



Les coccinelles algériennes (Coleoptera, Coccinellidae) : analyse faunistique et structure des communautés

Lounes Saharaoui

► To cite this version:

Lounes Saharaoui. Les coccinelles algériennes (Coleoptera, Coccinellidae): analyse faunistique et structure des communautés. Biodiversité. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2017. Français. NNT : 2017TOU30246 . tel-01914941

HAL Id: tel-01914941

<https://theses.hal.science/tel-01914941>

Submitted on 7 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Fédérale



Toulouse Midi-Pyrénées

THÈSE

En vue de l'obtention du

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

Délivré par *l'Université Toulouse III - Paul Sabatier*

Discipline ou spécialité: *Ecologie, Biodiversité et Evolution*

Présentée par *Lounes SAHARAoui*

Titre: *Les coccinelles algériennes (Coleoptera, Coccinellidae):
analyse faunistique et structure des communautés*

JURY

Marie-Stéphane Tixier

Professeur, Montpellier SupAgro

Serge Kreiter

Professeur, Montpellier SupAgro

Régis Céréghino

Professeur, Université de Toulouse III

Jean-Louis HEMPTINNE

*Professeur, Ecole Nationale de Formation de l'Enseignement
Agricole*

Ecole doctorale: Sciences Ecologiques Vétérinaires Agronomiques Bioingénierie

Unité de recherche : Evolution et Diversité Biologique

Directeurs de thèse: Jean-Louis HEMPTINNE et Alexandra MAGRO

Rapporteurs: Serge Kreiter (PR, Montpellier SupAgro), Eric Lucas (PR, Université du Québec à Montréal, Canada), Lucas Massutti Almeida (PR, Universidade do Paraná, Curitiba, Brésil)

Remerciements

A l'issue de ce travail de recherche sur les coccinelles d'Algérie, je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur Jean-Louis Hemptinne, professeur à l'Ecole nationale supérieure de Formation de l'Enseignement agricole (ENSFEA) de Toulouse, pour avoir accepté de diriger avec beaucoup d'attention et de soin cette thèse. Je lui suis très reconnaissant pour sa disponibilité, sa bienveillance et son soutien permanent, et d'avoir prêté un intérêt constant au sujet de la thèse.

Mes sincères remerciements vont également à Alexandra Magro, professeure à l'Ecole nationale de formation de l'Enseignement agricole (ENSFEA) de Toulouse et co - directrice de thèse, pour son aide, ces précieux conseils et surtout son soutien et sa disponibilité à tout moment.

Je remercie vivement Marie-Stéphane Tixier, Serge Kreiter et Régis Céréghino d'avoir accepté de faire partie du jury.

C'est une occasion pour exprimer mes reconnaissances au grand spécialiste des Coccinelles le professeur Gabriel Ipert, de la station INRA d'Antibes, à qui reviennent mes débuts dans la recherche et ma spécialisation dans la faune des coccinelles.

Que Monsieur Daniel Petit de l'Unité de Génétique moléculaire animale de l'Université de Limoges trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour m'avoir accueilli dans son laboratoire de recherche à plusieurs reprises.

Je tiens à remercier très chaleureusement tous les chercheurs et personnel del'UMR Evolution et Diversité biologique de l'ENSFEA de Toulouse et, plus particulièrement, Felipe Ramon Portugal et Jean-François Garrigues.

Notre travail ne saurait être mené à de meilleurs résultats sans les précieuses aides de M^{me} Doumandji Bahia et M. Doumandji Salaheddine. Je ne pourrais oublier aussi de remercier tous mes collègues du Département pour leurs conseils et encouragements tout le long de ce travail, je cite plus particulièrement Biche Mohamed, Benzehra Abdemadjid, Chakali Gahdab, Ghezali Djelloul, Siafa Abderrahmen, Guessoum Mohamed et Ghelem Mohamed.

S O M M A I R E

Introduction générale.....	9
1 - La protection des cultures et l'agriculture écologiquement intensive.....	10
2 - La lutte biologique.....	11
2.1 - La lutte biologique classique	11
2.2 - La lutte biologique par augmentation	11
2.3 - La lutte biologique par conservation	12
3 - Les Coccinelles et la lutte biologique par conservation.....	13
4 - Le cadre géographique de la thèse.....	14
5 - Les principales cultures étudiées dans cette thèse et leurs communautés de coccinelles.....	18
5.1 - Les céréales.....	19
5.2 - Les agrumes.....	20
5.3 - La production de dattes.....	21
Références.....	23
Chapitre I - Biogéographie des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) d'Algérie	27
Chapitre II - Analyse de la diversité des coccinelles d'Algérie.....	56
Chapitre III – Dynamique des communautés des coccinelles et interaction avec leurs proies sur agrumes et sur palmier dattier.....	94
1 - Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) sur agrumes et interaction avec leurs proies dans la région de Rouïba (Mitidja orientale) Algérie.....	95
2 - Dynamique des communautés des coccinelles (coleoptera, coccinellidae) et interaction avec leurs proies sur palmier dattier à biskra (sud-est algérien).....	124
Chapitre IV - Partage des ressources trophiques chez les coccinelles.....	144
Discussion générale	165
1 - Apports de l'étude.....	167
1.1 – Composition du peuplement des coccinelles algériennes.....	167
1.2 - Répartition géographique des coccinelles.....	168
1.3 - Influence des facteurs climatiques, trophiques et spatiaux sur le comportement naturel des coccinelles.....	169
1.4 - Succession et partage des ressources dans trois agro systèmes.....	170

1.5 – Interaction entre les coccinelles et leurs guildes.....	171
2 - Conclusions et perspectives de recherche.....	172
2.1 - Intérêt d’une étude plus poussée visant à renforcer et protéger le peuplement des coccinelles algériennes.....	174
Références de la Discussion et de l’ensemble de la thèse.....	176
Annexes.....	190

Résumé

Abstract

Les coccinelles algériennes (Coleoptera, Coccinellidae): analyse faunistique et structure des communautés

Résumé

L'étude menée durant quatre années consécutives (2003-2007) a caractérisé écologiquement et faunistiquement le peuplement des coccinelles en Algérie. 48 espèces ont été répertoriées dont 46 sont des agents de lutte biologiques. Elles se répartissent dans huit sous-familles, 12 tribus et 23 genres. La richesse spécifique est très élevée dans les secteurs du nord d'Algérie. Cette zone est caractérisée par des bioclimats humide, sub-humide et semi aride regroupant 41 espèces. Elle est par contre très faible dans le secteur de l'Atlas saharien et le Sud algérien avec respectivement 12 et 16 espèces. L'étude des spécificités trophiques, spatiales et temporelles des principales espèces, nous a conduits à définir leurs niches écologiques dans les différents agro écosystèmes de l'Algérie. Ainsi, la distribution spatiale des espèces peut apparaître comme quelque chose de statique. Il s'agit en réalité d'un processus dynamique dont le moteur est la disponibilité d'habitat favorable qui abrite la proie préférentielle. La communauté de coccinelles fonctionne sur le principe de partage des ressources et les interactions entre espèces organisent la communauté en réseaux trophiques. L'analyse de la distribution des coccinelles à travers les différents secteurs géographiques montre que les espèces: *C. septempunctata*, *H. variegata*, *S. punctillum* et, *H. argus* présentent une forte valence écologique. En revanche, les espèces: *P. ovoideus*, *P. numidicus*, *E. pubescent* forme *apicalis*, *H. marmottani*, et *Pullus* sp semblent être spécifiques aux régions sahariennes et plus particulièrement au Sahara septentrional.

Mots clés: Algérie, Coccinelles, Secteurs biogéographiques, Régions climatiques, Niches écologiques, Régime alimentaire.

Algerian ladybirds (Coleoptera, Coccinellidae) : a faunistic analysis and community structure study

Abstract

The study led during four consecutive years (on 2003-2007) shed light on the species composition, and habitat characteristics of the communities of ladybirds in Algeria. 48 species were listed among which 46 are biological control agents. They divide up in 8 sub-families, 12 tribes and 23 genera. The specific richness is very high in the sectors of the North of Algeria (41 species). This zone is characterized by bioclimates wet, sub-wet and semi-dry grouping. It is very low on the other hand in the sector of the Saharan Atlas and the Algerian South with respectively 12 and 16 species. The study of trophic interactions, spatial and temporal distribution of the main species, led us to define their ecological niches in the various agro-ecosystems of Algeria. So, the spatial distribution of the species can appear as something static. It is in reality a dynamic process the engine of which is the availability of favorable habitats that shelter ladybird preferential prey. Communities of ladybird works on the principle of division (sharing) of the resources and the interactions between species organize the community in trophic networks. The analysis of the distribution of ladybirds through the various geographical areas shows that the *C. septempunctata*, *H. variegata*, *S. punctillum*, and, *H. argus* present strong ecological valence. On the other hand, *P. ovoideus*, *P. numidicus*, *E. pubescens forme apicalis*, *H. marmottani*, and *Pullus* sp are specific to the Saharan regions and more particularly to northern Sahara.

Key words: Algeria, ladybirds, biogeographical regions, climatic regions, ecological niche, trophic resources.

Introduction générale

Introduction générale

L'objectif de cette thèse est d'analyser les communautés de coccinelles prédatrices (Coleoptera, Coccinellidae) en Algérie. Une attention particulière sera accordée aux coccinelles coccidiphages et aphidiphages. En effet, les cochenilles (Hemiptera, Coccoidea) et les pucerons (Hemiptera, Aphidoidea) sont des insectes herbivores qui se nourrissent de la sève des plantes et figurent parmi les principaux ravageurs de l'agriculture. Les dégâts provoqués par l'alimentation de ces insectes sont, en premier lieu, provoqués par les prélèvements de sève qui affaiblissent les plantes. Ensuite, pucerons et cochenilles rejettent sous forme de miellat l'excès de sucres et d'eau de la sève qu'ils ingèrent. Les gouttelettes de miellat finissent par recouvrir les plantes et sont colonisées par des champignons communément appelés fumagine en raison de leur couleur noire. La présence de fumagine réduit la capacité photosynthétique des plantes. Enfin, ces insectes peuvent transmettre des virus aux plantes (Beardsley et Gonzalez 1975, Dixon 1998, Dedryver et al. 2010, Rakimov et al. 2013, Martins et al. 2015).

Les pucerons et les cochenilles forment des colonies qui peuvent éventuellement compter plusieurs centaines d'individus. Ces colonies constituent des ressources abondantes pour de nombreuses espèces d'insectes carnivores, au rang desquels figurent les coccinelles. Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse visent à mieux connaître ces communautés de prédateurs, car elles sont susceptibles de réguler l'abondance des herbivores précités (Dixon 2000, Hodek et al. 2012, Diehl et al. 2013).

Cette analyse se placera d'abord dans une perspective biogéographique en dressant l'inventaire des coccinelles d'Algérie dans différentes régions naturelles du pays. Ensuite, on s'intéressera à la structure des communautés de coccinelles qui se forment dans différents habitats. Enfin, la troisième et la quatrième partie de la thèse regroupe trois cas d'études qui s'intéressent, à l'échelle de la parcelle, à la dynamique des communautés des coccinelles et l'interaction avec leurs proies, à la succession et le partage des ressources au cours de la saison culturale dans les champs de céréales, les vergers d'agrumes et les plantations de dattiers.

Cette thèse s'intéresse donc à trois cultures qui ont un rôle important dans l'économie algérienne. Les céréales sont directement liées à l'alimentation des populations et leur production est au cœur des préoccupations d'autosuffisance du pays. Les agrumes et les dattes sont des cultures d'exportation de premier plan. La production d'agrumes est évaluée à 1,5 million de tonnes en 2014-2015 et 1,2% de cette production est exportée vers l'Union européenne

(Anonyme, 2014a). Quant aux dattes, l'Algérie en est le cinquième producteur mondial; elle en exporte 6000 tonnes par an vers l'Union européenne (1.2 % de la récolte; Algex, 2014; Bernard, 2000)

Cette thèse se place dans la perspective d'une agriculture écologiquement intensive, c'est-à-dire qui s'attache à gérer des populations ou des communautés d'organismes qui rendent des services écosystémiques contribuant directement ou indirectement à la production agricole (Bommarco et al. 2013b).

1 - La protection des cultures et l'agriculture écologiquement intensive

Lors de la modernisation de l'agriculture qui s'est déroulée au cours du XX^{ème} siècle, les agro systèmes traditionaux ont été fortement simplifiés. Au cours de ce processus, les fonctions biologiques assurées par diverses communautés d'organismes ont été progressivement remplacées par des apports d'énergie fossile et des substances agrochimiques. L'objectif était de supprimer les facteurs qui limitaient la productivité des cultures en développant l'irrigation, l'apport de fumures minérales ainsi que des machines capables de rendre les sols plus meubles afin que les racines des plantes cultivées y pénètrent plus facilement. En parallèle, des variétés cultivées furent sélectionnées qui tiraient mieux parti de ces améliorations techniques (Tilman et al. 2001).

Les insectes herbivores ont bénéficié de la modernisation de l'agriculture. Tout d'abord, la simplification du paysage rural (plus grandes parcelles, réduction des habitats non agricoles telles que les haies, rotations courtes) rend les plantes-hôtes des herbivores plus abondantes et les ennemis naturels plus rares. L'apport généralisé de fumures minérales azotées a enrichi les tissus végétaux, augmentant la capacité de reproduction des insectes. Enfin, l'utilisation des insecticides a sélectionné des populations résistantes qui ont souvent resurgi après avoir fait montre d'une sensibilité initiale aux insecticides. A l'opposé, les insectes carnivores s'adaptent moins vite que leurs proies. Leur taux intrinsèque d'accroissement est en général plus faible que celui de leurs proies car ils sont souvent plus grands que celles-ci (Fenchel 1974).

Enfin, des ravageurs secondaires firent leur apparition, libérés de la compétition qu'exerçaient les ravageurs principaux lorsque ces derniers furent éradiqués par les insecticides. Ces considérations générales s'appliquent bien sûr aussi bien aux pucerons et aux cochenilles qu'aux autres insectes herbivores.

L'observation des avantages que les herbivores tirent des insecticides n'est pas récente et elle a alimenté le développement de diverses stratégies de protection des cultures : lutte intégrée,

lutte raisonnée, lutte biologique ou encore protection intégrée. Néanmoins, les circonstances sociétales actuelles sont en faveur d'une réduction significative de l'usage des produits phytosanitaires. Ces derniers mois des publications dans des revues scientifiques de vulgarisation, des émissions de télévision ou des articles parus dans des quotidiens d'information (Anonyme 2016a), Le Monde par exemple (Anonyme, 2016b), ont attiré l'attention sur les risques graves liés à l'utilisation des insecticides et des produits phytosanitaires en général. L'action politique pour la protection de la biodiversité est également en faveur de la lutte biologique, car les produits phytosanitaires provoquent une diminution forte de la biodiversité. Dans ce contexte sociétal, la lutte biologique n'est plus seulement une technique de lutte mais elle devient un élément d'une stratégie de mise en place d'une agriculture écologiquement intensive ou de l'agroécologie.

2 - La lutte biologique

La lutte biologique consiste à utiliser un organisme vivant pour réduire l'importance d'un autre organisme considéré comme nuisible (Hajek 2004; van Lenteren, 2012). Le premier est souvent dénommé ennemi naturel. Elle recourt à trois types d'organismes: les prédateurs, qui consomment plus d'une proie pour se développer de l'œuf à l'adulte, les parasitoïdes, qui se développent à partir d'une seule proie ou hôte, et les agents pathogènes (virus, bactéries par exemple).

Trois stratégies de lutte biologique sont possibles. Elles sont décrites ci-dessous.

2.1 - La lutte biologique classique est l'introduction intentionnelle d'un ennemi naturel exotique afin qu'il s'établisse et régule de manière durable dans le temps l'abondance d'un ravageur. Elle fut développée dès la fin du XIX^{ème} siècle pour lutter contre des ravageurs exotiques. Au fil du temps, le champ d'application de la lutte biologique classique s'est élargi car elle est encore mise en œuvre contre des ravageurs indigènes, créant ainsi de nouvelles associations proies-prédateurs (Hajek, 2004). La lutte biologique classique fut utilisée en Algérie dans les années 1920 lorsque la coccinelle australienne *Rodolia (Novius) cardinalis* (Mulsant) fut introduite pour lutter contre la cochenille exotique *Icerya purchasi* Maskell. Ce ravageur détruisait à l'époque la presque totalité des vergers d'agrumes du pays.

2.2 - La lutte biologique par augmentation a pour objectif de lâcher des ennemis naturels sans chercher à ce qu'ils s'installent durablement dans l'agrosystème. Ces ennemis naturels sont généralement élevés en grand nombre dans des élevages. Ils sont libérés dans les

cultures lorsque les ennemis naturels sauvages sont absents, sont trop peu nombreux ou arrivent trop tard par rapport au développement des herbivores. La lutte biologique par augmentation est parfois qualifiée d'inondative quand les agriculteurs libèrent un grand nombre d'ennemis naturels afin d'obtenir une élimination rapide des ravageurs. Elle est qualifiée d'inoculative quand on libère quelques individus à l'installation d'une culture afin qu'ils se multiplient et régulent les ravageurs pendant toute la période de développement de cette culture (Hajek, 2004). Ces modalités de lutte biologique sont utilisées en Algérie ainsi que le montrent les exemples suivants. En 2007, une opération de grande envergure de lutte biologique augmentative inondative fut planifiée contre la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller) par la Direction générale des Forêts du Ministère de l'Agriculture et du Développement rural dans 16 wilayas couvrant 94.717 ha. Elle visait notamment des peuplements de pins d'Alep infestés par la chenille processionnaire, l'un des plus redoutables insectes défoliateurs des forêts. Pour la première fois dans ce pays, on a utilisé un produit à base de *Bacillus thuringiensis*. Dans le sud algérien, Idder (2011) a réalisé deux tentatives d'élevage de masse et de lâchers inondatifs de coccinelles prédatrices de cochenilles et d'acariens. La première tentative concerne la coccinelle coccidiphage *Pharoscyrnus ovoideus* (Sicard) lâchée dans les palmeraies de la région de Ouargla. La deuxième a vu la production et le lâcher de la coccinelle *Stethorus punctillum* (Weise) pour contrôler l'acarien des dattes *Tetranychus afrasiaticus* (McGregor) communément appelé le boufaroua en Algérie (Idder et Pintureau, 2009).

2.3 - La lutte biologique par conservation vise à protéger les populations d'ennemis naturels et à augmenter les effectifs de ces ennemis par diverses mesures. Elle se distingue des modalités précédentes par l'absence de lâchers d'ennemis naturels (Hajek, 2004). La lutte biologique est considérée comme un service écosystémique qu'il s'agit de préserver (Sandhu et Wratten 2013). Les mesures d'aménagement et de protection de l'environnement proche des cultures, voire des cultures elles-mêmes, consistent en l'installation de refuges pour les ennemis naturels ou de sources de nourritures alternatives. Ainsi, ces ennemis peuvent résider à proximité des cultures et envahir celles-ci rapidement dès que les herbivores s'y installent. Cette modalité de protection des cultures est une des composantes de l'agriculture écologiquement intensive (Zehnder et al. 2007, Bommarco et al. 2013a). Elle semble cependant peu utilisée en Algérie.

Dans le cadre de cette thèse, l'intérêt porté sur les coccinelles prédatrices de pucerons et de cochenilles s'inscrit dans le cadre de la lutte biologique par conservation. Néanmoins, ces

coccinelles pourraient être élevées et utilisées dans des programmes de lutte biologique par augmentation. L'intérêt que nous portons à la lutte biologique par conservation nous conduit à développer plus particulièrement cette approche de la lutte biologique ci-dessous.

3 - Les Coccinelles et la lutte biologique par conservation

Les paysages agricoles modernes sont constitués de larges surfaces cultivées séparées par des fragments d'habitats naturels plus ou moins altérés par les activités humaines (Casmann et al. 2005, Reisner et al. 200, Fahrig et al. 2011). Les cultures sont sensibles aux ravageurs car les champs sont fréquemment perturbés par des pratiques culturales qui empêchent le développement de réseaux trophiques complexes stables. Or, ces réseaux sont susceptibles de contribuer à la régulation de ces ravageurs (Murdoch et al. 2003, Wratten et al. 2013). Les insectes herbivores émigrent et colonisent les nouvelles cultures à partir de refuges dans les cultures ou les habitats naturels adjacents, bénéficiant éventuellement de la concentration spatiale de leurs plantes-hôtes (Root 1973, Stephens et Myers 2012). Les ennemis naturels ont en général un taux de dispersion plus faible que les herbivores et leur fécondité individuelle est également plus faible. Ils sont désavantagés si les refuges sont rares ou s'ils sont trop éloignés des cultures. Les herbivores peuvent ainsi bénéficier d'un « enemy free space » (Bianchi et al. 2006, Grabenweger et al. 2007) qui pourrait expliquer pourquoi les agriculteurs ont tendance à utiliser plus d'insecticides dans des paysages simplifiés (Meehan et al. 2011) bien que ce point de vue soit critiqué par Larsen (2013).

La lutte biologique par conservation a pour ambition de corriger cette situation déséquilibrée favorisant les herbivores en aménageant les paysages cultivés pour les rendre plus favorables aux ennemis naturels (Landis et al. 2000, Zehnder et al. 2007, Jonsson et al. 2008, Wratten et al. 2013). De la diversité végétale est ajoutée aux paysages agricoles de manière à fournir aux ennemis naturels des abris qui leur permettent de survivre les périodes au cours desquelles les conditions environnementales leur sont défavorables, ou des sources alternatives de nourritures pour leur permettre de se nourrir en l'absence de leurs proies préférentielles. Les ennemis naturels peuvent ainsi avoir accès à des herbivores se développant sur des plantes sauvages ou se nourrir de pollen et de nectar produits par des fleurs sauvages (Landis et al., 2000). Grâce à ces aménagements, on espère une meilleure synchronisation entre l'arrivée des herbivores et de leurs ennemis naturels dans les champs pour obtenir une réponse numérique des ennemis naturels à leurs proies qui soit plus forte. La combinaison de ces deux effets est susceptible de conduire à une régulation biologique efficace (Agrawal et al. 2006).

Malheureusement, si les aménagements écologiques des paysages agricoles ont un effet bénéfique sur l'abondance des ennemis naturels, ces derniers contribuent rarement à la régulation des populations de ravageurs (Chaplin-Kramer et al. 2011). Cette situation s'explique probablement par des carences dans la compréhension du comportement des ennemis naturels, voire de la non-prise en compte des comportements adaptatifs dans la conception de stratégies de lutte biologique ainsi que dans les relations entre la biodiversité et l'expression des services écosystémiques (Hemptinne and Dixon 1991, Fahrig et al. 2011, Bommarco et al. 2013a).

Nous sommes bien conscients que l'inventaire des coccinelles n'est qu'une toute première étape et que la présence d'ennemis naturels ne signifie sans doute pas que la lutte biologique sera efficace. C'est la raison pour laquelle nous nous intéresserons aussi à la structure des communautés de coccinelles dans leurs habitats naturels et que nous observerons la succession des espèces dans trois cultures importantes en Algérie.

4 - Le cadre géographique de la thèse

Pour dresser l'inventaire des coccinelles d'Algérie, nous avons réalisé des captures dans 25 stations réparties dans les principales régions biogéographiques du pays définies sur la base de leurs associations phytosociologiques (Quézel et Santa, 1962-1963; Barry et al. 1974).

L'Algérie est divisée, du nord au sud, en trois grands domaines qui se caractérisent par une aridité croissante et qui sont séparés les uns des autres par les principales chaînes de montagnes (Figure 1): le Domaine Maghrébin du Tell méridional, le Domaine Maghrébin steppique et le Domaine Saharo-méditerranéen (Figure 2). Le Domaine Maghrébin du Tell méridional s'étend au nord du pays, entre le rivage méditerranéen et la chaîne de l'Atlas tellien sur une largeur d'une centaine de kilomètres. Le Domaine Maghrébin steppique est constitué des hauts plateaux, d'une altitude comprise entre 900 et 1200 m, qui se développent entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien ou présaharien. Il correspond globalement aux Hautes Plaines de la figure 1. De l'autre côté de l'Atlas saharien commence le Domaine Saharo-méditerranéen. Nous y avons échantillonné les coccinelles dans des plaines, plateaux et dépressions qui correspondent au Grand erg oriental et au Plateau de Tademaït de la figure 1. L'altitude y varie de 250 à 1300 m. La localisation des stations d'échantillonnage ainsi que le type de climat sont présentés dans les tableaux 1 et 2.



Figure 1

Carte oro-hydrographique du Maghreb montrant les principales chaînes de montagnes qui délimitent les régions biogéographiques de l'Algérie

(source: « Les monts Atlas » par Pandries. Sous licence CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons ; http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Les_monts_Atlas.png#/media/File:Les_monts_Atlas.png; accédé le 15 mai 2015).

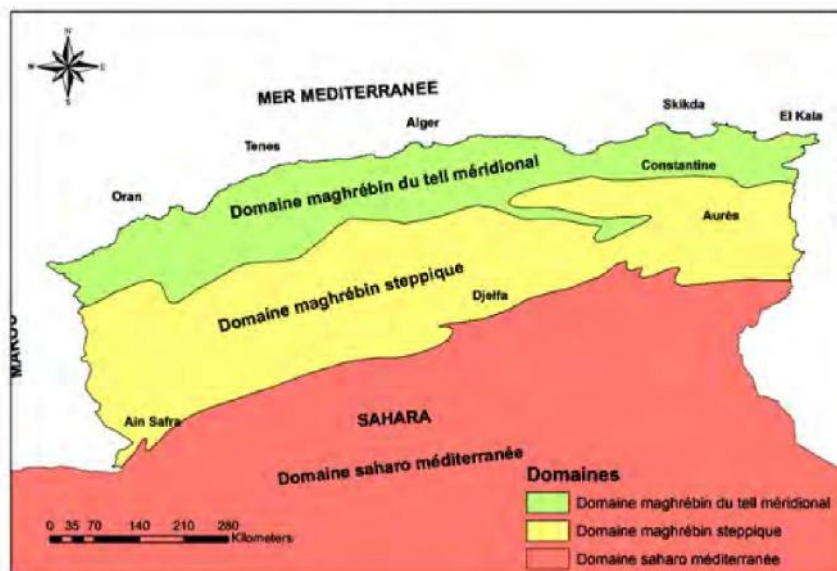


Figure 2

Les trois domaines biogéographiques d'Algérie.

Tableau 1 - Les principales caractéristiques des domaines biogéographiques algériens et le nombre de stations au sein desquelles ont été réalisés les échantillonnages de Coccinellidae.

	Stations	Climat	T (°C) min-max	Pluies (mm/an) min-max	Végétation
Dom. Maghrébin du Tell méridional					
Sect. Numidien	3	Humide	7 - 30	700 – 1000	Naturelle : forêts de cèdres, chênes à feuilles caduques et persistantes. Cultures : olivier, fruits agrumes, céréales, maraichage.
Sect. Algérois	4	Sub-humide	6 – 31	600 – 900	Naturelle : forêts de cèdres, chênes à feuilles caduques et persistantes. Cultures : olivier, fruits agrumes, céréales, maraichage.
Sect. Oranais	3	Semi-aride	6 – 37	300 - 600	Naturelle : formations à base de genévriers, steppes. Cultures : olivier, fruits agrumes, céréales, maraichage.
Dom. Maghrébin steppique					
Secteur Hauts Plateaux	3	Semi-aride	1 – 33	300 - 800	Naturelle : forêts (pin d'Alep, Quercus ilex) Cultures : céréales, jachères, agrumes, fruits, maraichage.
Secteur Atlas saharien	4	Aride	0 – 34	100 - 400	Naturelle : forêts et garrigues (pin d'Alep, Quercus ilex) ; steppes Cultures : céréales, jachères, olivier, maraichage.
Dom. Saharo-méditerranéen					
Sect. Sahara septentrional	4	Saharien	6 – 40	50 - 200	Naturelle : herbacée clairsemée Cultures (dans oasis) : palmier dattier, céréales, maraichage.
Sect. Sahara central	2	Saharien	2 – 48	24	Naturelle : herbacée clairsemée Cultures (dans oasis) : palmier dattier, céréales, maraichage.
Sect. Sahara méridional	2	Saharien	3 – 51	40	Naturelle : herbacée clairsemée Cultures (dans oasis) : palmier dattier, céréales, maraichage.

Tableau 2 - Localisation et type de climat des stations au sein desquelles ont été réalisés les échantillonnages de Coccinellidae. Les positions géographiques des stations sont indiquées sur les cartes des Figures 3 et 4.

Secteurs	Code	Nom de la station	Climat	Coordonnées
Numidien	1	El - Kseur (Bejaia)	Humide	36.38 N. 4.10 E
	2	Kala	Humide	36.43 N. 7.43 E
	3	Chr��a (Blida)	Humide	36.42 N. 5.59 E
Algérois	4	Oued Aissi	Sub-humide	36.34 N. 2.54 E
	5	E.N.S.A. El -Harrach	Sub-humide	36.43 N. 3.08 E
	6	Boufarik	Sub-humide	36.39 N. 3.07.E
	7	Médéa centre	Sub-humide	36.25 N. 2.52 E
Oranais	8	Mostaganem	Semi-aride	35.55 N. 0.05 E
	9	Chlef	Semi-aride	36.99 N. 1.19 E
	10	Tlemcen	Semi-aride	34 52 N. 1.18 E
Hauts plateaux	11	Sétif	Semi-aride	36.11 N. 5.24 E
	12	Batna	Semi-aride	35.33 N. 6.10 E
	13	Boussa��da	Semi-aride	35.13 N. 4.11 E
Atlas saharien	14	Ain Oussara	Aride	35.26 N. 2.54 E
	15	Messaad (Djelfa)	Aride	34.35 N. 3.04 E
	16	Laghouat	Aride	33.30 N. 2.43 E
	17	T��bessa	Aride	35.07 N. 7.57 E
Sahara septentrional	18	Ouargla (El – Kseur)	Saharien	31.56 N. 5.18 E
	19	Biskra (INPV)	Saharien	34.49 N.5.45 E
	20	Beni Abbes (Béchar)	Saharien	31.37 N. 2.12 E
	21	Djamaa (El Oued)	Saharien	33.53 N. 5.99 E
Sahara central	22	Ouled Brahim (Adrar)	Saharien	26.25 N. 0.35 E
	23	I.N.R.A. (Adrar)	Saharien	26.04 N. 0.43 E
Sahara méridional	24	Tamanrasset Station.1	Saharien	23.02 N. 4.47 E
	25	Tamanrasset Station.2	Saharien	22.22 N. 5.05 E

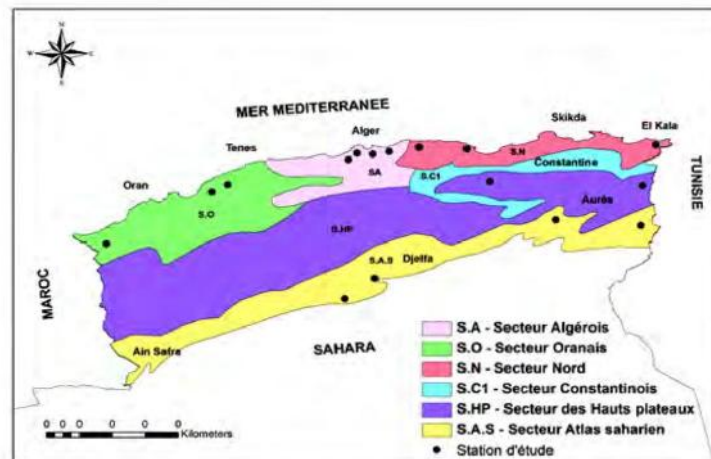


Figure 3

Les quatre secteurs biogéographiques du Domaine maghrébin du tell méridional (S.A, S.O, S.N et S.C1) et les trois secteurs du Domaine maghrébin steppique (S.HP et S.A.S). Les points noirs correspondent aux stations d'échantillonnage.

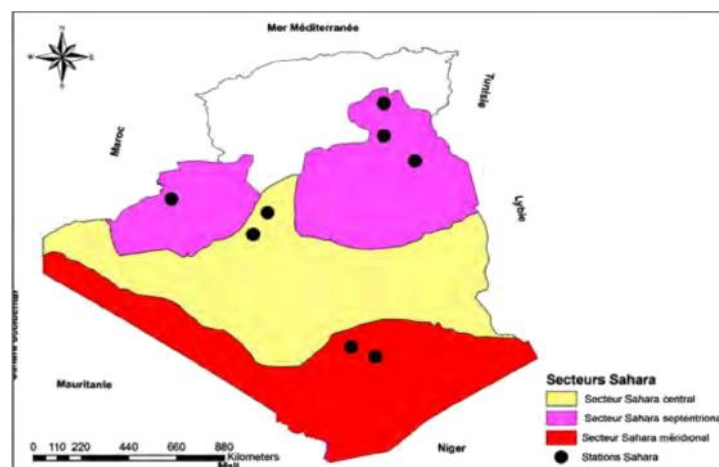


Figure 4

Les trois secteurs biogéographiques du Domaine Saharo-méditerranéen. Les points noirs correspondent aux stations d'échantillonnage.

5 - Les principales cultures étudiées dans cette thèse et leurs communautés de coccinelles

Notre attention s'est portée sur les céréales, les agrumes et les dattes. Les premières représentent un enjeu stratégique pour l'alimentation de la population tandis que les deux autres produisent des denrées d'exportation qui contribuent au commerce extérieur du pays. Ces trois cultures sont également attaquées par des pucerons et/ou des cochenilles (Homoptères) dont se nourrissent diverses espèces de coccinelles. Il nous est apparu pertinent de s'intéresser aux communautés de coccinelles de ces trois cultures afin d'en estimer le potentiel de lutte biologique.

5.1 - Les céréales

Le blé dur et l'orge ont toujours été les deux céréales dominantes en Algérie sur le plan de la superficie cultivée, de la production et de la consommation (Malki et Hamadache ,2002). Les besoins annuels de consommation de la population se situent autour de 70 millions de quintaux de céréales. Principalement pour les blés, la production nationale assure la couverture des besoins de consommation à hauteur de 50% (Anonyme, 2009). Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Les cultures céréalières ont été et resteront vraisemblablement pendant longtemps encore les productions prédominantes de l'agriculture algérienne (Chehat, 2007).

La production des céréales, jachères comprises, occupe environ 80% de la superficie agricoles utile (SAU) du pays (Djermoun, 2009). Les régions les plus productives d'Algérie sont situées sur la partie nord des hauts plateaux et des plaines intérieures (Domaine Maghrébin steppique). Elles concentrent plus de la moitié des superficies emblavées chaque année (Chehat, 2007). Le rendement dans ces régions est plus élevé que dans les autres régions de culture, notamment dans le Domaine Maghrébin du Tell méridional. Des pics de 50 quintaux à l'hectare peuvent être atteints (Bennai et Bennabes, 2007).

Selon les données publiées pour la campagne 2010-2011 par le Ministère de l'Agriculture et du Développement rural, La céréaliculture occupe une superficie de l'ordre de 3,3 millions d'hectares. Cette superficie pourrait s'accroître de 1,2 million d'hectares dans les 33 wilayas du nord de l'Algérie (Tableau 3; Anonyme, 2011). La production des céréales rapporte de l'ordre de 270 milliards de dinars chaque année. Les pertes économiques dues aux ravageurs peuvent être évaluées à 10 mille tonnes par an.

Tableau 3 - Les surfaces emblavées et récoltées (en ha), la production annuelle (en quintaux) et le rendement (en quintaux/ha) des quatre principales céréales cultivées en Algérie.

Espèces	Sup emblavée (ha)	Sup récoltée (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Blé dur	1 343 712	1 181 893	18 070 645	15,29
Blé tendre	608 340	573 593	7 956 688	13,87
Orge	1 286 446	1 018 084	13 091 407	12,86
Avoine	83 670	81 649	883 208	10,82
Total	3 322 168	2 855 219	40 001 948	14,01

Les pucerons constituent un des problèmes majeurs limitant le rendement en grandes cultures. En effet, non seulement ils affaiblissent la plante en prélevant la sève élaborée mais ils provoquent également des déformations du végétal et sont vecteurs de plusieurs maladies virales (Dixon 1998). En Algérie, cinq espèces de pucerons sont inféodées aux céréales: *Sitobion avenae* (F.), *S. fragariae* (Walker), *Metopolophium dirhodum* (Walker), *Rhopalosiphum padi* (L.) et *R. maidis* (Fitch). Les pertes causées par les pucerons des céréales peuvent atteindre 30 qx/ha en cas de fortes infestations au printemps par *S. avenae*. En cas de fortes infestations par *R. padi* en automne, elles peuvent atteindre jusqu'à 10 qx/ha sur blé et 30 qx/ha sur orge (Anonyme, 2014b).

5.2 - Les agrumes

La culture des agrumes revêt une importance stratégique pour l'Algérie comme source d'approvisionnement en fruits et de débouchés sur le marché international. Sur le plan social, la culture est une source importante d'emplois car elle nécessite en moyenne 140 jours/ha/an sans compter les heures de travail générées par la transformation et la commercialisation.

Il existe trois principales zones agrumicoles en Algérie, toutes situées dans le nord et correspondant aux plaines littorales et du sud littoral méditerranéen. Dans le Domaine Maghrébin du Tell méridional, l'ouest du Secteur oranais (la région d'Oran, de Tlemcen, le périmètre de l'Habra autour de Mohammadia, les régions de Mostaganem, Rélizane, Mascara et Chlef) et le centre du Secteur algérois (le périmètre du haut et moyen Chélif, Oued fouda, Djendel, la plaine de la Mitidja) sont les zones les plus dédiées à l'agrumiculture. On trouve également des vergers dans le Secteur des Hauts plateaux du Domaine Maghrébin steppique (à l'est de la région de Constantine, la région de Skikda et de Bounaloussa est relativement favorable à l'agrumiculture grâce à un climat à hiver doux et à une pluviométrie annuelle de l'ordre de 700 à 1000 mm).

Selon les données fournies par le Ministère de l'Agriculture et du Développement rural pour l'année 2013, l'agrumiculture en Algérie se développe sur une superficie de 63.296 Ha. Le rendement moyen est de 144 quintaux/ha. La production d'agrumes rapporte annuellement quelque 154 milliards de dinars.

Les pertes économiques dues aux ravageurs des agrumes peuvent être évaluées à 10 mille tonnes par an, soit environ 8 tonnes par ha. Les principaux ravageurs des agrumes en Algérie à l'encontre desquels les coccinelles constituent de potentiels agents de lutte biologique sont présentés au tableau 4

Tableau 4 - Les principaux homoptères ravageurs des Agrumes en Algérie

Nom scientifique	Nom communs	Dégâts occasionnés
<i>Aonidiella aurantii</i>	Pou de Californie	
<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	Pou rouge de Californie	
<i>Lepidosaphes glowerii</i>	Cochenille virgule	
<i>Lepidosaphes beckii</i>	Cochenille serpette	Présence de petits boucliers
<i>Parlatoria ziziphi</i>	Pou noir de l'oranger	de forme et de couleur
<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate	variables, dégâts sur les
<i>Icerya purchasi</i>	Cochenille australienne	feuilles, rameaux et fruits
<i>Pseudococcus citri</i>	Cochenille farineuse	
<i>Saissetia oleae</i>	Cochenille noire de l'olivier)	
<i>Ceroplastes sinensis</i>	Cochenille chinoise	
<i>Toxoptera aurantii</i>	Le puceron noir	Enroulement des feuilles,
<i>Aphis citricola</i>	Le puceron vert des <i>Citrus</i>	déformation des jeunes pousses, avortement et chute des fleurs
<i>Dialeurodes citri</i>	Aleurode des <i>Citrus</i>	Miellat important et
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	Aleurode floconneux	développement de fumagine.

5.3 - La production de dattes

L'Algérie est classée à la cinquième place des pays producteurs de datte et occupe le premier rang mondial du point de vue de la qualité grâce à la variété Deglet-Nour. Les palmeraies occupaient traditionnellement une superficie de l'ordre 85.000 ha (Messar, 1996). L'essentiel du patrimoine national est situé dans la partie septentrionale et centrale du Sahara algérien du Domaine Saharo-méditerranée: Le Souf, les Zibans, Oued Righ, la cuvette de Ouargla, le M'Zab et El-Golia. Messar (1996) signale aussi que les palmeraies sont concentrées essentiellement dans le sud-est du pays, dans les wilayas d'El Oued, Biskra et Ouargla où laculture du palmier dattier est la mieux maitrisée. D'après le même auteur, on distingue une présence marquée des variétés Ghars et Degla Beida.

Le verger phoenicicole a connu une progression sensible dans le cadre du Plan National de Développement Agricole et Rural (PNDA). Avant l'entame de ce plan, le nombre total de palmiers était estimé à 116.760. En 2003, on recensait 15 millions de palmiers, soit une progression de l'ordre de 6 millions de palmiers (moyenne de plantation d'1 million de palmiers /an). En 2005, la palmeraie algérienne compte près de 18 millions de palmiers dattiers sur une superficie de 160.867 ha. La variété Deglet Nour représente plus de 38% du potentiel productif national. La production annuelle est évaluée à plus de 500.000 tonnes (Anonyme. 2009). En 2013, selon le Ministère de l'Agriculture et du Développement rural, on recensait près de 19 millions de palmiers qui assurèrent une production de 700.000 tonnes de dattes; 47 % de cette production totale était assurée par la variété noble Deglet Nour. Le rendement moyen toutes variétés confondues est estimé à 49,5 kg par arbre. La filière compte par ailleurs 90.000 phoeniculteurs et génère près de 128.000 emplois permanents. La production de dattes rapporte annuellement de l'ordre de 200 milliards de dinars.

Plusieurs insectes, acariens et autres déprédateurs sont inféodés aux palmiers dattiers ou aux dattes. Certains de ces déprédateurs ont une grande importance économique (Munier, 1973). Parmi les principaux ravageurs du palmier dattier, on note la cochenille blanche; la pyrale de la datte, l'apate, le charançon rouge et le boufaroua. Dans le cadre de cette thèse, nous nous sommes intéressés à la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* (Targioni-Tozzetti). *P. blanchardi* est l'un des principaux ennemis du palmier dattier car elle injecte dans les tissus végétaux du palmier une toxine qui altère la chlorophylle (Iperti et *al.*, 1969; Munier, 1973). Le niveau d'infestation de la cochenille blanche sur les palmes varie selon les différentes couronnes du palmier ou l'âge des palmes. Il est très élevé dans la couronne extérieure, avec un degré moins dans la couronne intérieure et plus faible au cœur (El-Haidari et Al-Hafidh, 1986). Les folioles jaunissent et ne peuvent assurer leurs fonctions physiologiques; les palmes deviennent brunes ou vert sale. De loin, les arbres paraissent gris par forte infestation. En outre, la formation d'encrouement lors d'importantes attaques de *P. blanchardi* sur les folioles et le rachis entrave la photosynthèse, gêne la transpiration et respiration, provoquant ainsi le vieillissement et une mort prématurée des palmes, voire même un dépérissement des palmiers (Smirnoff, 1957; Munier, 1973).

