

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

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologique et des Sciences Agronomiques  
Département de Biologie Animale et Végétale

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Biologiques

Spécialité : Entomologie appliquée à la médecine, à l'agriculture et la foresterie

Sujet :

**Contribution à l'étude de quelques paramètres  
biologiques de la coccinelle aphidiphage : *Coccinella  
algerica* Kovar, 1977 (Coleoptera : Coccinellidae)**

Réalisé par :

M<sup>elle</sup> Mehalli Naima

M<sup>elle</sup> Temzi Katia

Devant le jury :

Président :	Mr Kellouche A.	Professeur à l'U.M.M.T.O
Promotrice :	Mme Benoufella-Kitous K.	Maitre de conférences A à l'U.M.M.T.O
Examinatrice 1 :	Mme Medjdoub-Bensaad F.	Professeur à l'U.M.M.T.O
Examinatrice 2 :	Mme Aouar-Sadli M.	Maitre de conférences A à l'U.M.M.T.O

Année universitaire : 2016/2017

## Remerciements

Pour commencer, nous tenons à remercier **Dieu** pour le courage qu'il nous a donné pour la réalisation de ce modeste travail.

Nous remercions :

- Mme **Benoufella-Kitous K.**, Maître de Conférences A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir proposé ce thème, pour ses encouragements et son soutien malgré les difficultés rencontrées.

- Mr **Kellouche A.**, Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté et d'avoir trouvé le temps pour présider cette soutenance. Egalement, pour tout le savoir qu'il nous a transmis durant 3 années d'étude.

- Mme **Medjdoub-Bensaad F.**, Professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté d'être parmi les membres du jury et de nous avoir encouragé et appris à ne jamais baisser les bras quel que soit les circonstances.

- Mme **Aouar-Sadli M.**, Maître de Conférences A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté d'être parmi les membres du jury, pour tout son soutien, ses encouragements durant les trois dernières d'années d'études, et de nous avoir ouvert toutes les portes en mettant à notre disposition son laboratoire et son matériel.

- Mr **Doumandji S-E.**, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach pour son apport (détermination de l'espèce et orientation).

- Mme **Brahmi K.**, Maître de conférences A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, de nous avoir aidées pour le montage des larves et des génitalia.

- Mlle **Metna F.**, Maître de conférences A à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour le temps qu'elle a consacré pour nous faire l'analyse statistique.

- Mr **Tamen**, Directeur de l'I.T.M.A. de Boukhalfa, pour nous avoir accordé l'accès à l'institut.

- Et toutes les personnes non citées qui nous ont aidées de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

## *Dédicace*

*Je tiens à dédier ce modeste travail de fin d'études à ma source de courage et d'espoir, à tous ceux que j'ai de plus cher :*

*A ma mère et mon père*

*A la mémoire de mes grands-pères et ma sœur Karima, que dieu les accueille dans son vaste paradis*

*A mes frères Lyes, Khaled et Farid*

*A mes sœurs Nabila et Fatima*

*A mes nièces et neveux*

*A mes cousines Sarah et Maria*

*A mes beaux frères et mes belles sœurs*

*A mon fiancé Malek*

*A mon beau père et ma belle mère*

*A mon beau-frère Tarik et ma belle-sœur Nawel*

*A tous mes proches*

*Je le dédie à : mon binôme Katia et toute sa famille, tous mes amis et en particulier Fatima et Hayet, toute la promotion et toute l'équipe avec qui j'ai travaillé au laboratoire.*

*Naïma*

## *Dédicace*

*Ce modeste travail marque la fin de mes études pour l'obtention du diplôme de master II. Cette petite occasion m'offre l'opportunité de partager et de vivre des moments inoubliables avec des êtres très chers.*

*Je dédie mon travail à ma famille en général et à mes parents en particulier qui m'ont soutenu sans relâche durant tout mon cursus et qui sont la raison de mon bonheur et mon existence, à mes frères (Hafidh et Youcef) à mes sœurs (Massila, Sandra et Mannel) mes oncles, mes tantes et toute la famille TEMZI, sans oublier ma défunte grande mère.*

*A la famille Saheb, parents et fils, surtout à ma tante et mon oncle pour leur soutien sans faille durant la préparation de mon mémoire.*

*A mon cher MADJID qui, malgré la distance, a su trouver les mots justes pour m'encourager et me reconforter. A mes amis Chabha, Lilia et Moumouh et tous les autres*

*A mon binôme Naima pour tous les efforts qu'elle fournit, ainsi que toute l'équipe du laboratoire d'Entomologie en général.*

*Enfin, je ne saurais terminer ces dédicaces sans remercier toutes les autres personnes que je n'ai pu citer et qui ont contribué de loin ou de près à ma réussite.*

**KATIA**

## Sommaire

Introduction .....	1
--------------------	---

### Partie I : Synthèse bibliographique

#### Chapitre I : Généralise sur les coccinelles

1. Position systématique .....	3
2. Aire de répartition géographique.....	3
3. Caractères morphologiques des différents stades de développements.....	4
3.1. Adulte .....	4
3.1.1. Tête .....	5
3.1.2. Thorax .....	5
3.1.3. Abdomen .....	5
3.2. Œufs .....	7
3.3. Larves .....	7
3.4. Nymphe .....	7
4. Critères anatomiques distinctifs entre le mâle et la femelle .....	8
4.1. Organe génitaux mâles .....	8
4.2. Organe génitaux femelles .....	9
5. Cycle de développement des coccinelles .....	10
6. Ecologie .....	10
6.1. Habitat .....	10
6.2. Période d'activité .....	10
6.2.1. Hivernation .....	11
6.3. Régime alimentaire .....	11
6.3.1. Groupe aphidiphage.....	11
6.3.2. Groupe coccidiphage .....	11
6.3.3. Groupe aleurodiphage .....	12
6.3.4. Groupe acariphage .....	12
6.3.5. Groupe mycophage.....	12
6.3.6. Groupe phytophage.....	12
6.4. Cannibalisme .....	12
6.5. Prédation intra guildes .....	12
6.6. Rôle écologique.....	13
6.7. Ennemis naturels .....	14

6.8. Moyen de défense .....	15
-----------------------------	----

## **Partie II : partie expérimentale**

### **Chapitre II : matériel et méthodes**

1. Matériel.....	16
1.1. Matériel biologique.....	16
1.1.1. Description de deux espèces de coccinelles .....	16
1.1.1.1. <i>Coccinella algerica</i> .....	16
1.1.1.2. <i>Hippodamia (Adonia) variegata</i> .....	16
1.1.2. Description du puceron noir de la fève ( <i>Aphis fabae</i> Scopoli, 1763) .....	17
1.2. Matériel de terrain et de laboratoire.....	17
1.2.1. Matériel utilisé pour la récolte des coccinelles sur le terrain .....	17
1.2.2. Matériel utilisé au laboratoire .....	18
1.2.2.1. Pour l'élevage des coccinelles .....	18
1.2.2.2. Pour la détermination du sexe.....	18
2. Méthodologie de travail.....	18
2.1. Elevage des coccinelles .....	18
2.2. Détermination de la quantité de nourriture nécessaire à la ponte .....	20
2.3. Détermination de la durée d'incubation .....	21
2.4. Détermination de la quantité de nourriture nécessaire à la mue .....	21
2.5. Cannibalisme .....	21
2.6. Etude du sexe ratio.....	22
2.6.1. Montage des génitalia des coccinelles.....	22
3. Exploitation des résultats par les méthodes statistiques.....	24
3.1. Droite de régression linéaire.....	24
3.2. Analyse en composante principale (ACP) .....	24
3.3. Matrice de corrélation.....	24

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

1. Résultats.....	25
1.1. Détermination de la quantité de nourriture nécessaire à la ponte .....	25

1.2. Détermination de la durée d'incubation des œufs et de la fertilité de <i>C. algerica</i> .....	26
1.3. Quantité de nourriture nécessaire à la mue .....	28
1.4. Durée moyenne du cycle de développement de <i>C. algerica</i> .....	28
1.5. Sexe ratio .....	29
1.6. Taux de mortalité naturelle des différents stades de développement .....	30
1.7. Cannibalisme des différents stades de développement de <i>C. algerica</i> vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce .....	31
1.7.1 Cannibalisme des larves L1 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce .....	31
1.7.2. Cannibalisme des larves L2 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis des œufs de la même espèce.....	32
1.7.3.Cannibalisme des larves L3 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce .....	33
1.7.4. Cannibalisme des larves L4 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis des œufs de la même espèce.....	33
1.7.5. Cannibalisme des larves L5 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis des œufs de la même espèce.....	34
1.7.6. Cannibalisme des adultes de <i>C. algerica</i> vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce .....	35
1.8. Cannibalisme intra-guilde .....	35
1.9. Exploitation des résultats par les méthodes statistiques .....	36
1.9.1. Régression linéaire.....	36
1.9.1.1. Corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la durée de pré-oviposition de <i>C. algerica</i> .....	36
1.9.1.2. Corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la mue des larves de <i>C. algerica</i>	37
1.9.2. Analyse en composantes principales (ACP) .....	37
1.9.3. Matrice de corrélation .....	39
2. Discussion .....	40
<b>Conclusion</b> .....	<b>44</b>



**Tableau 1** : Quantité de nourriture (*Aphisfabae*) nécessaire à la ponte de *C. algerica*..... 25

**Tableau 2** : Durée d'incubation des oeufs et fertilité de *C algerica* nourrie avec des pucerons noirs dans les conditions du laboratoire ..... 26

**Tableau 3** : Matrice de corrélation entre les paramètres étudiés..... 39

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Adulte de <i>Coccinella algerica</i> (originale, 2017) .....	03
<b>Figure 2</b> : Air de répartition des coccinelles dans le monde (originale, 2017) .....	04
<b>Figures 3</b> : Morphologie d'une coccinelle. (a) face dorsale de <i>Coccinella undecimpunctata</i> (Saharaoui, 1987), (b) face ventrale de <i>coccinella algerica</i> (Lablokoff, 1982) .....	06
<b>Figure 4</b> : Les œufs de <i>coccinella algerica</i> (original, 2017) .....	07
<b>Figure 5</b> : Les différents stades larvaires de <i>coccinella algerica</i> (original 2017) .....	07
<b>Figure 6</b> : La nymphe de <i>coccinella algerica</i> (original, 2017) .....	08
<b>Figure 7</b> : Les organes génitaux mâles face dorsale (Saharaoui, 1998) .....	08
<b>Figure 8</b> : Les organes génitaux femelles face dorsale (Saharaoui, 1998) .....	09
<b>Figure 9</b> : Le cycle de développement de <i>Coccinella algerica</i> (Benouffella-kitous k., 2005) .....	10
<b>Figure 10</b> : Le cannibalisme entre larves de <i>C.algerica</i> (Original, 2017) .....	12
<b>Figure 11</b> : La prédation intraguildale entre larve L1 de <i>C.algerica</i> et les œufs de <i>H.variegata</i> (Original, 2017) .....	13
<b>Figure 12</b> : <i>Dinocampus coccinellae</i> (Bolton <i>et al</i> ., 2013) .....	14
<b>Figure 13</b> : Nymphe de <i>Coccinella algerica</i> parasité (originale, 2017) .....	14
<b>Figure 14</b> : Adulte de <i>Homalotylus flaminus</i> Dalm G2x10 (Original, 2017) .....	14
<b>Figure 15</b> : Moyen de défense des coccinelles ( <i>Coccinella algerica</i> ) (Original, 2017) .....	15
<b>Figure 16</b> : Adulte de <i>Coccinella algerica</i> (original, 2017) .....	16
<b>Figure 17</b> : Adulte d' <i>Hippodamia variegata</i> (original, 2017) .....	16
<b>Figure 18</b> : Le puceron noir <i>Aphis fabae</i> aptère (original 2017) .....	17
<b>Figure 19</b> : Le puceron noir <i>Aphis fabae</i> ailé (original 2017) .....	17
<b>Figure 20</b> : Le matériel utilisé pour l'échantillonnage des coccinelles (original, 2017) .....	17
<b>Figure 21</b> : Le matériel utilisé pour l'élevage des coccinelles (Original, 2017) .....	18
<b>Figure 22</b> : Le matériel utilisé pour la détermination du sexe (Original, 2017) .....	18
<b>Figure 23</b> : Méthode d'élevage de <i>Coccinella algerica</i> (Originale, 2017) .....	20
<b>Figure 24</b> : Montage des génitalia des mâles et femelles de <i>Coccinella algerica</i> (Originale, 2017) .....	23
<b>Figure 25</b> : La quantité de nourriture ingérée par chaque stade larvaire.....	28
<b>Figure 26</b> : Cycle biologique de <i>C. algerica</i> (Originale, 2017) .....	29
<b>Figure 27</b> : appareil génital femelle (Original, 2017) .....	30
<b>Figure 28</b> : appareil génital mâle (Original, 2017) .....	30
<b>Figure 29</b> : Les résultats du sexe ratio .....	30
<b>Figure 30</b> : Taux de mortalité des différents stades de développement .....	31
<b>Figure 31</b> : Cannibalisme des larves L1 de <i>C.algerica</i> vis-à-vis de ses propres œufs et les larves L1 .....	32
<b>Figure 31</b> : Cannibalisme des larves L2 de <i>C.algerica</i> vis-à-vis de ces propres œufs.....	32

<b>Figure 32:</b> Cannibalisme des larves L3 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis de ces propres œufs et larves .....	.32
<b>Figure 33:</b> Cannibalisme des larves L4 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis de ces propres œufs .....	.33
<b>Figure 34 :</b> Cannibalisme des larves L5 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis de ces propres œufs et larves .....	.34
<b>Figure 35:</b> Cannibalisme des adultes de <i>C. algerica</i> vis-à-vis de ses propres œufs et larves .	.35
<b>Figure 36:</b> Cannibalisme intragilde des larves L1 de <i>C. algerica</i> vis-à-vis des œufs de <i>H. variegata</i> .....	.36
<b>Figure 38:</b> Corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la durée de pré-oviposition de <i>Coccinella algerica</i> .....	.36
<b>Figure 39:</b> Corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la mue des larves de <i>Coccinella algerica</i> .....	.37
<b>Figure 40:</b> Aanalyse en composantes principales de quelques paramètres biologiques de <i>Coccinella algerica</i> .....	.38



Il existe plusieurs espèces d'insectes ravageurs de l'agriculture dans le monde entier. Le contrôle des populations de ces prédateurs se fait par plusieurs moyens de lutte, soit physique, mécanique, ou par la lutte chimique qui est la plus utilisée. Comme il y a aussi la lutte biologique ou naturelle, qui est le meilleur moyen de lutte contre les ennemis des végétaux, en utilisant soit des bactéries ou des extraits végétaux, mais également par l'action des espèces insectivores tels que les insectes auxiliaires ; dont font partie les coccinelles prédatrices (Lucas, 2012).

Les coccinelles entomophages, constituent un groupe d'insectes, qui joue un rôle très important dans la régulation des populations des petits Homoptères suceurs de sève (pucerons, cochenilles, aleurodes et autres). Parmi ces derniers, les pucerons sont considérés comme étant les ravageurs les plus redoutables de l'agriculture. De nombreuses études ont décrit les interactions prédateurs-proies impliquant la prédation des pucerons par les coccinelles (Ferran et Larroque, 1977 in Benoufella-Kitous, 2015 ; Saharaoui et Gerraoui, 2000 ; Ben Halima-Kamel *et al.*, 2011). Ces dernières sont bien connues en lutte biologique depuis 1888, suite au succès de *Rodalia cardinalis* Mulsant, 1850 (Coleoptera : Coccinellidae) en Californie pour le contrôle de la cochenille australienne *Icerya purchasi* Maskell, 1978 (Homoptera : Monophlebinae) dans les vergers d'agrumes (Dixon *et al.*, cités par Benoufella-Kitous, 2015). En 1920, la même espèce a été introduite en Algérie pour lutter contre ce même ravageur. Elle a encore prouvé son efficacité (Balachowsky, 1951 in Chaoutene, 2006).

Les coccinelles sont des ennemis naturels qui contribuent efficacement au contrôle des populations de ravageurs et peuvent être ainsi utilisées dans un programme de lutte biologique. Afin de compléter les travaux déjà effectués sur les coccinelles prédatrices de pucerons (Saharaoui *et al.*, 2001 ; Chaoutene, 2006 ; Haddadj, 2013 ; Benyoucef et Boudjema, 2014 ; Benoufella-Kitous, 2015), nous nous sommes proposées cette étude qui a pour objectif de cerner quelques aspects biologiques et comportementaux de la coccinelle aphidiphage *Coccinella algerica* Kovar, 1977, très répandue en Kabylie. Ce travail vise à comprendre les facteurs qui peuvent influencer le cycle de développement de cette coccinelle, ainsi que l'étude du cannibalisme chez tous les stades de développement de cet aphidiphage vis-à-vis des œufs et des larves de sa propre espèce et vis-à-vis des œufs d'une autre espèce de coccinelle aphidiphage, à savoir *Hippodamia (Adonia) variegata* Goeze, 1777.

