique

La lutte biotechnique est basée sur le comportement de certains insectes qui sont attirés par différents attractifs visuels (couleur) ou olfactifs (aliments, phéromones). Ces couleurs et ces substances peuvent être utilisés pour le piégeage de masse, le piégeage d'avertissement ou des traitements par tâches (Christine et Fraval, 1999).

Jacquemin et *al.*, (2009), montrent que les interventions insecticides effectuées avant le stade floraison sont fréquemment les plus rentables. Des traitements effectués avec des insecticides polyvalents après la floraison peuvent s'avérer contreproductifs en nuisant plus aux ennemis des pucerons qu'aux pucerons eux-mêmes. Au stade dernière feuille - épiaison, les insectes utiles sont encore peu nombreux ; le traitement touche les pucerons, mais peut aussi avoir une efficacité sur d'autres ravageurs secondaires comme les criocères (lémas), les thrips ou les cécidomyies qui seraient présents. Les produits conseillés à ce stade sont des insecticides pyréthrinoides. Durant la période floraison - grain pâteux ; si les populations de pucerons sont en croissance rapide : intervenir avec un insecticide sélectif (pirimicarbe, flonicamide), épargnant les insectes parasites et prédateurs de pucerons. Les essais réalisés par Jacquemin et *al.*, (2009), montrent que les gains de rendement obtenus par ces traitements se situent le plus souvent entre 200 et 600 Kg/ha.

Chapitre 3

Méthodes d'étude

Chapitre 3 : Méthodes d'étude

1. Présentation générale du cadre de l'étude et des stations échantillonnées

1.1. Description générale de la région d'étude

1.1.1. Géographie

La wilaya de Batna, est située dans le nord-est de l'Algérie. Elle comprend des terres caractérisées par un amalgame de climats variant du subhumide à l'aride, suivant un gradient d'altitude (entre 100 et 2.300 m). La région de Batna est localisée entre 4° et 7° de longitude Est et 35° et 36° de latitude Nord, avec une superficie de 12.038,76 Km². Le territoire de la Wilaya de Batna s'inscrit presque entièrement dans l'ensemble physique constitué par la jonction de deux Atlas (Tellien et Saharien) ce qui représente la particularité physique principale de la Wilaya. Administrativement elle est limitée au Nord par les Wilaya d'Oum El Bouaghi, Mila et de Sétif, à l'Est par la Wilaya de Khenchela, au Sud par la Wilaya de Biskra et à l'Ouest par la Wilaya de M'sila. (DPAT, 2008) (Fig. 8).

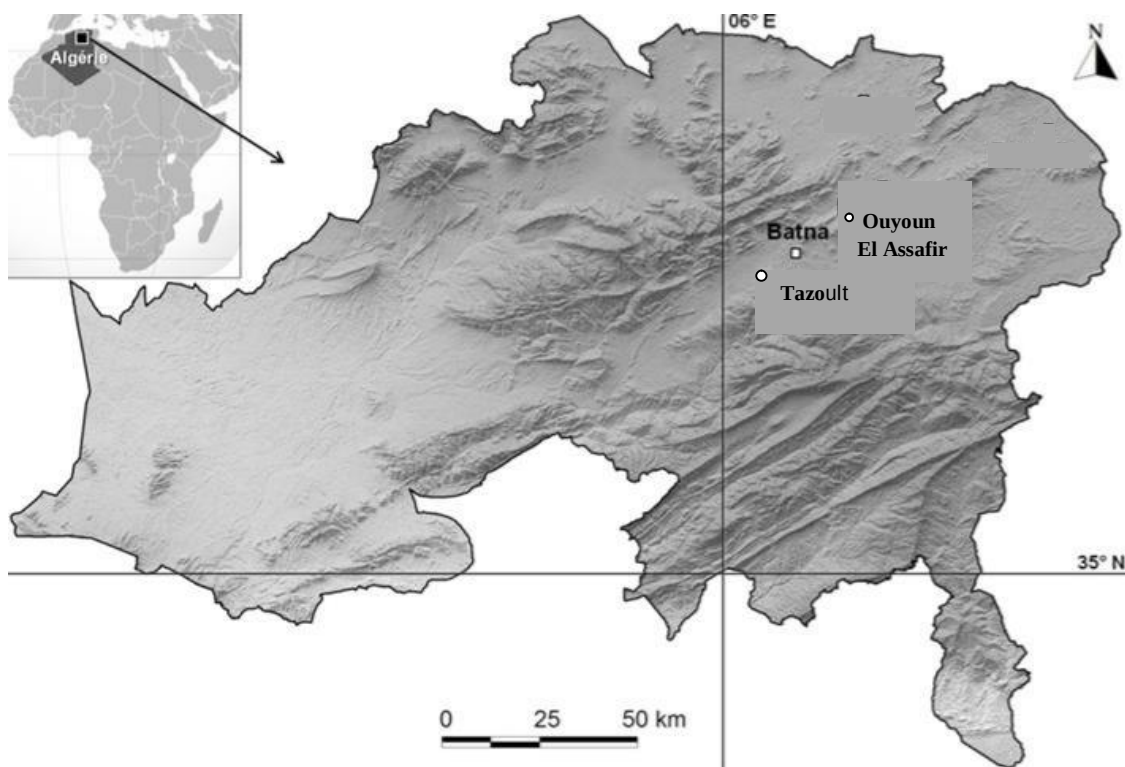


Figure 8: Situation géographique de la région de Batna (DPAT, 2008).

1.1.2. Géologie

Le territoire de la Wilaya de Batna a une grande variété de structures géologiques, allant du tertiaire inférieur jusqu'au quaternaire récent et qui entrent en totalité ou partiellement dans les limites régionales (DPAT, 2008).

- **Le trias** : Affleure en petits noyaux, particulièrement à Menaa, Maafa au Sud Est de Batna, ainsi qu'au Nord Ouest de Médina et en petites tâches dans le Djebel Mellah.
- **Le jurassique** : Affleure particulièrement dans le Djebel Lazreg, dans la partie Sud Est des Monts de Belezma, et enfin dans la partie orientale des Monts du Hodna.
- **Le crétacé** : Représente la nappe la plus étendue sur tout le territoire avec ses différents étages, inférieur, moyen et supérieur. Ce sont des formations généralement marines, d'une lithologie très variable (roche dure comme le calcaire, tendre comme les marnes) due à de fréquentes variations de faciès (Metlili, Zellatou, Chèlia, Sud de Batna).
- **L'éocène** : Variable selon les caractéristiques du faciès, et il est marin ou continental. L'érosion s'est installée efficacement; toutefois sa présence est très limitée et se localise par conséquent sur les synclinaux de Bouzina et Ghassira.
- **Le miocène inférieur** : Il représente la couverture originale des séries précédentes et il est transgressait à la suite des mouvements épirogéniques successifs.

1.1.3. Relief

Selon les données de DPAT, (2008), la jonction des deux Atlas (Tellien et Saharien) constitue la particularité de la Wilaya de Batna et organise en même temps la répartition des différents milieux physiques définis comme suit :

- Les hautes plaines telliennes : situés dans le nord de la région de Batna, c'est une zone des grandes cultures ;
- Les reliefs montagneux : l'Atlas Tellien par l'ensemble des monts du Hodna, du Bou Taleb, et les Monts de Belezma, et l'Atlas Saharien par les Aurès le Djebel Metlili et les Monts du Zab, forment " l'ossature physique " principale de la Wilaya et de cet

fait constituent l'ensemble physique le plus important du point de vue superficie (cet ensemble représente 45 % de la surface totale de la Wilaya).

- Les hautes plaines steppiques: Situées dans la partie Ouest de la Wilaya, elles se trouvent encadrées au Nord par les Monts du Hodna, à l'Est par les Monts du Bellezma et le Djebel Metlili et au Sud par le versant Nord des Monts du Zab constitué par les Djebels Ammar, Mekmizane et Bouzokma.

1.1.4. Hydrologie

Selon les données de DPAT, (2008), l'ensemble de la Wilaya de Batna est réparti sur 3 grands bassins versants :

- Le Bassin du Constantinois situé au Nord et Nord Est, qui s'étend sur une superficie de 4 037 km² dans le territoire de la Wilaya.
- Le Bassin versant du Hodna situé à l'Ouest, qui s'étend dans les limites de la Wilaya sur une surface de 4 394 km².
- Le Bassin des Aurès Nememcha, qui occupe la partie Sud et Sud Est de la Wilaya sur une superficie de 5 611 km².

1.1.5. Occupation agricole de la région de Batna

Selon les directions que nous ont fournies les services agricoles de Batna, (2013), La surface agricole utile (S.A.U) de la région de Batna est 422 677 ha, elles représentent 34,56% de la surface agricole totale (S.A.T) 1 221 883 ha. C'est une zone céréalière ; la superficie des céréales est de 150468 ha, 35.60 % de la SAU. Le reste de la S.A.U est répartie entre les autres pratiques agricoles telles: arboriculture (21000 ha, 4,96 % de la SAU) et maraichage (11320 ha, 2,68 % de la SAU).

1.2. Situation climatique

Le climat de l'Algérie est caractérisé par l'insuffisance des précipitations et leurs irrégularités dans l'espace et dans le temps (Zaghouane et *al.*,2006). Selon Mirik et *al.* , (2007), les facteurs environnementaux affectent la réponse des plantes à l'infestation des pucerons.

Les données climatiques présentées ici pour caractériser le climat de la région d'étude sont issues de la station météorologique d'Ain Skhouna (Batna), localisée géographiquement à 35°44'20'' N et 06°21'95'' E, à une altitude de 825 m.

1.2.1. Facteurs climatiques primaires

➤ Températures

D'après Ramade, (1984), la température est l'un des éléments importants du climat, elle représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces faunistiques et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Les températures optimales pour la culture de blé permettant un rendement maximum sont comprises entre 15 et 20 °C (DuPont et Altenbach, 2003).

Nous avons extrapolé les valeurs des températures enregistrées à Ain Skhouna (825 m) pour illustrer les conditions thermométriques de nos trois stations d'étude qui sont situées à une altitude moyenne de 1200 m. Selon Seltzer, (1946), les extrapolations de valeurs climatiques sont effectuées suivant un gradient altitudinal de 100 m de dénivelé, calculé sur la base de -0,7 °C pour les maxima (M) et -0,45 °C pour les minima (m).

Les températures enregistrées durant la période allant de 1994 à 2013 et durant la campagne 2012/2013 après extrapolation des données de Ain Skhouna sont présentées dans les tableaux 7 et 8.

Tableau 7. Données thermométriques mensuelles moyennes en C° de la région d'étude calculé par extrapolation sur la période 1994-2013.

M : Moyennes mensuelles des températures maximales absolues quotidiennes.
m : Moyennes mensuelles des températures minimales absolues quotidiennes.
(M+m)/2 : Moyenne mensuelle.

Années	1994 – 2013		
Mois	m	M	(m+M)/2
Janvier	-1,29	7,17	2,94
Février	-1,14	8,39	3,62
Mars	1,43	12,4	6,91
Avril	4,21	15,41	9,81
Mai	8,38	21,16	14,77
Juin	12,8	26,94	19,87
Juillet	16,27	30,88	23,57
Août	15,81	30,09	22,95
Septembre	12,52	23,88	18,2
Octobre	8,28	19,02	13,65
Novembre	3,1	12,24	7,67
Décembre	-0,36	7,81	3,72

(Station météorologique Batna, 2013).

Durant la période allant du 1994 à 2013, nous constatons que le mois de janvier est le mois le plus froid avec des températures moyennes de 2,94 °C, alors que juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne de 23,57 °C.

Tableau 8. Données thermométriques mensuelles moyennes en °C de la région d'étude calculé par extrapolation sur la période 2012-2013.

M : Moyennes mensuelles des températures maximales absolues quotidiennes.

m : Moyennes mensuelles des températures minimales absolues quotidiennes.

(M+m)/2 : Moyenne mensuelle.

Années	2012 – 2013		
Mois	m	M	(m+M)/2
Septembre	11,51	25,16	18,33
Octobre	8,51	20,56	14,53
Novembre	3,71	14,36	9,03
Décembre	-2,59	9,26	3,33
Janvier	-1,09	7,26	3,08
Février	-2,09	6,46	2,18
Mars	3,31	13,16	8,23
Avril	5,01	17,26	11,13
Mai	7,21	20,36	13,78
Juin	10,31	25,36	17,83
Juillet	16,01	30,36	23,18
Août	14,21	28,16	21,18

(Station météorologique Batna, 2013).

Durant la campagne 2012/2013 les valeurs enregistrées montrent que le mois de février est le mois le plus froid avec une température moyenne de 2,18 °C et le mois le plus chaud est juillet avec une température moyenne de 23,18 °C.

➤ Précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale car sa répartition annuelle ou son rythme est plus important que sa valeur volumique absolue (Ramade, 1984). Dans la région semi aride, le facteur le plus limitant de la production des céréales est l'eau (Nielsen 2002 in Chenafi et *al.*, 2011).

Les données pluviométriques de la région d'étude durant la période 1994 - 2013 et la campagne agricole 2012/2013 sont mentionnées après extrapolation au niveau des trois stations dans le Tableau 9.

Tableau 9. Moyennes mensuelles de précipitation en (mm) de la région d'étude calculée par extrapolation sur la période 1994-2013 et sur la campagne 2012-2013.

Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep.	Total
P (mm) 2012/2013	18,09	30,28	16,57	42,99	36,89	39,17	52,89	19,87	27,49	30,78	47,79	25,45	388,26
P (mm) 1994/2013	34,81	36,36	45,86	47,97	33,32	38,5	51,39	46,26	31,32	17,89	27,1	49,27	460,05

(Station météorologique Batna, 2013)

Durant la période 1994-2013 on a enregistré 460,05 mm de cumul de précipitations, avec le mois le plus pluvieux qui est le mois d'avril (51,39 mm) et juillet étant le mois le plus sec avec 17,89 mm.

Par contre les précipitations notés pour la campagne agricole 2012/2013 est de 388,26 mm seulement. Le mois le plus pluvieux est avril avec 52,89 mm, suivi par les orages particuliers notés en août avec 47.79 mm. Le mois le plus sec est curieusement le mois de décembre avec 16,57 mm.

Ceci dénote de la grande irrégularité du climat dans la région et le déficit en précipitation qui frappe la région au cours de certaines années, c'est le cas en 2012-2013.

1.2.2. Facteurs climatiques secondaires

➤ L'humidité relative

Les données caractérisant l'humidité relative de l'air de la région d'étude au cours de la période allant de 1994/2013 et la campagne 2012/2013 sont reportées sur le Tableau10.

Tableau 10. L'humidité relative moyenne (en %) de la région d'étude de la période 1994-2013 et de la campagne 2012-2013.

HR: Humidité relative de l'air exprimée en %

Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.
2012/2013 (HR en %)	53,9	69,9	70,6	71,3	66,1	57,1	53,8	52,5	42,6	40,5	44,5	50,0
1994/2013 (HR en %)	58,5	65,3	71,9	71,4	64,8	58,9	56,5	50,9	41,8	35,2	38,7	53,4

(Station météorologique Batna, 2013).

Durant la période 1994-2013 l'humidité de l'air la plus importante est notée en décembre avec une humidité de 71,9 %. Le mois qui représente la plus forte humidité relative de l'air durant la campagne 2012/2013 est le mois de janvier avec 71,3% (Tableau 10).

➤ Les vents

Sous l'influence des vents violents, la végétation est limitée dans son développement (Ramade, 1984). Les pucerons peuvent se disperser sur des dizaines de kilomètres en étant portés par le vent (Riley *et al.* 1995 in Herve, 2010).

Les valeurs de la vitesse moyenne du vent pour la région d'étude pendant la période allant de (1994-2013) et la campagne (2012/2013) sont consignées dans le Tableau 11.

Tableau 11. Vitesse moyenne des vents de la région d'étude sur la période 1994-2013 et sur la campagne 2012-2013.

La vitesse moyenne du vent exprimée en m/s

(-) : Absence de données.

Mois	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.
Vitesse moyenne (m/s) 2012/2013	15,5	19,4	13,5	19,5	19,3	21,7	19,4	15,0	-	-	0,0	15,9
Vitesse moyenne (m/s) 1994/2013	11,2	12,0	10,7	11,4	13,0	12,8	14,2	13,3	13,7	13,8	12,9	12,4

(Station météorologique Batna, 2013)

La vitesse moyenne des vents la plus élevée de l'année 2012/2013 dans la région de Batna est de 21.7 m/s notée en mars. Durant la période 1994-2013 cette vitesse est de 14.2 m/s notée en avril (Tableau 11).

1.2.3. Synthèse climatique

➤ Diagramme ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen permet de définir les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (Dajoz, 2003 ; Vilain, 1987).

Les mois sont portés en abscisse, les précipitations en mm et les températures en °C sont représentées en ordonnées avec $P=2T$. L'intersection des deux courbes P et T permet de définir la période sèche et humide (Fig. 9).

Le diagramme ombrothermique a été calculé sur la base des données de la période 1994-2013.

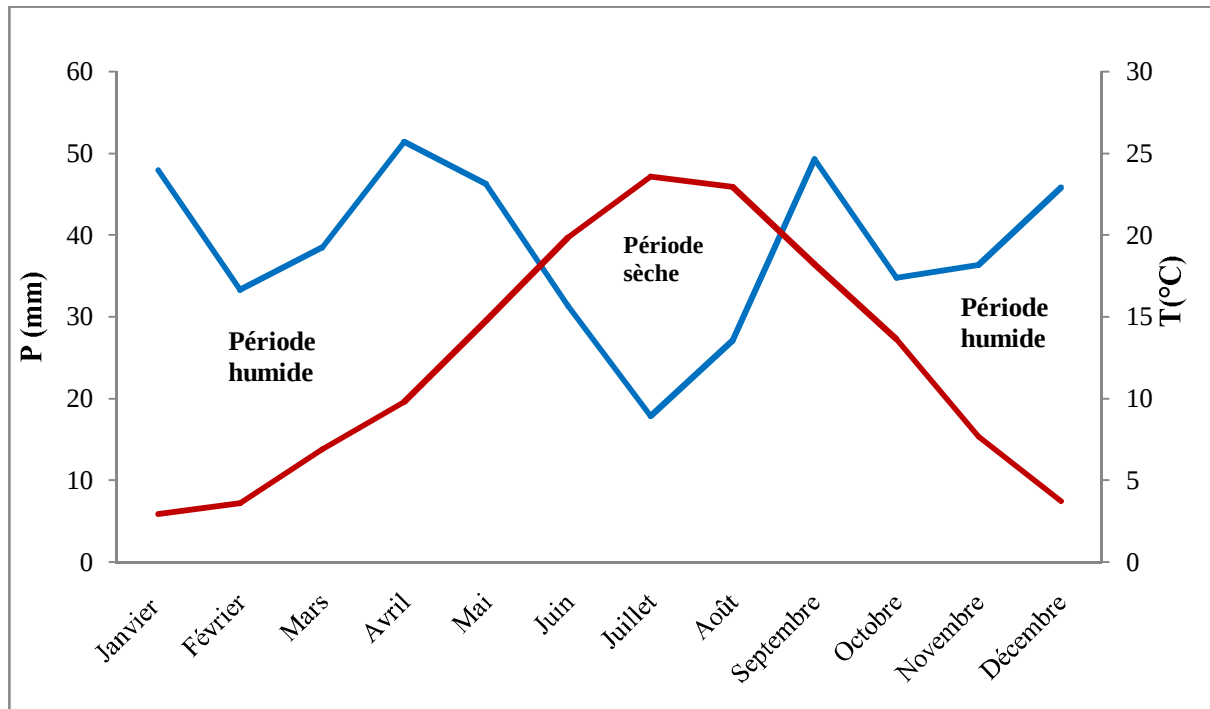


Figure 9. Diagramme ombrothermique de Gaussen des zones d'étude (1994-2013).

Le diagramme ombrothermique de la zone d'étude durant la période 1994-2013, montre l'existence d'une période sèche et chaude s'étalant sur 3 mois (juin – août) et une période humide et froide qui s'étale sur 9 mois allant de septembre à mai.

➤ Climatogramme d'Emberger

Selon Sauvage, (1962), le climatogramme pluviométrique d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique correspondant au point représentatif d'une localité dont on connaît seulement les valeurs de P, m et M.

Pour identifier le type du climat de notre zone d'étude nous avons fait appel au quotient pluviométrique d'Emberger qui se base sur le régime des précipitations et des températures. Selon la formule de Stewart (1969) :

$$Q_2 = 3.43 * P / (M - m) \text{ avec :}$$

Q_2 : Quotient d'Emberger.

3,43 : Constante relative à la région : Algérie-Maroc.

P : Précipitations moyennes annuelles en mm.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °C.

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °C.

Dans notre cas :

$P = 460,05 \text{ mm}$

$M = 30,36 \text{ °C}$

$m = -2,09 \text{ °C}$

Donc $Q = 3,43 \times 460,05 / [30,36 - (-2,09)] = 48,63$.

Donc, le climat de la région des zones d'étude (Tazoult - Ouyoun El Assafir) est de type semi-aride à hiver frais.

1.3. Présentation générale des stations d'étude

1.3.1. Choix des stations

Les stations échantillonnées répondant aux besoins des objectifs de notre étude et sont choisies pour les raisons suivantes :

- Les trois stations choisies sont situées dans un rayon d'environ moins de 10 Km, et représentant pratiquement les mêmes conditions climatiques ;
- Disponibilité des variétés étudiées ;
- L'accessibilité facile aux champs ;
- La tenue des cultures par les agriculteurs : l'entretien, travail du sol, traitement et fertilisation...; conduisant généralement à des productions importantes ;
- La proximité des champs par rapport au laboratoire.

1.3.2. Description des stations d'étude

Dans le présent travail, nous avons porté notre choix sur trois stations différentes :

➤ Deux stations à Tazoult

Notre expérimentation a été réalisée au niveau la commune de Tazoult sur deux stations peu distantes du chef lieu de la commune.

Selon les informations que nous ont fournies la subdivision agricole de Tazoult, (2013), la commune de Tazoult est située au Nord du massif des Aurès, limitée au Sud et au Nord par les monts de Djébel Askar et Djebel Bouarif, et à l'Est et à l'Ouest par le Bassin Miocène de Timgad.

La commune de Tazoult est située dans le sud de la wilaya de Batna, à 14 Km sur route nationale N°03 (Fig. 10). C'est une ville montagneuse, située à 1200 m d'Altitude, sur la ligne 6°15'15.52'' Est de longitude et 35°29'21'' Nord de latitude. (Subdivision agricole de Tazoult, 2013).

La commune de Tazoult s'étend sur une superficie de 11 252 ha ; elle est limitée : au Nord par la commune de Batna ; à l'Est par la commune d'Ouyoun El Assafir et Oued Taga ; au Sud par la commune d'Oued Taga et à l'Ouest par les communes de Béni Fedhala et Oued Chaâba. (Subdivision agricole de Tazoult, 2013).

➤ **Station d'Ouyoun El Assafir**

Selon les informations que nous ont fournies la subdivision agricole de Tazoult, (2013), la commune d'Ouyoun El Assafir est sise dans l'Est de la wilaya de Batna (Fig.10). Elle est située sur la ligne 6°22'47'' Est de longitude et 35°31'16'' Nord de latitude. La commune d'Ouyoun El Assafir s'étend sur une superficie de 164 km²; elle est limitée : au Nord par la commune d'El Madher ; à l'Est par la commune de Timgad ; au Sud par la commune d'Oued Taga et à l'Ouest par les communes de Tazoult et Batna.

