

**CAPNODIS TENEBRIONIS (LINNAEUS, 1758) LARVAL AND NYMPHAL LODGES
DISPOSITIONS ACCORDING TO PHYSICO-CHEMICAL COMPOSITION OF
PRUNUS DOMESTICA AND PRUNUS CERASUS**

L. Brahimi^{1,2} and et Z. E. Djazouli^{1*}

¹Université Blida1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des
Biotechnologies, B.P. 270, route de Soumaa, Blida, Algérie

²Centre Universitaire de Relizane, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature
et de la Vie, Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Bourmadia, Relizane,
Algérie.

Received: 14 January 2017 / Accepted: 20 April 2017 / Published online: 01 May 2017

ABSTRACT

Capnodis tenebrionis is a Coleoptera presented as a xylophagous insect specialist, common of the Rosaceae orchards. The physico-chemical quality of host plants can provide useful information to define the most appropriate time for control of this pest. From this perspective, the present study focused on the positions of larval lodges of *C. tenebrionis* on its hosts *Prunus* spp. The results showed that the larval availability depend on water soluble and soluble proteins in spite of the total sugars on *Prunus domestica* and of proline on *P. cerasus*, respectively. The high density of *P. cerasus* wood appears to have favored the trophic orientation of *Capnodis* larvae to *P. domestica*. Therefore, understanding the life history traits of *C. tenebrionis* will be necessary to improve its monitoring that appears to be influenced by biotic factors.

Key words: *Capnodis tenebrionis*, Phytochemistry, Physical quality, Rosaceae with nucleus, Variety

Author Correspondence, e-mail: zahro2002@gmail.com

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v9i2.21>



1. INTRODUCTION

1.1. Aperçu sur le bupreste noir *Capnodis tenebrionis* L.

Le Bupreste noir *Capnodis tenebrionis* L., 1758, originaire de la région méditerranéenne, est l'une des espèces les plus nuisibles des cultures fruitières à noyaux [1]. Son comportement est guidé par ses besoins vitaux, notamment la recherche d'un site pour se nourrir et augmenter son potentiel biotique [2]. Cet insecte provoque des dégâts considérables chez les espèces de la famille des rosacées et particulièrement le genre *Prunus* [1]. La plante hôte, support nutritif et demeure, peut conditionner l'abondance du Bupreste noir et affecter sa distribution. La composition chimique de la plante hôte a un impact considérable sur une gamme de processus biologiques fondamentaux notamment le comportement adaptatif du bioagresseur. De même, la relation entre les événements biologiques et la qualité physico-chimique des plantes hôtes peut fournir des informations utiles pour prédire les mêmes événements et définir le moment le plus approprié pour la lutte contre ce ravageur en utilisant la simulation de présence et la dynamique saisonnière dans les modèles régressifs [3-4]. Toutefois, la plupart des études sont réalisées en conditions contrôlées et les diètes alimentaires artificielles ont entraîné des variabilités notables sur le développement larvaire de *Capnodis* [5]. Dans les conditions naturelles, les travaux concernant l'influence des plantes hôtes sur la dynamique des stades biologiques de *C. tenebrionis* sont rares, probablement à cause des habitudes cryptiques de ses larves foreuses du bois et de la longue durée de vie qui caractérise l'insecte. Il est donc possible que son comportement diffèrerait entre les espèces hôtes en raison de leur nature physico-chimique. En effet, la connaissance des performances métaboliques sous différentes conditions trophiques constituait la première étape avant l'évaluation des risques d'accroissement des populations [6].

1.2. Objectifs et méthodes

Aucune étude n'a abordé les performances métaboliques de *Capnodis tenebrionis* dans les conditions naturelles. C'est dans ce cadre que s'articule notre travail portant sur l'effet de la qualité phytochimique ainsi que la variabilité des propriétés physiques du bois des *Prunus* sauvages et cultivés sur les traits de vie adaptatifs du Bupreste noir.

D'une altitude de 1122m, Benchicao ($2^{\circ}50'52''\text{E} - 36^{\circ}11'56''\text{N}$) appartient à l'éco-complexe montagneux de l'Atlas tellien [7]. Cette région d'étude est caractérisée par l'importance relative des taux pluviométriques, la moyenne annuelle dépasse 600 mm [8]. Les données météorologiques de la station de Benchicao durant la période étalée entre 1995-2012 classe la région dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver frais. La vocation primordiale de la région est essentiellement la viticulture et l'arboriculture fruitière. L'arboriculture fruitière occupe une superficie de 1581ha, constituée en partie par des espèces rustiques. Situé dans un lieu dit Haouch Chanas, le site d'étude est représenté par deux parcelles choisies au hasard parmi 6 unités découpées suivant la nature de leur sol comportant respectivement une plantation de *Prunus domestica* (variété Stanley greffée sur Myrobolon) et une plantation de *Prunus cerasus* (variété Bigarreaux greffée sur Saint-Lucie), âgées respectivement de 5 ans et 7 ans (Figure 1).

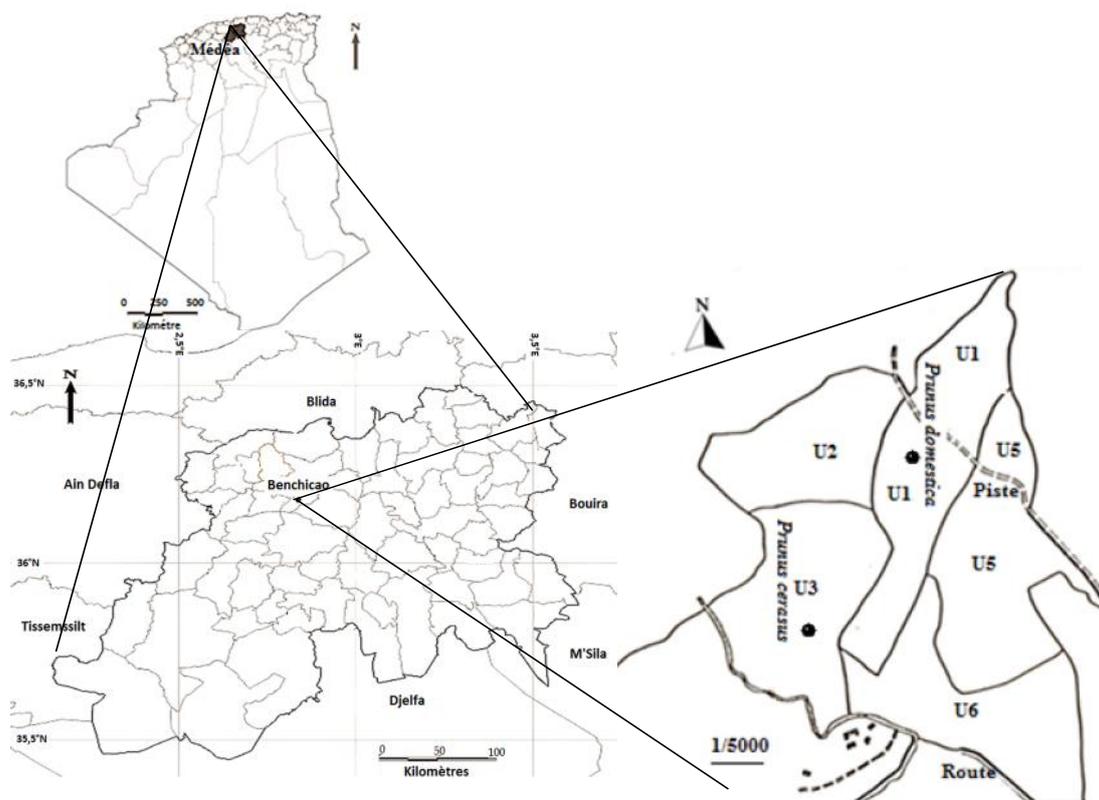


Fig.1. Localisation de la région, de la zone et du site d'étude (Médéa, Benchicao, Haouch chana) et positionnement des unités expérimentales

Le matériel végétal utilisé est du bois de porte-greffe et greffon (coupe sur tronc de 10 cm) et des fragments pris entre écorce et liber sur des arbres résistants et sensibles à *Capnodis tenebrionis* des deux espèces du genre *Prunus* (*P. domestica*, *P. cerasus*). La méthode de Vasseur et Schivester [9] a été adoptée. Pour chaque période d'investigation, dix arbres sont pris au hasard sur lesquels l'échantillonnage s'est intéressé aux sujets partiellement ou totalement minés reconnaissables par les symptômes externes telle que la coulée de résine signalant la présence de *C. tenebrionis*. L'échantillonnage hebdomadaire s'est étalé de mai à septembre 2012 coïncidant ainsi avec les grands traits de l'activité biologique du ravageur. A travers les 20 sorties réalisées sur terrain, un total de 320 arbres a été prospecté. L'abondance des formes larvaires tout stade confondu a été estimée sur les arbres pris par le dispositif expérimental comme élément d'investigation. Le matériel végétal prélevé est conservé à -20°C pour l'évaluation de la qualité phytochimique. Les coupes de bois ont fait l'objet d'une estimation comparée de la dureté et de l'épaisseur de l'écorce entre les deux espèces.