Notre travail se divise en deux parties. La partie théorique qui renferme les données bibliographiques sur les coccinelles et la partie expérimentale qui renferme deux chapitres. Le premier est consacré au matériel utilisé et à la méthodologie de travail adoptée. Le deuxième chapitre rassemble les résultats obtenus ainsi que leur discussion. Enfin, une conclusion assortie de perspectives terminera ce travail.

## Introduction

Les Coccinellidae sont une famille d'insectes de l'ordre des Coleoptera, qui renferme environ 4000 espèces dans le monde entier (Saharaoui, 1998).

D'après les travaux de Saharaoui et Gourreau (2000), 45 espèces de coccinelles sont recensées en Algérie, elles se répartissent en sept sous familles :

- **La sous-famille des Epilachninae** qui est représentée par deux espèces phytophages.
- Et six sous familles qui regroupent un grand nombre d'espèces utilisées dans le cadre de la lutte biologique : **Les Coccinellinae, les Chilocorinae, les Coccidulinae, les Scymninae, les Hyperaspinae et les Sticholotinae.**

## 1. Position systématique

Selon Balachowsky (1962), les coccinelles appartiennent au :

Règne : Animalia

Sous règne : Eumetazoa

Embranchement : Arthropoda

Sous embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous classe : Pterygota

Infra classe : Neoptera

Division : Holometabola

Super ordre : Endopterygota

Ordre : Coleoptera

Sous ordre : Polyphaga

Super famille : Cucujoidae

Famille : Coccinellidae

*C. algerica* qui fait l'objet de cette étude, appartient à :

Sous famille : Coccinellinae

Genre : *Coccinella*

Espèce : *Coccinella algerica* Kovar, 1977 (Fig. 1)



Figure 1. Adulte de *Coccinella algerica* (Originale, 2017)

## 2. Aire de répartition géographique

D'après Saharaoui *et al.* (2014), les coccinelles se trouvent partout dans le monde là où il y a de la nourriture. A chaque continent est inféodée une faune spécifique de coccinelles

(Belicek *in* Saharaoui *et al.*, 2014), en allant de l'Amérique du Nord et du Sud, à la zone pacifique, en passant de l'Inde et de la Chine et d'autres pays de l'Asie vers les hautes montagnes et les prairies des zones tempérées de l'Europe et dans tout le pourtour méditerranéen, jusqu'aux zones tropicales de l'Afrique centrale et australe et en Afrique du Nord (la région du Maghreb) (Saharaoui *et al.*, 2014) (Fig. 2).

Selon les mêmes auteurs, en Algérie, les Coccinellidae se répartissent dans les différents secteurs géographiques, mais, la quasi-totalité se concentre au Sud Algérien (la région paléarctique).



**Figure 2. Aire de répartition des coccinelles dans le monde (Originale, 2017)**

### 3. Caractères morphologiques des différents stades de développements

Les coccinelles sont de petits Coléoptères holométaboles (Domenc et Grassé, 1998 ; Aberlenc, 2011), à métamorphose complète, caractérisées par quatre stades de développement (œuf, larves, nymphe, adulte). La coloration et la taille du corps diffèrent d'une espèce à une autre (Balachowsky, 1962).

#### 3.1. Adulte

D'après Balachowsky (1962) et Saharaoui (1998), les coccinelles adultes sont de taille moyenne ou petite, atteignant rarement plus de 1 cm de long, et ne descendant guère au-dessous de 1 mm. Elles sont de forme irrégulièrement arrondie, presque hémisphérique ou ovalaire dorsalement, dont la grande partie est recouverte par les élytres à coloration vive et des taches qui diffèrent selon les espèces. Cette livrée colorée des adultes est dite aposématique. Elles sont de forme plate sur la face ventrale, avec de courtes pattes rétractiles (McGavain, 2000 ; Le Guellec, 2008). Leur corps se divise en trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen.

### 3.1.1. Tête

La tête est de couleur noire, inclinée de haut en bas, bien dégagée en avant se rétractant faisant partie au pronotum (Balachawsky, 1962). Elle porte une paire d'antennes de forme renflée (Bellmann, 2008), très courtes n'atteignant jamais le bord postérieur du pronotum si on les rabattait vers l'arrière (Aberlenc, 2011). Elles sont composées de 11 articles, les 3 derniers élargis en massue (Fig. 3a). La tête porte également deux grands yeux composés à facettes fines (Lambin *et al.*, 1996 cités par Benyoucef et Boudjema, 2014) et des pièces buccales de type broyeur composées d'une paire de mandibules puissantes et d'une paire de maxilles, dont les palpes maxillaires sont généralement saillants et bien visibles (Saharaoui, 1998 ; Aberlenc, 2011).

### 3.1.2. Thorax

Le thorax comprend un pronotum plus étroit que les élytres, transversal et faiblement bombé, à ponctuation et coloration variable. Il est de couleur noire chez la femelle. Chez le mâle, il est noir bordé latéralement d'une bande claire (Saharaoui, 1998).

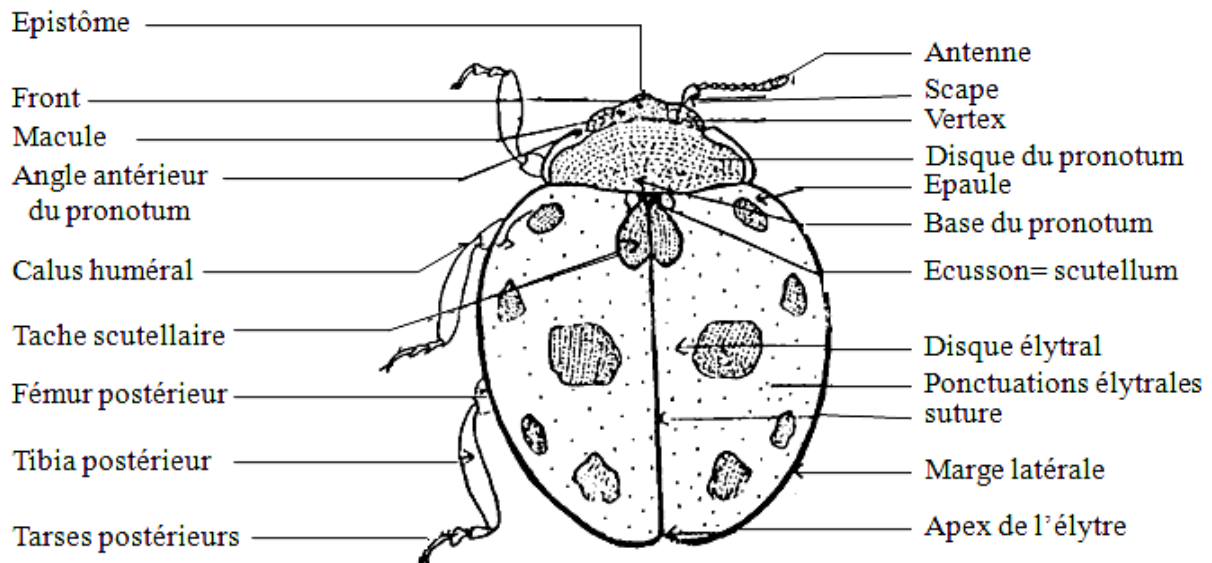
La partie thoracique chez les coccinelles se divise en trois parties :

- Le protosternum qui porte la première paire de pattes antérieures.
- Le mésosternum qui porte les deux pattes médianes et les ailes antérieures cornées modifiées en élytres (Meglitch, 1975 ; Villiers, 1977).
- Le métasternum comportant la troisième et dernière paire de pattes, et les ailes inférieures membraneuses et fonctionnelles qui se replient et ordinairement cachées par les élytres en position de repos (Boné et Chanton, 1974 ; Villiers, 1977).

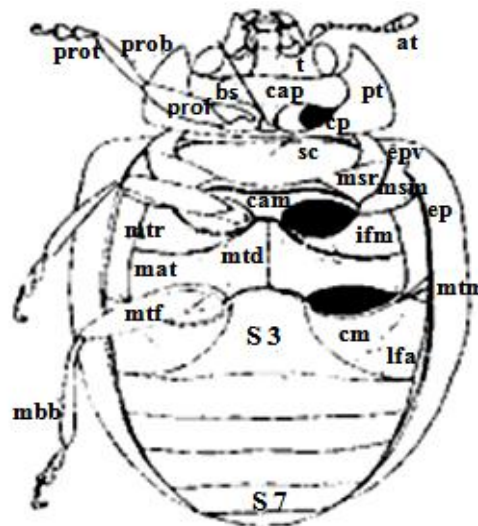
### 3.1.3. Abdomen

D'après Saharaoui (1998), l'abdomen porte dix tergites et huit sternites visibles (Fig. 3b). Le dixième tergite inexistant chez la femelle est en revanche durci chez le mâle. Les segments abdominaux sont bien délimités et couverts de longues soies (Saharaoui, 1994).

Le premier sternite est très remarquable par sa grandeur, le huitième constitue l'un des caractères sexuels externes de détermination des mâles et des femelles. La ponctuation des sternites est presque uniforme. Les appendices génitaux mâles et femelles sont portés par le dernier segment abdominal (Majerus et Kerns, 1989 cités par Chaoutene, 2006).



(a)



(b)

**Figure 3. Morphologie de la coccinelle**

(a) face dorsale de *Coccinella aundecimpunctata* (Saharaoui, 1987)

(b) face ventrale de *Coccinella algerica* (Iablokoff-Khenzorian, 1982)

at : antenne ; bs : basisternum ; cm : cavité cotyloïde métasternale ; cp : cavité cotyloïde prosternale ; cam : carène mésosternale ; cap : carènes prosternales ; ep : faux épipleures élytrales ; epv : épipleures élytrales vrais ; lfa : lignes fémorales abdominales ; ifm : lignes fémorales métasternales ; msn : mésoépimères ; msr : mésoépisternes ; mtr : métaépisternes ; mtd : metendosternite ; mts : métarternum ; mtf : métafémurs ; mtm : métaépimères ; mtr : métaépisternes ; mtd : metendosternite ; mts : métarternum ; pr : propleurs ; prob : protibis ; prof : profémur ; prot : protarses ; urosternites : S3 et 7 ; sc : scutellum ; t : tentorium.

### 3.2. Œufs

Les œufs sont de couleur jaune orangée, de forme ovale allongée vers les deux extrémités et de taille variable de 0,38 à 2,5 mm selon les espèces. Chez *C. algerica*, la taille est en moyenne de 1 mm (Fig. 4). Ils sont pondus en petits groupes ou isolement, collés à la face inférieure des feuilles ou sur les écorces d'arbres à proximité des foyers de leurs proies (Saharaoui, 1998 ; McGavin, 2000).



Figure 4. Œufs de *Coccinella algerica* (Originale, 2017)

### 3.3. Larves

Le développement larvaire passe par quatre stades (L1, L2, L3, L4) (Fig. 5). Les larves des coccinelles ont un corps mou et allongé, de couleur bigarrée avec des taches colorées, en présentant des verrues portant des épines sur la face dorsale (McGavin, 2000). La tête est hypognathe, transversale, munie de fortes mandibules. Le thorax porte trois paires de longues pattes. L'abdomen possède dix segments abdominaux avec un pseudopode rétractif avec lequel elles se fixent au support pour muer et se nymphoser (Saharaoui, 1994)

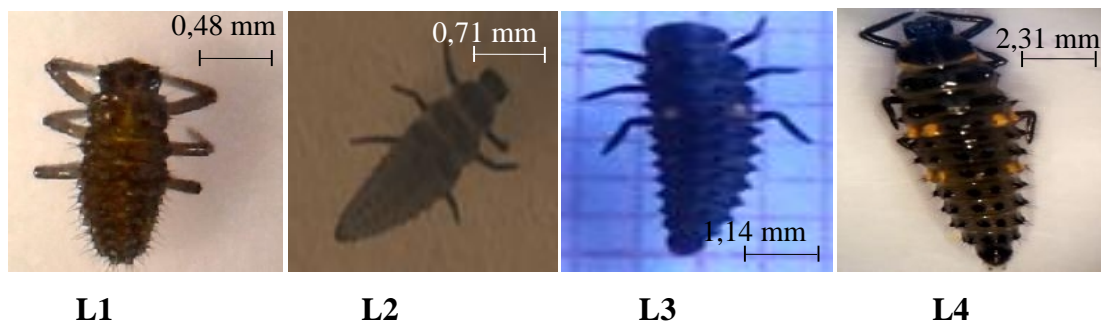


Figure 5. Différents stades larvaires de *Coccinella algerica* (Originale, 2017)

### 3.4. Nymph

Les larves des holométaboles arrivées au terme de leur croissance, cessent de s'alimenter et s'immobilisent, en se fixant à un support par l'extrémité de l'abdomen pour se

nymphoser. La nymphe est de forme hémisphérique globuleuse, de petite taille soit 1,66 mm de longueur et 1mm de largeur (Fig. 6). Elle est de couleur bigarrée (Grassé, 1995 ; Grassé et Doumenc, 1998 ; Aberlenc, 2011).

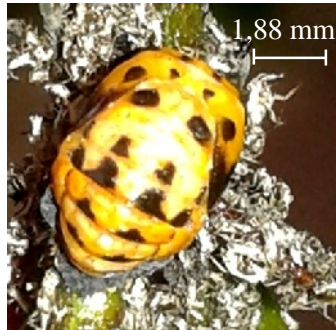


Figure 6. Nympe de *Coccinella algerica* (Originale, 2017)

#### 4. Critères anatomiques distinctifs entre le mâle et la femelle

D'après les travaux de Saharaoui (1998), l'étude anatomique des génitalia (les organes génitaux mâles et femelles) fait partie de l'identification des différentes espèces de coccinelles.

##### 4.1. Organes génitaux mâles

Les organes génitaux mâles sont constitués de deux testicules, chacun est relié à un canal différent ; deux glandes accessoires intervenant dans la formation des spermatozoïdes, où tout se réunit dans le canal éjaculateur pénétrant dans l'édéage (Fig. 7) (Saharaoui, 1998).

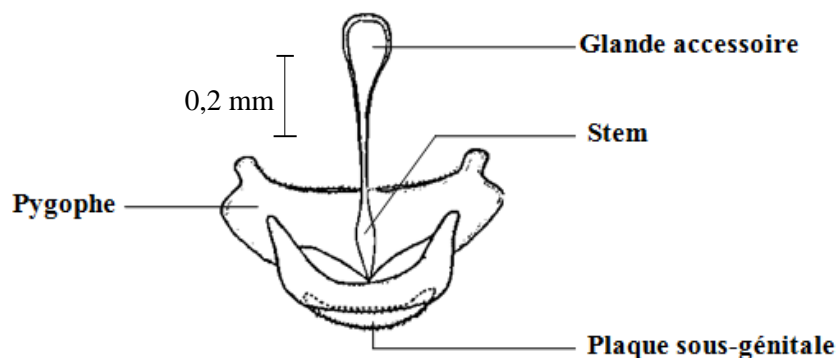


Figure 7. Organes génitaux mâles (face dorsale) (Saharaoui, 1998)

#### 4.2. Organes génitaux femelles

Les organes génitaux femelles se composent de deux ovaires et de deux oviductes pairs réunis dans un oviducte impair, un vagin, une spermathèque avec un conduit et deux glandes accessoires (Fig. 8) (Saharaoui, 1998).

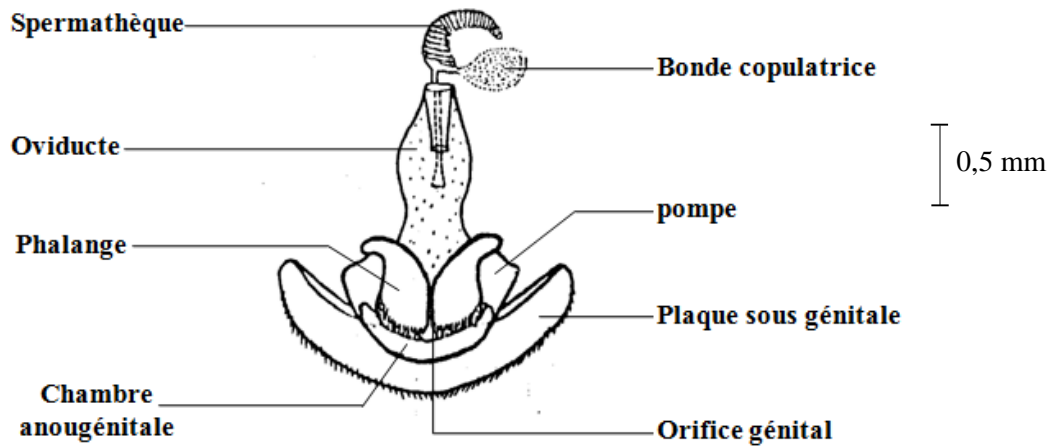


Figure 8. Organes génitaux femelles (face ventrale)  
(Saharaoui, 1998)

#### 5. Cycle de développement des coccinelles

Dans la nature, seuls les adultes hivernent en état de quiescence dans les feuilles desséchées et enroulées, comme ils peuvent rester sur les végétaux ou tomber au sol. Ces adultes apparaissent au printemps vers le mois de mai jusqu'au mois de juillet, quand les conditions climatiques sont favorables, selon les espèces et le type de nourriture (Saharaoui, 1994).

