

CARACTÉRISATION PHYTOCHIMIQUE DE LA SENSIBILITÉ VARIÉTALE DE TROIS CÉPAGES DE VIGNE À LA CICADELLE VERTE *JACOBIASCA LYBICA* (BERGEVIN & ZANON, 1922) (HOMOPTERA, JASSIDAE) EN MITIDJA OCCIDENTALE (ALGÉRIE)

GUENDEZ-KERMIA Ramila^{1*}, ZOUAIDIA Hanene¹, DRAI Laila¹ et DOUMANDJI-MITICHE Bahia²

1. Ecole Supérieure des Sciences de l'Aliment et des Industries Agro-alimentaire, Beau Lieu, El Harrach Alger, Algérie

2. Département Zoologie Agricole, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Hassen BADI, El Harrach, Alger, Algérie

Reçu le 13/08/2020, Révisé le 28/12/2020, Accepté le 30/12/2020

Résumé

Description du sujet : L'ampleur des dégâts causée par la cicadelle africaine, *Jacobiasca lybica* est très significative d'une variété à une autre de vigne. Du point de vue physiologique, les feuilles de vignes montrent un état de déséquilibre physiologique très important, traduit par une dépigmentation des feuilles qui affaiblit le plant lui-même.

Objectifs : Le but de notre étude est de mettre en évidence l'incidence des attaques de ce ravageur sur la fluctuation phytochimique du limbe de différents cépages de vigne.

Méthodes : Durant la campagne viticole de 2015, du mois de mars au mois de décembre, l'abondance globale (pièges jaunes englués & prélèvement destructif des feuilles) a été estimée sur trois cépages de vigne, le Carignan, le Grenache et le Cinsault. En parallèle, la chlorophylle a et b, les caroténoïdes, les acides aminés, les protéines totales et l'activité des catalases ont été quantifiés dans les feuilles des trois cépages chaque quinzaine.

Résultats : Les résultats dénotent qu'au sein de chaque cépage, la disponibilité globale des formes biologiques acquiert une tendance unimodale s'étalant d'avril à novembre, avec un pic d'abondance maximale enregistré en août. Les disponibilités de la cicadelle africaine sur les trois cépages de vigne sont corrélées positivement avec celles des températures maximales. L'ordre d'arrivée écologique des larves et des adultes se fait séparément sur les cépages où le Carignan recrute précocement les populations de la cicadelle africaine. Les attaques foliaires réduisent significativement la disponibilité des pigments foliaires et des protéines totales. En revanche, l'activité enzymatique, se trouve très active en situation d'agression du parenchyme foliaire.

Conclusion : Les conditions de sécheresse qui favorisent le développement de la cicadelle africaine, défavorisent le bon fonctionnement physiologique de la vigne. Le niveau d'attaque qui prévient le plus les perturbations phytochimiques est celui signalé chez le cépage Carignan avec un recrutement précoce des formes biologiques de la cicadelle africaine.

Mots clés: Activité enzymatique, Cépage, Formes biologiques, *Jacobiasca lybica*, Pigments foliaires, Sensibilité variétale.

PHYTOCHEMICAL CHARACTERISATION OF THE VARIETAL SUSCEPTIBILITY OF THREE GRAPE VARIETIES TO THE GREEN LEAFHOPPER *JACOBIASCA LYBICA* (BERGEVIN&ZANON, 1922) (HOMOPTERA, JASSIDAE) IN WESTERN MITIDJA (ALGERIA)

Abstract

Description of the subject: The extent of the damage caused by the African leafhopper, *Jacobiasca lybica* is very significant from one vine variety to another. From a physiological point of view, the vine leaves show a very significant state of physiological imbalance, translated by a depigmentation of the leaves which weakens the plant itself.

Objectives: The aim of our study is to highlight the impact of attacks by this pest on the phytochemical fluctuation of the leaf blade of different grape varieties.

Methods: During the 2015 viticultural campaign, from March to December, the overall abundance (yellow sticky traps & destructive leaf removal) was estimated on three grape varieties, Carignan, Grenachen, and Cinsault. In parallel, chlorophyll a and b, carotenoids, amino acids, total proteins, and catalase activity were quantified in the leaves of the three grape varieties every fortnight.

Results: The results show that within each grape variety, the overall availability of biological forms acquires a unimodal trend running from April to November, with a peak of maximum abundance recorded in August. The availability of African leafhopper on the three grape varieties is positively correlated with that maximum temperature. The ecological order of arrival of the larvae and adults is separate on the grape varieties where Carignan recruits African leafhopper populations at an early stage. Leaf attacks significantly reduce the availability of leaf pigments and total proteins. On the other hand, enzyme activity is very active in situations of foliar parenchyma attack.

Conclusion: The drought conditions which favor the development of the African leafhopper, are detrimental to the proper physiological functioning of the vine. The level of attack that best prevents phytochemical disturbances is that reported in the Carignan grape variety, with early recruitment of the biological forms of the African leafhopper.

Keywords: Enzymatic activity, Grape variety, Organic forms, *Jacobiasca lybica*, Leaf pigments, Varietal sensitivity.

*Auteur correspondant: GUENDEZ-KERMIA Ramila, E-mail: ramilaguendez@yahoo.fr

INTRODUCTION

Depuis plus d'une centaine d'années, la viticulture est soumise, en plus des ravageurs et maladies indigènes, à la pression d'insectes invasifs venus de contrées lointaines. L'intensification des échanges commerciaux, depuis le milieu du XX^{ème} siècle augmente le risque de voir apparaître les pucerons, les cicadelles, les coccinelles exogènes qui vont se mettre à pulluler [1]. Avec près d'un million d'espèces décrites sur Terre, dont 90% sont des insectes, les Arthropodes constituent le groupe le plus diversifié du monde vivant. De plus, le nombre d'espèces actuellement connues est sans doute très faible face à la richesse spécifique réelle [2], du fait que la reconnaissance des espèces et leurs inventaires sont longs et coûteux [3]. En Algérie, les insectes sont la cause première des pertes de produits agricoles [4]. Pour contourner ces difficultés, nous nous sommes limités à étudier une espèce déjà inventoriée en Algérie sur la vigne, la cicadelle africaine *Jacobiasca lybica* qui s'est avérée être un nouveau bio agresseur sur cette culture. Selon Bounaceur *et al.* [5], les premières observations de présence de cet insecte sur la vigne ont eu lieu en 2002, dans les vignobles de la Mitidja Ouest d'où l'insecte s'est propagé rapidement dans tout le pays [6, 7 et 8]. En effet, il décrit l'ampleur des dégâts sur les feuilles qui finissent par un dessèchement total du limbe et par conséquent une diminution dans la vigueur du cep qui se répercute sur la qualité du raisin ainsi que de son dérivé. Plusieurs études ont mis en évidence des difficultés de reprises des jeunes plants de vigne ont également été signalés après perte de vigueur. En cas de forte attaque, des modifications morphologiques et de composition chimique de la plante, tant pour les organes racinaires que pour les organes aériens ont été observées. Pour autant, aucune étude n'a mis en évidence les premiers effets délétères des attaques de la cicadelle verte sur la vigne lors de la phase de croissance. Cependant, l'interaction entre la vigne et le bio-agresseur pourrait en être modifiée si les bio-agresseurs sont sensibles à ces premières modifications dans la plante. De nombreuses études ont été menées pour étudier l'impact direct des attaques des bio-agresseurs au sein du vignoble, mais peu s'intéressent aux effets de cette installation via la plante dans les interactions vigne-bio-agresseur.