Pour les analyses phytochimiques du bois, plusieurs métabolites ont été considérés :

- *Quantification de la proline*

Une quantité de 50 mg de poids sec de matière végétale a été broyée avec 1 ml de 5% (p/V) d'acide Sulfosalicylique puis centrifugée pendant 15 minutes à 4 °C à 10 000 tours/min. Une aliquote (200 ml) de surnageant a été mélangée avec 800 ml d'Acide Acétique à 60% (v/v) contenant 1% (poids/volume) de Ninhydrine et l'homogénéat a été incubé pendant 20 minutes à 95°C. Après refroidissement, 1 ml de Toluène a été ajouté et les échantillons ont été mélangés vigoureusement pendant 15s avant une incubation de 4 h dans l'obscurité à la température ambiante (24°C). La phase supérieure a été récoltée et son absorbance a été lue à 520 nm avec un spectrophotomètre (PharmaSpec UV-1700, Shimadzu, Japon). Les résultats sont exprimés en $\mu\text{mol.g}^{-1}$ en utilisant la proline comme standard.

- *Quantification des sucres totaux*

Une quantité de 50 mg de poids sec de matière végétale a été broyée avec 1,5 ml de tampon phosphate de potassium 0,1 M à pH 7,5 et ensuite été centrifugée pendant 15 minutes à 4°C à 10 000 tours/min [10]. Une aliquote (200 ml) de surnageant a été mélangée avec 1 ml de 12,5 N d'acide sulfurique contenant 0,1% (p/v) d'Anthrone et 0,1% (p/v) de Thiourée et

l'homogénéat était incubé pendant 10 min à 95°C. Après refroidissement, l'absorbance a été lue à 625 nm avec un spectrophotomètre (PharmaSpec UV-1700, Shimadzu, Japon). Les résultats ont été exprimés en $\mu\text{mol.g}^{-1}$ de MF en utilisant du glucose comme étalon.

- *Quantification des protéines totales*

Deux méthodes ont été utilisées pour l'extraction et le dosage des protéines totales. La méthode proposée par Bradford [11] pour le dosage des protéines solubles, et celle d'Ammar et al. [12] pour le dosage des protéines hydrosolubles. Ainsi, 3g de matière fraîche foliaire 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 a été dissout dans 5 ml d'eau distillée et à nouveau centrifugé pour éliminer les résidus du tampon phosphate. Le culot a été récupéré et redissout dans une solution de tampon phosphate +KCl (pH=7), est à nouveau centrifugé. Le surnageant résultant contenant les protéines cytoplasmiques a été récupéré pour le dosage de ces dernières. Les valeurs d'absorbance obtenues par le biais d'un spectrophotomètre ($\lambda=595$) ont permis ensuite de calculer la concentration initiale de protéines contenues 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).

Concernant l'analyse physique du bois, deux propriétés ont été prises en compte :

- *Variation de l'épaisseur de l'écorce*

L'expression de l'importance de l'écorce peut être exprimée en grosseur (diamètre) ou en surface terrière ou encore en volume. Par le biais du mesureur d'écorce (jauge à écorce barkmätare), deux mesures à des endroits diamétralement opposés ont été effectuées en disposant l'appareil perpendiculairement à l'arbre et la tige doit être enfoncée à travers toute l'écorce. Selon Polge [13], le taux d'écorce est ensuite calculé de la manière suivante: Soit e l'épaisseur mesurée. Le diamètre sous écorce d_s se déduit du diamètre sur écorce d par la relation suivante: $d_s = d - 2.e$

Le taux d'écorce sera alors déduit en calculant le rapport: $d - d_s / d$

-Variation de la dureté du bois entre les deux Prunus

Les coupes de bois ont été soumises à un duromètre (scléromètre PCE-HT-225A) afin d'évaluer la dureté du support nourricier du *C. tenebrionis*. L'appareil mesure une empreinte avec une valeur étalon qui après transformation détermine une dureté qui est exprimée en Shore. Les valeurs obtenues déterminent la suprématie de la dureté du bois selon les variétés *Prunus*.

L'analyse statistique a concerné l'impact de l'épaisseur de l'écorce, la dureté du bois et les métabolites primaires et secondaires des plantes hôtes de *Prunus* sur l'évolution numérique de *C. tenebrionis*. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel SYSTAT vers. 12 [14]. La tendance de la variation temporelle de l'abondance larvaire de *C. tenebrionis* par rapport à leurs affinités aux métabolites des deux hôtes *Prunus* nous a été établie par une analyse en composante principale (A.C.P.). La projection des variables sur les deux axes de l'analyse multivariée a été conduite par le logiciel (PAST vers. 1.37). La régression multiple a été adoptée dans cette étude dans l'esprit de modéliser l'abondance larvaire aux constituants des *Prunus*. L'analyse a été déroulée par le logiciel (PAST vers. 1.37) [15].

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Variation de l'abondance larvaire de Capnodis tenebrionis en fonction de la qualité phytochimique des deux Prunus

Nos résultats obtenus ont fait objet d'un tableau récapitulatif incluant d'une part, les variations temporelles en métabolites (proline, sucres totaux, protéines solubles et hydrosolubles) des deux compartiments du bois (porte-greffe et greffon) chez les variétés sauvages et cultivés du genre *Prunus* et d'autres part, l'abondance des larves *Capnodis* (Tableau 1).

De manière globale, l'analyse phytochimique effectuée sur le porte-greffe de *P. domestica*

affichait une stabilité des concentrations en sucres totaux durant toute la période d'échantillonnage, à la différence de la proline et des protéines solubles qui accusaient une fluctuation inverse durant toute la période d'investigation du fait que la proline a atteint ses valeurs minimales en même temps où les protéines solubles ont touché leurs valeurs maximales notamment en plein été.

Le taux des protéines hydrosolubles ont connu une diminution importante entre le début et la fin été, mais vers la fin des investigations, ils ont affiché des valeurs maximales. La fluctuation des sucres totaux chez *P. domestica* entre variétés cultivées et sauvages ont montré une évolution pratiquement similaire sur porte-greffes, avec des concentrations élevées respectives de 11,77 µg/g et 11,44 µg/g en début d'hiver. Les concentrations les plus faibles étaient affichées pour les greffons au même titre que les porte-greffes à la mi-été.

P. cerasus affichait notamment des concentrations faibles en plein cœur de l'été, avec des fluctuations de concentrations relativement proches entre greffon de la variété cultivée et porte-greffe de la variété sauvage. Le tableau 1 indique que l'abondance des larves de *C. tenebrionis* est plus importante sur *P. domestica*, qui s'est affirmée d'avantage le long de l'été. L'évolution de la proline est différente entre porte-greffe et greffon des deux variétés, où les concentrations se montrent plus importantes au niveau du porte-greffe de la variété cultivée comparée à la variété sauvage et que la concentration paraît plus importante en mi-été pour le greffon des deux espèces avec des valeurs respectives de 0,235 µg/g et 0,213 µg/g. Il est important de rappeler qu'au cours de la même période (mi-été) s'est affichée l'abondance maximale des larves *Capnodis*.

Chez les variétés cultivées, les concentrations en protéines solubles ont présenté une gradation temporelle positive plus marquée au niveau du porte-greffe comparé au greffon. Cependant, la même gradation est observée chez *P. cerasus* sauvage alors que chez *P. domestica* sauvage, les concentrations en protéines solubles ont enregistré une stabilité temporelle. En revanche, les protéines hydrosolubles ne représentent pas une fluctuation quantitative claire chez les variétés cultivées et sauvages. Concernant les larves *Capnodis*, leur disponibilité se trouve plus affinée au porte-greffe qu'au greffon et plus abondante chez *P. domestica*. Il est intéressant de noter aussi que l'évolution numérique des larves se montre quasiment nulle pour les deux espèces sauvages, comparées aux variétés dites cultivées.