Après l'accouplement, les femelles pondent de 20 à 25 œufs par jour, soit de 300 à 400 œufs durant toute leur vie. Après 3 à 6 jours d'incubation avec des températures comprises entre 22 °C et 30 °C et une humidité relative comprise entre 50 % et 60 %, les œufs éclosent et les larves sortent (Fig. 9) (Benoufella-Kitous, 2015).

Le développement larvaire s'effectue aux alentours de 2 semaines dans les mêmes conditions de température et d'humidité relative précédemment citées. Il comprend quatre stades larvaires séparés par trois mues. Chaque stade dure environ 4 jours. A la fin du quatrième stade, la larve L4 effectue une mue nymphale avant de se nymphoser où elle s'immobilise pour se métamorphoser durant tout le stade nymphal et se termine avec la mue imaginale. La durée de la métamorphose est d'environ une semaine (Saharaoui *et al.*, 2001).

La durée moyenne du cycle de développement des coccinelles est de 30 à 35 jours suivant les espèces et les conditions du milieu. Cela influe notamment sur le nombre de générations par an qui peut atteindre 3 (Ben Halima-Kamel *et al.*, 2011 ; Benoufella-Kitous, 2015).

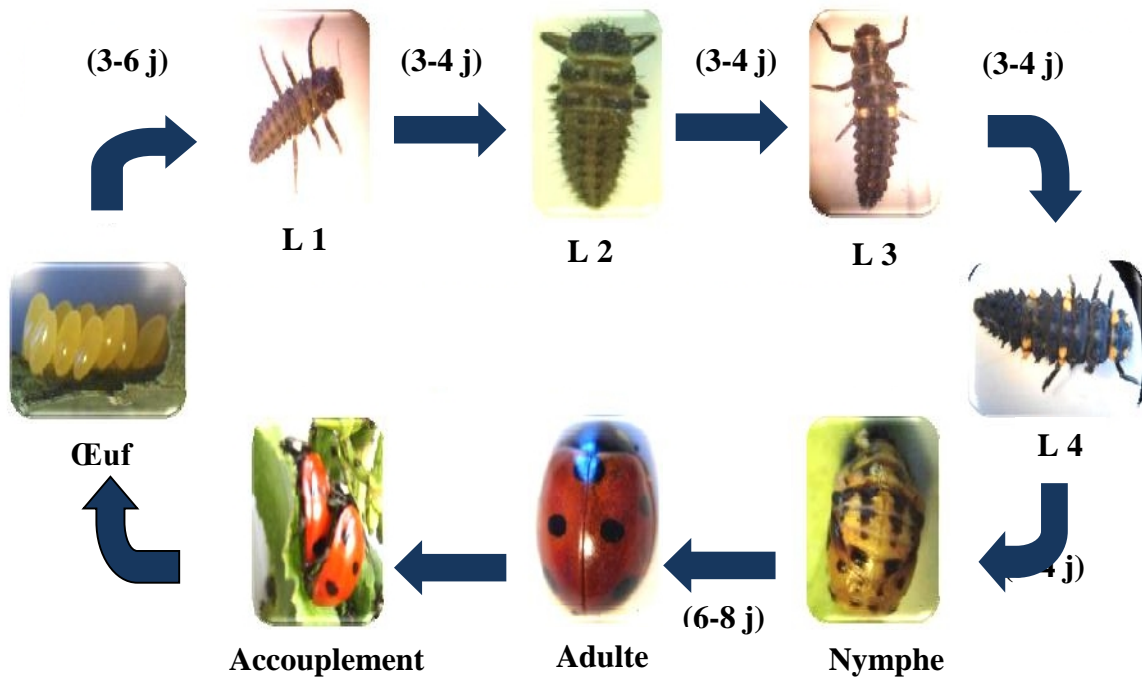


Figure 9. Cycle de développement de *Coccinella algerica* (Benoufella-Kitous, 2015)

## 6. Ecologie

### 6.1. Habitat

Les coccinelles se trouvent un peu partout, que ce soit dans les jardins ou même dans les maisons (Le Guellec, 2008), dans les prairies et les champs, sur les cultures et aussi dans les forêts (Lucas, 1993).

### 6.2. Période d'activité

La période d'activité de la majorité des coccinelles est comprise entre le mois de mai et le mois de juillet, c'est aussi leur période de multiplication (Saharaoui, 1998).

#### 6.2.1. Hivernation

Les adultes de coccinelles se préparent dès l'été pour hiverner. Elles consomment une grande quantité de pucerons dont les fortes pullulations sont marquées entre le mois de juillet et août, pour pouvoir synthétiser le glycogène nécessaire à l'hivernation. A l'entrée de l'hiver,

les adultes cherchent des sites d'hivernation, en envahissant les habitats dans lesquels plusieurs centaines d'individus passent l'hiver dans les espaces vides des murs, les trous et les toits des maisons et voire même sur les cultures (Hautier, 2003).

### 6.3. Régime alimentaire

D'après Saharaoui et Gourreau (2000) et Aberlenc (2011), le régime alimentaire des coccinelles est très varié selon les espèces. Certaines d'entre elles sont prédatrices généralistes à proies très variées, et d'autres par contre sont étroitement spécialisées sur un seul genre voire même une seule espèce de proie. Elles utilisent deux types de nourriture :

**Nourriture essentielle ou préférentielle :** C'est le type de nourriture qui permet à l'espèce de se développer et se reproduire (Saharaoui et Gourreau, 2000).

**Nourriture alternative ou de remplacement :** C'est le type de nourriture qui assure seulement la survie de l'espèce et qui n'assure jamais la reproduction (les adultes sont sexuellement inactifs). Il s'agit de larves et œufs de plusieurs insectes et acariens, de miellat, de débris végétaux et de spores de champignons (Saharaoui, 1994).

Selon le type de nourriture essentielle, les coccinelles sont classées en plusieurs groupes :

#### 6.3.1. Groupe des aphidiphages

Le groupe des aphidiphages est considéré comme étant le premier groupe entomophage. Ce sont des destructeurs importants d'un grand nombre d'espèces de pucerons. *C. algerica* fait partie de ce groupe (Saharaoui et Gourreau, 2000).

#### 6.3.2. Groupe des coccidiphages

C'est le deuxième groupe entomophage le plus important en Algérie après celui des aphidiphages dont les espèces sont actives pendant toute l'année végétative. Ces prédateurs sont très voraces vis-à-vis des Diaspines et les larves des Lecanines et des Pseudococcines (Saharaoui et Gourreau, 2000).

#### 6.3.3. Groupe des aleurodiphages

Ce groupe est représenté par une seule espèce *Clitostethusar cuatus* Weise, 1885 qui exerce avec succès le contrôle des aleurodes de l'arboriculture et ceux des cultures maraichères (Saharaoui et Gourreau, 2000).

#### 6.3.4. Groupe des acariphages

Il n'existe qu'une seule espèce de coccinelles acariphages qui est *Stethorus punctillum* Weise, 1885. Elle dévore plusieurs espèces d'acariens (Saharaoui et Gourreau, 2000).

#### 6.3.5. Groupe des mycophages

Ce groupe rassemble un petit nombre d'espèces consommant des champignons de type Oïdium et Mildiou qui se développent sur les végétaux (Saharaoui, 1994).

#### 6.3.6. Groupe des phytophages

Ce groupe est représenté par une minorité d'espèces (numériquement insignifiantes). Elles se nourrissent de végétaux, mais ne causent pas d'importants dégâts. C'est pour cela qu'elles ne figurent pas sur la liste d'insectes ravageurs de l'agriculture (Saharaoui, 1994).

#### 6.4. Cannibalisme

En cas de manque de source trophique, les coccinelles s'adaptent au manque de nourriture par la pratique du cannibalisme (Fig. 10). Ce comportement est observé chez tous les stades mobiles en se nourrissant des œufs et des larves de leur propre espèce. Les coccinelles sont plus voraces à l'état larvaire qu'à l'état adulte (Saharaoui, 1994).



**Figure 10.** Cannibalisme d'une larve de *Coccinella algerica* envers une larve de la même espèce (Originale, 2017)

#### 6.5. Prédation intra guildes

Une guildes est un ensemble d'organismes vivants qui exploitent une même ressource. Ces organismes peuvent être différents sur le plan écologique et taxonomique (Polis *et al.*, 1989 in Chaoutene, 2006).

La prédation intra guildes (IGP) a lieu lorsqu'un membre d'une guildes tue et dévore un autre (Fig. 11). Dans ce cas, le premier membre est appelé prédateur intra guildes, le compétiteur

représente la proie intra guild. Leur ressource commune s'appelle la proie extra guild (Lucas, 2005 cité par Durieux, 2008).



Figure 11. Larve L1 de *Coccinella algerica* consommant un œuf d'*Hippodamia variegata* (Originale, 2017)

## 6.6. Rôle écologique

Les Coccinellidae jouent un rôle très important dans la régulation des populations de pucerons et de cochenilles (Saharaoui et Gourreau, 2000).

### 6.6.1. Utilisation des coccinelles dans le cadre de la lutte biologique

Selon Meyer (2002), la lutte biologique consiste à utiliser des organismes vivants : les microorganismes (les champignons, les bactéries et les virus) ; les invertébrés (les acariens, les insectes et les nématodes) et les vertébrés (les oiseaux, les amphibiens, les poissons et les mammifères) pour lutter contre les ravageurs des cultures. Cette méthode a pour but de contrôler les espèces introduites devenues envahissantes dans des écosystèmes naturels ou devenues des ravageurs de cultures dans les agrosystèmes, afin d'en réduire les impacts écologiques ou les dommages économiques.

Selon le même auteur, il existe quatre types de lutte biologique :

**Lutte biologique classique** : par l'introduction et l'acclimatation des agents de lutte biologique qui sont des auxiliaires des cultures (des prédateurs, des parasites et des agents pathogènes).

**Lutte autocide** : consiste à l'introduction d'insectes ravageurs mâles de la même espèce stérilisés par irradiation ou par des produits chimiques.

**Lutte inondative** : consiste à l'élevage des espèces auxiliaires indigènes ou introduites puis à faire des lâchers massifs et saisonniers.

**Lutte microbiologique** : par l'utilisation des micro-organismes comme des bioinsecticides.

### 6.7. Ennemis naturels

D'après Ben Halima-Kamel (2010), l'utilisation des coccinelles dans le cadre de la lutte biologique contre plusieurs ravageurs des végétaux a marqué un grand succès. Mais cela reste insuffisant car en plus du cannibalisme qui est observé chez les individus de la même espèce, elles sont aussi attaquées par plusieurs ennemis naturels. Selon le même auteur, 3 espèces de parasites sont importants ; il s'agit de :

- *Dinocampus coccinellae* Schrank, 1802, qui est un ectoparasite permanent de la famille des Braconidae (Fig. 12). Ce parasite solitaire est de l'ordre des Hyménoptères.



Figure 12. *Dinocampus coccinellae* (Bolton et al., 2013)

- Le deuxième, est un endoparasite des nymphes de coccinelles (Fig. 13). Il s'agit d'*Homalotylus flaminus* Dalm1820, de la famille des Encyrtidae, de l'ordre des Hyménoptères (Fig. 14).



Figure 13. Nymphe de *C. algerica* parasitée (Originale, 2017)



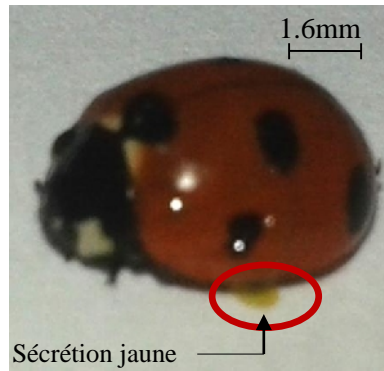
Figure14. *Homalotylus flaminus* (Originale, 2017)

- Le troisième parasite est un acarien ectoparasite du genre *Podopolipus* et de la famille des Acarinae.

Il existe également des supers prédateurs de coccinelles, tels que les araignées et les oiseaux entomophages (Gautier, 1994 in Haddadj, 2013).

### 6.8. Moyen de défense

Selon Le Guellec (2008), les coccinelles adultes en sentant un danger émettent une sécrétion jaune orangée très amer qui dégage une odeur désagréable pour se défendre des prédateurs potentiels (Fig. 15). Cette sécrétion peut devenir toxique une fois ingérée.



**Figure 15. Moyen de défense des coccinelles  
(Originale, 2017)**

Dans cette partie, le matériel utilisé ainsi que la méthodologie de travail sont présentés.

## 1. Matériel

### 1.1. Matériel biologique

#### 1.1.1. Description des coccinelles

##### 1.1.1.1. *Coccinella algerica*

*C.algerica* est une espèce à corps ovale assez large, très convexe et glabre, sa longueur varie entre 5,8 et 8,0 mm et sa largeur est de 4,2 à 5,3 mm. La tête est noire ponctuée et pubescente, portant deux taches frontales pré oculaires blanchâtres et de grands yeux noirs à facettes fines. Les élytres qui recouvrent entièrement l'abdomen en formant un demi-cercle, sont rouges parfois plus foncés portant sept points noirs (Fig. 16).



Figure 16. Adulte de *Coccinella algerica*  
(Originale, 2017)

##### 1.1.1.2. *Hippodamia (Adonia) variegata*

*H. variegata* est une espèce au corps ovale, plus ou moins allongée, faiblement convexe, glabre et mesure entre 3,5 à 6mm de long et entre 2,3 à 3 mm de large. La tête est très distincte, de couleur pâle. Le pronotum est orné d'une grande tache noire discale de forme variable. Les élytres de couleur rouge jaunâtre et ponctuées de 13 taches noires, recouvrent entièrement l'abdomen (Fig. 17).



Figure 17. Adulte d'*Hippodamia (Adonia) variegata*  
(Originale, 2017)

### 1.1.2. Description du puceron noir de la fève (*Aphis fabae* Scopoli, 1763)

D'après Remaudière et Remaudière (1997), *A. fabae* est classé comme suit :

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Homoptera

Super famille : Aphidoidea

Famille : Aphididae

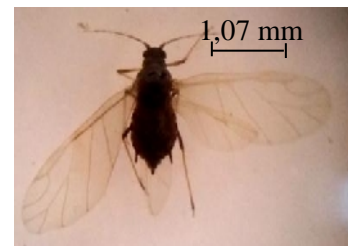
Genre : *Aphis*

Espèce : *Aphis fabae* Scopoli, 1763

Selon nos résultats, la forme aptère d'*A. fabae* mesure environ 2 mm de long, tandis que la forme ailée mesure 2,3 mm. La forme du corps est trapue pour l'aptère et allongée pour l'ailé (Fig. 18, Fig. 19). *A. fabae* est de couleur noire mat à verdâtre. La face dorsale de l'abdomen est ornée de trois paires de taches blanches cireuses et deux courtes cornicules noires. L'abdomen se termine par une courte cauda trapue et noire.



**Figure 18.** *Aphis fabae* aptère  
(Originale, 2017)



**Figure 19.** *Aphis fabae* ailé  
(Originale, 2017)

## 1.2. Matériel de terrain et de laboratoire

Pour la réalisation de cette étude, nous avons utilisé le matériel suivant :

### 1.2.1. Matériel utilisé pour la récolte des coccinelles sur le terrain

- Une paire de ciseaux (Fig. 20)
- une boîte en plastique (14x8 cm)
- Une moustiquaire
- Des élastiques
- Un pinceau
- Une loupe manuelle



**Figure 20.** Matériel d'échantillonnage  
(Originale, 2017)

### 1.2.2. Matériel utilisé au laboratoire

En plus du matériel utilisé sur le terrain, nous avons utilisé :

#### 1.2.2.1. Pour l'élevage des coccinelles

- Des boîtes en plastique (19x19 cm)
- Des boîtes de pétri
- Du papier plissé
- Des étiquettes
- Un thermohygromètre
- Une balance de précision
- Une loupe binoculaire



Figure 21. Matériel utilisé pour l'élevage des coccinelles (Originale, 2017)

#### 1.2.2.2. Pour la détermination du sexe

- De l'éthanol à 96% (Fig. 22)
- Du liquide de Faure
- Du KOH
- Du NaOH
- DE l'eau distillée
- Un bécher
- Une plaque chauffante
- Une pince métallique à bicher
- Des verres à montre
- Des pipettes Pasteur
- Une pince entomologique
- Une loupe binoculaire



Figure 22. Matériel utilisé pour la détermination du sexe (Originale, 2017)

## 2. Méthodologie de travail

### 2.1. Elevage des coccinelles

Pour réaliser l'élevage de masse des coccinelles, nous avons effectué plusieurs échantillonnages dans la commune d'Ath Douala située à 17 Km du centre de la wilaya de Tizi-Ouzou et à 55 Km de la mer méditerranéenne, à une altitude de 850 m. Le matériel

biologique est constitué de deux espèces de coccinelles *C. algerica* avec 45 individus adultes et *H. variegata* avec 11 individus adultes récoltés sur des plants de fève *Vicia faba*. L'échantillonnage a duré un mois du 12 avril jusqu'au 12 mai.