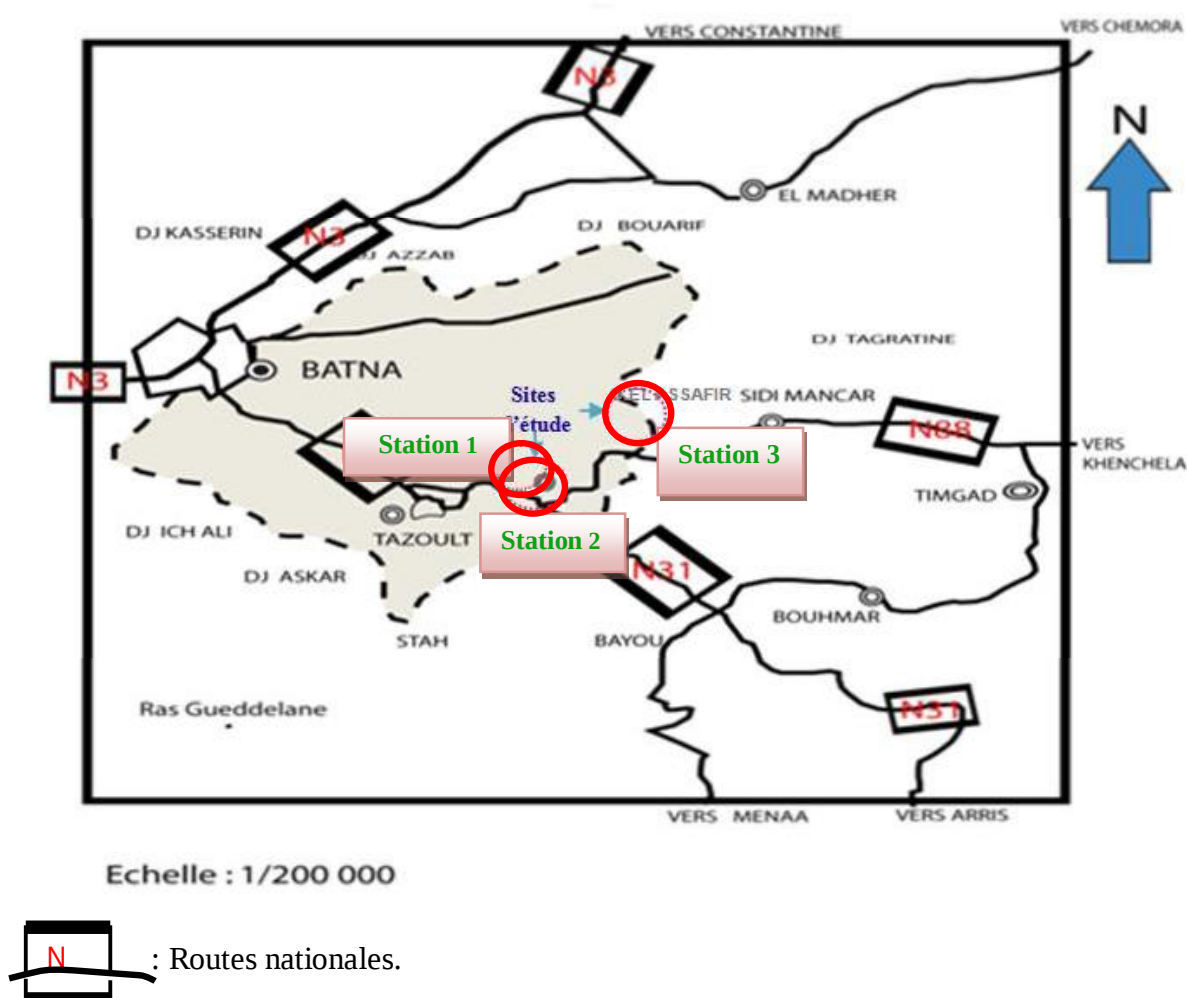


Figure 10 : Carte de la situation géographique de Tazoult et d'Ouyoun El Assafir et situation des trois stations d'étude (cercles rouges).

1.3.3. Occupation des sols et importance des productions

Selon les informations que nous ont fournies la subdivision agricole de Tazoult, (2013), l'occupation des sols des trois zones d'études et les productions en céréales sont représentées ci dessous :

➤ Occupation agricole de la zone de Tazoult

La surface agricole utile (S.A.U) et les forêts occupent la plupart de la surface totale de la commune de Tazoult, elles représentent 43,31% et 46,13% de la S.A.T. La majorité de la surface agricole utile (S.A.U) est occupée par la pratique des grandes cultures qui représentent 50,3%, dénotant que la production végétale de la commune de Tazoult est surtout céréalière (Tableau 12). Le reste de la surface agricole utile (S.A.U) est réparti entre

les autres pratiques agricoles telles : l'Arboriculture fruitière (4,96% de la S.A.U.) et le maraichage plein champ (0,61% de la S.A.U.)

➤ **Occupation agricole de la zone d'Ouyoun El Assafir**

La surface agricole utile (S.A.U) occupe 36,94% de la S.A.T. La majorité de la S.A.U est occupée par la pratique des grandes cultures (71%). Le reste de la S.A.U est réparti entre les autres pratiques telles : l'Arboriculture fruitière (5% de la S.A.U) et le maraichage plein champ (0,67% de la S.A.U).

Tableau 12. Production des céréales durant la campagne 2012/2013 dans les deux zones d'étude.

Station	Tazoult			Ouyoun El Assafir		
Culture	Superficie emblavée (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)	Superficie emblavée (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)
Blé dur	1800	28800	16	3000	45000	15
Blé tendre	50	700	14	500	8000	16
Orge	650	11700	18	700	9800	14

1.3.4. Calendrier cultural et tenue des cultures de la campagne 2012/2013 dans les trois stations d'étude

Notre étude a été réalisée dans 3 sites deux à Tazoult et l'un à Ouyoun El Assafir. Chaque site présente une variété de blé dur différente. Les variétés Boussallem et Mohamed Ben Bachir dans les deux stations de Tazoult au niveau des champs de Mr ANNANE A. et la variété de GTA/dur dans la station d'Ouyoun El Assafir dans le champ de Mr SLIMANI A. (Fig. 11).



(A)



(B)



(C)

Figure 11: Vue générale sur les trois sites (champs) étudiés

(A) : Station 1 ; Tazoult 1 variété Mohamed Ben Bachir;

(B) : Station 2 ; Tazoult 2 variété Boussallem;

(C) : Station 3 ; Ouyoun El Assafir variété GTA/dur.

Les données concernant les champs de blé dur étudiés, calendrier cultural et tenue des cultures, sont portés dans le Tableau 13.

Tableau 13. Caractéristiques générales et calendrier cultural de la culture de blé dur au niveau des trois stations.

Caractéristiques	Site TAZOULT 1	Sites TAZOULT 2	Site Ouyoun El Assafir
Superficie	05 ha	15 ha	140 ha
Variété	Mohamed Ben Bachir	Boussallem	GTA/dur
Précédant cultural	Jachère	Jachère	Jachère
Date de semis	26/12/2012	20/12/2012	15/12/2012
Dose de semis	1.20 Qx/ ha	1.20 Qx/ ha	1.20 Qx/ ha
Fertilisation	TSP 46 % (01Qx/ha) <u>Date</u> : 30/11/2013 Urée 46 % (01Qx/ha) <u>Date</u> : 27/03/2013	TSP 46 % (01Qx/ha) <u>Date</u> : 27/11/2013 Urée 46 % (01Qx/ha) <u>Date</u> : 22/03/2013	TSP 46 % (01Qx/ha) <u>Date</u> : 25/11/2013 Urée 46 % (01Qx/ha) <u>Date</u> : 21/03/2013
Désherbage	Aucun	Aucun	Granstar (12.5g/ha) Topik(0.75l/ha)+Zoom(120g /ha) <u>Date</u> : 24/03/2013
Irrigation	Aucune	Aucune	Aucune
Date de récolte	10/07/2013	08/07/2013	05/07/2013

Les plantes adventices dominantes sur les trois champs sont de la famille des Convolvulaceae, Asteraceae et Brassicaceae.

2. Méthodes et techniques d'étude

2.1. Sur terrain

2.1.1. Méthodes d'échantillonnage des pucerons

L'utilisation de pièges a l'avantage d'une part de renseigner l'abondance et la richesse spécifique des pucerons, d'autre part de suivre les populations de chacune des espèces afin d'anticiper leur pullulation (Yattara et Francis, 2013).

L'échantillonnage hebdomadaire a été effectué durant la période allant du 28/03/2013 au 28/06/2013. Deux techniques de piégeages ont été appliquées :

➤ **Pièges jaunes :**

Les pièges colorés sont constitués par les assiettes en polyéthylène de couleur jaune, remplies d'eau additionnée au sel NaCl permettant de capturer les insectes ayant une activité aérienne (Chambon, 1982) et un agent mouillant afin de réduire la tension superficielle de l'eau (Mignon et *al.*, 2003). Les insectes sont ainsi attirés par ces pièges, et noyés dans l'eau (Cochereau, 1974). Les pucerons sont attirés par la couleur jaune (Baldy et Rabasse, 1983). Ce piège est maintenu au niveau supérieur de la végétation (Chambon, 1982).

Les pièges jaunes utilisés dans notre étude sont des récipients en matière de plastique de profondeur d'environ 10 cm, et de 15 cm de diamètre (Fig. 12). Ces assiettes ont été remplies d'eau additionnée à un détergent, du sel et une petite pierre disposés au centre du piège afin d'éviter leur déplacement. Les assiettes étaient surélevées à l'aide de pierres.

➤ **Pièges trappes (pot barber) :**

Les pièges trappe sont formés de récipients de 12 cm de diamètre enterrés jusqu'au ras du sol et permettent de capturer la faune ayant une activité de surface (Chambon, 1982).

Dans notre piégeage, nous avons utilisé des pièges trappes à partir de l'emploi des boîtes métalliques, cylindriques, de 1 dm³ de contenance et d'une ouverture de 10 cm de diamètre. Ces boîtes sont enterrées, verticalement jusqu'au ras du sol. Ce piège reste au sol pendant toute la durée du piégeage (Chambon, 1982). Les pièges trappes sont remplis de l'eau additionnée au sel (NaCl) et un détergent (Fig. 12).

La collecte des pucerons piégés a été effectuée hebdomadairement. Les pucerons collectés ont été identifiés au laboratoire.



(A)



(B)

Figure 12: Photo représentant les pièges utilisés pour la capture des pucerons

(A) Piège trappe, (B) Piège jaune dans une parcelle de blé dur.

➤ **Le dispositif d'échantillonnage**

Nous avons placé les pièges sur une superficie de 400 m² (20 m x 20 m). Le dispositif expérimental appliqué aussi dans les trois stations d'étude, englobe neuf pièges trappes et quatre pièges colorés alignés 3 à 3 sur 3 rangées distante de 5 m l'une de l'autre et 4 pièges jaunes (Fig. 13) (Lamotte et Bourliere, 1969).

Les résultats des collectes obtenues dans les deux types de pièges (coloré pot Barber) sont mis séparément dans les flacons pour être examinés au laboratoire.

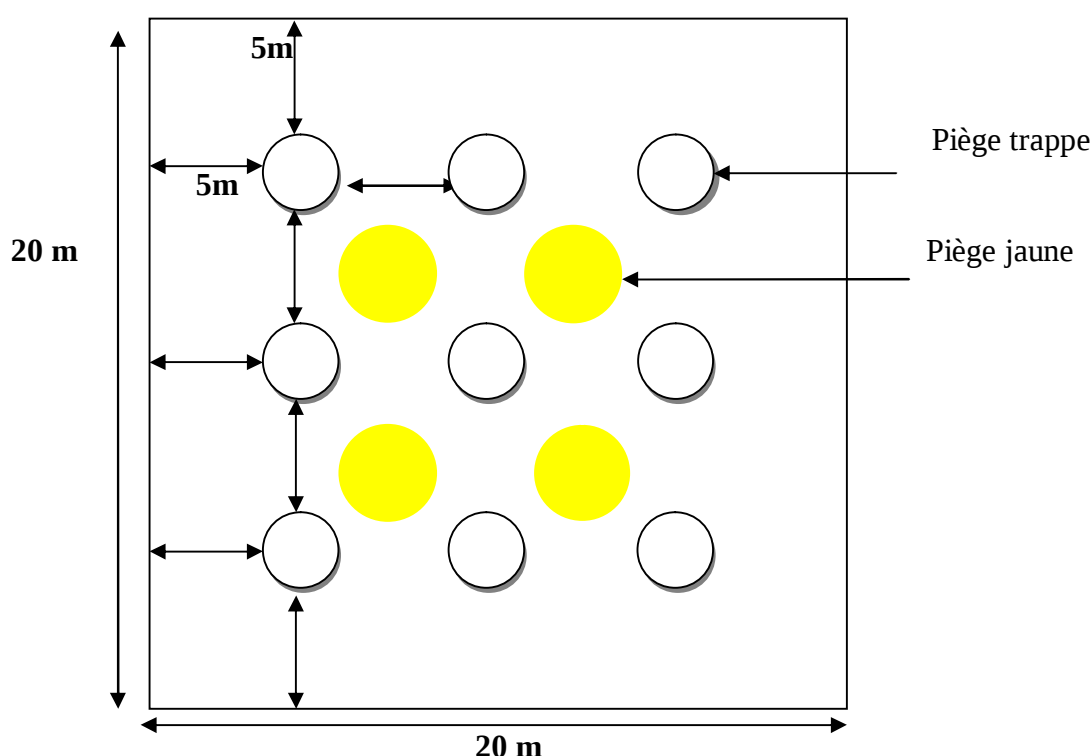


Figure 13 : Disposition des pièges utilisés dans les parcelles de blé dur étudiés.

2.1.2. Méthode d'échantillonnage des plants de blé dur

Notre échantillonnage des plantes est réalisé afin de mesurer les paramètres biochimiques, morphologiques et agronomiques sur 1 m² de chaque variété. Nous avons choisi les mêmes parcelles élémentaires où nous avons installé le dispositif de piégeage. Nous avons prélevé les plantes d'1 m².

Les caractéristiques des variétés de blé dur étudiées (GTAdur, Boussallem et Mohamed Ben Bachir) sont consignées dans le tableau suivant (Tableau 14).

Tableau 14. Caractéristiques générales des trois variétés de blé dur étudiées (CNCC, 2009).

	Caractéristiques		GTA/dur	Boussallem	Mohamed Ben Bachir
Fiche variétale	Origine		Mexique	Algérie	Algérie
	Année d'inscription		2001	2000	2001
	Pédigree		Gaviota x durum	Heider /Marli /Heider Cro1CD4141 BLCTR4AP	Sélection de la population locale
Désignation du caractère	Première feuille	- Pigmentation anthocyanique	nulle à très faible	- nulle à très faible	- nulle à très faible
	Plante	- Porte au tallage - Présence des plantes ayant la dernière feuille retombant - Hauteur (tige, épi et barbe)	- Mi dressé - Faible - Moyenne	- Mi dressé à mi étalé - nulle à très faible - Moyenne	- dressé - nulle à très faible - Longue
	Epoque de l'épiaison	- 1 ^{er} épillet visible sur 50 % des plantes	- Précoce	- Précoce	-Tardive
	Tige	- Pilosité du dernier nœud	nulle à très faible	- nulle à très faible	- nulle à très faible
	Barbe	- Distribution - Couleur	sur toute la longueur noire	- sur toute la longueur - noire	- sur toute la longueur
	Epi	- Couleur à la maturité - Forme en vue de profil - Compacité	- Blanc - Pyramidale - Moyenne	- Blanc - Pyramidale - Moyenne	-Faiblement coloré - Pyramidale - Moyenne
	Graine	- Forme - Coloration au phénol	- allongé - moyenne	- demi allongé - nulle à très faible	- allongé - nulle à très faible
	Type de développement		Hiver	Hiver	Hiver

2.2. Au laboratoire

2.2.1. Montage et dénombrement des pucerons

Après chaque sortie, nous avons dénombré les pucerons collectés sous une loupe binoculaire. Les pucerons sont identifiés après leur montage entre lames et lamelles.

Le montage est réalisé selon la méthode décrite par Bouchery et Jacky, (1982). La technique de montage des pucerons est comprend les étapes suivantes :

- Incision à l'aide d'une épingle entomologique sur la face ventrale du puceron;
- Dégraissage de puceron dans une solution à 10 % d'hydroxyde de potassium (KOH);
- Transférer dans de l'eau pendant 3 minutes environ pour bien éliminer les traces de potasse;
- Afin d'éclaircir le puceron on utilise une solution de chloral phénol pendant 24 heures;
- Le montage est réalisé entre lames et lamelles dans une goutte de liquide de Faure.

L'identification des pucerons est réalisée à l'aide des clés d'identification de Bouchery et Jacky, (1982) ; Lelcant, (2000). La confirmation de cette identification a été réalisée par M^{lle} Kellil H., enseignante à l'université de Sétif.

2.2.2. Installation et suivi de la culture au laboratoire

L'expérimentation au laboratoire a fait appel à un semis effectué le 14 juillet 2013, dans des pots, d'une capacité de 5 kg avec une dose de semis de 20 grains/pot. Les grains sont issus de la coopérative des céréales et légumes secs (CCLS) de Batna. Le sol est prélevé sur le même sol où les variétés de champ sont semis. Les pots sont placés selon un dispositif expérimental de type randomisation par bloc (Trouche et *al.*, 2001). Ils sont irrigués régulièrement tous les deux jours. La température est ambiante, elle est variée entre 21°C et 35 °C et l'humidité relative moyenne varie entre 42 % et 45%.

➤ Le dispositif expérimental

Facteur étudié : effet variété à trois niveaux (3 variétés) : MBB, GTA, BOU avec témoin (Tableau 15).

M0 : Témoin de MBB (**M** de 1 à 4 sont des répétitions pour var MBB).

G0 : Témoin de GTA (**G** de 1 à 4 sont des répétitions pour var GTA).

B0 : Témoin de BOU (**B** de 1 à 4 sont des répétitions pour var BOU).

Tableau 15. Représentation du dispositif expérimental

Bloc 1	B0	G3	M1
Bloc 2	M0	G1	B1
Bloc 3	B4	M4	G2
Bloc 4	M3	G4	B3
Bloc 5	G0	M2	B2

➤ **Infestation artificielle**

L'infestation artificielle des plantes par des pucerons est effectuée le 04/08/2013 au stade 3 à 4 feuilles. Deux pucerons adultes aptères de *R.maïdis* sont déposés délicatement à l'aisselle des feuilles de chaque plant (Robinson, 1994). La couverture des pots est réalisée par un tissu de mousseline pour éviter l'effet des autres espèces. Les premiers pucerons sont issus de collecte d'individus vivants récoltés sur le terrain. Un élevage de *R.maïdis* a été réalisé au niveau du laboratoire sur un pot réservé à cet effet.

➤ **Comptage des pucerons**

Le comptage des individus des pucerons des plantes infestées se fait régulièrement une fois par dix jours afin de suivre l'évolution des populations de *R. maïdis* sur les plantes infestées (Basky et *al.*, 2001). Le comptage a concerné à chaque fois le nombre d'individus de puceron adultes trouvés sur 10 plants/pot.

2.2.3. Calcul des paramètres et indices

2.2.3.1. Fréquence d'abondance

La fréquence d'abondance ($F\%$) est égale au rapport entre le nombre de relevés (n) où l'espèce (x) existe et le nombre total (N) de relevés effectués (Faurie et *al.*, 1984).

$$F \% = n / N \times 100$$

2.2.3.2. Fréquence d'occurrence

Selon Dajoz, (1985), la fréquence d'occurrence (C%) présente le rapport des nombres d'apparitions (ni) d'une espèce donnée (i) au nombre total des relevés réalisés (N₂). Elle est appelée aussi fréquence d'apparition ou indice de constance.

La fréquence de constance est calculée selon la formule suivante :

$$C\% = \frac{n_i}{N_2} \times 100$$

Bigot et Bodot, (1973), ont distingué des groupes d'espèces en fonction de leur fréquence d'occurrence :

- Espèces constantes : $C\% \geq 50\%$ des prélèvements ;
- Espèces accessoires : $25\% \leq C\% \leq 49\%$;
- Espèces accidentelles : $25\% > C\% \geq 10\%$;
- Espèces très accidentelles : $< 10\%$.

2.2.3.3. Mesures des paramètres morphologiques, agronomiques et biochimiques**➤ Paramètres morphologiques**

- Hauteur de la plante (HP en cm): on mesure 5 échantillons de plantes par variété à partir du plateau du tallage jusqu'au point d'insertion de l'épi (Cauwel et *al.*, 2000).
- Surface foliaire (SF en cm²) : on mesure 5 feuilles / variété. La surface foliaire est alors calculée selon la formule décrite par Spagnoletti-Zeuli et Qualset, (1990) :
$$SF (cm^2) = \text{longueur} (L) \times \text{Largeur} (I) \times 0.7149$$
- Surface foliaire de la dernière feuille (SFDF en cm²) : La feuille étendard est la principale unité fonctionnelle des photosynthétats qui contribuent à la formation du grain. Les mesures et les calculs sont faits avec la même méthode que pour la surface foliaire.
- Longueur de l'épi (LE en cm) : On mesure un échantillon de 5 épis sans barbes / variété au stade maturité, à partir de la base de l'épi jusqu'au sommet de l'épillet terminal (Sassi et *al.*, 2012).
- Longueur des barbes (LB en cm) : On mesure un échantillon de 5 épis / variété, au stade maturité, à partir du sommet de l'épillet terminal jusqu'au sommet des barbes (Sassi et *al.*, 2012).

➤ **Paramètres biochimiques**

• **Dosage des chlorophylles**

La chlorophylle est dosée selon la méthode de Mackinney, (1941), qui consiste à mettre 100 mg des feuilles coupées dans un mélange de l'acétone et de l'éthanol (75 % et 25%); et mises dans des boîtes noires durant 48 heures puis on procède à la lecture des densités optiques des solutions à l'aide d'un spectrophotomètre à deux longueurs d'ondes : (645 nm et 663 nm) après l'étalonnage de l'appareil avec la solution témoin (acétone à 75%+ éthanol 25%).

Le calcul des valeurs de la chlorophylle se fait grâce à la formule d'Arnon, (1949),

$$\text{Chl.a} = (0,0127 * \text{DO } 663) - (0,00269 * \text{DO } 645) \text{ mg/ml.}$$

$$\text{Chl.b} = (0,0229 * \text{DO } 645) - (0,00486 * \text{DO } 663) \text{ mg/ml.}$$

$$\text{Chl totale (Chl.a + Chl.b)} = (0,00802 * \text{DO } 663) + (0,0202 * \text{DO } 645) \text{ mg/ml.}$$

• **Dosage des sucres solubles**

Les sucres solubles sont dosés par la méthode de Dubois et *al.*, (1956), cette méthode consiste à prendre 100 mg de la matière végétale dans des tubes à essai, auxquels ajoute 2 ml d'éthanol à 80% pour l'extraction des sucres, puis on laisse à température ambiante pendant 48h à l'obscurité.

Au moment du dosage, on procède à l'évaporation du total de l'alcool en mettant les tubes à essai dans un bain marie à 70°C. Après refroidissement, on ajoute 20 ml de l'eau distillée à l'extrait.

Dans des tubes à essai, on met 1ml de l'extrait, on ajoute 1ml de phénol à 5% en prenant soin de bien agiter. Enfin, on ajoute 2 ml d'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré, on obtient ainsi une solution jaune-orange. On dépose les tubes à essai dans un bain de glace, et on laisse reposer 25 min, puis on procède à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490 nm.

Le calcul des concentrations se fait à l'aide de l'équation déduite de la courbe d'étalonnage.

• **Dosage de la proline**

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindesly, (1955), qui consiste à mettre 100 mg de matière fraîche foliaire ou racinaire prélevés de chaque répétition et mis dans des tubes à essais auxquels on ajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes sont couverts pour éviter la volatilisation de l'alcool puis sont portés à ébullition au bain-marie à

85 °C pendant 60 min. Après refroidissement, 1 ml de l'extrait a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'acide acétique (CH_3COOH). Ensuite, nous avons ajouté, dans chaque tube, 1 ml de mélange contenant : 120 ml d'eau distillée; 300 ml d'acide acétique ; 80 ml d'acide orthophosphorique (H_3PO_4 , densité de 1,7) et 25 mg de ninhydrine.

Le mélange est porté à ébullition durant 30 min. La solution vire vers le rouge. Après refroidissement des solutions, le chromatophore est extrait avec 5 ml de toluène. Deux phases se séparent après agitation au Vortex. On prélève la phase supérieure contenant le chromatophore à laquelle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium oxydé (Na_2SO_4) à l'aide d'une spatule pour éliminer l'eau qu'elle contient. La lecture de la densité optique des échantillons est faite à l'aide d'un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm, correspondant à son maximum d'absorption.

Le calcul des concentrations se fait grâce à l'équation déduite de la courbe d'étalonnage.

➤ **Paramètres agronomiques**

- Taux de fertilité (TF%) : Est calculé suivant la formule décrite par Gallais et Bannerot (1992):

$$\text{Taux de fertilité} = \frac{\text{Nombre de grains}}{\text{épi Nombre de fleurs}} \times 100$$

On mesure un échantillon de 5 épis / variété.

● **Composantes du rendement**

Selon Cauwel et *al.*, (2000), les composantes de rendement sont mesurées comme suit :

- Nombre d'épillets par épi (Ep.E) : noté au stade maturité pour calculer le taux de fertilité des plantes.
- Nombre de grains par épi (NG) : on compte 5 épis /variétés.
- Poids de mille grains (PMG) : nous avons déterminé le nombre de 20 grammes de gains / plante, les calculs se fait comme suit :

$$\begin{array}{lcl} 20 \text{ gramme} & \longrightarrow & \text{le nombre des grains} \\ \text{PMG} & \longrightarrow & 1000 \text{ grains.} \end{array}$$

5 répétitions / génotype.

- Rendement en grains (RDT) : d'après Vilain, (1987), le rendement est calculé selon les formules suivantes :

Rendement Qtx / ha = Nombre de plants / ha × Nombre moyen
d'épis / plant × Nombre de grains par épi × Poids moyen d'un grain.

Le rendement en grain des plantes de laboratoire est calculé selon la formule de Garfius, (1964) :

$$W=X*Y*Z$$

X : nombre d'épi / plante ;

Y : nombre moyen de grains / épi ;

Z : poids moyen du grain.

2.3. Traitements statistiques

Nous avons appliqué une analyse de la variance sur les plantes étudiées au champ, et sur les plantes étudiées au laboratoire ; entre les témoins et les plantes infestées. L'analyse de la variance à un facteur de l'interaction des variétés étudiées au champ et Aphididae, ainsi l'interaction des variétés étudiées au laboratoire et *R.maïdis*, réalisés par le logiciel R version 2.14.1, (2011).

Chapitre 4

Résultats et discussions

Chapitre 4: Résultats et discussions

1. Structure des peuplements aphidiens recensés sur champ

1.1. Inventaire et fréquence d'occurrence

❖ Résultats

Nous avons identifié un total de 11 espèces de pucerons appartenant à 7 genres différents avec un effectif total de 1833 individus, dont 512 individus sur la variété GTA, 457 sur la variété MBB et 864 sur la variété BOU. Le genre *Rhopalosiphum* est le plus dominant du point de vue nombre d'espèce (3 espèces). L'espèce présentant l'effectif le plus important est : *Diuraphis noxia* (833) (Tableau 16).