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier d'une part la fluctuation temporelle des abondances larvaires de *Capnodis tenebrionis* et d'autre part, la fluctuation quantitative de la qualité phytochimique de deux espèces du genre *Prunus* (*P. domestica*, *P. cerasus*). Les variables quantitatives ont été scorées par rapport à deux variétés (cultivée, sauvage) à différents niveaux du bois (greffon, porte-greffe). Ce modèle permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre facteurs (Figure 2).

Les résultats de l'analyse de la variance, ont montré que la période exerce un effet hautement significatif sur l'abondance larvaire (F-ratio=6,150; $p=0,00$, $p<0,01\%$) (Figure 2a) et sur la quantité des métabolites (F-ratio=4,563; $p=0,00$, $p<0,01\%$) (Figure 2d). Les mêmes résultats ont montré que les niveaux (compartiments greffon et porte-greffe) ont affiché un effet significatif sur l'abondance des larves (F-ratio=345,24; $p=0,00$, $p<0,01\%$) (Figure 2b) alors que les taux des métabolites ne présentent pas de différences par rapport aux niveaux (F-ratio=0,556; $p=0,457$, $p>5\%$) (Figure 2e).

Les espèces *P. domestica* et *P. cerasus* ont exercé un effet significatif sur l'abondance larvaire (F-ratio=43,67, $p=0,00$, $p<0,01\%$) (Figure 2c), bien que la probabilité est marginalement significative, on estime que l'espèce a exercé un effet significatif sur l'accumulation des métabolites (F-ratio=3,065 $p=0,082$, $p>5\%$) (Figure 2c).

Tableau 1. Valeurs moyennes (\pm SE) des métabolites secondaires du genre *Prunus* sauvage et cultivé en rapport avec l'abondance des larves de *Capnodis tenebrionis*

		<i>Prunus domestica</i>					<i>Prunus cerasus</i>					
		S.T.	Prol.	P.S.	P.H.S.	Ab.	S.T.	Prol.	P.S.	P.H.S.	Ab.	
Cultivée	Porte-greffe	S1	10,75 \pm 0,96	0,19 \pm 0,013	0,15 \pm 0,014	0,15 \pm 0,007	20	10,80 \pm 0,972	0,069 \pm 0,004	0,094 \pm 0,008	0,207 \pm 0,010	3
		S2	11,33 \pm 1,01	0,22 \pm 0,015	0,16 \pm 0,014	0,18 \pm 0,009	15	10,85 \pm 0,9765	0,054 \pm 0,003	0,061 \pm 0,005	0,332 \pm 0,016	2
		S3	9,79 \pm 0,88	0,23 \pm 0,016	0,15 \pm 0,014	0,18 \pm 0,009	15	8,67 \pm 0,7803	0,174 \pm 0,012	0,065 \pm 0,005	0,211 \pm 0,010	5
		S4	10,03 \pm 0,90	0,16 \pm 0,011	0,23 \pm 0,021	0,12 \pm 0,006	26	8,71 \pm 0,7839	0,172 \pm 0,012	0,11 \pm 0,009	0,072 \pm 0,003	13
		S5	9,41 \pm 0,84	0,20 \pm 0,014	0,16 \pm 0,014	0,10 \pm 0,005	25	8,82 \pm 0,7938	0,176 \pm 0,012	0,267 \pm 0,024	0,075 \pm 0,003	14
		S6	9,70 \pm 0,87	0,16 \pm 0,011	0,20 \pm 0,018	0,09 \pm 0,004	13	9,44 \pm 0,8496	0,13 \pm 0,009	0,148 \pm 0,013	0,171 \pm 0,008	3
		S7	11,27 \pm 1,01	0,15 \pm 0,011	0,22 \pm 0,019	0,17 \pm 0,008	7	9,57 \pm 0,8613	0,123 \pm 0,008	0,154 \pm 0,013	0,132 \pm 0,006	17
	Greffon	S1	10,02 \pm 0,90	0,161 \pm 0,011	0,147 \pm 0,013	0,252 \pm 0,012	4	10,61 \pm 0,954	0,031 \pm 0,002	0,079 \pm 0,007	0,217 \pm 0,010	0
		S2	11,05 \pm 0,99	0,058 \pm 0,004	0,144 \pm 0,012	0,158 \pm 0,007	0	10,69 \pm 0,962	0,061 \pm 0,004	0,162 \pm 0,014	0,107 \pm 0,005	0
		S3	9,54 \pm 0,85	0,221 \pm 0,015	0,097 \pm 0,008	0,127 \pm 0,006	1	8,43 \pm 0,758	0,149 \pm 0,010	0,127 \pm 0,011	0,107 \pm 0,005	0
		S4	9,11 \pm 0,81	0,197 \pm 0,013	0,138 \pm 0,012	0,107 \pm 0,005	1	8,74 \pm 0,786	0,213 \pm 0,014	0,152 \pm 0,013	0,088 \pm 0,004	1
		S5	8,26 \pm 0,74	0,235 \pm 0,016	0,159 \pm 0,014	0,269 \pm 0,013	8	8,56 \pm 0,770	0,159 \pm 0,011	0,189 \pm 0,017	0,129 \pm 0,006	0
		S6	9,09 \pm 0,81	0,157 \pm 0,010	0,185 \pm 0,016	0,155 \pm 0,007	0	9,34 \pm 0,840	0,168 \pm 0,011	0,136 \pm 0,012	0,145 \pm 0,007	0
		S7	11,77 \pm 1,05	0,182 \pm 0,012	0,161 \pm 0,014	0,134 \pm 0,006	7	9,9 \pm 0,891	0,173 \pm 0,012	0,152 \pm 0,013	0,081 \pm 0,004	0
Sauvage	S1	9,09 \pm 0,81	0,118 \pm 0,008	0,166 \pm 0,014	0,059 \pm 0,002	0	9,02 \pm 0,811	0,108 \pm 0,007	0,067 \pm 0,006	0,078 \pm 0,003	0	
	S2	10,47 \pm 0,94	0,105 \pm 0,007	0,068 \pm 0,006	0,194 \pm 0,009	0	9,2 \pm 0,828	0,103 \pm 0,007	0,12 \pm 0,010	0,12 \pm 0,006	0	
	S3	8,13 \pm 0,73	0,151 \pm 0,010	0,105 \pm 0,009	0,162 \pm 0,008	0	9,16 \pm 0,824	0,137 \pm 0,009	0,044 \pm 0,003	0,144 \pm 0,007	0	
	S4	9,09 \pm 0,81	0,144 \pm 0,010	0,06 \pm 0,005	0,141 \pm 0,007	0	8,06 \pm 0,725	0,146 \pm 0,010	0,032 \pm 0,002	0,106 \pm 0,005	0	
	S5	7,10 \pm 0,63	0,131 \pm 0,009	0,166 \pm 0,014	0,122 \pm 0,006	0	6,05 \pm 0,544	0,108 \pm 0,007	0,145 \pm 0,013	0,105 \pm 0,005	0	
	S6	10,53 \pm 0,94	0,081 \pm 0,005	0,14 \pm 0,012	0,148 \pm 0,007	0	10,42 \pm 0,937	0,09 \pm 0,006	0,137 \pm 0,012	0,149 \pm 0,007	0	
	S7	11,44 \pm 1,02	0,111 \pm 0,007	0,14 \pm 0,012	0,151 \pm 0,007	0	10,71 \pm 0,963	0,123 \pm 0,008	0,141 \pm 0,012	0,135 \pm 0,006	0	

S.T: Sucres totaux, Prol: Proline, P.S: Protéines solubles, P.H.S: Protéines hydrosolubles, Ab.: Abondance des larves *Capnodis*. S1=mi-printemps, S2=fin printemps, S3=début été, S5etS4=mi-été, S6=fin été, S7=début Hiver