L'élevage est effectué dans les conditions d'humidité et de température du laboratoire, au sein du laboratoire d'Entomologie de la Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Les individus des deux espèces de coccinelles récoltées ont été mis séparément dans deux boîtes en plastique de forme carrée (19 x 19 cm), bien nettoyées et séchées. Du papier plissé en accordéon est mis dans la boîte d'élevage pour augmenter la surface de ponte. Le couvercle des boîtes a été découpé pour placer la moustiquaire à mailles fines afin d'assurer une bonne aération (Fig. 23).

Les adultes de *C. algerica* sont nourris quotidiennement de pucerons noirs de la fève (*A. fabae*). Chaque couple est placé dans une boîte de pétri en plastique, où nous les surveillons pour calculer la durée moyenne de l'accouplement. Une fois que l'accouplement est achevé nous remettons le mâle à la boîte d'élevage, tandis que la femelle reste dans la boîte de pétri.

Les adultes d'*H. variegata* ont été nourris de la même espèce de pucerons (*A. fabae*). Nous avons surveillé la ponte de cette coccinelle et nous avons utilisé les œufs pour l'étude du cannibalisme.

Les boîtes d'élevage et les boîtes de pétri sont nettoyées et séchées quotidiennement pour éviter l'accumulation des déchets qui favorisent la formation de moisissures.

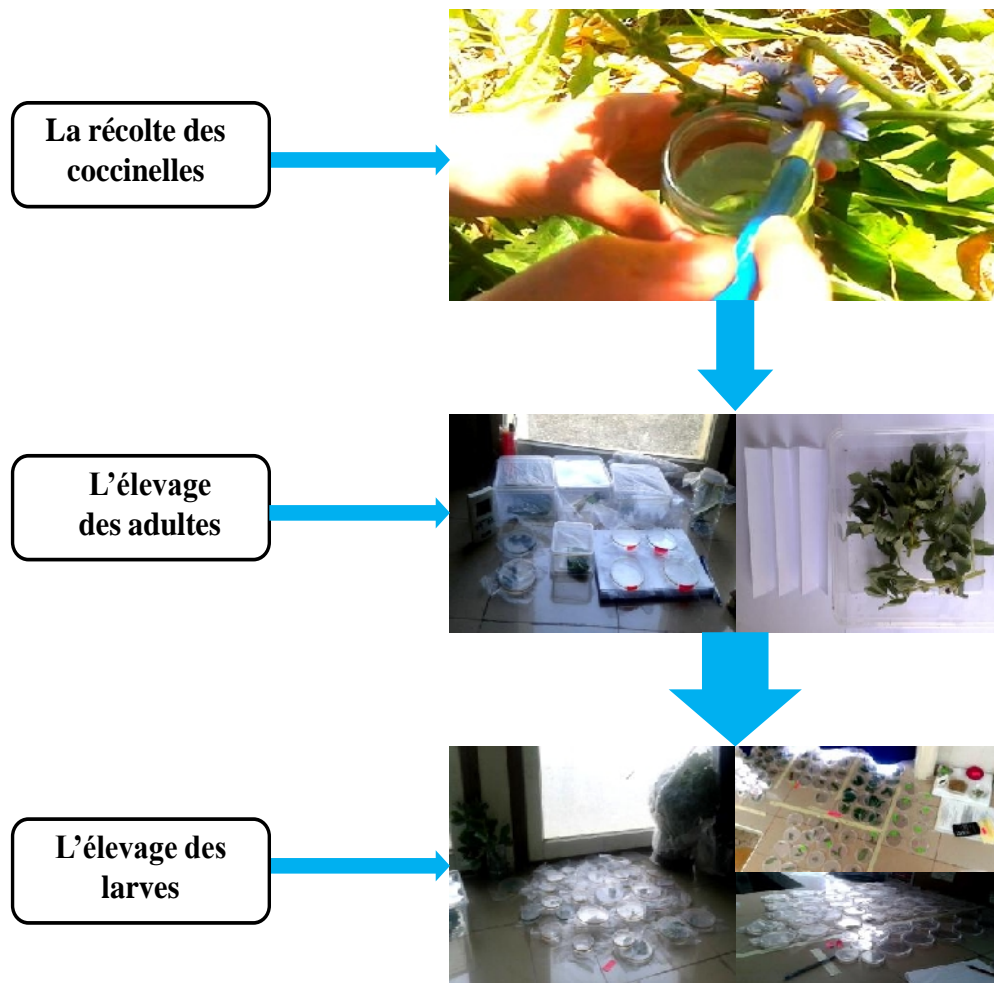


Figure 23. Méthode d'élevage de *Coccinella algerica* (Originale, 2017)

## 2.2. Détermination de la quantité de nourriture nécessaire à la ponte

Les femelles ont besoin d'une certaine quantité de nourriture pour pouvoir pondre. Pour connaître cette quantité, nous avons suivi la consommation des femelles accouplées jusqu'à la ponte.

L'expérimentation est effectuée sur 37 couples de *C. algerica* provenant de l'élevage de masse. Les femelles une fois accouplées sont mises séparément dans les boîtes. Sur chacune des boîtes nous mentionnons la date de l'accouplement. Une centaine de pucerons d'*A. fabae* est offerte pour chaque femelle (équivalant à 4 mg). La quantité de pucerons ingérée est vérifiée quotidiennement en comptant le nombre de pucerons non ingérés. Chaque 24 heures, la même quantité de pucerons est renouvelée et ce jusqu'à la ponte.

L'observation des pontes de *C. algerica* se fait à l'œil nu, tandis que le comptage des œufs est réalisé soit sous la loupe manuelle ou bien sous la loupe binoculaire.

### 2.3. Détermination de la durée d'incubation

La durée d'incubation représente le temps qui s'écoule de la ponte jusqu'à l'éclosion. Après la ponte, les œufs de *C. algerica* sont récupérés soit en coupant un bout du papier plissé ou un fragment de fève si la femelle a pondu sur ses derniers, ou à l'aide d'un petit pinceau humidifié si les œufs sont déposés sur la paroi des boîtes. Cette opération se fait délicatement du fait de la fragilité des œufs. Ces derniers sont mis séparément dans des boîtes de pétri avec une étiquette mentionnant la date de ponte et le nombre d'œufs pondus. Et cela pour les 30 répétitions effectuées.

### 2.4. Détermination de la quantité de nourriture nécessaire à la mue

Le but de l'étude est de déterminer la quantité de nourriture nécessaire pour pouvoir muer. Après l'éclosion des œufs de *C. algerica*, 30 larves du premier stade sont récupérées à l'aide d'un pinceau souple et mises individuellement dans des boîtes de pétri recouvertes de moustiquaire renforcée à l'aide d'un élastique afin les protéger contre les fourmis. Les larves sont nourries quotidiennement d'*A. fabae* (une vingtaine pour les deux premiers stades et une centaine pour les derniers stades). Le nombre de pucerons ingérés est noté chaque 24 heures tout en surveillant les mues indiquant le changement du stade larvaire.

### 2.5. Cannibalisme

Notre travail a pour but d'évaluer le cannibalisme des larves et des adultes de *C. algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce et vis-à-vis des œufs d'*H. variegata*.

Pour la réalisation de cette étude, nous avons effectué 12 expérimentations avec 30 répétitions pour chacune. Les individus utilisés sont nourris pendant 24 heures avant de les laisser à jeûne pendant 1 heure pour les deux premiers stades et pendant 3 heures pour les derniers stades et les adultes :

- Les larves du premier stade de *C. algerica* consommant les œufs de *C. algerica*
- Les larves du premier stade de *C. algerica* consommant les larves L1 *C. algerica*
- Les larves du deuxième stade de *C. algerica* consommant les œufs de *C. algerica*
- Les larves du troisième stade de *C. algerica* consommant les œufs de *C. algerica*
- Les larves du troisième stade de *C. algerica* consommant les larves L1, L2, L3 de *C. algerica*
- Les larves du quatrième stade de *C. algerica* consommant les œufs de *C. algerica*

- Les larves du quatrième stade de *C. algerica* consommant les larves de *C. algerica*
- Les larves du cinquième stade de *C. algerica* consommant les œufs de *C. algerica*
- Les larves du cinquième stade de *C. algerica* consommant les larves de *C. algerica*
- Les adultes de *C.algerica* consommant les œufs de *C. algerica*
- Les adultes de *C.algerica* consommant les larves de *C. algerica*
- Les larves du premier stade de *C. algerica* consommant les œufs d'*H. vareigata*

## 2.6. Etude du sexe ratio

Afin d'étudier le sexe ratio, nous avons utilisé 68 individus adultes issus de l'élevage de masse. Un montage des génitalia est réalisé.

### 2.6.1. Montage des génitalia des coccinelles

Les génitalia dont les caractères de détermination sont souvent microscopiques, doivent être montés entre lame et lamelle. La technique de préparation est similaire à celle utilisée par Matile (1993). Elle comprend plusieurs étapes. La première consiste à placer l'insecte dans un Bécher de 100 ml de volume, contenant une solution aqueuse à 10 % de potasse (KOH). Une petite incision est faite latéralement sur le corps de l'insecte pour favoriser la pénétration de la potasse (Fig. 24). Cette opération vise l'élimination des organes non sclérotinisés comme le tube digestif et le corps gras. Ainsi, le contenu du Bécher est porté à ébullition pendant 10 minutes. La seconde étape consiste à éliminer les traces de potasse contenues dans l'échantillon. Pour cela dans un verre de montre contenant de l'eau distillée, la pièce est placée durant 10 minutes. L'échantillon peut être mis directement dans un verre de montre dans de l'éthanol à 70 °. La troisième étape vise à déshydrater l'échantillon. Un autre bain, dans de l'alcool 100 ° est indispensable. La quatrième phase est une imprégnation pendant 1 seconde dans un verre d'une solution de toluène. La cinquième étape est le montage des génitalia dans une goutte de liquide de Faure entre lame et lamelle. L'identification se fait en observant les détails de la morphologie des organes génitaux à l'aide d'une loupe binoculaire.

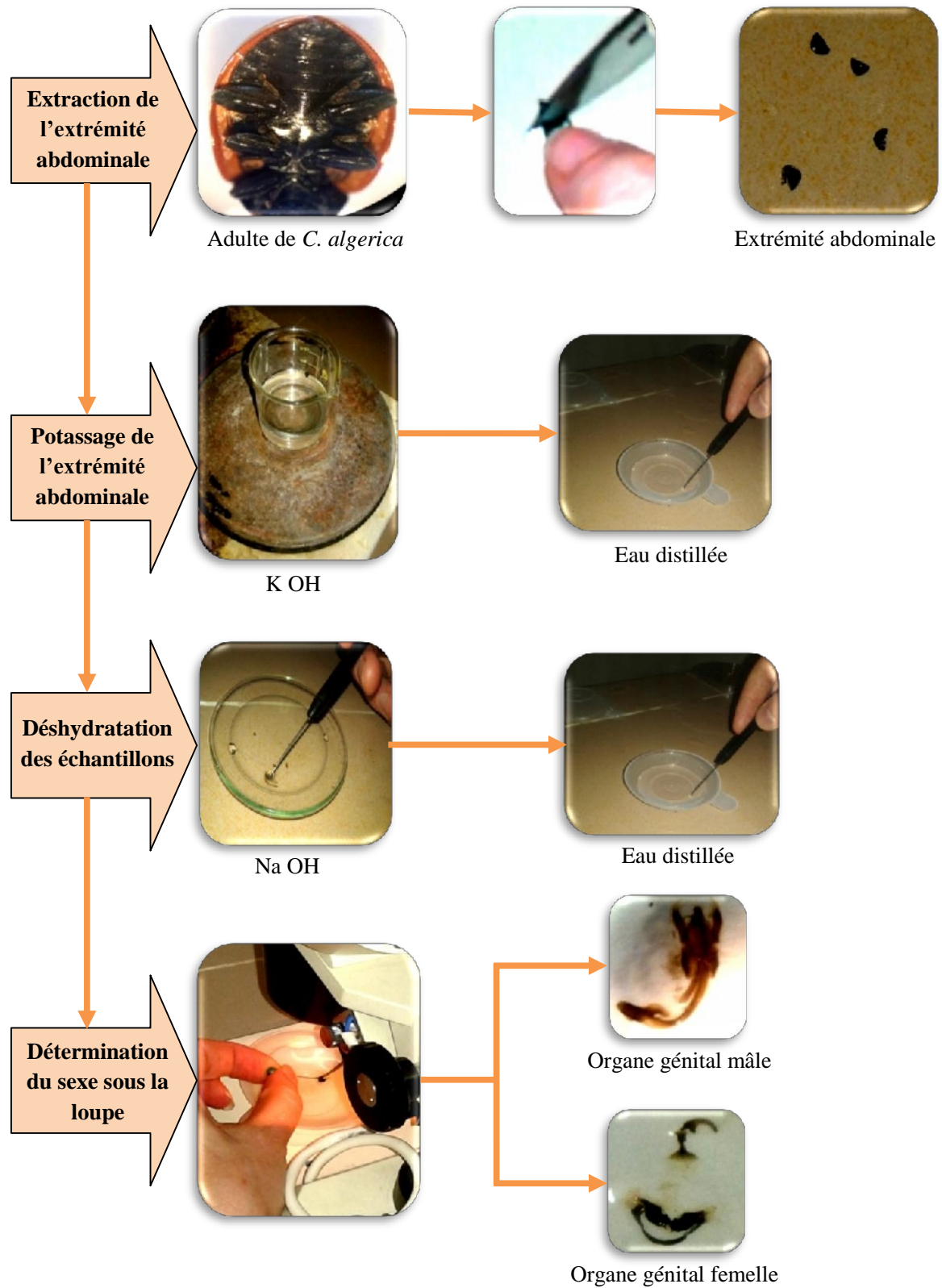


Figure.24. Montage des génitalias des mâles et femelles de *Coccinellaalgerica* (Originale, 2017)

### 3. Exploitation des résultats par les méthodes statistiques

#### 3.1. Droite de régression linéaire

La droite de régression linéaire est un modèle de régression d'une variable expliquée sur une ou plusieurs variables explicatives, dans lequel nous posons l'hypothèse que la fonction qui relie les variables explicatives à la variable aléatoire  $y$  et un vecteur de variable aléatoire  $x$  (Legras et Kohler, 2007).

#### 3.2. Analyse en composante principale (ACP)

L'Analyse en composante principale est une technique de description statistique qui nous permet d'apprécier les résultats des groupes de paramètres dont l'interprétation devient de plus en plus complexe lorsque leurs dimensions et leurs nombre augmentent. Elle est décrite comme un mode de représentation graphique des tables de contingences (Delagarsde, 1983).

#### 3.3. Matrice de corrélation

La matrice de corrélation sert à exprimer la corrélation existant entre les différents paramètres étudiés. Celle-ci sert à exprimer la corrélation entre les différents paramètres étudiés.



Les résultats obtenus sur la biologie de *C. algerica* sont présentés et discutés dans ce chapitre.

## 1. Résultats

### 1.1. Détermination de la quantité de nourriture nécessaire à la ponte (30 répétitions)

Les résultats de la quantité de nourriture (*A. fabae*) nécessaire à la ponte de *C. algerica* sont enregistrés dans le tableau suivant :

**Tableau 1. Quantité de nourriture (*A. fabae*) nécessaire pour déclencher la ponte de *C. algerica***

Répétition	Nombre de pucerons offert	Nombre de pucerons ingérés	Durée Préoviposition (Jour)
1	300	48	5
2	300	90	3
3	300	89	3
4	300	80	3
5	300	77	3
6	300	79	3
7	300	75	3
8	300	89	3
9	300	80	3
10	300	86	3
11	300	83	3
12	300	90	3
13	300	99	3
14	300	94	3
15	300	100	2
16	300	190	2
17	300	193	2
18	300	184	2
19	300	200	2
20	300	200	2
21	300	203	2

22	300	194	2
23	300	193	2
24	300	192	2
25	300	192	2
26	300	190	2
27	300	207	2
28	300	200	2
29	300	199	2
30	300	213	2
<b>Moyenne</b>	<b>300</b>	<b>140,30</b>	<b>2,6</b>

Le nombre de pucerons ingérés varie d'une femelle à une autre. *C. algerica* consomme en moyenne 140,3 pucerons l'équivalent de 56,12 mg pour une période de 2,6 jours. La durée maximale pour déclencher la ponte est de 5 jours lorsque le nombre de pucerons ingérés est de 48 (Tab.1). Cette durée est minimale (2 jours) lorsque le nombre de pucerons ingérés est compris entre 100 et 213. La durée est d'autant plus courte que le nombre de pucerons ingérés par la femelle est important.