L'originalité de cette étude est d'analyser les effets de l'installation primaire de la cicadelle africaine sur la sensibilité de différents cépages de la vigne par une approche phytochimique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Zone d'étude

L'étude a été menée durant la campagne 2015, dans un domaine viticole s'intégrant dans la partie occidentale de la plaine de la Mitidja (Nord de l'Algérie). L'EURL SI SEMIANI est située à Hadjout, wilaya de Tipaza (36°28'42''Nord, 2°33'50''Est) ; d'une superficie de 145 Hectares. Nos investigations ont porté sur un ensemble de parcelle de 10 hectares faisant partie du projet viticole de l'O.N.C.V. Trois cépages ont été retenus Carignan, Grenache et Cinsault, âgé de 14 ans et greffé-soudé sur 99R. La majorité de la plaine sublittoral de la Mitidja, et notamment la zone de l'étude, si situe dans l'aire géographique du climat méditerranéen. De par sa configuration et sa situation géographique, la Méditerranée connaît une alternance de saisons océaniques tempérées, marquées par de fortes pluies, généralement concentrées sur l'automne et l'hiver et des étés arides et chauds. Concernant la zone d'étude, la température varie autour de 10,30 à 19,81°C durant l'automne et l'hiver, et autour de 27,32°C en moyenne durant l'été. La moyenne pluviométrique de la Mitidja occidentale varie entre 600 et 900 mm de pluies par an selon un gradient orienté de la région côtière la moins pluvieuse, vers l'atlas Blidéen le plus pluvieux. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson établie pour la période de 10 ans (2006-2016) révèle l'existence d'une seule période sèche qui s'étale de mai à octobre et de deux périodes humides s'étalant respectivement de janvier à mai et d'octobre à décembre. Le climagramme d'EMBERGER nous a permis de classer la station d'étude dans l'étage bioclimatique humide a hiver chaud [9].

2. Technique d'échantillonnage

Pour cette étude seulement une partie de la parcelle expérimentale a été utilisée. Les zones au niveau des parcelles ont été déterminées de façon à disposer d'une large gamme d'états de développement foliaire. Des placettes élémentaires de suivi ont été distribuées aléatoirement sur chacun des cépages choisis. Ces placettes ont été séparées entre elles par au moins 3 ceps de garde et choisies dans la mesure du possible sur des rangs différents.

Trois placettes par cépage ont été suivies. Une placette élémentaire était constituée par trois ceps consécutifs sur le rang. L'estimation des formes larvaires a été conduite chaque quinzaine de mars à décembre, par un prélèvement destructif de cinq feuilles (attaquées et non attaquées) par cépage se positionnant au niveau des placettes retenues. Tous les prélèvements et les observations ont été réalisés avant 10 heures [10]. Cependant, l'estimation de la forme adulte a été menée par l'utilisation d'un système de piège jaune englué. Ce type de piège vise à capturer l'entomocénose circulante dont les adultes de *Jacobiasca lybica*. Le piège a été installé à partir du premier fil de palissage, à raison d'un piège par placette. Les pièges sont prélevés et renouvelés tous les 15 jours [11].

3. Étude phytochimique des feuilles

3.1. Extraction et quantification des pigments foliaires

D'après Lichtenthaler [12], 50 mg du tiers médians des feuilles attaquées et non attaquées des trois cépages sont prélevées et broyées dans de l'acétone à 80%. Le broyage est répété plusieurs fois afin d'extraire la totalité des pigments foliaires. L'extrait obtenu est centrifugé à 2500 tours pendant 5 min.

L'absorbance (D.O.) de la totalité des surnageants obtenus sont mesurés par un spectrophotomètre U.V. (Perkin Elmer Lambda 5 U.V) à 647 nm à 663 nm et 470 nm respectivement pour la chlorophylle a, chlorophylle b et les caroténoïdes. Les concentrations en pigments foliaires sont exprimées en mg g⁻¹ MF et sont données par la formule. La teneur en chlorophylles et en caroténoïdes est déterminée selon les équations suivantes : chl a = 12,25.(DOλb)-2,79.(DOλa); chl b = 21,5.(DOλa)-5,1.(DOλb) ; chl a+ chl b = 7,15. (DOλb) + 18,71. (DOλa) et caroténoïdes = [1000 (DOλc)- 1,82.(Chl a) - 85,02.(Chl b)]/198

3.2. Extraction et quantification des protéines totales

Deux méthodes ont été utilisées pour l'extraction et le dosage des protéines totales. La méthode proposée par Bradford [13] pour le dosage des protéines solubles et celle d'Ammar *et al.* [14], pour le dosage des protéines hydrosolubles. Ainsi, 3g de matière fraîche foliaire (attaquée et non attaquée) préalablement broyée sont mis dans 5 ml de tampon phosphate (pH=7) contenant du polyvinilpyrrolidone.

La précipitation est facilitée par une centrifugation pendant 15 min à 4500 tr/min à -4°C. Le surnageant contenant les protéines pariétales est récupéré dans un autre tube et le culot est dissout dans 5 ml d'eau distillée et à nouveau centrifugé pour éliminer les résidus du tampon phosphate. Le culot est récupéré et redissout dans une solution de tampon phosphate + KCl (pH=7) est à nouveau centrifugé. Le surnageant résultant contenant les protéines cytoplasmiques est récupéré pour le dosage de ces dernières. Les valeurs d'absorbance obtenues par le biais d'un spectrophotomètre (λ=595) permettent ensuite de calculer la concentration initiale de protéines contenus dans les échantillons au moyen d'une courbe standard effectuée avec une protéine de référence (Ovalbumine) de manière à réaliser une série de dilutions afin d'obtenir les concentrations suivantes de protéines : 0,5, 0,25, 0,12, 0,062, 0,031, 0,016 et 0,0078 (mg/ml). Les concentrations en protéines de chaque échantillon sont calculées à partir de la courbe d'étalonnage obtenues, à l'aide de l'équation Y= 0,0010 X (Y : Absorbance (nm), X : Concentration de S.B.A. (mg/ml.)). Les teneurs en protéines sont obtenues par la formule suivante : Teneur en protéines (mg/g M.F.)=Quantité de la protéine (mg)×200/Poids d'échantillon. * étant le facteur de dilution.