L'espèce la plus courante dans le temps et dans les trois variétés étudiées est : *Sitobion avenae* avec une constance de 66.67%. Ceci nous permet de considérer que c'est l'espèce la plus commune dans les champs de blé dur de la région de Btana.

En terme de variété, L'espèce la plus constante dans le temps est *Diuraphis noxia* sur la variété BOU avec 83,33%, sur la variété MBB, ont noté trois espèces à haute constance: *S.avenae*, *Metopolophium dirhodum* et *Aphis spp.* (66.67%) ainsi trois espèces à haute constance est remarqué sur la variété GTA : *Metopolophium dirhodum*, *Schizaphis graminum* et *Diuraphis noxia* (75%) (Tableau 16).

CHAPITRE 4 Résultats et discussions

Tableau 16. Liste systématique des Aphididae inventoriés avec leurs fréquences d'occurrences sur trois variétés blé dur étudiées.

C% : Fréquence de constance ; Ech. : Echelle de constance ; C : Constante ; Ac : Accessoire ; A : Accidentelle ; Tac : Très accidentelle.

Genre	Espèce (Nom commun)	Var. GTA/dur		Var. MBB.		Var. Bouss.		Effectif total
		C%	Ech.	C%	Ech.	C%	Ech.	
<i>Sitobion</i>	<i>Sitobion fragariae</i> (Grand puceron des céréales)	50	C	41,67	A	50	C	108
	<i>Sitobion avenae</i> (Puceron des épis des céréales)	66,67	C	66,67	C	66,67	C	283
<i>Rhopalosiphum</i>	<i>Rhopalosiphum maïdis</i> (Puceron vert du maïs)	16,67	Ac	0	/	8,33	Tac	4
	<i>Rhopalosiphum padi</i> (Puceron du Merisier à grappes)	0	/	0	/	16,67	Ac	4
	<i>Rhopalosiphum spp.</i>	0	/	16,67	Ac	25	A	19
<i>Metopolophium</i>	<i>Metopolophium dirhodum</i> (Puceron des céréales et de rosier)	75	C	66,67	C	75	C	300
	<i>Metopolophium spp.</i>	16,67	Ac	16,67	Ac	16,67	Ac	9
<i>Lipaphis</i>	<i>Lipaphis erysimi</i> (Puceron du navet)	0	/	8,33	Tac	16,67	Ac	3
<i>Schizaphis</i>	<i>Schizaphis graminum</i> (Puceron vert des graminées)	75	C	58,33	C	58,33	C	100
<i>Diuraphis</i>	<i>Diuraphis noxia</i> (Puceron russe)	75	C	58,33	C	83,33	C	833
<i>Aphis</i>	<i>Aphis spp.</i>	58,33	C	66,67	C	58,33	C	169
Effectif total des espèces		512		457		864		1833

❖ Discussion

Suivant les variétés, c'est la variété BOU qui abrite le peuplement d'aphidiens le plus nombreux par rapport aux deux autres variétés. L'effectif de l'espèce *D. noxia* est le plus élevé dans les variétés BOU et GTA, mais sur la variété MBB l'espèce *Aphis spp* représente le nombre le plus important. La variation de l'infestation des variétés de blé dur par les espèces de pucerons serait en relation la composition physico-chimique des variétés étudiées.

S. avenae est l'espèce la plus commune dans les trois variétés. Les espèces les plus constantes dans les trois variétés sont : *D. noxia*, *S. avenae*, *M. dirhodum*, *S. graminum* et *Aphis. spp*. Ce sont des espèces caractéristiques de la culture de blé dur. *R. padi*, *S. graminum* et *S. avenae* sont trois espèces considérées parmi les aphides ravageurs de blé. Elles sont capables de réduire le rendement du blé directement par leur alimentation ou par la transmission des virus (Crespo-Herrera et al., 2013). D'après Carter et al., (1989) ; Dedryver et Tanguy, (1984), *S. avenae* et *M. dirhodum* sont les principales espèces de puceron colonisent les céréales à pailles. *D. noxia* est un ravageur important de blé et d'orge dans plusieurs régions du monde (Elboughssini et Nachit, 2000 ; Basky et al., 2001).

En outre nous constatons que les fréquences d'occurrence de différentes espèces de pucerons varient d'une variété à une autre. Ceci serait en relation des caractères morphologiques et chimiques de la plante. En effet les caractères variétaux, morphologiques ou chimiques augmentent l'attractivité de ravageurs ou de leur pouvoir répulsif (Appert et Deuse, 1982). Les facteurs chimiques comprennent des substances stimulantes ou inhibitrices (Harrbach, 1985). Les aphides sont sensibles à certains types de composés qui jouent le rôle soit de stimulants, soit de composés inhibiteurs ou anti-appétants (Harmel et al., 2008). D'après Harrbach, (1985), les aminoacides ont des effets multiples sur les pucerons, ils possèdent une valeur phagostimulante et, de ce fait, agissent sur le comportement de sélection de la plante-hôte et d'alimentation des pucerons. Ce qui impliquerait que la morphologie et la composition chimique de la variété BOU influent positivement sur l'infestation d'un grand nombre de pucerons par rapport aux variétés GTA et MBB.

C'est la variété BOU qui favoriserait l'accueil d'un peuplement de pucerons le plus diversifié en espèces et le plus nombreux en effectifs.

1.2. Dynamique des populations de pucerons en fonction des stades phénologiques de la plante hôte

❖ Résultats

Les effectifs des populations de pucerons augmentent après le stade épiaison, alors qu'ils sont très faibles au cours des premiers stades de développement (Fig. 14). Les effectifs de la population de *R. maidis* sont généralement très faibles, le nombre d'individus le plus élevé est noté au cours du stade remplissage du grain (Fig. 15).

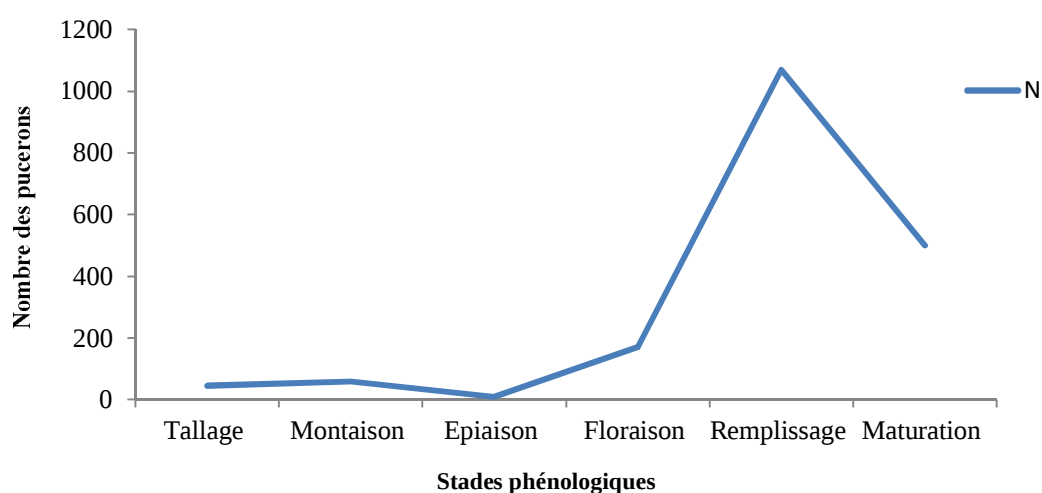


Figure 14 : Evolution des effectifs totaux des populations de pucerons recensés sur blé dur dans la région de Batna en fonction des stades phénologiques

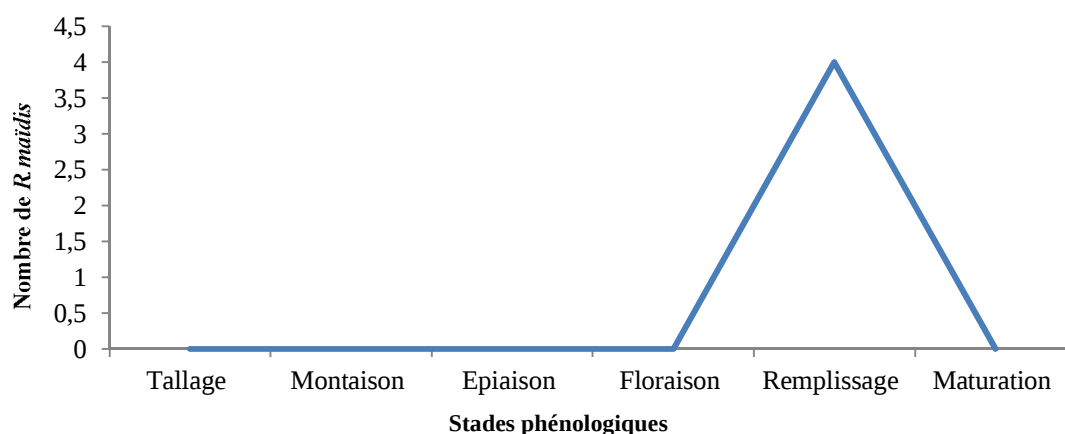


Figure 15: Evolution des effectifs de la population de *R. maidis* recensé sur blé dur dans la région de Batna en fonction des stades phénologiques.

❖ Discussion

Selon Dedryver et Di Pietro, (1986), le taux d'accroissement intrinsèque journalier des pucerons augmente au cours de la croissance du blé à partir du stade plantule, passe par un maximum au stade maturité laiteuse puis décroît fortement à la maturité pâteuse. La période de sensibilité des céréales démarre à partir du stade épiaison et se termine au stade grain pâteux (Fabre et *al.*, 2007; Vialatte et *al.*, 2008 in Robin, 2014). Ceci expliquerait l'abondance des pucerons à partir du stade épiaison avec un maximum d'effectifs lors de la maturité laiteuse (remplissage des grains).

Plusieurs conditions peuvent influencer l'effectif des populations de pucerons au long des stades phénologiques du blé : le climat, l'âge de la plante hôte, l'existence de la faune auxiliaire et la pratique agricole. Selon Iperiti, (1963), une pullulation aphidienne se manifeste en général par une multiplication apparemment soudaine et intense d'une espèce de puceron sur les organes jeunes d'un type végétal sensible, en un lieu précis où règnent des conditions climatiques favorables. Les pucerons, redoutables ravageurs pour de nombreuses cultures, peuvent être contrôlés par une grande diversité d'ennemis naturels tels que les insectes auxiliaires, notamment des prédateurs et parasitoïdes aphidiphages (Ronquin et *al.*, 2004).

La composition chimique de la plante hôte varie d'un stade à un autre, ce qui intervient dans la variation de l'effectif des pucerons au cours des stades de développement de la plante hôte. Les pucerons sont tributaires de la croissance des végétaux et plus précisément de la concentration en azote de la sève élaborée, donc leur pic de reproduction va correspondre au pic de concentration en azote de la sève élaborée (Abanda, 2012). Les pucerons ont un régime alimentaire fondamentalement déséquilibré, beaucoup trop riche en sucres et trop pauvre en acides aminés. Le climat influence d'une manière dynamique les interactions entre les plantes, les insectes ravageurs et les ennemis naturels (Brodeur et *al.*, 2013). Selon Moreau, (1996), les paramètres climatiques conditionnent l'abondance relative des pucerons.

Le déclin des populations des pucerons après le stade remplissage est dû à la chaleur de la saison et à la sénescence de la plante. Brodeur et *al.*, (2013), montrent que les hautes températures qui avoisinent la limite maximale de température de développement du puceron entraînent un déclin des populations. Le stade pâteux est un stade défavorable à la multiplication et la persistance des pucerons (Harbaoui et *al.*, 2008). Dans le cas de *R.*

maïdis, le pic des effectifs observés coïncide avec l'augmentation des températures à partir du mois du mai.

La température, ainsi que l'espèce de la plante hôte et son âge physiologique influencent grandement sur la biologie de *R. maïdis*. Quand la température est optimale (30°C), les populations de ce puceron augmente sur des pousses d'orge âgées de 5 jours (El-Ibrashy et al., 1972). Il se tient sur les tiges et la face supérieure des feuilles, et entraîne l'enroulement des feuilles (Bonnemaison, 1962).

Il s'avère que le stade de maturité du blé dur (Remplissage) qui coïncide également avec le début des températures chaudes (fin de printemps) sont ceux qui favorisent la croissance en nombre des aphidiens en générale et de *R. maïdis* en particulier.

1.3. Dynamique des populations de pucerons en fonction des variétés de blé dur

❖ Résultats

Les trois variétés de blé dur étudiées sont fortement infestées par l'espèce *D. noxia*. Dans la variété BOU, l'espèce *S. avenae* est classée dans le deuxième rang après *D. noxia* et les variétés MBB et GTA, l'espèce classée en deuxième rang est *M. dirhodum* (Fig.16).

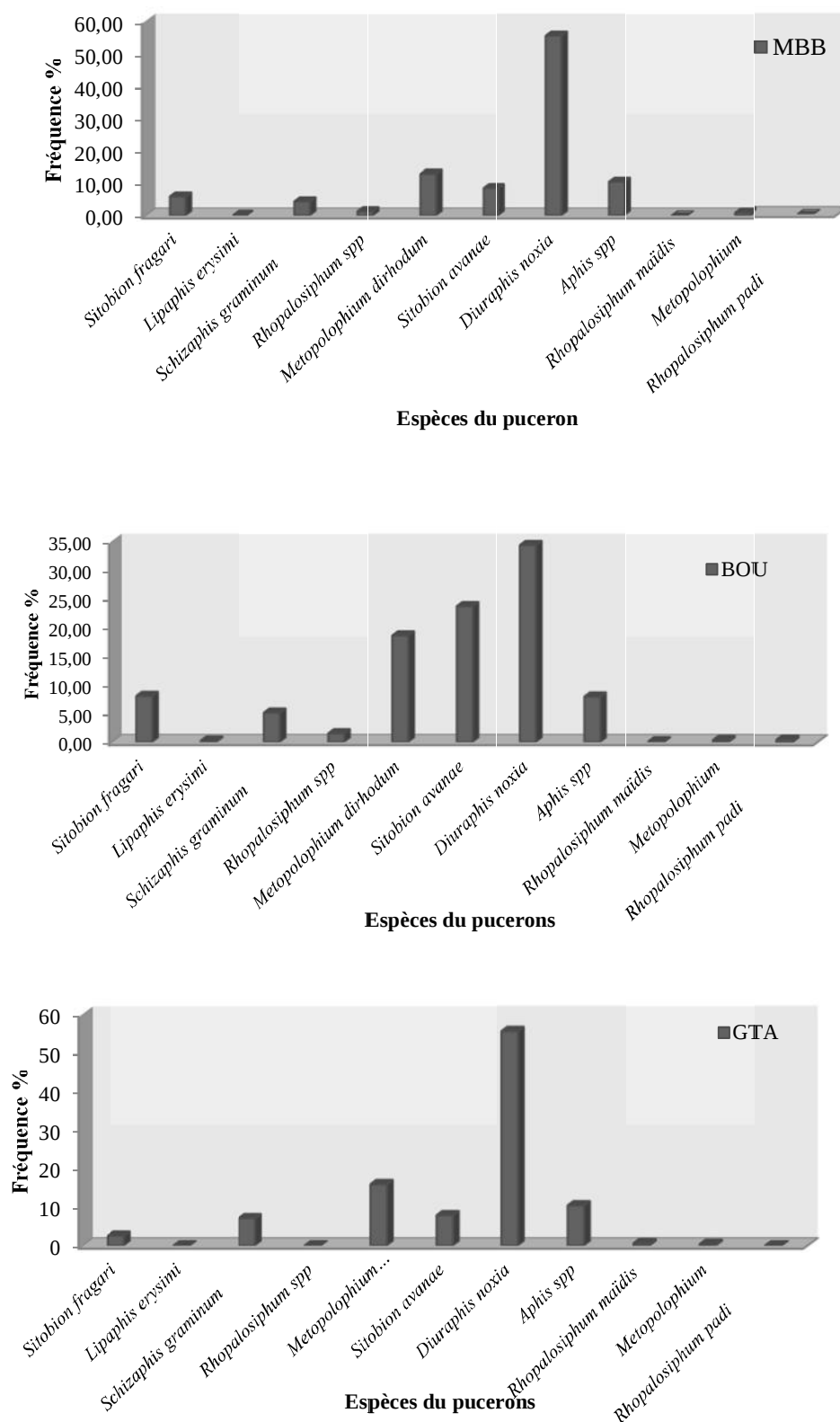


Figure 16: Fréquences en nombre d'individus des espèces de pucerons recensés sur trois variétés de blé dur dans la région de Batna.

❖ Discussion

Les fortes fréquences d'abondances dans les trois variétés de blé dur étudiées par *D. noxia* seraient en relation avec : l'espèce elle-même considérée comme espèce inféodée au blé dur. Les conditions climatiques, la sécheresse qui a frappé la région d'étude durant la campagne d'étude auraient également favorisé la dynamique importante des populations de *D. noxia*. En effet, la sensibilité du blé aux *D. noxia* est maximale si ces plantes sont soumises à un stress hydrique (Girma et al., 1990 in Robinson, 1994).

Par ailleurs, selon Dedryver et Di Pietro, (1986), durant le stade épiaison – maturité laiteuse les épis émergent, donc ils sont rapidement colonisés par le puceron *S. avenae*, à ce stade phénologique les dégâts quantitatifs et qualitatifs provoqués par *S. avenae* sont les plus importants (Vereijken, 1979 in Dedryver et Di Pietro, 1986).

Plusieurs travaux d'inventaire de pucerons sont entamés dans le monde et dans l'Algérie, on cite : Cochereau, (1974), a remarqué en Avril 1966 une intense pullulation des pucerons *S. avenae* et *R. maidis* se développaient à l'île de Mangarva (France) sur les plantes sauvages et cultivées. Harbaoui et al., (2008), ont étudié la morphologie et la toxicologie de pucerons des céréales en Tunisie, ils ont identifié les cinq principales espèces sévissent en Tunisie qui sont *R. padi* ; *S. graminum*; *M. dirhodum* et *Sypha maydis*. Kellil, (2010), a inventorié l'entomofaune des céréales, et a recensé des espèces inféodées aux céréales qui sont : *R. maidis*; *R. padi* ; *S. graminum*; *M. dirhodum*; *D. noxia*; *S. avenae* et *S. fragariae* avec des effectifs différentes.

Ceci montrerait que, à l'image des travaux réalisés en Algérie ou dans le monde, les espèces *S. avenae* et *D. noxia* comptent parmi les pucerons les plus abondants et les plus redoutables sur le blé dur.

2. Résultats de l'essai d'infestation du blé dur par *R. maidis* au laboratoire**2.1. Evolution des fréquences d'infestation par *R. maidis* fonction des stades phénologiques****❖ Résultats**

Nous constatons que les infestations des trois variétés, augmente du stade 3 feuilles jusqu'au stade épiaison puis progresse considérablement jusqu'à la fin de l'essai. En outre,

nous notons que sur la variété GTA les effectifs importants se maintiennent entre le stade montaison et épiaison (Fig. 17).

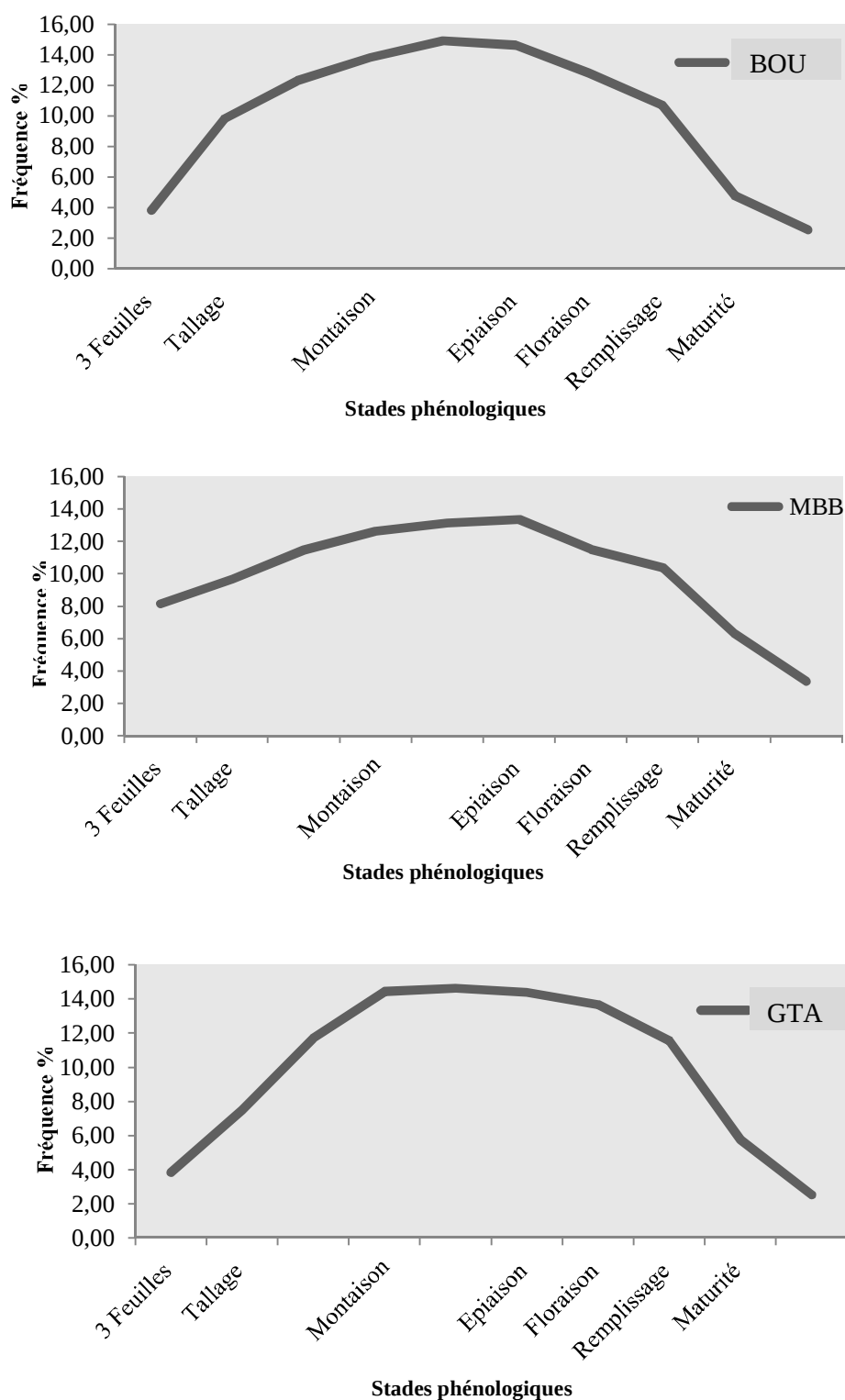


Figure 17 : Evolution des fréquences d'infestation par *R. maidis* des trois variétés de blé dur étudiées au laboratoire en fonction des stades phénologiques.

❖ Discussion

C'est toujours en période de maturation, notamment aux stades épiaison et floraison que les plantes de blé dur sont les plus infestées.

Les effets variétaux pourraient se traduire par une plus ou moins grande tolérance de différents cultivars aux attaques de pucerons (Hinz et Derebell 1976 in Dedryver et Di Pietro, 1986) ou / et par un caractère plus ou moins favorable de ces cultivars vis-à-vis des pucerons (Dedryver et Di Pietro, 1986). Le choix variétal influence fortement le développement des pucerons ; une variété de blé résistante entraîne une diminution du poids des adultes et des performances reproductrices (Robin, 2014). Dedryver et Di Pietro, (1986), ont étudié l'effet variétal sur l'évolution des populations de *S. avenae*, *M. dirhodum* et *R. padi* en champ où ils ont trouvés qu'il y a une différence significative après l'épiaison.

3. Paramètres morphologiques, biochimiques et agronomiques du blé dur

3.1. Paramètres morphologiques

❖ Résultats

Les paramètres morphologiques considérés montrent une variation entre les essais (champ, laboratoire), au sein des trois variétés de blé dur étudiés d'un même essai, ainsi qu'entre le témoin et les plantes infestées par le puceron (Tableau 17).

Tableau 17. Valeurs des paramètres morphologiques moyens des variétés de blé étudiées sur champ et au laboratoire (HP : hauteur des plantes, SFDF : surface foliaire de la dernière feuille, SF : surface foliaire, LE : longueur de l'épi et LB : longueur des barbes). (t : témoin ; pi : plantes infestées par le puceron).