### 1.2. Détermination de la durée d'incubation des œufs et de la fertilité de *C. algerica*

Les résultats de la durée d'incubation des œufs et de la fertilité de *C. algerica* nourrie d'*A. fabae* dans les conditions de laboratoire sont regroupés dans le tableau 2.

**Tableau 2. Durée d'incubation des œufs et fertilité de *C. algerica* nourrie avec des pucerons noirs dans les conditions du laboratoire**

Répétitions	Nombre d'œufs pondus	Nombre d'œufs éclos	Fertilité (%)	Durée d'incubation (jour)	Température moyenne (° C)	Humidité relative moyenne (%)
1	50	42	84	05	21,88	50,14
2	54	44	81,48	05	21,73	48,77
3	50	37	74	04	21,81	53,43
4	57	50	87,72	04	21,72	45
5	30	25	83,33	04	21,85	47,51

6	40	36	90	04	21,85	47,51
7	45	41	91,11	05	21,98	49,70
8	40	35	87,50	05	21,70	48,66
9	34	30	88,24	04	22,42	49,87
10	51	45	88,24	04	22,42	49,87
11	26	26	100	04	22,42	49,87
12	32	32	100	05	21,87	51,93
13	44	42	95,45	05	22,84	55,71
14	52	41	78,85	04	23,02	55,75
15	42	41	97,62	03	23,04	55,50
16	155	125	80,65	02	24,71	44,70
17	31	29	93,55	03	24,87	43,14
18	37	36	97,30	02	24,87	43,14
19	35	28	80	02	24,92	43,90
20	76	63	82,89	02	24,92	43,90
21	51	43	84,31	02	24,92	43,90
22	45	41	91,11	02	24,92	43,90
23	72	57	79,17	02	24,92	43,90
-24	69	27	39,13	02	25,06	45
25	37	37	100	03	25,50	44,20
26	50	48	96	03	25,50	44,20
27	43	20	46,51	03	25,50	44,20
28	105	97	92,38	03	25,50	44,20
29	38	38	100	03	25,35	44,75
30	77	73	94,81	03	25,35	44,75
<b>Moyenne</b>	<b>52,27</b>	<b>44,30</b>	<b>86,18</b>	<b>3,4</b>	<b>24,49</b>	<b>47,37</b>

La durée d'incubation des œufs de *C. algerica* nourrie de pucerons noirs de la fève varie entre 2 et 5 jours pour des températures moyennes de 21,70 °C et 25,50 °C et respectivement des humidités relatives de 44,20% et 48,66% (Tab. 2).

La durée d'incubation diminue lorsque la température augmente. Elle est de 2 jours à des températures moyennes qui varient entre 24,71 °C et 25,06°C. Elle est de 5 jours lorsque les températures sont plus basses (21,70 °C et 22,84°C).

### 1.3. Quantité de nourriture nécessaire à la mue

Les résultats de la quantité de nourriture consommée par chaque stade de développement sont illustrés dans la figure suivante :

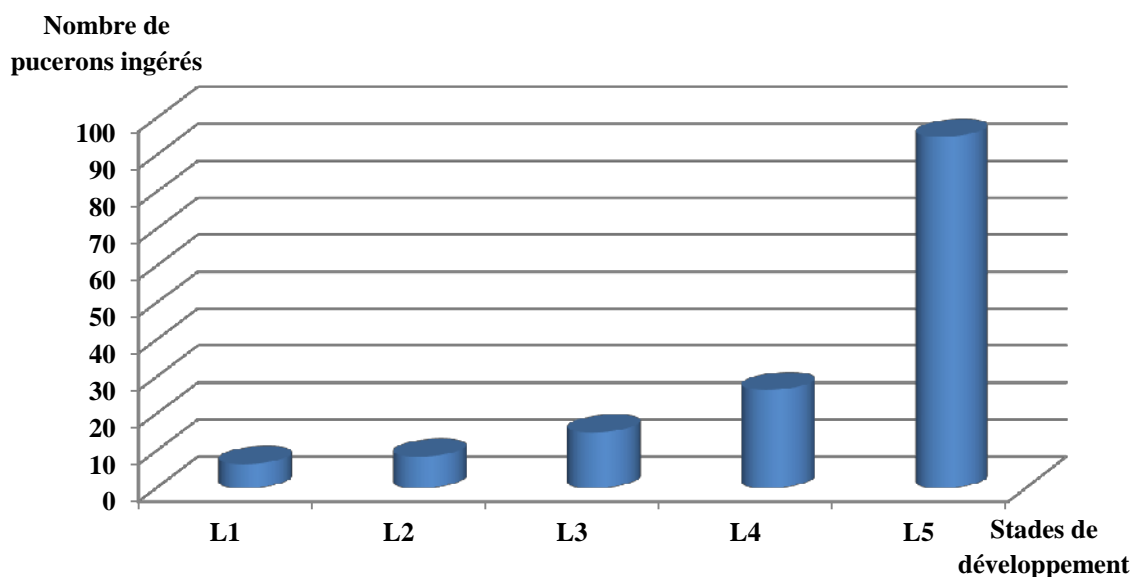


Figure 25. Quantité de nourriture ingérée par chaque stade larvaire

La figure 25 montre que la voracité des larves de *C. algerica* vis-à-vis des pucerons de la fève, varie selon le stade de développement. Il est à remarquer que la consommation de pucerons augmente au fur et à mesure que la larve grandit et mue. La quantité moyenne de pucerons ingérée, la plus basse est notée chez les larves L1. Elle est de 6,5 pucerons par jour, alors que la quantité moyenne de pucerons consommée la plus élevée est enregistrée chez les larves L5 atteignant 95 pucerons par jour.

### 1.4. Durée moyenne du cycle de développement de *C. algerica*

La figure 26 illustre la durée moyenne des différents stades du cycle de développement de *C. algerica* nourris d'*Aphis fabae*.

Le cycle de développement de *C. algerica* s'effectue en moyenne de 25 jours à une température moyenne de 22,82°C et une humidité relative moyenne de 48,29%.

Après l'accouplement qui dure en moyenne 37 minutes, la femelle pond de 26 à 105 œufs, soit isolément ou en petit groupe. Après une incubation de quatre jours en moyenne ces derniers éclos. A partir de là commence le développement larvaire qui passe par cinq stades larvaires (L1, L2, L3, L4 et L5). Le développement larvaire s'effectue en une moyenne en 15

jours. Arrivée au terme de son développement, la larve du dernier stade s'immobilise en passant par la prénymphe qui dure 3 à 4 jours avant de se nymphoser pendant 24 heure. La durée de la métamorphose est d'environ 4 jours. L'émergence de l'adulte a lieu par la suite (Fig. 26).

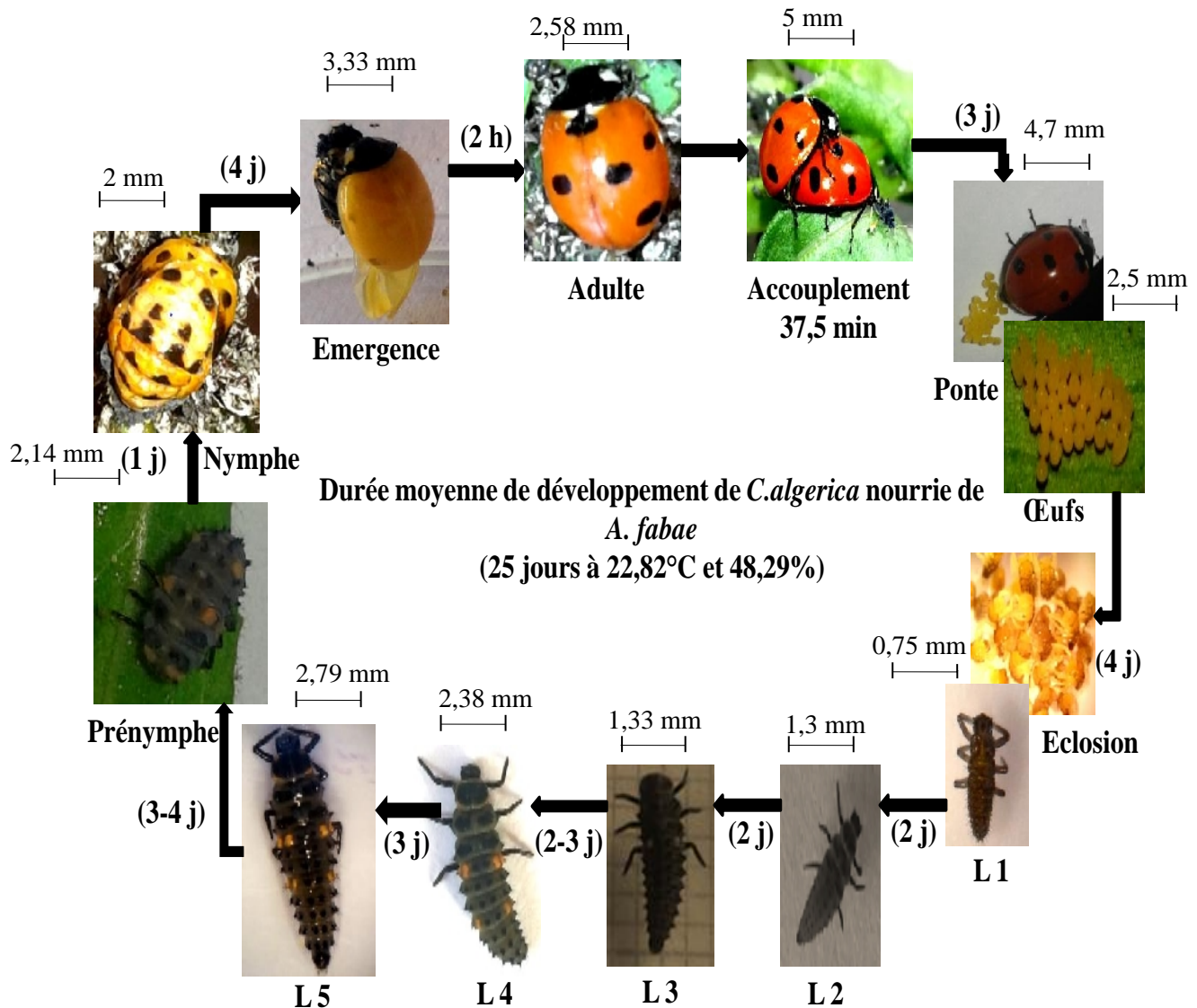


Figure 26. Cycle biologique de *Coccinella algerica* (Originale, 2017)

### 1.5. Sexe ratio (68 individus)

Après émergence des adultes issus de l'élevage de *C. algerica*, le montage des génitalia nous a permis d'observer l'appareil génital femelle (Fig.27) et l'appareil génital mâle (Fig. 28). Les résultats obtenus permettent de dire que le sexe ratio est en faveur des femelles avec 60% (Fig.29).

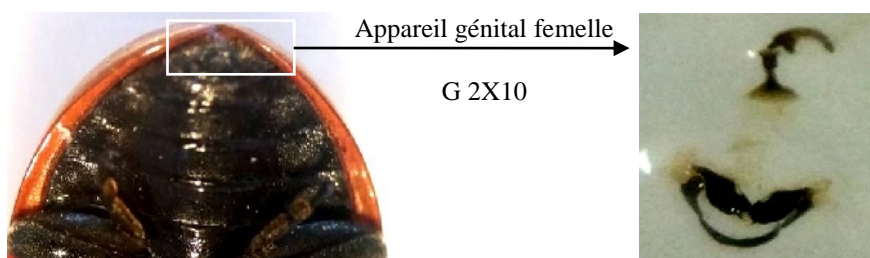


Figure 27. Appareil génital femelle (Originale, 2017)



Figure 28. Appareil génital mâle (Originale, 2017)

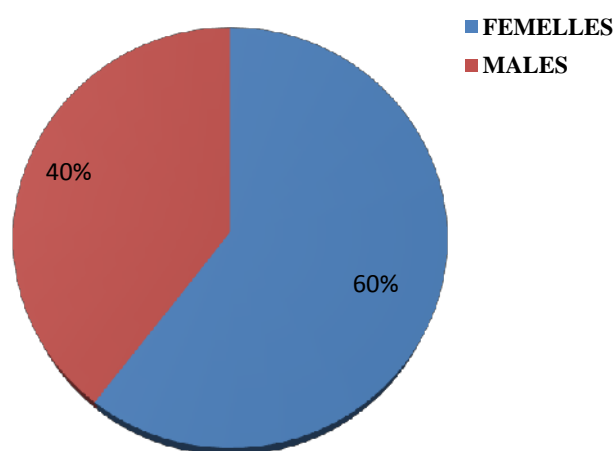
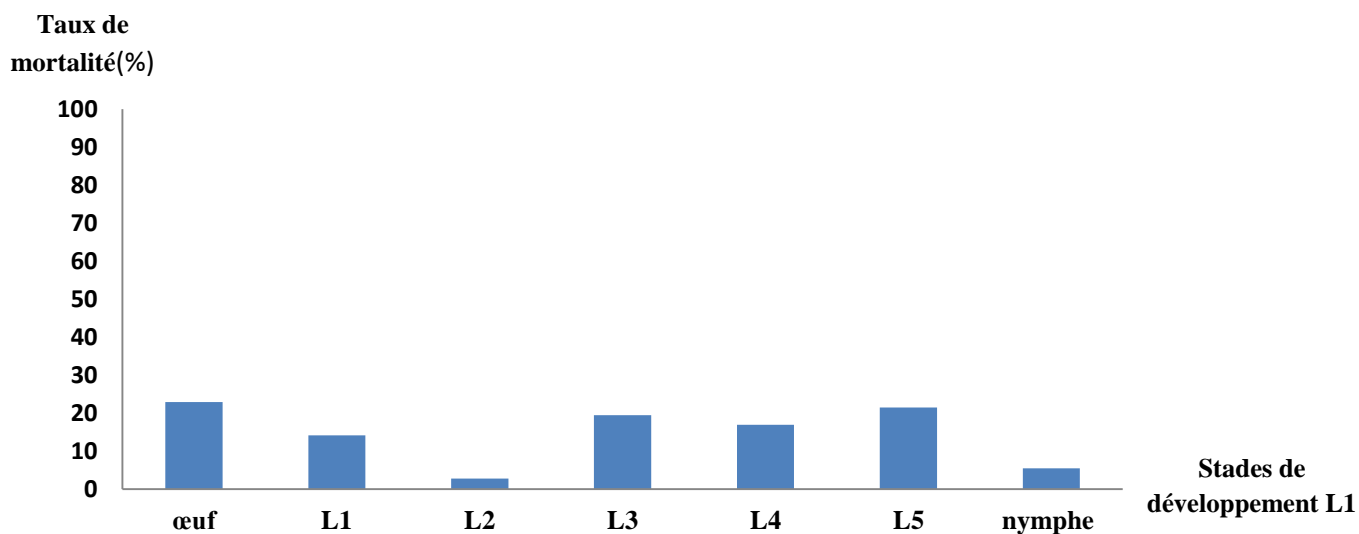


Figure 29. Représentation du sexe ratio chez *Coccinella algerica*

### 1.6. Taux de mortalité naturelle des différents stades de développement

Pour l'étude de ce paramètre, nous avons relevé le nombre de larves qui meurent à chaque stade de développement par un simple calcul d'addition du nombre d'individus. Les résultats enregistrés sont illustrés par la figure 30.



**Figure 30. Taux de mortalité naturelle des différents stades de développement de *Coccinella algerica***

La mort des individus des différents stades de développement varie d'un stade à un autre. Toutefois, nous avons enregistré une mortalité assez importante chez les œufs et les larves du cinquième stade avec des taux de mortalité de respectivement 21,51 % et 22,94%. La mortalité la moins élevée est notée chez les larves du deuxième stade et le stade nymphal avec un taux moyen de 2,8 % et 5,48% respectivement (Fig.30).

### **1.7. Cannibalisme des différents stades de développement de *C. algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce**

Nous avons étudié le cannibalisme pour tous les stades de développement qui comprend les 5 stades larvaires et le stade adulte.

#### **1.7.1 Cannibalisme des larves L1 de *C. algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce**

La figure 31 représente les résultats du cannibalisme des larves L1 de *C.algerica* après 1 heure de jeûne et laissées en contact pendant 24 heures avec les œufs et les larves L1 de la même espèce.