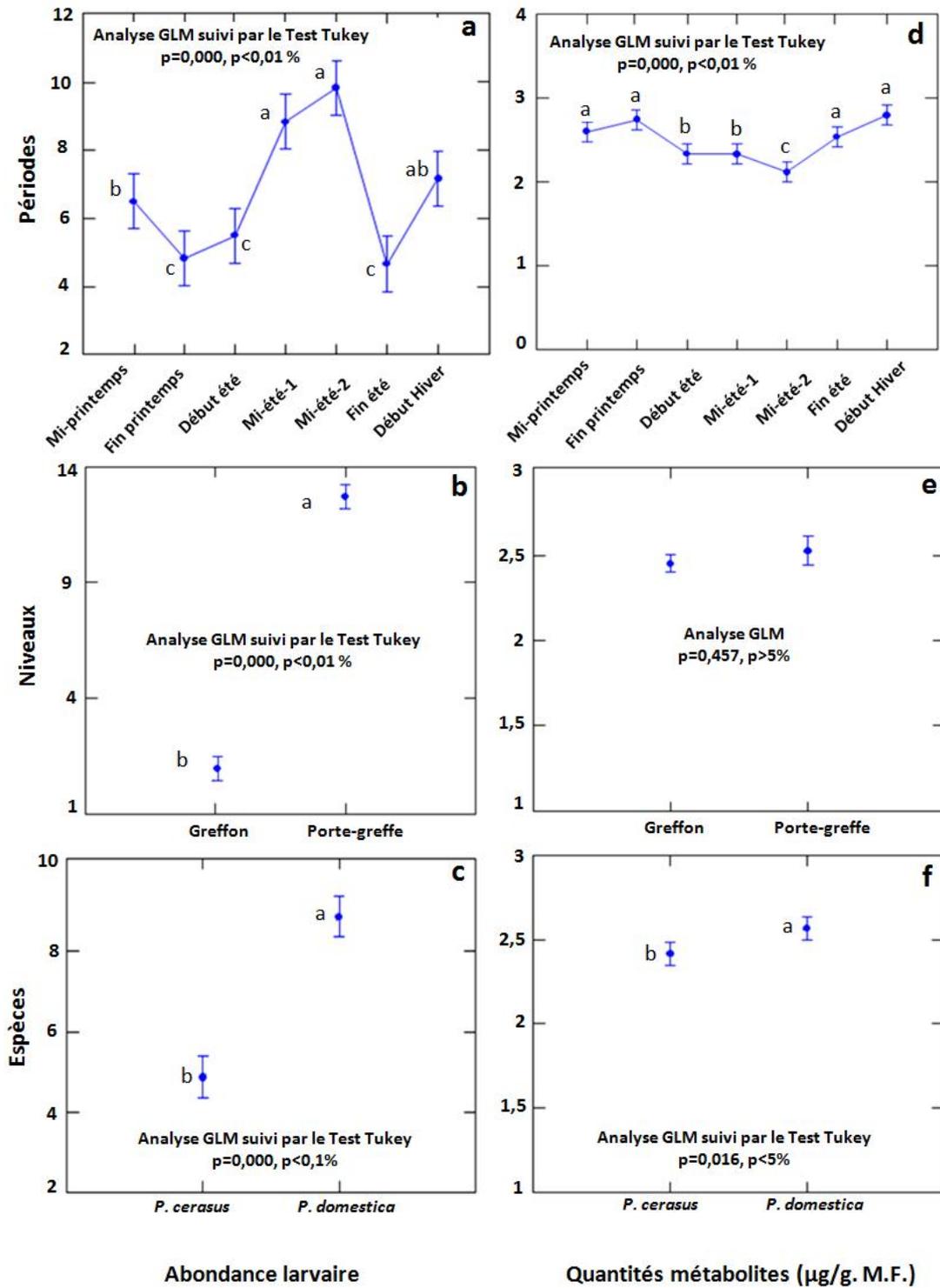


Fig.2. Effets comparés de l’accumulation des métabolites de deux espèces de *Prunus* selon le positionnement des attaques larvaires de *Capnodis tenebrionis*

La quantification des métabolites a montré que les sucres totaux affichent des taux très significatifs par rapport aux autres métabolites entre autre, les protéines hydrosolubles, les protéines solubles et la proline (F-ratio=1,817; p=0,00, p<0,01%) (Figure 3a), et que cette

richesse en sucres totaux est prépondérante chez la variété cultivée (F-ratio=21,817; $p=0,080$, $p>5\%$) (Figure 3b).

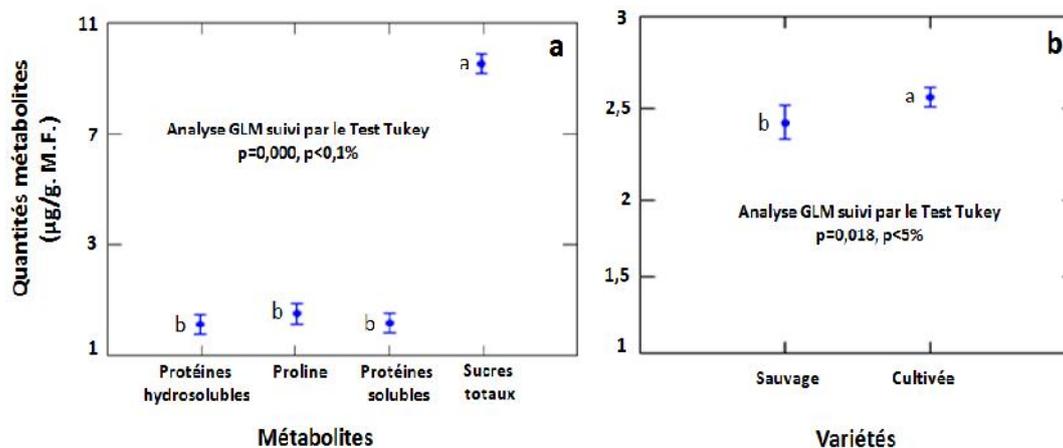


Fig.3. Effets comparés de l'accumulation des métabolites des espèces de *Prunus* selon leur résistance ou sensibilité aux attaques larvaires de *Capnodis tenebrionis*

Une lecture globalisant l'accumulation temporelle des métabolites primaires et secondaires ainsi que l'abondance des larves *Capnodis* permettrait de dire que le développement larvaire est mieux exprimé chez *Prunus domestica* au niveau du porte-greffe, par conséquent, la fluctuation des métabolites se distingue par une accumulation accrue des sucres totaux chez la variété cultivée.

Les résultats de l'analyse en composantes principales (A.C.P.), montrent la présence d'un effet temporel très distinct entre les différents métabolites et l'abondance larvaire de *Capnodis tenebrionis*. L'analyse est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés du fait que plus de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes (Figure 4). La projection des variables relatives aux abondances larvaires et aux taux d'accumulations des métabolites primaires et secondaires chez les espèces de *Prunus* cultivés a montré une disparité très contrastée entre les différentes variables chez les deux espèces.