Références

- Agrawal, A. A., J. A. Lau et Hamback P. A. (2006). Community heterogeneity and the evolution of interactions between plants and insect herbivores. *Quarterly Review of Biology* **81**:349-376.
- Anonyme, (2009). Statistiques agricoles 2009. Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural (MADR).
- Anonyme, (2011). Statistiques agricoles 2011. Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural (MADR).
- Anonyme. (2014a). Les pays émergents investissent la Méditerranée. Marché des fruits et légumes en Algérie. *Revue Agroligne* 87, 48 p.
- Anonyme, (2014b). Institut National de la Protection des végétaux (INPV). Bulletin d'information phytosanitaire n° 34, 4 p.
- Anonyme, (Algex), (2014c). Le potentiel agricole à l'export. *Revue de l'Agence Algérienne de Promotion du Commerce Extérieur Algérie*, 15 p.
- Anonyme. (2016a). Un dossier accablant : pesticides et santé. *La Recherche*, 509, mars 2016.
- Anonyme. (2016b). Pesticides : l'échec de la « ferme France ». Editorial. *Le Monde*, 09.03.2016, http://abonnes.lemonde.fr/idees/article/2016/03/09/pesticides-un-echec-accablant_4879180_3232.html
- Barry, J.P., Faurel, L. et Celles, J.C. (1976). Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/1.000.000. Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord, Alger.
- Beardsley, J. W. et Gonzalez, R. H. (1975). Biology and ecology of armored scales. *Annual Review of Entomology* **20**:47-73.
- Bennai. M. et Benabbas. B. (2007). L'amélioration des rendements des céréales par une fertilisation adaptée aux conditions pédoclimatiques algériennes. Constantine.
- Bernard, O. (2000). Etude des principaux marchés européens de la datte et du potentiel commercial des variétés non traditionnelles. FAO, 54 p.
- Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H. et Tscharntke T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **273**:1715-1727.
- Bommarco, R., Kleijn, D. et Potts S. G. (2013a). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends Ecol Evol* **28**:230-238.
- Casmann, K. G., Wood, W., Choo, P. S., Cooper, H. D., Devendra, C. J, Dixon, J., Gaskell, J., Khan, S., Lal, R., Lipper, L., Pretty, J., Primavera, J., Navin, R., Vigliizzo, E., Wiebe, K., Kadungure, S., Kanbar, N., Khan, Z., Leakey, R., Porter, S., Sebastian, K. et Tharm R. (2005). Cultivated Systems. Pages 745-794 in A. Balisacan and P. Gardiner, editors. *Millenium Ecosystem Assessment. Current State and Trends Assessment. Millenium Ecosystem Assessment*, <http://www.millenniumassessment.org>.
- Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M. E., Blitzer E. J. et Kremen C. (2011). A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* **14**:922-932.
- Chehat, F. (2007). Analyse macroéconomique des filières. La filière blés en Algérie. Projet PAMLIM «Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation ». Alger, 7-9 avril 2007.
- Dedryver, C. A., Le Ralec, A. et Fabre F. (2010). The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus Biologies* **333**:539-553.

- Diehl, E., Sereda, E., Wolters V. et Birkhofer, K. (2013). Effects of predator specialization, host plant and climate on biological control of aphids by natural enemies: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **50**:262-270.
- Dixon, A. F. G. (1998). *Aphid Ecology. An optimization approach*. Second edition. Chapman & Hall, London.
- Dixon, A. F. G. (2000). *Insect predator-prey dynamics. Ladybird beetles and biological control*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Université de Hassiba Benbouali de Chlef, *Revue Nature et Technologie*, **1**: 45-53.
- El Haidari, H. et Al Hafidh, A. (1986). *Date Palm Pests in Far East and North Africa*, Al Wattan Press, Lebanon, 126 pp, (en Arabe).
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., Sirami, C., Siriwardena, G. M. et Martin, J. L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* **14**:101-112.
- Fenchel, T. (1974). Intrinsic rate of natural increase – Relationship with body size. *Oecologia* **14**:317-326.
- Grabenweger, G., Hopp, H., Jackel, B., Balder, H., Koch T. et Schmolling, S. (2007). Impact of poor host-parasitoid synchronisation on the parasitism of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera : Gracillariidae). *European Journal of Entomology* **104**:153-158.
- Hajek, A. E. (2004) *Natural enemies. An introduction to biological control*. Cambridge University Press, Cambridge (U. K.).
- Hemptinne, J.-L. et Dixon A. F. G. (1991). Why ladybirds have generally been so ineffective in biological control? Pages 149-157 in L. Polgar, R. J. Chambers, A. F. G. Dixon, and I. Hodek, editors. *Behaviour and impact of aphidophaga*. SPB Academic Publishing, The Hague (NL).
- Hodek, I., van Emden H. F. et Honek, A. (2012). *Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell, Oxford (U. K.).
- Idder, A. (2011). *Lutte biologique en palmeraies algériennes: cas de la cochenille blanche (Parlatoria blanchardi), de la pyrale des dattes (Ectomyelois ceratoniae) et du boufaroua (Oligonychus afrasiaticus)*. Thèse Doc., Eco. Nat. Sup.Agro., El – Harrach, Alger: 174 pp.
- Idder, M.A. et Pintureau B. (2009). Efficacité de la coccinelle *Stethorus punctillum* (Weise) comme prédateur de l'acarien *Oligonychus afrasiaticus* (McGregor) dans les palmeraies de la région de Ouargla en Algérie. *Revue Fruits*. **63**: 85 – 92.
- Iperti G., Laudeho Y., Brun J. et Choppin de Janvry, E. (1970). Les entomophages de *P. blanchardi* Targ dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien. III. Introduction, acclimatation et efficacité d'un nouveau prédateur Coccinellidae : *Chilocorus bipustulatus* L. var. *iranensis*. *Annales de Zoologie Ecologie Animale*, **2**: 617-638.
- Jonsson, M., Wratten, S. D., Landis, D. A. et Gurr, G. M. (2008). Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control* **45**:172-175.
- Landis, D. A., Wratten, S. D. et Gurr, G. M. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* **45**:175-201
- Larsen, A. E. (2013). Agricultural landscape simplification does not consistently drive insecticide use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **110**:15330-15335.
- Malki et Hammadache. (2002). *Pratique céréalière et savoir traditionnel en Algérie: analyse du proverbe populaire relatif à la pratique céréalière à la lumière des sciences agronomiques modernes*. Institut technique des grandes cultures (Alger), 65 pp.

- Martins, D. S., Fornazier, M. J., Culik, M. P., Ventura, J. A., Ferreira, P. S. F. et Zanuncio, J. C. (2015). Scale Insect (Hemiptera: Coccoidea) Pests of Papaya (*Carica papaya*) in Brazil. *Annals of the Entomological Society of America* **108**:35-42.
- Meehan, T. D., Werling, B. P., Landis, D. A. et Gratton, C. (2011). Agricultural landscape simplification and insecticide use in the Midwestern United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **108**:11500-11505.
- Messar, E. M., (1996). Le secteur phoenicicole algérien: Situation et perspectives à l'horizon 2010. *Ciheam, Options Méditerranéennes*, 1995, 23-44.
- Munier P., (1973). Le palmier dattier. Ed. Maison Neuve et Larose, Paris, 231 pp.
- Murdoch, W. W., Briggs, C. J. et Nisbet, R. M. (2003). *Consumer-Resource Dynamics*. Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Quézel P. et Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 1170 pp.
- Rakimov, A., Ben-Dov, Y., White, V. et Hoffmann, A.A. (2013). Soft scale insects (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) on grapevines in Australia. *Australian Journal of Entomology* **52**:371-378.
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F. et Palma, J. (2007). Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecological Engineering* **29**:401-418.
- Root, R. B. (1973). Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats - Fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* **43**:95-120.
- Sandhu, H., et Wratten, S. (2013). Ecosystem services in farmland and cities. Pages 3-15 in S. Wratten, H. Sandhu, R. Cullen, and R. Costanza, editors. *Ecosystem services in agricultural and urban landscapes*. Wiley-Blackwell, Oxford (U. K.).
- Smirnoff, W. A., (1957). La cochenille du palmier dattier (*Parlatoria blanchardi* Targ.) en Afrique du nord. Comportement, importance économique, prédateurs et lutte biologique. *Entomophaga*, **2**: 98 pp.
- Stephens, A. E. A., et Myers, J. H. (2012). Resource concentration by insects and implications for plant populations. *Journal of Ecology* **100**:923-931.
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W. H., Simberloff, D. et Swackhamer, D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* **292**:281-284.
- Van Lenteren, J. (2012). IOBC Internet book of biological control. Version 6. <http://www.iobc>
- Wratten, S., Sandhu, H., Cullen, R., et Costanza, R. (2013). *Ecosystem services in agricultural and urban landscapes*. Wiley-Blackwell, Oxford (U. K.).
- Zehnder, G., Gurr, G. M., Kuehne, S., Wade, M. R., Wratten, S. D. et Wyss, E. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* **52**:57-80.

Premier Chapitre

Biogéographie des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) d'Algérie

Ce chapitre a fait l'objet en 2014 d'une publication dans la revue
Faunistic Entomology. 2014 67, 15-32

Lounes Saharaoui (1), Jean-Louis Hemptinne (2) & Alexandra Magro (2)



Biogéographie des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) d'Algérie

Résumé

Vingt cinq stations réparties à travers huit secteurs géographiques de l'Algérie furent périodiquement échantillonnées durant quatre années successives (2003 – 2007). Des analyses multivariées (ordination et classification) permirent d'étudier la variabilité de la structure des communautés des coccinelles identifiées. Au total 48 taxons représentant 12 tribus et 22 genres ont été inventoriés. Il ressort clairement de cette étude que la quasi-totalité de la faune des coccinelles d'Algérie se rattache à la région paléarctique, et ce, malgré le climat aride et saharien qui caractérise la plus grande partie de ce pays. Le domaine maghrébin du Tell méridional qui constitue l'extrême Nord de l'Algérie est le plus peuplé en coccinelles avec 41 espèces. En revanche, le domaine saharo méditerranéen, constitué par le grand désert, est le moins peuplé. 16 espèces vivent dans le Sahara septentrional, 10 dans le Sahara central et 5 seulement dans le Sahara méridional. Cette partie de l'Algérie se caractérise également par la présence de 6 espèces non encore signalées en Afrique du Nord: *Pharoscymnus ovoideus*, *Pharoscymnus numidicus*, *Exochomus nigripennis*, *Exochomus pubescens forme apicalis*, *Hyperaspis marmottani*, ainsi qu'un minuscule *Scymnus (Pullus) sp* non encore identifié. L'analyse de la distribution des coccinelles dans les secteurs géographiques montre que les espèces: *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia (Adonia) variegata*, *Stethorus punctillum* et *Henosepilachna argus* présentent une large plasticité écologique. Elles sont présentes dans toutes les régions d'Algérie et s'adaptent à tous les climats.

Mots clés: coccinelle, Algérie, biogéographie, inventaire.

Biogeography of ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) of Algeria

Abstract

Thirty-four stations spread across eight geographic regions of Algeria were periodically sampled for four successive years (2003 - 2007). Multivariate analysis (ordination and classification) allowed to study the variability of community structure of ladybird. 48 taxa representing 12 tribes and 22 genera have been inventoried. It is clear from this study that almost all of the fauna of beetles from Algeria is linked to that of the Palaearctic region, and despite the arid and Saharan characterizes much of this country. The southern area of the Tell Maghreb, which is the extreme northern Algeria, is the most populous in ladybugs. In the Algiers area 41 taxa were identified, 36 and 28 in Oran in the Numidian. However, the field Saharo - Mediterranean, comprising the great desert, is the least populated. 16 species live in the northern Sahara, 10 in the central Sahara and 5 only in the southern Sahara. This part of Algeria is also characterized by the presence sexes species not previously reported in North Africa, they live in the northern Sahara. They are: *Pharoscymnus ovoideus*, *Pharoscymnus numidicus*, *Exochomus nigripennis*, *Exochomus pubescens forme apicalis*, *Hyperaspis marmottani*, and that a tiny *Scymnus (Pullus)* unidentified sp. The low number of species recorded from that constituting the fauna of beetles of Europe is explained by the fact that Algeria is isolated by barriers both sea and desert that prevent the spread of these beetles. The analysis of the distribution of beetles in each of the different geographical areas shows that *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia (Adonia) variegata*, *Stethorus punctillum* and *Henosepilachna argus* have a broad ecological plasticity. They are present in all regions of Algeria and fit all climates

Key words: ladybird, Algeria, biogeography, inventory

Introduction

Comme tous les insectes, les coccinelles sont réparties dans tous les continents, bien que plusieurs auteurs (Kovar, 2005, Chazeau *et al*, 1990, Iablokoff-Khnzorian, 1982, Fürsch, 1990, 1996) les positionnent dans les zones tropicales et sub-tropicales. D'autres affirment que pour chaque continent est inféodé une faune spécifique de coccinelles (Belicek, 1976). La

répartition géographique des coccinelles a été abordée également par Iperti (1999), il rapporte que les prairies des zones tempérées de l'Europe et de l'Amérique du nord, qui sont infestées par les pucerons (Homoptères, Aphididae) contiennent des Coccinellidae appartenant aux tribus des Coccinellini, et aux Scymnini. Les formations caducifoliées claires et les forêts de conifères de ces zones sont fréquentées par d'autres genres de Coccinellini (*Anatis spp*, *Myrrha spp*, *Mysia spp*, *Aphidecta spp*, *Hippodamia spp*).

Les zones tropicales de l'Afrique centrale et australe, de l'Amérique du Sud, de l'Inde et de Chine, qui sont infestées par des Coccidae, sont par contre occupées par des Coccinellidae appartenant aux tribus des Chilocorini (*Chilocorus spp*, *Exochomus spp*, *Brumus spp*), Scymnini (*Nephus spp*, *Sidis spp*, *Cryptolaemus spp*), Hyperaspini, Coccidulini et Noviini (Iperti, 1999). Dans le secteur méditerranéen qui est infesté à la fois par les pucerons et des coccidés, ce même auteur a signalé la présence de Coccinellidae venant des régions tempérées et tropicales, particulièrement *Rhyzobius spp* et *Novius spp*. La zone pacifique, par contre est dominée par les acariphages du genre *Stethorus* et les genres *Clitostethus* et *Serangium* qui sont des prédateurs de la mouche blanche (Aleurodes). En revanche, les déserts et les montagnes se distinguent par des faunes typiques de coccinelles. Les déserts contiennent beaucoup d'espèces phytophages de la tribu des Epilachnini et quelques espèces coccidiphages du genre *Pharoscymnus*, tandis que les montagnes (exemples des Alpes et des montagnes rocheuses) sont colonisées principalement par les espèces du genre *Hippodamia* (Fursch, 1959, 1985, 1987 et Iperti, 1999).

En recherchant dans la littérature, Balachowsky (1925 et 1927) et Peyerimhoff (1926) sont les premiers à s'intéresser à l'entomofaune de l'Afrique du Nord. Parmi les coléoptères ces auteurs ont cité quelques espèces de coccinelles inféodées à la région du Maghreb et plus particulièrement le Sud algérien. Nous citons les espèces *Coccinella (Thea) thuriferae* (Sicard 1923), *Chilocorus bipustulatus* (L), *Novius (Macronovius) cardinalis* (Mulsant), (espèce introduite en Algérie dans les années 1920), *Novius cruentatus* (Mulsant), *Exochomus anchorifer* (Allard), *Exochomus pubescens* (Kugelann), *Hyperaspis (Oxynichus) gutturalis* (Fairmaire), *Scymnus kiesenwetteri* (Mulsant), *Pharoscymnus setulosus* (Mulsant), *Pharoscymnus anchorago* (Fairmaire) et *Chryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (espèce introduite).

Les études sur la biodiversité des coccinelles sont à ces jours fragmentaires en Algérie si ce n'est les travaux de Balachowsky (1925 et 1927), de Peyerimhoff (1926) et Mulsant (1948) qui restent les premières et les plus anciennes références sur les coccinelles algériennes.

Plus tard, Saharaoui (1987, 1994 et 2001), Djouhri (1994) et Regel (1998) se sont intéressés à ce groupe d'insectes en réalisant des inventaires dans différents agro-écosystèmes algériens.

Dans cette étude, nous nous proposons d'étudier pour la première fois la biogéographie des coccinelles d'Algérie. En premier lieu, nous nous attellerons à dresser la liste finale des coccinelles d'Algérie et de montrer comment ces espèces se répartissent dans les différents secteurs géographiques de l'Algérie. La nomenclature est reprise des travaux de Fursch (1990, actualisation 2004).

On va démontrer s'il y a une correspondance entre les secteurs géographiques dans la description des assemblages des coccinelles, et qui des secteurs ou les climats offrent les meilleures conditions de vie. Compte tenu des caractéristiques des climats du nord et du sud algérien, nous comparerons la faune des coccinelles dans ces deux écosystèmes. Cette partie nous apportera des réponses aux questions suivantes:

- Les communautés des coccinelles au niveau des secteurs géographiques présentent-elles des similarités structurales et fonctionnelles?
- les mêmes espèces dominent – elles partout ? Si oui, quels sont les paramètres climatiques qui permettent d'expliquer ces différences ? Montrer quelles espèces sont caractéristiques de chaque zone.
- Que se passe-t-il quand on visite des écosystèmes de plus en plus arides ?
- Existe-t-il un lien entre la faune rencontrée et la productivité des écosystèmes.

Materiel et Methodes

Pour mener cette étude, nous avons effectué des relevés dans des milieux naturels ouverts et semi-ouverts, ainsi que dans plusieurs milieux cultivés. Tenant compte des relations qui existent entre coccinelles, espèces végétales qui abritent leurs proies et les conditions climatiques, nous avons effectué les prospections et les échantillonnages au niveau des huit secteurs chorologiques d'Algérie définis par Barry *et al.* en 1974. Cette répartition géographique est basée essentiellement sur le relief, les hauteurs pluviométriques et la spécificité floristique de chaque secteur. Les prospections ont été réalisées dans 25 stations choisies à travers les huit secteurs géographiques de l'Algérie à savoir: l'Algérois, l'Oranais, le Numidien, les Hauts plateaux, l'Atlas saharien, le Sahara septentrional et le Sahara méridional.

Les prélèvements ont été menés durant quatre années consécutives, de 2003 à 2007 essentiellement entre le début mars et la fin novembre à raison de neuf sorties par station. Nous avons adopté la méthode utilisée par d'Iperti (1965), qui consiste à un échantillonnage stratifié

qui varie d'une strate à une autre. Pour standardiser l'effort de recherche au niveau des 25 stations nous avons réalisé 20 relevés par station et par sortie.

1 - Protocole adopté sur la strate herbacée.

Les prélèvements sont réalisés sur divers végétaux, dont la hauteur ne dépasse pas 50 cm. Les échantillonnages sont effectués sur des placettes de 16 m² par relevé dans de grandes unités écologiques déterminées préalablement à l'aide du filet fauchoir et à raison de 10 passages par biotope occasionnel (therme utilisé par Iperiti celui-ci pouvant regrouper une ou plusieurs espèces végétales). Il faut souligner que la rapidité du coup de fauchoir est un facteur capital de la réussite du fauchage, compte tenu du comportement très actif et de la grande capacité de dispersion des coccinelles.

2 - Protocole adopté sur les plantes arbustives.

Sur les plantes arbustives on utilise la méthode du battage, en employant le parapluie japonais comme instrument de capture. On opère sur des placettes de 10 mètres de rayon à raison de 10 coups de battage par relevé.

3 - Protocole adopté sur les arbres.

Les prélèvements ont été menés soit au sein des vergers, soit des brise-vents, arbres d'alignement ou arbres isolés. L'unité d'échantillonnage dans cette catégorie de strate est l'arbre. On a échantillonné sur 20 arbres par station à raison de trois coups de battage par direction cardinale et par arbre en utilisant le parapluie japonais.

4 - Analyse des résultats.

4.1 - Indices de diversité

Le concept de la diversité comporte deux notions qui doivent être considérées de façon simultanée: la première concerne le nombre d'unités systématiques présentes dans un milieu donné, il s'agit ici d'espèces de coccinelles. Cette mesure est jugée insuffisante par plusieurs auteurs (Barbault, 1995) puisqu'elle ne permet pas de différencier des peuplements qui comporteraient un nombre d'espèces identiques mais avec des fréquences relatives très différentes. Ici intervient la seconde notion qui se rapporte à la façon dont les individus des diverses espèces sont réparties au moment de l'échantillonnage. C'est pourquoi on a calculé l'indice de diversité de Shannon et Weaver et l'équitabilité en utilisant le logiciel PAST vers

1.81 (Hammer, 2001). L'intérêt de ces deux indices est de permettre des comparaisons globales de peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement saisi à des moments différents (Feer, 2000). Ces deux indices sont calculés par les expressions suivantes:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

où p_i = est la proportion de l'échantillon représenté par l'espèce i

$P_i = n_i/N$ avec n_i : le nombre d'individus de l'espèce i

N : le nombre total des individus

L'indice d'équitabilité ou d'équirépartition correspond au rapport de la diversité observée (H') à la diversité maximale ($H_{\max}$).

$$E = H' / H_{\max}$$

E : Indice d'équitabilité

H' : Indice de diversité de Shannon -Weaver

$H_{\max}$: Diversité maximale, donnée par la formule suivante:

$$H_{\max} = \log_2 S$$

S : Richesse totale exprimée en nombre d'espèces.

4.2 - Similarité

L'analyse des peuplements de coccinelles et leurs ressemblances entre les zones climatiques et les régions géographiques sont caractérisées par l'indice de similarité de Sorensen (Bachelier, 1978); qui permet de comparer deux à deux les peuplements des différents biotopes et d'évaluer la similarité ou non similarité faunistique d'une communauté.

La similitude est un moyen pour caractériser objectivement et qualitativement le degré de ressemblance de deux listes d'espèces au moyen d'un seul nombre (Gounot, 1969).

La similarité est calculé par la formule $S = \frac{2c}{a+b}$

a = Le nombre d'espèces présentes dans le milieu A

b = Le nombre d'espèces présentes dans le milieu B

c = Le nombre d'espèces communes aux deux milieux A et B.

Ce rapport peut varier de 0 (aucune similarité) à 100 (similarité totale).

4.3 - Distribution rangs / fréquence des espèces de coccinelles

La fréquence est calculée à partir du nombre d'individus de chaque espèce sur le nombre total d'individus de toutes les espèces confondus. Les diagrammes rang/fréquences sont tracés en classant les espèces par ordre de fréquences décroissantes. Les rangs des espèces sont portés en abscisses et leurs fréquences en ordonnées avec une échelle logarithmique. Les

diagrammes varient en fonction de la diversité spécifique qui permet de caractériser les distributions d'abondance des espèces. (Lamotte et *al.*, 1969).

Resultats

1 - Composition du peuplement des coccinelles

On a réalisé 4500 relevés à travers 25 localités recouvrant les huit régions géographiques de l'Algérie. Au total 48 espèces de coccinelles (Tab.1) appartenant à 12 tribus et 22 genres ont été inventoriées. Elles se répartissent en six sous-familles: La sous famille des Epilachninae, est représentée par deux espèces, appartenant à la tribu des Epilachnini soit 4,17 % du nombre total des espèces de coccinelles répertorié. Les Scymninae (39,58 %), les Coccinellinae (29,17 %), les Chilocorinae (14,58%), les Coccidulinae (6,25 %), et les Sticholotidinae (6,25%) sont quantitativement plus importants avec 46 espèces. Elles sont toutes utiles et susceptibles de jouer un rôle dans la protection des plantes cultivées contre certains ravageurs, notamment les pucerons et les cochenilles. Les Scymnini et les Coccinellini représentent les deux principales tribus et regroupent respectivement 19 et 14 espèces, soit un peu plus de la moitié de la faune des coccinelles inventoriées. Elles sont suivies par les Chilocorini avec 7 espèces. Viennent ensuite, les Hyperaspidini et les Sticholotidini avec 3 espèces chacune, les Coccidulini avec 2 espèces et enfin les Platynaspidini, les Noviini, Stethorini, Tyttaspidini et les Psylloborini avec une espèce chacune.

Tableau: 1- Espèces de coccinelles répertoriées en Algérie.

Sous-Familles	Tribus	Espèces de coccinelles	Code	Effectif	Secteurs géographiques de l'Algérie							
					K	A	O	H	AS	Ss	Sc	Sm
Chilochorinae (Sasaji, 1968)	Platynaspini (Mulsant, 1846)	<i>Platynaspis luteorubra</i> (Goeze, 1777)	P.lut	690	X	X	X	X				
	Chilocorini (Mulsant, 1846)	<i>Chilocorus bipustulatus</i> (Linné, 1758)	C.bip	1962	X	X	X	X				
		<i>Exochomus (Parexochomus) anchorifer</i> (Allard, 1870)	E.an	67		X	X	X	X			
		<i>Exochomus (Exochomus) nigripennis</i> (Erichson, 1843)	A.nig	460						X		
		<i>Brumus quadripustulatus</i> (Linné, 1758)	B.qua	9		X	X					
		<i>Brumus quadripustulatus var floralis</i> (Motschulsky, 1837)	B.quf	135		X	X	X				
		<i>Exochomus (Parexochomus) pubescens</i> forme <i>apicalis</i> (Weise, 1885)	E.pub	7						X		
	Coccidulini (Mulsant, 1846)	<i>Rhyzobius lophantae</i> (Blaisdell, 1892)	R.lop	2425	X	X	X	X				
Coccidulinae (Mulsant, 1846)		<i>Rhyzobius chrysomeloides</i> (Herbst, 1793)	R.chr	758	X	X	X	X				
Scymninae (Mulsant, 1846)	Noviini (Mulsant, 1850)	<i>Rodolia (Novius) cardinalis</i> (Mulsant, 1850)	R.car	1438	X	X	X	X				
	Stethorini (Dobzhansky, 1924)	<i>Sthetorus punctillum</i> (Weise 1891)	S.pun	3407	X	X	X	X	X	X	X	X
	Scymnini (Mulsant, 1846)	<i>Clitostethus arcuatus</i> (Rossi, 1794)	C.arc	2009	X	X	X	X	X	X		
		<i>Scymnus (Mimopullus) marinus</i> (Mulsant, 1850)	S.mad	804	X	X	X	X				
		<i>Nephus peyerimhoffi</i> (Sicard, 1923)	N.pey	1457	X	X	X	X				
		<i>Nephus quadrimaculatus</i> (Herbst, 1783)	N.qua	4		X						
		<i>Nephus (bipunctatus) bipunctatus</i> (Kugelann, 1794)	N.bip	5		X						
		<i>Scymnus (Pullus) fulvicollis</i> (Mulsant, 1846)	S.ful	9		X						
		<i>Scymnus (Pullus) subvillosus</i> (Goeze, 1777)	S.sub	6299	X	X	X	X	X	X	X	
		<i>Scymnus (Pullus) suturalis</i> (Thunberg, 1795)	S.sut	12		X	X	X				
		<i>Scymnus (Pullus) sp</i>	S.sp	106						X		
		<i>Scymnus (Scymnus) apetzii</i> (Mulsant, 1846)	S.ape	3407	X	X	X					
		<i>Scymnus (Scymnus) bivulnerus</i> (Capra et Fursch, 1967)	S.biv	258		X						
		<i>Scymnus (Scymnus) interruptus</i> (Goeze, 1777)	S.int	1789	X	X	X	X				
		<i>Scymnus (Scymnus) nubilus</i> (Mulsant, 1850)	S.nub	744	X	X	X	X		X		
		<i>Scymnus(Scymnus) pallipediformis</i> (Gunther, 1958)	S.pal	1656	X	X	X	X				
		<i>Scymnus (Scymnus) rufipes</i> (Fabricius, 1798)	S.ruf	49	X	X	X					
	Hyperaspini (Mulsant, 1846)	<i>Hyperaspis marmottani</i> (Fairmaire, 1868)	H.mar	8						X		
		<i>Hyperaspis algerica</i> (Crotch, 1874)	H.alg	725	X	X	X	X				
		<i>Hyperaspis sp</i>	H.sp	60						X		

Sticholotidinae (Gordon, 1977)	Sticholotidini (Gordon, 1977)	<i>Phoroscymnus numidicus</i> (Pic, 1900)	P.num	711					X	X	X	
		<i>Pharoscymnus ovoideus</i> (Sicard, 1929)	P.ovo	1541					X	X	X	
		<i>Pharoscymnus setulosus</i> (Chevrolat, 1861)	P.set	636		X	X	X				
Coccinellinae (Latreille, 1807)	Coccinellini (Latreille, 1807)	<i>Hippodamia</i> (<i>Hippodamia</i>) <i>tredecimpunctata</i> (Linné, 1758)	H.tre	64	X	X	X				X	
		<i>Hippodamia</i> (<i>Semiadalia</i>) <i>undecimnotata</i> (Schneider, 1792)	H.und	4		X					X	
		<i>Hippodamia</i> (<i>Adonia</i>) <i>variegata</i> (Goeze, 1777)	H.var	5996	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Adalia</i> (<i>Adalia</i>) <i>bipunctata</i> (Linné, 1758)	A.bip	63		X	X	X				
		<i>Adalia</i> (<i>Adalia</i>) <i>decempunctata</i> (Linné, 1758)	A.dec	1112	X	X	X	X				
		<i>Calvia</i> (<i>Anasocalvia</i>) <i>quatuordecimguttata</i> (Linné, 1758)	C.qua	291	X	X	X	X				
		<i>Coccinella</i> (<i>Coccinella</i>) <i>septempunctata</i> (Linné, 1758)	C.alg	5102	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Coccinella</i> (<i>Spilota</i>) <i>undecimpunctata</i> (Linné, 1758)	C.und	183		X	X	X	X		X	X
		<i>Myrrha</i> (<i>Myrrha</i>) <i>octodecimpunctata</i> (Linné, 1758)	M.oct	277	X	X	X	X				
		<i>Oenopia</i> <i>doublieri</i> (Mulsant, 1846)	O.dou	1005	X	X	X	X				
		<i>Oenopia</i> <i>lyncea</i> (Olivier, 1808)	O.lyn	331	X	X	X	X				
		<i>Propylea</i> <i>quatuordecimpunctata</i> (Linné, 1758)	P.qua	4		X	X					
	Tytthaspidini (Crotch, 1874)	<i>Tytthaspis</i> (<i>Tytthaspis</i>) <i>phalerata</i> (Costa, 1949)	T.pha	12		X	X					
	Psylloborini (Casey, 1899)	<i>Psyllobora</i> <i>vigintiduopunctata</i> (Linné, 1758)	P.vig	705	X	X	X	X	X	X		
Epilachninae (Mulsant, 1846)	Epilachnini (Mulsant, 1846)	<i>Henosepilachna</i> <i>argus</i> (Goeffroy, 1762)	H.arg	711	X	X	X	X	X	X	X	X
		<i>Henosepilachna</i> <i>elaterii</i> (Rossi, 1794)	H.ela	362	X	X	X	X	X	X		

Légende : K : Secteur numidien, A : Secteur algérois, O : Secteur oranais, H : Secteur des Haut plateaux, AS : Secteur de l'Atlas saharien
Ss : Secteur du Sahara septentrional, Sc. ; Secteur du Sahara central, Sm : Secteur du Sahara méridional.

2 - Diversité des coccinelles dans les secteurs biogéographiques

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver représentées dans le tableau 2 et appliquées aux coccinelles capturées dans les différents secteurs géographiques sont très élevées dans les secteurs du nord. Elles varient entre 4,10 et 4,35 bits avec des richesses spécifiques de 41, 36, 30 et 28 espèces respectivement dans les secteurs algérois, oranais, des hauts plateaux et numidien. Une communauté sera d'autant plus diversifiée que l'indice H' sera plus grand (Blondel, 1979). Ces résultats indiquent que dans le nord de l'Algérie tous les individus sont répartis d'une façon égale pour toutes les espèces de coccinelles répertoriées. Comme le montre les valeurs de l'amplitude d'habitat qui varient entre 24,29 dans le secteur numidien et 37,06 dans l'algérois, les coccinelles trouvent les meilleures conditions trophiques et spatiales pour se maintenir. En effet, le nord de l'Algérie est caractérisé par une grande diversité de végétation appartenant à toutes les strates végétales abritant une importante biomasse de nourriture des coccinelles (cochenilles, pucerons, aleurodes, acariens). A cela s'ajoutent les conditions climatiques et microclimatiques très favorables pour le développement des coccinelles notamment dans le secteur algérois qui est caractérisé par un climat sub-humide à hiver doux.

Au sud algérien, la valeur de l'indice de diversité de Shannon-Weaver la plus élevée est notée au niveau du Sahara septentrional. Cette zone agro écologique offre des conditions microclimatiques plus favorables au développement des coccinelles grâce à la végétation oasienne qui caractérise la région et l'extension des cultures intensives et maraîchères ces dernières années. La diversité de la végétation qui abrite les coccinelles est très diversifiée dans cette partie du Sahara où le palmier dattier occupe une grande place. Cette culture abrite quatre espèces de coccinelles: *P. ovoideus*, *P. numidicus*, *E. pubescens* forme *apicalis* et *S. punctillum*. En revanche, dans l'Atlas saharien, le Sahara central et le Sahara méridional, les valeurs des indices de diversité sont assez faibles avec une dominance des espèces *C. septempunctata* et *H. variegata*. Les faibles valeurs des amplitudes d'habitat qui varient entre 3.32 dans le Sahara méridional et 13.38 dans le Sahara septentrional confirment la dégradation de la végétation dans ces régions provoquant une perturbation de l'activité des coccinelles.

Les valeurs de l'indice d'équitabilité obtenues dans les huit régions géographiques sont supérieures à 0.5. Elles traduisent la présence d'une tendance vers l'instauration d'un équilibre entre espèces. C'est-à-dire qu'il y a une répartition relativement homogène des effectifs parmi les

espèces présentes. L'équitabilité est la plus faible dans les secteurs algérois et le Sahara septentrional, ceci s'explique par le fait que, dans ces secteurs, certaines espèces dominent en effectifs par rapport à l'ensemble des autres espèces. C'est le cas de *S. subvillosus*, *C.septempunctata*, *H. variegata* et *C. bipustulatus* dans le secteur algérois et *P. ovoideus*, *C.septempunctata*, *H. variegata* et *S. punctillum* dans le Sahara septentrional. En revanche, les valeurs de l'équitabilité (E) sont plus élevées dans les secteurs du Sahara central et méridional. En effet, dans ces secteurs de l'extrême sud, la communauté des coccinelles est très faible ne dépassant pas 10 espèces avec des niveaux d'abondance similaire.

L'évaluation de la relation entre la richesse spécifique et les indices de diversité au niveau des 25 stations de prospection, nous donne une différence significative ($F = 21.14$, ddl, 21,2; $Pr > F = 0,0001$) et un indice de détermination positif, $r = 0,95$ (Fig. 1).

Tableau 2 - Paramètres descriptifs du peuplement de coccinelles dans les 8 secteurs biogéographiques.

Secteurs	Numidien (K)	Algérois (A)	Oranais (O)	Hauts plateaux (H)	Atlas saharien (As)	Sahara Septentrional (Ss)	Sahara central (Sc)	Sahara méridional (Sm)
Indices écologiques								
Richesse spécifique (S)	28	41	36	30	12	16	10	5
Nombre d'individus	9875	12622	10613	3544	2181	6432	979	353
Diversité maximale (H)	4,81	5,36	5,17	4,91	3,58	4,00	3,32	2,32
Indice de diversité Shannon (H')	4,13	4,35	4,38	4,1	2,78	3,08	2,83	2,08
Equitabilité (E)	0,86	0,62	0,84	0,85	0,78	0,71	0,85	0,90
Amplitude d'habitat	24.29	37.06	32.02	26.32	9.62	13.38	7.62	3.32

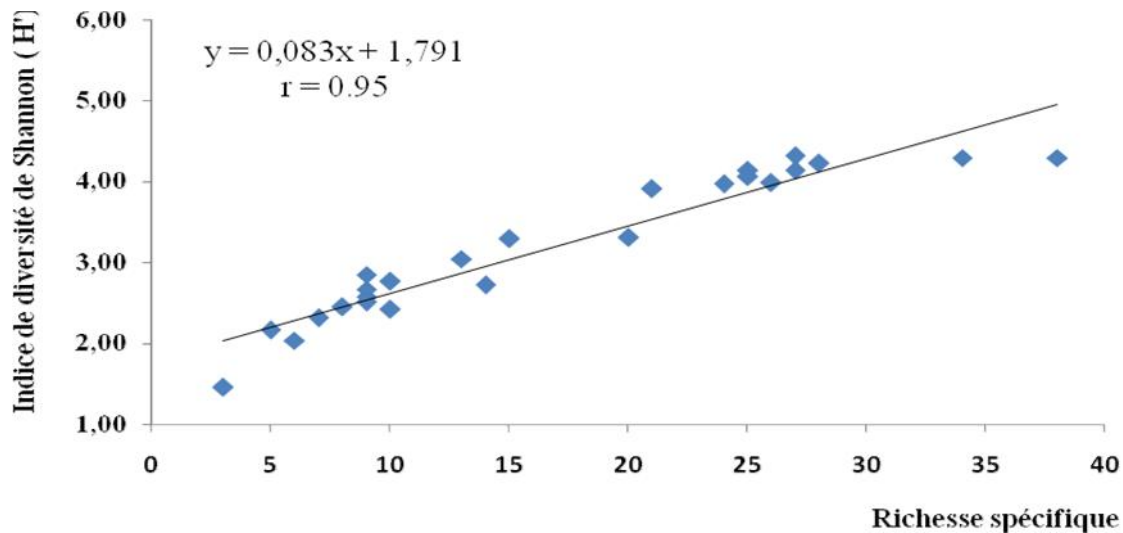


Figure: 1

Relation entre la richesse spécifique et l'indice de diversité Shannon-Weaver dans les différentes stations prospectées.

3 - Similarité des peuplements des coccinelles entre secteurs biogéographiques.

L'analyse des valeurs de similarité reportées dans le tableau 3 montre une grande ressemblance entre les secteurs numidien, algérois et oranais avec un taux de similarité supérieure à 90%. La similarité est beaucoup plus importante entre les secteurs algérois et oranais et enregistre 93,50 % de ressemblance. Le secteur des hauts plateaux et le secteur numidien ne comptent pas moins de 17 espèces communes et donnent des indices de similarité supérieure à 95%. La ressemblance des peuplements de coccinelles est aussi très élevée entre le secteur des hauts plateaux et ceux algérois et oranais avec des indices de similarité respectives de 78,87% et 84,84%. Les valeurs de similarité sont nettement inférieures dans les secteurs du Sud par rapport à celles du Nord, elles ne dépassent pas les 50% exception faite pour le secteur de l'Atlas saharien qui bénéficie des conditions biotiques et abiotiques nettement meilleures en sa qualité de secteur intermédiaire entre le Sud et le Nord. Enfin des ressemblances de 50 à 60% sont notées entre les secteurs du Sud. La similarité est un peu plus élevée entre les secteurs du Sahara septentrional et central et entre le Sahara central et méridional avec des indices respectifs de 74,07% et 75,00%.

Tableau 3 - Matrice des indices de similarité entre les différents secteurs biogéographiques

Secteurs biogéographiques	K	A	O	H	AS	SS	SC	SO
Numidien (K)	X							
Algérois (A)	81.15	X						
Oranais (O)	87.5	93.50	X					
Haut plateaux (H)	96.55	78.87	84.84	X				
Atlas saharien (AS)	50.00	43.63	41.66	57.14	X			
Sahara septentrional (SS)	36.36	34.48	34.61	43.47	64.28	X		
Sahara central (SC)	31.57	23.52	26.08	40.00	72.72	76.92	X	
Sahara méridional (SO)	30.30	25.53	28.57	28.57	29.41	23.80	33.33	X

4 - Similarité des peuplements des coccinelles entre les zones climatiques

La répartition et la dispersion des peuplements de coccinelles répondent à plusieurs facteurs biotiques et abiotiques qui conditionnent leur comportement naturel. Les résultats reportés dans le tableau 4 expriment une grande similarité entre les régions Sub-humides et Semi-arides et à un degré moindre entre les régions humides. Pas moins de 31 espèces sont communes à ces régions bioclimatiques représentant 64,5% de la faune des coccinelles recensée. Ces régions climatiques sont caractérisées par des climats du type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral, l'Atlas tellien et les hauts plateaux constantinois. Les étés sont secs et les hivers humides et frais avec 400 mm à 1200 mm de pluie par an et une moyenne annuelle de température de 17 à 18°C. En plus des conditions climatiques très favorables, les communautés de coccinelles trouvent une grande diversité végétale de type méditerranéen appartenant à toutes les strates végétales spontanées et cultivées fortement infestées par des populations d'homoptères et d'acariens nourritures préférentielles des coccinelles. En allant vers les zones steppiques des régions semi-arides situées au Nord des hautes plaines algérois - oranaises et sur le versant Sud des Aurès, les peuplements des coccinelles diminuent quantitativement et qualitativement en raison de la disparition des espèces forestières et l'apparition des espèces steppiques telles que l'armoïse, l'alfa, et le sparte. De même, les pluviométries annuelles diminuent avec une moyenne de 350 mm notamment dans les hauts plateaux.

A l'approche de l'Atlas saharien, la similarité entre les zones arides et les régions du Nord se réduit de plus en plus, ce changement d'écosystème explique l'absence de presque la moitié des espèces de coccinelles recensées au Nord. Dans cet étage bioclimatique certaines espèces ne trouvent pas les conditions trophiques et microclimatiques idéales pour se maintenir en raison de

leur spécificité écologique (alimentation, habitat). C'est le cas des espèces: *R. cardinalis*, *P.luteorubra*, *B. quadrimaculatus* et *B. quadrimaculatus* forme *floralis*.

L'étage bioclimatique saharien, correspond à la zone Sud de l'Atlas saharien, une partie de ce désert est formée de grande étendues de dunes (Erg oriental et Erg occidental), de plaines caillouteuses (Regs), c'est un vaste écosystème au climat très rigoureux d'où les coccinelles sont quasiment absente en raison de l'absence de la végétation. L'autre partie du Sahara est parsemée d'oasis qui sont autant de centre urbains comme les villes de Ouargla, Touggourt Biskra et Béchar. La végétation est contractée et localisée dans les lits d'oued c'est une végétation hygrophile et psammophile fortement adaptée aux conditions xériques (Ozenda, 1991). On retrouve du pâturage à base d'espèces graminéennes à *Aristida pungens* et *Panicum turgidum* et d'arbustes fourragers, tels que les nombreux acacias (Ozenda, 1991). Cette partie du Sahara est dominée par la culture du palmier dattier principale ressource des populations de cette région en plus des cultures fruitières et maraîchères sous serres nouvellement installées au Sud. Cet écosystème saharien abrite pas moins de 17 espèces de coccinelles dont cinq espèces sont spécifiques aux zones sahariennes: *E. nigripennis*; *E. pubescens* variété *apicalis*; *Scymnus (Pullus) sp*, *H. marmottani*; *Hyperaspis sp*, alors que les espèces *P. ovoideus*, *P. numidicus* et *S. punctillum* elles sont largement rependues sur le palmier dattier en raison de la disponibilité de leurs nourritures essentielles respectives, la cochenille *P.blanchardi* et l'acarien *O. afrasiaticus*.

Tableau 4 - Matrice des indices de similarité entre les différents bioclimats.

Etages bioclimatiques	Humide	Sub-Humide	Semi-Aride	Aride	Saharien
Humide	---				
Subi-Humide	79.41	---			
Semi-Arider	83.07%	88.60%	---		
Arider	46.15%	37.73%	48.00%	---	
Saharien	32.55%	3157%	40.74%	64.28%	

5 - Distribution rangs / fréquence des espèces de coccinelles par secteur biogéographique

A travers cette étude, nous avons essayé d'étudier la structuration des peuplements de coccinelles dans les différentes régions géographiques de l'Algérie par l'élaboration des diagrammes rang/fréquences afin d'estimer l'ordre de reprise biocénotique. Les diagrammes rang/fréquences des espèces sont tracés en classant les espèces par ordre de fréquence décroissantes. Les rangs des espèces sont portés en abscisses et leurs fréquences en ordonnées

avec une échelle logarithmique. Les diagrammes varient en fonction de l'abondance de chaque espèce qui permet de caractériser les distributions des différentes espèces. Les résultats de cette analyse nous a permis également de voir est ce que les espèces de coccinelles inventoriées dans les différentes régions sont elles perturbée ou non.

Dans le secteur numidien, il apparaît un peuplement formé des espèces: *S. subvillosus*, *R. lophantae*, *H. variegata* et *C. septempunctata* qui forme un palier du fait que les espèces appartiennent à des rangs voisins et se trouvent presque également représentées avec une légère dominance de l'espèce *S. subvillosus* (17,39%). Cette dernière montre une large plasticité écologique dans ce secteur. La rupture brusque de la courbe et la formation d'un deuxième pallier indiquent que les espèces *R. cardinalis*, *C. arcuatus*, *S. interruptus*, *C. bipustulatus*, *A. decempunctata*, *O. doublieri*, *R. chrysomeloides* et *S. pallipediformis* ne trouvent pas d'habitat qui leur offre une nourriture suffisante pour se maintenir malgré les conditions climatiques très favorables. Enfin, deux autres paliers regroupent les espèces qui ne sont pas inféodées à ce type de milieu. Elles ont été rencontrées isolément sur un nombre d'espèces végétales très limité (Fig. 2).