4. Mesure de l'activité des catalases

Le principe de mesure de l'activité catalase repose sur les propriétés de cette famille d'enzymes à dégrader les molécules de H₂O₂. Cette activité est mesurée sur des protéines totales extraites comme décrit dans la partie dosage des protéines solubles totales. L'activité catalase est déterminée en suivant la disparition de l' H₂O₂ (ε=36M-1.cm-1) à 240 nm suivant la méthode décrite par Dorey *et al.* [15]. Le mélange réactionnel (1 ml) est constitué de 50 mM d'un tampon phosphate pH 7.5. Le zéro est réalisé à 240 nm contre une cuve en quartz contenant le tampon et 30 µg de protéines. Sont ensuite ajoutés 10 mM d' H₂O₂. L'ajout de H₂O₂ initie la réaction. Le déclin de l'absorbance est suivi pendant 30 s. L'activité est exprimée en nmoles de H₂O₂ dégradées par minute et par mg de protéines totales. La conversion de la vitesse initiale en activité spécifique de la catalase est exprimée par la formule suivante : Activité (nmole H₂O₂.min-1.mg-1 prot) = ΔDO. Min-1 × 1000/(36 × mg protéines)

5. Analyses statistiques

L'ordre d'arrivée écologique des formes biologiques de *Jacobiasca lybica* selon les

cépages de vigne a été calculé en se basant sur les barycentres. Les barycentres ou abondances maximales des variations temporelles des espèces et / ou des familles ont été calculés selon Djazouli *et al.* [16] avec la formule suivante : $B = \sum (RG_i \times AB_i) / \sum AB_i$ avec RG_i = rang du mois i de l'année et AB_i = abondance de l'espèce au mois i . Le barycentre a été sollicité dans le Test de corrélation croisée (Cross correlation). Ce test a été utilisé pour comparer les abondances de *Jacobiasca lybica* sur les trois cépages au cours de la saison et estimer s'il existe ou non des décalages (lag) de réponse entre les disponibilités maximales. Les décalages sont exprimés en jours avec une probabilité associée. Ce test permet par exemple de voir s'il y a une corrélation entre l'attraction primaire de la cicadelle africaine et la variation des cépages.

Afin de prévoir l'abondance de pucerons à partir de combinaisons linéaires des variables quantitatives, des analyses ont été effectuées en utilisant une régression multiple standard. En raison du décalage entre plusieurs paramètres, toutes les variations hebdomadaires ont été synchronisées. Lorsque 2 variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient r de Pearson et en conditions non paramétriques, du coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de régression est calculée lorsque les distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif. Pour enlever l'effet d'une variable quantitative C corrélée à une variable d'intérêt V , on calcule l'équation de la droite de régression ($y = ax + b$) puis les résidus de cette régression. Ces résidus sont calculés en retranchant les valeurs réelles (V_i) de la variable d'intérêt aux valeurs prédites par l'équation de la droite : Résidu (i) = $V_i - (a \times C_i + b)$ [17].

L'incidence de l'installation primaire des formes biologiques de la cicadelle africaine sur la qualité phytochimique des feuilles des différents cépages de vigne ont été testés par une analyse de la variance. Les analyses de la variance ont été réalisées sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%. La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers. 9 [18].

RÉSULTATS

1. Effet des facteurs abiotiques sur l'installation primaire de *Jacobiasca lybica*

Les graphes de la figure 1, présentent l'évolution temporelle de la disponibilité globale (larvaire et adulte) de la cicadelle africaine *Jacobiasca lybica* sur trois cépages de vigne, le Carignan, le Grenache et le Cinsault. Dans l'esprit de mieux visualiser l'effet du cépage sur l'installation primaire des formes biologiques de la cicadelle africaine, nous avons été conduits à tracer la courbe moyenne de disponibilités. Cette dernière a permis de dire que la disponibilité globale des formes biologiques acquière une tendance unimodale s'étalant d'avril à novembre, avec un pic d'abondance maximale enregistré en aout. Au sein de chaque cépage, le nombre de la population larvaire installée est globalement plus important que la population des adultes (Fig. 1a, 1b et 1c). Les conditions sèches de de la zone d'étude durant la décennie (2006-2016) nous ont permis de distinguer clairement les préférences bioclimatiques de la cicadelle sous l'effet de cépages. Ainsi, durant la saison sèche, nous assistons à un recrutement des formes biologiques de la cicadelle africaine obéissant à une gradation positive selon les cépages, Cinsault < Grenache < Carignan (Fig. 1a, 1b et 1c).

Pendant la saison sèche, nous avons essayé de démontrer l'effet de certains paramètres abiotiques sur l'installation primaire des formes biologiques de la cicadelle africaine. Les différentes corrélations entre la disponibilité de la cicadelle et les paramètres abiotiques sont illustrées dans le tableau 1. Les disponibilités de la cicadelle africaine sur les trois cépages de vigne sont corrélées positivement avec celles des températures maximales (Carignan, $r=0,4258$; $p=0,0184$, $p<5\%$), (Grenache, $r=0,5457$; $p=0,0314$, $p<5\%$), (Cinsault, $r=0,4898$; $p=0,0195$, $p<5\%$). Cependant, les disponibilités de la cicadelle sont corrélées négativement avec celles des précipitations (Carignan, $r=-0,5226$; $p=0,0129$, $p<5\%$), (Grenache, $r=-0,5201$; $p=0,0297$, $p<5\%$), (Cinsault, $r=-0,5255$; $p=0,0291$, $p<5\%$). Par contre, aucune autre corrélation n'a été observée entre les abondances et les autres paramètres abiotiques (Tableau1).