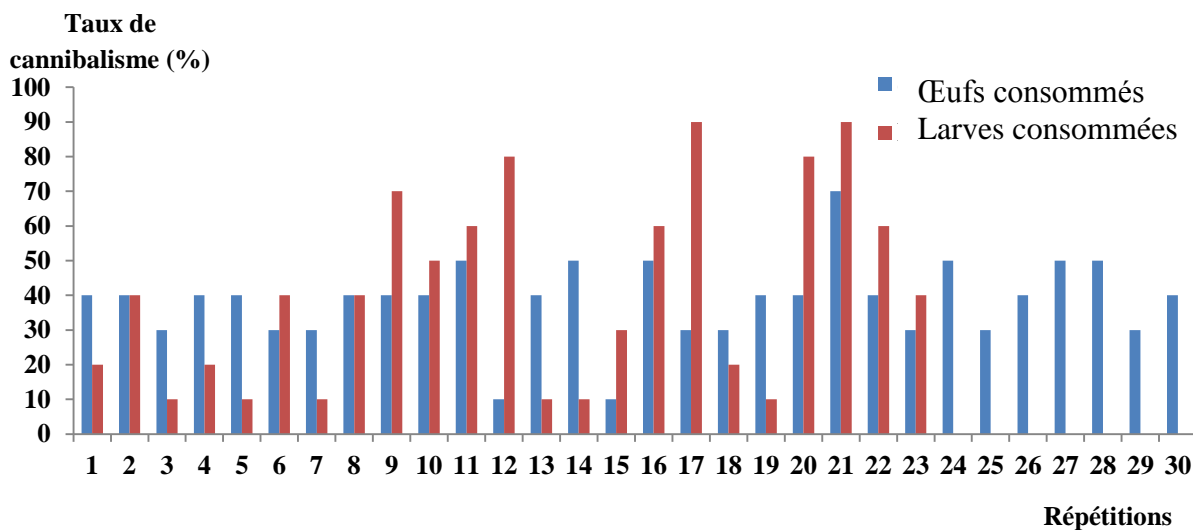
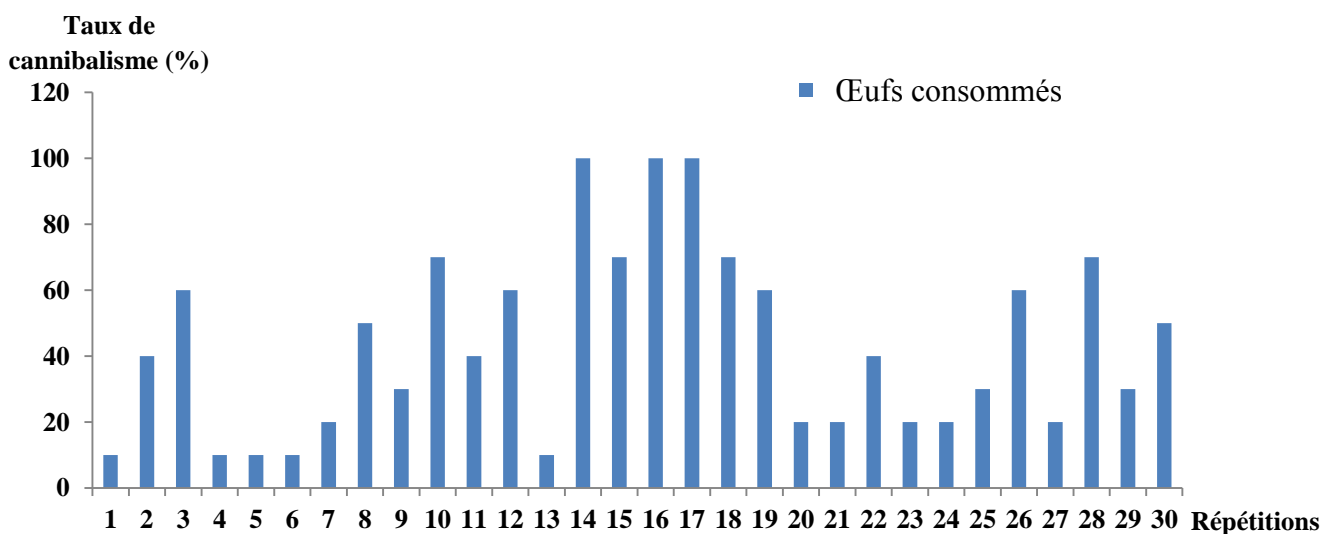


Figure 31. Cannibalisme des larves L1 de *Coccinella algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce

Après 1 heure de jeûne, le cannibalisme pratiqué par les L1 est très important. Le taux d’ingestion des œufs par les larves L1 de *C.algerica* est compris entre 10 % et 70%, avec 30% des individus qui consomment plus de 50 % de larves et 23 % qui consomment plus de 50 % d’œufs. (Fig.31).

### 1.7.2. Cannibalisme des larves L2 de *C. algerica* vis-à-vis des œufs de la même espèce

Les résultats du cannibalisme des larves L2 de *C. algerica* vis-à-vis des œufs de la même espèce après 1 heure de jeûne et laissées en contact pendant 24 heures, sont mentionnés dans la figure 31.

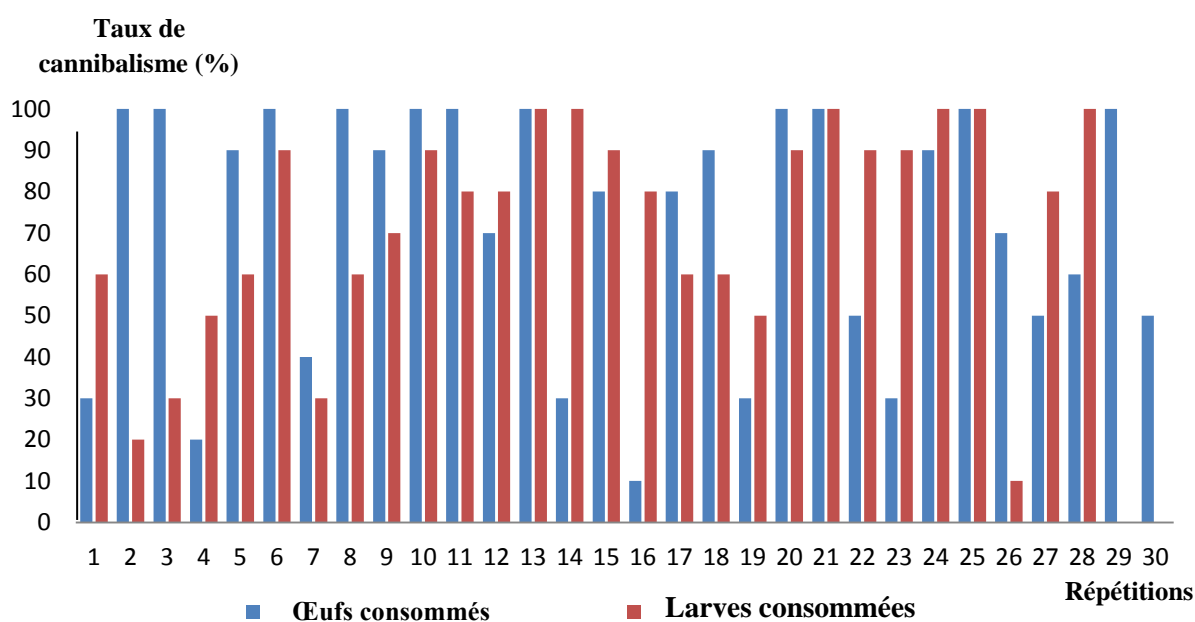


**Figure 32. Cannibalisme des larves L2 de *Coccinella algerica* vis-à-vis des œufs de la même espèce**

Le cannibalisme pratiqué par les larves du deuxième stade L2 de *C. algerica* après une heure de jeûne vis-à-vis des œufs de leur propre espèce est important. Il varie entre 10% et 100% d'œufs consommés (Fig. 32) 10 % des larves L2 pratiquent le cannibalisme à 100 % vis-à-vis des œufs.

### 1.7.3. Cannibalisme des larves L3 de *C. algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce

Les résultats du cannibalisme des larves L3 après 3 heures de jeûne et laissées en contact pendant 24 heures avec les œufs et les larves de *C. algerica* sont illustrés par la figure 33.

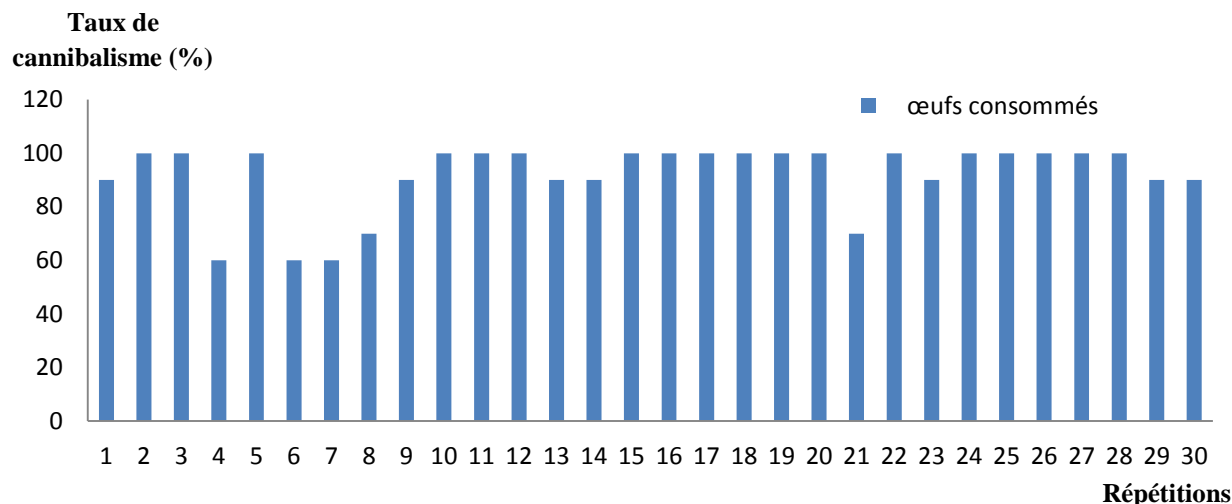


**Figure 33. Cannibalisme des larves L3 de *Coccinella algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce**

Les résultats obtenus après 3 heures de jeûne, montrent que le cannibalisme pratiqué par les larves du troisième stade L3 de *C. algerica* vis-à-vis de ses propres œufs et des larves L1 de la même espèce est très important. Il varie de 10% à 100% (Fig.33). Il atteint 100 % pour 37 % des individus vis-à-vis des œufs et pour 20 % des individus vis-à-vis des larves.

### 1.7.4. Cannibalisme des larves L4 de *C. algerica* vis-à-vis des œufs de la même espèce

Les résultats du cannibalisme des larves L4 vis-à-vis de ses propres œufs de la même espèce après 3 heures de jeûne et laissées en contact pendant 24 heures, sont mentionnés dans la figure 34.

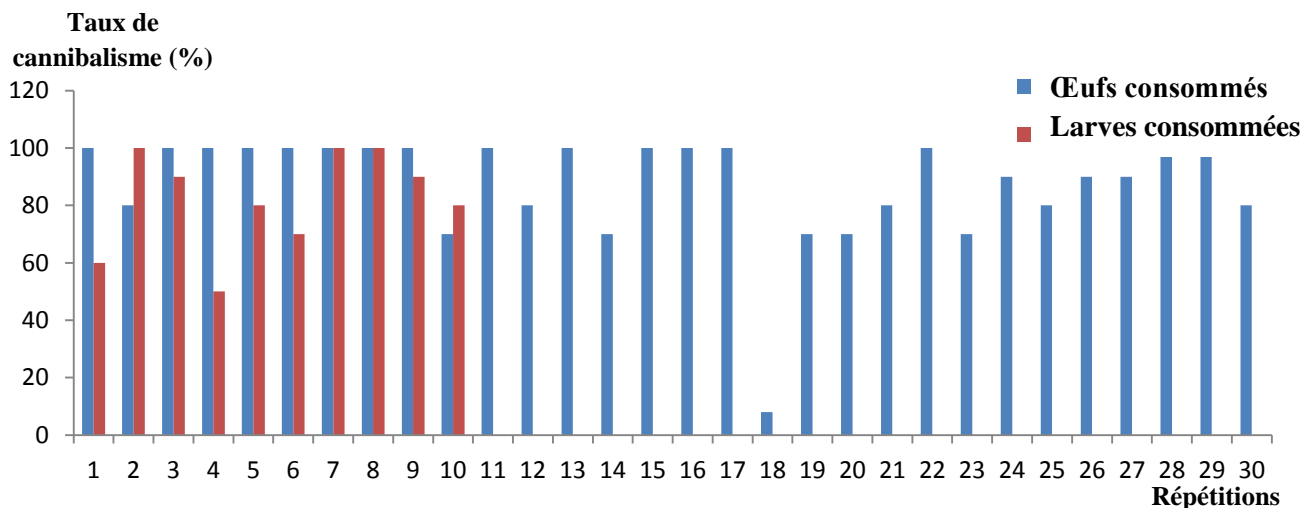


**Figure 34.** Cannibalisme des larves L4 de *Coccinella algerica* vis-à-vis de des œufs de la même espèce

La figure 34 montre que le cannibalisme des L4 pratiqué après trois heures de jeûne vis-à-vis des œufs de *C. algerica* varie de 60% à 100% d’œufs consommés. La majorité des individus consomment tous les œufs octroyés (Fig. 34).

### 1.7.5. Cannibalisme des larves L5 de *C. algerica* vis-à-vis des œufs de la même espèce

Les résultats du cannibalisme des larves L5 de *C. algerica* vis-à-vis des œufs de la même espèce après trois heures de jeûne et laissées en contact pendant 3 heures, sont mentionnés dans l’histogramme suivant :

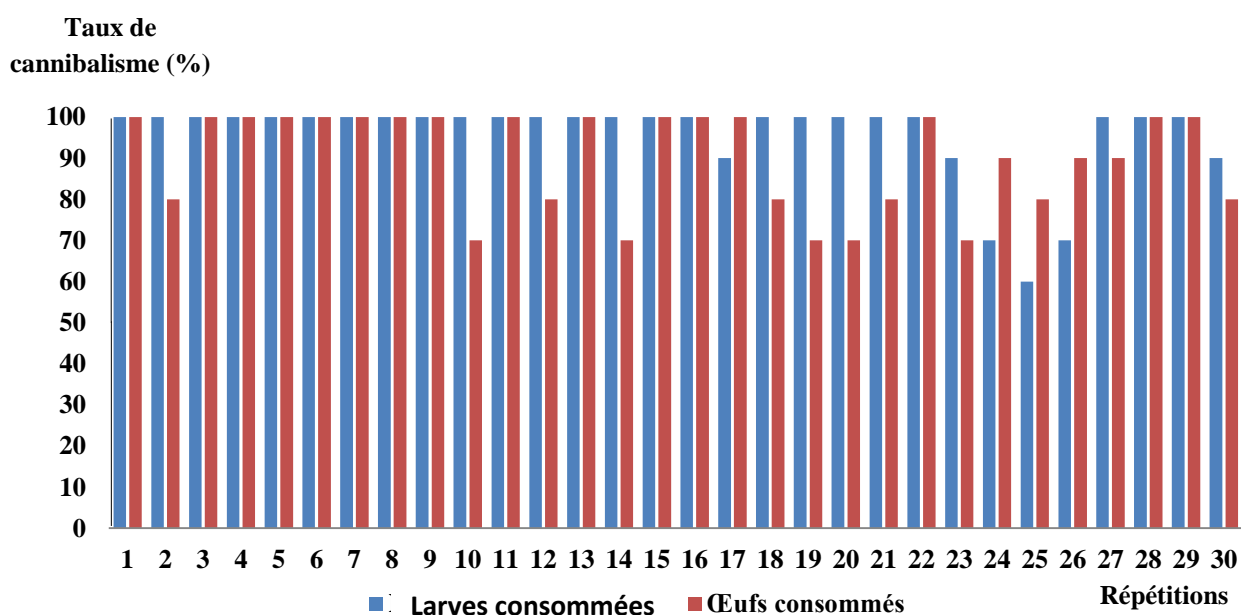


**Figure 35. Cannibalisme des larves L5 de *Coccinella algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce**

Les résultats obtenus démontrent la grande voracité des larves du cinquième stade de *C. algerica* vis-à-vis des œufs de sa propre espèce, avec un taux de cannibalisme qui varie de 70% à 100% pour la majorité des individus (Fig.35). Concernant, le cannibalisme vis-à-vis des larves L1, celui-ci varie de 50% à 100 %.

### 1.7.6. Cannibalisme des adultes de *C. algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce

Les résultats du cannibalisme des adultes de *C. algerica* après 3 heures de jeûne et laissées en contact pendant 1 heure avec les œufs et les larves de la même espèce sont représentés par la figure 36.



**Figure36. Cannibalisme des adultes de *Coccinella algerica* vis-à-vis des œufs et des larves de la même espèce**

Le cannibalisme pratiqué les adultes de *C. algerica* après 3 heures de jeûne sont très importants. En effet, les résultats obtenus montrent que le taux d'ingestion des œufs par les adultes est de 100 % pour 53 % des individus. 80 % des adultes consomment 100 % de larves(Fig.36).

### 1.8. Cannibalisme intragilde

Les résultats obtenus après avoir mis en contact des œufs d'*H. variegata* avec des larves affamées du premier stade L1 de *C. algerica*, sont présentés dans la figure 37.