Dans le secteur algérois, on retrouve presque le même assemblage d'espèces que le secteur numidien, sauf que *C. septempunctata* trouve des conditions plus idéales et reprend la troisième place du premier palier grâce à la diversité des plantes herbacées habitats préférentiels de cette coccinelle. A l'opposer, *R. lophantae* ne trouve plus les mêmes conditions car son habitat préféré est l'olivier, espèce végétale très commune dans les biotopes du secteur numidien. Un groupe de neuf autres espèces de densités moyennes forment un deuxième pallier et regroupe *C. bipustulatus*, *N. peyerimhoffi*, *S. punctillum*, *C. arcuatus*, *S. interruptus*, *R. cardinalis*, *S. pallipediformis* et *R. lophantae* (Fig. 3). Le même assemblage d'espèces composé de: *S. subvillosus*, *H. variegata* et *C. septempunctata* est observé dans le secteur oranais mais avec une densité plus significative. Le même groupe d'espèces observé dans le secteur algérois constitue aussi le deuxième palier (Fig. 4).

Dans les hauts plateaux, on retrouve au premier pallier le même peuplement que dans les secteurs algérois et oranais avec toujours une dominance des espèces *S. subvillosus* et *C. septempunctata*. En revanche, *H. variegata* rétrograde à la troisième position. Ces trois espèces sont suivies par *S. punctillum*, *S. pallipediformis* et *S. interruptus* et, à un degré moindre, par l'espèce *C. arcuatus* (Fig. 5).

Dans le secteur de l'Atlas saharien, deux espèces principales dominent: *C. septempunctata* et *H. variegata*. Elles vivent aux dépend des aphides inféodés aux céréales, diverses végétations herbacées spontanées et cultivées et steppiques (*Stipa tenacissima* Linné, *Artemisia herba alba* Asso, *Lygeum spartum* Linné et *Zizyphus lotus* Linné). La rupture brusque de la courbe nous renseigne sur les contraintes biotiques et abiotiques que subissent les autres espèces et qui les relèguent au rang d'espèces peu fréquentes. L'acariphage *S. punctillum* trouve dans la région des conditions climatiques très favorables et une nourriture très abondante au niveau des palmerais pour prendre la tête du groupe du deuxième palier formé par *S. subvillosus*, *S. interruptus*, et *S. pallipediformis*. Les autres espèces ne trouvent pas une nourriture suffisante pour ce maintenir, en raison de la rareté de leurs plantes hôtes à l'image des deux *Pharoscyrnus* qui sont inféodées exclusivement aux palmeraies et *E. anchorifer* qui préfère les cochenilles des arbres forestiers (Fig. 6).

Dans le secteur septentrional, deux nouvelles espèces se positionnent au premier palier, il s'agit de *S. punctillum* et *P. ovoideus*. Alors que *C. septempunctata* et *H. variegata* se décalent au second rang. Dans ce secteur il y a lieu de signaler la présence de cinq espèces spécifiques aux régions du sud: *E. nigripennis*, très abondante dans ce secteur *Scymnus (Pullus) sp*, *H. marmottani*, *Hyperaspis sp* et *E. pubescens* forme *apicalis* qui ont été rencontrées isolement sur quelques palmeraies (Fig.7).

Dans le Sahara central, on retrouve au premier rang une seule coccinelle très commune dans cette région désertique vivant au dépend de la cochenille *P. blanchardi* sur le palmier « Doum » (*Hyphaene thebaica* Linné) et le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* Linné). Il s'agit de *P.ovoideus*. Deux autres espèces cohabitent avec cette espèce mais sont néanmoins plus rares: il s'agit de *P. numidicus* et *S. punctillum*. La chute brutale de la courbe nous indique que les autres espèces ne trouvent pas une nourriture suffisante et des conditions microclimatiques favorables pour se développer. Comme dans tous les autres secteurs, *C. septempunctata* et *H. variegata* jouent toujours les premiers rôles grâce à leur présence sur les Poaceae, les Fabaceae et les Asteraceae qui prédominent dans ce secteur. Le nombre restreint d'espèces aux abondances décroissantes graduellement et la faible diversité végétale entraînent une courbe log-linéaire, modèle Motumura. Ce cas est fréquent dans les communautés de plantes pionnières avec de fortes contraintes de milieu tel que le climat saharien caractérisé par une aridité très faible et des températures dépassant souvent 35°C. (Fig. 8).

Le Sahara méridional avec son grand désert et la rareté de la végétation n'a pas permis aux riches communautés des coccinelles de se maintenir. Seules *C. septempunctata* et *H. variegata* se sont adaptées aux contraintes du milieu et se reproduisent aux dépens des aphides inféodés aux cultures herbacées spontanées et cultivées se trouvant dans les oasis et les lits d'oued. Les autres espèces, *S. punctillum*, *C. undecimpunctata* et *H. argus* viennent au deuxième palier. Elles bénéficient des conditions microclimatiques très favorables qui leurs offrent les palmeraies et quelques arbustes et arbres de la région pour se maintenir (Fig. 9).

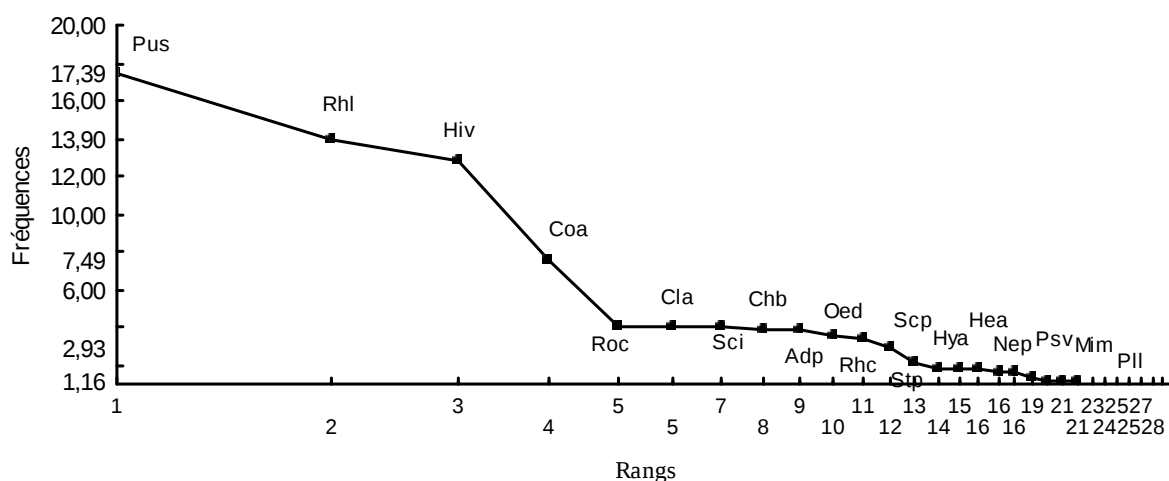


Figure 2

Rangs / fréquences des espèces de coccinelles du secteur numidien.

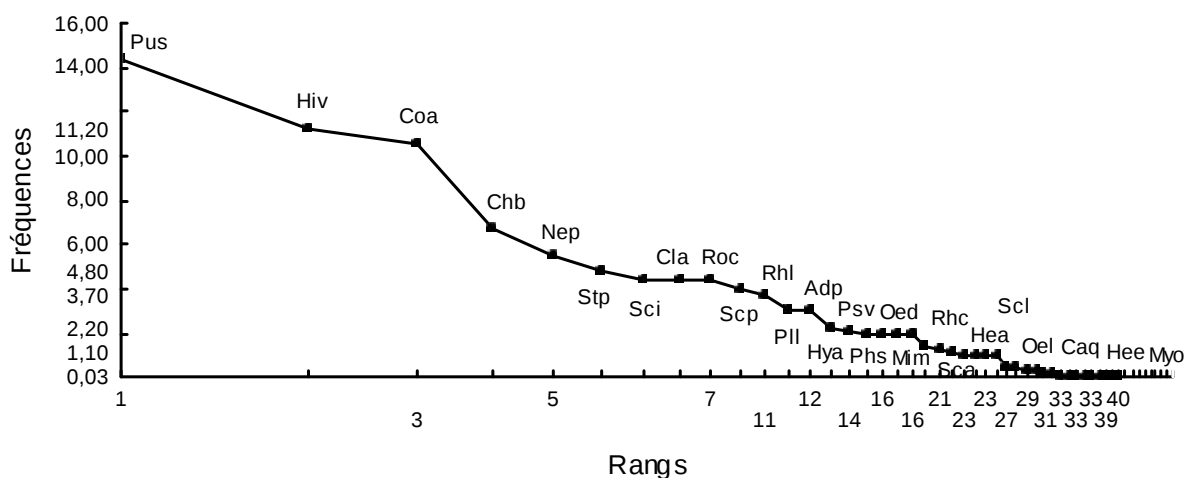


Figure 3

Rangs / fréquences des espèces de coccinelles du secteur algérois.

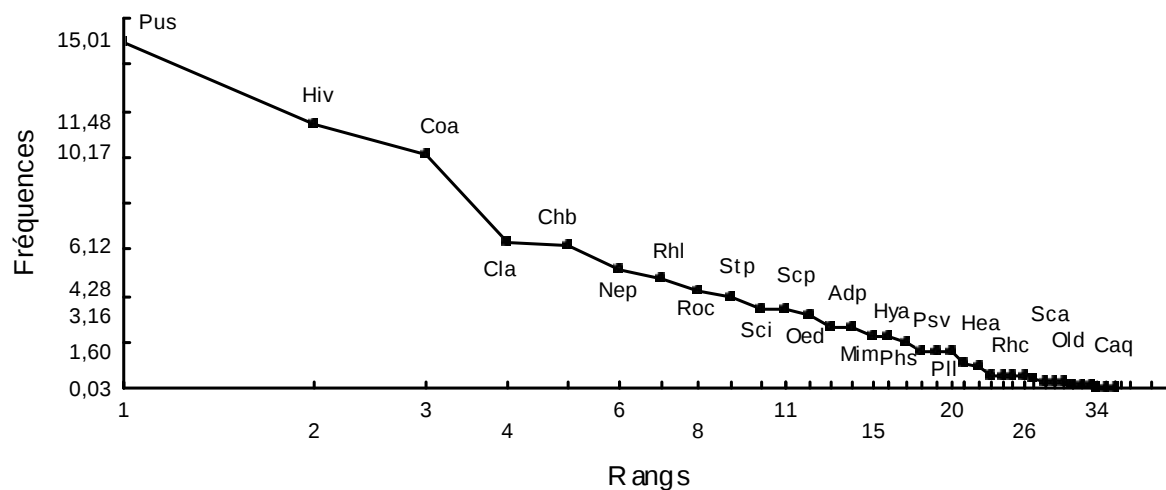


Figure 4

Rangs / fréquences des espèces de coccinelles du secteur oranaïs.

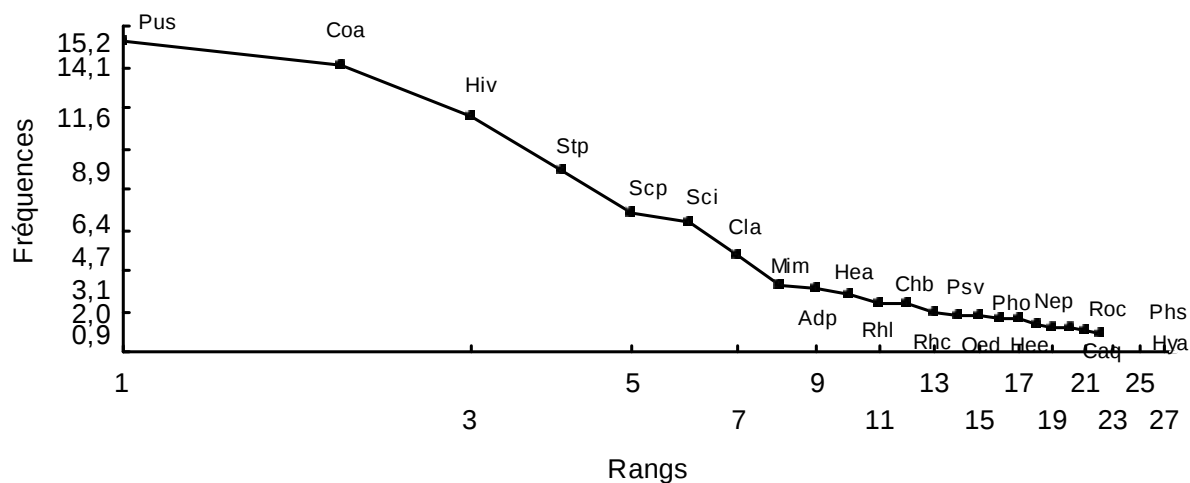


Figure 5

Rangs / fréquences des espèces de coccinelles du secteur des Hauts Plateaux.

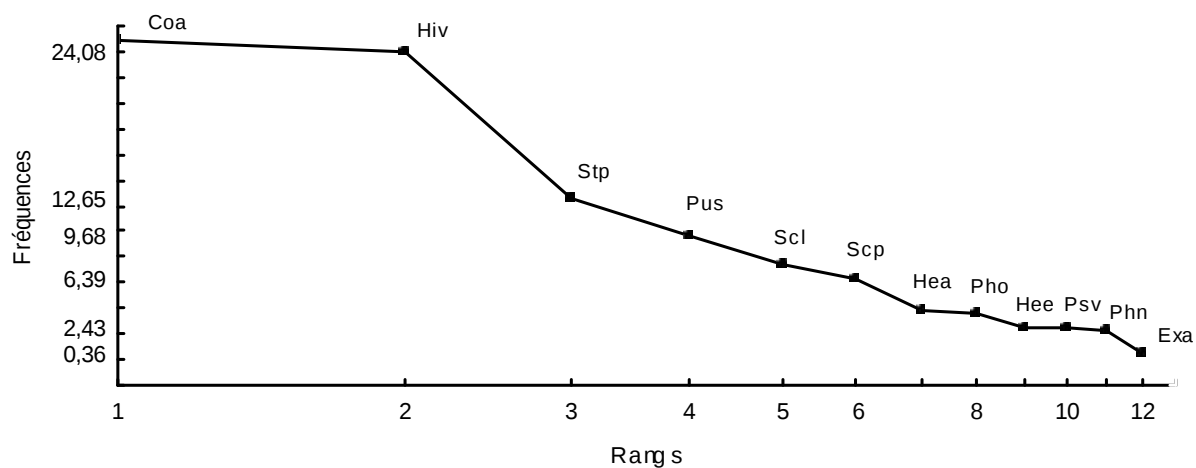


Figure 6

Rangs / fréquences des espèces de coccinelles du secteur de l'Atlas Saharien.

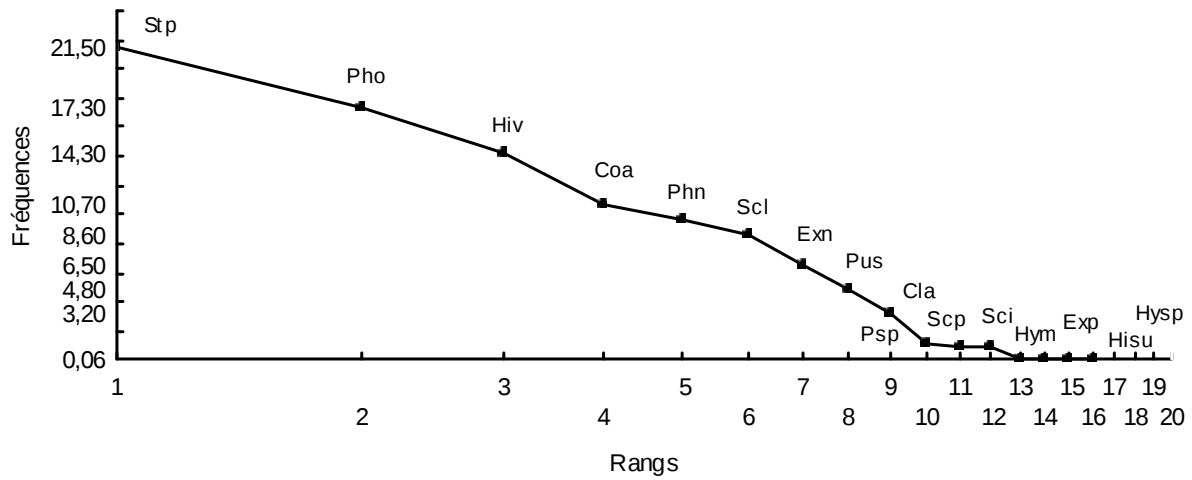


Figure 7

Rangs / fréquences des espèces de coccinelles du secteur du Sahara septentrional

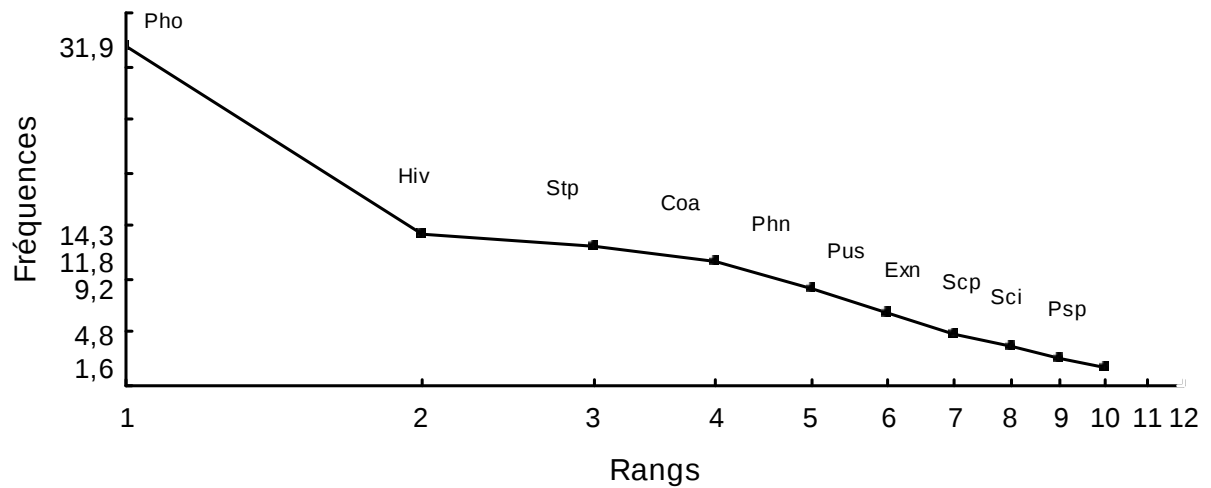


Figure 8

Rangs / fréquences des espèces de coccinelles du secteur du Sahara central.

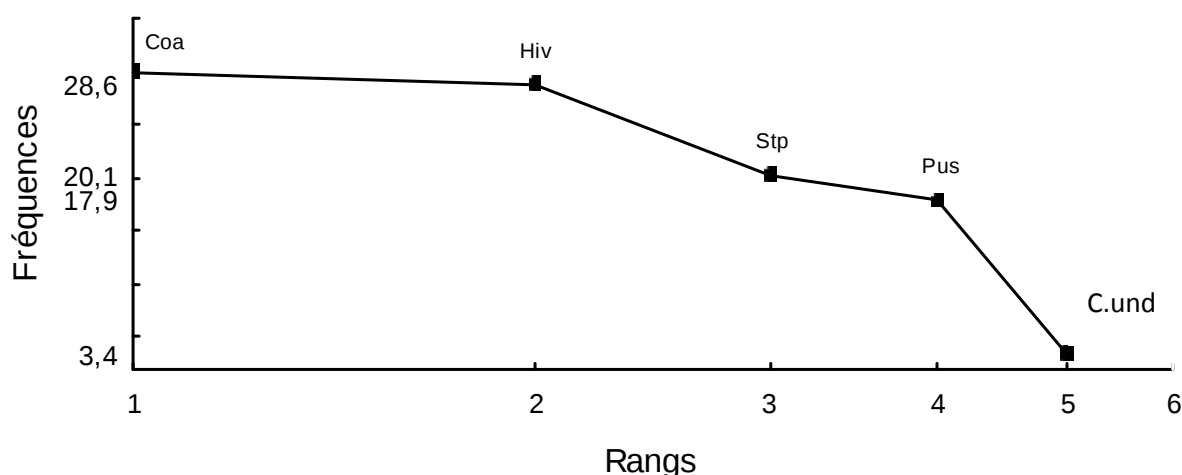


Figure. 9

Rangs / fréquences des espèces de coccinelles du secteur du Sahara méridional.

Légende :

Pll : *Platynaspis luteorubra.*, CHB : *Chilocorus bipustulatus.*, EXA: *Exochomus (Parexochomus) anchorifer.*, EXN: *Exochomus nigripennis.*, BQ: *Brumus quadripustulatus.*, BQF: *Brumus quadripustulatus var floralis.*, EXP: *Exochomus (Parexochomus) pubescens forme apicalis*; RHL: *Rhyzobius lophantae* ; RHC: *Rhyzobius chrysomeloides*; ROC : *Rodolia (Novius) cardinalis*; CLA: *Clitostethus arcuatus*; MIM : *Scymnus (Mimopullus) marinus*; NEP: *Nephus peyerimhoffi*; NEQ: *Nephus quadrimaculatus*; NBP : *Nephus (Bipunctatus) bipunctatus* ; PUF: *Scymnus (Pullus) fulvicollis*; PUS : *Scymnus (Pullus) subvillosus*; STP: *Stethorus punctillum*; Psp: *Scymnus (Pullus) sp*; SCR: *Scymnus (Scymnus) rufipes*; SCA: *Scymnus (Scymnus) apetzi*; SCB: *Scymnus (Scymnus) bivulnerus*; SCI : *Scymnus (Scymnus) interruptus*; SCN: *Scymnus (Scymnus) nubilus*; SCP: *Scymnus (Scymnus) pallipediformis*; HISU: *Hippodamia (Semiadalia) undecimpunctata*; HYM : *Hyperaspis marmottani*; HYA: *Hyperaspis algirica*; Hysp: *Hyperaspis sp*; HIT: *Hippodamia (Hippodamia) tredecimpunctata*; HIV: *Hippodamia (Adonia) variegata*; ABP: *Adalia (Adalia) bipunctata*; ADP: *Adalia (Adalia) decempunctata*; CAQ: *Calvia (Anasocalvia) quatuordecimguttata*; Coa: *Coccinella (Coccinella) septempunctata*; C11P: *Coccinella (Spilosa) undecimpunctata* ; MYO: *Myrrha (Myrrha) octodecimpunctata* ; OED: *Oenopia doublieri*; OEL: *Oenopia lyncea*; PRQ: *Propylea quatuordecimpunctata*; TYP: *Tytthaspis phalerata* ; PSV: *Psyllobora (Thea) vigintiduopunctata*; PHN: *Phoroscymnus numidicus*; PHO: *Pharoscymnus ovoideus*; PHS: *Pharoscymnus setulosus*; HEA: *Henosepilachna argus*; HEE: *Henosepilachna elaterii*.

6 - Distribution rangs/fréquence des coccinelles comparées au modèle de Motomura

Pour explorer les différences de la structure des communautés des coccinelles et leurs corrélations avec les régions géographiques, des diagrammes de Rang – fréquence ont été tracés, et comparés au modèle de Motomura (1932): $\log(N) = a * R + b$, où N est la quantité (valeurs logarithmique) rassemblé pour une variable et R est la pente (Iganaki, 1967). Les comparaisons des pentes des abondances et des secteurs géographiques ont été faites en utilisant la procédure décrite dans PAST vers 1.81 (Hammer et al, 2001). Brièvement, les analyses de covariance ont été

conduites en considérant les pentes comme moyennes et les carrés des erreurs standards des valeurs x comme les variances. La probabilité correspondante est calculée avec le test de Barlett.

Les paramètres descriptifs des diagrammes de Rang – fréquence des abondances des espèces de coccinelles répertoriées dans les différentes régions de l'Algérie sont consignés dans le tableau 6. Nous avons noté dans les premières lignes du tableau (case colorées en gris), les pentes ainsi que les probabilités (p) des abondances de coccinelles des différents secteurs biogéographiques d'après le modèle standard de MOTOMURA

La lecture des pentes montre que dans les secteurs du Sud d'Algérie l'écart des abondances entre les différentes espèces est très accusé (Pente $a = -0,702$). Cette dénivellation dans les abondances au niveau des secteurs du Nord se trouve moins accentuée à cause d'une diversité accrue et des effectifs très rapprochés ($P_{zentea} = -0,305$) (Fig. 10 et 11).

L'évaluation de l'ajustement des abondances des coccinelles dans les différents secteurs étudiés au modèle standard de MOTOMURA, montre que les espèces inventoriées sont très confinées au modèle standard. Ce rapprochement est vérifié par les fortes probabilités consignées pour chaque secteur. Il est à signaler, que les espèces de coccinelles investiguant les secteurs géographique du Nord d'Algérie (le numidien, l'algérois, l'oranaïs et les hauts plateaux) présentent une stabilité assez marquée que ceux rencontrés dans les secteurs du Sud (Atlas saharien, le Sahara septentrional, le Sahara central et le Sahara méridional).

L'ajustement à la série géométrique du modèle MOTOMURA, calculé par les coefficients de Pearson, est hautement significatif dans les régions géographiques du nord (le numidien, l'algérois, l'oranaïs et les hauts plateaux) avec des probabilités respectifs de : $P = 3,33.10^{-14**}$, $P = 4,30.10^{-33***}$, $P = 7,79.10^{-24***}$ et $P = 1,16.10^{-22***}$. Elle est statistiquement significative pour les secteurs du sud ($P = 1,35.10^{-6*}$, $P = 1,18.10^{-9*}$, $P = 1,40.10^{-6*}$) sauf pour le Sahara méridional où cette probabilité est non significative (0,06533).

Dans le but d'appréhender la diversité des différents secteurs géographique, nous avons recours à des comparaisons entre secteurs par le score des probabilités obtenues par le test de Barlette. La procédure de comparaison de la diversité a été déroulée par le logiciel PAST ver. 3.0.

Le test adopté permet de confirmer la présence de différence hautement significative pour la plus part des comparaisons effectuées, entre autre entre les secteurs géographiques de l'Algérie, exception faite pour les communautés des secteurs numidien, algérois par rapport aux secteurs oranaïs et les plateaux ($p = 0,102$ et $p = 0,296$, $p > 5\%$), les populations du secteur oranaïs par

rapport au secteur des hauts plateaux ($p = 0,096$, $p > 5\%$), celui de l'Atlas saharien et le Sahara septentrional ($p = 0,860$) et enfin le secteur septentrional par rapport à celui du Sahara central ($p = 0,542$, $p > 5\%$).

La communauté la plus riche et la plus équilibrée est celle de l'algérois elle comprend 41 espèces, alors que la moins riche correspond au Sahara méridional avec seulement 5 espèces (tab : Fig 10 et 11).

Tableau: 5 - Comparaisons de pentes dans les différents assemblages des coccinelles qui se succèdent dans les régions géographiques d'Algérie.

Secteurs	K	A	O	H	AS	SS	SC	Sm
Pente	0,06327	0,06200	0,06436	0,05467	0,13287	0,17632	0,12952	0,20400
P. motomura	$3,33.10^{-14**}$	$4,30.10^{-33***}$	$7,79.10^{-24***}$	$1,16.10^{-22***}$	$1,35.10^{-6*}$	$1,18.10^{-9*}$	$1,40.10^{-6*}$	0,06533ns
K	X							
A	$2,35.10^{-8*}$	X						
O	0,00346ns	0,00364ns	X					
H	0,10296ns	0,29614ns	0,09630ns	X				
AS	$2,43.10^{-6*}$	$1,69.10^{-22***}$	$2,52.10^{-16**}$	$1,58.10^{-15**}$	X			
SS	$1,82.10^{-6*}$	$2,61.10^{-23***}$	$5,26.10^{-14**}$	$8,43.10^{-16**}$	0,86090ns	X		
SC	0,00037ns	$7,32.10^{-18**}$	$7,07.10^{-10**}$	$3,92.10^{-12**}$	0,46847ns	0,54287ns	X	
Sm	$1,65.10^{-7*}$	$4,65.10^{-46***}$	$5,05.10^{-34***}$	$3,70.10^{-33***}$	$1,43.10^{-5}$	$5,98.10^{-7*}$	$8,03.10^{-6*}$	X

Légende

NS : Non significative, * Significative à 5%, ** Significative à 1%, *** Significative à 0,1%

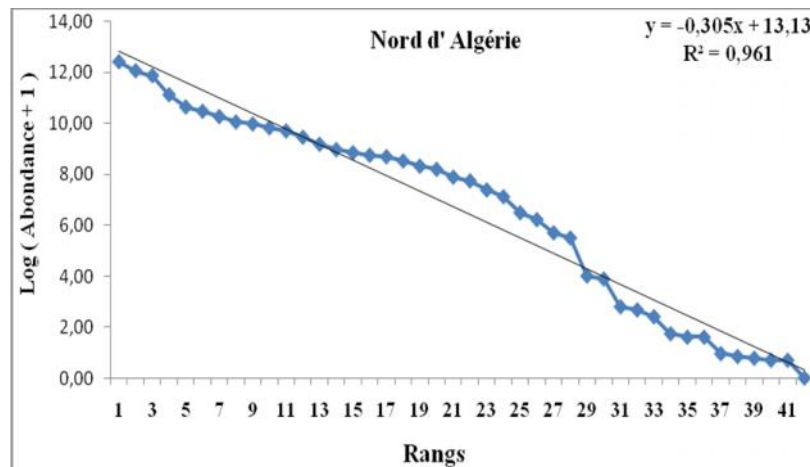


Figure: 10 - Ajustement des communautés des coccinelles à la série géométrique du modèle MOTOMURA dans le nord

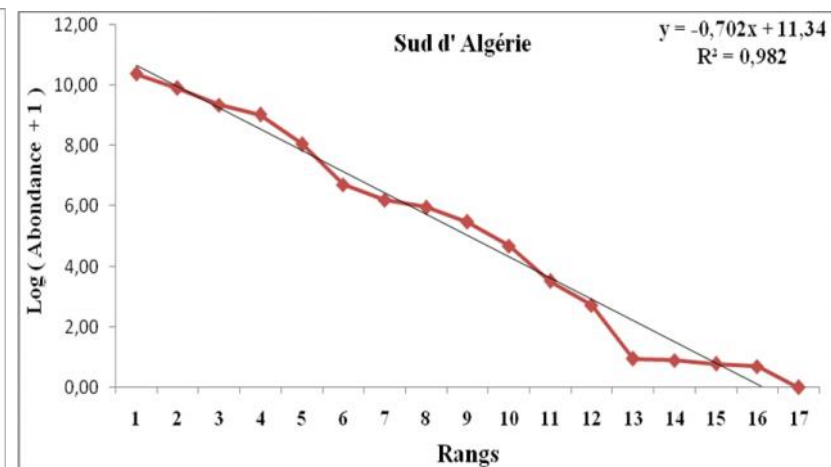


Figure: 11 - Ajustement des communautés des coccinelles à la série géométrique du modèle MOTOMURA dans le sud.

Discussion et conclusion

1 - Richesse spécifique

En Algérie, la faune des coccinelles renferme 48 espèces dont 46 sont des agents de lutte biologique susceptible de jouer un rôle dans la protection des plantes contre certains bio agresseurs. Les espèces répertoriées se répartissent dans six sous-familles, 12 tribus et 22 genres. Il ressort clairement que la quasi-totalité de la faune des coccinelles d'Algérie se rattache à la région paléarctique (Iablokoff - Khnzorian, 1982, Hodek *et al.*, 1996, Magro *et al.*, 1999a, Magro *et al.*, 1999b, Vandenberg, 2002 et Kovar, 2005) et ce malgré le climat drastique qui caractérise la plus grande partie du territoire. 40 espèces figurent parmi la liste des coccinelles d'Europe (Iperti, 1983, Branquart, 1999, Duverger, 1990, Fürsch, 1990 et 1996, Gourreau, 1974).

Une récente étude sur des spécimens de l'espèce *C. algerica* Kovar provenant d'Algérie a démontré qu'il s'agit bien de la coccinelle *C. septempunctata*. Cette espèce a une large distribution, du Japon à l'Afrique du Nord et en Europe (Marin *et al.*, 2010).

Pour confronter la liste actuelle des espèces de coccinelles avec les données antérieures, nous nous sommes basés sur les anciens travaux de Balachowsky (1925 et 1927), et de Peyerimhoff (1926) qui restent les premières références sur les coccinelles d'Algérie et récemment Saharaoui (1987 et 2001), Djouhri (1994) et Redjel (1998).

Nos résultats révèlent que parmi les taxons cités certains ont disparu, soit sous l'effet des contraintes climatiques ou l'utilisation anarchique et abusive des pesticides: cas des espèces *Coccinella (Thea) thuriferae*, *Novius cruentatus*, et *Scymnus Kiesenwetteri* et *Pharoscymnus anchorago*, (Balachowsky, 1925). En ce qui concerne l'espèce *Cryptolaemus montrouzieri* d'origine australienne, les tentatives de son élevage en Algérie en 1912 par Marchal, puis en 1925 par les services de la défense des cultures pour lutter contre *Pseudococcus citri*, ont échoué (Peyerimhoff, 1926). Par contre, il faut noter le succès de l'acclimatation de l'espèce *Chilocorus bipustulatus* var *iranensis* dans l'Adrar mauritanien par Iperti et Brun de l'INRA d'Antibes (France) dans les années 1950. Malheureusement sa trace n'a pu être confirmée lors de nos sorties en Algérie. D'autres espèces par contre, sont toujours présentes mais leur habitat a été fragmenté ou réduit. C'est le cas d'*E. anchorifer* qui était très active dans les montagnes de Djelfa (Atlas saharien) et quelques régions du nord algérien, vit isolément dans ces mêmes régions. *E. pubescens* signalée en 1926 par Balachowsky dans l'algérois, a été retrouvée seulement au sud algérien et plus précisément dans la région de Ouargla (Sahara septentrional) mais en état isolé. La coccidiphage *Novius (Macronovius) cardinalis* qui porte actuellement le

nom de *R. cardinalis*, malgré la réussite de son acclimatation en Algérie dans les années 1920, son aire de dispersion se réduit de plus en plus en raison de la rareté de sa proie préférée *Icerya purchasi*. Les espèces *C. bipustulatus* et *P. setulosus*, contrairement au passé, actuellement montrent une large plasticité écologique dans le nord d'Algérie notamment dans les régions agrumicoles.

D'un autre côté, Madkouri (1990), avait signalé la présence de deux autres *Pharoscyrnus* au Maroc: *Pharoscyrnus tristiculus* Sicard et *Pharoscyrnus semiglobosus* Fairmaire. Selon Fürsch (1990), cette dernière n'est pas typique aux régions d'Afrique du Nord.

Dans cette étude, nous avons identifié de nouveaux taxons non signalés auparavant en Algérie. Il s'agit des espèces *H. marmottani*, *P. ovoideus*, *P. numidicus*, *E. nigripennis*, *E. pubescens* forme *apicalis* et un petite *Scymnus* (*Pullus*) non encore identifié.

2 - Structure des communautés

Au niveau sectoriel, le nord algérien est le plus peuplé en coccinelles. Vient en tête le secteur algérois caractérisé par un climat sub-humide à hiver doux et humide qui est le plus riche avec 41 taxons. Celui de l'oranais à climat semi aride se classe en deuxième position avec 36 espèces et enfin celui des hauts plateaux qui se positionne en général dans l'étage bioclimatique semi aride avec 30 espèces. Le secteur numidien avec ses zones humides (Jijel et les hauteurs du Djurjura) et sub-humide abrite 28 espèces.

Dans le sud algérien, le secteur du Sahara septentrional occupe la première place avec 16 espèces. Il offre de meilleures conditions pour le développement des coccinelles grâce aux nombreuses oasis et lits d'oueds répartis à travers les localités de Biskra, Ouargla, El –Oued et Bechar. L'Atlas saharien, qui joue le rôle de barrière entre le nord et le sud (Barry *et al.*, 1974), ne compte que 12 espèces. Cette zone à aridité très faible n'offre pas les bonnes conditions de vie aux coccinelles en raison de la dégradation de la végétation et les contraintes climatiques. Les secteurs du Sahara central et méridional en raison de leurs isolements sont les moins peuplés, ils abritent respectivement 10 et 5 espèces. Les températures avoisinant parfois les 50°C en été ne permettent pas ni aux coccinelles ni même à leurs proies de se maintenir dans ces régions. Les localités d'Adrar (Sahara central) et Tamanrasset (Sahara méridional) semblent offrir les meilleures conditions de vie aux coccinelles grâce aux oasis et aux cultures intensives et maraîchères nouvellement installées dans ces régions (Ould El-Hadj, 2002). Ozenda (1991), reconnaît pour le Sahara son extrême pauvreté en individus et la monotonie du paysage et des groupements végétaux.

3 - Organisation des communautés des coccinelles.

Nous avons démontré dans la présente étude qu'il existe un lien entre la faune des coccinelles rencontrée et les caractéristiques climatiques et physiques des écosystèmes. En effet, l'éloignement des secteurs du sud par rapport à ceux du nord diminue l'immigration des espèces de coccinelles. Ce qui explique la faible richesse spécifique des coccinelles dans les secteurs du Sahara. Dans leur théorie Mac Arthur et Wilson (1967), affirment que l'éloignement du continent diminue l'immigration, ce qui rend la richesse spécifique plus faible. Cette même théorie peut être un outil majeur pour appréhender la diversité des coccinelles, car la fragmentation du milieu (d'origine bioclimatique et anthropique) crée une multitude de niches de tailles variables, allant d'un domaine du tell méridional à un domaine maghrébin saharoméditerranéen entrecoupé par un domaine maghrébin steppique. (Bary et al., 1974)

- La richesse spécifique est plus grande dans le secteur algérois que celui de l'oranaï, elle-même beaucoup plus élevée que le secteur numidien.

- La diversité des coccinelles des hauts plateaux est plus faible que celle du secteur numidien.

- L'atlas saharien jouant le rôle de barrière qui sépare le nord et le sud enregistre une très faible richesse spécifique.

Au sud algérien, où domine le palmier dattier, les oasis du Sahara septentrional peuvent servir de refuges pour la grande majorité d'espèces des coccinelles sont considérées comme une île détachée du continent.

- Le Sahara central et le Sahara méridional peuvent être considérés aussi comme des îles par rapport à leur continent, le grand désert.

L'analyse des données montre également que les espèces *C. septempunctata* (Ex *C. algerica*), *H. variegata*, *S. punctillum* et *H. argus* montrent une large plasticité écologique. Ces taxons ont été collectés dans toutes les stations des huit secteurs géographiques retenus. Par contre, quand on visite des écosystèmes de plus en plus arides de nouvelles espèces apparaissent *P. ovoideus*, *P. numidicus*, *E. nigripennis*, *H. marmottani* et *Scymnus (Pullus) sp.* Ces taxons semblent être spécifiques aux régions du Sud algérien et plus précisément au Sahara septentrional.

Il est connu en fait qu'une biocénose constituée de peu d'espèces très abondantes et de beaucoup d'espèces rares influent sur le fonctionnement de l'écosystème (Frontier, 1976). C'est le cas des secteurs du sud algérien où la richesse spécifique en coccinelles ne dépasse pas 16

espèces. Certaines sont très abondantes et contribuent efficacement à la régulation des populations de la cochenille *P. blanchardi* (*P. ovoideus*) et l'acarien *Olygonichus afrasiaticus* (*S. punctillum*) sur palmier dattier et les pucerons (*C. septempunctata*) des cultures herbacées. La faible richesse spécifique notée dans les secteurs du Sahara central et méridional pourrait être attribué à la pauvreté de la végétation susceptible d'abriter les proies des coccinelles en plus des contraintes climatiques (température, aridité) du grand sud algérien.

Références

- Bachelier, G. (1978). La faune des sols, son écologie et son action. Ed. Masson, Paris, 200 p.
- Balachowsky A. 1925. Les maladies du dattier dans le Sud Oranais. In: Revue. Agriculture. Afrique du Nord, 23, pp. 117-123.
- Balachowsky, A. (1927). Contribution à l'étude des Coccides de l'Afrique mineure. Note I. Annales Société Entomologique de France. 96: 175-207.
- Branquart, E., Baugnée, J.Y., Mairesse, J.L., Gaspar, C. (1999). Inventaire de la faune des coccinelles de Wallonie (Chilocorinae, Coccinellinae et Epilachninae). Rapport final, Faculté universitaire des sciences agronomiques. U.E.R. de zoologie générale et appliquée, 5030 Gembloux. 12 p.
- Baugnée, J.Y., Branquart, E. (2001). Clef de terrain pour la reconnaissance des principales coccinelles de Wallonie (Chilochorinae, Coccinellinae & Epilachninae). Ed. Jeunes et Nature, 55 p.
- Blondel, J. (1979). Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 303 p.
- Barry, J.P., Celles J.C. (1974). Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Ed Presse. En A.P., U.P / 04. Alger. 42 p.
- Barbault, R. (1981). Ecologie des populations et des peuplements. Ed. Masson, Paris, 12-14 et 73-75.
- Barbault, R. (1995). La biodiversité: jeux et enjeux du vivant. Nature et Ressources (UNESCO), vol. 31, n°3: 18-25.
- Belicek, J. (1976). Coccinellidae of Western Canada and Alaska with analyses of the transmontane zoogeographic relationship between the faune of British Columbia and Alberta. Questiones Entomol. 283-409.
- Chazeau, J., Fürsch, H. & Sasaji, H. (1990). Taxonomy of Coccinellidae (corrected version). Coccinella, 2 (2): 4-6.
- Djoughri, A. (1994). Inventaire et étude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles (Coleoptera – Coccinellidae) dans la région de Ouargla. Mémoire. Ingénieur. Agronome. I.T.D.A.S. - Ouargla (Algérie), 94 p.
- Duverger, C. (1990). Catalogue des coléoptères Coccinellidae de France continentale et de Corse. Essai de mise à jour critique. Bulletin. Société. Linnéenne. Bordeaux, 18 (2): 61 - 87.
- Feer, F. (2000). Les coléoptères coprophages et nécrophages (Scarabaeidae s. str. Et Aphodiidae) de la forêt de Guyane française. Composition spécifique et structure des peuplements. Ann. Soc. Entomol., 36 (I), 29-43.
- Frontier, S. (1983). Stratégie d'échantillonnage en écologie. Ed. Masson, Paris et Les Presses de l'Université de Laval, Québec, 494 p.
- Fursch, H. (1959). Die Palaearktischen und Indomalayischen Epilachnini der Zoologischen Sammlung des Bayerischen Staates München (Col., Cocc.). Opuscula Zoologica, München, 26: 1-9
- Fursch, H. (1985). Die Afrikanischen Sukunahikonini und Microweiseini mit Diskussion über alle Gattungen (Col., Cocc.). Deutsche Entomologische Zeitschrift, 32 (4-5): 279-295.
- Fürsch, H. (1987). Übersicht über die Genera und subgenera der Scymnini mit besonderer Berücksichtigung der Westpalaerktis (Insecta: Coleoptera: Coccinellidae). Entomologische. Abhandlungen, Staatliches Museum für Tierkunde, 51 (4): 57-74.
- Fürsch, H. (1990). Taxonomy of Coccinellids, corrected version. Coccinella 2 (1), 4-6.
- Fürsch, H. (1996). Taxonomy of Coccinellids, corrected version. Coccinella 6, 28.
- Gourreau. JM. (1974). Systématique de la tribu des Scymnini (Coleoptera Coccinellidae). Annales Zoologie Ecologie Animale. I.N.R.A. Paris, N° hors série, 221 p.