Paramètres	Champ				
Paramètres morphologiques	Variété	Min.	Max	Moyenne	Ecart type
HP (cm)	BOU	46	55	48,6	3,78
	GTA	61	72	67	5,15
	MBB	52	83	67,2	11,52
SFDF (cm ²)	BOU	1,23	4,4	2,44	1,59
	GTA	5,5	10,13	7,74	2,15
	MBB	3,99	6,05	5,17	1,01
SF (cm ²)	BOU	2,2	4,30	3,04	0,97
	GTA	6,4	10,00	8	1,83
	MBB	4,8	11	7,6	2,20

CHAPITRE 4 Résultats et discussions

LE (cm)	BOU	2,9	3,20	3,06	0,11
	GTA	4,9	7,10	6,24	0,81
	MBB	2,8	5,2	3,7	1,00
LB (cm)	BOU	5,6	7,00	6,46	0,63
	GTA	7,6	10,60	8,58	1,20
	MBB	9,20	11,50	10,34	0,98
Laboratoire					
Paramètres morphologiques	Variété	Min.	Max	Moyenne	Ecart type
HP (cm)	BOUt	45,50	51,80	49,28	2,67
	BOUpi	40,00	45,30	42,45	2,26
	GTA _t	45,80	47,70	46,62	0,89
	GTA _{pi}	44,60	46,00	45,50	0,64
	MBB _t	57,90	60,50	58,90	1,16
	MBB _{pi}	54,20	57,00	55,40	1,21
SFDF (cm ²)	BOUt	5,49	6,05	5,75	0,28
	BOUpi	4,21	4,75	4,43	0,28
	GTA _t	1,97	2,81	2,46	0,44
	GTA _{pi}	1,59	2,52	2,07	0,47
	MBB _t	6,52	7,42	6,94	0,45
	MBB _{pi}	4,48	5,06	4,83	0,31
SF (cm ²)	BOUt	6,45	7,93	7,24	0,75
	BOUpi	5,57	6,14	5,81	0,30
	GTA _t	3,97	5,00	4,53	0,52
	GTA _{pi}	3,39	3,99	3,64	0,31
	MBB _t	9,83	10,74	10,38	0,48
	MBB _{pi}	6,49	7,14	6,74	0,35
LE (cm)	BOUt	3,5	4,80	4,15	0,54
	BOUpi	2,9	3,40	3,10	0,22
	GTA _t	5,00	6,00	5,62	0,45
	GTA _{pi}	3,50	5,20	4,55	0,76
	MBB _t	3,50	4,20	3,80	0,29
	MBB _{pi}	2,90	4,00	3,50	0,50
LB (cm)	BOUt	5,80	8,00	7,02	0,93
	BOUpi	4,50	8,00	5,80	1,52
	GTA _t	7,00	8,50	7,95	0,67
	GTA _{pi}	7,00	8,00	7,52	0,41
	MBB _t	9,00	11,00	10,05	0,82
	MBB _{pi}	9,80	11,00	10,20	0,54

- Hauteur de la plante (HP) :

Dans le champ, la variété MBB a enregistré une valeur moyenne élevée (67,2 cm) et la variété BOU représente la hauteur la plus faible (48,6 cm). Les mêmes constatations sont notées pour l'essai du laboratoire où les témoins sont représentés par les hauteurs les plus élevées en comparaison avec les plantes infestées. La hauteur la plus élevée est signalée sur MBBt (58,90 cm) contre MBBpi (55,40 cm) et la plus faible hauteur est celle de BOUt (49.28 cm) contre BOUpi (42.45 cm). (Tableau 17) (Fig. 18).

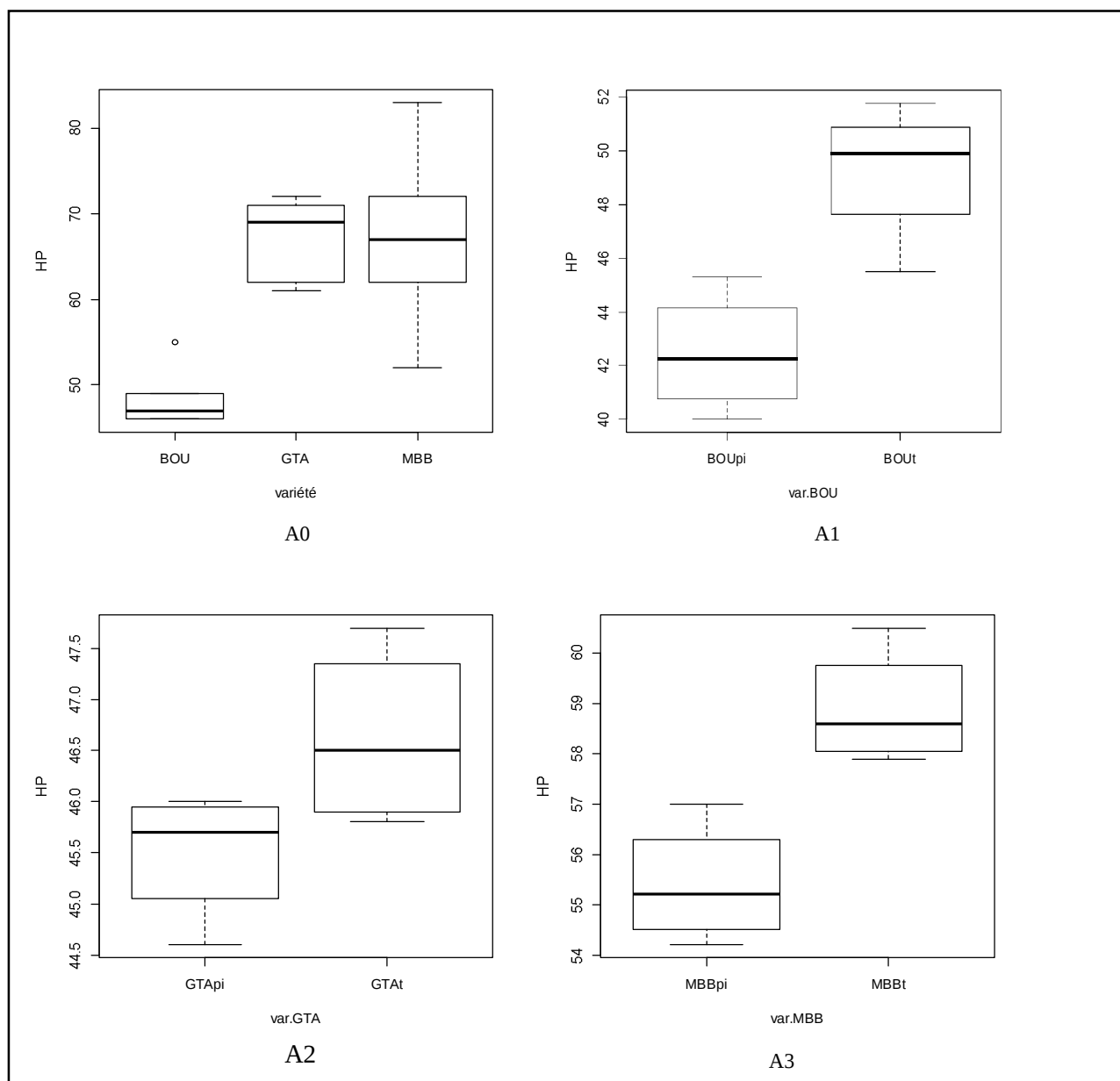


Figure 18 : Boîtes à moustaches représentent la hauteur des plantes (HP) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - A0 : Hauteur des plantes des variétés de champ, A1 : Hauteur des plantes de la variété BOU ; A2 : Hauteur des plantes de la variété GTA ; A3 : Hauteur des plantes de la variété MBB, (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Surface foliaire de la dernière feuille (SFDF):

Sur le champ la variété qui enregistre la valeur la plus élevée est GTA (7,74 cm²) et la variété BOU représente la valeur la plus faible (2,44 cm²). Au contraire, dans l'essai de laboratoire, la variété MBB représente une valeur élevée MBBt (6,94cm²) et MBBpi (4,83 cm²) et la valeur faible est celle noté pour de la variété GTA, GTAt (2,46 cm²) et GTApi (2,07 cm²). Les plantes témoins sont représentées par des valeurs les plus élevées en comparaison avec les plantes infestées (Tableau 17) et (Fig.19).

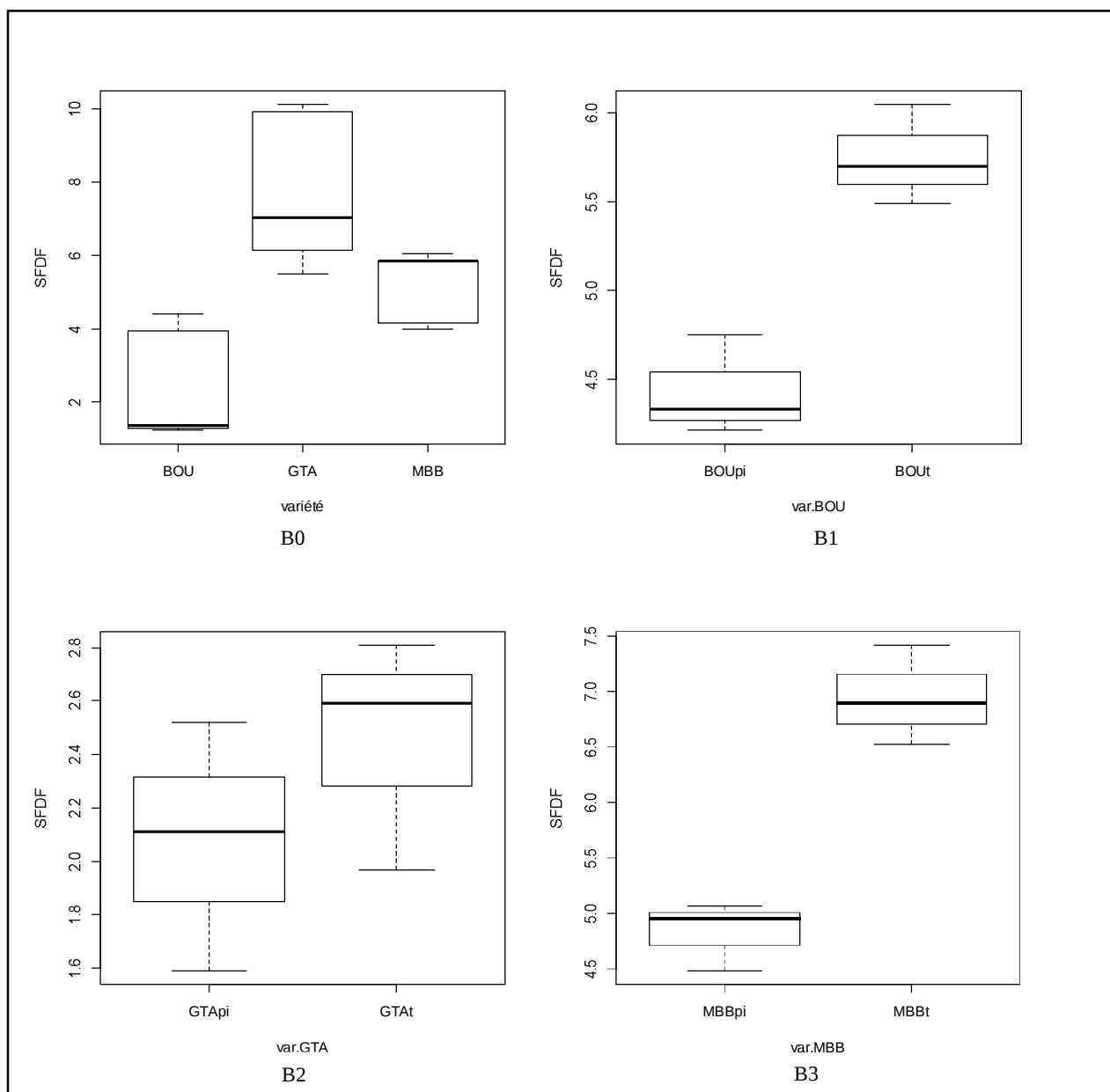


Figure 19: Boîtes à moustaches représentent la surface foliaire de la dernière feuille (SFDF) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - B0 : SFDF des variétés de champ, B1 : SFDF de la variété BOU ; B2 : SFDF de la variété GTA ; B3 : SFDF de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Surface foliaire (SF):

Sur le champ, la variété GTA est représentée la valeur moyenne de la SF la plus élevée (8 cm²) et la valeur de la surface foliaire la plus faible est de (3,04 cm²) notée pour la variété BOU. Au laboratoire, les plantes témoins représentent des valeurs élevées en comparaison avec les plantes infestées. La variété MBB représente la valeur la plus élevée MBBt (10,38 cm²), MBBpi (6,74 cm²). Par contre, la variété GTA représente la surface foliaire la plus faible avec GTAt (4,53 cm²) et GTApi (3,64 cm²) (Tableau 17) et (Fig. 20).

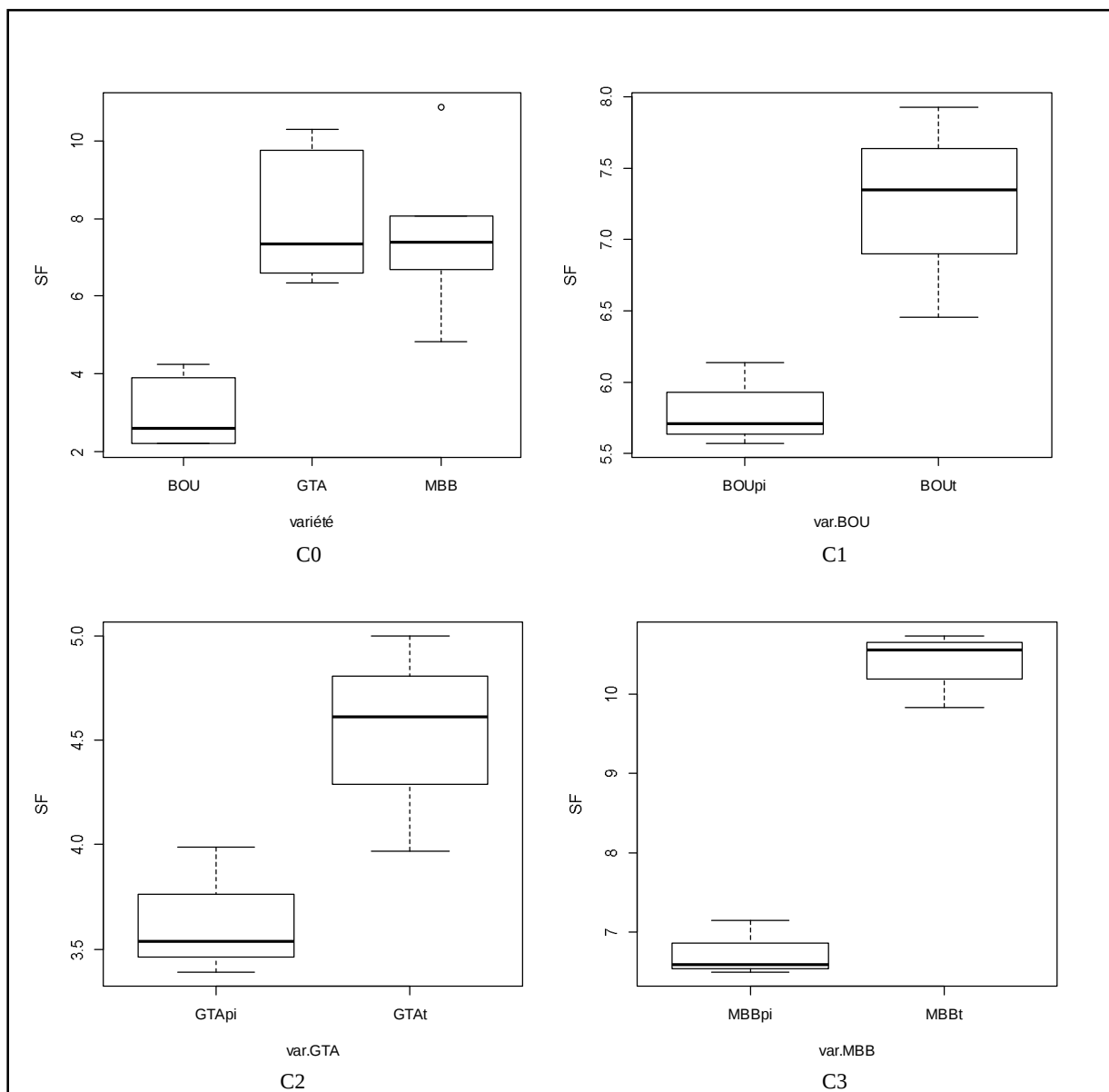


Figure 20: Boîtes à moustaches représentent la surface foliaire (SF) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - C0 : SF des variétés de champ, C1 : SF de la variété BOU ; C2 : SF de la variété GTA ; C3 : SF de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Longueur de l'épi (LE):

La variété GTA représente une valeur moyenne élevée sur le champ et au laboratoire : les plantes infestées et témoin respectivement sont de 6,24 cm, 5,62 cm et 4,55 cm, la valeur la plus basse est celle notée pour la variété BOU sur champ (3,06 cm) et au laboratoire, la variété MBB avec MBBt (3,80 cm) et MBBpi (3,50 cm). Nous notons que les plantes témoins ont des valeurs supérieures à celle des plantes infestées (Tableau 17) (Fig. 21).

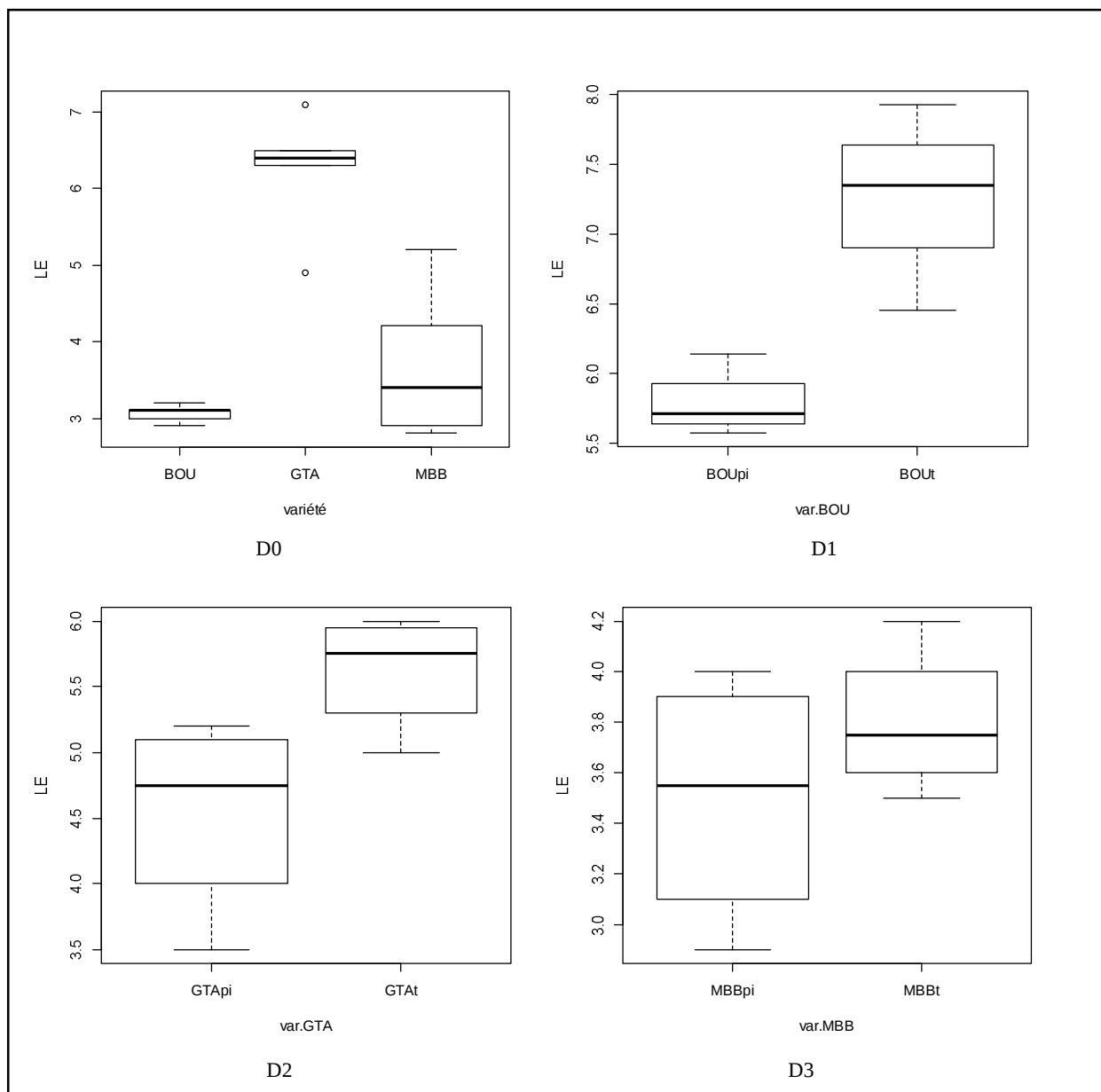


Figure 21: Boîtes à moustaches représentent la longueur de l'épi (LE) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - D0 : LE des variétés de champ, D1 : LE de la variété BOU ; D2 : LE de la variété GTA ; D3 : LE de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Longueur des barbes (LB):

La variété MBB est représenté par une valeur moyenne élevée dans le champ et au laboratoire respectivement : plantes infestées et témoin (10,34 cm, 10,20 cm et 10,05 cm), BOU est la variété la plus faible en longueur des barbes sur champ et au laboratoire (plantes infestée et témoin) respectivement (6,46 cm, 5,80 cm et 7,02 cm). On constate aussi que les valeurs des plantes témoins sont supérieures à celles des plantes infestées sauf chez la variété MBB où il y a une légère augmentation de LB des plantes infestées ; MBBpi (10,20 cm) contre MBBt (10,05 cm) (Tableau17) et (Fig. 22).

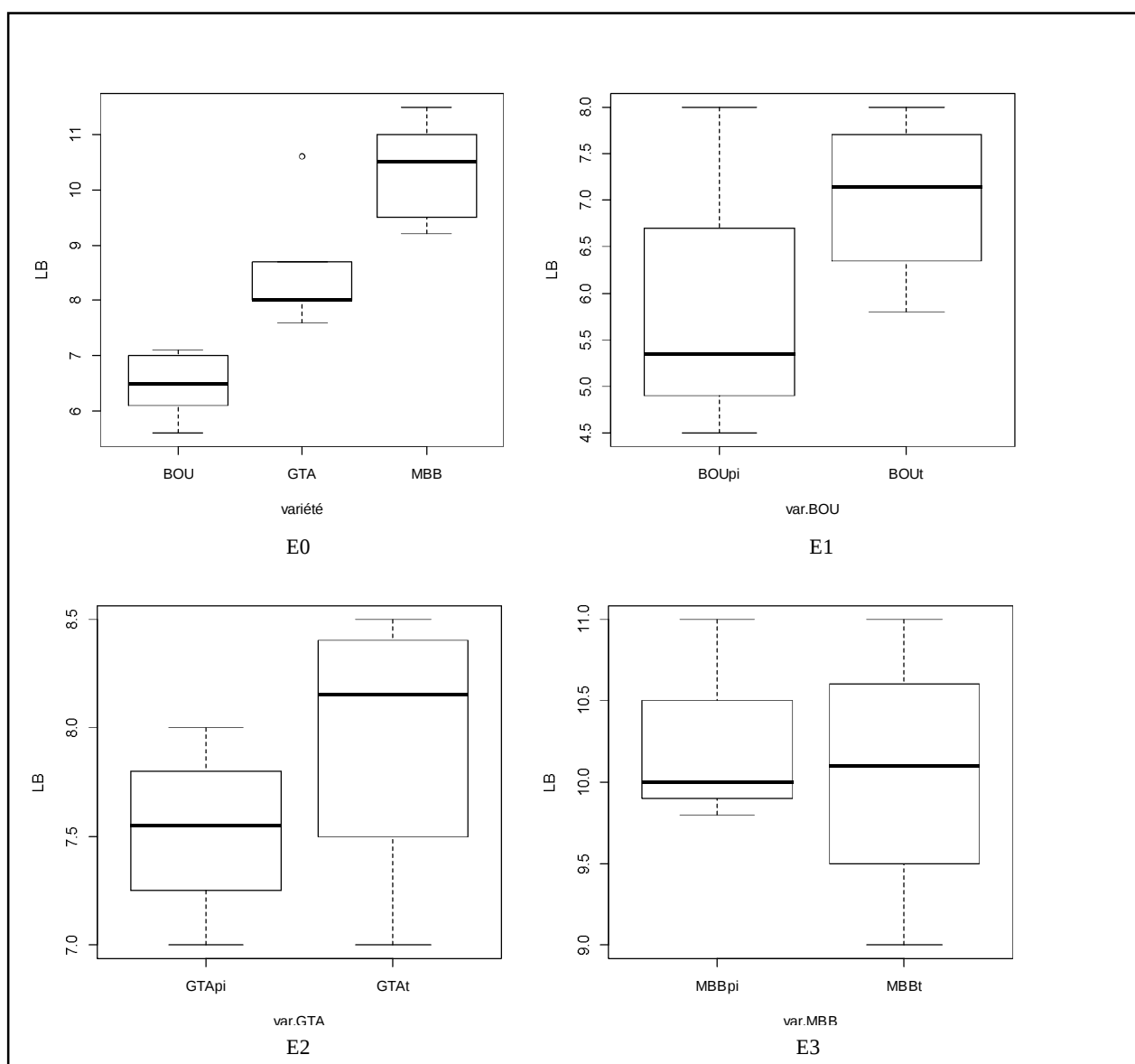


Figure 22: Boîtes à moustaches représentent la longueur des barbes (LB) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - E0 : LB des variétés de champ, E1 : LB de la variété BOU ; E2 : LB de la variété GTA ; E3 : LB de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

3.1.1. Analyse de la variance des différents paramètres morphologiques

Tableau 18. Résultats de l'analyse de la variance pour les paramètres morphologiques révélés pour les plantes de blé dur sur champ et au laboratoire (t : témoin ; pi : plantes infestées par le puceron).