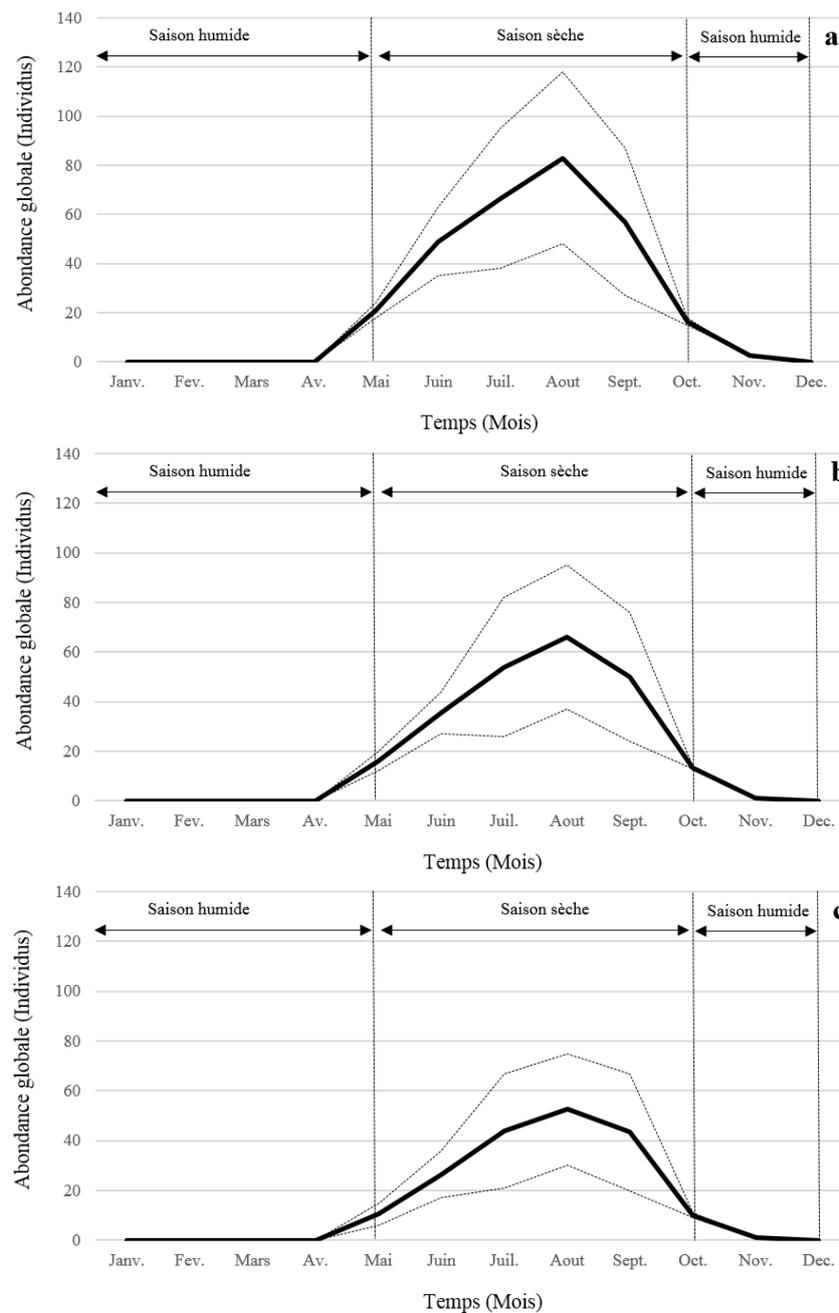


Figure 1: Fluctuation saisonnière des abondances globales de *Jacobiasca lybica* selon les cépages de vigne

A : Carignan, b : Grenache, c : Cinsault

Tableau 1 : Relations entre les abondances globales de *Jacobiasca lybica* et les paramètres abiotiques

	Ab. Car.	Ab. Gre.	Ab. Cin.	T. min	T. max	P.	H%
Ab. Car.	-	8,56E-13	4,72E-10	0,7850	0,0184*	0,0129*	0,5745
Ab. Gre.	0,9974	-	5,23E-13	0,7906	0,0314*	0,0297*	0,6067
Ab. Cin.	0,9909	0,9976	-	0,7830	0,0195*	0,0291*	0,6593
T. min	0,0882	0,0859	0,0810	-	0,0068	0,0329	0,0465
T. max	0,4258	0,5457	0,4898	0,8371	-	0,0103	0,00175
P.	-0,5226	-0,5201	-0,5255	-0,6160	-0,7078	-	0,0653
H%	0,1804	0,1657	0,1421	-0,5831	-0,8776	0,5475	-

Ab : Abondance, Car : Carignan, Gre : Grenache, Cin : Cinsault, T. min : Températures minimales, T. max : Températures maximales, P. : Précipitation, H% : Taux d'hygrométrie, NS : Non significative, * : Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,01%

2. Effet du cépage sur l'ordre d'arrivée écologique des formes biologiques de *Jacobiasca lybica*

Les fluctuations annuelles des abondances de la cicadelle africaine varient continuellement en fonction des mois (Fig. 1). Pour vérifier la coïncidence temporelle entre les populations de la cicadelle africaine installées sur les trois cépages de vigne, les disponibilités maximales (Barycentre) sont comparées par le test de corrélation croisée (Tableau 2). Les barycentres montrent que les disponibilités maximales coïncident pareillement sur les trois cépages avec les mois de juillet (mois 7) et août (mois 8). Les mêmes valeurs, montrent la présence de décalage temporel quotidien (Lag=jour) entre les cépages. L'arrivée écologique des larves se fait donc séparément sur les cépages.

Le cépage Carignan est infesté précocement par rapport aux cépages Grenache et Cinsault. Un décalage de l'ordre de 1 à 2 jours est enregistré selon un gradient Carignan → Grenache → Cinsault. En ce qui concerne l'ordre d'arrivée écologique des adultes, un décalage temporel est signalé suivant la chronologie d'installation signalée chez la forme larvaire. Le décalage de la forme adulte est beaucoup plus prononcé, il est de l'ordre de 2 jours entre Carignan → Grenache, et de 7 jours entre Carignan → Cinsault. Alors qu'il est de 4 jours entre Grenache → Cinsault (Tableau 2).