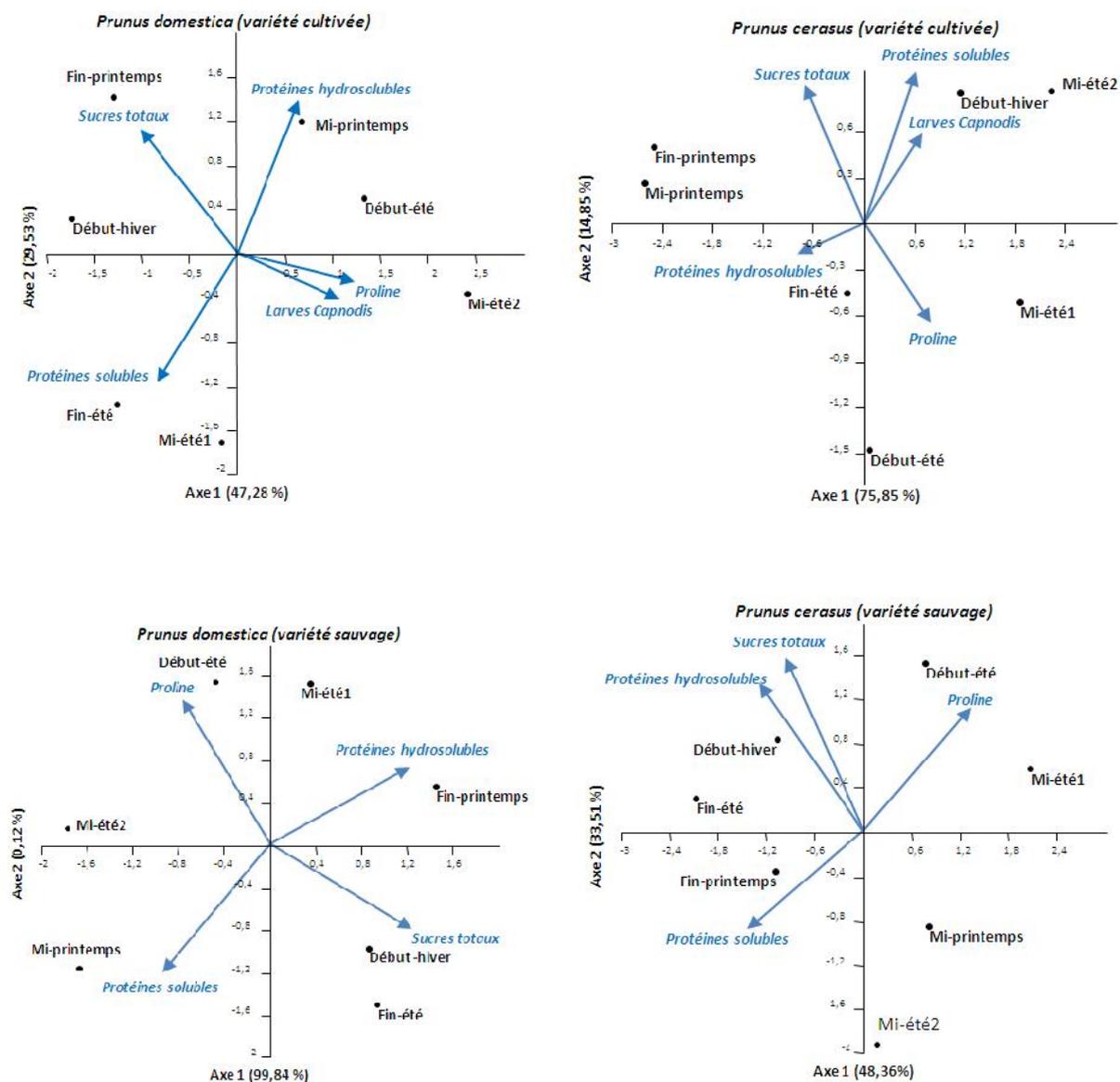


Fig.4. Projection des abondances larvaires de *Capnodis tenebrionis* et de la qualité phytochimique des deux variétés de *Prunus* sur les deux axes de l'ACP.

Chez *Prunus domestica* cultivé, l'abondance larvaire est corrélée positivement avec les accumulations de proline, alors que les accumulations des sucres totaux traduisent une réduction importante de la disponibilité larvaire. Cette évolution inverse chez le couple sucres totaux /larves est vérifiée par la présence d'une corrélation négative entre les deux variables ($r=-0,881$). Cependant, chez *Prunus cerasus* cultivé, l'abondance larvaire est corrélée positivement avec les accumulations des protéines solubles ($r=0,951$) et d'un degré moins

concernant les accumulations des protéines hydrosolubles ($r=0,637$). En revanche, la proline traduit une réduction importante de la disponibilité larvaire ($r=-0,792$). Chez les espèces sauvages de *Prunus* notamment *P. domestica* et *P. cerasus*, l'absence des larves *Capnodis* est liée essentiellement à la nature des accumulations des métabolites secondaires chez les deux espèces. Les projections des variables désignent une relation très marquée entre les sucres et les protéines hydrosolubles chez *P. cerasus* sauvage alors que cette liaison est moins prononcée chez *P. domestica* sauvage. Les corrélations montrent la nature des relations préétablies par excellence entre sucres totaux et protéines hydrosolubles et le renoncement de la proline et des protéines solubles dans les interactions plantes hôtes–ravageurs (= *Prunus* / larves *Capnodis*).

2.2. Modélisation des affinités des larves *Capnodis* par intégration des constituants phytochimiques des *Prunus*

Les résultats compilés dans les tableaux de la régression multiple indiquent la variation temporelle de la disponibilité larvaire (=constante) en fonction des métabolites secondaires des espèces hôtes à savoir *P. domestica* et *P. cerasus* (Tableau 2, 3). Les liens établis entre la disponibilité larvaire et les métabolites secondaires ont été estimés par référence à la valeur de la probabilité associée. La nature de la corrélation (positive, négative) a été désignée par référence à la valeur du coefficient.

Les tabulations relatives à la variation temporelle de la disponibilité larvaire affichent une abondance non significative sur *P. domestica* cultivé, cependant cette disponibilité exprime une relation modérée avec les sucres totaux et les protéines hydrosolubles. Les protéines solubles et la proline se montrent loin d'être des métabolites convoités par les larves *Capnodis* quant au choix de son support nourricier. Cette relation est confirmée par la valeur forte de la probabilité. La confrontation des métabolites avec la disponibilité larvaire a montré que les sucres totaux et les protéines hydrosolubles présentent une affinité très intime avec la disponibilité larvaire. Enfin, la disponibilité larvaire de *C. tenebrionis* exprime une affinité positive avec l'accumulation des protéines hydrosolubles, alors que les sucres totaux se montrent comme métabolites contraignant le développement larvaire.

Tableau 2. Régressions multiples appliquées à l'infestation larvaire de *Capnodis tenebrionis* en fonction de la qualité phytochimique du *Prunus domestica* cultivé

	Coeff.	Std.err.	T	p	R²
Constant (larves)	1,2678	95,912	0,013219	0,99065	0
Sucres totaux	-4,2743	4,817	-0,88734	0,46851	0,32766
Protéines hydrosolubles	157,53	133,93	1,1762	0,36055	0,11416
Protéines solubles	149,87	202,12	0,7415	0,53564	0,0067948
Proline	66,762	178,77	0,37346	0,74468	0,23711

	Coeff.	Std.err.	T	p	R²
Constant (larves)	53,97	29,06	1,85	0,1368	0
Sucres totaux	-5,015	2,75	-1,81	0,0143*	0,73
Protéines hydrosolubles	106,23	85,49	1,24	0,0281*	0,611

N.S. : Non significative à 5%, * : significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,01%

Concernant les tabulations relatives à la variation temporelle de la disponibilité larvaire, cette dernière a affiché une abondance significative sur *P. cerasus* cultivé, cependant cette disponibilité a manifesté une relation positive avec les accumulations de proline et des protéines hydrosolubles.

Tableau 3. Régressions multiples appliquées à l'infestation larvaire de *Capnodis tenebrionis* en fonction de la qualité phytochimique de *Prunus cerasus* cultivé

	Coeff.	Std.err.	t	p	R²
Constant (larves)	63,57	60,00	1,05	0,4004	0
Sucres totaux	-0,93	4,10	-0,22	0,8406	0,24
Proline	-120,68	105,26	-1,14	0,3702	0,42
Protéines solubles	-0,82	30,31	-0,02	0,9808	0,40
Protéines hydrosolubles	-205,03	63,44	-3,23	0,0838*	0,80

	Coeff.	Std.err.	t	p	R²
Constant (larves)	50,31	12,46	4,03	0,0273*	0
Proline	-98,95	37,17	-2,66	0,0762*	0,42
Protéines hydrosolubles	-196,50	42,40	-4,63	0,0189*	0,80

N.S. : Non significative à 5%, * : significative à 5%, ** : Significative à 1%, *** : Significative à 0,01%

Cette section de l'étude propose d'apporter sa contribution à la réflexion sur la modélisation des infestations larvaires de *C. tenebrionis* dans les agro-écosystèmes. De manière plus générale, l'objectif est de contribuer à une meilleure compréhension et intégration de la

qualité phytochimique du support nourricier en modélisation de la dynamique des populations du bioagresseur. Sur la base des relations établies par la régression multiple, nous avons calculé les constantes du modèle mathématique de la prédiction de la disponibilité des larves *Capnodis* sur les différentes hôtes *Prunus* spp.