Source de variation		Champ	Laboratoire		
		Inter variétés	BOUt*BOUpi	GTAt*GTApi	MBBt*MBBpi
df		2	1	1	1
HP	<i>F</i>	9,864	15,207	4,2334	17,376
	<i>P</i>	0,002927 **	0,007988 **	0,08535	0,005889 **
SFDF	<i>F</i>	12,93	32,417	1,0832	44,731
	<i>P</i>	0,001014 **	0,004701 **	0,3567	0,002599 **
SF	<i>F</i>	12,539	9,6095	6,4102	111,85
	<i>P</i>	0,001149 **	0,03622 *	0,06454	0,0004523 ***
LE	<i>F</i>	25,243	9,6095	5,9326	1,08
	<i>P</i>	5,016e-05 ***	0,03622 *	0,05077	0,3388
LB	<i>F</i>	20,38	1,8861	1,1796	0,0928
	<i>P</i>	0,0001384 ***	0,2188	0,3191	0,771

- **Hauteur des plantes (HP)**

L'analyse de la variance de la hauteur des plantes a montré que les variétés de champ représentent une différence hautement significative ($P=0,002927^{**}$). Pour les variétés de laboratoire, il ya une différence hautement significative entre les plantes témoins et plantes infestées respectivement pour les variétés BOU et MBB ($P=0,007988^{**}$; $P=0,005889^{**}$). Tendis que la variété GTA n'a représenté aucune différence significative entre le témoin et les plantes infestées (Tableau 18).

- **Surface foliaire de la dernière feuille (SFDF)**

L'analyse de la variance des valeurs notées pour les variétés de champ montrent une différence hautement significative ($P=0,001014^{**}$), ainsi que pour les variétés BOU et MBB respectivement ($P=0,004701^{**}$, $P=0,002599^{**}$) (Tableau 18).

- **Surface foliaire (SF)**

L'analyse de la variance des surface foliaire conduit à un résultat hautement significatif pour les variétés de champ ($P=0,001149^{**}$) et très hautement significatif pour la

variété MBB (pi et t) du laboratoire ($P= 0,0004523$ ***). Aussi, la variété BOU représente une différence significative ($0,03622$ *), mais la variété GTA n'a révélé aucune signification (Tableau 18).

- **Longueur de l'épi (LE)**

L'analyse de la variance des valeurs de LE révèle que les variétés de champ représentent une différence très hautement significative ($P=5,016e-05$ ***), mais au laboratoire seule la variété BOU a montré une variation significative ($P=0.03622$ *) (Tableau 18).

- **Longueur des barbes (LB)**

L'analyse de la variance de la longueur des barbes des plantes de blé dur montre une différence très hautement significative pour les variétés de champ ($P=0,0001384$ ***), par contre pour les variétés de laboratoire aucune différence signification n'a été trouvée (Tableau 18).

3.2. Paramètres biochimiques

❖ Résultats

- **Chlorophylle :**

C'est la variété MBB qui renferme une teneur moyenne élevée de chlorophylle MBBt ($0,015$ mg/ml) et la teneur la plus faible est notée chez la variété GTA (pi= $0,0103$ mg/ml et t= $0,0083$ mg/ml). On note que les témoins représentent les teneurs les plus élevées par rapport aux plantes infestées, sauf chez la variété BOU où on trouve une légère augmentation des teneurs de chlorophylle chez les plantes infestées (Tableau 19) et (Fig. 23).

Tableau 19. Valeurs moyennes des paramètres biochimiques dosés au laboratoire sur des plantes de blé dur étudiées. (t : témoin ; pi : plantes infestées par le puceron).

Paramètres biochimiques	Variété	Min.	Max	Moyenne	Ecart type
Chlorophylle (mg/ml)	BOUt	0,009	0,014	0,0117	0,0025
	BOUpi	0,012	0,017	0,0147	0,0022
	GTAt	0,009	0,012	0,0103	0,0015
	GTApi	0,007	0,010	0,0083	0,0016
	MBBt	0,013	0,017	0,015	0,0020
	MBBpi	0,010	0,015	0,013	0,0026
Sucres (mg/100mg)	BOUt	31,86	37,08	34,35	2,62
	BOUpi	27,75	28,87	28,31	0,56
	GTAt	23,65	26,63	25,39	1,55
	GTApi	21,04	23,09	21,85	1,09
	MBBt	21,41	23,65	22,41	1,14
	MBBpi	18,43	22,16	20,42	1,88
Proline (µg/100mg)	BOUt	1,5	14,50	8,17	6,51
	BOUpi	7,25	14,50	10,63	3,65
	GTAt	9,00	21,00	13,67	6,43
	GTApi	5,50	12,50	8,37	3,66
	MBBt	7,00	15,50	11,33	4,25
	MBBpi	11,38	23,13	15,75	6,42

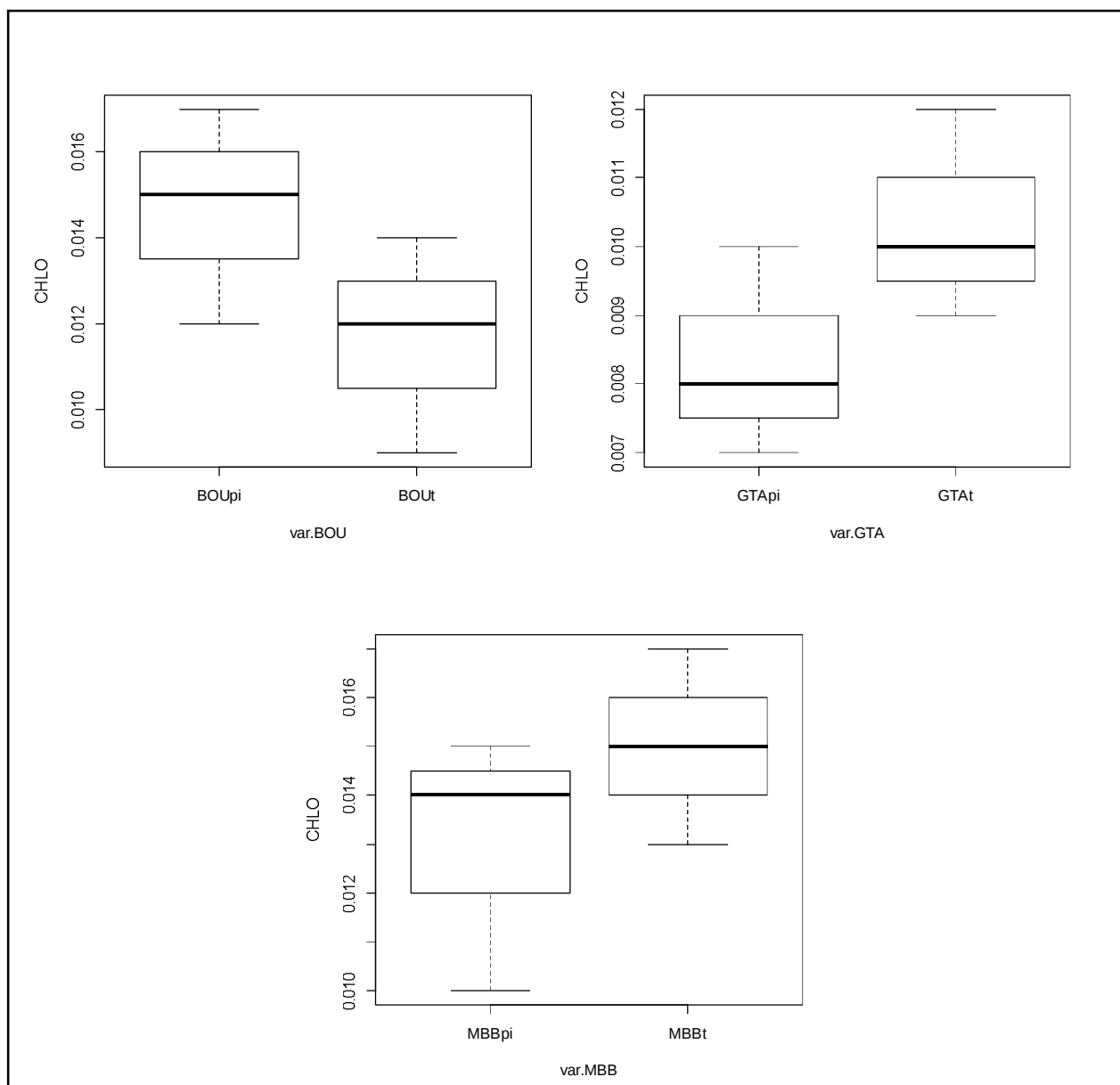


Figure 23: Boîtes à moustaches représentent la teneur en chlorophylle (CHLO) des trois variétés de blé dur cultivées au laboratoire. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Sucres solubles :

La teneur en sucres la plus élevée est celle de BOU (pi=28,31 mg/100mg et t= 34,35 mg/100mg), alors que la teneur la plus faible est représentée chez MBB (pi=20.42 mg/100mg, t=22.41 mg/100mg). Notons que les plantes témoins représentent les teneurs les plus élevées par rapport aux plantes infestées des 3 variétés (Tableau 19) et (Fig. 24).

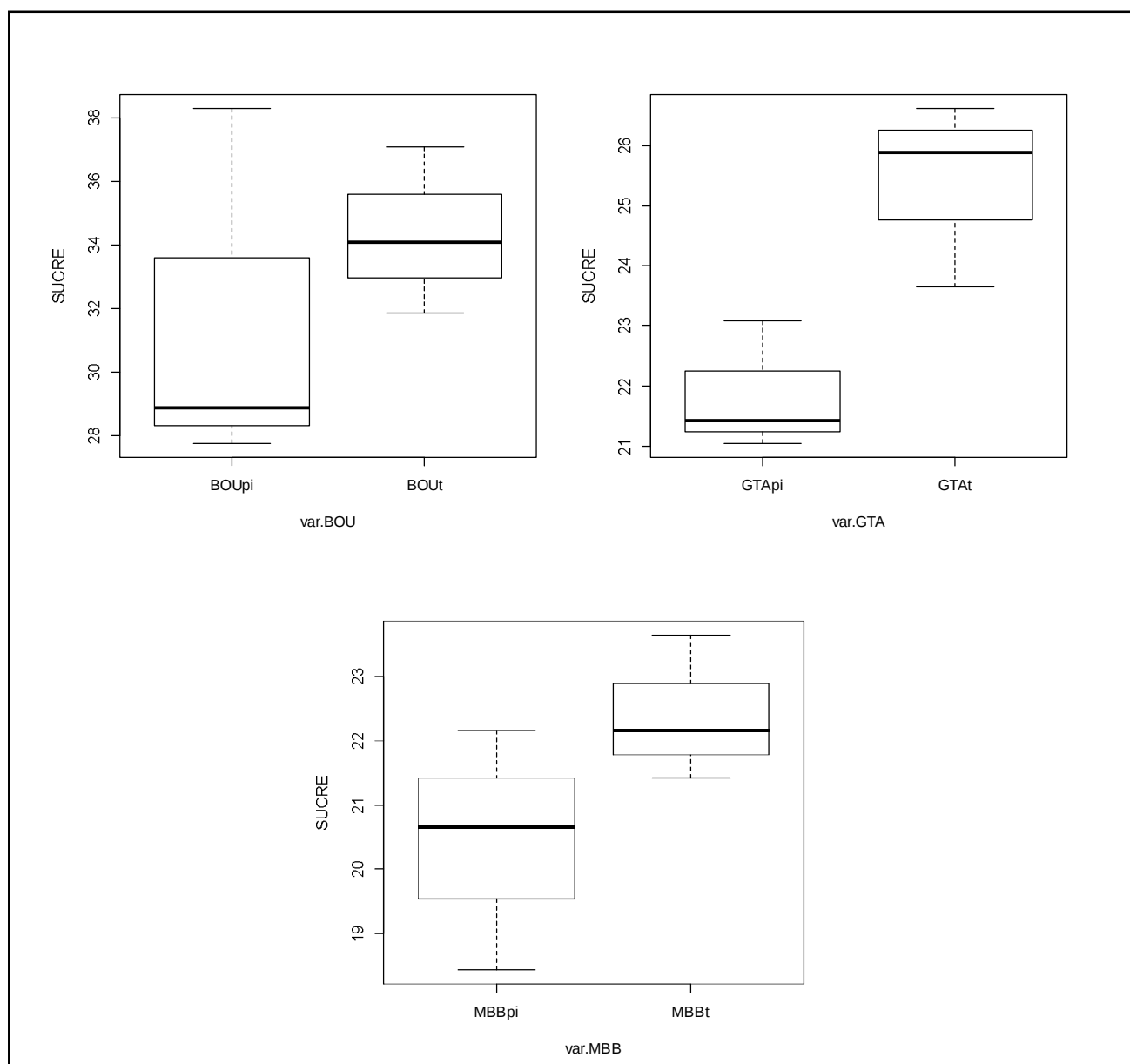


Figure 24 : Boîtes à moustaches représentent la teneur en sucres solubles (SUCRE) des trois variétés de blé dur cultivées au laboratoire. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Proline :

La valeur de la proline la plus élevée est notée chez MBBpi (15,75 $\mu\text{g}/100\text{mg}$) et la valeur la plus faible est celle de BOUt (8,17). On remarque une accumulation de proline chez les plantes infestées des variétés MBB et BOU, sauf chez la variété GTA où le témoin montre une valeur relativement élevée ($t=13,67 \mu\text{g}/100\text{mg}$ contre $pi= 8,37 \mu\text{g}/100\text{mg}$) (Tableau 19) et (Fig. 25).

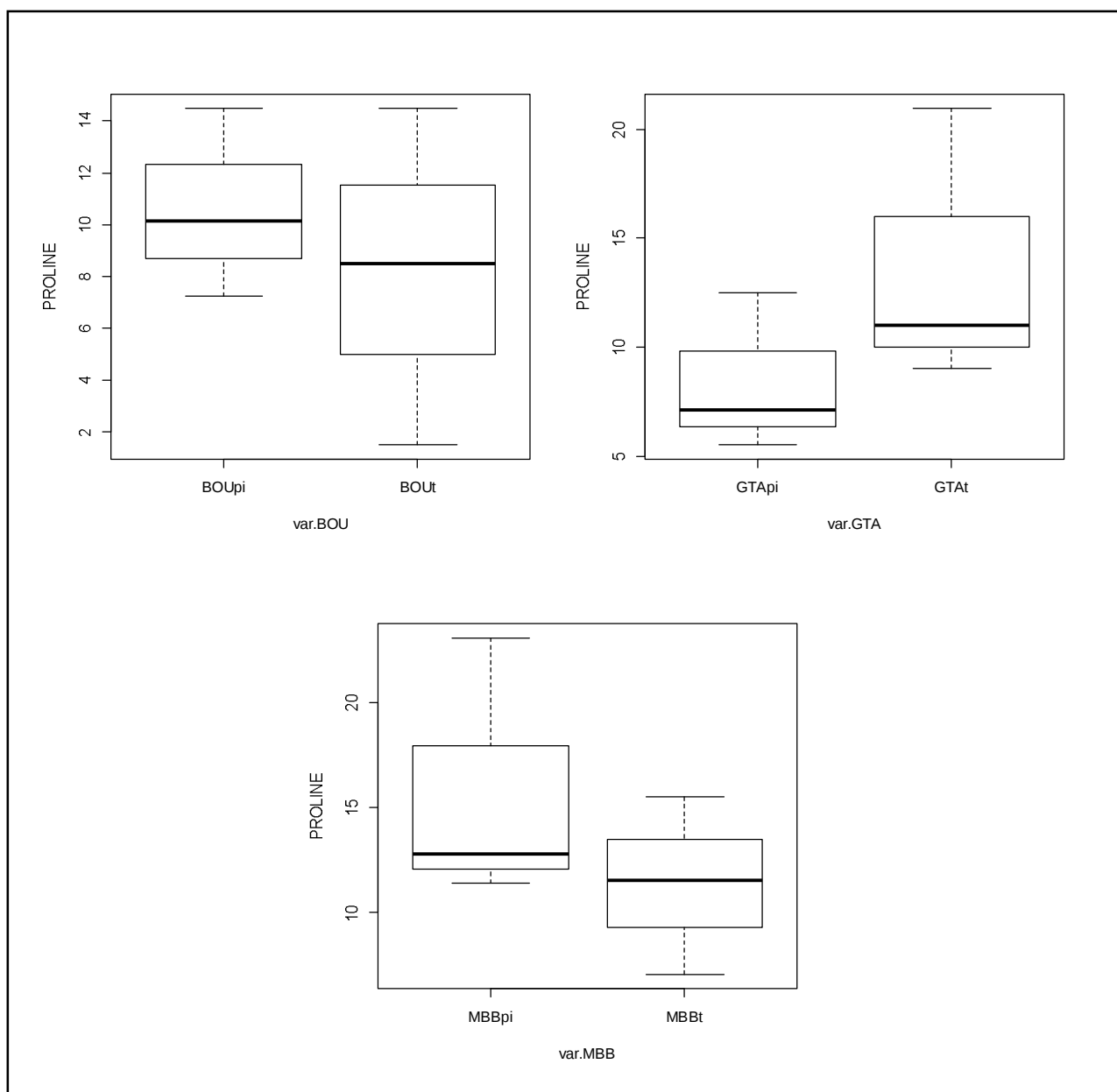


Figure 25 : Boîtes à moustaches représentent la teneur en proline (PROLINE) des trois variétés de blé dur cultivées au laboratoire. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

3.2.1. Analyse de la variance des différents paramètres biochimiques

Tableau 20. Résultats de l'analyse de la variance pour les paramètres biochimiques mesurés au laboratoire sur les plantes de blé dur. (t : témoin ; pi : plantes infestées par le puceron).

Source de variation		BOUt*BOUpi	GTA _t *GTA _{pi}	MBB _t *MBB _{pi}
df		1	1	1
Chlorophylle	<i>F</i>	2,1316	2,5714	1,0909
	<i>P</i>	0,2181	0,1841	0,3552
Sucres	<i>F</i>	0,5413	10,459	2,4634
	<i>P</i>	0,5027	0,03185 *	0,1916
Proline	<i>F</i>	0,3262	1,5334	0,9873
	<i>P</i>	0,5985	0,2833	0,3766

- Chlorophylle :

L'analyse par ANOVA de la variation de la teneur en chlorophylle révèle qu'il n'y a aucune signification statistique chez les trois variétés étudiées (Tableau 20).

- Sucres solubles :

L'ANOVA appliquée pour la variation des taux de sucres de blé dur montre une différence significative chez la variété GTA ($P=0,03185^*$). Les variétés MBB et BOU ne montrent aucune différence significative (Tableau 20).

- Proline :

L'ANOVA a révélé qu'il n'y a aucune signification pour les trois variétés (Tableau 20).

3.3. Paramètres agronomiques

❖ Résultats

Tableau 21. Paramètres agronomiques des plantes de blé dur étudiées sur champ et au laboratoire

Champ					
Paramètres agronomiques	Variété	Min.	Max	Moyenne	Ecart type
TF%	BOU	14,29	40,00	27,62	11,75
	GTA	50,00	88,24	69,60	16,94
	MBB	41,67	57,58	48,84	6,62
Ep.E	BOU	5,00	9	7	1,58
	GTA	12,00	20	16,6	2,97
	MBB	4,00	16	9,2	4,55
NG	BOU	3,00	9	5,8	2,77
	GTA	18,00	51,0	35,6	13,33
	MBB	6,00	25	13,8	7,92
PMG (g)	BOU	30,70	34,00	32,79	1,31
	GTA	33,20	35,50	34,66	0,92
	MBB	29,80	31,70	30,49	0,73
RDT (Qx/ha)	BOU	3,24	7,39	5,15	1,86
	GTA	11,29	30,10	20,74	7,59
	MBB	6,42	33,94	16,42	11,07
Laboratoire					
TF%	BOUt	43,33	55,56	49,72	5,00
	BOUpi	38,10	52,38	42,22	6,83
	GTA _t	50,00	62,22	56,90	5,61
	GTA _{pi}	47,22	55,56	50,00	3,77
	MBB _t	50,00	52,38	51,06	1,24
Ep.E	MBB _{pi}	48,15	52,38	50,13	1,73
	BOUt	6,00	12,00	9,25	2,5
	BOUpi	5,00	7,00	6,25	0,96
	GTA _t	11,00	15,00	13,00	1,83
	GTA _{pi}	9,00	12,00	10,75	1,26
NG	MBB _t	7,00	19,00	10,75	5,56
	MBB _{pi}	4,00	10,00	7,50	2,65
	BOUt	9,00	18,00	13,75	3,77
	BOUpi	6,00	15,00	11,25	3,86
	GTA _t	18,00	28,00	22,25	4,35
PMG (g)	GTA _{pi}	15,00	19,00	16,75	1,71
	MBB _t	11,00	18,00	13,75	3,10
	MBB _{pi}	6,00	11,00	8,00	2,16
	BOUt	30,10	32,00	31,35	0,86
	BOUpi	29,00	30,56	29,72	0,70
	GTA _t	32,25	33,80	32,89	0,68

	GTA _{pi}	28,00	31,50	29,75	1,55
	MBB _t	29,70	31,50	30,60	0,80
	MBB _{pi}	28,60	30,10	29,25	0,64
RDT (g/ plante)	BOU _t	0,82	1,43	1,05	0,28
	BOU _{pi}	0,36	0,64	0,48	0,12
	GTA _t	1,19	1,81	1,46	0,28
	GTA _{pi}	0,54	1,31	0,98	0,34
	MBB _t	0,68	1,13	0,84	0,20
	MBB _{pi}	0,36	0,87	0,66	0,22

- Taux de fertilité (TF):

Le taux de fertilité le plus élevé est celui notée chez la variété GTA (69,60% de champ ; 56,90% de GTA_t) et la valeur la plus faible est signalée chez la variété BOU au laboratoire et sur champ (BOU champ ; 27,62% ; BOU_t = 49,72% et BOU_{pi} = 42,22%). La comparaison entre les plantes infestées et le témoin de l'essai de laboratoire révèle une différence entre le témoin et les plantes infestées où le TF des témoins est relativement plus élevé que celui des plantes infestées (Tableau 21) et (Fig. 26).

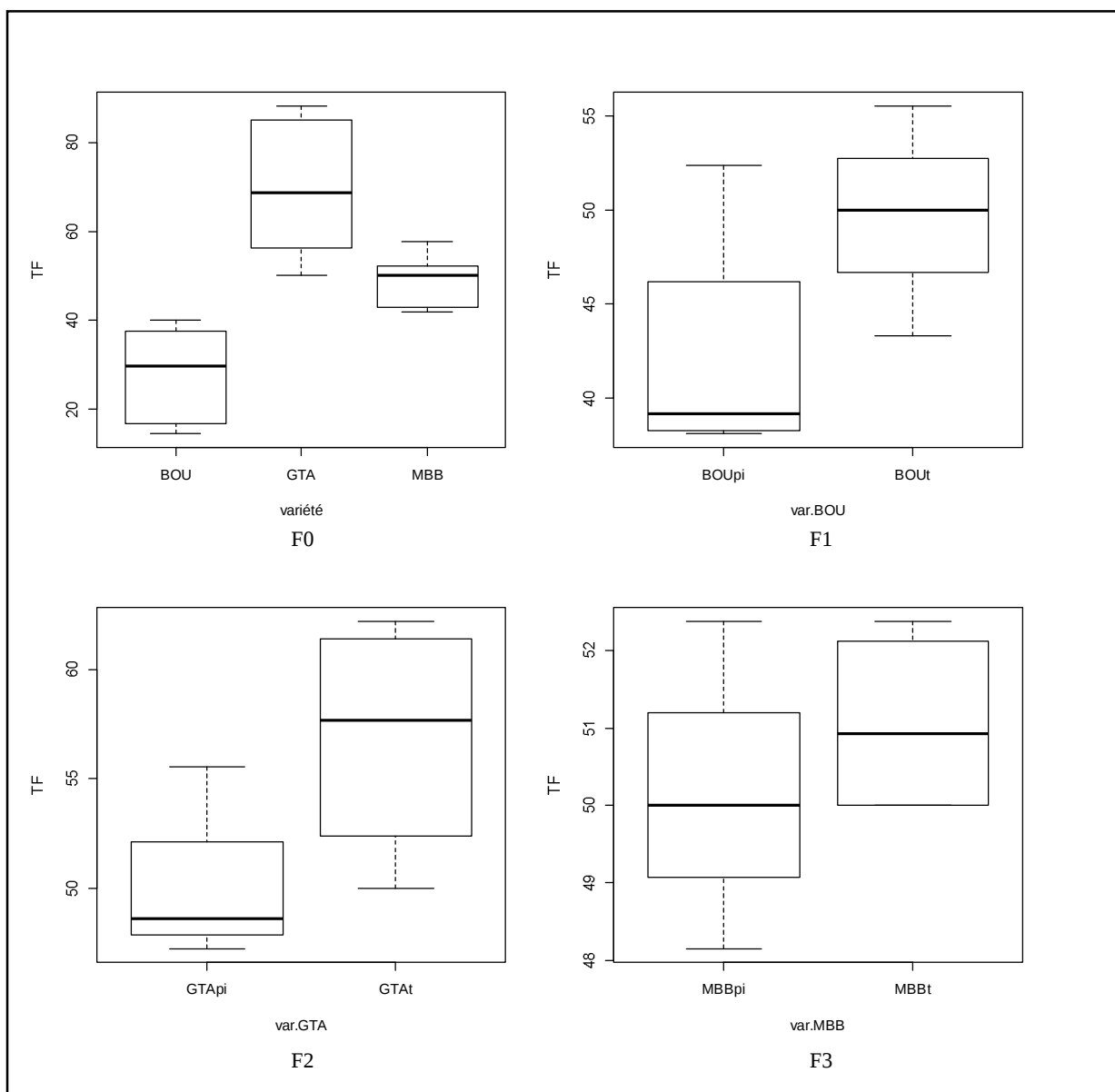


Figure 26 : Boîtes à moustaches représentent le taux de fertilité (TF) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - F0 : TF des variétés de champ, F1 : TF de la variété BOU ; F2 : TF de la variété GTA ; F3 : TF de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Nombre d'épillet par épi (Ep.E) :

Le nombre d'épillets par épi est plus élevé chez la variété GTA champ (16,6), GTAt (13,00) et GTApi (10,75). La valeur la plus faible est celle notée chez la variété BOU champ (7) BOUt (9,25) et BOUpi (6,25). On remarque que les plantes témoins représentent le nombre d'épillets/épi le plus élevé par rapport aux plantes infestées (Tableau 21) et (Fig. 27).