Tableau 2: Ordre d'arrivée écologique des formes biologiques de *Jacobiasca lybica* selon les cépages de vigne

Forme biologique	Cépage	Barycentre (mois) (pic d'infestation maximale)	Test Cross corrélation	
			Lag (mois≈jours) (Décalage temporel)	<i>p</i>
Stade adulte	Carignan	7,48	0,07 (≈2 jours)	$7,45 \times 10^{-11}$
	Grenache	7,55		
	Carignan	7,48	0,21 (≈7 jours)	$2,63 \times 10^{-8}$
	Cinsault	7,69		
	Grenache	7,55	0,14 (≈4jours)	$1,31 \times 10^{-9}$
	Cinsault	7,69		
Stade larvaire	Carignan	7,60	0,03 (≈1jours)	$2,11 \times 10^{-12}$
	Grenache	7,63		
	Carignan	7,60	0,06 (≈2 jours)	$8,86 \times 10^{-12}$
	Cinsault	7,66		
	Grenache	7,63	0,03 (≈1jours)	$5,36 \times 10^{-14}$
	Cinsault	7,66		

3. Effet de l'installation primaire de *Jacobiasca lybica* sur les constituants phytochimiques des feuilles.

Nous avons comparé durant La campagne viticole (2015), les variations quantitatives des constituants foliaires de trois cépages de vigne (pigments foliaire, protéines totales et activité des catalases) des deux catégories de feuilles (attaquées et non attaquées) par les tests de ternaire et de Wilcoxon. Les ratios des différents constituants foliaires quantifiés sont confrontés par cépage selon la catégorie des feuilles afin d'en dégager les ressemblances en constituants chimiques. Le Test Ternaire

permet sur la base des variations quantitatives des constituants foliaires de soulever leurs rapprochements constitutifs. La figure 3, fait constater que les pigments foliaires et les protéines totales sont similaires pour les différents cépages quel que soit l'état phytosanitaire du feuillage (Fig. 3a et b). Les mêmes figures, indiquent que l'activité des catalases persiste l'élément le plus disponible chez le cépage Grenache au niveau des feuilles attaquées et non attaquées.

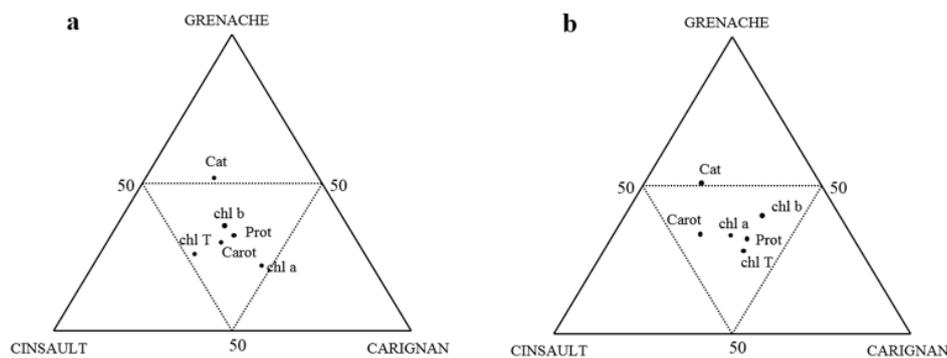


Figure 2: Ratio des constituants phytochimiques des feuilles attaquées et non attaquées selon les cépages

a : Feuilles attaquées, b : Feuilles non attaquées

Concernant, le test de Wilcoxon, il indique que les teneurs moyennes en chlorophylle a, chlorophylle totale, caroténoïdes et protéines totales dans les feuilles non attaquées des trois cépages sont significativement plus élevées que dans les feuilles attaquées (Tableau 3). A l’opposé, les feuilles attaquées présentent une

activité enzymatique (activités des catalases) plus élevée que les feuilles non attaquées chez les trois cépages (Tableau 3). Une réduction pour les feuilles attaquées a également été observée pour la chlorophylle b mais ici, la différence n’est pas significative, exception faite pour le cépage Cinsault (Tableau 3).

Tableau 3: Taux moyen des constituants phytochimiques des feuilles attaquées et non attaquées de trois cépages de vigne (Moyennes arithmétiques+ coefficient de variance)

	chl a NA	chl a A	Wilcoxon test	chl b NA	chl b A	Wilcoxon test	chl T NA	chl T A	Wilcoxon test	Carot NA	Carot A	Wilcoxon test	Pro NA	Prot A	Wilcoxon test	Cat NA	Cat A	Wilcoxon test
Grenache	1,482 (0,083)	0,510 (0,136)	0,027*	1,128 (0,014)	1,053 (0,111)	0,273 ^{NS}	2,063 (0,041)	1,045 (0,105)	0,017*	0,223 (0,019)	0,094 (0,085)	0,002**	12,420 (0,023)	5,766 (0,033)	0,031*	45,850 (0,006)	74,573 (0,006)	0,001**
Cinsault	1,532 (0,045)	0,756 (0,066)	0,041*	0,615 (0,044)	1,014 (0,070)	0,036*	2,147 (0,028)	1,797 (0,057)	0,026*	0,284 (0,006)	0,120 (0,048)	0,051*	11,810 (0,014)	5,990 (0,052)	0,027*	30,032 (0,012)	42,500 (0,008)	0,044*
Carignan	1,501 (0,014)	1,066 (0,038)	0,035*	1,106 (0,109)	0,901 (0,161)	0,311 ^{NS}	2,607 (0,038)	1,163 (0,092)	0,001**	0,164 (0,032)	0,102 (0,090)	0,048*	15,017 (0,0089)	6,200 (0,0117)	0,013*	14,541 (0,0168)	27,850 (0,0180)	0,028*

Chl a : Chlorophylle a, chl b : Chlorophylle b, chl T : Chlorophylle totale, Carot : Caroténoïdes, Pro : Proteines solubles totales, NA : feuille non attaquée, A : Feuille attaquée, NS : Nonsignificative, * : Significative à 5%, ** : Significative à 1%

Au cours de l’année 2015, la qualité phytochimique des feuilles des trois cépages restent faibles mais sont tout de même significatives (Tableau 4). Selon le test de comparaison par paire de Tukey, les différences se creusent mais une variabilité de plus en plus importante apparaît entre Carignan et Grenache par rapport au Cinsault. Globalement, les indices mesurés pour la chlorophylle et les

protéines totales sont en faveur du cépage Carignan, alors que le cépage Cinsault, montrent une disponibilité très significative pour les caroténoïdes. L’activité enzymatique (catalases), mesurée sur les trois cépages est toujours significativement différent au profit du Grenache, Cinsault et enfin Carignan (Tableau 4).