- Gounot, M. (1969). Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson, Paris: 317 p.
- Hammer, O., Harper D.A.T., Ryan P. D. (2001). PAST Paleontological Statistics. Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 p.
- Hodek, I., Honěk, A. (1996). Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. *Entomophaga* 16: 239-251.
- Iperti, G. (1965). Contribution à l'étude de la spécificité chez les principales coccinelles aphidiphages des Alpes Maritimes et des Basses Alpes. *Entomophaga*, 10 (2), 159-178.
- Iperti, G. (1983). Les coccinelles de France. Faune et faune auxiliaires en agriculture. ACTA. Journées d'études et d'informations 4 et 5 mai. Paris: 89-96.
- Iperti, G. (1999). Biodiversity of predaceous Coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agricul. Ecosy. Environ.*, 74: 323-342.
- Iablokoff – Khnzorian, (1982). Les coccinelles. (Coleoptera. Coccinellidae), tribu des Coccinellini des régions paléarctique et orientale. Société Nouvelle des Editions Boubée, Paris, 558 p.
- Kovar, I. (2005) - Revision of the Palaearctic species of the *Coccinella transversoguttata* species group with notes on some other species of the genus (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta entomologica musei nationalis pragrae*. Volume 45, pp. 129-16
- Lamotte, M et Bourlière, F. (1969). Problème d'écologie échantillonnage des peuplements des milieux terrestres. Ed. Masson, Paris. 303 p.
- Mac Arthur, R.H., Wilson EO. (1967). The theory of island biogeography. Princeton University press. 18 p.
- Magro, A., Araújo, J. & Hemptinne, J.L. (1999a). Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in *Citrus* groves in Portugal: listing and analysis of geographical distribution. *Bol. San. Vegetal-Plagas*, 25 (3): 335-345. (Cit: 7)
- Magro, A. & Hemptinne, J.L. (1999 b). The pool of Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) to control Coccids (Homoptera: Coccoidea) in Portuguese *citrus* groves. *Bol. San. Vegetal – Plagas*, 25 (3): 311-320. (Cit: 9)
- Marin, J., Crouau-Roy, B., Lecompte, E., Hemptinne, J-L & Magro, A. (2010). *Coccinella septempunctata* (Coleoptera, Coccinellidae): a species complex? *Zoologica scripta*, 39 (6): 591-602.
- Oueld–El Hadj, J.M.D. (2002). Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. *Science et changements planétaires/ Sécheresse* 13: 37-42.
- Ozenda, P. (1991). Flore et végétation du Sahara (3^{ème} édition, augmentée) - CNRS. Paris 661 p.
- Peyerimhoff, M.P. (1926). Notice sur la biologie de quelques coléoptères nord-africains. 4^o Série, *Annales Société Entomologique de France.*, Paris, France. 9 p.
- Redjal, H. (2003). Etude de la biodiversité des coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) dans les différents milieux de la région de la Soummam (Kabylie). Thèse Magister, Université. A. Mira, Bejaia (Algérie), 105 p.
- 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 meilleure appréciation de leur rôle entomophage. Thèse D.U.R. Université. Nice (France), 131 p.
- Saharaoui, L. (1994). Inventaire et étude de quelques aspects bioécologiques des coccinelles entomophages (Coleoptera. Coccinellidae) dans l'Algérois. *Journal of African Zoology*. 108, 6, 538-546.
- Saharaoui, L., Gourreau J. M., Iperti G. (2001). Etude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles aphidiphages d'Algérie (Coleoptera-Coccinellidae). *Bulletin. Société. Zoologique. France*. 126 (4): 351-373.
- Vandenberg, N.J. (2002). Coccinellidae. In' Arnett Jr, R.H., Thomas, M.C., Skelley, P.E., Frank, J.H. (Eds), *American Beetles*, Vol 2. CRC Press, Boca Raton, pp. 371-389.

Deuxième Chapitre

Analyse de la diversité des coccinelles d'Algérie



Analyse de la diversité des coccinelles d'Algérie

Résumé

Dans le premier chapitre nous avons actualisé la liste des coccinelles d'Algérie et étudié leur biogéographie. Nous analyserons dans ce chapitre la diversité des coccinelles en fonction des contraintes climatiques, géographiques ainsi qu'à la lumière des ressources alimentaires disponibles. Dans le nord, les coccinelles trouvent des conditions climatiques très favorables. Le bioclimagramme établi pour les coccinelles d'Algérie montre que 41 espèces vivent dans les régions à climat sub-humide, 30 dans les régions semi-arides et 28 dans les zones humides. Dans les régions arides et sahariennes la richesse spécifique ne dépasse pas 12 et 16 espèces respectivement, en raison des conditions climatiques très rigoureuses, où les températures moyennes dépassent les 30°C. Ces mêmes conditions influent sur les périodes de reproduction où on enregistre un décalage temporel d'environ un mois entre le nord et le sud. Les coccinelles algériennes se répartissent en six groupes trophiques: les aphidiphages, les coccidiphages, les mycophages, les phytophages, les aleurodiphages et les acariphages. Les aphidiphages et les coccidiphages prédominent quelles que soient les régions avec respectivement 24 et 17 espèces. Les mycophages et les phytophages regroupent seulement 3 et 2 espèces. Les acariphages et les aleurodiphages sont représentées chacune par une espèce. Les coccinelles opèrent un certain choix des différentes strates végétales à prospecter. Au nord, les coccinelles fréquentent particulièrement la strate arborée en raison de la diversité des arbres fruitiers (agrumes, oliviers et rosacées). Des taux d'occupation respectifs de 45,45%, 43,06% et 44,45% ont été enregistrés dans les régions humides, sub-humides et semi-arides. Ce taux d'occupation ne dépasse pas 28 % au niveau de la strate herbacée. Au sud algérien, c'est plutôt les plantes herbacées qui attirent le plus grand nombre de coccinelles (11 espèces) représentant un taux d'occupation dépassant les 41%. Enfin, ces résultats nous ont permis de valider l'hypothèse selon laquelle la spécialisation pour l'habitat coïncide avec une spécialisation pour la ressource trophique durant les périodes de reproduction et que les facteurs abiotiques influencent l'activité des coccinelles et leur répartition.

Mots clés : Coccinelles, climat, régime alimentaire, distribution spatiale

Analysis of the diversity of the ladybirds of Algeria

Abstract :

In the first chapter we brought up to date the list of the ladybirds of Algeria and studied their biogeography. We will analyse in this chapter the diversity of the ladybirds according to climatic and geographical constraints as well as in the light of the food resources available. In the North, the ladybirds find very favourable climatic conditions. The climate diagram established for the ladybirds of Algeria shows that 41 species live in the areas with sub-humid climate, 30 in the semi-arid areas and 28 in humid areas. In the arid and Saharan areas the specific richness does not exceed 12 and 16 species respectively because of the very rigorous climatic conditions (the average temperatures exceeding 30°C). These conditions have an influence on the periods of reproduction, where one records a temporal lag of approximately a month between the North and the South. The Algerian ladybirds divide themselves into six trophic groups: aphidiphagous, coccidiphagous, mycophagous, phytophagous, aleurodiphagous and acariphages. The aphidiphages and the coccidiphages prevail, whatever the areas, with respectively 24 and 17 species. The mycophagous and the phytophagous gather only 3 and 2 species respectively. The acariphagous and the aleurodiphagous are represented each by 1 species. The ladybirds choose certain vegetable layers to prospect and lay eggs. In the North, ladybirds are particularly present in trees, because of the diversity of the fruit trees, (citrus fruits, the olive-tree and Rosacea). Respective occupancy rates of 45,45%, 43,06% and 44,45% were recorded in the humid areas, sub-humid and semi-arid. This occupancy rate does not exceed 28% in the herbaceous layer. In the Algerian South, it is rather the herbaceous plants that attract the greatest number of ladybirds (11 species) representing an occupancy rate exceeding the 41%. Lastly, these results enabled us to validate the assumption that specialization for habitat coincides with specialization for the trophic resource during the periods of reproduction and that the abiotic factors influence the activity of the ladybirds and their distribution.

Key words: Ladybirds, climate, diet, spatial distribution

Introduction

L'aire méditerranéenne est caractérisée par la rencontre des plaques litho - sphériques, source de son extrême mobilité sismo - tectonique, mais elle se trouve aussi à la conjonction des bioclimats tempérés et des marges sèches, avec une frange d'éclaircissement du couvert forestier où s'amplifient les effets des fluctuations climatiques (Le Coz, 1990).

L'Algérie, qui est un pays soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien. Tous les bioclimats méditerranéens sont représentés, depuis le per humide au Nord jusqu'au per aride au Sud pour les étages bioclimatiques, et depuis le froid jusqu'au chaud pour les variantes thermiques (Nedjraoui, 1990).

La nature des climats joue un rôle essentiel pour ajuster les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. En réalité, il existe une interférence entre climats, composition des communautés - en particulier végétales propres à un écosystème donné - et nature des sols, d'où le tryptique climat, sol, végétation (Ramade, 2005).

Il est aujourd'hui connu et démontré que le changement climatique ne modifie pas seulement les systèmes physiques tels que les cours d'eau et glaciers, mais influence également de nombreuses espèces et, aussi, des écosystèmes entiers (Fischlin, 2007). Le climat et la biodiversité s'influencent mutuellement; les mesures de protection du climat peuvent avoir une incidence sur la biodiversité et vice versa (Körner, 2007).

Le changement global, singulièrement le réchauffement climatique et l'augmentation de la fréquence des événements extrêmes, affectent les écosystèmes, terrestres comme marins (Barry *et al.*, 1995 ; Southward *et al.*, 1995; Petchey *et al.*, 1999; Hughes 2000; Walther *et al.*, 2002). Le changement climatique actuel est très nettement conditionné par le développement exponentiel des activités humaines et surpasse largement les frontières de la variabilité naturelle (Karl & Trenberth 2003).

Les problèmes environnementaux: ce sont des questions déjà posées mais qui devraient être exacerbées du fait du réchauffement; ici il est question de perte de biodiversité, des écosystèmes naturels, baisse des rendements agricoles, des pollutions avec les questions sanitaires qui vont de pair. (Dassonville B., 2015)

Selon le rapport d'un groupe d'experts intergouvernemental établi en 2014 sur l'évolution du climat, on observe chez beaucoup d'espèces terrestres, dulcicoles et marines une évolution de l'aire de répartition, des activités saisonnières, des mouvements migratoires, de l'abondance et des interactions interspécifiques découlant du changement climatique en cours, c'est le cas des insectes. Le changement climatique a eu un effet négatif sur les rendements des cultures de blé et de maïs dans de nombreuses régions, ainsi qu'à l'échelle mondiale (degré de confiance moyen). Les incidences observées sur les rendements des cultures de riz et de soja ont été moindres dans les principales régions productrices ainsi qu'à l'échelle mondiale (Anonyme 2014).

Le climat de l'Algérie relève du régime méditerranéen à deux saisons bien distinctes, celle des pluies et celle de la sécheresse (Kadik., 1987). D'une manière générale le climat de l'Algérie est caractérisé par la fréquence des pluies durant la période froide de l'année, il y a coïncidence de la saison sèche et de la saison chaude (Kadik, 1987). Nous décrivons ici ces climats selon la nomenclature d'Emberger (1955).

L'Algérie constitue une entité écologique exceptionnelle dans la biosphère. Rares sont les autres zones biogéographiques présentant une telle étendue et possédant une telle surface constituée par des écosystèmes de type méditerranéen, steppique et saharien (Benderradji et, 2006).

La désertification constitue un problème d'environnement et de développement. Elle affecte l'environnement local et le mode de vie des populations, mais ses effets ont des retentissements plus globaux au niveau de la biodiversité. Les secteurs de l'Atlas saharien et les hauts plateaux des zones steppiques sont soumis à la dégradation des ressources naturelles, notamment le sol et le couvert végétal (Bedrani, 1994).

Le patrimoine naturel en Algérie était estimé à environ 5 millions d'ha avant l'ère coloniale (Hadeid, 2006). Ce patrimoine a malheureusement fait l'objet de multiples agressions qui ont réduit sa superficie, détruit des habitats et provoqué une régression ou une disparition de nombreuses espèces végétales et animales. Élément essentiel de l'équilibre physique et biologique, il constitue cependant une potentialité socio-économique indéniable (Skouri, 1984). En effet, le bilan établi en 1984 par le Ministère de l'Agriculture montre que 5 millions d'hectares parmi les 20 millions d'hectares qui constituent le territoire steppique algérien, se trouvent dans un état avancé de dégradation. La nécessité d'intervenir dans ces zones se pose avec acuité si on veut éviter leur désertification et ne pas compromettre l'avenir des populations qui y vivent (Aidoud, 1994).

L'état critique de la steppe algérienne dans sa partie occidentale est devenu un sujet très préoccupant au niveau national. Il s'agit de la dégradation du couvert végétal qui tend à se propager dans toute la région. Cette dégradation engendre automatiquement la désertification, plaidant ainsi en faveur de la théorie selon laquelle « le désert ne remonte pas du Sahara mais se forme sur place » (Callot, 1987).

Les écosystèmes sont d'autant plus stables et résistants à des perturbations extérieures qu'ils sont diversifiés (Begon *et al.*, 2006). Le territoire algérien comporte une flore très diversifiée à travers ses zones climatiques. Les sources de la Direction générale des forêts (DGF) concernant la faune et la flore indiquent que l'Algérie renferme 3600 plantes, réparties sur les huit parcs nationaux. Concernant la biodiversité faunistique, la même source indique que l'Algérie recense 107 espèces de mammifères et 400 d'oiseaux, un nombre qui englobe les oiseaux qui nichent en Algérie et ceux qui sont de passage. Ce patrimoine est protégé par les décrets n° 93. 285 du 09 novembre 1993 fixant la liste des espèces non cultivées protégées et le décret n° 95. 252 du 20 août 1995 complétant la liste des espèces végétales non cultivées protégées.

Réputée pour sa richesse et sa diversité, la faune algérienne traverse aujourd'hui une phase de régression caractérisée par des déséquilibres importants. Outre les animaux déjà disparus, de nombreux autres se trouvent menacés ou en voie de disparition, alors que certaines espèces, sont exagérément prolifiques. L'Algérie recèle également une faune sauvage très variée que l'on peut différencier en espèces animales non domestiques. Elles sont régies par des textes juridiques nationaux ou des conventions internationales pour leur protection et dont la liste des oiseaux, des mammifères et des reptiles est établie et actualisée par l'Agence Nationale pour la Protection de la Nature (ANN). Elles concernent notamment les mammifères suivants: Le sanglier, le cerf de Barbarie, trois espèces de gazelles, le mouflon ainsi que le petit gibier représentés par le lièvre et le lapin de garenne. Les oiseaux regroupent essentiellement la perdrix gabra, la caille des blés, la tourterelle, les pigeons, le ganga, l'outarde ainsi que tous les gibiers migrants.

Les communautés animales sont sous la dépendance de la répartition spatiale des peuplements végétaux qui sont eux-mêmes influencés par la topographie et le climat. Les coccinelles n'échappent pas à cette règle. Chaque espèce occupe une niche écologique qui lui est propre mais qui peut varier au cours de la vie des individus (Chaubet, 1992). L'hétérogénéité spatio-temporelle de l'abondance des proies et sa prévisibilité sont déterminantes pour la distribution des coccinelles (Iperti, 1983).

Les coccinelles sont généralement sténotypes et inféodées à des habitats bien spécifiques (Majerus *et al.*, 2007). Certaines semblent plus tolérantes que d'autres vis-à-vis des conditions climatiques, ce qui explique leur large distribution ainsi que l'importance du spectre de leur période de présence et d'activité sur les végétaux. La spécificité micro climatique est une stricte préférence ce qui explique leur répartition en fonction de l'espèce végétale et selon les différentes strates du couvert végétal (Iperti *et al.*, 1978).

Les recherches menées jusqu'à ce jour sur la biologie des coccinelles, ont montré que ces prédateurs manifestent une absence totale de monophagie, quelle que soient les proies habituellement chassées. Cela s'explique par la présence de deux types de nourritures (Iperti, 1965).

- Une nourriture dite « essentielle » ou préférentielle, qui est la plus recherchée. Elle permet la maturation des oocytes et déclenche la ponte (Evans et Dixon, 1986) pour donner une descendance viable et assurer le développement complet des larves.

- Une nourriture dite « alternative » qui assure la survie des adultes sexuellement inactifs. Elle peut être constituée d'œufs, de larves d'insectes, d'acariens, de spores de champignons, de miellat, de pollen et même de débris de végétaux. Ces aliments permettent de développer des réserves métaboliques en vue de survivre aux conditions de l'hiver (Hagen, 1987; Iperti, 1983; Saharaoui *et al.*, 2001).

La spécificité alimentaire d'une espèce constitue un élément important car elle concerne le partage de la ressource à l'intérieur d'un même peuplement.

La spécialisation écologique est, le plus souvent, définie comme une réduction de l'amplitude de la niche écologique d'une espèce, d'une population ou d'un organisme (Futuyma, 2001; Futuyma & Moreno, 1988). Cette spécialisation est supposée intervenir quand elle assure au spécialiste une exploitation plus efficace de son environnement (Fox & Morrow, 1981) et donc une meilleure fitness (Ferry - Graham *et al.*, 2002). Or, comme le gain énergétique est un des déterminants essentiels de la fitness d'un organisme, la majorité des études sur le phénomène de spécialisation chez les animaux s'est concentrée sur la spécialisation alimentaire (Christensen, 2001 in Ferrer, 2010).

Indépendamment de leurs caractéristiques biologiques propres, l'activité des coccinelles dépend de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques. Le climat général d'une région, surtout la température, joue un rôle déterminant dans l'apparition des premiers adultes des coccinelles. Elle détermine en partie l'aire de répartition géographique des différentes espèces et joue un rôle essentiel dans leur mode de nutrition et dans leur activité de reproduction.

1 - Objectif de l'étude

Nous allons montrer à travers cette étude les relations entre des caractéristiques climatiques des étages bioclimatiques, et la diversité et la richesse spécifique de la faune des coccinelles d'Algérie. Nous définissons ensuite les périodes de reproduction et de nourriture des principales espèces dans les régions du sud et le nord algérien, qui présentent des écosystèmes très différents.

L'aspect le plus intéressant de la biologie des coccinelles réside particulièrement dans leur régime alimentaire. Ce paramètre important sera abordé en détail dans ce chapitre en vue de définir la spécialisation alimentaire de chaque espèce de coccinelle répertoriée.

La distribution spatiale consiste à mesurer l'influence de la structure de la végétation sur la diversité des coccinelles. Ceci sera abordé d'une part avec la richesse spécifique comme variable à expliquer et d'autre part en examinant la distribution des espèces à titre individuel dans les trois bandes végétales. Nous allons montrer également les conséquences de la dégradation de la végétation sur la diversité des coccinelles.

Matériel et méthodes

1- Analyse bioclimatique

1.1 - Climagramme pluviothermique d'Emberger

Le climagramme pluviothermique d'Emberger (Sauvage, 1963) va nous permettre de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique qui lui correspond. Le quotient pluviométrique ou indice climatique d'Emberger (Q2) sert à définir les cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne (Stewart, 1974 cité par Aggouni, 2004). Pour typer le climat des 25 stations d'études et la répartition des coccinelles à travers les zones climatiques, nous avons utilisé la formule du quotient pluviométrique suivante.

$$Q2 = \frac{3,43P}{M - m}$$

Avec :

M - la moyenne des températures du mois le plus chaud en kelvin m

- la moyenne des températures du mois le plus frais en kelvin P -

pluviométrie annuelle en mm

Les données climatiques nous ont été fournies par l'Office National de Météorologie (Dar El

– Beida Alger (ONM.).

1.1 - Utilisation des données de télédétection

Les formations végétales ont des valeurs de l'Indice de végétation par différence normalisé (Normalised Difference Vegetation Index, NDVI) positives, généralement comprises entre 0,1 et 0,7. Dans notre cas, nous avons travaillé sur les cartes utilisées par Benslimane *et al.* (2008), en leur superposant la carte des secteurs biogéographiques de l'Algérie. La carte ainsi obtenue va nous permettre de voir si les formations végétales et la diversité des coccinelles sont corrélées.

2 – Caractérisation des peuplements de Coccinelles

Afin d'analyser la diversité des coccinelles d'Algérie nous avons fait des relevés dans 25 stations réparties à travers les secteurs géographiques de l'Algérie. La méthodologie adoptée est celle de Katsoyannos *et al.* (1997), qui est basée sur un échantillonnage stratifié et périodique qui varie d'une strate à une autre. Les prélèvements ont été menés durant quatre années consécutives, de 2003 à 2007

2.1 - Echantillonnage

Sur la strate herbacée

Les prélèvements sont réalisés sur divers végétaux infestés par les proies des coccinelles, dont la hauteur ne dépasse pas 50 cm. Les échantillonnages sont effectués sur des placettes de 16 m² par relevé dans de grandes unités écologiques déterminées préalablement à l'aide du filet fauchoir et à raison de 10 coups de fauchage par relevé

Sur les plantes arbustives

Sur les plantes arbustives on utilise la méthode du battage, en employant le parapluie japonais comme instrument de capture. On opère sur des placettes de 10 mètres de rayon à raison de 10 coups de battage par relevé.

Sur les arbres.

Les prélèvements ont été menés soit au sein des vergers, soit des brise-vents, arbres d'alignement ou arbres isolés. L'unité d'échantillonnage dans cette catégorie de strate est l'arbre. On a échantillonné sur 20 arbres par station à raison de trois coups de battage par direction cardinale et par arbre en utilisant le parapluie japonais.

En plus des échantillonnages effectués par les techniques de battage et de fauchage, nous avons complété les observations par des prélèvements des portions de végétaux infestés des proies des coccinelles, dont la dimension atteint un mètre linéaire. Cette méthode permet de compter les larves et les nymphes, de dénombrer les pontes déposées par les coccinelles en vue de déterminer les périodes de reproduction, de connaître l'espèce qui constitue la proie et de déterminer le régime alimentaire de chaque espèce de coccinelle récoltée. Cette dernière observation est exclue pour les coccinelles coccidiphages qui insèrent les œufs sous les cochenilles et pour les prédateurs d'acariens à cause de leur trop petite taille.

L'identification des acariens a été faite par Guessoum M., enseignant chercheur et spécialiste des acariens à L'E.N.S.A. d'El – Harrach; les différentes espèces de cochenilles ont été identifiées par Biche M., Professeur à L'E.N.S.A. d'El – Harrach. Enfin, les données climatiques nous ont été fournies par l'office national météorologique de Dar El – Beida – Alger.

2.2 – Analyse des données

2.2.1 – Indice de diversité de Shannon

La diversité spécifique au niveau des strates végétales herbacée, arbustive et arborée est décrite par l'indice de diversité de Shannon, H' , (Pielou, 1969), qui permet d'évaluer la diversité d'un peuplement dans un biotope. Il est calculé comme suit:

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Avec :

- p_i : fréquence relative des espèces, obtenue par l'équation suivante: $p_i = n_i / N$
- n_i : nombre des individus de l'espèce i
- N : nombre total des individus de toutes les espèces échantillonnées.
- S : nombre total d'espèces (richesse spécifique)

2.2.2 – Indice d'équitabilité de Pielou

L'indice d'équitabilité ou d'équirépartition, E (ou J') correspond au rapport de la diversité observée (H') à la diversité maximale ($H' \text{ max}$).

$$E = H' / H' \text{ max}$$

Avec :

H' : Indice de diversité de Shannon

$H' \text{ max}$: Diversité maximale, donnée par la formule suivante: $H' \text{ max} = \ln S$

E varie entre 0 et 1: 0 = dominance d'une des espèces; 1 = équirépartition des individus dans les espèces.

La diversité est d'autant plus forte que ses deux composantes, richesse (S) et équitabilité (E) sont plus élevées.

2.3 - Barycentre et amplitude d'habitat

Deux indices interviendront lorsque sera envisagé le comportement de chaque espèce vis-à-vis de la strate végétale: le barycentre (g) et l'amplitude d'habitat (AH) (Daget 1976, Blondel 1979).

$$g = (R \text{ strate } 1 + (2 \times R \text{ strate } 2) + (3 \times R \text{ strate } 3)) / R \text{ total}$$

Avec :

Les différentes hauteurs de la végétation sont réparties en 3 strates:

Strate 1 – Recouvrement herbacé bas (hauteur entre 0 – 0.50 m)

Strate 2 – Recouvrement arbustif (0.50 à 1 m)

Strate 3 – Recouvrement arboré (< 1 m)

R: correspond au nombre d'individus par strate végétale.

$$AH = eH'$$

H' : indice de diversité de Shannon

Le barycentre d'une espèce mesure sa position moyenne le long du gradient de végétation. Son amplitude d'habitat mesure l'hétérogénéité de cette distribution. Les deux paramètres peuvent varier de 1 à n (pour n strates successives de végétation, ici numérotées de 1 à 3). AH vaut 1 quand l'espèce n'est présente que dans une strate et n (ici n=3) quand l'espèce est répandue de manière égale dans les n strates.

2.4 - Analyse en composantes principales

L'A.C.P a été utilisée pour montrer comment les espèces de coccinelles se répartissent dans les cinq zones climatiques de l'Algérie. Le nombre des observations est de 48 correspondant au nombre d'espèces de coccinelles inventoriées et le nombre de variables est égal à 5 correspondant aux étages bioclimatiques. Nous avons utilisé les données de présence absence pour réaliser l'A.C.P. en utilisant le logiciel XL STAT version Pro. 7.1.

Résultats

1 - Analyse bioclimatique

A travers les données climatiques établies sur les dix dernières années (1987 - 2007), nous avons défini des zones climatiques de l'Algérie (Tableau 1).

Tableau 1 - Paramètres descriptifs du peuplement de coccinelles dans les 5 secteurs géographiques de l'Algérie

Code	Stations	Etage bioclimatique	R.S	Ni	Q2	M	m	P.mm	Altitude
1	El -Kala	Humide	24	1397	115,8	31,2	7,9	787	20
2	Chr��a (Blida)		17	506	147,06	28,5	4,5	1029	1400
3	Oued Aissi	Sub - humide	29	2349	81,48	35	5,4	703	230
4	El Kseur (Bejaia)		21	1870	89,15	34,2	4,5	772	900
5	E.N.S.A.		26	1966	62,51	35	4,5	647	13
6	Boufarik		38	4517	80,15	33,7	5,7	654	267
7	Médéa centre		25	1583	95,27	32	3,2	800	912
8	Mostaganem	Semi aride	34	3235	53,34	33,2	5,8	377	26
9	Chlef		24	1686	39,47	36,8	6,4	350	430
10	Tlemcen		27	2338	74,4	33,2	3,8	638	810
11	Sétif		25	1065	50,1	32,5	0,4	469	1080
12	Batna		23	533	35,9	33,3	0,3	346	1040
13	Boussaâda		10	344	24,33	37,1	3,7	237	550
14	Ain Oussara	Aride	10	554	29,4	32,2	0,2	275	690
15	Mesaad (Djelfa)		5	208	32,3	33,5	0,8	308	1160
16	Laghouat		9	414	16,9	36	2,3	167	765
17	Tébessa		8	377	35,23	34,8	1,9	338	860
18	Ouargla	Saharien	14	2854	3,50	43,3	4,9	34,75	157
19	Biskra		11	1834	13,04	40,91	6,85	129,57	124
20	Bechar		9	624	7,11	39,9	1,8	79	769
21	Djamaa (El Oued)		9	1162	5,4	38,1	1,7	58	70
22	Ouled Brahim (Adrar)		10	428	1,8	47,8	3,5	23,7	287,5
23	I.N.R.A.(Adrar)		7	380	1,6	45,8	2,5	20,5	287,5
24	Tamanrasset I		5	331	2,6	51,9	4,1	37	1350
25	Tamanrasset II		4	151	2,9	47,9	4,1	38	1350

R.S: Richesse spécifique. Ni: Nombre d'individus. Q2: Quotion pluviométrique. M: Température maximale
m: Température minimale. P.mm : Pluviométrie, Altitude.

Les formations végétales ont des valeurs de l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) positive (généralement comprises entre 0,1 et 0,7), les valeurs les plus élevées correspondant aux couverts les plus denses. Dans notre cas, les valeurs de l'indice de végétation par différence

normalisé sont fortes pour les secteurs du nord. Dans le secteur numidien l'indice de végétation est supérieur à 0.75. Cette région géographique, dominée par les montagnes, correspond aux forêts avec un couvert végétal très dense ; elle abrite 28 espèces. Les fortes pluviométries (700 à 1000 mm), le climat humide et les fortes altitudes gênent certaines espèces, les empêchant de se maintenir dans cette région. Dans les secteurs algérois et oranais, la végétation est dense et diversifiée avec un indice de végétation variant entre 0.50 et 0.75. Ainsi, 41 espèces de coccinelles ont été répertoriées dans le secteur algérois caractérisé par un climat sub – humide et un climat doux. En revanche, dans le secteur oranais (36 espèces), le climat semi - aride n'a pas permis à certaines espèces de se maintenir. Les valeurs de NDVI varient entre 0.25 et 0.50 dans le secteur des hauts plateaux abritant pas moins de 30 espèces. Le recouvrement végétal est plus dense à l'est dominé surtout par l'arboriculture et les forêts et partiel à l'ouest. Quant aux zones dénudées à comportement désertique, qui se trouvent généralement en région steppique (Secteur de l'atlas saharien), des valeurs de NDVI faibles les caractérisent. La corrélation de l'indice de végétation et la richesse spécifique permet d'identifier quatre classes suivant leur état végétatif, soit à recouvrement végétal élevé, à recouvrement végétal moyen, à recouvrement végétal faible et en zones dénudées à comportement désertique (Fig. 1 et 2).

2 – Analyse des peuplements de Coccinelles

2.1 - Répartition des coccinelles dans les zones climatiques

La figure 3 nous indique que les régions sub - humide et semi - aride attirent le plus grand nombre d'espèces de coccinelles avec, respectivement, 41 et 30 espèces. Dans les zones humides caractérisées par un climat de type forestier et montagneux nous avons recensés 28 espèces. La richesse spécifique ne dépasse pas 12 espèces dans les zones arides. Dans le grand sud où les conditions climatiques sont très rigoureuses, les coccinelles vivent dans les oasis, les Ergs, les Regs, les hamadates, les dayates et les lits d'oued, où elles trouvent des conditions trophiques et microclimatiques plus clémentes pour se maintenir (Figure 3).

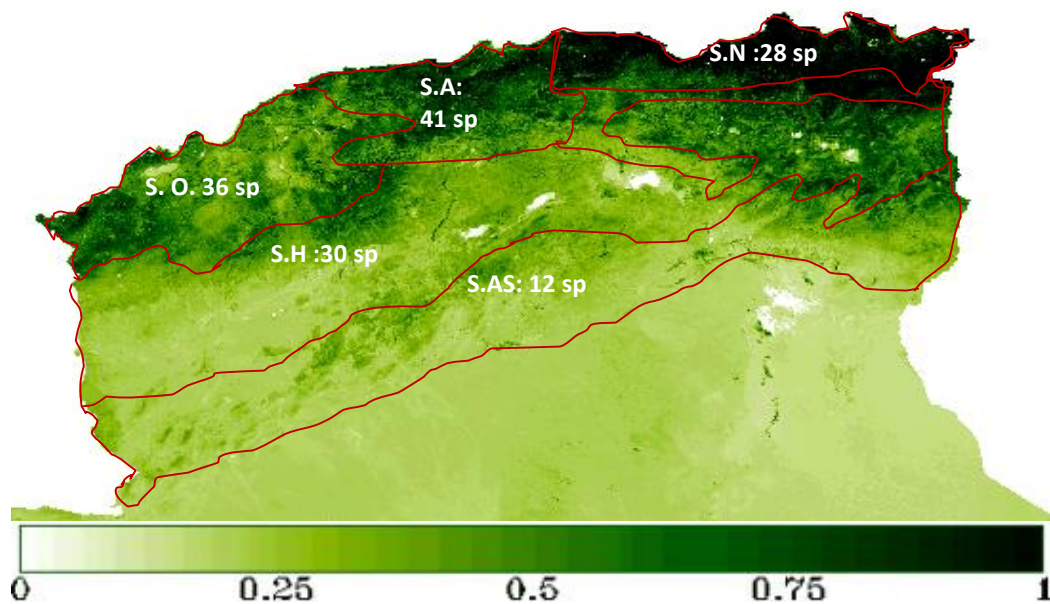


Figure: 1
Résultats des images NDVI (Benslimane, 2008 modifiée)

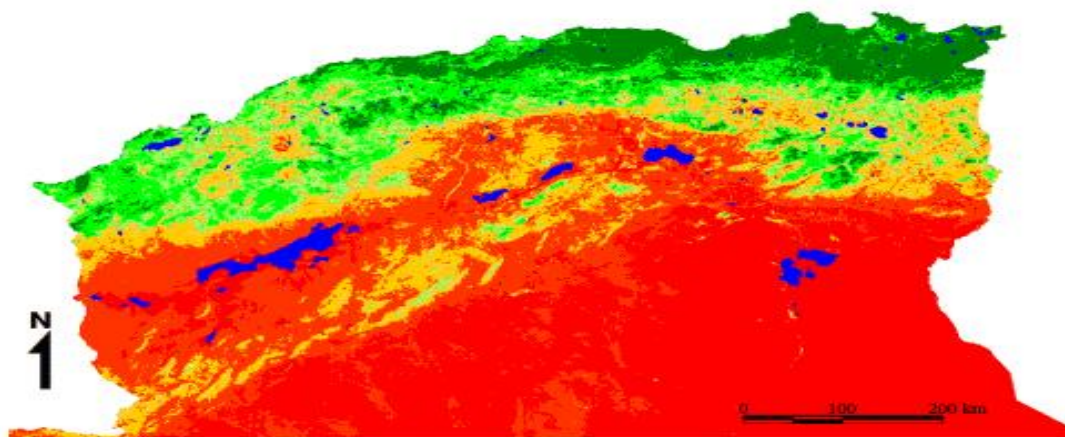


Figure: 2.
Carte synthèse de sensibilité à la désertification ((Benslimane 2000-2005)

Légende

- Couverture végétale très dense
- Couverture végétale dense
- Etat critique: Zone sensible à la dégradation
- Zone dégradée
- Zone très dégradée
- Phos jml

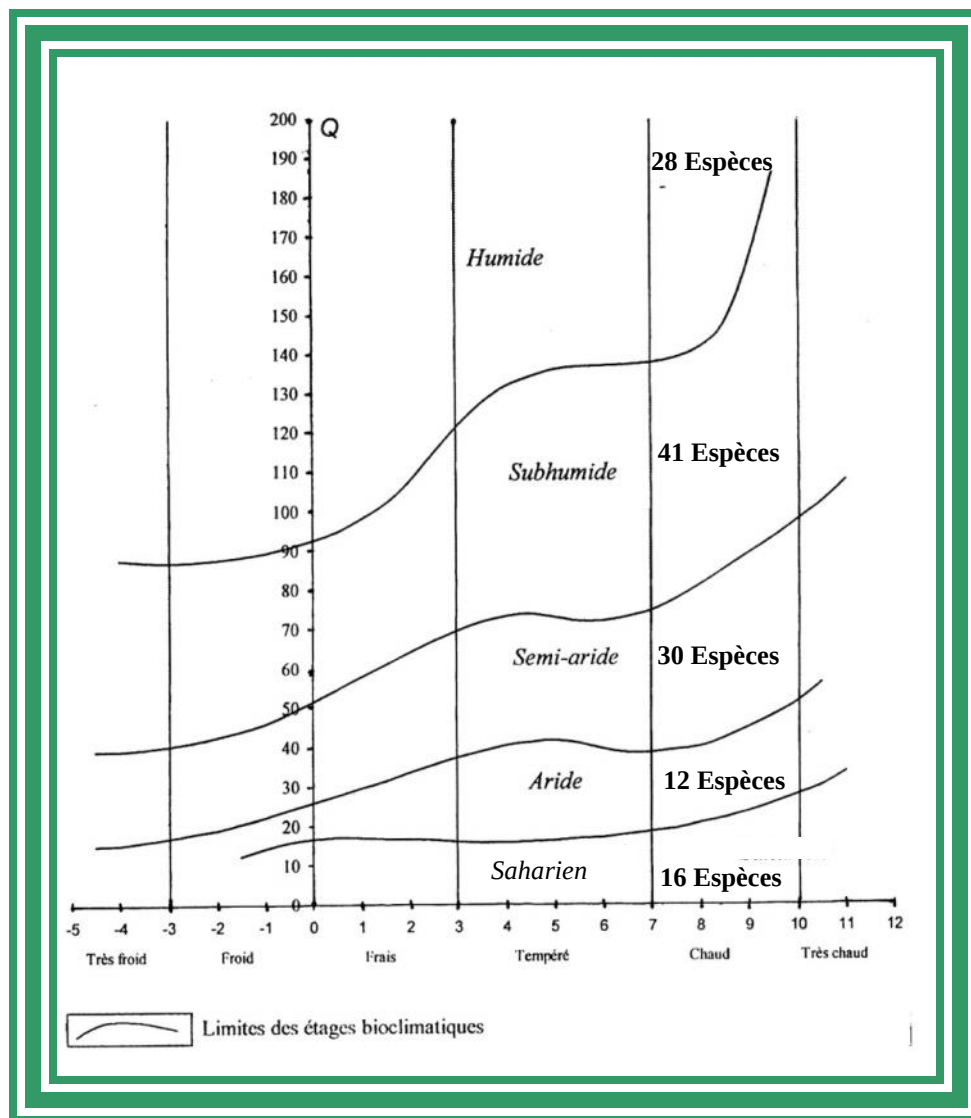


Figure 3
Diagramme bioclimatique des coccinelles algériennes

2.2 - Analyse en composantes principales (A.C.P.)

Dans le but de mettre en évidence la répartition des coccinelles à travers les différents étages bioclimatiques nous avons réalisé une analyse en composantes principales (A.C.P.).

Le nombre total de coccinelles inventoriées est de 48 espèces et le nombre de variables correspond aux 5 étages bioclimatiques. La contribution des espèces à l'inertie totale est de 45.02 % pour l'axe 1 et de 37.82 % pour l'axe 2, 08.54 % pour l'axe 3 et 7.79 % pour l'axe 4. Si nous prenons

en considération les axes 1 et 2, la somme de leurs contributions est égale à 82.85%. Le plan formé par les axes 1 et 2 renferme le maximum d'informations (Tableau 2).

Tableau 2 - Contributions des axes (%)

Valeurs propres	Plans factoriels	
	F1	F2
Valeur propre	2,25	1,89
% variance	45,02	37,82
% cumulé	45,02	82,85

La participation des régions climatiques pour la formation des axes 1 et 2 est la suivante: Les stations de l'étage bioclimatique sub - humide participent le plus dans la formation de l'axe I avec 34.39 %, suivi de celles du semi - aride avec 26.91 % et l'humide avec 22.96%. Les zones arides interviennent de plus dans la formation de l'axe II avec 47.31%. Les régions à climat saharien viennent en deuxième position avec 33.08% (Tableau 3).

Tableau 3 - Contributions des variables (%)

Etages bioclimatiques	F1	F2
Humide	22,96	11,07
Sub-Humide	34,39	0,55
Semi-Aride	26,91	7,97
Aride	0,27	47,31
Saharien	15,44	33,08

Quant aux contributions des espèces de coccinelles à la formation des axes 1 et 2, elles sont les suivantes:

Axe 1: Les espèces qui interviennent le plus dans la formation de l'axe 1 ont un taux de contribution égal à 57.47 %. Ce sont *E. nigripennis* (11.49%), *E. pubescens.* (11.49%), *Pullus sp* (11.49%), *H. marmottani* (11.49%) et *Hyperaspis sp* (11.49%). Elles sont suivies par *P. ovoideus* et *P. numidicus*, avec une contribution de 5.21% chacune. Les autres espèces ont une contribution très faible ne

dépassant pas 1.37% chacune : *P. luteorubra*, *C. bipustulatus*, *R. cardinalis*, *R. lophantae*, *R. chrysomeloides*, *N. peyerimhoffi*, *S. pallipediformis*, et *A. decempunctata*.

Axe 2: Les espèces qui contribuent le plus dans l'élaboration de l'axe 2 ont un pourcentage égal à 55.98 %. Ce sont *C. arcuatus*, *S. marinus*, *S. subvillosus*, *S. punctillum*, *S. nubilus*, *H. variegata*, *C. septempunctata*, *P. vigintiduopunctata* et *H. argus* avec une contribution de 6.72% chacune.

Elles sont suivies par celles qui contribuent avec 12.4% : *S. suturalis*, *S. apezzi*, *H. 11 notata*, *H. tredecimpunctata*, *C. undecimpunctata*, *C. quatuordecimpunctata*, *P. quatuordecimpunctata* et *T. phagerata*, avec une contribution de 1.24% chacune.

La répartition des espèces en fonction des régions climatiques, indique la présence de 6 groupements dénommés A, B, C, D, E et F.

Le nuage de points A renferme les espèces qui s'adaptent aux climats du nord (humide, sub humide et semi – aride). Il regroupe 19 espèces: *P. setulosus*, *H. algerica*, *P. luteorubra*, *E. anchorifer*, *O. doublieri*, *C. bipustulatus*, *A. decempunctata*, *A. bipunctata*, *S. interruptus*, *S. rufipes*, *S. pallipediformis*, *R. cardinalis*, *O. lyncea*, *N. peyerimhoffi*, *N. quadrimaculatus*, *M. octodecimpunctata*, *R. lophantae*, *R. chrysomeloides* et *H. elaterii*. Dans le groupement B nous retrouvons les espèces inféodées aux régions sub – humide et semi – aride, comme *S. suturalis*, *S. apezzi*, *H. 11 notata*, *H. tredecimpunctata*, *C. undecimpunctata*, *C. quatuordecimpunctata*, *P. quatuordecimpunctata* et *T. phalerata*. Le groupe C est formé des espèces présentant une large plasticité écologique dans les secteurs du nord d'Algérie, comme c'est le cas de *C. septempunctata*, *H. variegata*, *S. punctillum*, *P. vigintidiopunctata*, *C. arcuatus*, *H. argus*, *S. nubilus*, *S. subvillosus* et *S. marinus*. Le groupe D englobe les espèces vues dans les régions sub – humide et plus particulièrement dans l'algérois: *B. quadrimaculatus*, *B. quadrimaculatus var floralis*, *N. bipunctatus*, *S. fulvicolis* et *S. bivulnerus*. Le groupe E comprend les taxons qui affectionnent le climat saharien et plus particulièrement le climat oasien: *E. nigripennis*, *E. pubescens*, *P. sp.*, *H. marmottani* et *Hyperaspis sp.* Enfin, le dernier groupement F comprend *P. ovoideus* et *P. numidicus* inféodées au palmier dattier et utilisant la cochenille *P. blanchardi* comme ressource trophique. Elles fréquentent les oasis du Sahara septentrional et central (Figure 4).

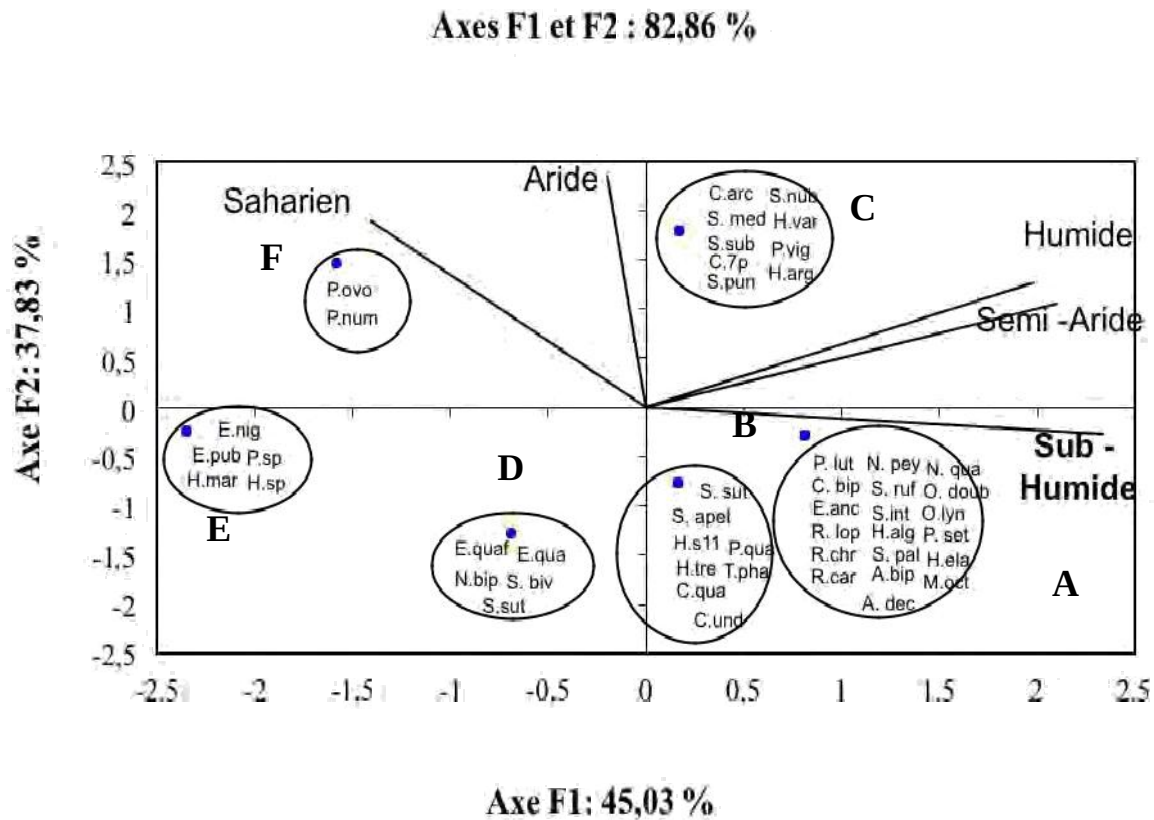


Figure 4

Distribution des coccinelles dans les cinq régions climatiques d'Algérie dans le plan factoriel constitué par les deux axes principaux de l'A.C.P.