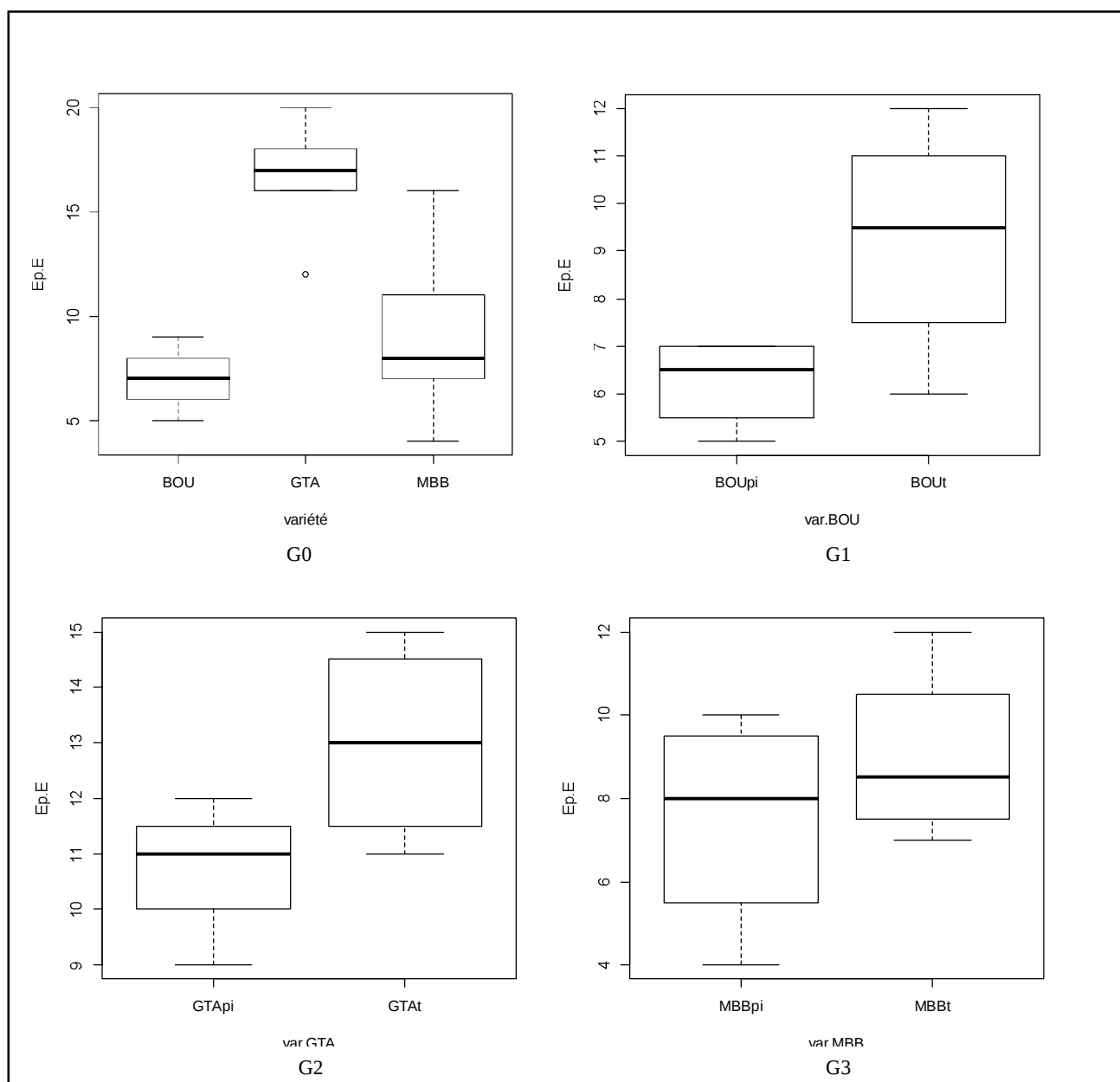


Figure 27: Boîtes à moustaches représentent le nombre d'épillets par épi (Ep.E) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - G0 : Ep.E des variétés de champ, G1 : Ep.E de la variété BOU ; G2 : Ep.E de la variété GTA ; G3 : Ep.E de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Nombre de grain (NG):

La valeur moyenne du NG la plus élevée est celle de la variété GTA champ (35,6) GTAt (22,25) et GTApi (16,75). La valeur la plus basse est notée chez la variété BOU (5,8) pour les plantes de champ. Il existe une différence entre le NG chez les plantes infestée et les témoins où l'on remarque que les témoins ont des valeurs moyennes plus élevées par rapport aux plantes infestées (Tableau 21) et (Fig. 28).

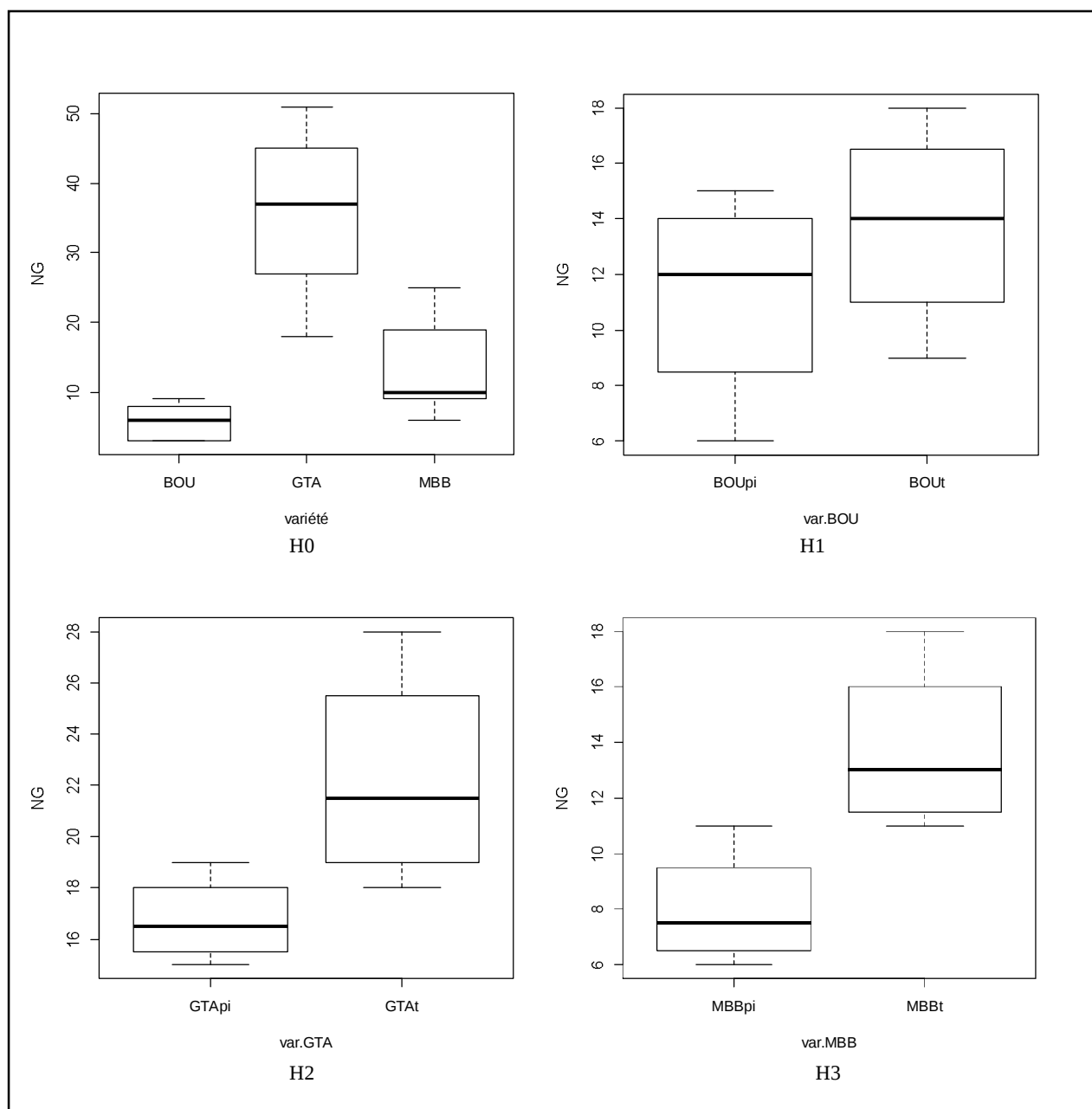


Figure 28: Boîtes à moustaches représentent le nombre de grains (NG) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - H0 : NG des variétés de champ, H1 : NG de la variété BOU ; H2 : NG de la variété GTA ; H3 : NG de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Poids de mille grains (PMG) :

C'est la variété GTA qui est représentée par une valeur moyenne plus élevée de PMG ; GTA champ (34,66 g), GTAAt (32,89 g) et GTApi (29,75 g). La valeur la plus faible est enregistrée pour la variété MBB champ (30,49 g) et laboratoire (pi=29,25 g ; t=30,60g).

Les plantes témoins ont des valeurs relativement plus élevées par rapport aux plants infestés (Tableau 21) et (Fig. 29).

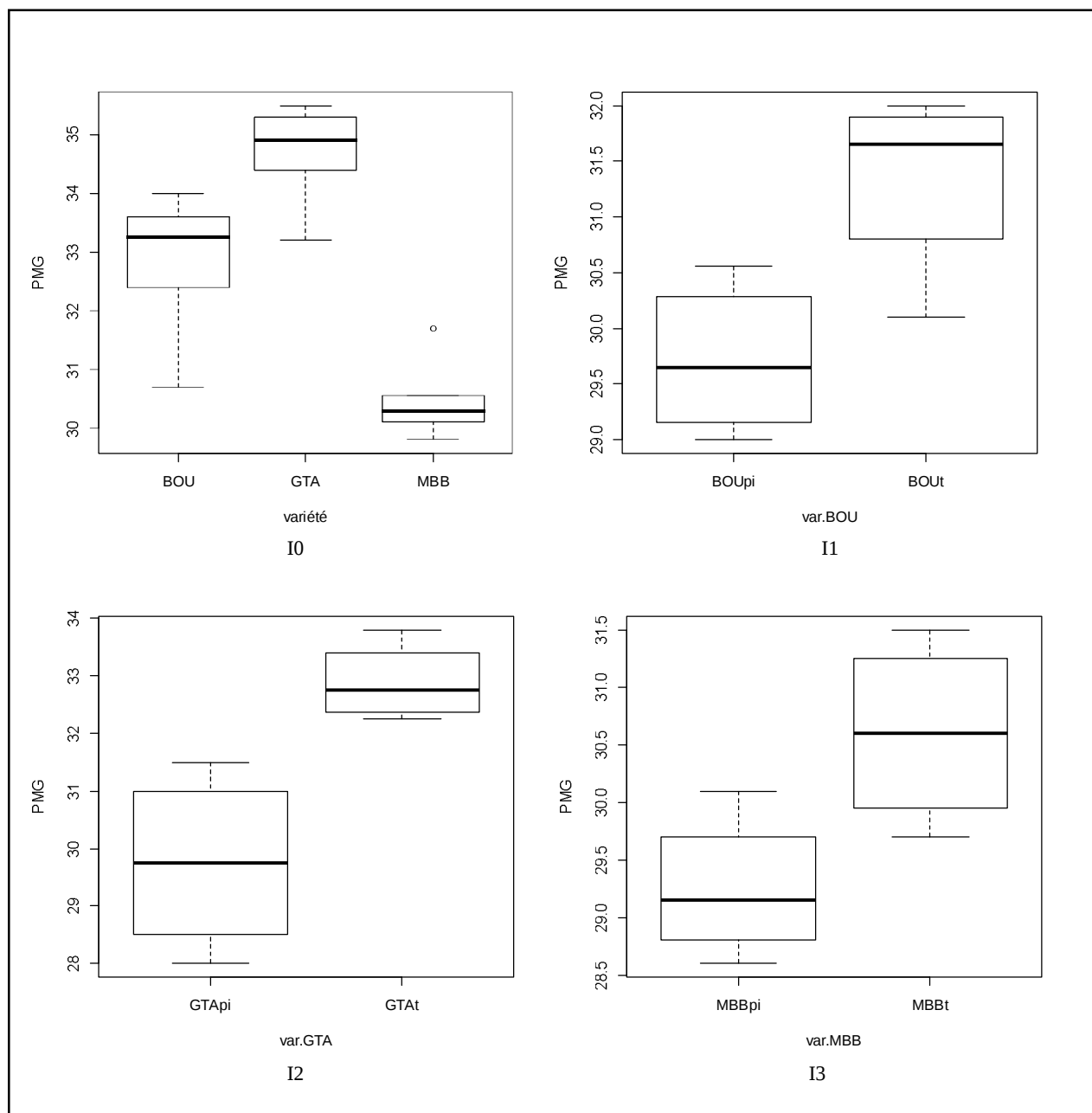


Figure 29: Boîtes à moustaches représentent le poids de 1000 grains (PMG) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - I0 : PMG des variétés de champ, I1 : PMG de la variété BOU ; I2 : PMG de la variété GTA ; I3 : PMG de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

- Rendement (RDT):

Le rendement en grains des plantes de champ le plus élevé est de GTA avec 20.74 Qx/ha et la le plus faible est de BOU (5.15 Qx/ha). Le rendement en grains par plante le plus élevé est notée chez la variété GTA (1,46 g/plante), GTApi (0,98), la valeur la plus faible est représentée chez la variété MBBt (0,84). On remarque qu'il y a une légère différence entre les plantes témoins et les plantes infestées (Tableau 21) et (Fig. 30).

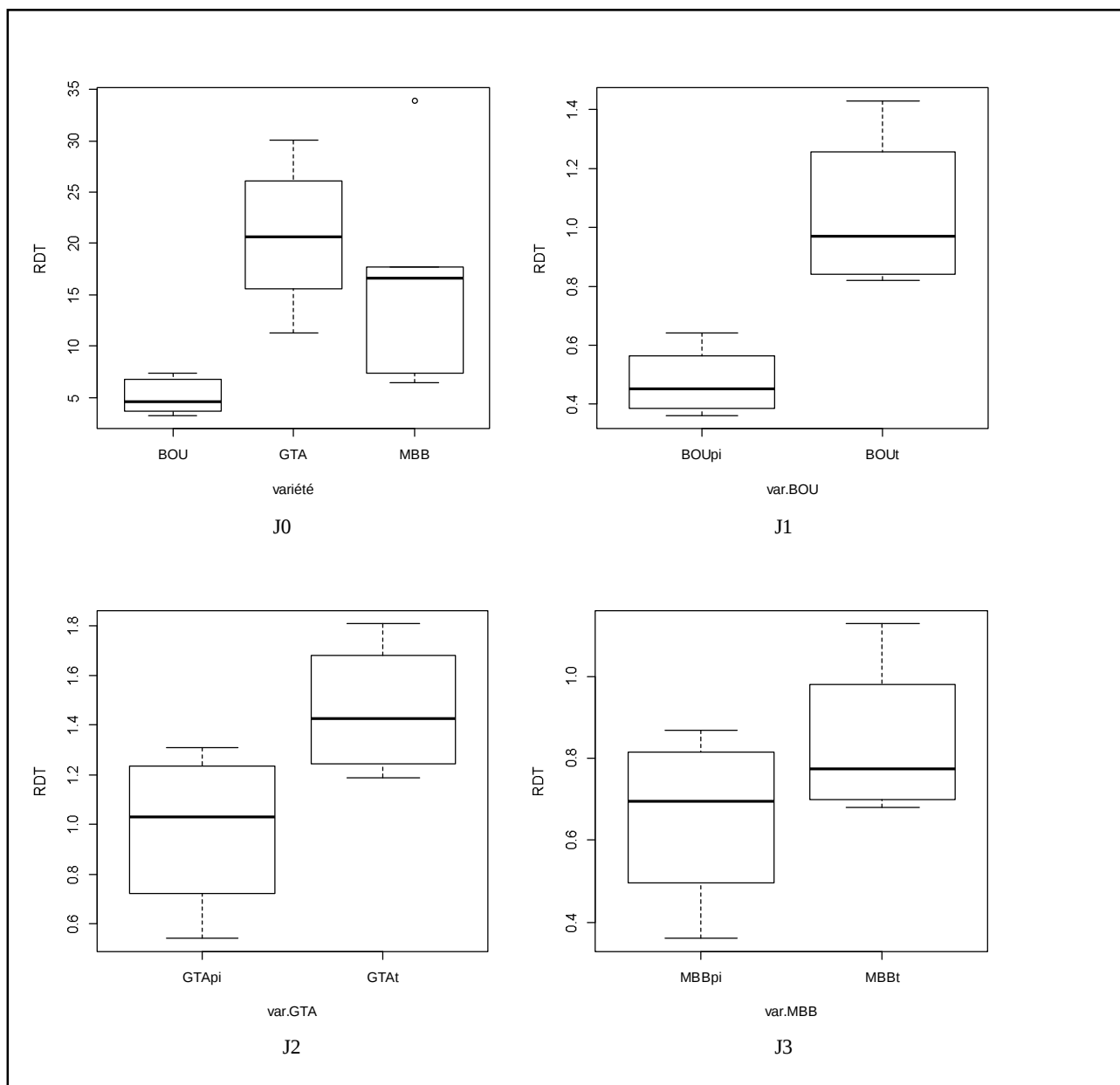


Figure 30: Boîtes à moustaches représentent le rendement en grains (RDT) des trois variétés de blé dur cultivées dans le champ et au laboratoire - J0 : RDT des variétés de champ, J1 : RDT de la variété BOU ; J2 : RDT de la variété GTA ; J3 : RDT de la variété MBB. (t : témoin ; pi : plantes infestées).

3.3.1. Analyse de la variance des différents paramètres agronomiques

Tableau 22. Résultats de l'analyse de la variance pour les paramètres agronomiques révélés pour les plantes de blé dur sur champ et au laboratoire (t : témoin ; pi : plantes infestées par le puceron).

Source de variation		Champ	Laboratoire		
		Inter variétés	BOUt*BOUpi	GTAt*GTApi	MBBt*MBBpi
df		2	1	1	1
TF	<i>F</i>	14,094	3,1453	4,1779	0,7533
	<i>P</i>	0,0007088 ***	0,1265	0,08696	0,4188
Ep.E	<i>F</i>	11,856	5,0233	4,1186	0,7714
	<i>P</i>	0,001439 **	0,06623	0,08873	0,4136
NG	<i>F</i>	14,376	0,8571	5,542	9,2807
	<i>P</i>	0,0006519 ***	0,3903	0,05674	0,02262 *
PMG	<i>F</i>	21,185	8,6965	13,653	6,9429
	<i>P</i>	0,0001156 ***	0,02565 *	0,01015 *	0,0388 *
RDT	<i>F</i>	5,285	14,088	4,9491	1,5262
	<i>P</i>	0,02259 *	0,009471 **	0,06776	0,2629

- Taux de fertilité (TF):

Le résultat de l'analyse de la variance du taux de fertilité montre une différence très hautement significative pour les trois variétés de champ ($P=0,0007088$ ***) et aucune signification pour les variétés testées au laboratoire (Tableau 22).

- Nombre d'épillet par épi (Ep.E) :

Le résultat de l'analyse de la variance appliqué au nombre d'épillets/épi révèle que les plantes de champ ont une différence hautement significative ($P=0,001439$ **), par contre les plantes de laboratoire (pi et t) n'ont représenté aucune signification (Tableau 22).

- Nombre de grain (NG):

L'analyse de la variance de NG montre une différence très hautement significative entre les variétés de champ ($P=0,0006519$ ***). Les variétés de laboratoire représentent une différence significatives seulement chez la variété MBB ($P=0,02262$ *) (Tableau 22).

- Poids de mille grains (PMG) :

Le résultat de l'analyse de la variance a révélé que les deux essais de toutes les variétés représentent une différence significative ; les variétés de champ ont une variation très hautement significative ($P=0,0001156$ ***), la variété BOU ($P=0,02565$ *) et la variété GTA ($P=0,01015$ *) et MBB ($P=0,0388$ *) révèlent une différence significative (Tableau 22).

- Rendement (RDT):

L'analyse de la variance montre une différence significative pour les variétés de champ ($P=0,02259$ *) et hautement significative entre les témoins et les plantes infestées de la variété BOU ($P=0,009471$ **). Les variétés GTA et MBB ne montrent aucune différence significative (Tableau 22).

4. Incidence des Aphididae sur le comportement variétal du blé dur sur champ**❖ Résultats**

Les résultats de l'analyse de la variance de l'interaction entre les Aphididae et les variétés testés au champ ont montré :

- Seuls la HP montre une différence significative dans le cas de : Aphididae * BOU ($P=0,04887$ *) ; Aphididae * GTA ($P=0,01617$ *) (Tableau 23).
- Interaction Aphididae * Variété a révélé une différence significative de Aphididae * BOU pour Ep.E ($P=0,04244$ *) et Aphididae * GTA pour le rendement ($P=0,03807$ *). Le reste des paramètres agronomiques étudiés ne révèlent pas de signification statistique. (Tableau 24).

Tableau 23. Résultats de l'analyse de la variance des paramètres morphologiques de variétés de blé dur cultivées au champ et l'incidence des aphides sur ces variétés.

Source de variation		Aphides *BOU	Aphides * GTA	Aphides * MBB
df		1	1	1
HP	<i>F</i>	10.319	24.113	2.6515
	<i>P</i>	0.04887 *	0.01617 *	0.2019
SFDF	<i>F</i>	0.2058	0.2198	0.0346
	<i>P</i>	0.6809	0.6712	0.8644
SF	<i>F</i>	0.2125	0.0178	0.1238
	<i>P</i>	0.6762	0.9024	0.7482
LE	<i>F</i>	2.9666	0.5311	2.9339
	<i>P</i>	0.1835	0.5189	0.1853
LB	<i>F</i>	0.9949	0.1852	7.5916
	<i>P</i>	0.3921	0.696	0.7043

Tableau 24. Résultats de l'analyse de la variance des paramètres agronomiques des variétés de blé dur cultivées au champ et l'incidence des aphides sur ces variétés.

Source de variation		Aphides *BOU	Aphides * GTA	Aphides * MBB
df		1	1	1
TF	<i>F</i>	0.4697	8.2199	0.2188
	<i>P</i>	0.5423	0.06421	0.6718
Ep.E	<i>F</i>	11.565	0.4954	4.2339
	<i>P</i>	0.04244 *	0.5322	0.1318
NG	<i>F</i>	6.755	2.956	3.4695
	<i>P</i>	0.08044	0.1841	0.1594
PMG	<i>F</i>	0.1788	0.5075	0.5766
	<i>P</i>	0.7009	0.5276	0.5029
RDT	<i>F</i>	0.0021	12.607	1.0095
	<i>P</i>	0.9667	0.03807 *	0.3891

5. Incidence de *R. maidis* sur les trois variétés du blé dur étudiées au laboratoire

❖ Résultats

L'analyse de la variance de l'interaction de :

- *R. maidis* * Variétés du laboratoire a montré des différences significatives pour la hauteur des plantes ; *R. maidis* * BOU ($P=0.01042$ *) ; *R. maidis* * GTA hautement

significatif ($P=0.001636$ **) *R. maïdis* * MBB très hautement significative ($P=0.0006447$ ***) (Tableau 25).

- Concernant les paramètres biochimiques, on note une différence significative de l'interaction de *R. maïdis* * BOU ($P=0.0378$ *) et *R. maïdis* * GTA ($P=0.01272$ *) (Tableau 26).
- Les paramètres agronomiques n'ont révélé aucune signification statistique (Tableau 27).

Tableau 25. Analyse de la variance des paramètres morphologiques des variétés de blé dur étudiées et l'incidence des *R. maïdis* sur ces variétés.

Source de variation		<i>R. maïdis</i> * BOU	<i>R. maïdis</i> *GTA	<i>R. maïdis</i> * MBB
df		1	1	1
HP	<i>F</i>	8,7372	15,125	19,069
	<i>P</i>	0,01042 *	0,001636 **	0,0006447 ***
SFDF	<i>F</i>	0,0682	1,5939	0,814
	<i>P</i>	0,8374	0,2354	0,5327
SF	<i>F</i>	2,2179	1,4107	0,5982
	<i>P</i>	0,1673	0,4455	0,4572
LE	<i>F</i>	0,1586	0,3062	0,2876
	<i>P</i>	0,7289	0,6356	0,6454
LB	<i>F</i>	0,1751	0,0641	0,1451
	<i>P</i>	0,7163	0,8238	0,7399

Tableau 26. Résultats de l'analyse de la variance des paramètres biochimiques de variétés de blé dur cultivées au laboratoire et l'incidence des *R. maïdis* sur les variétés.