Tableau 4: Effet variétal sur les taux moyens des constituants phytochimiques des feuilles attaquées et non attaquées de trois cépages de vigne (Moyennes arithmétiques± SE)

	chl a NA	chl a A	chl b NA	chl b A	chl T NA	Chl T A	Carot NA	Carot A	Pro NA	Prot A	Cat NA	Cat A
Grenache	1,48±0,12	0,51±0,06 b	1,12±0,01 a	1,05±0,11	2,06±0,08 b	1,04±0,11 c	0,22±0,001 b	0,094±0,008 b	12,42±0,28 b	5,76±0,18	45,85±0,27 a	74,57±0,45 a
Cinsault	1,53±0,06	0,75±0,05 ab	0,61±0,02 b	1,01±0,07	2,14±0,05 b	1,79±0,10 a	0,28±0,002 a	0,12±0,006 a	11,81±0,16 c	5,99±0,30	30,03±0,35 b	42,50±0,34 b
Carignan	1,50±0,17	1,06±0,19 a	1,10±0,12 a	0,90±0,14	2,60±0,10 a	1,16±0,10 b	0,16±0,005 c	0,10±0,17 b	15,01±0,13 a	6,20±0,07	14,54±0,24 c	27,85±0,50 c
f	0,053	8,977	21,54	0,555	11,39	1182	101,4	11,830	139,8	2,077	5758	5998
p	0,948 ^{NS}	4,87×10 ^{-3**}	1,57×10 ^{-4***}	0,589 ^{NS}	2,08×10 ^{-3**}	1,45×10 ^{-13***}	8,18×10 ^{-3***}	2,31×10 ^{-3**}	1,66×10 ^{-7***}	0,181 ^{NS}	1,04×10 ^{-14***}	8,64×10 ^{-15***}

Chl a : Chlorophylle a, chl b : Chlorophylle b, chl T : Chlorophylle totale, Carot : Caroténoïdes, Pro : Proteines solubles totales, NA : feuille non attaquée, A : Feuille attaquée, NS : Nonsignificative, * : Significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,01%

DISCUSSION

Les relations qui sont établies dans le système plante-bioagresseur sont très complexes et incluent une série de processus biochimiques et enzymatiques. Suite à l'attaque d'un pathogène, une cascade de réactions se déclenche dans la plante et conduit à l'expression de gènes de défense [19 et 20]. Deloire *et al.* [21] et Gaudillère [22], citent notamment des réponses structurales, mais aussi des réponses physiologiques et chimiques. D'autres types de facteurs comme des stress abiotiques peuvent déclencher des modulations phytochimiques. Deloire *et al.* [21], indiquent que le rayonnement UV, en particulier dans les vignobles en pente, pourrait modifier la biosynthèse des phénols.

Nous avons montré que la sévérité des attaques et l'apparition des symptômes de grillures se manifestent dès le mois de juillet. Néanmoins, les facteurs abiotiques, notamment les faibles ou absences de précipitation et les fortes températures jouent un rôle significatif dans la prolifération de l'espèce. Ce constat rejoint celui effectué par Thiery et Chuche [23], qui expliquent que différentes études montrent que l'augmentation de la température moyenne, plus que tout autre paramètre lié aux changements climatiques, est le principal facteur ayant un effet direct sur la durée du cycle de développement, du nombre de générations par an, de densité de population. La fluctuation des formes biologiques nous ont permis de noter que le cépage Carignan abrite un nombre important d'individus de la cicadelle africaine. Les dégâts observés ont été en rapport avec les populations présentes sur les trois variétés, avec des taux d'attaque foliaire relativement importants allant jusqu'à 50% pour le Carignan, suivi par le Grenache 40% et enfin le Cinsault avec 10%. Ce qui suggère que le développement discriminant de la cicadelle africaine sur le feuillage des trois cépages est affecté par les caractéristiques biochimiques de la plante hôte au moment de la reconnaissance du support végétal avec notamment l'intervention de substances présentes à la surface des plantes [24], lors de la pénétration du stylet vers les cellules phloémiennes en relation avec la structure pectique des membranes cellulaires [25], et au moment de l'ingestion de la sève selon sa composition en substances phagostimulantes ou phagodissuadantes vis-à-vis des opophages [25 ; 26 ; 27 et 28]. Les comparaisons des barycentres des fluctuations des adultes et des larves indiquent également des probabilités

associées hautement significatives montrant d'une part, la présence d'un décalage temporel et leurs différences de recrutement selon le cépage. Il est pertinent de considérer la chronologie de recrutement et d'arrivée des formes biologiques sur les trois cépages de vigne. Au sein des populations respectives, l'ordre d'arrivée des espèces semble différent dont le Carignan recrute précocement les populations de la cicadelle africaine. Ceci peut être attribué à une arrivée des formes biologiques en cascade en relation avec différents facteurs environnementaux notamment des facteurs liés à la disponibilité des ressources alimentaires. L'hypothèse avancée rejoint de nombreux travaux qui traitent le concept de fenêtre phénologique ou encore la fenêtre phénologique de susceptibilité [29 ; 30 et 31]. Selon ses auteurs, les besoins énergétiques et nutritionnels d'une espèce opophage sont tels qu'un apport minimal dans la diète est requis pour la survie et la croissance. Ces besoins varient selon l'espèce et le stade de l'insecte. L'alimentation est particulièrement cruciale pour les femelles des bioagresseurs puisqu'elles doivent produire des œufs viables. Le développement larvaire et la métamorphose sont aussi des étapes coûteuses en termes d'énergie et d'éléments nutritifs comme l'azote, les glucides et les acides aminés notamment. Cependant, les larves sont confrontées à une source de nourriture qui n'est pas stable dans le temps : des changements physico-chimiques s'opèrent dans la plante hôte tout au long de la saison de croissance.

En somme il y aurait une période autour d'un point plus ou moins précis dans le développement saisonnier de la plante, qui correspondrait à une qualité optimum pour la fitness d'une espèce phytophage. L'évolution des teneurs en constituants pigmentaires, métabolites nutritionnels et activités enzymatique des feuilles non attaquées a été prise comme témoin. La comparaison entre les feuilles attaquées et les feuilles non attaquées des trois cépages de vigne a montré que les teneurs moyennes en pigments foliaires et en protéines totales dans les feuilles non attaquées sont significativement plus élevées que dans les feuilles attaquées, même si les valeurs moyennes sont parfois très proches. A l'opposé, les feuilles attaquées présentent une teneur plus élevée en catalases que les feuilles non attaquées, ce qui peut être expliqué par une augmentation. L'analyse faite sur les pigments foliaires a montré que l'activité photosynthétique constitue un processus de

base du métabolisme végétal, responsable de l'état physiologique ainsi que de la croissance de la biomasse végétale, est compromise sous l'effet des attaques de la cicadelle africaine. Les résultats n'ont fait que confirmer l'état de stress occasionné par les piqures des formes biologiques de la cicadelle conduisant ainsi à une réduction drastique des pigments foliaires. Gonzalez-Barreiro *et al.* [32] et Mysliwa-Kurdziel et Strzalka [33], signalent que chez les végétaux, l'installation d'un stress biotique et/ou abiotique peut entraîner des modifications au niveau du complexe collecteur du photosystème II (LHCII). A travers l'inhibition de l'activité de l'enzyme protochlorophyllide réductase qui entraîne une diminution de la synthèse de la chlorophylle. Cette diminution affecte la formation des LHCII et mène à une altération de l'état fonctionnel du PSII. La réduction de l'efficacité opérationnelle du PSII entraîne une diminution de l'activité photochimique primaire et par ce fait, d'une diminution de la croissance végétale. Après attaque, les protéines solubles totales des feuilles de Carignan, Grenache et Cinsault ont subi une diminution de près de 50% de la quantité accumulé avant attaque. Nous supposons que la diminution des taux des protéines solubles survient suite au stress hydrique conjugué à l'agression d'opophage subit par les cépages induisant une dégradation des protéines par des protéases et/ou la diminution de la synthèse des protéines. La réduction du taux de protéines solubles est un signal de stress de la vigne attaquée.