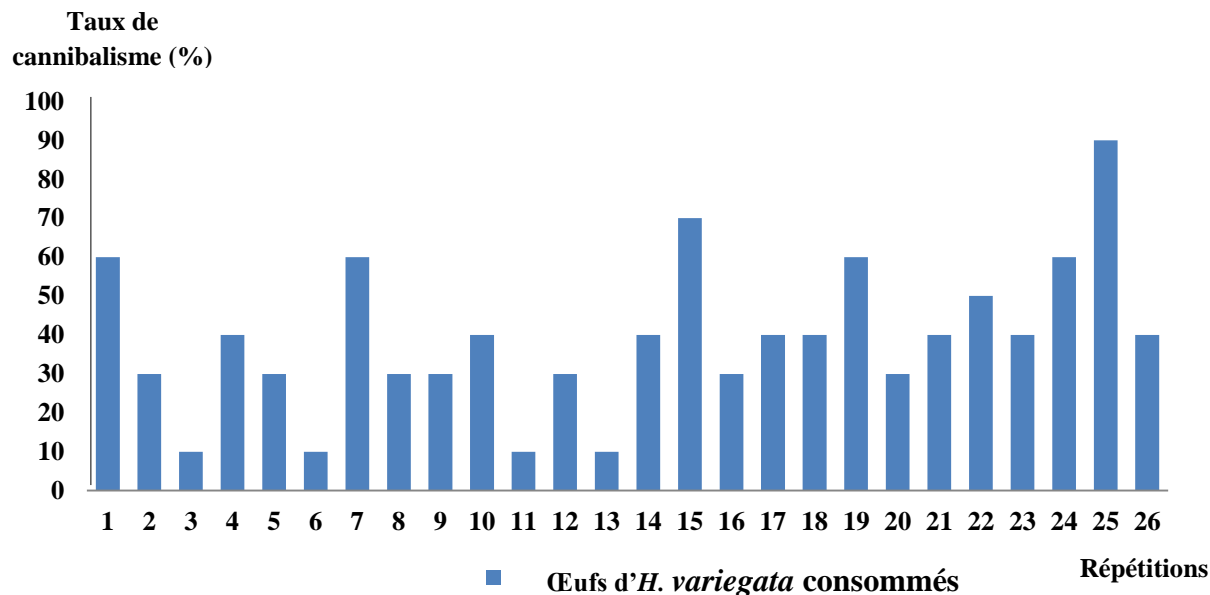


Figure 37. Cannibalisme intragilde des larves L1 de *Coccinella algerica* vis-à-vis des œufs d'*Hippodamia variegata*

Les résultats du cannibalisme des larves du premier stade L1 de *C. algerica* vis-à-vis des œufs d'*H. variegata* est assez important. Il est compris entre 10% et 90% (Fig.37).

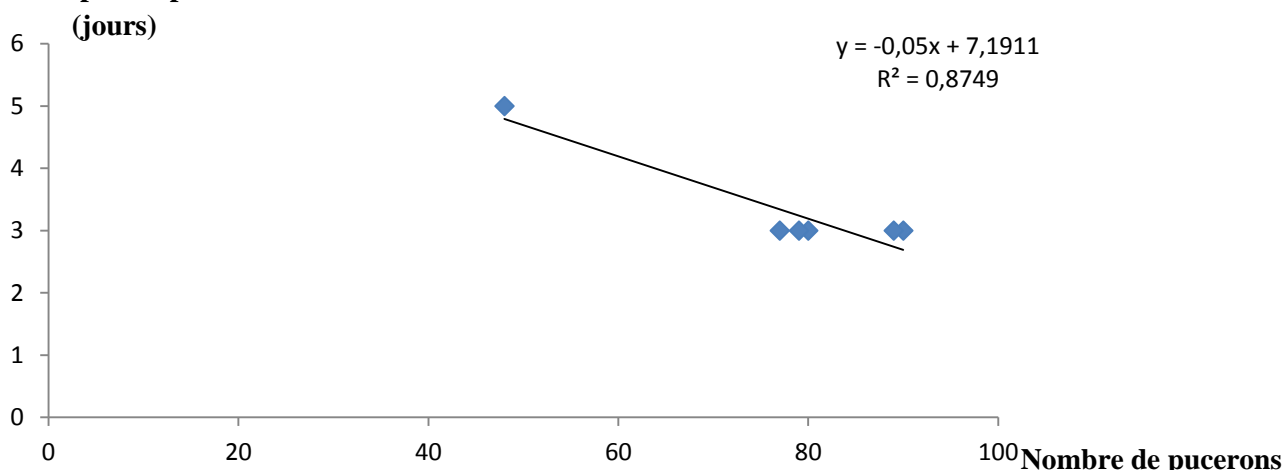
### 1.9. Exploitation des résultats par les méthodes statistiques

#### 1.9.1. Régression linéaire

##### 1.9.1.1. Corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la durée de pré-oviposition de *C. algerica*

La corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la durée qui permet à la coccinelle de pondre est illustrée dans la figure 38.

## Durée de pré-oviposition



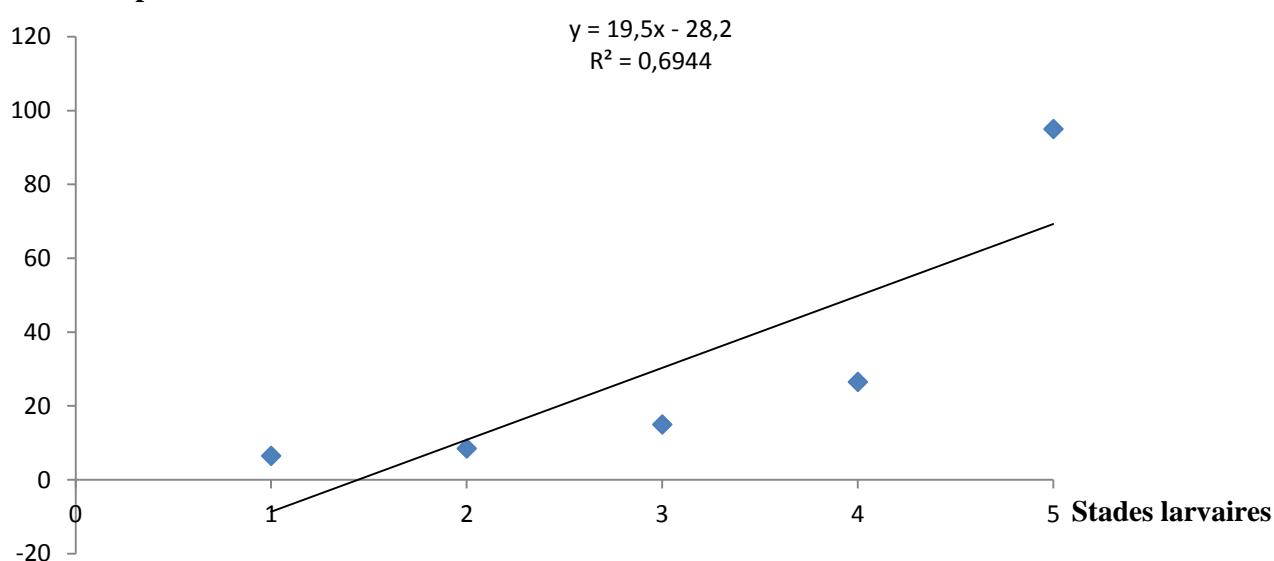
**Figure 38. Corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la durée de pré-oviposition de *Coccinella algerica***

Les résultats obtenus montrent qu'il existe une corrélation négative entre le nombre de pucerons ingérés et la durée qui permet à la coccinelle de pondre (Fig. 38). La corrélation linéaire est significative, marquée à  $p < 0,05$  avec  $y = -0,05x + 7,1911$ . Nous déduisons que la durée de pré-oviposition diminue quand une femelle de *C. algerica* dévore une grande quantité d'*A. fabae*.

### 1.9.1.2. Corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la mue des larves de *C. algerica*

La corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la mue des différents stades de développement de *C. algerica* est illustrée dans la figure 38.

## Nombre de pucerons

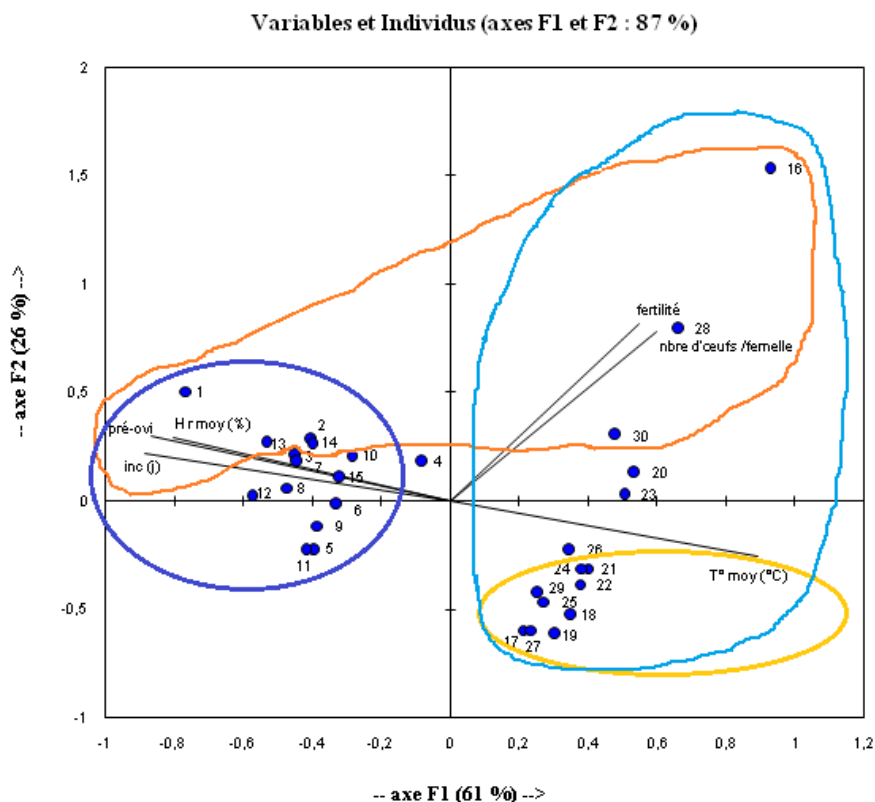


**Figure 39. Corrélation entre le nombre de pucerons ingérés et la mue des larves de *Coccinella algerica*.**

D'après la droite de régression linéaire (Fig. 39), la relation entre le nombre de pucerons ingérés et le processus de mue des différents stades larvaires de *C. algerica* est positivement corrélée. Donc plus le stade larvaire est avancé plus le nombre de pucerons ingérés augmente.

### 1.9.2. Analyse en composantes principales (ACP)

Afin de mettre en évidence les corrélations entre les différents paramètres biologiques étudiés de *C. algerica*, une ACP (Analyse en Composantes principales) a été réalisée. Elle est présentée dans la figure 40.



**Figure 40. Analyse en composantes principales de quelques paramètres biologiques de *Coccinella algerica***

L'analyse statistique multivariée a été effectuée sur les paramètres étudiés sur l'ensemble des répétitions (les individus), soit 30 répétitions pour lesquelles nous avons étudié six paramètres qui sont la préo-oviposition, le nombre d'œufs pondus, la durée d'incubation, le

nombre d'œufs éclos (fertilité), la température moyenne (°C) et l'humidité relative moyenne (%). Toutes ces données sont exprimées dans le plan factoriel F1 x F2 de l'ACP, qui détient 87% de l'information, dont 61 % sont expliqués par l'axe F1 et 26 % par l'axe F2 (Fig. 40).

L'axe F1 oppose le nombre d'œufs pondus, le nombre d'œufs éclos (fertilité), la température moyenne (°C) à l'humidité relative moyenne (%), la durée pré-oviposition et la durée d'incubation. Ce qui indique que ces trois derniers paramètres ne vont pas dans le même sens que les trois premiers paramètres cités, car plus la température augmente, plus la durée pré-oviposition et la durée d'incubation diminuent. Alors que l'augmentation de la durée de pré-oviposition et la durée d'incubation va avec l'augmentation de l'humidité relative moyenne. De même pour le nombre d'œufs éclos qui augmente avec l'augmentation du nombre d'œufs pondus.

L'axe F2 oppose la température moyenne (°C) à tous les autres facteurs. L'écart entre la température moyenne et le nombre d'œufs pondus avec le nombre d'œufs éclos est très faible. Donc l'influence de la température moyenne sur ces deux derniers facteurs n'est pas significative. Tandis que les résultats de l'influence de la température moyenne et de l'humidité relative moyenne sur la durée de pré-oviposition et la durée d'incubation est significative, car l'écart entre la température moyenne et les derniers facteurs est très important. Plus la température augmente, plus la durée de pré-oviposition et la durée d'incubation diminuent. Par contre, ces dernières augmentent avec l'augmentation de l'humidité relative. Celle-ci influe positivement sur ces paramètres.

### 1.9.3. Matrice de corrélation

Pour confirmer les résultats de l'analyse en composantes principales des paramètres étudiés, une matrice de corrélation est recommandée et les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Matrice de corrélation entre les paramètres étudiés**

	pré-oviposition	nombre d'œufs /femelle	fertilité	durée d'incubation (j)	température moyenne (° C)	humidité relative moyenne (%)
pré-oviposition	1	-0,28	-0,24	<b>0,78</b>	<b>-0,84</b>	<b>0,69</b>
nombre d'œufs /femelle	-0,28	1	<b>0,94</b>	<b>-0,37</b>	0,32	-0,25
fertilité	-0,24	<b>0,94</b>	1	-0,28	0,29	-0,22
durée d'incubation (j)	<b>0,78</b>	<b>-0,37</b>	-0,28	1	<b>-0,80</b>	<b>0,71</b>
température moyenne (° C)	<b>-0,84</b>	0,32	0,29	<b>-0,80</b>	1	<b>-0,70</b>

humidité relative moyenne(%)	<b>0,69</b>	-0,25	-0,22	<b>0,71</b>	<b>-0,70</b>	1
En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0.05 (test bilatéral)						

D'après la matrice de corrélation présentée dans le tableau 3, il y'a des valeurs significatives au seuil alpha=0,05. Les corrélations existantes sont les suivantes :

La durée d'incubation est en relation avec la durée de pré-oviposition avec un coefficient de corrélation  $r = 0,78$ . Ce qui signifie que l'augmentation ou la diminution de la durée de pré-oviposition vont avec celle de la durée d'incubation.

La température influence négativement sur la durée de la pré-oviposition et la durée d'incubation avec respectivement  $r = -0,84$  et  $r = -0,80$ . Ce qui veut dire que plus la température augmente, plus la durée de la pré-oviposition et la durée d'incubation diminuent.

L'humidité relative influence positivement sur la durée de pré-oviposition et sur la durée d'incubation et cela avec respectivement  $r = 0,69$  et  $r = 0,71$ . Ce qui signifie que plus l'humidité augmente, plus la durée de la pré-oviposition et la durée d'incubation augmentent.

Il existe aussi une relation entre le nombre d'œufs pondus par les femelles de *C. algerica* avec  $r = 0,94$  nous déduisons de ces résultats que plus le nombre d'œufs pondus est élevé plus le nombre de larves issues de ces derniers sera élevé.

## 2. Discussion

Les résultats obtenus montrent qu'une femelle de *C. algerica* accouplée a besoin d'une certaine quantité de nourriture pour pondre et que la durée qui lui permet de pondre est d'autant plus courte quand la quantité des pucerons ingérés par chaque femelle est très importante. Nos résultats concordent avec ceux de Benyoucef et Boudjema (2014) qui signalent que la durée qui permet à cette même espèce de coccinelle de pondre est en moyenne de 2,6 jours en consommant une quantité de pucerons de 24 mg en moyenne, à une température moyenne de 20,88 °C. De même, Chaoutene (2006) a mis en évidence que l'oviposition est en relation directe avec le nombre de pucerons ingérés. Cet auteur note que la durée d'incubation d'*H. variegata* est de 6 jours quand elle est alimentée d'*Aphis fabae*. Nos résultats vont également dans le même sens que ceux de Haddadj (2013), qui signale que la quantité de nourriture qui permet à la coccinelle *H. variegata* de pondre est de 22,5 mg à 25,2 mg et qu'elle est d'autant plus courte que la quantité de nourriture ingérée est grande. L'alimentation demeure un élément important susceptible de modifier le taux de multiplication des coccinelles, sa qualité et sa quantité influent directement sur le mécanisme de la reproduction et sur le rythme de la ponte (Ferran et Larroque ,1979in Benoufella-Kitous,

2015). Selon Saharaoui et Hemptinne (2009 cités par Benoufella-Kitous, 2015), la densité et l'activité des coccinelles aphidiphages sont en relation avec la densité de leurs proies.