- Modèle mathématique appliqué pour la prédiction des infestations sur *Prunus domestica*

$$Y_{\text{Disp. larve}} = (\text{coeff.} \pm \text{std.err}) \times \text{Val. obs Prot. Hydro} - (\text{coeff.} \pm \text{std.err}) \times \text{Val. obs Suc. Tot} + 53,97$$

$$Y_{\text{predit}(+)=} = 191,72 \times \text{Protéines hydrosolubles} - 7,76 \times \text{Sucres totaux} + 53,97$$

$$Y_{\text{predit}(-)=} = 20,74 \times \text{Protéines hydrosolubles} - 2,26 \times \text{Sucres totaux} + 53,97$$

- Modèle mathématique appliqué pour la prédiction des infestations sur *Prunus cerasus*

$$Y_{\text{Disp. larve}} = - (\text{coeff.} \pm \text{std.err}) \times \text{Val. obs Prol.} - (\text{coeff.} \pm \text{std.err}) \times \text{Val. obs Prot. Hydro.} + 50,31$$

$$Y_{\text{predit}(+)=} = -136,12 \times \text{Proline} - 238,9 \times \text{Protéines hydrosoluble} + 50,31$$

$$Y_{\text{Disp. larve pre dit}(-)=} = -61,78 \times \text{Proline} - 154,1 \times \text{Protéines hydrosolubles} + 50,31$$

Proportionnellement, le bois étant le support le plus pauvre en éléments nutritifs. Pour en avoir la même quantité qu'un fruit ou une feuille, il faut en ingérer une plus grande quantité que celle qui serait sinon nécessaire, de plus, sa composition chimique et sa structure en font un aliment très dur à digérer [16]. La présence de certains principes dans le bois guide les xylophages dans leur choix en même temps que le degré de dureté des tissus ligneux. Les galeries qui y aboutissent ont été creusées par les larves, et sont orientées dans le sens des fibres du bois [17].

Bonnemaison [18] précise que les larves de *Capnodis tenebrionis* se logent dans des galeries sinueuses, très larges au sein de l'arbre, qu'elles bourrent d'une fine sciure et s'alimentent principalement de la couche sous corticale du bois des *Prunus*. La compréhension de l'orientation et de la disposition des loges larvaires de ce ravageur au sein du couple porte-greffe/greffon du genre *Prunus* implique une étude simultanée de paramètres physiques et chimiques de son substrat trophique. Vis-à-vis des insectes à larve xylophage, les hôtes sont soit coriaces, soit peu coriaces. Ce fait est dû à la nature du bois qui prend son origine des

différentes concentrations en ses différents constituants phytochimiques. Selon Schultz [19], les composés chimiques produits par les plantes sont probablement le facteur le plus important contrôlant le comportement des insectes dans la nature. Ces composés de structures et natures variées peuvent avoir des effets répulsifs, anti-appétants ou toxiques pour les insectes [20].

Dans ce contexte, on a été voir l'esprit sélectif du Bupreste noir pour les variétés *Prunus* cultivées. Les tendances d'orientation exprimées par l'analyse de la variance, affichent une abondance plus importante des larves sur *Prunus domestica* (Figure 2c), de même, Martinez [21], confirme que les xylophages n'ont pas tous le même niveau de relation avec leurs hôtes. Cette même tendance s'affiche pour les concentrations en métabolites (Figure 2f). Plusieurs études ont montré que divers métabolites, entre autres les sucres totaux, peuvent influencer le comportement des ravageurs [22]. Le résultat du screening des composés phytochimiques montre que les quantités moyennes des sucres totaux sont très élevées par comparaison aux taux de proline et des protéines solubles et hydrosolubles (Figure 3a). Nous présumons que la synthèse accrue des sucres totaux est dépendante de la conjugaison de l'état sanitaire de la plante, des conditions climatiques de la région et du mode cultural. Selon Chenafi et al. [23], le déficit hydrique affecte le métabolisme des hydrates de carbone et entraîne une accumulation des sucres et d'autres composés organiques. Les changements dans le contenu des carbohydrates sont particulièrement importants vu leur relation directe avec les processus physiologiques tels que la photosynthèse, la translocation et la respiration. Les principaux sucres solubles accumulés sous stress sont le glucose, le fructose et le saccharose. Cortes et Sinclair [24], et Geingenberger et al. [25], ont attribué l'augmentation des sucres solubles à une dégradation des réserves amylacées suite à leurs conversions rapides en saccharose, comme il pourrait aussi être attribué à une inhibition de la synthèse de l'amidon. Donc, leur accumulation résulte d'avantage d'un déséquilibre métabolique; que d'une adaptation réelle de la cellule au stress en altérant la compartimentation des métabolites.

L'analyse multivariée a montré que chez les deux *Prunus* cultivés (Figure 4), l'accumulation des sucres totaux traduit une réduction importante de la disponibilité larvaire qui est plutôt en corrélation positive avec les protéines hydrosolubles (Tableau 2). Cette tendance laisse croire que les larves *Capnodis* ne s'appuient pas sur les sucres solubles dans leur alimentation, ceci est confirmé par la contribution négative des sucres totaux établie par la régression multiple

(Tableau 2).

En revanche, l'abondance larvaire signalée chez *Prunus domestica* cultivé était soutenue par une accumulation de proline (Figure 4). Ramanjulu et Sudhakar [26] ont signalé qu'au niveau cellulaire, l'augmentation de la concentration des acides aminés, en particulier la proline, a été observée chez plusieurs espèces de plantes soumises à une contrainte hydrique. Par projection des informations relatives au rôle de la proline et la disponibilité des larves *Capnodis*, nous rejoignons les conclusions de Martinez [21], qui considère que *Capnodis tenebrionis* est un ravageur de faiblesse, et ne se développe que sur des arbres affaiblis par des maladies ou par un mauvais état physiologique du sujet attaqué. Et donc la proline serait considérée comme un marqueur de stress [27], qui semblait attirer le ravageur vers l'hôte stressé. De plus, certains auteurs déclarent que l'abondance de proline dans l'alimentation pourrait dès lors influencer indirectement le développement de colonies [28].

Chez *Prunus cerasus* cultivé, la disponibilité larvaire est liée à l'accumulation des protéines solubles. Une synthèse importante de protéines solubles accompagne l'acquisition de la résistance au stress [29]. Ainsi, les protéines solubles seraient impliquées dans la restauration et les défenses cellulaires, dans la production de métabolites et dans la transduction de signaux [30]. Ces derniers propos traduisent le lien existant entre l'abondance larvaire et l'accumulation des protéines solubles chez le *P. cerasus* cultivé à la place de la proline (cas du *P. domestica* cultivé), du fait que les deux métabolites s'expriment dans le cas de stress (Figure 4). Les besoins nutritionnels d'un insecte changent avec le temps selon les besoins pour la croissance, la reproduction, la diapause et la migration [31]. Le stade phénologique se matérialise par des changements de la composition biochimique qui agit sur la sélection des insectes phytophages [32]. La performance des insectes s'alimentant de l'écorce pourrait aussi être confrontée à la variation saisonnière du substrat. La quantité de sucres, de protéines et de composés secondaires dans l'écorce sont des facteurs qui varient selon la phénologie et peuvent affecter l'insecte dans sa performance [33]. Ces propos étaient reflétés dans nos résultats par les projections établies par la multivariée (Figure 4).

Ces mêmes projections expriment l'absence des larves *Capnodis* chez les variétés sauvages de *Prunus*, probablement en relation avec un effet synergique des métabolites primaires et secondaires accumulés comparée aux variétés cultivées chez les deux espèces, mais qui ne

semblent pas être expressif sur nos projections. À ce sujet, certains arbres résistants aux attaques du charançon auraient des propriétés inhibitrices envers celui-ci, bien que Sahota et al. [34] n'aient pas observé de différence d'alimentation sur des arbres susceptibles et résistants. Selon cet auteur, l'alimentation est surtout déterminée par le métabolisme de l'insecte.

2.3. Variation de l'abondance larvaire de *Capnodis tenebrionis* en fonction des propriétés physiques du bois des deux *Prunus*

L'expression de l'épaisseur des écorces entre les espèces de *Prunus* spp. indique une suprématie pour *P. cerasus*. Cette suprématie est confirmée par l'analyse de variance linéaire par une probabilité très significative (Figure 5). Le complexe porte-greffe/greffon se montre significativement différent au sein de la même espèce. La comparaison par paire réalisée par le test de Tukey a classé respectivement le porte-greffe de *P. domestica* et le greffon de *P. cerasus* dans le groupe a, alors que le greffon de *P. domestica* et le porte-greffe de *P. cerasus* ont été représentés dans le groupe b (Figure 5).