Légende

P.lut: *Platynaspis luteorubra.*, C. bip: *Chilocorus bipustulatus.*, E.anc: *Exochomus (Parexochomus) anchorifer.*, E.nig: *Exochomus nigripennis.*, E.qua: *Brumus quadripustulatus.*, E. quaf: *Brumus quadripustulatus var floralis.*, E.pub: *Exochomus pubescent forme apicalis*; R.lop: *Rhyzobius lophantae*; R. chry : *Rhyzobius chrysomeloides* R.car: *Rodolia (Novius) cardinalis*; C.arc: *Clitostethus arcuatus*; S.med: *Scymnus (Mimopullus) marinus*; N.pey: *Nephus peyerimhoffi*; N.qua: *Nephus quadrimaculatus*; N.bip: *Nephus bipunctatus*; S.ful: *Scymnus (Pullus) fulvicollis*; S.sub: *Scymnus (Pullus) subvillosus*; S. pun: *Stethorus punctillum*; P.sp: *Pullus sp* ; S.ruf: *Scymnus rufipes*; S.apet: *Scymnus apetzi*; S.biv: *Scymnus bivulnerus*; S.int: *Scymnus interruptus*; S.nub: *Scymnus nubilus*; S.pal: *Scymnus pallipediformis*; H.11p: *Hippodamia (Semiadalia) undecimpunctata*; H.mar: *Hyperaspis marmottani*; H.alg: *Hyperaspis algerica* ; H.sp: *Hyperaspis sp*; H.tre: *Hippodamia tredecimpunctata*; H.var: *Hippodamia (Adonia) variegata*; A.bip: *Adalia bipunctata*; A.dec: *Adalia decempunctata*; C.qua: *Calvia quatuordecimguttata* C.7p: *Coccinella septempunctata*; C.11P: *Coccinella undecimpunctata*; M.oct: *Myrrha octodecimpunctata* O.doub : *Oenopia doublieri*; O.lyn: *Oenopia lyncea*; P.qua: *Propylea quatuordecimpunctata*; T.pha: *Tytthaspis phalerata*; P.vig: *Psyllobora (Thea) vigintiduopunctata*; P.num: *Phoroscymnus numidicus*; P.ovo: *Pharoscymnus ovoideus* P.set: *Pharoscymnus setulosus*; H.arg: *Henosepilachna argus*; H.ela: *Henosepilachna elaterii*.

2 - Activité des coccinelles dans le nord et le sud algérien

A travers des échantillonnages bimensuels, nous avons suivi au cours de l'année 2006 l'activité des principales espèces de coccinelles dans le nord (Tableau 4) et le sud algérien (Tableau 5). Cette étude a permis de déterminer les périodes de reproduction, de nourriture des adultes et le type de végétation où vivent les coccinelles.

Au nord du pays, les aphidiphages *C. septempunctata*, *H. variegata*, *S. subvillosus* et la coccidiphage *C. bipustulatus* sont les premières qui s'installent sur les cultures. Les premiers adultes de ces coccinelles sont observés début mars. Elles s'alimentent des premières colonies de leurs proies respectives, qui vivent déjà sur certaines cultures comme la fève, les agrumes, les céréales et le *Pittosporum tobira*. En général, elles se reproduisent entre début avril et fin juin. Un deuxième groupe de coccinelles fait son apparition vers le début avril. Il est composé en majorité d'espèces de petite taille: *S. interruptus*, *S. pallipediformis*, *S. punctillum*, *N. peyerimhoffi*, *P. vigintiduopunctata*, *P. setulosus* et *R. cardinalis*. Ces taxons trouvent une importante biomasse de nourriture et se reproduisent entre mai et juin. Le dernier groupe, est formé d'espèces tardives qui se reproduisent entre mai et juillet dans les régions de l'algérois. Ce sont des espèces qui s'alimentent en général de proies inféodées aux strates arbustive et arborée : *O. doublieri*, *O. lyncea*, *A. decempunctata*, *A. bipunctata*, *P. luteorubra*, *H. algerica*, *M. octodecimguttata*, *C. quatuordecimpunctata*, *S. marinus*, *C. arcuatus*, *R. lophantae* et *R. chrysomeloides*.

En automne, certaines espèces peuvent développer des descendance viables, si les conditions climatiques sont favorables et la nourriture est disponible: c'est le cas de *S. subvillosus*, sur divers arbres fruitiers, *C. septempunctata* sur carde et *N. peyerimhoffi* sur agrumes. En général, les adultes des coccinelles passent par une période de nourriture en été et en automne, soit pour développer leurs gonades pour la reproduction ou pour se préparer à la mauvaise saison (estivation et hibernation).

Dans le sud algérien, l'activité des coccinelles est plus ou moins différente en raison des contraintes climatiques et la dégradation de la végétation. Chez les coccidiphages, *P. ovoideus* et *P. numidicus* marquent une présence ininterrompue sur le palmier dattier. Deux périodes de reproduction sont observées, la première s'étale de fin avril à fin juin. Après un arrêt de la reproduction en juillet et août, l'activité de ces deux coccidiphages reprend début octobre jusqu'à la fin novembre. Une autre espèce très abondante sur palmier dattier est l'acariphage

S. punctillum. Elle se reproduit et développe des descendances viables de fin mai jusqu'à la fin juillet. Au cours de cette période, on observe une intense activité larvaire des coccinelles, coïncidant avec les fortes infestations de sa proie l'acarien *Olygonichus afrasiasticus*. Les adultes peuvent se nourrir d'autres acariens inféodés aux cultures adjacentes se trouvant dans les palmeraies en automne.

Tableau 4: -Périodes d'activité des principales espèces de coccinelles dans le nord de l'Algérie

Mois Espèces de coccinelles	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Strates végétales		
													He	Ar	Ar
<i>Platynaspis luteorubra</i>														X	
<i>Chilocorus bipunctatus</i>															X
<i>Rhyzobius lophantae</i>														X	X
<i>Rhyzobius chrysomeloides</i>														X	X
<i>Rodolia cardinalis</i>														X	X
<i>Clitostethus arcuatus</i>													X		X
<i>Stethorus punctillum</i>													X	X	X
<i>Scymnus interruptus</i>														X	X
<i>Scymnus pallipediformis</i>													X	X	
<i>Scymnus (Pullus) subvilosus</i>														X	X
<i>Scymnus mediterraneus</i>															X
<i>Nephus peyerimhoffi</i>															X
<i>Hyperaspis algerica</i>														X	X
<i>Hippodamia variegata</i>													X	X	
<i>Coccinella septempunctata</i>													X	X	
<i>Adalia bipunctata</i>															X
<i>Adalia decempunctata</i>															X
<i>Oenopia dublieri</i>														X	X
<i>Oenopia lyncea</i>															X
<i>Calvia quatuordecimpunctata</i>															X
<i>Myrrha octodecimpunctata</i>															X
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i>													X	X	
<i>Pharoscyrnus setulosus</i>														X	X

Légende : He : Strate herbacée, Ar : Strate arbustive, Ar : Strate arborée.

L'aleurodiphage *C. arcuatus* se reproduit entre mi- mars et fin avril uniquement sur la strate herbacée, elle n'a jamais été observée sur arbres ou arbustes. La période de reproduction de la mycophage *P. vigintiduopunctata* intervient d'avril à fin juin sur diverses cultures herbacées, spontanées et cultivées, se trouvant généralement dans les palmeraies.

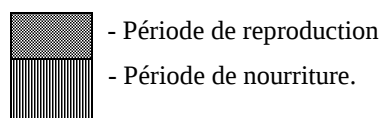
Chez les aphidiphages, *C. septempunctata* et *H. variegata* montrent une large plasticité écologique dans toutes les régions du sud. Les adultes de *C. septempunctata* apparaissent très tôt sur les plantes basses spontanées puis cultivées. Ils sont observés dès la mi février sur diverses

plantes herbacées spontanées. La période de reproduction de cette espèce s'étale de la fin mars à la fin mai. Elle développe une autre génération entre septembre et décembre. *H. variegata*, cohabite en sympatrie souvent avec *C. septempunctata* sur diverses cultures herbacées. Les adultes de cette espèce quittent les sites d'hivernation début mars et débutent la ponte début avril, d'abord sur les cultures herbacées puis sur arbustes. Les adultes de cette espèce restent sur les cultures jusqu'au mois d'août. *E. nigripennis* est très active dans les régions du sud (Ouargla, Biskra et Ghardaia). Elle s'installe sur les cultures herbacées spontanées et cultivées dès mi-mars et on observe une intense activité en avril et mai. (Tableau 5).

Tableau 5 - Périodes d'activité des principales espèces de coccinelles dans le sud de l'Algérie.

Mois Espèces de coccinelles	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Strates végétales		
													He	Ar	Ar
<i>Exochomus nigripennis</i>													X		
<i>Clitostethus arcuatus</i>													X		
<i>Stethorus punctillum</i>															X
<i>Hippodamia variegata</i>													X	X	
<i>Coccinella septempunctata</i>													X		
<i>Pharoscyrnus Ovoideus</i>															X
<i>Pharoscyrnus numidicus</i>															X
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i>													X	X	

Légende:



Légende : He : Strate herbacée, Ar : Strate arbustive, Ar : Strate arborée

4 - Caractérisation du régime alimentaire des coccinelles

Les coccinelles répertoriées dans le cadre de cette étude représentent six groupes trophiques (Tableau 6)

Les coccinelles prédatrices de pucerons représentent 50% (24 espèces) du peuplement des coccinelles; viennent ensuite les prédatrices de cochenilles 35,42% (17 espèces), les mycophages avec 6.25% (3 espèces) les phytophages avec 4.17% (2 espèces). Une espèce aleurodiphage et une autre acariphage représentant chacune 2.08% du peuplement.

Tableau: 6- Répartition des coccinelles par groupe trophique dans les secteurs géographiques

Groupes trophiques	K	A	O	H	AS	Ss	Sc	Sm
	Nombre d'espèces							
Aphidiphages	14	21	19	13	6	6	6	3
Coccidiphages	8	13	10	11	3	5	2	0
Aleurodiphages	1	1	1	1	0	1	0	0
Acariphages	1	1	1	1	1	1	1	1
Mycophages	2	3	3	2	1	1	0	0
Phytophages	2	2	2	2	1	2	1	1
Total	28	41	36	30	12	16	10	5

Légende:

K – Secteur numidien, A – Secteur algérois, O – Secteur oranais, H – Secteur des Hauts plateaux, AS – Secteur de l'Atlas saharien, Ss – Sahara septentrional, Sc – Sahara central, Sm – Sahara méridional.

4.1 - Les aphidiphages

Les aphidiphages, sous leur forme larvaire et adulte, sont des destructeurs très actifs de pucerons (Saharaoui et al, 2001). Leur rôle antagoniste est aussi important que celui des syrphes et des chrysopes, après celui des parasites. La plupart des aphidiphages s'alimentent de plusieurs espèces aphidiennes, mais avec une certaine préférence pour quelques espèces de pucerons inféodées à un type de strates végétales bien déterminées.

En Algérie ce groupe trophique ne renferme pas moins de 24 espèces, dont 14 de grande taille représentées par *C. septempunctata*, *C. undecimpunctata*, *O. doublieri*, *O. lyncea*, *A. decempunctata*, *A. bipunctata*, *H. tredecimpunctata*, *H. variegata*, *H. undecimnotata*, *M. octodecimpunctata*, *P. quatuordecimpunctata* et *C. quatuordecimguttata*. Comme le montre le tableau 7 et à titre d'exemple, la coccinelle *C. septempunctata* développe des descendance viables spécialement au dépens des pucerons inféodés aux plantes basses, spontanées et cultivées, comme *Aphis fabae*, *A. gossypii*, *Sitobion avenae*, *S. fragariae*, *A. craccivora*, *Rhopalosiphum padi* et *Acyrtosiphum pisum*, alors que *S. subvillosus* et *A. decempunctata* préfèrent les pucerons arboricoles *Toxoptera aurautii*, *A. citricola*, *Myzus persicae*, *A. pomi* et *Dysaphis plantaginea*.

Les espèces de petite taille appartiennent aux tribus des Scymnini, des Hyperaspini et des Platynaspini. Les plus fréquentes sont *S. subvillosus*, *S. pallipediformis*, *S. interruptus*, *H. algerica*, *P. luteorubra* et *S. nubilus*. Elles interviennent de façon complémentaire, au début ou lors de la phase décroissante des pullulations aphidiennes, et sont communément dénommées prédateurs de faiblesse.

Tableau 7 - Les principales espèces de coccinelles aphidiphages avec leurs ressources alimentaires

Espèces de coccinelles	C.	A.	A.	H.	O.	O.	M.	P.	C.	E.	S.	H.	S.	S.	S.	S.	S.
Espèces de pucerons	7p	bip	dec	var	dou	Lyn	oct	lut	Qua	nig	sub	Alg	int	pal	nub	ruf	apt
<i>Aphis fabae</i>	ox			ox				+		+	+		+	ox	+	+	+
<i>Aphis gossypii</i>	ox	+	ox	ox	ox	+				+	ox	Ox	ox	ox	+		+
<i>Aphis craccivora</i>	ox			+				+			ox						
<i>Aphis urticae</i>	ox			+													
<i>Aphis citricola</i>	+	+	+	ox	+	+		ox			ox		+	+	+		+
<i>Aphis nerii</i>	+			ox	+	+		ox			ox	+	+	ox			
<i>Aphis punicae</i>	+	+	+	+	+			+	+		+	+		+			
<i>Aphis (Protaphis) sp</i>	ox	ox	ox	ox	ox			ox	+		ox	Ox	+	+			
<i>Toxoptera aurantii</i>	+	+	+	+	+	+		ox			ox	+	ox	ox	ox	+	+
<i>Brachycaudus cardui</i>	ox							+				+	+	+			
<i>Brachycaudus helichrysi</i>	ox																
<i>Brachycaudus (Appella) schwart</i>		+	+	+	+				+								
<i>Brachycaudus (Appella) prumicola</i>		+	ox	ox	ox				ox		ox	+					
<i>Brachycaudus populi</i>		+	+	+	+	ox			+								
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	ox			ox	+						ox		+	ox			+
<i>Rhopalosiphum insertum</i>		+	+	+	+			+			+	+					
<i>Rhopalosiphum padi</i>	ox			ox						ox	+						ox
<i>Dysaphis apiifolia</i>	ox			+							ox			+			
<i>Dysaphis plantaginea</i>		ox	ox	+	ox	ox			ox		ox						+
<i>Hyadaphis coriandri</i>	+			ox													
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	ox			+	+							+	+				
<i>Macrosiphum rosae</i>	+			ox	+						+						
<i>Sitobion fragariae</i>	ox			ox													
<i>Sitobion avenae</i>	ox			ox				+							+		+
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	ox			ox						ox					ox		

Tableau 7 - Les principales espèces de coccinelles aphidiphages avec leurs ressources alimentaires (suite)

Espèces de coccinelles	C. 7p	A. bip	A. dec	H. var	O. dou	O. lyn	M. oct	P. lut	C. qua	E. nig	S. sub	H. Alg	S. int	S. pal	S. nub	S. ruf	S. apt
<i>Cavariella aegopodii</i>			+	+													
<i>Lisaphis erysimi</i>	+																+
<i>Aulacorthum solani</i>	+																
<i>Brevicoryne brassicae</i>	+																
<i>Macchiatella rhamni</i>			+								OX						
<i>Myzus persicae</i>	+	OX	OX	OX	OX			+	OX		OX		+	+	+		+
<i>Ureleucon aeneus</i>	+			+								+	OX	+			
<i>Ureleucon sonchi</i>	+											+	+	+			
<i>Melanaphis donacis</i>				+							OX						+
<i>Sipha (Rugsia) maydis</i>				+				+			+						
<i>Megoura viciae</i>	OX			+							+		+				
<i>Hyperomyzus lactuacae</i>	+			+													
<i>Phorodon humuli</i>		+	OX	OX	OX			OX			+						
<i>Hoplocallis pictus</i>	+	OX	+		+	+	OX				+		OX				
<i>Chaitophorus populialbae</i>	+		+		+		OX		+		+		+	+			
<i>Chaitophorus populeti</i>	+		+		OX		+	+	+		+		+	+			
<i>Chaitophorus fragaefolii</i>			+		+	+	OX				+		+	+			
<i>Hyalopterus pruni</i>	+	OX	OX	OX	OX	++			OX		OX		+	OX			+
<i>Lachnus roboris</i>	+				+	+	+		+		+		+	+			
<i>Thelaxes dryophila</i>	+	OX	+		OX	+			OX		+						
<i>Myzocallis sp</i>	+			+						OX	+				OX		
<i>Capitophorus elaeagni</i>	OX										+						
<i>Pemphigus sp</i>		+	+		OX		+		+		+						
<i>Pemphigus immunis</i>					OX		OX										
<i>Eriosoma lanigerum</i>		+	+		OX	+			+		+						

Légende

C. 7p: *Coccinella septempunctata*
H. var: *Hippodamia (Adonia) variegata*
O. dou: *Oenopia dublieri*
S. sub: *Scymnus (Pullus) subvillosus*
S. int: *Scymnus interruptus*
S. pal: *Scymnus pallipediformis*
S. nub: *Scymnus nubilus*
S. ruf: *Scymnus rufipes*
S. apet: *Scymnus apetzi*

A. bip : *Adalia bipunctata*
A. dec: *Adalia decempunctata*
O. lun: *Oenopia lyncea*
H. alg: *Hyperaspis algerica*
M. Oct. *Myrrea octodecimpunctata*
P. lut: *Platynaspis luteorubra*
E. nig: *Exochomus nigripennis*
C. Qua: *Calvia (Anasocalvia) quatuordecimguttata*
ox = Larves et adultes + = Adultes

4.2 - Les coccidiphages

Les coccinelles prédatrices de cochenilles constituent le groupe le plus important après celui des aphidiphages. Au nord, il regroupe 12 espèces: *C. bipunctatus*, *N. peyerimhoffi*, *N. quadrimaculatus*, *N. bipunctatus*, *R. cardinalis*, *P. setulosus*, *R. lophantae*, *S. marinus*, *S. fulvicollis*, *B. quadripustulatus*, *B. quadripustulatus* var *floralis* et *E. anchorifer*. Cinq autres taxons sont spécifiques aux régions du sud : *P.numidicus*, *P. ovoïdeus*, *E. pubescens*, *E. nigripennis* et un nouveau *Pullus* en cours d'identification (Tableau 8).

Tableau 8 - Spécificité trophique et spatiale des principales espèces de coccinelles coccidiphages en période de reproduction

Espèces de coccinelles	Spécificité trophique (en période de reproduction)	Habitat en période de reproduction
<i>Chilocorus bipustulatus</i>	Diaspines et lecanines	Strate arborée
<i>Rhyzobius lophantae</i>	Diaspines et Pseudococcines	Strate arborée et arbustive
<i>Scymnus marinus</i>	Pseudococcines	Strate arborée
<i>Scymnus (Pullus) fulvicollis</i>	Pseudococcines	Strate arborée
<i>Pharoscymnus setulosus</i>	Diaspines	Strate arborée
<i>Pharoscymnus ovoïdeus</i>	<i>Parlatoria blanchardi</i>	Strate arborée
<i>Pharoscymnus numidicus</i>	<i>Parlatoria blanchardi</i>	Strate arborée
<i>Nephus peyerimhoffi</i>	Pseudococcines	Strate arborée et arbustive
<i>Nephus quadrimaculatus</i>	Pseudococcines	Strate arborée et arbustive
<i>Rodolia (Novius) Cardinalis</i>	<i>Icerya purchasi</i>	Strate arborée et arbustive
<i>Exochomus pubescens</i>	<i>Parlatoria blanchardi</i>	Strate arborée
<i>Exochomus anchorifer</i>	Pseudococcines	Strate arborée
<i>Pullus sp</i>	Pseudococcines	Strate arborée
<i>Brumus quadripustulatus</i>	Pseudococcines	Strate arborée
<i>Brumus quadripustulatus</i> var <i>floralis</i>	Pseudococcines	Strate arborée
<i>Nephus quadrimaculatus</i>	Pseudococcines	Strate arborée et arbustive
<i>Nephus bipunctatus</i>	Pseudococcines	Strate arborée et arbustive

4.3 - Les acariphages

Stethorus punctillum est l'unique coccinelle prédatrice d'acariens en Algérie. Elle mange des acariens du groupe des Tetranyques. D'après nos observations les larves et les adultes de cette espèce se nourrissent surtout des acariens *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval,

T. urticae Koch, *T. atlanticus* McGregor et *T. turkestanii* Ugarov & Nikolskii inféodées aux *Citrus*, *Iochroma tubulosa* Benth, *Nerium oleander* L., *Salpichroa origanifolia* Baill., *Morus* sp et divers rosacées cultivées. *S. punctillum* se nourrit également de divers acariens sur tomate, poivron, l'aubergine et la courgette. Nous l'avons aussi retrouvé sur *Hedera helix* L., *Emex spinosa* L., *Avena sterilis* L., *Urtica dioica* L., *Bougainvillea spectabilis* Willd, *Olea europae* L., *Ceratonia siliqua* L. et *Gleditsia triacanthos* L., infestés de divers acariens.

4.4 - Les aleurodiphages

C. arcuatus est la seule espèce prédatrice d'aleurodes que nous avons rencontrée en Algérie. Cette espèce se nourrit des espèces *Aleurothrixux floccoccus* Maskell et *Trialeurodes citri* Ashmead sur agrumes, de *Bemesia tabaci* Gennadius et *T. vaporariorum* Westwood sur diverses cultures maraîchères sous serre et en plein champ. Nous l'avons également trouvé sur *Viburnum tinus* L., *Legustrum japonicum* Thunb., *Hedera helix* L., *Lavatera cretica* L. et *Arum italicum* Mill.

4.5 - Les mycophages

Deux espèces de coccinelles mycophages ont été recensées en Algérie: *P. vigintiduopunctata* et *T. phalerata*. La première est largement répandue en Algérie. Par contre, la seconde a une aire de répartition très limitée : nous l'avons observée seulement sur quelques graminées dans les stations du secteur de l'algérois. Ces espèces se nourrissent de champignons du groupe des oïdiums que nous n'avons pas pu identifier avec exactitude.

4.6 - Les phytophages

Deux espèces phytophages sont présentes en Algérie: *H. argus* et *H. elaterii*. En général elles cohabitent souvent ensemble et utilisent la même nourriture. Nous les avons rencontrées sur diverses Cucurbitacées, plus particulièrement sur le concombre, la courgette, les pastèques et le melon.

Au sud algérien, nous les avons récoltées sur courges et diverses plantes adventices. Dans le nord, ces deux espèces se reproduisent entre le mois d'avril et mai. Au sud elles développent des descendances viables sur courges entre les mois de mars et mai.

4.7 - Distribution spatiale des coccinelles

Les résultats reportés dans le Tableau 9 montrent que dans les régions du nord les strates arborées et arbustives abritent le plus grand nombre de taxons.

Tableau 9 - Paramètres descriptifs du peuplement de coccinelles dans les 3 strates végétales par étage bioclimatique.

Paramètres	Etage bioclimatique	herbacée	arbustive	arborée
Richesse totale	Humide	11	19	25
Nombre d'individus		928	777	1731
Diversité		3,06	3,85	4,09
Equitabilité		0,89	0,91	0,88
Richesse totale	Sub - Humide	20	21	31
Nombre d'individus		4350	5135	8875
Diversité (bit)		2,94	3,87	3,71
Equitabilité		0,68	0,88	0,75
Richesse totale	Semi Aride	15	25	32
Nombre d'individus		3903	2795	7459
Diversité (bit)		2,00	3,90	4,07
Equitabilité		0,67	0,76	0,58
Richesse totale	Aride	8	5	6
Nombre d'individus		1387	374	420
Diversité (bit)		2,36	2,05	1,87
Equitabilité		0,79	0,87	0,33
Richesse totale	Saharien	10	5	9
Nombre d'individus		3626	566	3572
Diversité (bit)		2,30	1,82	1,88
Equitabilité		0,69	0,78	0,59

Des richesses spécifiques variant entre 11 et 32 espèces ont été relevées dans les trois bandes végétales, respectivement dans les zones humides, sub – humide et le semi – aride. Le nombre d'espèces est particulièrement important dans la strate arborée. Nous avons relevé des valeurs d'indices de diversité des trois strates plus importants dans ces régions; les indices d'équitabilité tendent vers 1, indiquant que les espèces sont réparties de façon relativement uniforme parmi l'ensemble des espèces présentes. En revanche, dans les régions arides et sahariennes la communauté est constituée de moins d'espèces et les coccinelles prospectent beaucoup plus la strate herbacée avec 8 et 10 espèces (Figure 5). Ceci se traduit par les valeurs d'indices de diversité moins importants dans les zones arides et dans le sud algérien. Il est aussi à noter que les indices d'équitabilité les plus faibles se trouvent en zone Saharienne, variant entre 0,61 et 0,68, ce qui indique que seulement quelques espèces dominent les communautés

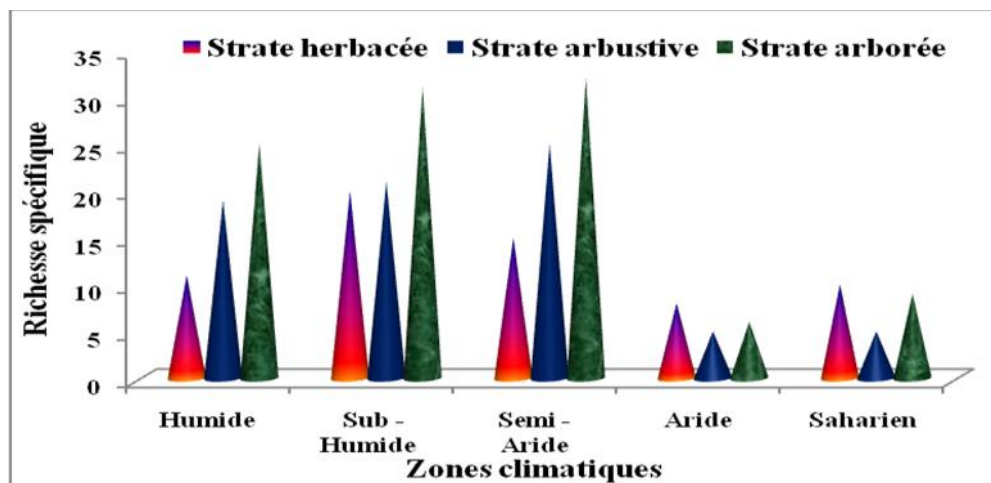


Figure 5

Distribution des espèces des coccinelles par strate végétales et zones climatiques

3 - Barycentre et amplitude d'habitat

Afin de préciser la place des espèces de coccinelles le long du gradient végétal, nous avons calculé leur barycentre et leur amplitude d'habitat dans les trois strates végétales (Tableau 10).

Tableau 10 – Barycentre et Amplitude d'habitat pour chaque espèce.

Espèces	Strate			Barycentre	AH d'habitat
	Herbacée	Arbuste	Arbre		
<i>Nephus bipunctatus</i>	5	0	0	1,00	1,00
<i>Nephus quadrimaculatus</i>	4	0	0	1,00	1,00
<i>Hyperaspis sp</i>	2	0	0	1,00	1,00
<i>Tytthaspis phalerata</i>	10	0	0	1,00	1,00
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	26	0	0	1,00	1,00
<i>Henosepilachna elaterii</i>	272	2	0	1,00	1,04
<i>Hippodamia tredecimpunctata</i>	64	5	0	1,07	1,30
<i>Henosepilachna argus</i>	455	39	0	1,07	1,32
<i>Scymnus bivulnerus</i>	16	2	0	1,11	1,42
<i>Hippodamia undecimnotatta</i>	43	8	0	1,15	1,54
<i>Exochomus nigripennis</i>	126	25	0	1,16	2,50
<i>Scymnus rufipes</i>	18	4	0	1,18	1,61
<i>Hyperaspis marmottani</i>	16	4	0	1,20	1,65
<i>Coccinella septempunctata</i>	3800	743	316	1,28	1,93
<i>Scymnus apetzi</i>	205	57	12	1,29	1,98
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i>	427	138	35	1,34	2,11
<i>Coccinella undecimpunctata</i>	140	46	12	1,35	2,13
<i>Hippodamia variegata</i>	3033	1400	457	1,47	2,40
<i>Scymnus) suturalis</i>	0	62	0	2,00	1,00
<i>Scymnus nubilus</i>	179	39	190	2,02	2,56
<i>Scymnus pallipediformis .</i>	194	411	442	2,23	2,84
<i>Scymnus interruptus</i>	103	359	435	2,37	2,63
<i>Clitostethus arcuatus</i>	348	53	1126	2,50	1,97
<i>Scymnus subvillosus</i>	276	1118	2096	2,52	2,39
<i>Stethorus punctillum</i>	443	296	2006	2,56	2,15

Tableau 10 (suite) – Barycentre et Amplitude d'habitat pour chaque espèce.

Espèces	Strate			Barycentre	AH d'habitat
	Herbacée	Arbuste	Arbre		
<i>Rodolia cardinalis</i>	534	2,57	2,81	2,57	2,81
<i>Exochomus anchorifer</i>	2	33	56	2,59	2,12
<i>Platynaspis luteorubra</i>	0	186	338	2,64	1,92
<i>Rhyzobius chrysomeloides</i>	0	78	298	2,79	2,58
<i>Hyperaspis algerica</i>	0	99	384	2,79	1,66
<i>Rhyzobius lophantae</i>	0	173	722	2,80	2,56
<i>Oenopia doublieri</i>	0	132	606	2,82	1,60
<i>Nephus peyerimhoffi</i>	0	137	886	2,86	1,48
<i>Chilocorus bipustulatus</i>	0	155	1274	2,89	1,41
<i>Adalia decimpunctata</i>	0	93	773	2,89	1,41
<i>Pharoscymnus setulosus</i>	0	50	499	2,90	1,36
<i>Scymnus marinus</i>	0	14	708	2,98	1,10
<i>Pullus sp</i>	0	57	49	3,00	1,99
<i>Exochomus quadripustulatus var floralis</i>	0	0	83	3,00	1,00
<i>Exochomus quadripustulatus</i>	0	0	16	3,00	1,00
<i>Exochomus pubescent</i>	0	0	8	3,00	1,00
<i>Scymnus fulvicollis</i>	0	0	9	3,00	1,00
<i>Adalia bipunctata</i>	0	0	43	3,00	1,00
<i>Oenopia lyncea</i>	0	0	247	3,00	1,00
<i>Calvia quatuordecimpunctata</i>	0	0	192	3,00	1,00
<i>Myrrha octodecimpunctata.</i>	0	0	206	3,00	1,00
<i>Phoroscymnus numidicus</i>	0	0	641	3,00	1,00
<i>Pharoscymnus ovoideus</i>	0	0	1491	3,00	1,00

L'analyse des données nous donne quatre catégories de coccinelles, basées sur les valeurs de barycentre, correspondant *grosso modo* à 25% des espèces chacune:

-Les espèces à barycentre très bas (1.00 à 1.20) (AH 1,00 à 2,50): 13 espèces. Ce sont des espèces très rares retrouvées de façon isolée sur quelques espèces végétales de la strate herbacée mais jamais sur les autres strates. C'est le cas de *T. phalerata*, *N. quadrimaculatus*, *N. bipunctatus*, *S. rufipes*, *S. bivulnerus* et *P. quatuordecimpunctata*, ou qui recherchent les milieux herbacées hygrophiles - *H. tredecimpunctata*, ou encore la bande herbacée des oasis au sud algérien - *H. marmottani* et *Hyperaspis sp*. On trouve également les espèces herbacées de steppe et de grandes zones herbacées sèches: *H. undecimnotata* et enfin des espèces herbacées phytophages qui affectionnent surtout les cultures maraîchères: *H. argus*, *H. elaterii*.

- Les espèces à barycentre moyen (1,28 à 2,56) (AH 1,00 à 2,84): 12 espèces. Ce sont des espèces relativement euryèces, présentes dans les trois strates végétales. Dans cette catégorie on retrouve les espèces qui ont une préférence très marquée pour la strate herbacée pour se reproduire. Les adultes peuvent éventuellement prospecter d'autres strates mais seulement pour se nourrir. C'est le cas des espèces *C. undecimpunctata*, *C. septempunctata*, *S. apetzi*, *S. pallipediformis*, *P. vigintiduopunctata*. *S. nubilus* et *E. nigrippennis* sont très actives sur plantes herbacées au sud algérien (Ouargla, Biskra et Ghardaia), même si nous

confirmons sa présence au nord notamment sur les agrumes et le pittosporum. D'autres ont par contre une large plasticité écologique et peuvent se reproduire sur toutes les bandes végétales si les conditions trophiques et micro - climatiques s'y prêtent, mais avec une certaine préférence pour les strates arbustives et arborées: *H. variegata*, *S. subvillosus*, *C. arcuatus*, et *S. punctillum*.

-Les espèces à barycentre élevé (2,57 à 2,98) (AH 1,10 à 2,81): 12 espèces. Ce sont des espèces qui fréquentent uniquement les strates arbustives et arborées mais très rarement la strate herbacée. La majorité de ces espèces préfèrent se reproduire d'abord sur des végétaux de la bande arborée puis celle arbustive si la nourriture est disponible et les conditions microclimatiques sont favorables. Ce groupe est constitué des espèces *R. chrysomeloides*, *R. cardinalis*, *H. algerica*, *A. decempunctata*, *P. luteorubra*, *N. peyerimhoffi*, *S. marinus*, *O. doublieri*, *P. setulosus*, *R. lophantae*, *C. bipustulatus* et *E. anchorifer*.

-La dernière catégorie regroupe les espèces à barycentre égal à 3,00 (AH 1,00 à 1,99): 11 espèces (22.90% du peuplement). Ce groupe est formé des espèces: *P. ovoideus*, *P. numidicus*, *E. pubescens*, inféodées aux palmiers dattiers, et *S. (Pullus) sp* vivant sur arbres fruitiers (grenadier) dans le sud algérien. Les coccinelles *E. quadripustulatus*, *E. quadripustulatus var floralis*, *C. quatuordecimpunctata*, *S. fulvicollis*, *A. bipunctata*, *O. lyncea* sont des espèces inféodées beaucoup plus aux arbres fruitiers et parfois au milieu forestier, alors que *M. octodecimpunctata* est strictement liée aux pins.

Discussion

Après avoir traité l'aspect biogéographique des coccinelles d'Algérie (Chapitre I), dans le présent chapitre nous analysons la diversité des coccinelles sous trois composantes: l'influence du climat, la caractérisation du régime alimentaire et enfin la distribution spatiale des coccinelles.

Les communautés animales sont sous la dépendance de peuplements végétaux, de leur répartition spatiale, de la topographie et du climat et les coccinelles n'échappent pas à cette règle. Chaque espèce occupe une niche écologique qui lui est propre mais qui peut varier en cours de cycle (Chaubet, 1992). L'hétérogénéité spatio – temporelle de l'abondance des proies et sa prévisibilité sont déterminantes pour la distribution des coccinelles. Suivant les conditions de l'environnement et leurs cycles de vie, les coccinelles effectuent des déplacements dans le temps et dans l'espace, notamment entre les milieux d'alimentation, de reproduction et d'estivo - hibernation (Iperti, 1983).

1- Influence des zones climatiques

Dans le nord algérien, la fréquence de présence des coccinelles est maximale dans l'étage bioclimatique sub – humide, à hiver doux et chaud, et semi aride à hiver chaud. C'est dans cette aire que les exigences éco biologiques et physiologiques sont satisfaites de manière optimale. En effet, ces régions bioclimatiques sont caractérisées par des climats du type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral, l'Atlas tellien et les hauts plateaux constantinois, avec des étés secs et des hivers humides et frais avec 400 à 1200 mm de pluie par an et une température moyenne annuelle de 17 à 18°C. Dans les zones humides, caractérisées souvent par le milieu forestier, certaines espèces ne peuvent résister aux conditions écologiques qui règnent dans ces zones. Nous citons plus particulièrement l'altitude, le froid et les fortes pluies, en plus de la rareté des certaines espèces végétales telles que les arbres fruitiers.

Selon Iperti *et al.* (1989), les facteurs climatiques déterminent les limites de la phase d'estivo - hibernation et la période de reproduction et contrôlent le degré de dispersion et la taille des populations.

Les communautés de coccinelles trouvent une grande diversité végétale de type méditerranéen, appartenant à toutes les strates, spontanées et cultivées, fortement infestées par des populations d'homoptères et d'acariens, nourritures préférentielles des coccinelles. En allant vers les zones steppiques des régions semi-arides situées au nord des hautes plaines algéro-oranaises et sur le versant sud des Aurès, les peuplements des coccinelles diminuent quantitativement et qualitativement en raison de la disparition des espèces forestières et l'apparition des espèces steppiques telle que l'armoïse, l'alfa, et la sparte. De même les pluviométries annuelles diminuent avec une moyenne de 350 mm notamment dans les hauts plateaux.

A l'approche de l'Atlas saharien, la richesse spécifique entre les zones arides et les régions du nord se réduit de plus en plus. Ce changement d'écosystème et surtout la dégradation de la végétation expliquent l'absence de presque la moitié des espèces de coccinelles recensées au nord. Dans cet étage bioclimatique certaines espèces ne trouvent pas les conditions trophiques et microclimatiques idéales pour se maintenir en raison de leur spécificité écologique (alimentation, habitat). C'est le cas des *R. cardinalis*, *P. luteorubra*, *B. quadrimaculatus*, *B. quadrimaculatus* forme *floralis*, *O. doublieri*, *O. lyncea* et *C. quatuordecimpunctata* et *H. algirica*.

L'étage bioclimatique saharien correspond à la zone sud de l'Atlas saharien. Une partie de ce désert est formée de grandes étendues de dunes (Erg oriental et Erg occidental) et de plaines caillouteuses (Regs). C'est un vaste écosystème très rigoureux dont la présence des coccinelles est quasiment absente en raison de l'absence de la végétation. L'autre partie du Sahara est parsemée d'oasis qui sont autant de centres urbains, comme les villes de Ouargla, El oued, Ghardaia ou Djanet. La végétation y est contractée et localisée dans les lits d'oued : c'est une végétation hygrophile et psamophile, fortement adaptée aux conditions xériques. On retrouve du pâturage à base d'espèces graminéennes à *Aristida pungens* et *Panicum turgidum* et d'arbustes fourragers, tels que les nombreux acacias. Cette partie du Sahara est dominée par la culture du palmier dattier, principale ressource des populations en plus des cultures maraîchères sous serres et fruitières nouvellement installées. Cet écosystème saharien abrite pas moins de 17 espèces de coccinelles dont cinq espèces sont spécifiques aux régions sahariennes: *E. nigripennis*, *E. pubescens var floralis*, *Pullus sp*, *H. marmottani*, *P. ovoideus*, *P. numidicus* et *S. punctillum*. Ces trois dernières espèces sont très communes sur le palmier dattier en raison de la disponibilité de leurs proies essentielles, la cochenille *Parlatoria blanchardi* et l'acarien *Olygonichus afrasiasticus*.

2 - Distribution spatiale

Une grande majorité des études sur la distribution des organismes s'est focalisée sur la sélection de l'habitat à des échelles spatiales modestes. La sélection de l'habitat est en effet une donnée de base de l'écologie d'une espèce, essentielle pour tout travail plus approfondie (Palma *et al.*, 2001). C'est également une donnée fondamentale pour des applications en gestion et conservation des espèces.

Nos résultats indiquent qu'en général, les coccinelles opèrent un certain choix des différentes strates végétales à prospecter pour développer des descendance viables. Elles suivent l'itinéraire de leurs proies. Ce choix de l'habitat doit répondre à certains critères précis spécifiques à l'espèce ou à un genre de coccinelles tel que l'alimentation et le micro climat de l'habitat. Néanmoins, il faut souligner que les adultes, grâce à leur grand pouvoir de dispersion, peuvent prospecter divers végétaux, surtout lors des périodes intenses d'activité. C'est la raison pour laquelle Ipert (1965) définit l'habitat des coccinelles en fonction de la hauteur et sa densité.

Dans le nord algérien les coccinelles sont beaucoup plus attirées par la strate arborée que l'arbustive. Ainsi, pas moins de 22 espèces se reproduisent dans ces deux bandes végétales.

Ceci peut être expliqué par la grande diversité de l'arboriculture fruitière, représentée surtout par les agrumes, l'olivier et les rosacées, qui abritent une importante biomasse de nourriture des coccinelles. Nous avons noté des taux d'occupation de 45,45%, 43,06% et 44,45% respectivement dans les régions à bioclimats humide, sub – humide et semi aride. Ce taux d'occupation ne dépasse pas 28 % dans la strate herbacée. Quatre principales espèces sont attirées par cette bande végétale: *C. septempunctata*, *P. vigintiduopunctata*, *H. argus* et *H. elaterii*. *H. variegata* préfère se reproduire d'abord sur la strate herbacée puis celle arbustive mais rarement sur arbre. Kamel *et al.* (2011) signalent *C. septempunctata* sur diverses plantes hôtes appartenant à 22 familles botaniques.

Dans le sud algérien c'est plutôt la strate herbacée qui attire le plus grand nombre de coccinelles (11 espèces) représentant un taux d'occupation dépassant les 41%. En deuxième position vient la bande arborée. Elle attire surtout *P. ovoideus*, *P. numidicus*. *E. pubesens* qui trouvent une nourriture très sélective sur le palmier dattier, en l'occurrence la cochenille *P. blanchardi* qui infeste la presque totalité des palmerais algériens. En plus du palmier dattier, le grenadier et quelques arbres fruitiers nouvellement installées au sud constituent un habitat préférentiel pour les espèces *S. subvillosus* et *S. (Pullus) sp.*

La spécialisation pour l'habitat coïncide avec une spécialisation pour la ressource trophique. La répartition géographique des coccinelles recueillies au cours de cette étude montre une distribution des coccinelles qui est parfaitement corrélée à celle de la végétation qui abrite leur nourriture essentielle. A travers cette analyse, l'observateur s'aperçoit que la végétation semble être un des paramètres les plus importants dans la distribution spatiale des coccinelles. La forte richesse spécifique est notée seulement au niveau des stations où les conditions écologiques sont les meilleures, à savoir les secteurs algérois, oranais et les hauts plateaux. Les autres secteurs se montrent moins favorables et les conditions écologiques qui y règnent sont loin d'offrir les milieux adéquats ; c'est le cas des secteurs de l'Atlas saharien et les secteurs du sud algérien. Cette remarque confirme les constatations de Tousignat et Coderre (1992), qui montrent que l'abondance des espèces et la structure de la communauté d'arthropodes dépendent généralement des conditions biotiques et abiotiques du milieu.

Les données sur la diversité des coccinelles et leur répartition selon les zones bioclimatique comparées à celle de la carte de sensibilité à la désertification, permet de constater que les zones sensibles à la dégradation se trouvent tant dans la partie tellienne que dans les parcours steppiques, limités par les isohyètes 100 et 400 mm (Saharaoui *et al.*, 2001).

Les causes et les conséquences de cette dégradation sont multiples et diversifiées en fonction des composantes naturelles et socio-économiques de chaque région. Dans la zone Tellienne la cause essentielle réside dans l'érosion hydrique et dans les mécanismes de déforestation. Dans le semi-aride, en plus des facteurs climatiques, le surpâturage est considéré comme une cause principale de la dégradation des écosystèmes naturels (Le Houerou, 1968). Toutes ces contraintes gênent l'activité des coccinelles et agissent sur la richesse spécifique de chaque secteur géographique de l'Algérie.

3 - Caractérisation du régime alimentaire des coccinelles

Dans les communautés équilibrées, il existe d'étroites relations entre, d'une part, la qualité et la diversité des ressources disponibles et, d'autre part, la diversité des espèces en présence (Mac Arthur, 1972).