Source de variation		<i>R. maïdis</i> * BOU	<i>R. maïdis</i> *GTA	<i>R. maïdis</i> * MBB
df		1	1	1
Chlorophylle	<i>F</i>	3,2932	1,5217	2,4159
	<i>P</i>	0,09963	0,2456	0,1512
Sucres	<i>F</i>	1,1845	5,1647	0,0811
	<i>P</i>	0,302	0,2639	0,8234
Proline	<i>F</i>	5,7236	2502,3	2,6552
	<i>P</i>	0,0378 *	0,01272 *	0,3504

Tableau 27. Résultats de l'analyse de la variance des paramètres agronomiques de variétés de blé dur étudiées et l'incidence de *R. maidis* sur ces variétés.

Source de variation		<i>R. maidis</i> * BOU	<i>R. maidis</i> *GTA	<i>R. maidis</i> * MBB
Df		1	1	1
TF	<i>F</i>	0,1156	0,0045	0,9991
	<i>P</i>	0,7663	0,9528	0,4228
Ep.E	<i>F</i>	0,0052	0,0571	0,3095
	<i>P</i>	0,949	0,8334	0,6339
NG	<i>F</i>	0,3624	0,9025	0,6288
	<i>P</i>	0,6083	0,4424	0,5109
PMG	<i>F</i>	2,628	8,3023	0,5294
	<i>P</i>	0,2464	0,1023	0,5425
RDT	<i>F</i>	0,0828	0,0032	0,2226
	<i>P</i>	0,8006	0,96	0,6835

❖ Discussions

D'après Turpeau –Ait et *al.*, (2011), les pucerons se nourrissent de la sève élaborée des plantes, détournant à leur profit une partie des éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes, ce qui permet de provoquer des dégâts qui sont fonction d'une part de la durée de présence et de la qualité du pucerons sur la plante, d'autre part, du stade de développement des plantes et de leurs degré de sensibilité. En se nourrissant de la plante, les pucerons peuvent transmettre à la plante des virus à l'origine de graves maladies.

- Hauteur des plantes (HP) :

On remarque qu'il y a une différence hautement significative entre les variétés de champ sur la hauteur des plantes. Au laboratoire, il existe une différence hautement significative entre le témoin et les plantes infestées des variétés BOU et GTA, où la variété MBB est la plus haute. Mansouri, (2011), a étudié l'effet de stress hydrique sur différents génotypes de blé dur, il a trouvé la hauteur des plantes de différentes variétés de blé dur comprise entre (55-74 cm). Cela serait dû à des caractères variétaux. MBB se caractérise par une hauteur importante de la plante (Aggoun et *al.*, 2006). Selon Belkharchouche et *al.*, (2009), la haute tige sert à bénéficier d'un site de stockage des substrats à transférer le plus élevé, elle a des effets bénéfiques lors des années de sécheresse. C'est le cas de la variété GTA et MBB de champ. Ces effets sont attribués à la capacité de stockage et de transfert des substrats

glucidiques pour la finition du grain (Annichiarico et *al.*, 2005 ; Bahlouli et *al.*, 2005 in Belkharchouche et *al.*, 2009).

Selon Blum, (1988), la hauteur des plantes avec les substances stockées au niveau du dernier entre nœuds et du col de l'épi réduit la baisse du rendement en grains sous stress. Une interaction Aphides * Variété est observé sur la hauteur des plantes de la variété BOU et GTA. Cela indique que l'effet des pucerons sur la hauteur des plantes dépend de la variété.

L'analyse des résultats de la hauteur des plantes permet de mettre en évidence un effet hautement à très hautement significatif des interactions *R. maidis* * Variété sur la hauteur des plantes. Il existe donc un effet de *R. maidis* sur la hauteur des plantes. La croissance d'une plante fortement infestée peut être perturbée suite au prélèvement de nutriments par les pucerons (Miles, 1989 in Harmel et *al.*, 2008).

- Surface foliaire et surface foliaire de la dernière feuille (SF et SFDF)

La surface foliaire et la surface foliaire de la dernière feuille montrent des différences chez les variétés de champ. Mansouri, (2011), a trouvé que les surfaces foliaires varient de 9 à 21 cm². Cela signifie qu'il y a un effet variétal sur ces paramètres. En effet, les réductions touchant la hauteur de la plante, la surface foliaire et le taux de croissance sont moins prononcées chez les génotypes à taille basse que ceux ayant une taille haute (Blum et Sullivan. 1997). Selon Abbassenne (1997) in Belkharchouche et *al.*, (2009), une variété avec une faible surface foliaire est capable de donner un bon rendement grâce à une meilleure efficacité d'utilisation de l'énergie lumineuse par unité de surface foliaire. D'après Rawson et *al.*, (1977), la réponse de la plante à la sécheresse prend beaucoup de formes, parmi lesquelles, la réduction de la surface foliaire. Une surface foliaire assez réduite pour minimiser de la surface évaporant et celle soumise à la radiation solaire (Belkharchouche et *al.*, 2009).

Au laboratoire, la différence existant entre les témoins et les plantes infestées chez les variétés BOU et MBB, est due à un effet plus ou moins important des pucerons. Selon Robin, (2014), une densité de semis faible augmente la densité des pucerons qui est inversement proportionnelle à la surface foliaire du blé. Basky et *al.*, (2001), étudiant la différence entre le puceron russe (*D. noxia*) de la Hongrie et de l'Afrique du sud sur trois variétés de blé dur, ont montré les pucerons étaient réduit la surface foliaire. Les interactions Aphides * Variété et *R. maidis* * Variété sur la surface foliaire et la surface foliaire de la dernière feuille, sont

non significatives. Cela explique qu'il n'y aurait pas d'impact des pucerons sur ces paramètres.

- Longueur de l'épi (LE) :

Les résultats obtenus sur champ montrent une différence de la longueur de l'épi entre les trois variétés étudiées. Cherfia, (2010), a étudié la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien, a trouvé la longueur de l'épi varie de 4 - 7 cm chez 58 génotypes de blé dur. Elhani et *al.*, (2007), ont montré que ce caractère est déterminé principalement par l'effet de l'environnement. Mansouri, (2011), a rapporté que la longueur de l'épi de la variété BOU diminue sous l'effet de la sécheresse. La variété MBB se caractérise par une longueur de l'épi élevé (Aggoun et *al.*, 2006). La diminution de la longueur de l'épi serait due à l'effet des pucerons. Alors que la variété BOU montre une différence entre le témoin et les plantes infestées. Cette variété de la variété BOU est en effet la plus fortement infestée par le puceron *R. maidis* par rapport aux autres variétés. Les interactions Aphide * Variété et *R. maidis* * Variété ont révélé qu'il n'y aurait pas d'impact des populations de pucerons sur la longueur de l'épi.

- Longueur des barbes (LB) :

La longueur des barbes est différente entre les variétés de champ, ce dernier est un caractère variétal. Cherfia, (2010), a étudié la longueur des barbes chez différents génotypes de blé dur, où LB varie de (7-11 cm). Mais au laboratoire, il n'y a aucune différence significative entre les témoins et les plantes infestées. Ainsi, les interactions Aphide * Variété et *R. maidis* * Variété sont non significatives, ce qui expliquerait qu'il n'y a pas d'effet des pucerons sur la longueur des barbes. Sassi et *al.*, (2012), a rapporté que l'expression de ce caractère est influencé par le génotype.

- Chlorophylle :

La diminution de la teneur en chlorophylle chez les plantes infestées serait due en partie à l'effet des pucerons. La chlorophylle foliaire est considérée comme une caractéristique importante de la santé des plantes (Saleh et *al.*, 2014). Linscott et *al.*, (2000), ont mentionné parmi les dégâts d'infestation des plantes de blé par *D. noxia*, la diminution de chlorophylle. Lorsque la plante subit un stress, le niveau de chlorophylle diminue, affectant la coloration de la plante et ralentissant ses activités de croissance (Aggoun et *al.*, 2006). La

quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, leurs positions, et les facteurs environnementaux, tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (Hikosaka et *al.*, 2006 in Aggoun et *al.*, 2006). L'interaction de *R. maidis* * Variété est non significative sur la teneur en chlorophylle, cela explique il n'y a aucun effet de *R. maidis* sur ce paramètre.

- Sucres solubles :

Les valeurs faibles des sucres des chez les plantes infestées serait dues à la prise de la nourriture par les pucerons. L'analyse de la variance a montré une diminution significative des sucres des plantes infestées de la variété GTA, cette diminution serait due à l'effet des pucerons sur ce paramètre. Jean-Luc et *al.*, (2005), ont étudié l'effet de l'infestation sur le profil métabolique d'apex de variétés de pêcher sensibles et résistantes au puceron vert, ils ont observé notamment une baisse de la teneur de la plupart des sucres et acides organiques, de certains acides aminés (glutamine, thréonine). La teneur des sucres la plus élevée est celle notée chez la variété BOU, cela peut être du au caractère variétal de la variété BOU. Mansouri, (2011), a trouvé que les sucres solubles des différentes variétés testées varie entre 16 et 23 mg/100g de MF. La variation génotypique intervient dans l'accumulation des sucres solubles (Monneveux et Nemmar, 1986). Les pucerons ont un régime alimentaire fondamentalement déséquilibré, beaucoup trop riche en sucres et trop pauvre en acides aminés (Weibull, 1987 in Comeau, 1992) ce qui expliquerait la forte colonisation des pucerons sur la variété BOU.

- Proline :

La teneur de la proline est plus importante chez les plantes infestées que le témoin non infestée. Cela s'expliquerait par l'augmentation de la proline intervient dans le phénomène de défense de la plante contre les pucerons. Dans notre cas, la variété MBB a mieux accumulé la proline. nos résultats corroborent avec celle de Mansouri, (2011), où il trouve la teneur en proline chez les variétés étudiées environ de (20-35 mg/100g MF) et de Sassi et *al.*, (2012), (18-30 mg/100g MF). L'interaction *R. maidis* * Variété sur la teneur de la proline montre une différence significative pour la variété BOU et GTA, cela explique que l'accumulation de la proline dans les deux variétés serait due au fait que ces variétés sont plus stressées, à cause de leur teneur faible de la proline.

La proline est un osmoticum qui s'accumule dès que la plante est en phase d'un stress qui perturbe le fonctionnement de son cycle (Sassi et *al.*, 2012). L'accumulation de la proline peut réduire l'acidification cellulaire provoquée par le stress (Kumar et *al.*, 2013). Le processus d'accumulation de la proline dans les tissus foliaires est considéré comme un critère d'adaptation aux stress (Nana et *al.*, 2009). Il est démontré selon les conditions du milieu que l'accumulation de la proline varie d'une espèce à l'autre et même à l'intérieur d'une même espèce (Goring et Plescher, 1986 in Hennouni, 2012). La production des acides aminés s'intensifie en général au début de cycle végétatif, donc les jeunes feuilles étant les plus riches en ce type de substances que les feuilles matures et sénescents (Sundari et *al.*, 2014). Selon Wilfred, (2005), l'accumulation de la proline est un facteur variétal.

- **Taux de fertilité (TF):**

Le taux de fertilité des plantes de champ présente une différence très hautement significative qui serait due à la variation des taux de fertilité des variétés étudiées. Cherfia, (2010), a montré que le TF est élevé chez certaines variétés et faible chez d'autres (7-76%). Par contre, au laboratoire il n'y a pas de différence significative du TF entre les témoins et les plantes infestées. Ce qui expliquerait que l'expression de ce caractère est liée aux génotypes. L'analyse de la variance des interactions Aphide * Variété et *R. maidis* * Variété sont non significatives. Donc les populations de pucerons n'affectent pas le taux de fertilité.

- **Nombre d'épillet par épi (Ep.E) :**

Le nombre d'épillet par épi est hautement significatif entre les variétés de champ cela due aux caractères variétales. Cherfia, (2010), a trouvé le nombre d'épillet par épi chez différents génotypes varie entre 10 et 17. Au laboratoire, la variation du nombre d'épillets par épi est non significative entre les témoins et les plantes infestées. L'interaction Aphide * Variété a révélé une différence significative entre Aphide * BOU ce qui explique qu'il y a une influence des aphides sur le nombre d'épillets par épi de la variété BOU. L'interaction *R. maidis* * Variété n'a montré aucune signification, cela montre qu'il n'y a pas un effet de *R. maidis* sur ce caractère.

- Nombre de grain (NG):

Le résultat de l'analyse de la variance du nombre de grains des plantes de champ est très hautement significatif cela explique qu'il y a une variation de nombre des grains entre les variétés de champ.

Cherfia, (2010), a montré qu'il existe des variétés qui se caractérisent par le NG élevé et certaines variétés par un NG moins élevés à faible (10-36 grains/ plante). La variété MBB a exprimé une différence significative entre le témoin et les plantes infestées à cause de l'effet de puceron sur ce paramètre.

S.avenae peut, en cas de forte infestation, provoquer une diminution du nombre de grains par épi et par conséquent une diminution sensible du rendement (Hulle, 2011 in Robin, 2014). Une forte infestation des pucerons à l'épiaison et/ou à la floraison entrainera des baisses du nombre de grains par épi (Dedryver, 2010). Les interactions Aphide * Variété et *R. maïdis* * Variété sont non significatives, ce qui explique qu'il n'ya pas d'effet de *R. maïdis* sur le nombre des grains.

- Poids de mille grains (PMG) :

L'analyse de la variation de poids de mille grains de champ représente une différence très hautement significative due à la variation du PMG entre les variétés. Nos résultats corroborent avec celles de Mansouri, (2011), qui a trouvé le PMG varie entre 41-52 g et Sassi et *al.*, (2012), environ de 28-42 g. Pour Benbelkacem et Kellou, (2000), le poids de mille grains est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage des grains.

Au laboratoire, les trois variétés expriment une différence significative entre le témoin et les plantes infestées. Cela serait dû à l'influence des pucerons, puisque le stade remplissage des grains est caractérisé par une pullulation importante des pucerons. Aussi, les infestations des pucerons plus tardives provoquent un mauvais remplissage du grain (Dedryver, 2010). Les interactions Aphide * Variété et *R. maïdis* * Variété sont non significatives, ce qui explique qu'il n'ya pas d'effet des pucerons sur le PMG.

- Rendement (RDT):

La variation du rendement des plantes du champ est significative à cause des caractères variétaux. Chaque variété a ses potentialités d'élaborer le rendement. Cherfia,

(2010), à trouvé que le rendement varie de 3 à 62 Qx/ha chez plusieurs variétés testées, montrant qu'il y a des variétés à fort rendement. Ainsi, les contraintes de l'environnement (la sécheresse en particulier) ont contribuent à la variation des rendements de ces variétés. Bouzerzour et *al.*, (2000), avancent que les grandes variations intra et inter annuelles de la pluviométrie et des températures, affectent sérieusement les rendements de blé. Au laboratoire, la baisse de rendement des plantes infestées serait due à l'effet des pucerons Sassi et *al.*, (2012), à trouvé que le rendement en plante chez plusieurs variétés varié entre 0.8 à 2.5 g/plante. La variété BOU représente un résultat hautement significatif sur le rendement, ce qui signifie l'effet des pucerons est évident sur la variété BOU.

Selon Crespo-Herrera et *al.*, (2013), les pucerons provoquent des pertes de rendement très importantes sur le blé par ses dégâts directs. Le rendement brut du blé est d'autant plus affecté par une quantité donnée de pucerons, que ces derniers se trouvent sur une culture à un stade précoce de développement (Dedryver, 2010). L'interaction Aphide * Variété montre une différence significative de la variété GTA, cela est du à l'effet des pucerons sur le rendement de cette variété. En effet l'environnement joue un rôle important dans les pertes de rendement causées par les pucerons, où les pertes sont très importantes durant les années de sécheresse (Carena et Glogoza, 2004). Le résultat de l'interaction *R. maïdis* * Variété n'a aucune différence significative sur ce paramètre, donc la population de *R. maïdis* n'a pas un effet sur le rendement des variétés.

CONCLUSION

Conclusion

Ce travail a concerné l'étude de comportement des trois variétés de blé dur : GTA/dur, Boussallem et Mohamed Ben Bachir à l'égard des pucerons et de l'espèce *Rhopalosiphum maidis* en particulier. En premier, nous avons identifié et quantifié les populations de pucerons sur les trois variétés de blé dur au champ. Au laboratoire, nous avons réalisé un essai d'infestation des plantes des trois variétés de blé dur par le puceron *R. maidis* afin d'étudier l'évolution de cette espèce sur les trois variétés et le comportement de ces dernières vis-à-vis de cette infestation. Les variétés étudiées au champ et au laboratoire ont été caractérisées par des paramètres morphologiques et agronomiques. Aussi, une caractérisation biochimique des plantes cultivées au laboratoire a été réalisée. Les diverses interactions entre les pucerons et les variétés de blé dur étudiées du champ et de l'essai du laboratoire sont examinées.

L'inventaire réalisé nous a permis de recenser 11 espèces de pucerons inféodées au blé dur sur les trois variétés dans la région de Batna (Tazoult et Ouyoun El Assafir). Les espèces *Sitobion avenae* et *Diuraphis noxia* sont considérées comme étant les plus constantes sur les trois variétés de blé dur étudiées. L'étude de la dynamique des populations de pucerons recensées a montré que la variété BOU est plus attaquée par rapport aux autres variétés. Le stade remplissage des grains est le stade qui favorise le plus la pullulation des pucerons, en particulier l'espèce *Rhopalosiphum maidis*.

L'essai de l'infestation des trois variétés de blé dur étudiées par *R. maidis* au laboratoire a révélé qu'il existe un effet variétal sur l'évolution du puceron. Les stades épiaison et floraison sont les plus attractifs aux pucerons en présentant les effectifs importants.

La variété BOU est fortement infestée par les pucerons au champ et au laboratoire. La variété GTA prend le deuxième rang alors que la variété MBB est faiblement infestée.

L'étude de la variation des paramètres morphologiques, agronomiques et biochimiques pour chacune des trois variétés étudiées, a montré que la réponse aux infestations de pucerons par des trois variétés s'exprime de différentes façons.

Au champ :

- La variété GTA enregistre les valeurs les plus élevées de SFDF, SF, LE, TF, Ep.E, NG, PMG et RDT.
- La variété MBB est notée par les valeurs les plus élevées de HP et LB.

Au laboratoire :

- La variété GTA enregistre les valeurs les plus élevées de TF, Ep.E, NG, PMG et RDT,
- La variété MBB se caractérise par les valeurs les plus élevées de HP, SFDF, SF, LE, LB, chlorophylle et proline,
- La variété BOU présente les valeurs plus élevées dans le seul cas des taux de sucres solubles.

La variété MBB montrerait plus de potentiel de résistance vis-à-vis des pucerons, étant donné que leur pullulation est réduite sur cette variété. Malgré les pullulations moyennes par les pucerons, la variété GTA a donné un rendement élevé. Par contre, la variété BOU présenterait le moins de capacités de défense vis-à-vis des fortes pullulations des pucerons.

Par ailleurs, les paramètres SFDF, SF et LE sont des critères morphologiques de sélection pour la résistance des pucerons, en permettant aux plantes de donner un bon rendement en présence des populations de pucerons. Ceci est notamment le cas de la variété GTA (variété améliorée). Le taux de proline, quant à lui permet à la plante une meilleure défense contre les pullulations des pucerons. Ces derniers ne préconisent pas la variété MBB et à la limite ne peuvent pas survivre sur cette variété locale.

D'après nos résultats, la variété MBB manifeste une plus ou moins bonne défense contre les pullulations des pucerons, mais son rendement reste moyen. Par contre, la variété GTA est plus recommandée pour avoir de bons rendements. A cet effet, il serait intéressant de combiner le caractère de défense contre les pucerons révélé par la variété MBB avec la variété GTA qui présente un rendement élevé. Ceci permettrait éventuellement de produire une variété tolérante aux attaques des pucerons et donnant un rendement important.

En outre, et afin d'avoir une idée plus complète sur l'intérêt agronomique des trois variétés étudiées, il serait également intéressant de développer ce genre d'études en incluant d'autres paramètres biochimiques tels que les composées phénoliques, les protéines de défense, etc...,.

1. **Abanda R.F.X., 2012.** Régulation des bio-agresseurs dans les cultures associées de blé dur et de pois: impact de la diversité végétale sur la démographie des pucerons du pois. Thèse. Doctorat. Université de Toulouse, 141p.
2. **Aggoun A., Benmahammed K., Dekhili M., 2006.** Effets des facteurs sur le poids des grains dans cinq populations algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Cahiers Agricultures*, **15** (5) :425-431.
3. **Amara M., Kheyar M. O., Harrad F., 2006.** Effet de la succession des machines agricole de la mise en place d'un blé sous pivot sur le développement des racines et conséquences sur le rendement. *Terre et vie.*, **98** : 1-3.
4. **Appert J., Deuse J., 1982.** Les ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 413 p.
5. **Arnon D., 1949.** Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly-phenoloxidase in *beta vulgaris*. *Plant Physiology*, (24): 1- 15.
6. **Ba K., Tine E., Destain J., Cissé N., Thonart P., 2010.** Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **14** (1) : 131-139.
7. **Baldy C., Rabasse J.M., 1983.** Caractéristiques spectrales de pièges jaunes utilisés pour la capture des aphides. *Agronomie*, **3** (2):161-166.
8. **Basky Z., Hopper K.R., Jordaan J., Saayman T., 2001.** Biotypic differences in Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) between South African and Hungarian agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environnement*, **83**:121-128.
9. **Bassino J., 1982.** Seuil et risque de perte en culture de maïs. *Entomophaga.*, **27** :115-120.
10. **Belaid D., 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.
11. **Belkharchouche H., Fellah S., Bouzerzour H., Benmahammed A., Chellal N., 2009.** Vigueur de croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum durum* desf) sous conditions semi arides. *Courrier du Savoir*, (9) :17-24.
12. **Benbelkacem A., Kellou K., 2000.** Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) cultivées en Algérie. In Royo C., Nachit M.M., Di Fonzo N. et Araus J.L. (eds.). *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New Challenges Zaragoza: CIHEAM –IAMZ*, 105-110.
13. **Benbelkacem A., Sadli F., Brinis L., 1995.** La recherche pour la qualité des blés durs en Algérie. In : Di Fonzo N., Kaan F., Nachit M. (Eds). *Durum wheat quality in the Mediterranean region. Zaragoza: CIHEAM*, 61 -65.

14. **Bencharif A., Rastoin J.L., 2007.** Concepts et Méthodes de l'Analyse de Filières Agroalimentaires : Application par la Chaîne Globale de Valeur au cas des Blés en Algérie. *Working Paper*. 7 : 1-23.
15. **Bensalem M., Daaloul A., Ayadi A., 1995.** Le blé dur en Tunisie. *CIHEAM – Options Mediterraneennes*, pp 81-91.
16. **Bigot L., Bodot P., 1973.** Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*. Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie et Milieu*, 2 (23): 229-249.
17. **Blackman R.L., Eastop V.F., 2007.** Taxonomic issues. In : Van Emden H.F., Harrington R. (Eds). *Aphids as crop pests*. CABI, USA., pp 1-29.
18. **Blum A., 1988.** Plant breeding for stress environments. Eds. CRC Press, 223p.
19. **Blum A., Sullivan C. Y., 1997.** The effect of plant size on wheat response to agents of drought stress. I. Root Drying. *Aust. J. Plant Physiol.*, 24 : 35-41.
20. **Bogard M., 2011.** Analyse génétique et écophysiologique de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum L.*). Thèse. Doctorat. Université d'Auvergne, France, 169p.
21. **Bonnemaison L., 1950.** Facteurs d'apparition des formes ailées chez les pucerons. Vecteur des maladies à virus de la pomme de terre et méthodes générales de protection des cultures de plants de sélection. *Rev. Mens.*, 12 p.
22. **Bonnemaison L., 1953.** Les parasites animaux des plantes cultivées et des forêts, Ed. Saja, Paris, 668p.
23. **Bonnemaison L., 1962.** Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Tome II. Ed. S.E.P., 605 p.
24. **Botterel G.D., 1980.** Directives pour la lutte intégrée contre les ennemies du maïs. 1^{ère} édition Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome, 129p.
25. **Bouchery Y., Jacky F., 1982.** Atlas des formes ailées des espèces courantes des pucerons. Ed. INRA, Paris, 48 p.
26. **Boulal H., Zaghouane O., EL Mourid M. et Rezgui S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p.
27. **Bouzerzour H., Djekoune A., Benmahammed A., Benbelkacem A., Hazmoune T., Mekhlouf S., 2000.** Stabilité des performances et caractéristiques phenolmorphologiques de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) issues d'une sélection multi locale. Proc. Du Premier Symposium International sur la Filière Blé- Enjeux et Stratégie- Alger, pp: 178-184.
28. **Branlard G., Pujos E., Nadaud I., Bancel E., Piquet A., 2012.** Nouveaux outils pour une analyse fine de la composition des grains. *Innovations Agronomiques*, 19 : 37-49.