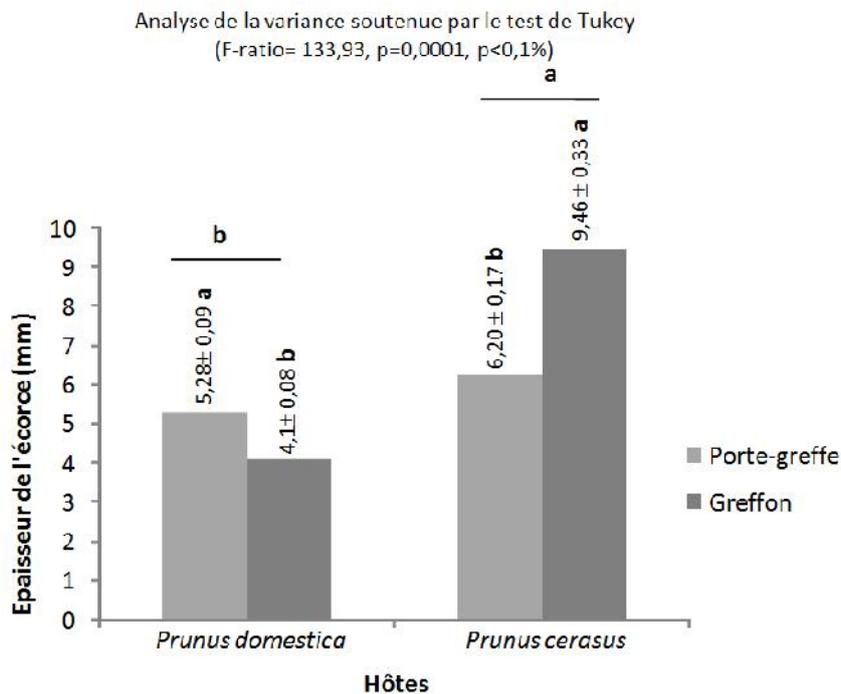


Fig.5. Effets comparés de la variation des épaisseurs du greffon et du porte-greffe entre les deux espèces de *Prunus*

La dureté du bois a montré des valeurs contrastées entre les deux espèces de *Prunus*, en faveur de *P. cerasus*. En revanche, la comparaison de la dureté entre les deux compartiments pour la

même espèce a affiché des valeurs divergentes, où le greffon du *Prunus domestica* se montre relativement plus dur que son porte-greffe avec des valeurs respectives de 105,26 Shore et 114,56 Shore, alors que chez *Prunus cerasus*, le porte-greffe présente une dureté nettement supérieure que celle affichée pour le greffon avec des valeurs respectives de 223,56 Shore et 186,6 Shore (Figure 6).

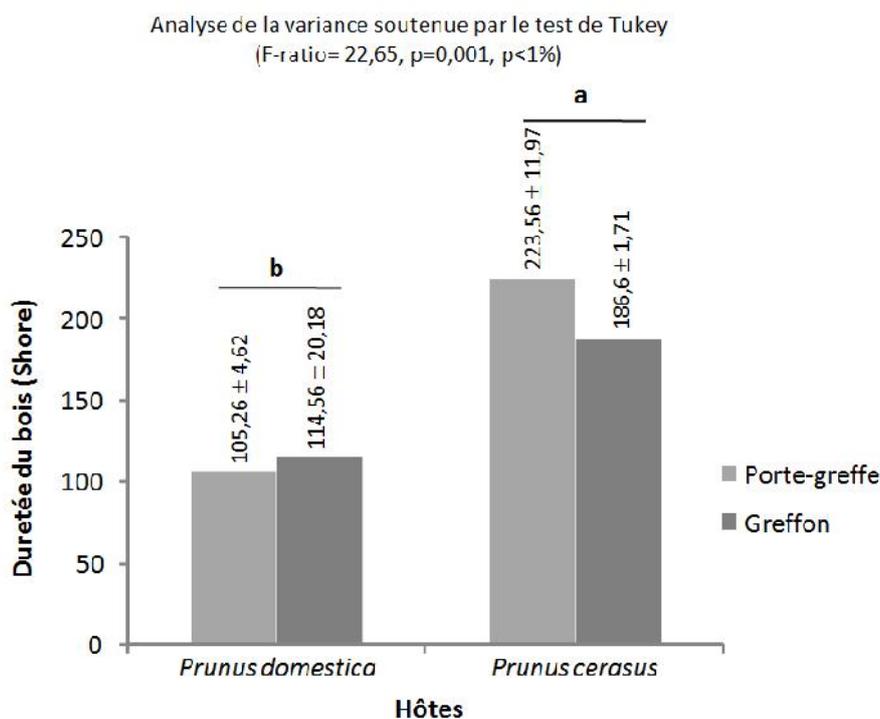


Fig.6. Effets comparés de la variation de la dureté chez les deux espèces de *Prunus*

Les insectes xylophages se nourrissent à partir du bois et écorce, le plus souvent à la base de l'arbre et dans les racines principales. Ils préfèrent les plantations qui se trouvent en mauvaises conditions hydriques. Une parcelle bien irriguée, même située au milieu d'une zone très attaquée par *Capnodis tenebrionis*, ne sera pratiquement pas attaquée car sur sol humide, la mortalité des œufs est très importante [35]. De leur côté, les plantes possèdent un arsenal de défense contre leurs bioagresseurs. Ces défenses se traduisent par des mécanismes qui peuvent être soit passives si elles sont préformées ou actives si elles demandent un apport énergétique. Les défenses passives incluent les barrières de types physiques tels que l'écorce (pour les insectes xylophages) [36]. Le liber et l'écorce externe de diverses espèces végétales contiennent des structures appelées «cellules pierreuses» qui sont en fait des amas de lignine, lorsque ces structures sont abondantes, leur dureté peut perturber les xylophages dans le

forage de leurs galeries et dans leurs développements [37].

Dans cette même optique, les résultats ont démontré que la disponibilité des larves *Capnodis* est inversement proportionnelle à la dureté du bois attaqué et que la différence signalée entre les deux *Prunus*, engendre une installation larvaire plus notable sur le porte-greffe de *Prunus domestica* (Tableau 1, Figure 6). Ce constat, consolide notre hypothèse préliminaire qui rattache en partie l'attraction du Bupreste noir vers *Prunus domestica* en raison de ses caractéristiques physiques moins coriaces. Ghomari [38] confirme la variabilité physique existante entre les différentes essences, et que la masse volumique (ou densité) des bois est très variable selon les espèces (de 350 à 1 100 kg/m³) et à l'intérieur d'une même espèce (avec des variations maximales de plus ou moins 15%). Ce même auteur a signalé l'existence d'une corrélation étroite entre la masse volumique et la dureté du bois où les bois les plus durs sont les plus denses et les bois les plus tendres sont les plus légers. La dureté du bois intervient aussi pour limiter la profondeur des dégâts, mais elle n'est pas un facteur d'immunité [39], d'où la présence des larves *C. tenebrionis* sur le porte-greffe de *P. cerasus* (Tableau 1, Figure 6).

Chez les plantes greffées, la nature du porte-greffe modifie fortement la vigueur [30]. Et que l'épaisseur de l'écorce peut être un système de résistance efficace vis-à-vis des coléoptères [40]. De ce fait, l'écorce servant de substrat nourricier à de nombreuses espèces d'insectes, pouvait affecter le développement du xylophage suite à une variation phénologique qui peut facilement influencer le comportement du ravageur. Les travaux de Boucher et al. [41] ont démontré aussi l'effet positif de l'épaisseur de l'écorce sur les performances de l'insecte. Sur ces mêmes idées, nos résultats concernant l'effet comparé des épaisseurs de l'écorce (Figure 5) du couple greffon/porte-greffe montrent clairement que *P. domestica* présente une épaisseur moins importante sur porte-greffe comparé au greffon et par conséquent abrite plus de larves *Capnodis* (Tableau 1).

Cette ébauche conduira à cerner la nature des relations nutritionnelles entre plante et xylophages. Nous estimons que le succès adaptatif du Bupreste ne dépend pas uniquement de sa plasticité ou encore de la qualité phytochimique de sa plante hôte, mais c'est plutôt l'effet combiné de l'ensemble des paramètres abiotiques, physiques, physiologiques et phytotechniques, qui font que ce ravageur puisse vivre et évoluer.

5. CONCLUSION

Dans cette approche, nous avons essayé de montrer l'incidence des composés phytochimiques contrôlant l'adaptation évolutive d'un redoutable ravageur Méditerranéen qui menace tous les vergers de Rosacées cultivées à noyaux. L'étude de la disposition des loges larvaires au niveau du tronc a démontré que la disponibilité des larves *Capnodis* est inversement proportionnelle à la dureté du bois. Sur le plan effet variétal, la disponibilité larvaire chez les variétés cultivées est soutenue par une accumulation de proline chez *Prunus domestica* cultivé, et des protéines solubles et des sucres totaux chez *Prunus cerasus*. Ce constat confirme que l'attraction du Bupreste noir vers sa plante hôte n'est pas uniquement d'ordre chimique, mais il peut être lié pareillement aux caractéristiques physiques.