Les mêmes conclusions ont été signalées par Kuznetsov *et al.* [34]. Il annonce que sur le plan métabolique, le déficit hydrique diminue globalement la teneur en protéines. Les résultats relatent que l'activité de la catalase a augmenté sous l'effet des attaques de la cicadelle *Jacobiasca lybica*. Nous avons enregistré au niveau des feuilles non attaquées des taux moyens de la CAT (Catalase) très significativement réduits par rapport aux feuilles attaquées. Nous estimons que les cépages sont confrontés au stress biotique dû à des attaques de la cicadelle qui ont entraîné un stress oxydatif à cause de la libération de radicaux libres toxique par le métabolisme cellulaire comme les superoxydes, les radicaux hydroxyles et peroxydes. Les plantes se défendent contre ces ROS (Reactive Oxygen Species) par l'induction de l'activité de certaines enzymes antioxydants comme la catalase. Ben Naceur *et al.* [35], avancent que sous stress biotique ou abiotique, les plantes

réagissent d'une manière rapide et massive à l'oxygène. Chez la cellule végétale, en phase d'homéostasie (absence de stress), les Formes Activées d'Oxygène (FAO) sont des sous-produits de processus impliquant des réactions rédox comme la photosynthèse (chaîne photosynthétique), la respiration (chaîne respiratoire) et l'oxydation des lipides. L'augmentation des taux des catalases est due à l'activité des antioxydants qui est liée proportionnellement au stress oxydatif. Cet état de fait peut s'expliquer par le fait du stress causé par la cicadelle qui a généré le FAO et déclenché leur accumulation dans la feuille créant ainsi un déséquilibre entre le système antioxydant (CAT) et les ROS activés. Afin d'éviter la dégénérescence du végétal, les CAT s'activent et réduisent les formes activées d'oxygène en eau et baisser ainsi le niveau des radicaux libres dans la feuille et reprendre l'équilibre biochimique de la feuille [36 ; 37 ; 38 et 39].