La température et l'humidité relative influent sur la durée d'incubation de *C. algerica*. De l'étude de Benyoucef et Boudjema (2014), il apparaît que la fertilité des œufs est très élevée. Des taux supérieurs à 45,45 % et 100 % ont été enregistrés par ces auteurs pour des températures moyennes variant entre 21,2 °C et 24,25 °C. Nos résultats concordent avec ceux de Chaoutene (2006) qui estime que la durée moyenne d'incubation des œufs d'*H. variegata* est de 3,6 jours à une température de 28°C. Haddadj (2013) note que la durée moyenne d'incubation des œufs d'*H. variegata* est de 4 à 5 jours à température moyenne comprise entre 22,33 °C et 24 °C. Nos résultats confirment ceux de Saharaoui *et al.* (2001) qui notent que la durée d'incubation dans les conditions contrôlées est de 8 à 20 °C ; 3,7 jours à 25 °C et 2 jours à 30 °C. Selon Mehiaoui (2008 cité par Benyoucef et Boudjema, 2014), la durée d'incubation des œufs de *C. algerica* nourrie du puceron noir de l'oranger *T. aurantii* Boyer de Fonscolombe, 1841 varie en fonction de la température. Elle se situe entre 4 et 5 jours pour des températures moyennes de 23,2 °C et 24 °C et entre 6 à 7 jours pour des températures moyennes de 21,28 °C et 21,33 °C. De même, Schanderi *et al.* (1985 in Benoufella-Kitous, 2015) mentionnent que la durée d'incubation est de 9,2 jours à 15 °C ; 14,4 jours à 20 °C et 3,4 jours à 25 °C.

Le taux de fertilité des œufs est très élevé, il varie de 74 % à une température de 21,81 °C à 100 % pour des températures comprises entre 21,87 °C et 25,50 °C. Nos résultats sont similaires à ceux de Mehiaoui (2008 in Benyoucef et Boudjema, 2014), qui a noté des taux de fertilité de *C. algerica* variant de 66,66 % à 100 % pour des températures moyennes comprises entre 21,28 °C et 24 °C. Selon Benoufella-Kitous (2015), le taux de fertilité de la coccinelle à sept points est supérieur à 45,5 % et atteint 100 % pour des températures moyennes qui varient entre 21,2 °C et 24,3 °C. De même, Haddadj (2013) signale que le taux de fertilité des coccinelles varie de 68,18 % à une température de 20,33 °C à 100 % pour des températures comprises entre 22,33°C et 24 °C. Ces résultats sont également confirmés par l'étude d'Assameur (1994 cité par Benoufella-Kitous, 2015) qui affirme que la fertilité est très élevée quand les températures varient entre 20 °C et 25 °C, elle devient faible lorsque les températures s'élèvent et dépassent 30°C. Par ailleurs, Saharaoui *et al.* (2001) affirment que chez les espèces plurivoltines telle que *H. variegata*, une nette baisse de la fécondité est observée lorsque les températures augmentent et dépassent 30°C.

La voracité de *C. algerica* vis-à-vis des pucerons de la fève *A.fabae* augmente en passant d'un stade de développement à un autre. Les deux valeurs maximales sont marquées chez les larves du dernier stade L5 et les adultes. Nous estimons que cette augmentation est due à leur grande taille par rapport aux larves L1, L2, L3 et L4 qui sont plus petites.

Dans la présente étude, nous avons remarqué que le développement larvaire de *C. algerica* passe par cinq stades larvaires. Ce qui constitue un résultat original, dans la mesure où il est différent des résultats de tous les travaux menés sur les coccinelles en général et sur la coccinelle à sept points (*C. algerica*) en particulier, qui affirment que le développement larvaire des coccinelles passe uniquement par quatre stades larvaires. Il s'agirait peut-être d'une sous-espèce de *C. algerica*. Ce résultat demande à être confirmé.

Les résultats de ce travail montrent que le cycle de développement de *C. algerica* s'effectue en moyenne en 25 jours à une température moyenne de 22,82°C et une humidité relative moyenne de 48,29%. Ce cycle passe par cinq stades larvaires. La durée moyenne du développement larvaire et nymphal est de 18 jours à 23,03 °C. Ces résultats sont proches de ceux de Benoufella-Kitous (2015) qui signale que le cycle de développement de *C. algerica* est de 20,7 jours à une température moyenne de 22,7 °C. Saharaoui *et al.* (2001) affirment que la durée moyenne du développement larvaire et nymphal de cette coccinelle est de 19,48 jours à 20 °C ; 12,19 jours à 25 °C et de 6,76 jours à 30 °C. Benyoucef et Boudjema (2014) notent que cette durée est de 16,73 jours à 23,38 °C. Les résultats obtenus par Mehiaoui (2008 cité par Benyoucef et Boudjema, 2014) montrent que le développement *C. algerica*, s'effectue en 19,76 jours à une température de 24,15 °C. Les recherches menées à ce jour sur la biologie des coccinelles aphidiphages ont démontré que la quantité et la qualité de la nourriture est un élément indispensable pour le développement de ces prédateurs, en plus des facteurs abiotiques qui agissent également sur leur comportement naturel (Ferran et Larroque, 1979 in Benoufella-Kitous, 2015). Saharaoui *et al.* (2001) citent également la température comme un facteur important agissant sur la vitesse de la maturité sexuelle.

Après l'identification des mâles et des femelles issus de l'élevage de *C. algerica*, il s'est avéré que le sexe ratio est en faveur des femelles qui prédominent avec 60 %. Ce résultat est très intéressant dans la mesure où ce sont les femelles qui pondent et qui augmentent de ce fait le nombre d'individus de ces auxiliaires susceptibles de réduire les populations de ravageurs.

La mortalité naturelle est assez importante chez les œufs et les larves du premier stade L1. A notre avis, ces deux stades sont plus vulnérables que les autres stades où nous avons remarqué l'attaque des fourmis, ce qui pourrait expliquer le taux de mortalité élevé noté chez les trois derniers stades larvaires L3, L4, L5.

Plusieurs travaux ont été menés dans le but d'étudier le cannibalisme des larves du quatrième stade et les adultes de *C. algerica* vis-à-vis des œufs de la même espèce (Chaoutene, 2006 ; Benyoucef et Boudjema, 2014 ; Benoufella-Kitous, 2015). Dans le but de compléter l'étude du comportement du cannibalisme, nous avons étudié ce comportement chez tous les stades larvaires (L1, L2, L3, L4, L5) vis-à-vis des œufs et des larves de leur propre espèce. Nos résultats révèlent que le taux de cannibalisme des larves L4 et adultes vis-à-vis des œufs est le plus important avec respectivement 91,67% et 90 %. Ces résultats corroborent ceux d'Iperti et Brun (1978 in Benoufella-Kitous, 2015) qui affirment que la coccinelle à sept points *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758 manifeste un cannibalisme important. Les résultats de Benyoucef et Boudjema (2014) sont très proches des présents résultats avec 90 % de cannibalisme pour les larves L4 et de 84 % pour les adultes de *C. algerica*. Le phénomène de cannibalisme chez les coccinelles aphidiphages a été confirmé par l'étude de Mehiaoui (2008 in Benyoucef et Boudjema, 2014), qui note un taux d'ingestion des œufs de *C. algerica* par les larves L4 de la même espèce de 100%. Ces résultats sont proches de ceux de Chaoutene (2006) qui signale un taux de cannibalisme de 85 % chez les larves L4 d'*H. variegata* vis-à-vis des œufs de leur propre espèce. De même, Haddadj (2013) signale que pour *H. variegata*, le taux de cannibalisme est de 88 % chez les larves L4 et de 90 % chez les adultes.

Les résultats du cannibalisme intraguilde montre que les larves L1 de *C. algerica* préfèrent les œufs d'*H. variegata* avec un taux de 39,23% par rapport aux œufs de *C. algerica* avec un taux de 37,33%. Saharaoui (1994) rapporte que le cannibalisme est très courant chez les coccinelles aphidiphages, ce comportement a été souvent observé chez les larves et les adultes de *C. algerica* et d'*H. variegata* qui en l'absence de leur nourriture essentielle (pucerons) peuvent dévorer ou ingérer leurs propres œufs ou les œufs d'une autre espèce de coccinelle. De même, Dixon (2000 in Benoufella-Kitous, 2015) note que la particularité des coccinelles est de présenter un cannibalisme intense des larves entre elles et sur les œufs.

Le cannibalisme est très élevé chez les coccinelles aphidiphages, il constitue un facteur limitant quant à leur utilisation en lutte biologique. Il influe sur la dynamique des populations

des coccinelles et ainsi sur leur rôle régulateur des populations aphidiennes, au contraire des coccinelles coccidiphages, dont les œufs sont protégés du fait qu'ils sont pondus sous les boucliers des cochenilles (Saharaoui *et al.*, 2001).

Au terme de ce travail, où nous avons essayé d'apporter quelques contributions nouvelles sur l'étude du comportement biologique de *C. algerica* afin d'apporter un plus aux travaux déjà faits dans ce contexte. Les résultats obtenus ont permis de montrer que :

- La durée d'accouplement de *C. algerica* est en moyenne de 37.5 minutes dans les conditions de température et d'humidité du laboratoire.
- Une femelle accouplée de *C. algerica* a une durée moyenne de pré-oviposition qui varie selon les conditions nutritionnelles et climatiques. Cette durée est de 2,6 jours en consommant en moyenne 56 mg l'équivalent de 140 pucerons d'*Aphis fabae* et à une température moyenne de 24,49°C.
- La durée d'incubation des œufs de *C. algerica* diminue avec l'augmentation de la température, tandis que la fertilité ne semble pas être influencée par la température.
- La droite de régression linéaire montre que la voracité des larves et des adultes de *C. algerica* s'élève en passant d'un stade larvaire à un autre. Cette voracité est très importante au stade adulte.
- Le cycle biologique de *C. algerica* passe par cinq stades larvaires (L1, L2, L3, L4, L5), habituellement il y'a que quatre.
- La durée moyenne du cycle de développement de *C. algerica* est de 25 jours à une température moyenne de 22,82°C et une humidité relative moyenne de 48,29%.
- Le sexe ratio est en faveur des femelles avec 60% d'individus femelles par rapport au sexe mâle avec 40%.
- Le taux de mortalité naturelle est plus important chez les œufs et les larves du premier stade de *C. algerica* par rapport aux autres stades larvaires.

- Les larves de tous les stades larvaires et les adultes de *C. algerica* pratiquent le cannibalisme avec un taux très élevé à partir du troisième stade larvaire et qui est de 100% pour la plupart des adultes.
- Le cannibalisme intra guildes est également démontré dans cette étude avec une voracité assez importante des larves L1 de *C. algerica* envers les œufs d'*H. variegata*.

Malgré le grand succès marqué par l'utilisation des coccinelles aphidiphages dans le programme de lutte biologique contre les pucerons, voire leur grande voracité vis-à-vis de ces derniers, les pucerons ne cessent de pulluler. La mort naturelle enregistrée chez les différents stades de développement de *C. algerica*, ainsi que le taux élevé du cannibalisme pratiqué par tous les stades larvaires et adulte de cette coccinelle accompagné du cannibalisme intraguildes pourraient expliquer cet état de fait.

Il serait intéressant de poursuivre ce travail durant plusieurs années et sur d'autres espèces de coccinelles pour affiner les résultats. Les relations coccinelles-pucerons doivent être mieux étudiées pour une meilleure compréhension du rôle joué par ces aphidiphages dans le cadre d'une lutte intégrée.

- 1-Aberlenc P., 2011.** La faune auxiliaire des vignobles de France. Ed. France agricole, France. 422p.
- 2-Balachowsky A.S., 1962.** Entomologie appliquée à l'agriculture. Vol. I., T.I, Coléoptères. Ed. Masson et Cie, Paris. 503p.
- 3-Bellmann H., 2008.** Insectes et principaux Arachnides. Ed. Vigot, Paris. 440p.
- 4-Ben Halima-Kamel M., 2010.** Les ennemis naturels de *Coccinelle algerica* Kovar dans la région du sahel en Tunisie. Entomologie faunistique- Faunistic Entomology, 62 (3) : 97-101.
- 5-Ben Halima-Kamel M., Rebhi R. & Ommeziene A., 2011.** Habitats et proies de *Coccinellaalgerica*Kovar dans différentes régions côtières de Tunisie. Entomologie faunistique –faunisticEntomology, 63 (1): 35-45.
- 6-Benoufella-kitous K., 2015.**Bioécologie des pucerons de différentes cultures et de leurs ennemis naturels à Oued Aïssi et Draâ Ben Khedda (Tizi-Ouzou). Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, 334 p.
- 7-Benyoucef A. & Boudjema K., 2014.**Etude de quelques paramètres biologiques d'une coccinelle aphidiphage : *Coccinellaalgerica*Kovar, 1977 (Coleoptera : Coccinellidae).Mémoire. Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.68p.
- 8-Boué H. &Chanton R., 1974.** Zoologie I invertébrés. Ed. Doin, Paris. 559p.
- 9-Chaoutene K., 2006.** Etude de quelques paramètres biologiques de deux coccinelles aphidiphages : *Coccinellaalgerica*Kovar, 1977 et *Hippodamiavariegata*Goeze 1777 (Coleoptera : Coccinellidae). Mémoire. Master., Institut National d'Agronomie, El-Harrach. 68p.
- 10-Domenc D.& Grassé P.P., 1998.** Zoologie des invertébrés. Ed. Masson, Paris. 296p.
- 11-Delagarde j., 1983.** Initialisation à l'analyse des données. Ed. Dunod, Paris, 157p.
- 12-Durieux D.,2008.** Contribution à l'étude des mécanismes de prédation d'*Harmonia Axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae) responsables de sa plus grande compétitivité au sein de la guildes des aphidiphages. Université de Gembloux , Belgique.123p.
- 13-Haddadj N., 2013.**Etude de quelques aspects biologiques d'une coccinelle aphidiphage *Hippodamia(Adolia)variegata* Goeze,1777(Coleoptera :Coccinellidae).Mémoire.Master.Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 28 p.
- 14-Hautier L., 2003.** Impacts sur l'entomofaune indigène d'une coccinelle exotique utilisée en lutte biologique. Université Libre de Bruxelles.99p.
- 15-Grassé P.P., 1995.** Zoologie 1. Invertébrés. Ed. Masson, Paris. 263p.
- 16-Grassé P.P. &Doumenc D., 1998.** Zoologie des invertébrés. Ed. Masson, Paris. 296p.

- 17-Iablokoff- Khenzorian., 1982.** Les coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae), Tribu des Coccinellini des régions paléarctiques et orientale. Ed. Boubée, Paris. 558p.
- 18-Legras B. &Kohler F., 2007.** Eléments de statistique. A l'usage des étudiants de médecine et en biologie. Ed. Marketing S.A., Paris. 295 p.
- 19-Le Guellec G., 2008.** Insectes de Méditerranée Arachnides et Myriapodes. Ed. Compagnie des éditions de la lesse, Aix-en-Provence, 207p.
- 20-Lucas 2012.** Les coccinelles de la Martinique : une ressource biologique méconnue pour la protection durable des cultures. Acorep-France. 9p.
- 21-Matile L., 1993.** Les Diptères d'Europe occidentale. Introduction, techniques d'étude et morphologie (Nématocères, Brachycères, Orthoptères et Asschizes). Ed. Boubée, T1, Paris. 439 p.
- 22-McGavain G.C., 2000.** Insectes et araignées. Ed. DorlingKindersley, London. 224p.
- 23-Meglitch P.A., 1975.** Zoologie des invertébrés. Ed. Doin, Paris. 362p.
- 24-Meyer J.Y., 2002.** La lutte biologique contre les espèces biologique contre les espèces introduites envahissantes : solution miracle ou méthode risquée. Délégation à la Recherche. 16p.
- 25-Remaudiere G. & Remaudiere M., 1997.** Catalogue des Aphididae du monde. Of the word's Aphididae, Homoptera, Aphidoidea. Ed. I.N.R.A. Paris. 376 p.
- 26-Saharaoui L., 1987.** Inventaire des coccinelles entomophages (Coleoptera, Coccinellidae) dans la plaine de la Mitidja et aperçu bioécologique des principales espèces rencontrées, en vue d'une appréciation de leur rôle entomophage. Journal Africain de Zoologie, 108 : 537-546.
- 27-Saharaoui L., 1994.** Inventaire et étude de quelques aspects bioécologiques des coccinelles entomophage (Coleoptera : Coccinellidae) dans l'Algérois. Journal Africain de Zoologie : 427-432.
- 28-Saharaoui L., 1998.** Systématique des coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae). Polycopié. Institut National d'Agronomie, El-Harrach-Alger. 24p.
- 29-Sahraoui L. & Gourreau J. M., 2000.** Les coccinelles d'Algérie : Inventaire préliminaire et régime alimentaire (Coleoptera, :Coccinellidae). Bulletin de la Société Entomologique de France. 103 (3) : 11-27.
- 30-Sahraoui L., Gourreau J. M. & Iperti G., 2001.** Etude de quelques paramètres biologiques des coccinelles aphidiphages d'Algérie (Coleoptera, : Coccinellidae). Bulletin de la Société Entomologique de France. 126 (4) : 351-373.

**31-Saharaoui L., Hemptinne J.L. & Magro A., 2014.** Biogéographie des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) d'Algérie. Entomologie Faunistique, Faunistic Entomology, 67: 147-164.

**32- Villiers A., 1977.** L'entomologiste amateur. Ed. Le chevalier S.A.R.L. Paris, 248p.