5. RÉFÉRENCES

- [1] Gouguenheim M.R., Perrier D., Rungs CH.) Remarques sur les larves de deux Buprestides du système radiculaire des Rosacée fruitières (*Capnodis tenebrionis* L. et *Aurigena unicolor* Ol.). Rev. de Zool. Agr. et de Path. Vég., 1950, 29(3):152-156
- [2] Lichou J., Mandrin J.F., Chauvin-Buthaud B. Le Capnode: Un ravageur méditerranéen en recrudescence. Arboriculture Fruitière, 2009, 637:30–32
- [3] Alexeev N. A. Ecology and morphology of poorly studied species of the genus *Capnodis* (Coleoptera, Buprestidae), Entomol. Rev., 1994, 73: 108–116
- [4] Martin P., Soria F. J., Villagran M., and Ocete M. E. Food preference of the adult of *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae) for six plant species in the laboratory, Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 1998, 24: 107–112
- [5] Gindin G., Kuznetsova T., Protasov A., Yehuda S. B., Mendel Z. Artificial diet for two flat-headed borers *Capnodis* spp. (Coleoptera: Buprestidae), Eur. J. Entomol., 2009, 106(4): 573–581
- [6] Bonsignore C. P., Manti F., Vacante V. Field and tree distribution of *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1767) (Col., Buprestidae) adults in an apricot orchard in Italy, J. Appl. Entomol., 2008, 132(3): 216–224.
- [7] Descoins R. http://www.titteri.org/v_benchicao.htm (visiter le 24-10-2016)
- [8] Medjerab A. Henia L. Régionalisation des pluies annuelles dans l'Algérie

nord-occidentale. Rev. Géog. Est, 2005, 45(2).

[9] Vasseur R., Schvester D. Biologie et écologie du Pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.) en France. Ann. Epiph. Phytog., 1957, 8:5-66

[10]. Saladin G., Magne C., Clément C., Chemosphere, 2003, 53:199–206. doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00515-0

[11]. Bradford M. A Rapide and Sensitive Method for the Quantization of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. Anal. Biochem., 1976,72:248-254

[12]. Ammar M., Barbouche N., Ben Hamouda M. 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 , 1995, 60/3, pp: 831–835

[13]. Polge H. Recherches sur l'utilisation de prélèvements effectués à la tarière de Pressler pour l'étude des propriétés physiques et mécaniques des bois. 1962, Rev. Forestière Française, 10:98 p.

[14]. Spss inc., Systat version 7, The System for Statistics Inc, Evanston, IL, 2007.

[15] Hammer, Harper D.A.T., Ryan P.D., PAST. Paleontological statistics software package for education and data analysis, Palaeont. Electron., 2001, 4 (1) http://palaeoelectronica.org/_1/past/issue1_01.htm

[16] Enoki A., Tanaka H., Fuse G. Degradation of lignin-related compounds, pure cellulose, and wood components by whit-rot and brown-rot fungi. Holzfors, 1988, 42: 85-93

[17] Lesne P. Régime et dégâts des Coléoptères xylophages du genre *Lyctus*. Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 1922, Volume 2 Numéro 12: 418-42

[18] Bonnemaison L. Les ennemis animaux des plantes cultivées et des forêts. Ed. Sep., Paris, T. II, 1962, pp:44-46

[19]. Schultz J. C. How plants fight dirty, Nature, 2002, 267p.

[20] Louis S., 2004. Diversité structurale et d'activité biologique des Albumines entomotoxiques de type 1b des graines de Légumineuses. Thèse Doc. I.N.S.A. Lyon, 259 p.

[21] Martinez M. Les insectes xylophages: qui sont-ils? Que mangent-ils? Phm. Rev. Hortico., 2008, 508:11-13

[22] Ardnt S.K., Clifford S.C., Wanek W., Jones H.G., Popp M. Physiological and

morphological adaptations of the fruit free *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. *Tree Physiol.*, 2007, 21:705–715

[23] Chenafi H., Aïdaoui A., Bouzerzour H., Saci A. Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian J Plant Sci.*, 2006, 5: 854-860

[24] Cortes P.M., Sinclair T.R. The role of osmotic potential in spring sap flow of mature sugar maple trees (*Acer saccharum* Marsh). *J. Exp. Bot.*, 1985, 36:12–24

[25] Geigenberger P., Reimholz R., Deiting U., Sonnewald U., Stitt M. Decreased expression of sucrose phosphate synthase strongly inhibits the water stress-induced synthesis of sucrose in growing potato tubers. *Plant J.*, 1999, 19:119-129

[26] Ramanjulu S., Sudhakar C. Proline metabolism during dehydration in two mulberry genotypes with contrasting drought tolerance. *J. Plant Physiol.*, 2000, 157 (1):81-85

[27] Delaunay A.J., Verma D.P.S. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *Plant J.*, 1993, 4: 215-223

[28] Drossart M., Impact des plantes exotiques envahissantes sur le comportement de récolte de *Bombus terrestris* (Hymenoptera, Apidae). Mémoire en Biologie des Organismes et Ecologie, Université de Mons, 2014, 84pp.

[29] Dure L. Structure motifs in LEA proteins of higher plants. American Society of Plant Physiologists, Rockville, 1993: 91-103 p.

[30] Lecourt J. Rôle de la nutrition azotée dans le contrôle de l'allocation de la biomasse d'une vigne greffée: validation par marquage isotopique et modélisation. Univ. Bordeaux Segalen, école doctorale des sciences de la vie et de la sante, spécialité : biologie végétale, 2013, 183p.

[31] Mopper S. Phenology, The role of time in structuring space for herbivorous insect populations. *Ann. Zool. Fenn.*, 2005, 42:327-333

[32] Alfaro R., Lewis K., King J., EL-Kassaby Y.A., Brown G., Smith L.D. Budburst phenology of sitka spruce and its relationship to white pine weevij attack. *For. Eco. Management*, 2000, 127: 19-29

[33] Redmer, J.S., Wallin, K.F. and K. Raffa.. Effect of host tree seasonal phenology on substrate suitability for the pine engraver (*Coleoptera: Scolytidae*): Implications for

- population dynamics and enemy free space. J. Econ. Entomol., 2001, 94940:844-849
- [34] Sahota T.S., J.F. Manville, Peet A. Ibaraki White E. Weevil physiology controls the feeding rates of *Pissodes Strobi* on *Picea Sitchensis*. Cano Entomol., 1998, 130:305-314.
- [35] Cavalcaselle B., 1972. Ecologia ed etologia di alcuni Buprestidi nocivi al pioppo nell'Italia centro-meridionale. Ente nazionale per la Cellulosa e per la Carta . Redia; 53:67-122
- [36] Carmona M., Lajeunesse J., Marc T., Johnson J., 2011. Plant traits that predict resistance to herbivores. Funct. Ecol., 25(2): 358-367
- [37] Hudgins j.w., Christiansen E., Franceshi V.R. Methyl jasmonate induces mimicking anatomical defense members of *pinaceae*. Tree Physiol., 2003, 23:361-371
- [38] Ghomari F. Science des matériaux de construction. Univ. aboubekr belkaid, fac. Sci. Ing., dép. génie civil, 2007, 28-50
- [39] Fougrouse M. Les piqures des agrumes de coupe fraiche en Afrique tropicale, Rev. bois et forets des tropiques, 1957, 55:39-52
- [40] Haddaen M., Lieutier E. Tree factors in relation to the success of artificial introductions of *phoracantha recuva* larvae in various *Eucaliptus* species in Morocco dans l'UFRO Intern. Symp. Eucalyptus and diversity: balancing productivity and sustainability, Durban, Afrique du sud. 2007
- [41] Boucher, D., Mauffette, Y., R. Lavallée. Biological performance of the white pine weevil in different host species and in two ecological regions of Southern Quebec, Cano I For. res., 2001, 31 (II): 2026-2034

How to cite this article:

Brahimi L, Djazouli Z E. Disposition des loges larvaires et nymphales de *Capnodis tenebrionis* (Linnaeus, 1758) en relation avec la qualité physico-chimique de *Prunus domestica* et *Prunus cerasus*. J. Fundam. Appl. Sci., 2017, 9(2), 935-958.