29. **Brodeur J., Boivin G., Bourgeois G., Cloutier C., Doyon J., Grenier P., Gagnon A.E., 2013.** Impact des changements climatiques sur le synchronisme entre les ravageurs et leurs ennemis naturels : conséquences sur la lutte biologique en milieu agricole au Québec. OURANOS. Québec, 124p.
30. **Carena M.J., Glogoza P., 2004.** Resistance of maize to the corn leaf aphid: *Areview*, *Maydica*, **49** : 241–254.
31. **Caron, D., 2000.** Maladies des blés et des orges. Ed ITCF, France. 87p.
32. **Carter N., Powell W., Wright F.N., Ashby J.E., 1989.** Effectiveness of different insecticides applied at various growth stages to control aphids on winter wheat. *Crop protection*, (8) :271-276.
33. **Cauwel. B., Verjux N., Bonin G., 2000.** Protocole de suivi d'essais comparant des variétés de céréales à paille d'hiver en conduite biologique. ITAB, 32p.
34. **Chambon J-P., 1982.** Recherches sur les biocénoses céréalières : Incidence à long terme des rotations maïs-blé sur les niveaux de populations d'insectes ravageurs. *Agronomie*, **2**(4) :373-378.
35. **Chan C. K., Forbes A. R., Raworth D. A., 1991.** Aphid transmitted viruses and their vecteursof the world. Agriculture Canada technical bulletin 199 1-3eE : 1-216.
36. **Chennafi H., Saci A., Harkati N., Fellahi N., Hannachi A., Fellafi Z., 2011.** Le ble dur (*Triticum durum* desf.) sous l'effet des façons culturales en environnement semi-aride. *Agriculture*, **2** : 42-51.
37. **Cherfia R., 2010.** Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Mémoire.Magistère. Dép. Biologie et Ecologie, Université de Constantine, 77p.
38. **Christine S., Fraval A., 1999.** Lutte biologique. Ed. *Institut National De La Recherche Agronomique*. Paris. 274p.
39. **CIC, 2013.** Marché des céréales, disponible sur <http://www.igc.int/>, Conseil international des céréales, consulté le 02/01/2014.
40. **CNCC, 2009.** Bulletin des variétés « céréales ». Centre national de contrôle et de certification des semences et plantes. 96p.
41. **Cochereau P., 1974.** Ébauche d'un inventaire faunistique de l'île Mangareva (Archipel des Gambier). *Cahiers du pacifique*, **18** :479-532.
42. **Comeau A., 1992.** La résistance aux pucerons : Aspects théoriques et pratiques. In: Vincent Ch. et Coderre D. (Eds.), *La lutte biologique*. Ed. Lavoisier Tec & Doc, Québec, pp. 433-449.
43. **Cook J., JohnsonV.A., Allan R. E., 1991.** Le blé.In :Greef.M.W.(Eds). *Méthodes traductionnelles de sélection des plantes: un aperçue historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne*. Organisation de coopération et de développemt économiques, Belgique, pp 27-38.

44. **Crespo-Herrera L. A., Smith C. M., Singh R. P., 2013.** Resistance to multiple cereal aphids in wheat–alien substitution and translocation lines. *Arthropod-PlantInteractions*, **7** : 535–545.
45. **Dajoz R., 1985.** Précis d'écologie. 5^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris, 505 p.
46. **Dajoz R., 2003.** Précis d'écologie. 7^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris, 615 p.
47. **Dedryver C. A., 2010.** Les pucerons : biologie, nuisibilité, résistance des plantes. Journées techniques fruits et légumes biologiques. Angers, pp 23-26.
48. **Dedryver C.A., Tanguy S., 1984.** Biologie des pucerons des céréales dans l'ouest de la France. V. Influence de la date de semis du blé d'hiver sur les modalités d'infestation des parcelles par *Rhopalosiphum padi* (L.), *Sitobion avenae* (F.) et *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) et sur le développement de leurs populations au printemps. *Agronomie*, **4** (8):711-719.
49. **Dedryver C.A., Di Pietro J.P., 1986.** Biologie des pucerons des céréales dans l'Ouest de la France. VI. Etude comparative des fluctuations au champ des populations de *Sitobion avenae* (F.), *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) et *Rhopalosiphum padi* (L.) sur différents cultivars de blé d'hiver. *Agronomie*, **6**(1) :75-84.
50. **Deravel J., Krier F., Jacques P., 2014.** Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **18**(2), 220-232.
51. **Djermoun, A., 2009.** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Natureet Technologie*, (1), 45-53.
52. **DPAT, 2008.** Monographie de la wilaya de Batna.190p.
53. **Dress F., 2004.** Les probabilités et la statistique de A à Z. (Ed). DUNOD, Bordeaux 201p.
54. **Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F., 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, **38**: 350-356.
55. **Du Pont M.F., Altenbach B.S., 2003.** Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science*, **38**: 133–146.
56. **El Bouhssini M., Nchit M.M., 2000.** New sources of resistance in durum wheat and wild relative to Russian wheat aphid (Homoptera :Aphididae).CIHEAM-Option Mediterranennes, 393-395.
57. **Elhani S., Martos V., Rharrabti Y., Royo C., García del Moral L.F. 2007.** Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. *Field Crops Research*, **103** : 25-35.

58. **El-Ibrashy M.T., El-Ziady S., Riad A., 1972.** Laboratory studies on the biology of the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera: Aphididae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **15** (2): 166-174.
59. **Faurie C., Ferra Ch. et Medori P., 1984.** Ecologie .Ed. J.B. Bailliere, Paris ,162 p.
60. **Feillet P., 2000.** Le grain de blé composition et utilisation.1^{ère} édition. INRA. Paris,303p.
61. **Ferreira, M. S. L., 2011.** Dynamique d'assemblage des proteines de reserve et du remplissage du grain de ble dur. Thèse. Doctorat. Centre international d'études Supérieures en sciences Agronomiques de Montpellier, 261p.
62. **Fredot E., 2005.** Connaissance des aliments. 1^{ère} édition. Lavoisier. Paris, 397p.
63. **Gallais A., Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées. 1^{ère} édition. INRA. Paris, 768p.
64. **Garfius G.E., 1964.** A geometry for plant breeding. *Crop Science* **4**: 241-246.
65. **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé : De la plante à la culture. Lavoisier, Paris. 429 p.
66. **Gate P., Giban M., 2003.** Stades du blé. Ed. ITCF, Paris, 68 p.
67. **Gravot A., 2009.** La réponse de stress chez les végétaux. Université de Rennes 1, 34p.
68. **Harbaoui H., Mezghani K.M., Marrakchi. M., Makni M., Makni H., 2008.** Étude morphologique et toxicologique des pucerons (Homoptères : Aphididae) des céréales en Tunisie. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **133** (1-3) : 203-213.
69. **Hargas H., 2007.** Identification et sélection de caractères de résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les conditions semi-arides des Hauts Plateaux de Sétif. Mém. Magister, Inst. Nat. Agro., El- Harrach, Alger, 73 p.
70. **Harmel N., Francis F., Haubruge E., Giordanengo 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. *Cahiers Agricultures*, **4**(17): 395-400.
71. **Hayek T., Ben Salem M., Zid E., 2000.** Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse : Cas du blé, de l'orge et du triticale. In : Royo C., Nachit M., Di Fonzo N., Araus J.L. (ed.). *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges* . Zaragoza : CIHEAM,(4) : 287-290.
72. **Heiser C. B., 1990.** Seeds to civilization: the story of man's food. Freeman, San Francisco, pp 67-79.
73. **Hennouni N., 2012.** Evaluation du métabolisme respiratoire et enzymatique des racines de blé dur (*Triticum durum desf*) issues de plantes infectées par les maladies cryptogamiques et de plantes traitées avec un fongicide (ARTEA EC 330). Thèse. Doctorat. Dép. biologie, université de Annaba, 125p.

74. **Henry Y. et De Buyser J., 2001.** L'origine des blés. *In* : belin. Pour la science (Ed.). De la graine a la plante. Belin, paris, pp 69-72.
75. **Herrbach E., 1985.** Rôle des sémiochimiques dans les relations pucerons- plantes. II. Les substances allélochimiques. *Agronomie*, 5 (4) : 375-384.
76. **Herve M., 2010.** Effet du paysage sur la diversité des espèces généralistes et spécialistes. Mémoire. Master. Université de Rennes 1, 18p.
77. **Hullé M., Turpeau E., et Robert Y., 1999.** Les pucerons des plantes maraîchères : cycle biologique et activité de vol. Ed. ACTA, INRA, Paris, 80 p.
78. **Iperti G., 1963.** Contribution à l'étude de la spécificité chez les principales coccinelles Aphidiphages des Alpes Maritimes et Des Basses-Alpes. *Entmophaga*, 10 (2) :159-178.
79. **ITGC (Sd.).** Les principales variétés de céréales cultivées en Algérie. Documentation interne. Institut technique des grandes cultures, 114p.
80. **Jacquemin G., Mahieu A. Berger A., Vancutsem F., De Proft M., 2009.** Cécidomy orange du blé: des variétés résistantes. In: De Proft M. (Eds). Céréale. F.U.S.A.Gx et CRA-W, Gembleux, pp 1-14.
81. **Jean-Luc P., Jean Philippe L., Annick M., Marie-Helene S., Noëlle C. M., Catherine D., Claire D., Christel R., Monique G., Mickael M., Michele L., 2005.** Effets de l'infestation sur le profil métabolique d'apex de variétés de pêcher sensibles et résistantes au puceron vert. Réseau français de métabolomique et fluxomique, Toulouse, 1p.
82. **Kazi A. G., Rasheed A., Kzai A. M., 2013.** Biotic Stress and Crop Improvement: A Wheat Focus Around Novel Strategies. In Hakeem K.R. (Eds). Crop Improvement. Springer Science+ Business Media, Pakistan, pp 239-267.
83. **Kellil H., 2010.** Contribution a l'étude du complexe entomologique des céréales dans la région des hautes plaines de l'Est Algérien. Mém. Magister Agro., Univ. Batna, 188p.
84. **Kellou R., 2008.** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation des céréales françaises dans le cadre de pôle de compétitivité Quali-méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales. Thèse. Master. Centre international des hautes études agronomiques méditerranéennes, Montpellier, 159p.
85. **Klarzynsk O., Fritig B., 2001.** Stimulation des défenses naturelles des plantes. *Life Sciences*, 324 : 953–963.
86. **Kumar R.R., Goswami S., Sharma S. K., Singh K., Gadpayle K.A., Singh S.D., Pathak H., Rai D.R., 2013.** Differential expression of heat shock protein and alteration in osmolyte accumulation under heat stress in wheat. *J. Plant Biochem. Biotechnol.*, 22(1):16–26.
87. **Laffont J.M., 1985.** Le désherbage des céréales. Encyclopédie Agricole Pratique. Ed. La nouvelle librairie, Paris, 96 p.

88. **Lamotte M., Bourliere F., 1969.** Problèmes d'écologie, l'échantillonnage des peuplements d'animaux en milieux terrestres. Ed. Masson et Cie, Paris, 303 p.
89. **Leclant F., 2000.** Les pucerons des plantes cultivées, Clef d'identification, I grandes cultures. Ed. ACTA, INTRA, Paris, 64 p.
90. **Le Clech B., 2000.** Production végétale. 2^{ème} édition. Imprimerie Laplante, France, 412p.
91. **Lery F., 1982.** L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.
92. **Leverve X., 2007.** Les céréales jouent un rôle de premier plan dans l'équilibre alimentaire. *Alimentaion et céréale.*, 7 :1-4.
93. **Linscott T. M., Bosque-Peréz N., Schotzko D., Kidwell K., Zemetra R.S., 2001.** Genetic control of Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*) resistance in wheat accession PI 47545, *Euphytica*, 121 : 31–35.
94. **Mackinney Y.G., 1941.** New flurometrie method for deternination of chlorophyll a/b ratio. *Photosynthetica*, (26): 533-539.
95. **Mann B.P., Wratten S., Watt A.D., 1986.** A Computer-Based Advisory System for Cereal Aphid Control. *Computers and Electronics in Agriculture.*, 1 : 263-270.
96. **Mansouri A., 2011.** Les champignons endophytes chez le blé dur (*Triticum durum*.Desf): Occurrence et rôle dans la tolérance au stress hydrique. Mémoire. Magistère. Sciences Agronomiques, université de Batna.127p.
97. **Mignon J., Colignon P., Haubruge E., Francis F., 2003.** Effet des bordures de champs sur les populations de chrysopes [Neuroptera : Chrysopidae] en cultures maraîchères. *Phytoprotection*, 2 (84):121-128.
98. **Migui S.M., Lamb R.J., 2003.** Patterns of resistance to three cereal aphids among wheats in the genus *Triticum* (Poaceae). *Bull Entomol Res*, 93(4):323-333.
99. **Mirik M., Michels G.J., Kassymzhanova-Mirik S., Elliott C.N., 2007.** Reflectance characteristics of Russian wheat aphid (Hemiptera: Aphididae) stress and abundance in winter wheat. *Computers and Electronics in Agriculture*, 57 :123-134.
100. **Monneveux Ph., Nemmar M., 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.): Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6 (6) :583-590.
101. **Moreau J.P., 1996.** Captures au piège Agraphid de cicadelles vectrices de virus persistants nuisibles aux poacées. *Agronomie*, 16 :137-141.
102. **Moule C., 1971.** Céréales 2. Phytotechnie spéciale. (Ed). La maison rustique, Paris, 236p.

103. **Nana R., Tamini Z., Sawadogo M., 2009.** Effets d'un stress hydrique intervenu pendant le stade végétatif et la phase de floraison chez le gombo. *Biol. Chem. Sci.* 3(5): 1161-1170.
104. **Najimi B., El Jaafari S., Jlibène M., Jacquemin J-M., 2003.** Applications des marqueurs moléculaires dans l'amélioration du blé tendre pour la résistance aux maladies et aux insectes. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 7 (1):17–35.
105. **Naville M., 2005.** La biodiversité des espèces cultivées :Analyse dans le cas du blé, Paris: Université Paris XI, Paris, 20p.
106. **Noir S., 2002.** Diversité des gènes de résistance au sein du génome des Caféiers (*Coffea* L.) Analyse génétique de la résistance au nématode a galles, *Meloidogyne Exigua* Chez *C. Arabica*. Thèse. Doctorat. Université Montpellier II, 167p.
107. **Ortega C. A., 1988.** Insectes te ravageurs du maïs.1^{ère} édition. CIMMYT.Mexico, 106p.
108. **Oury F. X., 2007.** Les céréales jouent un rôle de premier plan dans l'équilibre alimentaire. *Alimentation et céréale*,7 : 2-4.
109. **Pictav S. J., 1856.** Bulletin de l'Algérie. 1^{ère} édition. Just Rouvier, libraire éditeur, Paris,405p.
110. **Ramade F., 1984.** Eléments d'écologie : écologie fondamentale. Ed. McGraw et Hill, Paris, 576 p.
111. **Rat-mourris E., 1994.** Analyse des relations entre *Dysaphis plantagenea* Passerini et sa plante hôte *Malus domestica*,Thèse. Doctorat. Université de Tours, France,132p.
112. **Rawson H.M., Bagga A.K. et Bremner P.M. 1977.** Aspects of adaptation by wheat barley to soil moisture deficits. *Australian J. Plant Physiol.* 4: 189-401.
113. **Remaudiere G., Autrique A., Aymonin G., Eastop V.F., Kafurera J., Stary P. et Dedonder R., 1985.** Contribution à l'étude des aphides Africains. Ed. FAO, Rome, 214 p.
114. **Rémus-Borel W., 2007.** Étude du rôle de la silice chez le blé dans l'induction des molécules de défense lors d'une infection par le blanc. Thèse. Doctorat. Dép.Phytologie., université Laval,Québec,125p.
115. **Robin M.H., 2014.** Analyse et modélisation des effets des pratiques culturales et de la situation de production sur les dégâts causent par les bioagresseurs des cultures. Application au blé d'hiver. Thèse. Doctorat. Université De Toulouse, 251p.
116. **Robinson J., 1994.** Identification and characterization of resistance to the Russian wheat aphid in small-grain cereals: investigation at CIMMYT, 1991-1992. CIMMYT Research Report D.F. Mexico, n°3 : 44 p.

117. **Ronquim J. C., Pacheco J M., Ronquim C.C., 2004.** Occurrence and parasitism of Aphids (Hemiptera:Aphididae) on cultivars of irrigated oat (*Avena* spp.) in São Carlos, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **47** (2) :163-169.
118. **Ronzon B., 2006.** Biodiversité et lutte biologique, ENITA C .25p.
119. **Saleh M. S., Al-Doss A. A., Elshafei A. A., Moustafa K. A., Al-Qurainy F. H., Barakat M. N., 2014.** Identification of new trap markers linked to chlorophyll content, leaf senescence, and cell membrane stability in water-stressed wheat. *Biologia Plantarum*, **58** (1): 64-70.
120. **Sassi K., Abid G., Jemni L., 2012.** Etude comparative de six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) vis-à-vis du stress hydrique. *Journal of Animal & Plant Sciences*, **15**(2) :2157-2170.
121. **Sauvage Ch., 1962.** Le quotient pluviothermique d'Emberger, son utilisation et la représentation géographique de ses variations au Maroc. *Annales*, **10**:11-23.
122. **Savaris M., Lampert S., Salvadori J.R., Lau D., Pereira P.R.V.S., Smaniotto M.A., 2013.** Population growth and damage caused by *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera, Aphididae) on Different Cultivars and Phenological Stages of Wheat. *Neotrop Entomol.*, **42**:539–543.
123. **Seltzer P., 1946.** Le climat de l'Algérie, Recueil de données météo. Institut de Technologie Agricole, Mostaganem (Algérie), 142 p.
124. **Sherington J., Grant L.F., 2008.** Notions de statistique: problèmes et méthodes. Natural resources institute, university of Greenwich at Medway, Royaume-Uni, 87p.
125. **Simmonds M.S.J., 2001.** Importance of favonoïds in insect - plant interactions feeding and oviposition. *Phytochemistry*, **56** : 245-252.
126. **Smadhi D., Zella L., 2009.** Céréaliculture en sec et précipitations annuelles : le cas de l'Algérie du Nord. *Sécheresse*, **20** (2) : 199-203.
127. **So Y.-S., Ji H. C., Brewbaker J. L., 2010.** Resistance to corn leaf aphid (*Rhopalosiphum maidis* Fitch) in tropical corn (*Zea mays* L.).*Euphytica*, **172**:373–381.
128. **Soltner D., 1999.** Les grandes productions végétales.19^{ème} édition, Ed. Collection sciences et techniques agricoles, France, 464 p.
129. **Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales. 20^{ème} Edition. Collection science et techniques agricoles. 472p.
130. **Spagnoletti-Zeuli P.L., Qualset C.O., 1990.** Flag leaf variation and the analysis of diversity Podophyllum durum wheat. *Plant Breed.*, **105**:189-202.
131. **Stary P., 1996.** Occurrence of anholocyclic strains of pest aphids on winter barley and wheat in South Moravia, Czech Republic. *Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, **69** : 149-152.

132. **Stewart P., 1969.** Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. *Bull. Inst. Nat. Agro. El-Harrache, Alger* : 24-25.
133. **Sundari S.K., 2014.** Impact of Biotic, Abiotic Stressors: Biotechnologies for Alleviating Plant Stress. In Miransari M. (Ed.), *Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses*, Springer Science+Business Media, New York, pp 87-120.
134. **Troll W., Lindesly J., 1955.** A photometric method for the determination of proline. *J. Biol.Chem.*, (215) : 655-660.
135. **Trouche G., Da S., Pale G., Sohero A., Ouedraogo O., Den Gosso G., 2001.** Evaluation participative de nouvelles variétés de Sorgho au Burkina. In Hocdé H., Lançon J., Trouche G. *Sélection Participative*, Montpellier, pp 36-55.
136. **Turki N., Shehzad T., Harrabi M., Okuno K., 2014.** Detection of QTLs associated with salinity tolerance in durum wheat based on association analysis. *Euphytica*.1-13.
137. **Turpeau – Ait E.L., Dedryver C.A., Chaubet B., Hullé M., 2011.** Puceron des grandes cultures.1^{ère} édition. ACTA. Paris,135p.
138. **Verville J.L., 2003.** Le blé, le seigle et le triticales. 18p.
139. **Vilain M. 1987.** La production végétale. Tom1. Les composantes de la production. Ed. J.B.Baillière, Paris, 370p.
140. **Vilain M., 1997.** La production végétale. Volume 1 : Les composantes de la production. 2^{ème} édition, Ed. Lavoisier Tec & Doc., Londres, Paris, New York, 478 p.
141. **Wilfried C., 2005.** Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Sci.*,**168** : 241-248.
142. **Yattara A.A., Francis F., 2013.** Impact des méthodes de piégeage sur l'efficacité de surveillance des pucerons: illustration dans les champs de pommes de terre en Belgique. *Faunistic Entomology*, **66**:89-95.
143. **Zaghouane O., Abdellaoui Z., Houassine D., 2006.** Quelles perspectives pour l'agriculture de conservation dans les zones céréalières en conditions algériennes? *Séminaires Méditerranéens*,pp183-187.

Résumé

Le présent travail a pour but d'évaluer le comportement variétale de blé dur (*Triticum durum* Desf) à l'égard de pucerons (Homoptera : Aphididae) dans le champ et au laboratoire. Trois variétés de blé dur sont étudiées : Mohamed Ben Bachir (MBB), Boussallem (BOU) et GTA/dur (GTA). L'inventaire réalisé a permis de recenser 11 espèces aphidiennes, dont *Sitobion avenae* et *Diuraphis noxia* sont les plus constantes dans le temps.

L'expérience menée au laboratoire a permis de mettre en évidence la dynamique des populations de *Rhopalosiphum maidis* sur les trois variétés étudiées. Les résultats obtenus montrent que la variété MBB est moins infestée par rapport aux variétés BOU et GTA/dur.

D'après les deux expériences (dans le champ et au laboratoire) menées, la variété Boussallem est celle qui manifesté une plus au moins grande sensibilité aux pucerons. Aussi, les fortes pullulations de ces derniers sont enregistrées durant le stade reproductif de la plante.

Divers paramètres morphologiques, agronomiques des plantes de champ et de laboratoire ainsi que des paramètres biochimiques des plantes cultivées au laboratoire sont mesurés. Les résultats obtenus montrent que les pucerons entraînent une réduction de la hauteur des plantes, du nombre d'épillets par épi et du rendement ainsi qu'une accumulation de la proline. La variété GTA/dur enregistre un rendement plus élevé malgré la pullulation moyenne des pucerons. Par contre, la variété MBB manifeste une meilleure défense contre la pullulation des pucerons alors que le rendement n'est que moyen.

Mots clés : Blé dur, *Triticum durum*, Pucerons, Aphidiens, *Rhopalosiphum maidis*, Comportement variétal, Batna.

Abstract

The present study aims to evaluate the varietal behavior of durum wheat (*Triticum durum* Desf) against aphids (Homoptera: Aphididae) in the field and laboratory. Three varieties are studied: Mohamed Ben Bachir (MBB) Boussallem (BOU) and GTAdur. We identified 11 aphid species, *Sitobion avenae* and whose *Diuraphis noxia* are most occurring over time.

The experiment conducted in the laboratory highlighted the population dynamics of *Rhopalosiphum maidis* on the three varieties studied. The results obtained show that the MBB variety is less infested than BOU and GTA/dur.

From the two experiments (in field and in laboratory), the BOU variety represents the more sensitive variety to aphids. Also, heavy infestations of aphids are recorded during the reproductive stage of the plant.

Various morphological parameters, agronomic parameters of field and laboratory plants, and biochemical parameters of plants grown in the laboratory are measured. The results obtained show that the reduction of aphid's numbers causes plant height, number of spikelet per ear and performance, as well as accumulation of proline. The GTA/dur variety has a higher average yield despite outbreaks of aphids. Whereas, the MBB variety manifest a better defense against the aphid proliferation, while performance is only median.

Keywords: Durum wheat, *Triticum durum*, Aphids, *Rhopalosiphum maidis*, Varietal behavior, Batna.

ملخص :

الهدف من هذه الدراسة تقرير سلوك القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) ضد حشرات المن في الحقل وفي المختبر. ثلاثة أصناف من القمح درست : محمد بن بشير بوسلام و GTAdur. الجرد سمح لنا بالكشف عن وجود 11 نوع من المن. من بينها النوعين *Sitobion avenae* و *Diuraphis noxia* متواجدين بصفة ثابتة.

التجربة في المختبر تسمح بإبراز تطور *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera: Aphididae) على الأنواع الثلاثة من القمح الصلب المدروسة النتائج أظهرت أن انتشار الحشرات المن في النوع محمد بن بشير أقل من النوع بوسلام والنوع GTA/dur.

على ظل نتائج التجريبتين نلاحظ أن النوع بوسلام أظهر حساسية ضد حشرات المن، إن انتشار العدد الكبير من هذه الحشرات سجلت في أطوار متقدمة من حياة النبتة.

لقد قمنا بقياسات مورفولوجية و زراعية لنباتات الحقل و نباتات المختبر و بيوكيميائية لنباتات المختبر و النتائج المتحصل عليها بينت نقص في علو النبتة و عدد épillets في السنبلة والمردود. أيضا تراكم سجل في البرولين. أما النوع GTA/dur أعطى مردود كبير بالرغم من العدد المتوسط من حشرات المن المتواجدة فيه بالعكس من النوع محمد بن بشير التي أظهرت مقاومة ضد هذه الحشرات مع مردود متوسط.

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب, *Triticum durum*, المن, *Rhopalosiphum maidis*, السلوك النوعي, باتنة.