Chez les coccinelles, comme chez d'autres insectes prédateurs, on observe une corrélation positive entre la spécificité pour l'habitat et la diversité des proies utilisées (Hagen, 1987; Hodek, 1973). Pour valider cette hypothèse, nous avons suivi les coccinelles et leurs proies en période de reproduction dans les différents habitats en mettant l'accent sur la présence des œufs, larves et des nymphes autour des colonies de proies. Ainsi, nous avons déterminé six régimes alimentaires chez les coccinelles: 24 espèces aphidiphages, 17 coccidiphages, 3 mycophages, 2 phytophages, 1 aleurodiphage et 1 acariphage. L'analyse des résultats montre que les coccinelles suivent l'itinéraire de leurs proies, qui sont inféodées à un type de strate végétale.

Le degré de spécialisation des espèces vis-à-vis de leurs ressources affecte leurs distributions géographiques ainsi que leurs capacités à coexister et donc, de façon plus large, détermine en grande partie la richesse et la nature des patrons de biodiversité que l'on observe au sein des écosystèmes (Futuyma, 2001). Dans ce contexte nous observons une certaine spécialisation dans l'utilisation de l'habitat et la ressource.

Chez les aphidiphages *C. septempunctata* se nourrit des divers pucerons inféodés à la strate herbacée pour se reproduire alors qu' *H. variegata*, après avoir développé une génération aux dépens des pucerons de la strate herbacée, assure une autre génération aux dépens des pucerons des arbustes. Certaines espèces, comme *A. decempunctata*, *C. quatuordecimpunctata*, *O. doublieri*, *O. lyncea* et *H. algerica*, préfèrent se reproduire aux dépens des pucerons inféodés aux arbres et quelques arbustes. Chez le groupe des Scymnini, *S. subvillosus*, en plus de sa large plasticité écologique sur les arbres et les arbustes, utilise un grand nombre d'espèces

de pucerons pour se reproduire, notamment dans le nord d'Algérie. Par contre, au sud, elle ne trouve pas les mêmes conditions et se reproduit grâce aux pucerons *Aphis gossypii* Glover et *Aphis sp* sur le grenadier. En revanche, les autres *Scymnus* préfèrent plutôt les pucerons des plantes herbacées, mais les adultes sont souvent attirés par d'autres pucerons inféodés aux strates arbustives et arborées mais sans toutefois développer des descendance viables notamment en été.

Chez les coccidiphages, l'aire de distribution des espèces est limitée. Nous observons une certaine cohabitation des espèces généralistes, notamment celles qui se nourrissent des Diaspines. A titre indicatif, sur les agrumes pas moins de 7 espèces de coccidiphages cohabitent et partagent la nourriture qui est souvent très abondante et diversifiée. Chez les spécialistes, *R. cardinalis* ne trouve pas les mêmes conditions trophiques qu'avant en raison de la rareté de la cochenille *Icerya purchasi* ces dernières années. En revanche, l'espèce *N. peyerimoffi* se maintient parfaitement grâce à l'abondance des pseudococcines sur agrumes. Au Sud algérien le palmier dattier, qui abrite la cochenille *P. blanchardi*, offre un micro - climat très favorable et une nourriture très sélective pour les espèces *P. ovoideus* et *P. numidicus*. L'aleurodiphage *C. arcuatus*, même si elle est présente au sud (Sahara septentrional) sur quelques cultures maraîchères, elle trouve des conditions trophiques plus favorables dans le nord grâce à l'abondance de sa nourriture essentielle sur les agrumes (*Aleurothrixux floccosus* Maskell, *Dialeurodes citri* Ashmead) et diverses cultures maraîchères (*Bemesia tabaci* Gennadius, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood). Enfin, l'acariphage *S. punctillum* est plus active au sud, grâce à l'abondance de sa proie essentielle, notamment sur le palmier dattier (*Olygonychus afrasiasticus* MgGregor). Par contre, au nord, elle préfère se reproduire aux dépens des acariens des cultures maraîchères.

Ces résultats nous ont permis de valider l'hypothèse selon laquelle la spécialisation pour l'habitat coïncide avec une spécialisation pour la ressource trophique durant les périodes de reproduction. Nous avons également confirmé la thèse d'Iperti (1986) qui affirme qu'il existe une spécificité chez les coccinelles qui se traduit par la présence des œufs et des larves et une attirance envers la proie qui se vérifie par la simple présence des adultes.

Références

- Aggouni, M. (2004). Contribution à l'inventaire et à l'écologie des Odonates du Constantinois. Thèse de Magister : Entomologie, Univ. de Constantine 41.106p
- Aidoud, A. (1994). Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie. Cas de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.). *Paralelo* 37° 16 : 33-42.
- Anonyme, (2014). Contribution du Groupe de travail II au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat « Changements climatiques: Incidences, adaptation et vulnérabilité » GIEC, 2014 30 p.
- Barry, J.P., Baxter, C.H., Sagarin, R.D., Gilman, S.E. (1995). Climate-related long-term faunal changes in California rocky intertidal community. *Science* 267: 672-675.
- Bedrani, S. (1994). Une modernisation à faible effet sur la production: la modernisation agricole en Algérie. In: *Economie des politiques agricoles dans les pays en développement*, 3. Les fondements micro-économiques, RFE, Paris, pp. 61-79.
- Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R. (1996). *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. 3^{ème} édition. Blackwell Science.
- Benderradji M.H., Alatou D., Arfa A .M., Benachour K. (2006). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation Impact du phénomène en Algérie . *New Medit* N. 4. 22 p.
- Ben Halima Kamel, M, Rebhi, R., Ommezine, A. (2011). Habitats et proies de *Coccinella algerica* Kovar dans différentes régions côtières de la Tunisie. *Faunistic Entomology* 2011 (2010) 63 (1), 35-4
- Benslimane, M., Hamimed, A., Elzerey, W., Khaldi, A., Mederbal, K. (2008). Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. *Rev. Elect. Sci. Env.* 8(3), 231-245
- Blondel, J. (1979). *Biogéographie et écologie*. Ed. Masson, Paris, 303 p.
- Chaubet, B. (1992). Diversité écologique, aménagement des agro – écosystèmes et favorisation de ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. *Cours Evir.*, 18: 45 – 63. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 257 p.
- Callot, Y. (1987). Géomorphologie et paléo environnements de l'Atlas Saharien au Grand Erg Occidental. Dynamique éolienne et paléo lacs holocènes. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Paris VI, 502 pages
- Daget, J. (1976). *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson, Paris.
- Daget, P. (1977). Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio* 34(2): 87-103.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Fac. Sc.* 7 (11): 3-43.
- Evans, E.W. and Dixon A.F.G. (1986). Cues for oviposition by ladybird beetles (*Coccinellidae*): response to aphids. *J. Anim. Ecol.*, 55: 1027-1034
- Ferry-Graham, L.A., Bolnick, D.I., Wainwright, P.C. (2002). Using functional morphology to examine the ecology and evolution of specialization. *Integrative and Comparative Biology*, 42, 265-277.
- Ferrer, A. (2009). Spécialisation écologique chez les insectes prédateurs. Thèse Doctorat. Uni. Paul Sabatier. Toulouse. 130 p.
- Fischlin, A. (2007). Incidence du changement climatique sur les écosystèmes. Biodiversité et changement climatique. Forum biodiversité suisse. Hotpot 16/2007. Institut de biologie, Département des sciences de l'environnement, EPF Zurich, CH-8092 Zurich. 2 p.

- Futuyma, D.J. & Moreno, G. (1988). The Evolution of Ecological Specialization. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 207-233.
- Futuyma, D.J. (2001). Ecological Specialization and Generalization. In *Evolutionary Ecology: Concepts and Case Studies*. (eds C.W. Fox, D.A. Roff & D.J. Fairbairn), pp. 177-189. Oxford University Press, Oxford.
- Fox, L.R., Morrow, P.A. (1981). Specialization - Species Property or Local Phenomenon. *Science*, 211, 887-893.
- Hadeid, M. (2006). Les mutations spatiales et sociales d'un espace à caractère steppique, le cas des Hautes Plaines sud-oranaises (Algérie), Thèse de Doctorat d'Etat en Géographie, Thèse soutenue dans le cadre de la co-tutelle entre l'Université d'Oran (Algérie) et l'Université de Franche-Comté (France), 506 pages
- Hagen, K.S. (1987). Nutritional ecology of terrestrial insect predators. In *Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates*. (eds F.J. Slansky & J.G. Rodriguez), pp. 533-577. John Wiley & Sons, New York.
- Hodek, I. (1973). Biology of Coccinellidae. Academie, Prague, Czechoslovakia
- Hughes L. (2000). Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution* 15 : 56-61.
- Iperti, G. (1965). Contribution à l'étude de la spécificité chez les principales coccinelles aphidiphages des Alpes Maritimes et des Basses Alpes. *Entomophaga*, 10 (2), 1965, 159 - 178.
- Iperti, G., Quilici S. (1978). Les coccinelles en serres maraîchères. Les auxiliaires des cultures. Journées d'études. ACTA. , 261-266.
- Iperti, G. (1983). Les coccinelles de France. Faune et faune auxiliaires en agriculture. ACTA. Journées d'études et d'informations 4 et 5 mai. Paris : 89 – 96.
- Iperti, G. (1986). Les coccinelles de France. *Phytoma*, Déf. Des cult. n° 377, 14 - 22.
- Iperti, G., Ferran, A., Lapchin, L., Lyon, J.P., Rabasse, .M. (1989). Etude de l'influence des facteurs climatiques et trophiques sur l'évolution des populations des principaux prédateurs de pucerons des céréales à paille sous le climat méditerranéen. *Med. Fac. Landbouww. Rijksinv.Genet.*, 54 (3a): 739 – 746.
- Kadik B. (1987). Contribution à l'étude de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en Algérie, dendrométrie, morphologie, office de publication universitaire, Alger. 580p.
- Karl, T.R., Trenberth , K.E. (2003). Modern global climate change. *Science* 302: 1719-1723.
- Katsoyannos, P., Stathas, G.J., Kontodimas, D.C. (1997). Phenology of *Coccinella septempunctata*. *Entomophaga* 42 (3), p. 435- 444.
- Körner, C. (2007). La mesure la plus efficace contre le changement climatique est le maintien d'une biodiversité maximale. *Forum biodiversité suisse*. Hotpot 16/2007. 3 p.
- Nedjraoui, D. (1990). Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L) aux conditions stationnelles. Thèse Doct. Sciences, USTHB, Alger, 256p.
- Le Houerou H.N. (1973). Fire and vegetation in the mediterranean basin. *Proceedings Annual Tall Timbers fire Ecology Conference*, 13, 237-277, Tall Timbers Research Station, Tallahassee,
- Le Coz, J. (1990). Espaces méditerranéens et dynamiques agraires: Etat territorial et communautés rurales, Options méditerranéennes, série B, no 2, CIHEAM IIAM, Montpellier, 393 p
- Majerus, M.E.N., Sloggett, J.J., Godeau, J.F., Hemptinne, J.L. (2007). Interactions betweenants and aphidophagous and coccidophagous ladybirds. *Population Ecology*, 49, 15-27.
- Mac Arthur, R.H. (1972). *Geographical Ecology*. Harper & Row, New york, USA.
- Palma, B., Rodrigues, M. (2001). Diagnosing the cause of population changes: localized habitat change and the decline of the endangered St Helena wirebird. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 38, n°: 4, pp. 771-783 (13)

- Petchey, O.L., McPhearson, T., Casey, T.M., Morin P.J. (1999). Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* 402 : 69-72.
- Pielou, E.C. (1969). An introduction to mathematical ecology. Wiley – Inter- science, New York.
- Ramade, F. (2005). Eléments d'écologie. Ecologie appliquée. 6^{ème} édition. Paris. 864p
- Saharaoui, L., Gourreau, J.M., Ipert, G. (2001). Etude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles aphidophages d'Algérie (Coleoptera – Coccinellidae). *Bul. Soc. Zool. France*. 2001, 126 (4): 351-373.
- Sauvage, C. (1963). Etages bioclimatiques. Comité National de géographie du Maroc. Atlas du Maroc, notices explicatives, section II : physique du globe et météorologie, Planche n° 6b, 31 pp.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity « *Nature* " 163, 688.
- Skouri, M. (1984). Lutte contre la désertification et développement en zones pré -sahariennes. *Nature et Ressources*, vol. XX, janv.-mars 1984, 1: 10-20.
- Southward, A.J., Hawkins, S., Burrows, M.T. (1995). Seventy years' observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature. *Journal of thermic Biology* 20: 127-155.
- Tousignat S., Coderre D. (1992). Niche partitioning by soil mites in a recent Hardwood plantation in southern Quebec, Canada *Pedobiologia* 36, pp. 287-294.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416 : 389-395

Troisième Chapitre

Dynamique des communautés des coccinelles et interactions avec leurs proies sur agrumes et sur palmier dattier

La partie agrumes de ce chapitre a fait l'objet en 2009 d'une publication
dans les annales de la société entomologique de France.

Fr. (n.s.), 2009, 45 (2)

La partie palmier dattier de ce chapitre a fait l'objet en 2010 d'une publication
dans le bulletin de la société entomologique de France

Bull. Soc. zool. Fr., 2010, 135(3-4) 265-280.



Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouïba (Mitidja orientale) Algérie

Résumé.

Cette partie de la thèse traite la dynamique des communautés des coccinelles et leurs interactions avec leurs proies et les prédateurs associés sur agrumes. 21 espèces ont ainsi été mises en évidence. Une première ségrégation trophique montre la coexistence de deux principaux groupes d'espèces, les unes aphidiphages, les autres coccidiphages, représentant au total 17 espèces, soit 85,8 % du peuplement inventorié. *Chilocorus bipunctatus*, *Scymnus subvillosus*, *Nephus peyerimhoffi* et, à un moindre degré, *Clitostethus arcuatus* et *Pharoscymnus setulosus* sont omniprésentes sur agrumes. En revanche, *Rodolia cardinalis*, *Scymnus (Mimopullus) marinus* et *Lindorus lophantae* sont régulièrement présentes mais peu abondantes. Les années 2003 et 2004 ont été très favorables aux coccinelles en raison de bonnes conditions climatiques et de l'abondance de la nourriture: celle-ci a été favorisée par une végétation fraîche exubérante, générée par la pratique des cultures intercalées et les irrigations estivales. L'inverse a été constaté depuis 2005, date à laquelle les vergers ont été progressivement abandonnés. La majorité des coccinelles se reproduit aux dépens des pucerons de la première poussée de sève, de la fin avril au début de juin. Néanmoins, *S. subvillosus* et *C. bipunctatus* commencent à pondre un peu plus tôt, généralement vers le début avril. La densité des coccinelles augmente avec celle de leurs proies. Une grande diversité d'ennemis naturels cohabite et partage la même nourriture avec les coccinelles. Ce sont principalement des aphidiphages avec 12 espèces appartenant à six familles: Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae, Cecidomyiidae, Anthocoridae et Aphelinidae. Les Coccinellidae et les Anthocoridae sont dominants avec, respectivement, 48,1 % et 31,3 % du peuplement des ennemis naturels des pucerons. Le groupe des coccidiphages comporte 10 espèces réparties au sein de trois familles: Les Coccinellidae, les Nutilidae et les Aphelinidae. Les coccinelles, principalement *C. bipunctatus*, sont les plus abondantes, représentant 59,2 % des ennemis naturels des cochenilles.

Mots clés: Dynamique des communautés, Coccinelles, Rouiba, interactions, *Citrus*.

Dynamics of ladybird communities (Coleoptera: Coccinellidae) and interactions with their preys on *Citrus* in the region of Rouiba (oriental Mitidja) Algiers.

Abstract.

This part of the thesis handles the dynamics of the communities of ladybirds and their interactions with their preys and the predators associated on citrus fruits. 21 species have been identified. A first trophic segregation shows the two main groups of species, some aphidophagous, other coccidiphages, totaling 17 species, representing 85.8 % of the population surveyed. *Chilocorus bipunctatus*, *Scymnus subvillosus*, *Nephus peyerimhoffi* and, to a lesser degree, *Clitostethus arcuatus* and *Pharoscymnus setulosus* are ubiquitous on *Citrus*. However, *Rodolia cardinalis*, *Scymnus (Mimopullus) marinus* and *Lindorus lophantae* are regularly present but scarce. The years 2003 and 2004 were very favorable to beetles because of good weather and abundance of food: it was favored by fresh exuberant vegetation generated by the practice of intercropping and crop irrigation summer. The opposite has been observed since 2005, when the orchards were phased out. Most of the ladybirds breed aphid expense of the first outbreak of sap from late April to early June. However, *S. subvillosus* and *C. bipunctatus* begin to spawn a little earlier, usually around the beginning of April. The density of beetles increases with that of their prey. A variety of natural enemies share the same food with ladybirds. They are primarily aphidophagous with 12 species belonging to six families: Coccinellidae, Syrphidae, Chrysopidae, Cecidomyiidae, Anthocoridae and Aphelinidae. The Coccinellidae and Anthocoridae are dominant with, respectively, 48.1 % and 31.3 % of the population of natural enemies of aphids. The group of coccidiphagous has 10 species in three families: The Coccinellidae, the Nutilidae and Aphelinidae. Ladybirds, mainly *C. bipunctatus*, are the most abundant, representing 59.2 % of natural enemies of cochineal.

Keywords: Dynamics communities, ladybird, Rouiba, interactions, *Citrus*.

Introduction

La présence des agrumes en Algérie est due aux arabes qui ont introduit le bigaradier et le citronnier au début du XVIIIème siècle (Loussert 1985). Toutefois, leur culture ne connaîtra un grand essor que grâce aux Français, notamment dans la région de Boufarik devenue exportatrice à partir de 1943. Comme indiqué par Blondel (1959), l'agrumiculture a connu une extension considérable, et son niveau de production a atteint annuellement les 400 000 tonnes, dont 300 000 destinées à l'exportation durant les années 1940-1950.

Les vergers d'agrumes couvrent en Algérie une superficie de 45 449 ha, soit 0,6 % de la surface agricole, et 11 % de la surface arboricole. 90 % sont localisés au niveau de 13 régions, quatre d'entre elles représentant 55 % de la superficie totale (Blida, Chlef, Mascara et Relizane) (Anonyme 2000).

Les dégâts occasionnés par les maladies virales comme la psorose (*Citricolletia psorosis* var. *vulgare* Faw.), la tristeza (*Citricolletia viatoris* Faw) et la gommose sont pré-dominants dans les vieilles plantations. Les ravageurs quant à eux (cochenilles, pucerons, aleurodes, acariens et, plus récemment, la mineuse), restent incontestablement les parasites les plus répandus (Saharaoui 2001).

L'utilisation des pesticides dans la lutte contre les ravageurs des agrumes engendre des problèmes de résidus, des phénomènes de résistance, ainsi qu'un impact sur les auxiliaires naturels et l'environnement. Or, la pratique de la lutte biologique reste encore à ce jour en Algérie à la phase expérimentale.

Avant d'envisager son utilisation dans un système donné, il est essentiel d'identifier les ennemis naturels des principaux ravageurs et de connaître leur biologie et leur écologie (Hodek 1967; Rice et al. 1988). Dans de nombreux agro-écosystèmes, les coccinelles ont démontré un important rôle régulateur des populations de pucerons, de cochenilles et autres organismes nuisibles. Ce sont souvent les entomophages qui ont le plus grand impact sur eux (Iperti 1983; Dixon et al. 1997; Hodek 1970; Frazer et al. 1981). Dans ce travail, nous avons étudié la dynamique des communautés des coccinelles et leurs interactions avec leurs proies respectives sur agrumes, culture très répandue et économiquement très importante en Algérie, en vue de les utiliser comme agents de lutte biologique. Dans les communautés équilibrées, il existe d'étroites relations entre, d'une part, la qualité et la diversité des ressources disponibles et, d'autre part, la diversité des espèces en présence (Mac Arthur 1972). Nous avons pu confirmer cette relation en étudiant les fluctuations mensuelles de la proie et de son prédateur.

La diversité spécifique désigne la quantité et l'abondance relative des espèces présentes au niveau d'une biocénose, d'une région ou d'un groupe systématique (Barbault 1995). Leur inventaire mis à part, nous avons abordé plusieurs de leurs paramètres bio-écologiques tels que la spécificité trophique, l'ordre d'arrivée des différentes espèces sur la culture, leur provenance et, surtout, la relation entre la coccinelle, sa proie et les autres prédateurs partageant la même nourriture. Nous avons également vérifié si la richesse spécifique des coccinelles dépend réellement de la présence de la proie (Hanski et *al.* 1991) et si l'abondance des populations est en relation avec le niveau des ressources trophiques (Hemptinne et *al.* 1990).

La régulation des populations de ravageurs est d'autant plus efficace que l'intervention des prédateurs intervient précocement dans la chronologie de la pullulation des phytophages. Ceux-ci doivent également être capables de développer leurs capacités de prédation sur de faibles effectifs de la proie (Doutt et *al.* 1999). En effet, ce paramètre est très important pour déterminer les espèces de coccinelles qui peuvent éventuellement affronter les premières pullulations des ravageurs des agrumes (pucerons, cochenilles).

A l'état naturel, il existe une étroite relation entre les différentes communautés d'espèces prédatrices présentes (Evans 1991; Polis et *al.* 1989; Rosenheim et *al.* 1995). Nous nous sommes attachés à étudier leurs interactions dans la perspective d'associer les coccinelles aux autres prédateurs dans un programme de lutte biologique contre les ravageurs des agrumes. Outre cet inventaire, une étude des fluctuations des populations des différentes espèces de coccinelles a été réalisée en 2004 sur le citronnier en vue d'apprécier le rôle entomophage de chaque groupe systématique et trophique, et de définir les relations existantes entre eux. En effet, il est nécessaire de vérifier le potentiel des ennemis naturels indigènes des ravageurs des agrumes avant d'envisager l'introduction de nouvelles espèces de prédateurs et de parasites.

Matériel et méthodes

1 - Site d'étude

Le présent travail s'est déroulé dans la région de Rouïba située dans la partie orientale de la Mitidja: c'est une vaste plaine sub-littorale d'Algérie située à 25 km de la capitale et à 7 km de la Méditerranée. La région s'étend entre 3°07'et 3°27' de longitude Est, et entre 36°43' et 36° 49' de latitude Nord; elle s'élève de 25 m au dessus du niveau de la mer (Mutin 1977). Pour mener à bien ce travail, nous avons choisi deux vergers de référence qui font partie d'une ferme privée se trouvant dans la commune de Rouïba, l'un de citronniers, *Citrus limon* L. de la variété *Eureka*, et l'autre, d'orangers, *Citrus sinensis* L. de la variété hâtive *Washington navel*. Ces deux

vergers, d'une superficie de 2,5 ha chacun, ont été plantés en 1990. En été, on y pratique souvent des cultures maraîchères intercalées.

2 - Echantillonnage

Les relevés sont effectués deux fois par mois en adoptant la méthode du dénombrement périodique et aléatoire des populations. L'unité d'échantillonnage employée dans cette catégorie de strate végétale est l'arbre. La parcelle est divisée en neuf unités de 25 arbres afin d'assurer une homogénéité d'échantillonnage. Dans chaque unité, nous choisissons un arbre sur lequel les prélèvements sont effectués à hauteur d'homme dans chaque direction cardinale ainsi que dans le centre.

Les échantillonnages ont été réalisés par la technique habituelle de frappe et récolte au parapluie japonais. Nous avons complété les observations par des prélèvements de fragments de végétaux infestés de pucerons ou de cochenilles de un mètre de longueur. Cette méthode permet d'évaluer et de dénombrer les pontes déposées par les coccinelles, de compter les larves, de déterminer leurs stades larvaires et nymphaux et, surtout, de connaître leurs proies, ce qui permet la détermination du régime alimentaire des coccinelles récoltées. Cette technique ne peut être adoptée ni pour les coccinelles coccidiphages qui insèrent leurs œufs sous les cochenilles, ni pour les prédateurs d'acariens, en raison de leur trop petite taille. En ce qui concerne les cochenilles, on prélève à l'aide d'un sécateur des rameaux d'environ 20 cm de long sur l'arbre le plus infesté ainsi que des feuilles et des fruits attaqués, ce dans chaque direction cardinale de la couronne.

Résultats et discussion

1 - Composition du peuplement

Les coccinelles identifiées sur agrumes appartiennent à 21 espèces (tab. 1) classées dans cinq sous-familles et huit tribus. Les Scymninae sont quantitativement dominants avec neuf espèces soit 42.86 % de l'ensemble du peuplement. Viennent ensuite les Coccinellinae et les Chilocorinae avec quatre espèces chacune. Elles sont suivies par les Coccidulinae avec deux espèces. Enfin, les sous-familles, des Sticholotidinae et des Psylloborinae, ne comptent qu'une seule espèce chacune (fig. 1).

Parmi les huit tribus répertoriées, celle des Scymnini (espèces de petite taille) est quantitativement la plus représentée avec huit espèces. Elle est suivie par celle des Coccinellini, avec quatre espèces. La tribu des chilocorini vient en troisième position avec trois espèces. Celle

des coccidulini compte dans ses rangs deux espèces. Les autres tribus en l'occurrence, les Platynaspidini, les Noviini, les Hippodamini, les Psylloborini et les Sticholotidini sont représentées par une seule espèce chacune.

Tableau 1. Inventaire et classification des espèces de coccinelles recensées sur agrumes à Rouiba durant trois années successives (2003, 2004 et 2005).

Sous -familles	Tribus	Genres et espèces
Chilochorinae	Platynaspidini	<i>Platynaspis luteorubra</i> (Goeze, 1777)
	Chilocorini	<i>Chilocorus bipunctatus</i> (L. 1758)
		<i>Exochomus (Parexochomus) anchorifer</i> (Allard, 1870)
		<i>Exochomus quadripustulatus floralis</i> (Motschulsky, 1837)
Coccidulinae	Coccidulini	<i>Rhyzobius chrysomeloides</i> (Herbst, 1793)
		<i>Lindorus lophantae</i> (Blaisdell, 1892)
Scymninae	Noviini	<i>Rodolia (Novius) cardinalis</i> (Mulsant, 1850)
	Scymnini	<i>Scymnus (Mimopullus) marinus</i> (Khnzorian, 1969)
		<i>Nephus peyerimhoffi</i> (Sicard, 1923)
		<i>Scymnus (Pullus) subvillosus</i> (Goeze, 1777)
		<i>Scymnus nubilus</i> (Mulsant, 1850)
		<i>Scymnus interruptus</i> (Goeze, 1777)
		<i>Scymnus pallipediformis</i> (Gunther, 1958)
		<i>Stethorus punctillum</i> (Weise, 1801)
		<i>Clitostethus arcuatus</i> (Rossi, 1794)
Coccinellinae	Coccinellini	<i>Hippodamia (Adonia) variegata</i> (Goeze, 1777)
		<i>Adalia decimpunctata</i> (Linné, 1758)
		<i>Coccinella septempunctata</i> (Linné, 1758)
		<i>Oenopia dublieri</i> (Mulsant, 1846)
Psylloborinae	Psylloborini	<i>Psyllobora (Thea) vigintiduopunctata</i> (L. 1758)
Sticholotidinae	Sticholotidini	<i>Pharoscymnus ovoideus</i> (Sicard, 1929)

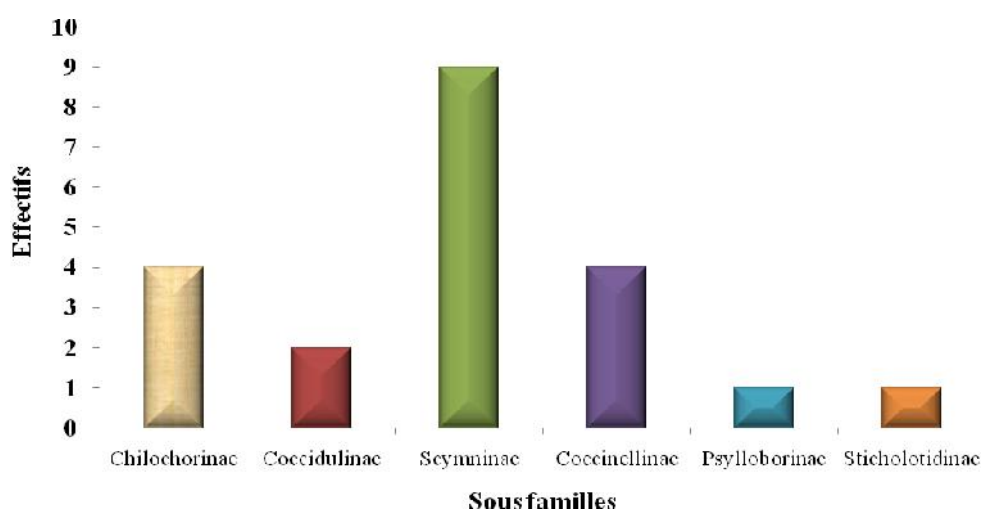


Figure 1
Importance et répartition des espèces de coccinelles par sous-famille

2 - Analyse globale du peuplement

Dans le tableau 2 sont reportées les taxons et leurs fréquences durant trois années successives de relevés (2003, 2004 et 2005).

Tableau 2. Rapport et abondance relative des espèces de coccinelles répertoriées sur agrumes.

Ni = Nombre d'individus; AR % = abondances relatives.

Années	2003		2004		2005	
	Ni	AR%	Ni	AR%	Ni	AR%
Espèces de coccinelles						
<i>Platynaspis luteorubra</i>	8	0,50	0	0	0	0
<i>Chilocorus bipunctatus</i>	278	17,29	189	15,23	141	21,93
<i>Exochomus (Parexochomus) anchorifer</i>	0	0	2	0,16	0	0
<i>Brumus quadripustulatus</i> var. <i>floralis</i>	0	0	14	1,13	0	0
<i>Lindorus lophantae</i>	89	5,53	87	7,01	38	5,91
<i>Rhyzobius chrysomeloïdes</i>	47	2,92	0	0	17	2,64
<i>Rodolia (Novius) cardinalis</i>	76	4,73	46	3,71	29	4,51
<i>Scymnus marinus</i>	82	5,10	58	4,67	28	4,35
<i>Nephus peyerimhoffi</i>	184	11,44	149	12,01	45	7,00
<i>Scymnus nubilus</i>	84	5,22	43	3,46	0	0
<i>Scymnus pallipediformis</i>	18	1,12	31	2,50	21	3,27
<i>Scymnus interruptus</i>	32	1,99	0	0	0	0
<i>Scymnus subvillosus</i>	189	11,75	201	16,20	176	27,37
<i>Stethorus punctillum</i>	56	3,48	28	2,26	0	0
<i>Clitostethus arcuatus</i>	284	17,66	231	18,61	48	7,47
<i>Hippodamia (Adonia) variegata</i>	24	1,49	24	1,93	21	3,27
<i>Coccinella septempunctata</i>	3	0,19	0	0	0	0
<i>Adalia decimpunctata</i>	14	0,87	15	1,21	0	0
<i>Oenopia doublieri</i>	22	1,37	28	2,26	16	2,49
<i>Psyllobora (Thea) vigintiduopunctata</i>	15	0,93	0	0	0	0
<i>Pharoscyrnus setulosus</i>	103	6,41	95	7,66	63	9,80
Total	1600	100	1241	100	643	100

En ce qui a trait aux coccinelles, l'analyse de nos relevés montre que les années 2003 et 2004 ont été les plus riches et les plus diversifiées. Les valeurs de l'abondance des espèces sont estimées à 1608, 1241 et 643 individus récoltés respectivement en 2003, 2004 et 2005. L'analyse de la richesse spécifique donne une valeur minima de 12 espèces en 2005 et une valeur maxima de 19 espèces pour l'année 2003. Hanski & Cambefort affirment que, la richesse d'un peuplement dépend du niveau des ressources trophiques disponibles et des conditions climatiques des biotopes d'étude (Hanski & Cambefort 1991). En ce qui concerne les coccinelles, outre ces facteurs écologiques et trophiques, nous avons constaté que l'abondance des coccinelles a été également favorisée par la pratique des cultures intercalées et par les irrigations qui ont créé un micro-climat très favorable pour leur développement et celui de leurs proies, notamment les pucerons qui se sont développés grâce à des poussées rapides de sève.

La présence d'une abondante végétation fraîche en 1998 dans les mêmes vergers a permis à Zoubiri de recenser 17 espèces de coccinelles. L'inverse a été constaté durant l'année 2006 par Gharbi qui n'a inventorié qu'un nombre très faible d'espèces de coccinelles (huit) en raison de l'absence de cultures intercalées et d'irrigations dans ces deux parcelles. Bourayou en 2005 avait recensé les mêmes espèces dans différentes stations de la Mitidja orientale: 11 à Boufarik, 16 à L'E.N.S.A d'El-Harrach et sept à Sidi Moussa. Dans la région de (sous-secteur de la grande Kabylie), Akili en 2003 avait inventorié 17 espèces de coccinelles sur citronnier et 15 sur oranger. Selon Blondel (1995), lorsque les conditions de vie dans un milieu sont favorables, on trouve de nombreuses espèces ; dans le cas contraire, on n'en observe qu'un petit nombre.

L'étude de la fréquence d'occurrence des espèces donne des valeurs très variables quant à leur constance. Quatre espèces principalement sont omniprésentes et dominantes, quelle que soit l'année: il s'agit de la coccinelle coccidiphage généraliste *C. bipunctatus* avec des fréquences respectives de 17,2 % en 2003, 15,2 % en 2004 et 21,9 % en 2005. Vient ensuite l'aphidiphage *S. subvillosus* avec respectivement 11,7 %, 16,2 % et 27,3 %. L'aleurodiphage *C. arcuatus* se place en troisième position avec 18,6 %, 13,1 % et 7,4 % du peuplement récolté au cours des trois années. La quatrième espèce est une autre coccidiphage, *N. peyerimhoffi*: elle totalise 11,4 % du peuplement récolté en 2003, 12,0 % en 2004 et 7 % en 2005.

Les espèces *Ph. setulosus*, *R. cardinalis*, *L. lophantae* et *M. marinus* sont régulièrement présentes mais avec de faibles fréquences variant entre 4 et 10 %, alors que les aphidiphages *H. variegata*, *S. interruptus*, *S. pallipediformis*, *S. nubilus* et l'acariphage *S. punctillum* sont qualifiées d'accessoires avec des fréquences allant de 1 à 4 %, quelle que soit l'année. Enfin, les autres espèces, *O. doublieri* et *A. decimpunctata*, sont accidentelles ou rares, avec des fréquences insignifiantes, ne dépassant pas les 2,5 %. Les espèces *B. quadripustulatus* var. *floralis* et *E. anchorifer* ont été rencontrées uniquement durant l'année 2004 avec respectivement 14 et 2 individus, alors que *P. luteorubra*, *P. 22-punctata* et *C. septempunctata* ont été capturés seulement en 2003 avec des effectifs variant entre trois et 22 individus.

La diversité et la richesse des coccinelles récoltées sont attribuées à l'importante biomasse de nourriture qu'abritent les agrumes. Chez les coccidiphages, 10 espèces de cochenilles (Homoptera : Coccidae) au moins constituent l'essentiel de leur nourriture: *Aonidiella aurantii* (Maskell), *Parlatoria ziziphus* (Lucas), *Lepidosaphes beckii* (Newman), *Lepidosaphes gloweri* (Newman), *Icerya purchasi* (Maskell), *Pseudococcus citri* (Risso), *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan), *Parlatoria oleae* (L.) et *Saissetia oleae* (Olivier). Cette disponibilité permanente en nourriture favorise le développement et la stabilité des espèces

coccidiphages sur agrumes du-rant presque toute l'année, plus particulièrement des généralistes *C. bipunctatus*, *Ph. setulosus*, *L. lophantae* et *S. marinus*.

Les pucerons *Aphis citricola* Patch et *Toxoptera aurantii* Boyer de Fonscolombe constituent la nourriture essentielle des coccinelles aphidiphages, leur présence dépend de l'installation des poussées de sève verno-estivale, et automnale qui est souvent moins infestée. L'activité et l'abondance de l'aleurodiphage *C. arcuatus* sont conditionnées par la disponibilité de sa nourriture principale, l'aleurode *Aleurothrixus floccosus* Maskell, qui infeste la presque totalité des vergers agrumicoles d'Algérie (Saharaoui, 1985). Enfin, la présence des espèces mycophages, acariphages et phytophages est occasionnelle ou rare car seuls des individus isolés ont été récoltés lors de nos prospections.

3 - Variations temporelles des populations de coccinelles

Pour mieux expliciter l'activité des coccinelles sur agrumes, nous avons regroupé les espèces selon leurs régimes alimentaires. Seuls les coccidiphages, les aphidiphages et les aleurodiphages ont été pris en considération. Les autres groupes trophiques (mycophages, acariphages et phytophages) ont été volontairement omis en raison du nombre très faible d'individus mis en évidence.

Comme nous l'indique la figure 2, les coccidiphages, dominants quelle que soit l'année, sont les premiers à apparaître sur agrumes. Leurs fréquences de capture ont été respectivement de 58,8 %, 56,9 % et 54,9 % en 2003, 2004 et 2005.

Les aphidiphages se placent en deuxième position avec des récoltes de 28,5 %, 29,5 % et 37,38 % au cours des trois années de l'étude. En troisième position, nous retrouvons les aleurodiphages représentés par une seule espèce, *C. arcuatus*. Son activité est très variable d'une année à l'autre et dépend de la disponibilité de sa nourriture, l'aleurode *Aleurothrixus floccosus*. Elle représente entre 12,5 % et 7,6 % du peuplement de coccinelles vivant sur agrumes.

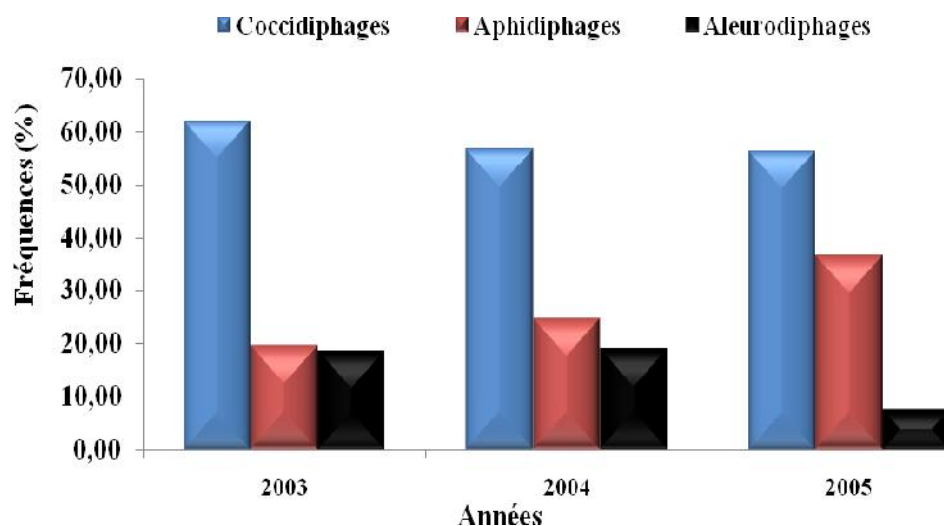


Figure 2

Importance et répartition des coccinelles par régime alimentaire et par année d'étude

3.1 – Cas des coccidiphages

Les résultats du suivi des populations adultes des coccinelles coccidiphages récoltées sur agrumes au cours des trois années d'étude (2003–2005) à Rouiba sont consignés dans le tableau suivant:

Tableau 3. Variations temporelles des populations de coccinelles coccidiphages récoltées sur agrumes au cours des trois années d'étude (2003, 2004 et 2005) à Rouiba.

ni = nombre d'individus. fréq: fréquence. MA: moyenne de captures par arbre (9 arbres)

Mois	2003			2004			2005		
	ni	fréq	MA	ni	fréq	MA	ni	fréq	MA
Janvier	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0	0
Février	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0	0
Mars	30	3,7	3,33	22	3,4	2,44	6	1,74	0,67
Avril	97	11,9	10,78	76	11,9	8,44	41	11,92	4,56
Mai.	120	14,8	13,33	99	15,5	11,00	71	20,64	7,89
Juin	185	22,8	20,56	130	20,3	14,44	91	26,45	10,11
Juillet	144	17,7	16,00	86	13,4	9,56	60	17,44	6,67
Août	23	2,8	2,56	28	4,4	3,11	10	2,91	1,11
Septembre	49	6,0	5,44	44	6,9	4,89	11	3,20	1,22
Octobre	120	14,8	13,33	94	14,7	10,44	42	12,21	4,67
Novembre	44	5,4	4,89	53	8,3	5,89	12	3,49	1,33
Décembre	0	0,0	0	8	1,3	0,89	0	0	0
Total	812	100	90,22	640	100	71,11	344	100	38,22

Les coccinelles coccidiphages sont les plus diversifiées et les plus actives. Elles sont représentées par huit espèces au moins: *C. bipunctatus*, *L. lophantae*, *Ph. setulosus*, *S. marinus*

développent des descendance viables aux dépens de diverses diaspines et lecanines; *N. peyerimhoffi* se nourrit des pseudococcines, *Pseudococcus citri* et *P. adonidum*, et *R. cardinalis* préfère la cochenille australienne *Icerya purchasi* pour assurer sa reproduction. Enfin, les espèces *B. quadrimaculatus* var. *floralis* et *E. anchorifer* sont très rares: seuls des individus isolés ont été récoltés en 2004 sur le citronnier.

Les relevés mensuels consignés dans le tableau 3 nous indiquent que les coccidiphages, toutes espèces confondues, se développent d'une manière très importante entre mai et juillet. Une autre période d'activité de moindre intensité est observée en automne (octobre-novembre). Des pics de 22,8 %, 20,3 % et 26,4 % respectivement ont été enregistrés aux mois de juin 2003, 2004 et 2005. Cette activité intense des coccidiphages coïncide avec le développement des trois principales générations des cochenilles sur agrumes. Selon nos observations, l'évolution des proies (cochenilles) et celle des coccinelles sont synchrones. Par ailleurs, la progression des prédateurs est assez faible eu égard aux fortes fluctuations des cochenilles, surtout au cours de l'année 2005 où une densité très faible de coccinelles a été enregistrée du fait de l'abondance des vergers et de l'absence des irrigations.

Les espèces *C. bipunctatus* et *R. cardinalis* sont les premières à quitter leurs sites d'hivernage. Les adultes de ces espèces sont observés dès le mois de mars, suite à l'amélioration des conditions climatiques. L'arrivée des autres coccinelles intervient un peu plus tard, à partir de la fin avril. Les fortes fluctuations de cochenilles, au moins 10 espèces sur agrumes, représentent une importante biomasse de nourriture, permettant à *C. bipunctatus* de pondre dès le mois d'avril et de développer au moins trois générations par an (printanière, estivale et automnale). Les autres coccinelles généralistes, en l'occurrence *Ph. setulosus*, *S. marinus* et *L. lophantae* pour lesquelles nous observons une intense activité aux mois de mai et juin, ne peuvent la concurrencer en raison de leur petite taille. Ipert (1965) les qualifie d'ailleurs comme prédateurs de nettoyage intervenant après les coccinelles de grande taille appelées prédateurs de chocs. L'activité des espèces spécialisées *R. cardinalis* et *N. peyerimhoffi* est très variable d'une année à l'autre en raison de l'instabilité de leur nourriture principale. En effet, la rareté actuelle de la cochenille *Icerya purchasi* qui ravageait dans les années 1920 la presque totalité de nos vergers agrumicoles ne permet pas à son prédateur, la coccinelle *R. cardinalis*, de se reproduire d'une manière permanente sur agrumes. Sa présence est souvent occasionnelle; elle développe en général annuellement une génération verno-estivale et une autre, automnale. La deuxième espèce spécialisée, *N. peyerimhoffi*, est en revanche très active; elle se reproduit à partir de la fin du printemps. Si sa nourriture est disponible, elle présente une intense activité aux mois de mai, juin et juillet puis en automne, en développant une dernière génération en octobre (fig. 3).