CONCLUSION

L'étude a porté sur la quantification des variations des concentrations des pigments foliaires, de la fractions protéiques et de l'activité des catalases dans les feuilles de trois cépages de vigne durant un cycle phénologique selon leur état phytosanitaire, attaquées et non attaquées. La relation entre la variation de la composition des feuilles et la dynamique des populations de la cicadelle africaine *Jacobiasca lybica* a été examinée. Des réductions significatives ont été observées pour les pigments foliaires et les teneurs des fractions protéiques végétales durant la phase d'installation des formes biologiques de la cicadelle africaine. Selon le cépage, ces changements affectent la performance de *Jacobiasca lybica*. L'activité maximale de *Jacobiasca lybica* serait liée à la qualité nutritionnelle du feuillage coïncidant avec les températures extrêmes pendant la période estivale. L'analyse de la disponibilité des formes biologiques de *Jacobiasca lybica* montre la grande plasticité d'adaptation des insectes aux constituants du végétal. Nos résultats soulignent l'importance de la composition du feuillage des espèces hôtes et leur impact sur la dynamique des populations de la cicadelle africaine, *Jacobiasca lybica*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Sforza R. (2008)**. Espèces invasives en viticulture. *AFPP, 8^{ème} conférence Internationale sur les ravageurs en agriculture Montpellier* – 22 et 23 octobre 2008, pp. 535-680.
- [2]. **Heywood V. H. (1995)** - *Global Biodiversity Assessment. Magnitude and distribution of biodiversity, chapter 3*. Cambridge University Press, London, 191p.
- [3]. **Oliver I. & Beattie A. J. (1993)**. A Possible Method for the Rapid Assessment of Biodiversity. *Conservation Biology*, 7: 3, 562-568.
- [4]. **Sauvion N., Calatayud P-A., Thiéry D. & Marion-Poll F. (2013)**. *Interaction insectes-plantes*. Ed. IRD, Marseille pp. 11-16.
- [5]. **Bounaceur F., Ameurlain S., Guendouz-Benrima A. & Doumandji-Mitiche B. (2006)**. Présence et Dynamique des populations de la Cicadelle verte sur cépages de cuves nouvellement introduits en Algérie. *9^{ème} Congrès Arabe pour la Protection des Végétaux. Damas du 18 au 23 Novembre 2006. Control in Viticulture. Bull. IOBC*, 23 (4):181-183
- [6]. **Bounaceur F. & Doumandji-Mitiche B. (2007)**. La Cicadelle des Grillures: Nouveau Ravageur sur vigne en Algérie. *Journées Internationales sur la Zoologie Agricole et Forestière. INA El Harrach Alger, du 8 au 10 Avril 2007*.
- [7]. **Bounaceur F., Guendouz-Benrima A., and Doumandji-Mitiche B. (2008a)**. Monitoring in the population activity of the green leafhopper *Jacobiasca lybica* (Berger & Zanon) at Mitidja vineyards in North of Algeria. *Congrès International sur la Biodiversité des Invertébrés en Milieux Agricoles et Forestiers. INA El Harrach Alger, du 14 au 17 Avril 2008*.
- [8]. **Bounaceur F., Guendouz-Benrima A., Dahane F. & Doumandji-Mitiche B. (2008 b)**. Incidences des attaques larvaires des cicadelles des grillures sur la qualité des moûts et des vins dans diverses appellations en Algérie. *Séminaire International « La Biotechnologie au service du secteur Agroalimentaire » Université de Blida, du 17 et 18 Juin 2008*.
- [9]. **Sarmoum R., Biche M. et Djazouli Z.E. (2018)**. Inventaire des espèces folivores de la vigne *Vitis vinifera* dans la Mitidja occidentale. Effet du cépage sur la structuration des réseaux trophiques. *Revue Agrobiologia*, 8(2): 1027-1037
- [10]. **Bastide A. (1989)**. *Méthodologie d'échantillonnage sur terrain sur terrain*. Ed. Masson, Paris, 280 p.
- [11]. **Guendez-Kermia R., Setbel S., Morsli S. & Doumandji-Mitiche B. (2016)**. Impact of *Jacobiasca lybica*'s attacks on the physiology of the vine leaf. *Advances in Environmental Biology*, 10(5): 33-143.
- [12]. **Lichtenthaler H. K. (1987)**. Chlorophylls and carotenoids, pigments of photosynthetic membrane. *Methology Enzyme journal* 148:350–82.
- [13]. **Bradford M. (1976)**. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254.
- [14]. **Ammar M., Barbouche N. et Ben Hamouda M. (1995)**. Action des extraits décomposés des feuilles de *Cestrum parqui* et de *Olea europea* sur la longévité et la croissance du criquet *Schistocerca gregaria*. *Med. Fac. Landbouw. Univ. Gent* 60/3a, pp: 831–835.
- [15]. **Dorey S., Baillieul F., Saindrenan P., Fritig B. & Kauffman S. (1998)**. Tobacco class I and II catalases are differentially expressed during elicitor-induced hypersensitive cell death and localized acquired resistance. *Mol. Plant Microbe Interact*, 11: 1102–1109.
- [16]. **Djazouli Z.-E., Doumandji-Mitiche B. and Petit D., (2009)**. Spatiotemporal variations of functional groups in a *Populus nigra* L. entomocenosis in the Mitidja plain (Algeria), *C. R. Biologies* 332 848–860.
- [17]. **Mostefaoui H. (2016)**. Contribution à l'étude des interactions tritrophiques agrumes-aphides-auxiliaires en Mitidja centrale (Atlas Blidéen, Algérie). Thèse doctorat. Université Blida 1. 358 p.
- [18]. **SPSS Inc. (2016)**. SYSTAT 4.00 for windows, statistics and graphics
- [19]. **Daire X, Poinssot B, Bentejac M, Silue D and Pugin A (2002)**. Stimulation of the natural defence mechanisms of the grapevine against pathogens: encouraging results for downy mildew. *Phytoma*, (No.548), 24-26.
- [20]. **Valdes Gomez H. (2007)**. Relations entre états de croissance de la vigne et maladies cryptogamiques sous différentes modalités d'entretien du sol en région méditerranéenne. Thèse doctorat, SupAgro, Montpellier, 257 p.
- [21]. **Deloire A, Kraeva E and Andary C (2000)**. Natural defences of the vine. *Progress agricole et viticole*, 117(11), 254-262.
- [22]. **Gaudillère J-P, Chantelot E, Soyer J-P, Molot C and Milin S (2003)**. L'azote des feuilles et des moûts, deux indicateurs complémentaires pour évaluer le statut azoté de la vigne. *Journal international des Sciences de la Vigne et du Vin*, 37(2), 91-101.
- [23]. **Thiery D. & Chucho J. (2007)**. Réflexion sur le devenir d'insectes du vignoble dans le contexte d'un réchauffement climatique global. *8^{ème} Journée Technique Du CIVB 13 Mars 2007*, 90-101.
- [24]. **Mittler T. E., (1988)**. Applications of artificial feeding techniques for aphids. In *Aphids: their biology, natural enemies and control*. Vol 2B: 145-170. Ed. Minks, A. K. & P. Harrewijn, Elsevier
- [25]. **Dreyer D.L. et Campbell B.C., (1987)**. Chemical basis of host-plant resistance to aphids. *Plant, Cell and Environment* 10: 353-361
- [26]. **Mittler T. E. et R. H. Dadd, (1963)**. Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (sulzer). I. Relative uptake of water and sucrose solutions. *J. Insect. Physiol.* 9 : 623 – 645
- [27]. **Srivastava, P. N., (1987)**. Nutritional physiology. In *Aphids: their biology, natural enemies and control*. Vol 3C: 99-121. Ed. Minks, A. K. & P. Harrewijn, Elsevier.
- [28]. **Giordanengo P., Febvay G. et Rahbe Y. (2007)**. Comment les pucerons manipulent les plantes. *Biofutur*, 279, 35-38.
- [29]. **Hunter, A. F. and I. S. Elkinon. (2000)**. Effects of synchrony with host plant on populations of spring-feeding lepidopteran. *Ecology*. 81(5):1248-1261.
- [30]. **Lawrence, R.K., Mattson, W.J. and R.A. Haack. (1997)**. White spruce and the spruce budworm: defining the phenological window of susceptibility. *Cano Entomol.* 129: 291-318.
- [31]. **Feeny, P. P. eds. I Wallace and R. Mansell. (1976)**. Plant apparency and chemical defense. In "Biochemical interactions between plants and insects." *Recent adv. Phytochem.* 10: 1-40.

- [32]. **Gonzales-Barreiro, O., C. Rioboo, A. Cid et C. Herrera. (2004).** Atrazine induced chlorosis in *Synechococcus elongatus* cells. *Erch. Environ. Contam. Toxicol.*, 46: 301-307.
- [33]. **Mysliwa-Kurdziel, B. et K. Strzalka. (2005).** Influence of Cd(II), Cr(VI) and Fe(III) on early steps of deetiolation process in wheat : fluorescence spectral changes of protochlorophyllide and newly formed chlorophyllide. *Agriculture, Eco systems and Environment*, : 1 06 : 199-207.
- [34]. **Kuznetsov V. V., V. Rakitin and V. N. Zholkevich. (1999).** Effects of preliminary heat-shock treatment on accumulation of osmolytes and drought resistance in cotton plants during water deficiency. *Physiol. Plant.* 107 : 399 - 406.
- [35]. **Ben Naceur M., Cheikh-M'hamed H., Maalem S. & Rahmoune C. (2005).** Les indicateurs précoces de la tolérance à la salinité. *1^{er} Colloque Euro-méditerranéen de Biologie Végétale et Environnement*, Annaba, 28-30.
- [36]. **Asada K. (1999).**- The water-water cycle in chloroplasts: Scavenging of Active Oxygens and Dissipation of Excess Photons. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50(1): 601-639.
- [37]. **Braidot E., Petrusa E., Vianello A. & Macri F. (1999).** Hydrogen peroxide generation by higher plant mitochondria oxidizing complex I or complex II substrates. *FEBS Lett.* 451: 347-350.
- [38]. **Noctor G., Veljovic-Jovanovic S. & Foyer C.H. (2000).** Peroxide processing in photosynthesis antioxidant coupling and redox signaling. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 355: 1465-1475.
- [39]. **Del Rio L.A., Corpas F.J., Sandalio L.M., Palma J.M., Gomez M. & Barroso J.B. (2002).** Reactive oxygen species, antioxidant systems and nitric oxide in peroxisomes. *J. Exp. Bot.*, 53:1255-1272.