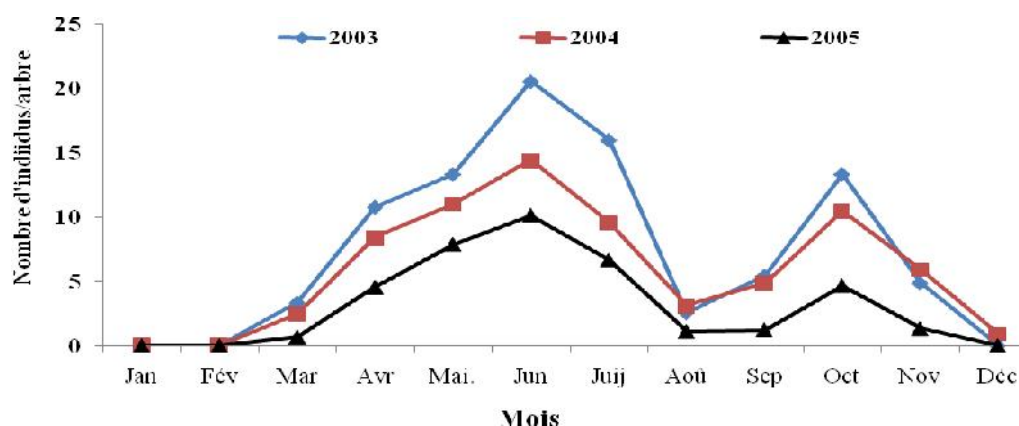


Figure 3

Variations temporelles des populations des coccinelles coccidiphages récoltées sur agrumes durant les années 2003, 2004 et 2005.

3.2 – Cas des aphidiphages

Les résultats du suivi des populations adultes des coccinelles aphidiphages récoltées sur agrumes au cours des trois années d'étude (2003–2005) à Rouiba sont consignés dans le tableau suivant:

Tableau 4. Variations temporelles des populations adultes des coccinelles aphidiphages récoltées sur agrumes au cours des trois années d'étude (2003–2005) à Rouiba

ni = nombre d'individus; fréq: fréquence, MA: moyenne de captures par arbre (9 arbres)

Mois	2003			2004			2005		
	ni	fréq	MA	ni	fréq	MA	ni	fréq	MA
Janvier	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	20	5,08	2,22	10	3,01	1,11	0	0	0
Avril	61	15,48	6,78	71	21,39	7,89	59	25,21	6,56
Mai	96	24,37	10,67	82	24,70	9,11	77	32,48	8,44
Juin	83	21,07	9,22	60	18,07	6,67	47	20,09	5,22
Juillet	41	10,41	4,56	36	10,84	4,00	22	9,40	2,44
Août	10	2,54	1,11	7	2,11	0,78	0	0	0
Septembre	13	3,30	1,44	5	1,51	0,56	8	3,42	0,89
Octobre	47	11,93	5,22	40	12,05	4,44	21	8,97	2,33
Novembre	23	5,84	2,56	21	6,33	2,33	0	0	0
Décembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	394	100	43,78	332	100	36,89	234	100	25,89

Contrairement aux coccidiphages qui bénéficient d'une importante biomasse de nourriture durant presque toute l'année, l'activité des aphidiphages est instable en raison des variations de la nourriture disponible. Celle-ci constitue un élément trophique essentiel dans la reproduction et le développement des coccinelles. La présence et l'abondance des pucerons

T.aurantii et *A. citricola* dépend de l'installation et de l'abondance des poussées de sève, notamment de celle verno-estivale, ainsi que des conditions climatiques et micro-climatiques du site d'étude. Comme nous l'avons souligné plus haut, neuf espèces aphidiphages au moins sont présentes sur les agrumes: *S. subvillosus*, *S. interruptus*, *S. pallipediformis*, *S. nubilus*, *P. luteorubra*, *A. decimpunctata*, *H. variegata*, *O. doublieri* et *C. septempunctata*.

L'activité des aphidiphages a lieu d'avril à juillet et celle de leurs larves, d'avril à juin. Des pics de captures, respectivement de 10,6, 9,1 et 8,4 individus par arbre, ont été enregistrés en mai en 2003, 2004 et 2005 (tab. 4). En 2003 et 2004, les premiers adultes de coccinelles sont observés sur le citronnier à la fin du mois de mars suite à l'élévation des températures moyennes et de la présence de jeunes pousses abritant les premières colonies du puceron *T. aurantii*. En novembre et décembre, des individus isolés de *P. subvillosus*, *S. pallipediformis*, *S. interruptus*, *S. nubilus*, *O. doublieri* et *H. variegata* profitent de la présence de leurs proies sur la poussée de sève automnale pour seulement se nourrir avant de rentrer en hibernation lorsque les conditions climatiques deviennent défavorables. Il faut également noter que *S. subvillosus*, *S. nubilus* et, même, *S. interruptus* et *S. pallipediformis* hivernent souvent sur agrumes, notamment sur le citronnier à quatre saisons (fig. 4).

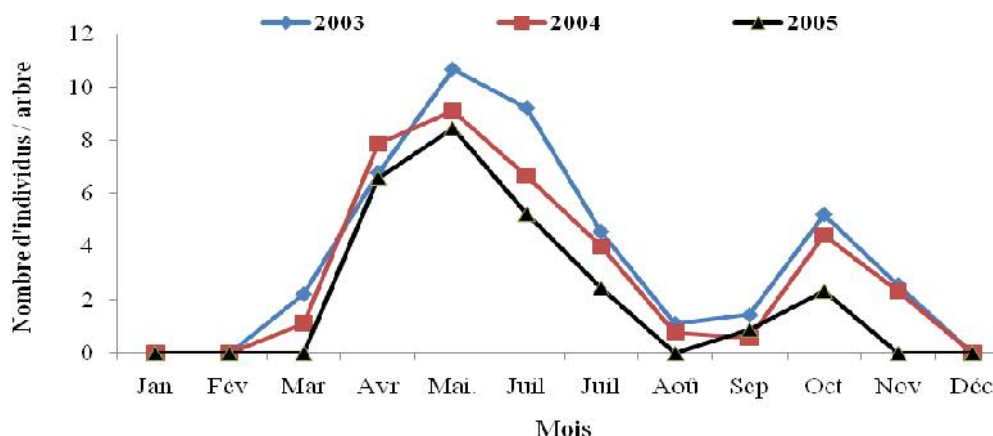


Figure 4

Variations temporelles des populations des coccinelles aphidiphages récoltées sur agrumes durant les années 2003, 2004 et 2005.

Scymnus (Pullus) subvillosus

La coccinelle *S. subvillosus* est l'espèce la plus dominante, et la plus active. C'est aussi la seule aphidiphage qui développe une descendance viable sur agrumes. Les autres sont seulement attirées par la nourriture et préfèrent se reproduire sur d'autres sites. Seuls quelques adultes isolés et sexuellement inactifs de ces espèces ont été récoltés au cours de nos relevés. Leur activité est insignifiante, et elles ne peuvent concurrencer ou exercer une compétition avec *S.*

subvillosus. La comparaison entre différentes espèces de coccinelles aphidiphages vivant sur agrumes montre que *S. subvillosus* est mieux adaptée aux pucerons des agrumes que les autres coccinelles car son développement est mieux synchronisé avec celui de sa proie.

Les coccinelles *H. variegata*, *O. dublieri* et *A. 10-punctata* arrivent après *S. subvillosus*, vers le début mai. Elles se nourrissent aux dépens des pucerons des poussées verno-estivales. Leur grande taille leur permet de s'attaquer à un grand nombre de pucerons. En revanche, *S. nubilus*, *S. interruptus*, *S. pallipediformis* et *Pl. luteorubra* qui sont de petite taille, ne peuvent jouer le même rôle de prédateurs de choc. Elles interviennent un peu plus tard, au début du mois de juin, et se nourrissent de pucerons de la poussée estivale. Il est vraisemblable que toutes ces espèces ont déjà développé au moins une génération sur d'autres sites avant de regagner les agrumes, elles seraient seulement attirées par la nourriture. En effet, nous avons observé des œufs et des larves de *H. variegata*, d'*A. decimpunctata* et de *S. pallipediformis* respectivement sur le laurier rose, le grenadier et la fausse avoine non loin de notre verger d'étude.

Comme l'indiquent les figures 5 et 6, les adultes de *S. subvillosus* sont apparus sur agrumes vers la fin mars en 2004 et un peu plus tard en 2005, après l'amélioration des conditions climatiques et l'élévation des minima thermiques. Comme chez la majorité des coccinelles (Dixon 1970; Wright *et al.*, 1980; Honek 1980), la reproduction et la ponte de *S. subvillosus* sont mieux synchronisées avec l'apparition des premières colonies des pucerons *T. aurantii* et *A. citricola* sur une fraîche et abondante végétation de la poussée de sève printanière. Les premières larves se sont installées un peu plus tard, vers la fin avril en 2004, et le 15 du même mois en 2005. L'activité larvaire est très importante au mois de mai et dure jusqu'à la mi-juin. En parallèle, on assiste à une intense activité des adultes qui s'étale jusqu'à la mi-août. Des pics de capture de 13,9 individus par arbre ont été relevés en juin 2004 et de 10,9 individus par arbre en mai 2005. Une chute brutale des populations de coccinelles est observée en août et au début de septembre du fait des fortes chaleurs où les températures moyennes avoisinent 32 °C d'une part, et la disparition de la nourriture (pucerons) provoquée par la fin de la poussée de sève estivale et les fortes chaleurs d'autre part. Une reprise de l'activité des adultes de coccinelles est observée sur le citronnier vers la fin du mois de septembre, suite à l'arrivée de la poussée automnale et l'amélioration des conditions climatiques. La densité de cette population est cependant assez faible en raison de l'instabilité des conditions climatiques et de la rareté de la nourriture en automne et le début de l'hiver. Des pics respectivement de 3,2 et 2,8 individus par arbre ont été relevés en 2004 et 2005.

Les premières larves arrivent un peu plus tard, vers la fin avril en 2004 et le 15 du même mois en 2005. L'activité larvaire est très importante en mois de mai et dure jusqu'à la mi - juin. En parallèle, ont assiste à une intense activité des adultes qui s'étale jusqu'à la mi août.

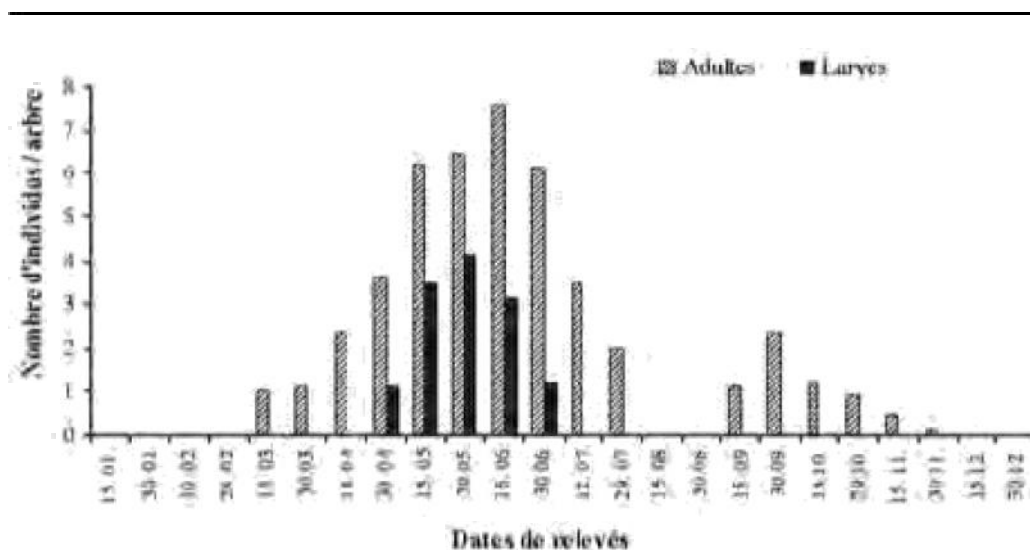


Figure 5

Variations temporelles des populations adultes et larvaires de la coccinelle aphidiphage *Pullus subillosus* sur citronnier à Rouiba en 2004.

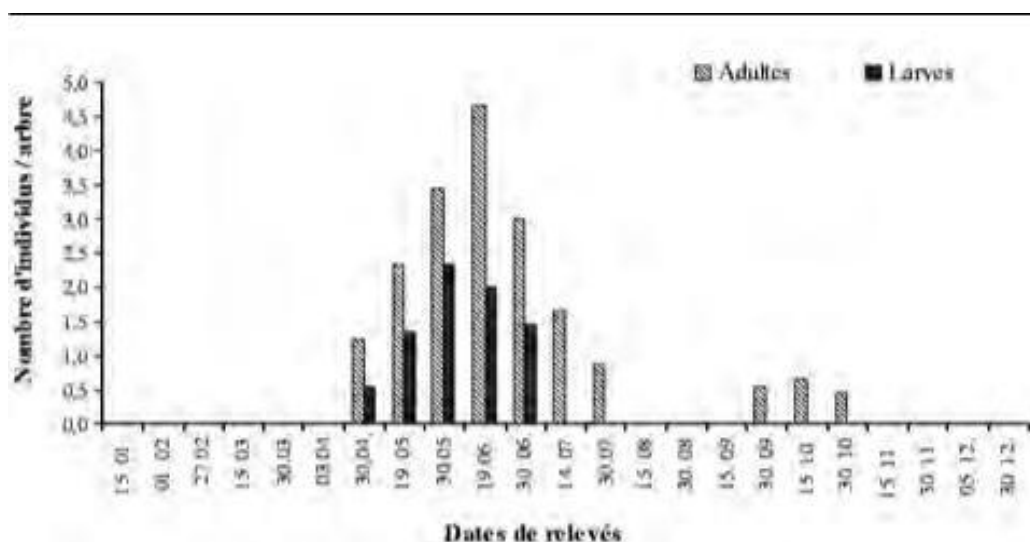


Figure 6

Variations temporelles des populations adultes et larvaires de la coccinelle aphidiphage *Pullus subillosus* sur citronnier à Rouiba en 2005.

3.3 – Cas des aleurodiphages

Les résultats du suivi des populations adultes et larvaires de la coccinelle aleurodiphage *Clitostethus arcuatus* sur agrumes sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 5. Variations temporelles des populations adultes et larvaires de la coccinelle *Clitostethus arcuatus* sur agrumes au cours des années 2003 et 2004 à Rouiba.

ni = nombre d'individus, MA: moyenne de captures / arbre (9 arbres).

Années	2003				2004			
Stades	Adultes		Larves		Adultes		Larves	
	ni	MA	ni	MA	ni	MA	ni	MA
Janvier	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	3	0,33	0	0	0	0	0	0
Avril	25	2,78	0	0	12	1,33	8	0,89
Mai.	34	3,78	25	2,78	17	1,89	23	2,56
Juin	65	7,22	18	2,00	48	5,33	17	1,89
Juillet	46	5,11	31	3,44	36	4,00	29	3,22
Août	12	1,33	0	0	0	0	0	0
Septembre	0	0	0	0	0	0	0	0
Octobre	20	2,22	0	0	33	3,67	0	0
Novembre	5	0,56	0	0	8	0,89	0	0
Total	210	23,33	74	8,22	154	17,11	77	8,56

Les aleurodes sont représentées par deux espèces sur agrumes: *Dialeurodes citri* et *Aleurothrixux floccoccus*, cette dernière est la plus dominante, elle infeste la presque totalité des vergers agrumicoles d'Algérie. Elle ne développe pas moins de trois générations par an. Cet homoptère constitue une importante et essentielle source de nourriture pour la coccinelle: spécialiste *C. arcuatus*. Malgré l'abondance de ce prédateur sur agrumes, elle ne peut réguler les fortes pullulations de la mouche blanche en raison d'une part de la petite taille de la coccinelle et d'autre part, de l'absence du cortège des espèces accompagnant la coccinelle, notamment le parasite *Cales noacki*. Au début du printemps, et suite à l'élévation du seuil thermique, les premiers adultes de la coccinelle s'installent d'abord sur des anciennes feuilles de citronnier infestées, puis ils gagnent les autres variétés de *Citrus*.

En 2003, l'activité larvaire de la coccinelle a débuté vers la deuxième décennie du mois de mai et s'est étendue jusqu'à la fin juillet. Deux pics ont été notés, l'un au printemps (fin mai) avec 2,7 larves par arbre, et l'autre en été (juillet) avec 3,3 larves par arbre. Durant cette période, une forte densité d'adultes a été observée sur les populations printanières et estivales de l'aleurode.

Une moyenne maximale de 7,2 individus par arbre a été relevée en juin (fig. 7a). En 2004, les premières larves ont été observées un peu plus tôt, vers la fin du mois d'avril, après l'installation un peu en avance de la première génération de sa proie sur la poussée de sève printanière. Des pics respectivement de 2,5 et 3,2 larves par arbre ont été enregistrés en mai pour la génération printanière, et à la fin juin pour la génération estivale. L'activité des adultes s'est poursuivie jusqu'à la mi-juillet, marquant la fin de la poussée estivale de sève sur le citronnier (fig. 7b). Les conditions climatiques très favorables ont favorisé l'activité de la coccinelle durant la période verno-estivale où les températures ont marqué des moyennes variant entre 18,4 °C et 27,8 °C en 2003, et 16,4 et 24,8 °C en 2004. En automne, une autre génération d'*A. floccosus* de moindre importance est souvent observée sur le citronnier. Elle va offrir aux adultes de la coccinelle l'opportunité de se nourrir durant tout l'automne, avant de rentrer en hivernage. Le faible nombre des adultes enregistrés en automne au cours des deux années et l'absence d'œufs et de larves sur les populations de l'aleurode montre que la coccinelle ne développe pas de génération supplémentaire en automne. D'après nos observations, les adultes hiverneraient sur des feuilles âgées de citronnier portant des infestations anciennes.

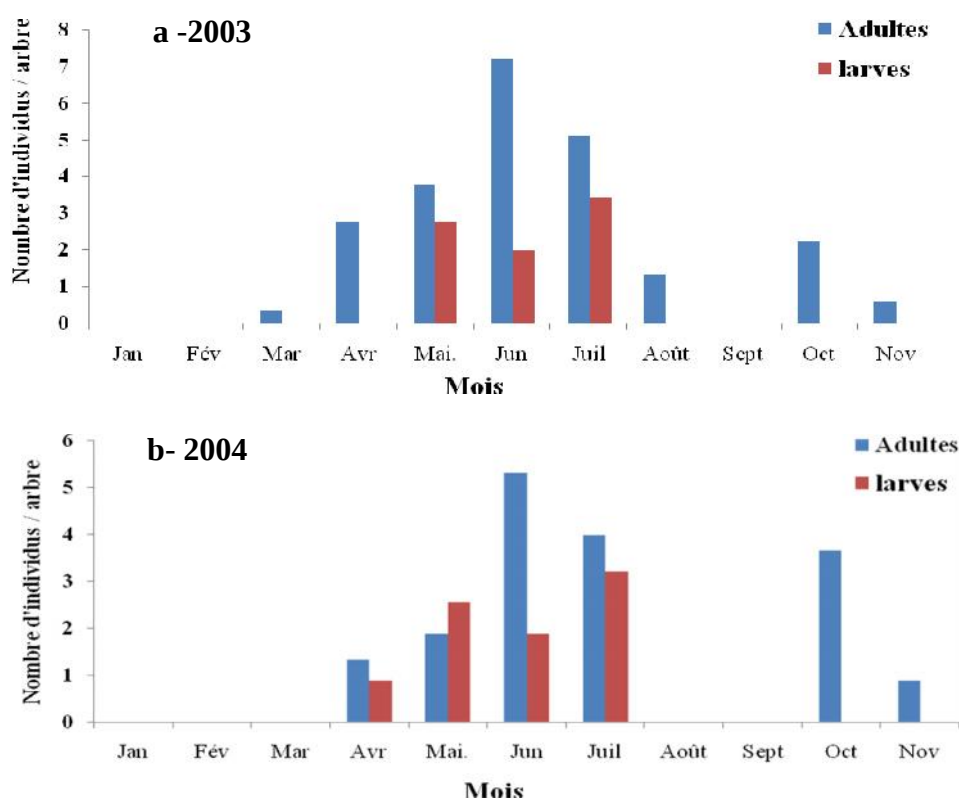


Figure 7

Variations temporelles des populations adultes et larvaires de la coccinelle *Clitostethus arcuatus* sur le citronnier en 2003 et 2004 à Rouiba.

4 - Relations pucerons-coccinelles

Durant les années 2004 et 2005, nous avons pu suivre les fluctuations des populations des pucerons *A. citricola* et *T. aurantii*, ainsi que celles de leurs coccinelles prédatrices sur les citronniers dans la région de Rouïba (Est de la Mitidja). Les figures 8 et 9 nous montrent que les premières coccinelles représentées par l'espèce: *S. subvillosus* investissent les agrumes dès la deuxième décade du mois de mars en 2004, et au début du mois d'avril en 2005.

L'amélioration des conditions climatiques et, surtout, l'élévation du seuil thermique au début du printemps ont favorisé l'installation de la poussée de sève printanière sur le citronnier vers la mi mars en 2004, et un peu plus tard (début avril) en 2005. Elle est la plus infestée, totalisant 59,6 % de fluctuations en 2004 et 53,0 % en 2005. Cette poussée de sève est très vite contaminée par les premières colonies des pucerons *T. aurantii* et *A. citricola* qui vont à leur tour nourrir les larves et les adultes de la coccinelle *S. subvillosus* ainsi que d'autres aphidiphages durant tout le printemps. La densité des larves des coccinelles augmente progressivement avec celle des pucerons pour atteindre en 2004 et 2005 respectivement un maximum de 17,4 % et 18,4 % pour les coccinelles, et 27,5 % et 30,4 % pour les pucerons. Une diminution de la densité des pucerons est observée en mai et à la fin de la poussée printanière sous l'action prédatrice des coccinelles. L'arrivée de la poussée de sève estivale vers le début juin en 2004, et un peu plus tard (fin juin) en 2005, a engendré une reprise des fluctuations des pucerons. Une importante biomasse de nourriture installée sur une fraîche végétation a permis à la coccinelle *S. subvillosus* de compléter son cycle d'une part et, à l'installation d'autres coccinelles pour uniquement se nourrir d'autre part. C'est le cas des espèces *H. variegata*, *A. decimpunctata*, *O. doublieri*, *Pl. luteorubra* et quelques espèces du genre *Scymnus*. En effet, durant toute la période de mai à juin, nous assistons à une intense activité des coccinelles, toutes espèces confondues. A partir de la fin juin, on observe une chute brutale des populations de pucerons en raison de la rareté des jeunes pousses et de l'action de leurs ennemis naturels, parmi lesquels les coccinelles. En parallèle, seuls les adultes de coccinelles restent sur les agrumes, leurs densités diminuant progressivement pour atteindre leur minimum vers la fin juillet. En été, et sous l'effet des fortes chaleurs où les températures dépassent souvent 30 °C et de la rareté de la nourriture, les coccinelles fuient les agrumes et migrent vers d'autres végétaux, notamment les rosacées, à l'exception de *S. subvillosus* et de quelques individus isolés de *Scymnus* (*S. interruptus*, *S. pallipediformis*) qui entrent en estivation en se cachant sous les feuilles de citronnier pour se protéger de la chaleur.

Malgré les conditions climatiques favorables, la poussée de sève automnale n'est pas toujours contaminée car seules quelques colonies de pucerons ont été observées en octobre et novembre. Cette nourriture a permis aux adultes des espèces: *S. subvillosus*, *S. nubilus*. *S.*

interruptus, *S. pallipediformis*, *O. doublieri* et *H. variegata* de reprendre leurs activités mais sans toutefois se reproduire, car nous n'avons pas observé d'œufs ou de larves de ces espèces sur les populations de pucerons.

En résumé, la densité et l'activité des coccinelles sont en relation avec la densité de leurs proies (pucerons) qui se développent aux dépens d'une végétation fraîchement élaborée. L'année 2004 a été très favorable pour les coccinelles du fait de l'abondance de la nourriture, favorisée, comme nous l'avons signalé auparavant, par la pratique des cultures intercalées et les irrigations. Ce fut le contraire en 2005, année où nous avons relevé une faible biomasse de nourriture en raison des perturbations dans la survenue des poussées de sève et de l'absence des irrigations. Cette situation a réduit l'activité des coccinelles, notamment celles de grande taille.

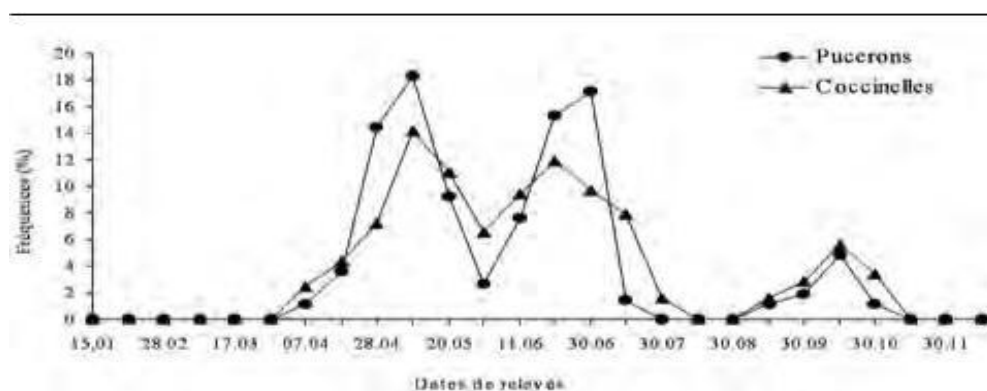


Figure 8

Variations temporelles des populations des coccinelles aphidiphages et leurs proies (pucerons) sur citronnier à Rouiba en 2004.

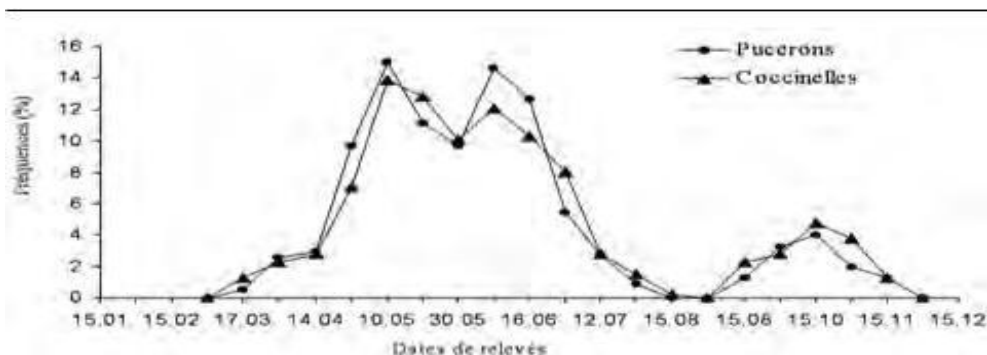


Figure 9

Variations temporelles des populations des coccinelles aphidiphages et leurs proies (pucerons) sur orangers à Rouiba en 2004.

5 - Interactions inter associations

Parallèlement au suivi périodique des populations de coccinelles sur agrumes, nous nous sommes intéressés aux autres ennemis naturels des pucerons et des cochenilles qui accompagnent les coccinelles. Dans le tableau 6, nous avons reporté les différentes espèces de prédateurs et de parasites échantillonnées sur le citronnier à Rouiba en 2004.

Ces données montrent que le cortège des aphidiphages est représenté par 12 espèces réparties dans six familles: les Coccinellidae et les Anthocoridae sont quantitativement dominants, représentant respectivement 47,70 % et 29,99 % des ennemis naturels des pucerons vivant sur agrumes. Ils sont suivis par les Cecidomyiidae, les Chrysopidae et les Syrphidae avec une seule espèce chacune, représentant respectivement 11,99 %, 6,28 % et 1,95 % des ennemis. Lors de nos relevés, nous avons identifié une seule espèce de parasite de pucerons des agrumes (*Lysiphlebus ambiguus* Hal.) (2,09 %). Aroun en 1985 en cite au moins six espèces: *Aphidius matricarreae* Hal., *Ephedrus* sp., *Lipolexis gracilis* Forst., *Lysiphlebus ambiguus* Hal., *Praon* sp. et *Trioxyis* sp. (fig. 10). Les coccidiphages inventoriés sont au nombre de 10 espèces représentant trois familles: Les Coccinellidae avec huit espèces sont dominantes et les plus actives; elles représentent 58,08 % du peuplement des ennemis naturels des cochenilles.

Tableau 6 - Ennemis naturels des pucerons et de cochenilles répertoriées sur agrumes en 2004.

Familles	Gilde aphidiphage			Gilde coccidiphage		
	Espèces	ni	%	Espèces	ni	%
Coccinellidae	<i>Scymnus subvillosus</i>	201	47,70%	<i>Chilocorus bipunctatus</i>	189	58,08%
	<i>Scymnus nubilus</i>	43		<i>Exochomus anchorifer</i>	2	
	<i>Scymnus interruptus</i>	10		<i>Exochomus quadripustulatus</i> var <i>floralis</i>	14	
	<i>Scymnus pallipediformis</i>	31		<i>Rhyzobius lophantae</i>	87	
	<i>Hippodamia variegata</i>	19		<i>Rodolia (Novius) cardinalis</i>	46	
	<i>Adalia decimpunctata</i>	10		<i>Scymnus marinus</i>	58	
	<i>Oenopia doublieri</i>	28		<i>Pharoscymnus setulosus</i>	95	
				<i>Nephus peyerimhoffi</i>	149	
Nutilidae				<i>Cebocephalus</i> sp	196	17,79%
Chrysopidae	<i>Chrysoperla carnea</i>	47	6,28%			
Syrphidae	<i>Episyrphus balteatus</i>	14	1,95%			
Anthocoridae	<i>Anthocoris nemoralis</i>	215	29,99%			
Cecidomyiidae	<i>Aphidolites aphidimyza</i>	86	11,96%			
Aphelinidae	<i>Lysiphlebus ambiguus</i>	15	2,09%	<i>Aphytis lepidosaphes</i>	244	24,14%
Total		719			857	

Elles sont suivies par les Aphelinidae et les Nutilidae avec une seule espèce chacune, représentant respectivement 24,14 % et 17,79 % des prédateurs observés (fig. 11).

L'analyse des résultats reportés dans le tableau 6 montre que la punaise *Anthocoris nemoralis*, la coccinelle *Scymnus subvillosus* et la cécidomyie *Aphidolites aphidimyza* prédominent sur agrumes. Elles représentent respectivement 29,99 %, 27,9 % et 11,96 % du peuplement des ennemis naturels aphidiphages. Chez les coccidiphages, si le parasite *Aphytis lepidosaphes* joue un rôle non négligeable dans la régulation des populations de cochenilles diaspines, la coccinelle *C. bipunctatus* est le véritable prédateur de ces parasites. Enfin, le Nutilidae *Cebocephalus* sp., malgré son abondance, joue un rôle limité en raison de sa minuscule taille qui ne lui permet pas de dévorer un grand nombre de cochenille: c'est la raison pour

laquelle Iperiti (1965), lui a attribué le nom de prédateur de nettoyage ou de faiblesse. Ces trois espèces totalisent 58,08 % des populations des ennemis des cochenilles.

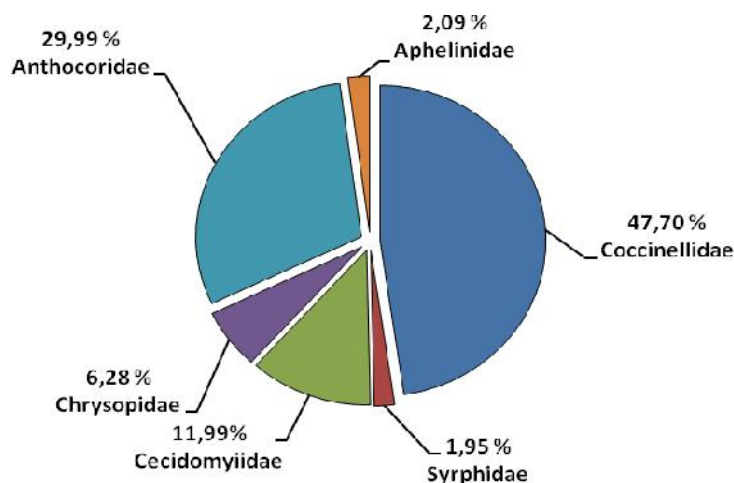


Figure 10

Proportions des familles des ennemis naturels aphidiphages répertoriées sur citronnier à Rouiba en 2004

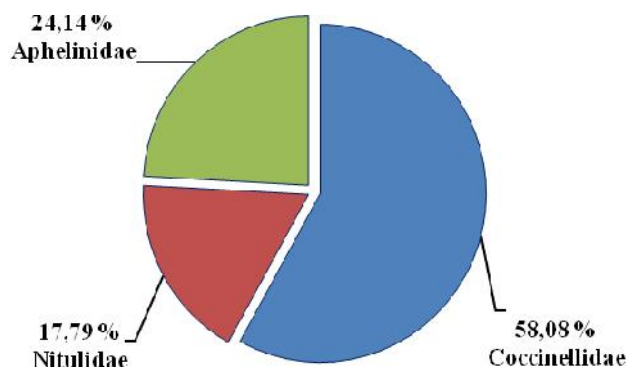


Figure 11

Proportions des familles des ennemis naturels coccidiphages répertoriées sur citronnier à Rouiba en 2004

6 - Variations temporelles des ennemis naturels des pucerons et des cochenilles

6.1 - Prédateurs aphidiphages

Afin de mieux comprendre l'interaction entre les prédateurs et parasites des pucerons des agrumes, nous avons jugé utile de suivre l'évolution des différentes espèces sur le citronnier durant toute l'année 2004.

L'analyse des données reportées dans le tableau 7 nous indique que les coccinelles, représentées par huit espèces au moins, sont les premières qui s'installent sur les agrumes. En effet, les adultes de *S. subvillosus* sont observés dès le mois de mars. Ils sont suivis vers la fin avril par la cécidomyie *Aphidolites aphidimyza* et la punaise *Anthocoris nemoralis*. Le chrysope,

Chysoperla carnea, et le syrphe, *Episyrphus balteatus*, interviennent un peu plus tard, vers le début mai. Les premiers pucerons parasités par l'espèce *Lysiphlebus ambiguus* sont observés vers la fin avril avec une moyenne de 1,11 puceron parasité par arbre enregistré au cours du même mois. L'activité du parasite se poursuivra au cours du mois de mai mais avec une faible intensité.

Les résultats de nos relevés montrent aussi que les premières colonies de pucerons à s'installer sur la première poussée de sève sont attaquées par la coccinelle *S. subvillosus* et la cécidomie *A. aphidimyza*. Ceci ce traduit par la présence des larves de ces prédateurs vers la deuxième quinzaine du mois d'avril. Cette activité larvaire se poursuit durant tout le mois de mai et s'étale jusqu'à la deuxième décennie du mois de juin pour *S. subvillosus*. Des pics de 9,1 et 5,2 individus par arbre ont été dénombrés en mai. Les Anthocoridae et les Chrysopidae sont très actifs au mois de mai. Les larves d'*A. nemoralis* et de *C. carnea* ont été observées à partir de la deuxième décennie du même mois sur les fortes fluctuations de pucerons se nourrissant aux dépens des poussées de sève verno-estivale de la végétation fraîche. Des pics de 11,2 et 3,2 individus par arbre ont été relevés durant le mois de mai pour ces deux espèces. Chez les Syrphidae, malgré la présence très marquée des adultes de *S. balteatus*, peu de larves ont été dénombrées sur les échantillons prélevés. Une moyenne maximale de 1,1 larve par arbre a été notée au mois de juin, et seulement quatre larves âgées ont été dénombrées durant tout le mois de mai. A partir du mois de juillet, seuls les adultes des coccinelles, des anthocorides et quelques chrysopes isolées qui restent dans le verger s'alimentent à partir des rares pucerons de la poussée estivale. (fig. 12).

Tableau 7. Variations mensuelles des peuplements du cortège des aphidiphages sur agrumes en 2004 à Rouiba.

ni = nombre d'individus, MA = moyenne de captures par arbre (9 arbres)

Mois	Coccinellidae		Syrphidae		Cecidomyiidae		Chrysopidae		Anthocoridae		Aphelinidae	
	ni	MA.	ni	MA.	ni	MA.	ni	MA.	ni	MA.	ni	MA.
Janvier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mars	10	1,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avril	71	7,22	0	0	22	2,44	4	0,44	11	1,22	10	1,11
Mai	102	9,11	4	0,44	47	5,22	29	3,22	101	11,22	5	0,56
Juin	60	5,89	10	1,11	16	1,78	10	1,11	91	10,11	0	0
Juillet	26	1,78	0	0	0	0	2	0,22	8	0,89	0	0
Août	7	0	0	0	0	0	0	0	4	0,44	0	0
Septembre	5	0,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Octobre	40	3,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Novembre	21	1,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Décembre	0	0	0	0	1	1,16	0	0	0	0	0	0
Total	342	30,67	14	1,56	86	9,56	47	5,22	215	23,89	15	1,67
Fréquence	47.70 %		1,95 %		11.99 %		6.28 %		29.99 %		2,09 %	

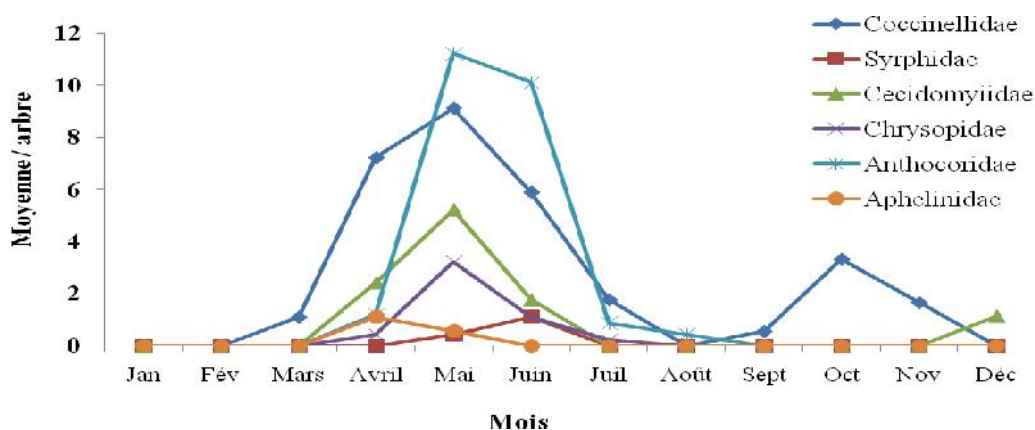


Figure 12
Variations temporelles des peuplements des ennemis naturels aphidiphages répertoriés sur citronnier à Rouiba en 2004

7 - Associations coccidiphages

Nous avons également suivi les variations temporelles des ennemis naturels des cochenilles vivant sur agrumes. Ils appartiennent principalement à trois familles: les Coccinellidae, les Nutilidae et les Aphelinidae.

Les résultats consignés dans le tableau 8 montrent que les Coccinellidae présentent une intense activité sur les générations verno-estivale et automnale des cochenilles. Toutes ces espèces se reproduisent et développent des descendances viables entre avril et juillet puis en octobre et novembre. Un pic de 14,4 individus par arbre a été noté au mois de juin. Les coccinelles sont concurrencées par un important parasite, *Aphis lepidosaphes*, très actif sur les générations automnale et printanière des cochenilles diaspiques. En effet, des pics de 6,4 et 4,5 individus par arbre ont été notés en avril et octobre. L'espèce *Cebocephalus* sp. (Nutilidae) est un prédateur non négligeable du fait de sa densité très importante et ce, malgré sa petite taille. Cette espèce joue un rôle de nettoyage après le passage de la coccinelle *Chilocorus bipunctatus*, ce qui justifie son intense activité en été. Une moyenne de 11,2 individus par arbre au maximum a été notée au mois de juillet (fig. 13).

Malgré l'abondance des ennemis naturels des cochenilles, on peut dire que l'impact des coccinelles et des autres prédateurs reste faible sur les populations des cochenilles. Il ne peut donc se maintenir un équilibre en raison des fortes fluctuations des cochenilles, d'où la nécessité d'associer d'autres méthodes de lutte afin de réduire les infestations de cochenilles sur agrumes à un seuil tolérable. Gharbi rapporte qu'en 2005 l'impact du complexe prédateurs-parasites a été très faible sur les populations des cochenilles diaspiques: il ne dépassait en effet pas les 9 %.

Tableau 8. Variations mensuelles des peuplements des associations coccidiphages sur agrumes en 2004.

ni = nombre d'individus, MA = moyenne de captures par arbre (9 arbres).

Associations	Coccinellidae		Nitulidae		Aphelinidae	
Mois	ni	MA	ni	MA	ni	MA
Janvier	0	0	0	0	23	2,56
Février	0	0	0	0	11	1,22
Mars	22	2,44	2	0,22	10	1,11
Avril	76	8,44	11	1,22	41	4,56
Mai	99	11,00	8	0,89	9	1,00
Juin	130	14,44	45	5,00	34	3,78
Juillet	86	9,56	101	11,22	28	3,11
Août	28	3,11	21	2,33	0	0
Septembre	44	4,89	0	0	9	1,00
Octobre	94	10,44	0	0	58	6,44
Novembre	53	5,89	8	0,89	38	4,56
Décembre	8	0,89	0	0	5	0,56
Total	640	71,11	196	21,78	269	29,89
%	58,08%		17,79%		24,14%	

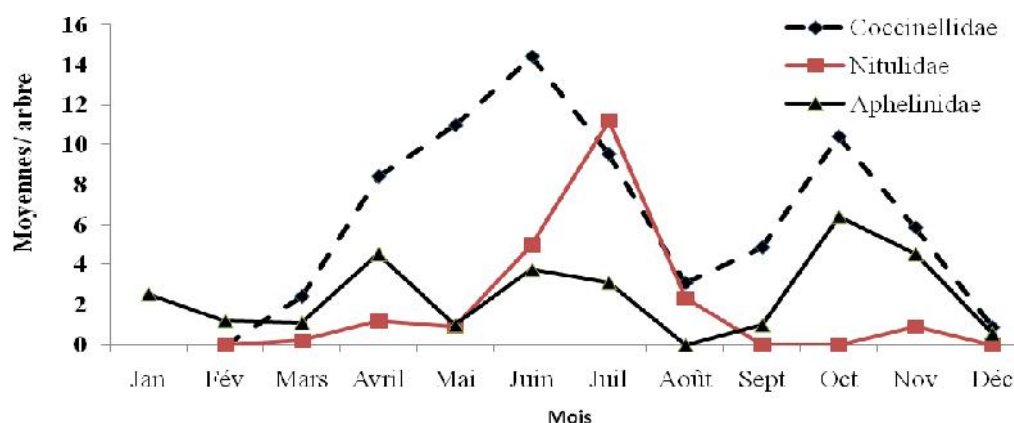


Figure 13

Variations temporelles des peuplements des ennemis naturels coccidiphages répertoriés sur citronnier à Rouiba en 2004

Conclusions

Cette étude a fourni un premier inventaire de la faune des coccinelles inféodées aux agrumes

Les résultats obtenus au cours des trois années de prospection dans différentes régions agrumicoles d'Algérie nous révèlent la présence de 21 espèces de coccinelles. Les aphidiphages et les coccidiphages sont les plus représentées, totalisant 17 espèces, soit 80,9 % du peuplement répertorié. Cette richesse est attribuée à l'importante biomasse de nourriture pour les coccinelles

inféodées aux agrumes. D'après nos investigations, elle est constituée de 10 espèces de cochenilles au moins et deux espèces de pucerons : *T. aurantii* et *A. citricola*.

Les résultats quantitatifs nous indiquent que les années 2003 et 2004 ont été les plus diversifiées en coccinelles avec respectivement 19 et 16 espèces, alors qu'en 2005, nous avons récolté seulement 11 espèces. Indépendamment des facteurs d'ordres climatiques et trophiques, les coccinelles ont trouvé des conditions micro-climatiques très favorables en 2003 et 2004, en raison de l'installation des cultures intercalées et les irrigations effectuées en été dans les vergers. L'inverse a été observé par Gharbi en 2005 et, même, en 2006, années où les vergers étaient complètement abandonnés, provoquant ainsi un retard dans l'arrivée des poussées de sève et une rareté de la nourriture. Cette situation a fait fuir de nombreuses espèces, notamment les aphidiphages de grande taille.

L'étude de la constance d'occurrence des espèces nous donne des valeurs très variables. Cinq espèces sont omniprésentes et peuvent être considérées comme de véritables agents de lutte biologique sur agrumes. Il s'agit de *C. bipunctatus*, *S. subvillosus*, *N. peyerimhoffi* et, à un degré moindre, *C. arcuatus* et *P. setulosus*. En revanche, *R. cardinalis*, *S. marinus* et *L. lophantae* marquent une présence régulière mais avec de faibles fréquences. Les autres espèces, *H. variegata*, *O. doublieri*, *A. decimpunctata*, *S. punctillum* et les *Scymnus*, sont qualifiées d'accessoires.

Toutes les coccinelles se reproduisent et ont une intense activité larvaire entre la fin avril et le début juin, à l'exception de *S. subvillosus* et de *C. bipunctatus* qui commencent à pondre un peu plus tôt, vers le début avril, parfois même un peu avant comme ce fut le cas en 2003. *S. subvillosus* est la seule espèce aphidiphage qui développe des descendances viables et, aussi, la première qui s'installe sur agrumes. Les autres sont sexuellement inactives et seulement attirées par la nourriture. Ipertti (1965) affirme que la seule présence d'adultes dans un site prospecté évoque seulement une attirance relative du prédateur envers le ravageur. En revanche, la présence d'œufs, de larves et de nymphes de coccinelles détermine parfaitement le degré de spécificité trophique existant réellement entre la proie et son ennemi.

Contrairement aux aphidiphages, les coccidiphages ont des meilleures possibilités pour se maintenir et se reproduire, notamment celles qui se nourrissent des cochenilles diaspines, comme le démontre la présence de leurs larves au printemps et au début de l'été. En revanche, l'activité des prédateurs spécialisés *R. cardinalis* et *N. peyerimhoffi* est variable et dépend de la disponibilité de leurs nourritures respectives (*Icerya purchasi*, *Pseudococcus citri* et *P. adonidum*). En automne, nous n'avons pas observé d'activité larvaire des aphidiphages, exception faite de la présence des adultes de *S. subvillosus*, parfois d'*O. doublieri* et de quelques

Scymnus. En revanche, certaines espèces coccidiphages peuvent développer une génération automnale entre les mois d'octobre et de novembre, aux dépens de la troisième génération des cochenilles.

Un grand nombre de coccinelles hiverne sur agrumes, notamment sur le citronnier des quatre saisons. C'est le cas des coccidiphages *C. bipunctatus*, *M. mediterraneus*, *N. peyerimhoff* et *R. cardinalis*, et des aphidiphages, *S. subvillosus*, *S. nubilus*, *S. pallipediformis* et *S. interruptus*.

Les coccinelles cohabitent et partagent leur nourriture avec d'autres prédateurs et parasites. Les aphidiphages comportent douze espèces réparties dans six familles: les Coccinellidae, les Syrphidae, les Chrysopidae, les Cecidomyiidae, les Anthocoridae et les Aphelinidae. Les Coccinellidae et les Anthocoridae dominent, avec respectivement 48,1 % et 31,3% du peuplement aphidiphage répertorié. Les coccidiphages comptent 10 espèces regroupées dans trois familles: les Coccinellidae occupent également la première place, avec 59,2 % de ces prédateurs. Les Nutilidae et les Aphelinidae représentent respectivement 22,5 % et 18,1 % de ces peuplements.

Chez les aphidiphages, la coccinelle *S. subvillosus*, la cécidomie *A. aphidimyza* et la punaise *A. nemoralis* contribuent efficacement à la régulation des fluctuations des populations de pucerons inféodées à la première poussée de sève. En revanche, la chrysope *C. carnea*, le syrphe *S. balteatus*, le parasite *L. ambiguus* et les autres coccinelles interviennent un peu plus tardivement. Leur rôle reste négligeable en raison de leur faible abondance. Chez les coccidiphages, la coccinelle *C. bipunctatus* et le parasite *A. lepidosaphes* se révèlent être de véritables agents de lutte biologique contre les cochenilles diaspines. Les autres prédateurs, malgré leur abondance, ne peuvent contribuer efficacement à la réduction des fortes populations de cochenilles en raison de leur petite taille. Leur rôle de prédateurs de nettoyage est en revanche très utile.

L'idée d'intégrer tous ces ennemis naturels dans un vaste programme de lutte intégrée en associant également d'autres méthodes de lutte, entre autres l'aménagement des agro-systèmes, reste la seule alternative pour protéger nos vergers d'agrumes.

L'association aux vergers de plantations de haies qui vont jouer le rôle de réservoir de biodiversité servant à renforcer la faune auxiliaire est très intéressante (Barthlet 1982; Chaubet 1992; Debras *et al.* 2002). En ce qui concerne les agrumes, nous suggérons la plantation des espèces *Pittosporum tobira*, *Legustrum japonicum* et *Nerium oleander* aux alentours immédiats des vergers. Ces arbustes sont de véritables réservoirs d'ennemis naturels, abritant plus de dix espèces de coccinelles qui vivent également sur agrumes en Algérie. Par ailleurs, la pratique de

la culture intercalée offre un micro-climat idéal pour le développement des coccinelles et autres prédateurs des parasites. Ces cultures peuvent héberger plusieurs espèces de coccinelles comme les aphidiphages *C. septempunctata* et *H. variegata*, l'acariphage *St. punctillum*, et l'aleurodiphage *Cl. arcuatus*. En effet, ces espèces se déplacent souvent sur les arbres d'agrumes pour se nourrir.

Perspectives

L'idée d'intégrer tous ces ennemis naturels dans un vaste programme de lutte intégrée en associant également d'autres méthodes de lutte, entre autres l'aménagement des agro-systèmes, reste la seule alternative pour protéger nos vergers d'agrumes.

L'association aux vergers de plantations de haies qui vont jouer le rôle de réservoir de biodiversité servant à renforcer la faune auxiliaire est très intéressante (Barthlet 1982; Chaubet 1992; Debras *et al.* 2002). En ce qui concerne les agrumes, nous suggérons la plantation des espèces *Pittosporum tobira*, *Legustrum japonicum* et *Nerium oleander* aux alentours immédiats des vergers. Ces arbustes sont de véritables réservoirs d'ennemis naturels, abritant plus de dix espèces de coccinelles qui vivent également sur agrumes en Algérie. Par ailleurs, la pratique de la culture intercalée offre un micro-climat idéal pour le développement des coccinelles et autres prédateurs des parasites. Ces cultures peuvent héberger plusieurs espèces de coccinelles comme *C. septempunctata*, *H. variegata*, *St. Punctillum* et *Cl. arcuatus*.

Références

- Akili A. (2003). *Inventaire des coccinelles (Coleoptera: Coccinellidae) et étude de quelques paramètres bioécologiques des principales espèces recensées dans un verger d'orangers à Tizi-Ouzou*. Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 121 p.
- Anonyme, (2000). *Statistiques agricoles, superficies et productions. Série B*. Ed. M.A.R.A. Alger, 33 p.
- Aroun M. F. (1985). *Les aphides (Homoptera: Aphididae) et leurs ennemis naturels en vergers d'agrumes de la Mitidja*. Thèse de magister, Institut National Agronomique, El-Harrach, 125 p.
- Barbault R. (1981). *Ecologie des populations et des peuplements*. Masson, Paris. 200 p.
- Barthlet B. (1982). *Etude faunistique d'une haie brise-vent composite*. Mémoire, Enita (H), Angers, 101 p.
- Benoufella-Kitous K. (2005). *Les pucerons (Homoptera: Aphididae) des agrumes et leurs ennemis naturels à Oued-Aissi (Tizi-Ouzou)*. Thèse de magister, Institut National Agronomique, El-Harrach, 207 p.
- Blondel J. (1959). *La culture des agrumes en Algérie*. Rapport, station expérimentale d'arboriculture de Boufarik, Algérie, 11p.
- Blondel J. (1995). *Biogéographie: approche écologique et évolutive*. Masson, Paris, 297 p.
- Bourayou S. (2005). *Coccinelles prédatrices dans différentes stations agrumicoles en Mitidja*. Mémoire d'ingénieur, Institut National Agronomique, El-Harrach, 116 p.
- Les coccinelles sur agrumes de la Mitidja
- Chaubet B. (1992). Diversité écologique, aménagement des agro-écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs: cas des aphidiphages. *Cours, Environnement* 18: 45-63.
- Debras J. F., Cousin M., Rieux R. (2002) . Mesure de la ressemblance de la faune utile du poirier avec celle de 43 espèces végétales pour optimiser la composition de haies réservoir d'auxiliaires. *Revue Fruits* 57: 55-65.
- Dixon A. F. G. (1970). Factors limiting the effectiveness of the coccinellid beetle, *Adalia bipunctata* (L.) as a predator of the sycomore aphid, *Drepanosiphum platanooides* (Schr.). *Animal Ecology* 39: 739-751.
- Dixon A. F. G., Hemptinne J. L., Kindlmann P. (1997). Effectiveness of ladybirds as biological control agents: Patterns and processes. *Entomophaga* 42: 71-83.
- Doutt, R. L., De Bach P. (1964). Some biological control concepts and questions, p. 118-142 in: De Bach P., Schlinger E. I. (eds.) *Biological Control of Insect Pests and Weeds*. Chapman & Hall, London, 844 p.
- Evans E. W. Dixon A. F. G. (1986). Cues for oviposition by ladybird beetles (Coccinellidae): response to aphids. *Journal Animal Ecology* 55: 1027-1034.
- Frazer B. D. Gill B. (1981). Hunger movement, and predation of *Coccinella californica* on pea aphids in the laboratory and in the field. *Canadian Entomologist* 113 : 1025 -1033.

- Gharbi R. (2006). *Le complexe coccinelle parasite hyménoptère dans la population de cochenilles diaspiques (Homoptera-Diaspididae) et son interaction avec leurs guildes dans un verger de citronniers à Rouiba*. Mémoire d'ingénieur, Institut National Agronomique., El Harrach, 106 p.
- Hanski I., Cambefort Y. (1991). *Dung beetle ecology*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 12 + 481 p.
- Hemptinne J.-L., Dixon A. F. C. Mackenzie A. (1990). Adaptation du cycle biologique des prédateurs aphidiphages aux fluctuations démographiques de leurs proies. *Colloque de l'I.N.R.A.* 52: 101 -104.
- Hodek I. (1967). Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annal Review Entomology* 12: 79-104.
- Hodek I. (1970). Coccinellidae and the modern pest management. *Bioscience* 20: 543-552.
- Honek A. (1980). Population density of aphids at the time of settling and ovariole maturation in *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera, Coccinellidae). *Entomophaga* 25: 427-430.
- Iperti G. (1965). Contribution à l'étude de la spécificité chez les principales coccinelles aphidiphages des Alpes-Maritimes et des Basses-Alpes. *Entomophaga* 10: 159 - 178.
- Iperti G. (1983). Les coccinelles de France, p. 89-96 in: *Faune et flore auxiliaires en agriculture*. Actes des journées d'études et d'informations, ACTA, Paris, 368 p.
- Loussert R. (1985). *Les agrumes. Production*. Lavoisier, Paris, vol. n°:1, 113 p.
- Mutin L. (1977). *La Mitidja. Décolonisation et espaces géographiques*. Office de Publication Universitaire, Alger, 607 p.
- Polis G. A., Myers C. A., Holt R. D. (1989). The ecology and evolution of intraguild predation: Potential competitors that eat each other. *Annales de la Revue Ecologie Systématique* 20: 297-330.
- Rice M. E., Wilde G. E. (1988). Experimental evaluation of predators and parasitoids in suppressing greenbugs (Homoptera: Aphididae) in sorghum and wheat. *Environment. Entomology* 17: 836-841.
- Rosenheim J. A., Kaya H. K., Ehler L. E., Marois J. J., Jaffee B. A. (1995). Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. *Biological Control* 5: 303-335.
- Saharaoui L., Gourreau J. M., Iperti G. (2001). Etude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles aphidiphages d'Algérie (Coleoptera-Coccinellidae). *Bulletin de la Société zoologique de France* 126 (4): 351- 373.
- Saharaoui L., Gourreau J. M. (1998). Les coccinelles d'Algérie: Inventaire préliminaire et régime alimentaire (Coleoptères, Coccinellidae). *Bulletin de la Société entomologique de France* 103 (3): 213-224.
- Wright D. J., Verkerk R. H. J. (1995). Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. *Pestic Sciences* 44: 207-218.
- Zoubiri N. E. H. (1999). *Inventaire et étude de quelques aspects écologiques des coccinelles prédatrices sur deux variétés de Citrus (oranger et citronnier) dans la région de Rouiba*. Mémoire Ingénieur, Institut National Agronomique., El-Harrach, 57 p.

Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) et interaction avec leurs proies sur palmier dattier à Biskra (sud-est algérien)

Résumé

Dans une perspective de revalorisation des ennemis naturels des principaux rava-geurs du palmier dattier, en vue de protéger le patrimoine phœnicicole algérien par des méthodes de lutte raisonnée, une étude sur la dynamique des communautés des cocci-nelles et l'interaction avec leurs proies et leurs guildes a été menée sur le palmier dattier en 2006 dans la région de Biskra. Les résultats de ce travail ont permis d'identifier trois coccinelles coccidiphages, *Pharoscymnus ovoideus* (Sicard, 1929), *Phoroscymnus numidi-cus* (Pic, 1900) et *Exochomus pubescens* forme *apicalis* (Weise, 1885), et une acariphage *Stethorus punctillum* (Weise, 1801). La guildes des prédateurs attaquant la cochenille *Parlatoria blanchardi* (Targioni-Tozetti, 1892) est composée en plus des coccinelles citées, du Nutilidae *Cybocephalus palmarum* (Peyerimhoff), du Chrysopidae *Chrysopa vulgaris* (Schneider, 1851) et du parasite Aphelinidae *Aphytis mytilaspidis* (Le Baron, 1870). *S. punctillum* est l'unique coccinelle s'attaquant aux acariens. Les coccinelles et leurs guildes inventoriées ne peuvent seules réguler les fortes infestations de la cochenille et de l'acarien Boufaroua en raison de leur petite taille et de leur rôle de prédateurs de fai-blesse ou de nettoyage. Il est nécessaire de leur associer de vrais prédateurs de choc pour combattre efficacement la cochenille *Parlatoria blanchardi* et l'acarien *Olygonichus afra-siasticus* (Mac Gregor). L'essai d'acclimatation de l'espèce *Chilocorus bipustulatus* var. *iranensis* (Linné, 1758), de *Chilocorus cacti* (Linnaeus, 1767) et d'autres prédateurs et parasites coccidiphages aux conditions du sud algérien reste à envisager.

Mots clés: coccinelles, coccidiphages, acariphages, palmier dattier, Biskra, dynamique des communautés, guildes.

Dynamics of ladybird communities (Coleoptera, Coccinellidae) and interactions with their prey on date palms in Biskra (South-East algeria)

Abstract

In order to revalorize the natural enemies of the main pests of the date palm, in order to protect the Algerian date palm sector by methods of natural control, a study on the dynamics of the ladybird communities and the interaction with their preys and their guilds was carried out on the date palm in the area of Biskra in 2006. This work allowed the identification of three coccidiphagous ladybirds –*Pharoscymnus ovoideus* (Sicard, 1929), *Phoroscymnus numidicus* (Peak, 1900) and *Exochomus pubescens* form *apicalis*(Weise, 1885) – and one acariphage, *Stethorus punctillum* (Weise, 1801). In addition to these ladybirds, the guild of predators attacking the mealybug *Parlatoria blanchardi* (Targioni-Tozzetti, 1892) comprises the nutilid *Cybocephalus palmarum* (Peyerimhoff), the chrysopid *Chrysopa vulgaris* (Schneider, 1851) and the aphelinid parasite *Aphytis mytilaspidis* (Le Baron, 1870). *S. punctillum* is the only ladybird attacking Acarina. The inventoried ladybirds and their guilds are unable to control strong infestations of the mealybugs and the Boufaroua Acarina, due to their small size and their role as weakness or cleaning predators. It will be necessary to associate more aggressive predators with them in order to effectively fight the mealybugs *P. blanchardi* and the mite *Olygonichus afrasiaticus* (Mac Gregor). Attempts to acclimatize *Chilocorus bipustulatus* var. *iranensis* (Linnaeus, 1758), *Chilocorus cacti* (Linnaeus, 1767) and other coccidiphagous predators and parasites to the conditions of southern Algeria need to be considered.

Keywords: ladybirds, coccidiphagous, acariphagous, date palm, Biskra, community dynamics, guilds.

Introduction

Le palmier dattier constitue le pivot de l'écosystème oasien des régions sahariennes et pré-sahariennes (Munier, 1973). Le patrimoine phœnicicole d'après les données de la FAO de 1997 est présent dans 37 pays. Les pays arabes détiennent 85 à 90 % des exploitations

mondiales. En Algérie, environ 11,2 millions de palmiers sont cultivés dont 73 % productifs. Elle se place au cinquième rang mondial pour ses exportations et la première pour sa qualité des fruits exportés, grâce à sa production de dattes « Deglet Nour ».

Le palmier dattier et sa production sont attaqués par un ensemble de maladies et de déprédateurs qui affectent la production et la qualité des dattes. Les principales maladies qui causent actuellement des dégâts considérables en Algérie sont:

- le Bayoud, qui est une maladie vasculaire provoquée par le champignon *Fusarium oxysporum* (Schlechtendal, 1824). Les arbres attaqués sont inexorablement voués à la mort ;
- le Khemedj, qui est une maladie cryptogamique causée par le champignon *Mauginiella scaetiae* (Cavara, 1925). Elle affecte les inflorescences mâles et femelles du palmier dattier.

Des déprédateurs nuisent aussi au patrimoine phœnicicole. Parmi eux, la plus redoutable après le bayoud, est la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* (Targioni-Tozzetti, 1892). Elle est devenue un handicap d'une très grande importance, surtout pour les nouvelles zones de mise en valeur. Signalée en Algérie depuis fort longtemps par Blanchard en 1869, elle a fait l'objet de plusieurs études dans les différentes régions du sud algérien (Smirnoff, 1957; Hoceini, 1977; Idder, 2011). Selon ces auteurs, cette cochenille s'installe sur toutes les parties aériennes du palmier dattier. Sa densité peut être telle qu'on ne peut plus distinguer la surface verte des pennes. Ceci entrave le processus d'assimilation chlorophyllienne et peut entraîner par la suite la mort de l'arbre (Khoualdia *et al.*, 1997). Elle peut également attaquer les fruits et entraîner l'arrêt de leur développement. La maîtrise des infestations de la cochenille blanche exige une solution urgente et efficace. Une telle opération nécessite une intervention bioécologique destinée à combattre les fluctuations de ce redoutable ravageur. Les coccinelles constituent un groupe entomophage susceptible de jouer ce rôle régulateur.

L'acarien *Olygonychus afrasiasticus* (Mc Gregor), est appelé communément « Boufaroua » en Algérie. Ce terme désigne souvent la poussière. Durant son activité, l'acarien pond ses œufs sur les dattes où ils sont fortement collés et protégés par une toile soyeuse blanche ou grisâtre assez dense qui est sécrétée par l'adulte au moment de la ponte. Le sable et la poussière ainsi retenus rendent les dattes immangeables (Bounaga & Djerbi, 1990). Munier (1973) rapporte que les pertes occasionnées par le Boufaroua peuvent atteindre la totalité de la récolte.

Selon les services de l'Institut national de la protection des végétaux (INPV) en 1981, les dommages causés à l'échelle nationale ont été estimés entre 30 et 70 % de la production.

Un nouveau ravageur commence à prendre de l'ampleur ces dernières années par ses dégâts au niveau du bois de l'arbre, il s'agit d'un *Bostrychidae* appelé *Apatte monachus*

(Fabricius, 1775). Il creuse des galeries d'une dizaine de centimètres dans la nervure principale des palmes qui perdent leur vitalité (Munier, 1973).

Dans de nombreux systèmes, la lutte biologique peut être une alternative viable et efficace à l'utilisation des insecticides de synthèse (Simberloff & Stiling, 1996; Van Driesche & Bellows, 1996). C'est le cas du système oasien et plus précisément du palmier dattier.

Depuis bien longtemps, plusieurs chercheurs se sont penchés sur la connaissance des ennemis naturels des ravageurs du palmier dattier, et plus particulièrement la cochenille *Parlatoria blanchardi* Targ. Nous pouvons citer Balachowski (1925, 1926), Ipert, (1987), Ipert & Laudeho (1969), Ipert *et al.* (1970). Plus tard, Djouhri (1994) réalisa un inventaire des coccinelles de la région de Ouargla. Saharaoui *et al.* (2001) étudièrent quelques paramètres bioécologiques des principales espèces de coccinelles dans quelques localités du sud-est algérien. Idder entreprit en 1992 une première tentative d'élevage et de lâchers de la coccinelle coccidiphage *P. ovoideus* dans les palmeraies de la région de Ouargla. En 2001, il expérimenta l'efficacité de la coccinelle acariphage *S. punctillum* sur l'acarier *O. afrasiaticus* en réalisant des élevages et des lâchers de ce prédateur dans les palmeraies de la région de Ouargla (sud-est algérien) (Edder, 2001). L'utilisation des ennemis naturels (coccinelles) dans un programme de lutte biologique nécessite des connaissances très approfondies sur leur biologie et leur écologie (Gurney & Hussey, 1970 ; Elliott *et al.*, 1996; Hodek & Honek, 1996).

L'objectif de cette étude est d'apporter des données inédites sur le rôle entomophage et l'efficacité des coccinelles qui, présentes naturellement dans les régions phœnicicoles, s'attaquent aux principaux ravageurs du palmier dattier (la cochenille *P. blanchardi* et l'acarier *O. afrasiaticus* principalement). À travers des relevés périodiques, une étude de la dynamique de leur population et de l'interaction avec leur proie dans les palmeraies a été menée dans la région de Biskra. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une stratégie globale visant à définir un programme phytosanitaire ayant comme objectif la réduction de l'utilisation des pesticides dans nos palmeraies dans un avenir proche.

Matériels et méthodes

L'étude a été menée durant l'année 2006, dans une palmeraie moderne de la variété Deglet-Nour se trouvant dans la région de Biskra (sud-est algérien) et portant les coordonnées 34,45° N et 5,54° E.

L'essentiel de l'étude s'appuie sur des dénombrements simultanés et réguliers des populations de coccinelles et de leur proie, la cochenille *Parlatoria blanchardi*. La palmeraie a

été divisée en 9 blocs de 25 pieds. Dans chaque bloc, nous avons choisi le palmier le plus infesté pour effectuer des prélèvements bimensuels. À chaque niveau du palmier (cœur, couronne moyenne et couronne extérieure), on prélève une foliole représentative de l'infestation par la cochenille. Nous obtenons alors 3 folioles pour chaque pied, ce qui nous donne 27 folioles au total (Fig. 1).

Pour l'estimation du taux d'infestation de la cochenille, nous avons utilisé la méthode d'Euverte (1962) in Edder (1992) qui consiste à prendre pour chaque foliole, 3 cm² de la surface correspondant aux différentes moyennes de cochenilles présentes (faible, moyenne et forte concentration). Un comptage total de la population de cochenilles est effectué à la loupe binoculaire. On obtient alors les valeurs A1, A2, A3 correspondant au nombre de cochenilles des différents stades évolutifs des trois cm² sélectionnés pour chaque foliole. La moyenne de la population par pied est : $(A1+A2+A3) / 3$.

Parallèlement aux comptages des populations de la cochenille *P. blanchardi*, nous avons complété nos observations par le comptage des œufs, larves et nymphes des coccinelles et de leurs guildes récoltées lors de chaque relevé et pour chaque foliole.

Pour l'analyse statistique, nous avons utilisé le logiciel Excel XLstate Pro.7.01. Les données climatiques nous ont été fournies par l'Office national de météorologie de Dar El Beida – Alger.

1 - Collecte des ennemis naturels

La technique de prélèvement adoptée pour la collecte des adultes des prédateurs consiste à faire des relevés bimensuels en utilisant le parapluie japonais comme instrument de capture pour les arbres de moins de deux mètres ou en plaçant un drap sous le palmier pour les arbres de plus de deux mètres. Dans les deux cas, à l'aide d'un manche, on secoue les palmes à raison de deux coups par direction cardinale. Les entomophages qui tombent dans le parapluie japonais ou sur le drap sont très vite récupérés dans des piluliers pour éviter l'envol des adultes.

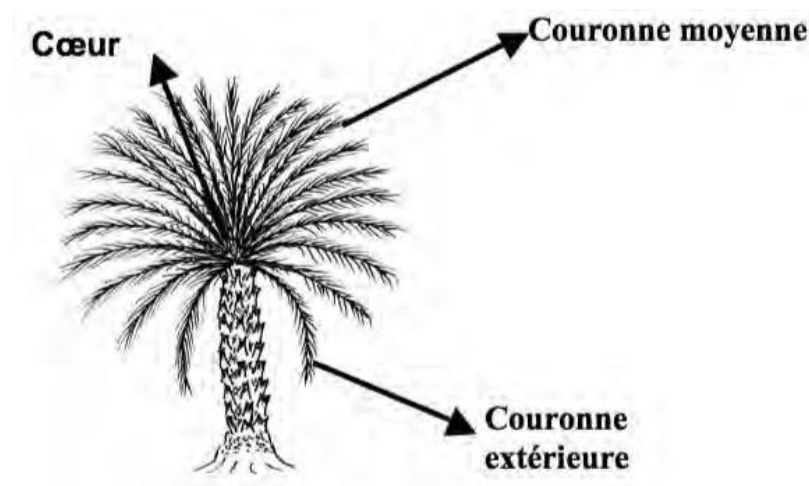


Figure 1
Les différentes couronnes d'un palmier dattier.

Résultats et discussion

1 - Cas des coccinelles coccidiphages

1.1 - Analyse des résultats

Dans les régions phœnicicoles algériennes, trois coccinelles coccidiphages vivent dans les palmeraies et s'attaquent à la cochenille *P. blanchardi*. Deux espèces de petite taille, *Pharoscymnus ovoideus* (Sicard, 1929) et *Pharoscymnus numidicus* (Pic, 1900), appartiennent à la tribu des *Sticholotidini* (Gordon, 1977). Elles sont très communes. Par leur densité et leur présence ininterrompue durant presque toute l'année, elles contribuent avec d'autres ennemis naturels à la régulation des populations de la cochenille *P. blanchardi* qui infeste la presque totalité des palmeraies algériennes. Lors de nos prospections, nous avons également identifié une autre espèce de coccinelle appartenant à la tribu des *Chilocorini* (Mulsant, 1846) et au genre *Exochomus* (Redtenbacher, 1843), *Exochomus pubescens*, forme *apicalis* (Weise, 1885). Malheureusement, nous n'avons pas pu évaluer son impact en raison du nombre très limité d'individus de cette espèce récoltés sur quelques palmiers. Nos résultats indiquent que la densité des coccinelles (nombre d'individus par pied) est très faible durant l'hiver. Elle varie entre 1 à 10 individus par pied. Malgré la disponibilité de la nourriture constituée des populations de la première génération de la cochenille qui intervient généralement entre les mois de septembre et mars dans la région de Biskra – les adultes des coccinelles sont contraints de mener une activité ralentie pour assurer leur survie ou rejoindre les écorces des arbres ou les parties pliées des folioles pour passer une période d'hivernage. En effet, la pression des conditions climatiques est

très défavorable, les températures minimales pouvant descendre jusqu'à $+0,6^{\circ}\text{C}$ au mois de janvier.

Le début du printemps coïncide avec l'arrivée de la deuxième génération de *P. blanchardi* qui débute vers la mi-mars; elle est la plus importante. Profitant d'une importante biomasse de nourriture et de l'augmentation du seuil thermique minimal ($+12^{\circ}\text{C}$), les adultes des coccinelles quittent leurs abris pour rejoindre les folioles des arbres et commencer à se nourrir. Les premières pontes repérées au niveau de l'insertion des folioles et du fibrillum du stipe du palmier dattier sont observées vers la fin du mois de mars.

Les larves font leur apparition début avril au milieu des populations de la deuxième génération de la cochenille. Un pic de 28 larves par pied est enregistré vers la deuxième décade du mois de mai. En général, une activité intense des coccinelles (tous stades confondus) est observée durant les mois d'avril, mai et juin. Un pic de 99 individus capturés par arbre a été enregistré en mai.

Le sud algérien est caractérisé par des étés excessivement chauds. La température représente un facteur limitant de première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984). Dans la région de Biskra, nous avons enregistré, durant l'année 2006, des minima supérieurs à $+24,5^{\circ}\text{C}$ et des maxima supérieurs à $+40^{\circ}\text{C}$ en été. Ces contraintes climatiques vont obliger les coccinelles à arrêter temporairement leur activité reproductrice et à entrer en estivation. Celle-ci s'étale de la fin juillet ($+31^{\circ}\text{C}$) jusqu'à la première décade du mois de septembre. Durant cette période, nous enregistrons une absence totale des œufs et des larves et une très faible densité des adultes ne dépassant pas 29 individus par pied. Malgré la présence de nourriture constituée des populations de la troisième génération de la cochenille (génération estivale), les adultes des coccinelles ralentissent leur activité et choisissent souvent les endroits ombragés qui se trouvent au niveau des écorces de l'arbre ou de la partie inférieure des folioles pour se protéger des effets du soleil.

L'activité des coccinelles reprend vers la fin du mois de septembre, suite à l'amélioration des conditions climatiques (température inférieure à $+30^{\circ}\text{C}$) et l'installation des populations de la première génération de la cochenille vers le début septembre. Ainsi, les premières larves de la génération automnale des coccinelles ont été récoltées vers la fin septembre.

L'activité larvaire s'étale jusqu'à la première quinzaine du mois de novembre avec un pic de 24 larves par pied enregistré en octobre. La densité des adultes varie entre 30 à 53 individus par pied. Enfin, comme pour tous les insectes, les conditions climatiques très

rigoureuses dans les régions du sud, où les minima des températures enregistrent souvent des valeurs inférieures à +1°C, font que les coccinelles rejoignent les écorces du palmier ou les parties pliées des folioles pour entrer en période de repos. Celle-ci va durer jusqu'à la fin janvier. Contrairement au nord, au sud algérien la période de l'hivernation est très courte et la majorité des coccinelles quittent les zones d'hivernation très tôt vers la fin du mois de février, parfois un peu plus tôt comme ce fut le cas en 2007 (Fig. 2).

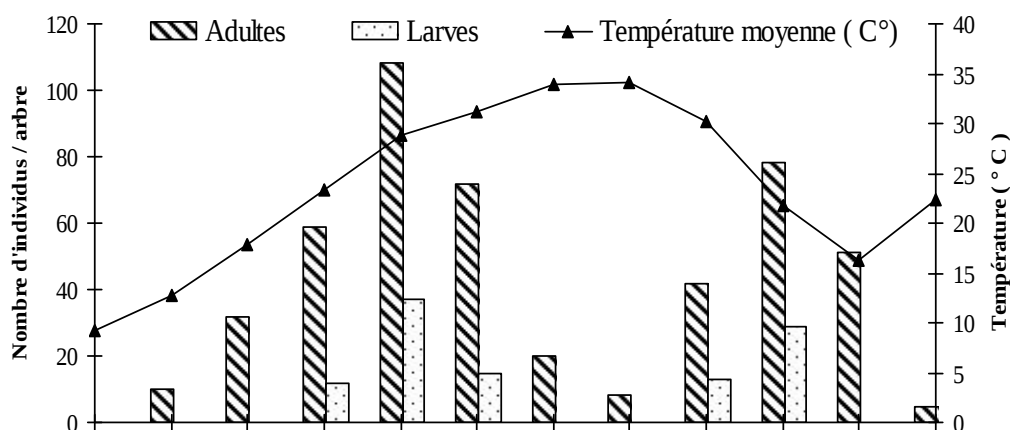


Figure 2

Variations temporelles des populations de la cochenille *P. blanchardi* et ses prédateurs coccinellides: *Ph. ovoideus* et *Ph. numidicus* dans une palmeraie à Biskra (Sud-Est algérien).

2 - Relation entre espèces de coccinelles

L'analyse des résultats des fluctuations des populations adultes et larvaires des coccinelles coccidiphages nous a renseignés sur leur comportement naturel durant l'année et nous a permis de tirer les conclusions suivantes. Les coccinelles *Ph. ovoideus* et *Ph. numidicus* sont biologiquement très proches. Elles cohabitent souvent ensemble et présentent la même répartition géographique. L'espèce *Ph. ovoideus* est toujours dominante, quelles que soient l'année, la nature de la palmeraie (traditionnelle ou moderne) ou même la région. Elle représente 78,42 % de l'effectif du peuplement des coccinelles, alors que *Ph. numidicus* enregistre seulement 21,58 %. Le rapprochement bio-écologique et comportemental entre les deux espèces nous a amené à penser que l'espèce *Ph. numidicus* était une variété ou une sous-espèce de *Ph. ovoideus*. Nous avons préparé les genitalia (pièces sclérotinisées de l'appareil génital) des deux espèces dans le but de vérifier cette hypothèse. Celle-ci nous a permis de confirmer qu'il s'agissait bien de taxons différents. À notre avis, il n'existe aucune compétition entre les deux espèces dans la mesure où la nourriture (la cochenille *P. blanchardi*) est disponible durant toute

l'année. Enfin, l'espèce *E. pubescens* est très faiblement représentée car seuls des individus isolés ont été récoltés en mois de mai.

3 - Relation entre l'abondance des coccinelles et l'abondance de leur proie *Parlatoria blanchardi*

L'analyse que nous avons réalisée a porté sur la relation qui pouvait s'établir entre l'abondance des larves et les adultes des coccinelles et la densité de la cochenille *P. blanchardi* tous stades confondus. En général, les coccinelles ont une activité prédatrice très limitée sur les populations de la cochenille en raison des fortes infestations de leur proie. Les coccinelles *Ph. ovoideus* et *Ph. numidicus* représentent respectivement 8,48 % et 2,33 % alors que celle de la cochenille *P. blanchardi* enregistre 89,18 %. L'impact des deux coccinelles s'exerce plus particulièrement sur les populations de la deuxième génération qui intervient au printemps et à un degré moindre au cours des deux premiers mois de la première génération (septembre-octobre) de la cochenille. Le niveau de population très élevé de la cochenille a permis aux deux coccinelles de cohabiter ensemble sans aucune forme de compétition (Fig. 3).

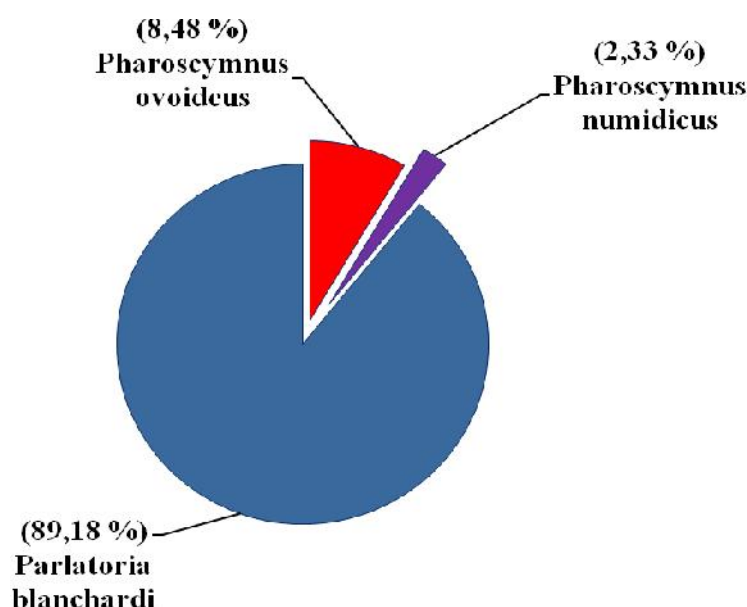


Figure 3

Proportions des populations des coccinelles *Ph. ovoideus* et *Ph. numidicus* et leur proie *P. blanchardi* à Biskra (Sud Est algérien)

4 - Relation inter-gilde

La guilde des prédateurs attaquant la cochenille *P. blanchardi* est composée des Coccinellidae: *Ph. ovoideus*, *Ph. numidicus* et *Exochomus pubescens*, du Nutilidae *Cybocephalus nigriceps palmarum*, du Chrysopidae *Chrysopa vulgaris* et du parasite Aphelinidae *Aphytis mytilaspidis*.

Chez les prédateurs, les Coccinellidae représentent le groupe le plus important (47,32 %) suivi du Nutilidae *Cybocephalus nigriceps palmarum* (35,09 %) et du Chrysopidae *Chrysopa vulgaris* (17,59 %) (Tab 1). Les ennemis naturels de la cochenille sont très actifs sur les populations de la deuxième génération qui apparaît en général entre la mi-mars et la fin juin. Au cours de cette période, une intense activité des adultes et des larves des prédateurs est observée sur les folioles des arbres fortement infestées par la cochenille. Des pics à 99, 81 et 51 individus par arbre ont été enregistrés au mois de mai respectivement pour les Coccinellidae, les Nutilidae et les Chrysopidae. Malgré la disponibilité de la nourriture en été suite à l'arrivée de la génération estivale de la cochenille, les ennemis naturels de *P. blanchardi* entrent en phase de repos obligatoire (estivation) sous la pression des fortes chaleurs où les températures moyennes dépassent souvent +34°C. L'activité des prédateurs reprend en automne suite à l'installation de la première génération de la cochenille vers le début septembre à Biskra et l'amélioration des conditions climatiques. Des moyennes maximales de 77, 48 et 32 individus par arbre ont été enregistrées au mois d'octobre respectivement pour les Coccinellidae, les Nutilidae et les Chrysopidae (Fig. 4).

Lors de cette étude, nous n'avons pas évalué l'impact du parasite *Aphytis mytilaspidis*. Idder (1992) avait donné un taux de parasitisme de 27 % dans la région de Ouargla. Laudeao (1968) rapporte qu'il s'agit d'un parasite très actif de *P. blanchardi* et donne des résultats très concluants dans l'Adrar mauritanien.

Un essai d'acclimatation de la coccinelle *Chilocorus bipunctatus* L. (espèce très commune dans le Nord sur agrumes) a été réalisé en 2006 dans les palmeraies de Biskra en vue de son introduction dans le sud pour renforcer le cortège des ennemis naturels de la cochenille *P. blanchardi*. Les premières conclusions de cette opération ont démontré que, malgré leur maintien dans les palmeraies, les adultes n'arrivent pas à pondre et aucune larve de cette coccinelle n'a été détectée sur les populations de la deuxième génération de la cochenille. À notre avis, les températures très élevées et d'autres facteurs qui restent à déterminer empêchent cette coccinelle de pondre.

Tableau 1 - Proportions et variations mensuelles des populations des prédateurs de la cochenille *P.blanchardi* dans une palmeraie à Biskra (Sud-Est algérien) en 2006. Nombre de relevés : 24.

Mois	Prédateurs de <i>P. blanchardi</i>		
	<i>Nutilidae</i>	<i>Chrysopidae</i>	Coccinelles
	Nombre d'individus / arbre		
Janvier	0	0	2
Février	5	0	10
Mars	18	0	32
Avril	48	22	59
Mai	81	51	99
Juin	61	31	72
Juillet	31	10	29
Août	12	0	8
Septembre	28	18	36
Octobre	48	32	77
Novembre	15	10	39
Décembre	0	0	5
Total	347	174	468
%	35,09	17,59	47,32

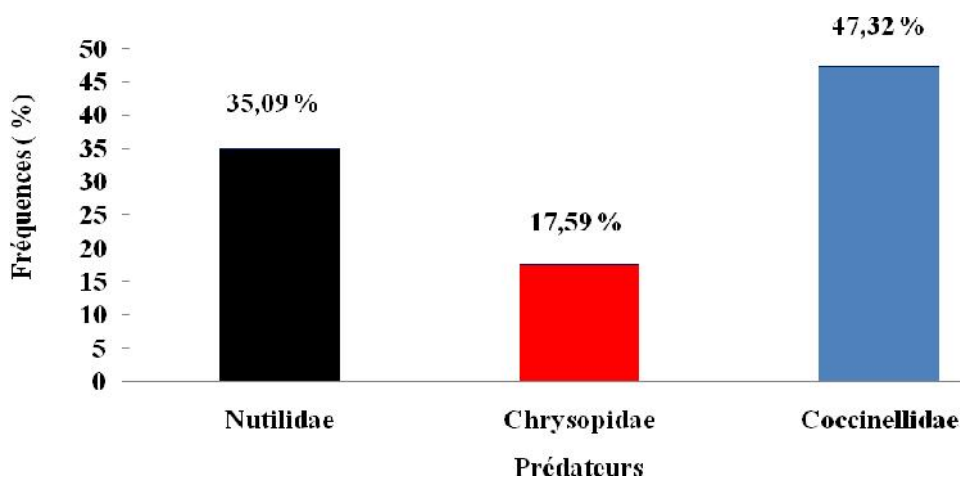


Figure. 4

Proportions et variations mensuelles des populations des prédateurs de la cochenille *P.blanchardi* dans une palmeraie à Biskra (Sud-Est algérien) en 2006.

5 - Cas de la coccinelle acariphage: *Stethorus punctillum* Weise

Stethorus punctillum est l'unique coccinelle acariphage appartenant à la tribu des *Scymnini*. C'est un prédateur polyphage, mais qui recherche ses proies parmi les acariens du groupe des Tétranyques (Kasap *et al.*, 2003; Abad, 2006). Les larves et les adultes consomment

tous les stades de l'acarien dont ils ingèrent le contenu en rejetant le reste (Fauvel, 1989). Nos différentes prospections mon-trent que cette coccinelle présente une large plasticité écologique et s'adapte à tous les agro-écosystèmes de l'Algérie. On la rencontre là où se trouve sa proie (même à l'extrême Sud de l'Algérie).

Les résultats des fluctuations des populations adultes et larvaires de *S. punctillum* dans une palmeraie à Biskra en 2006 sont reportés dans le tableau 2.

L'activité de la coccinelle est en relation étroite avec le niveau des populations de sa proie et les conditions climatiques de la région. L'amélioration des conditions climatiques et l'augmentation du seuil thermique au début du printemps permettent aux adultes de la coccinelle de quitter leurs gîtes d'hivernation et de commencer à se nourrir des premières populations d'acariens. Ces derniers se trouvent dans la palmeraie au niveau des jeunes feuilles du cœur et sur les inflorescences du palmier ou celles empor-tées par le vent des cultures adventices et adjacentes. Des moyennes de 7,33 individus par pied ont été dénombrées lors des deux relevés effectués au mois de mars.

Comme le rapportent plusieurs auteurs (Guessoum, 1988, Idder, 2011), l'acarien *O. afrasiaticus* est très résistant aux températures élevées et aux fortes insolation. Son cycle de développement est d'autant plus court que les températures sont élevées. Dans la région de Biskra, il dure 10 à 15 jours, et parfois 8 jours seulement. Plusieurs générations peuvent se succéder durant la période de fructification des dattes qui peut durer jusqu'à 180 jours. Cette importante biomasse de nourriture va permettre à la coccinelle de se reproduire et de développer au moins deux générations entre le début du mois d'avril et la fin juillet. Ainsi, des moyennes variant entre 25,67 individus par pied et 62,11 individus par pied ont été dénombrées entre le mois d'avril et la fin juillet. Durant cette période, on assiste également à une intense activité larvaire qui va contribuer à la réduction des populations d'acariens qui causent d'importants dégâts, notamment sur les fruits verts non fécondés. Cette population larvaire est beaucoup plus importante au mois de mai (11,67 individus par arbre) où les températures moyennes sont très favorables, elles avoisinent les 28°C. (Fig. 5).

Tableau 2 - Variations mensuelles des populations adultes et larvaires de la coccinelle *S. punctillum* dans une palmeraie de Biskra en 2006 (Sud-Est algérien).

Mois	Adultes		Larves		Total		T. Moy. (°C)
	ni	Moy / arbre	ni	Moy / arbre	ni	Moy / arbre	
Janvier	18	2,00	0	0,00	18	2,00	9,2
Février	36	4,00	0	0,00	36	4,00	12,7
Mars	66	7,33	0	0,00	66	7,33	17,9
Avril	189	21,00	42	4,67	231	25,67	23,3
Mai	308	34,22	105	11,67	413	45,89	28,8
Juin	478	53,11	81	9,00	559	62,11	31,1
Juillet	291	32,33	21	2,33	312	34,67	33,8
Août	74	8,22	0	0,00	74	8,22	34,0
Septembre	20	2,22	0	0,00	20	2,22	30,1
Octobre	11	1,22	0	0,00	11	1,22	21,8
Novembre	10	1,11	0	0,00	10	1,11	16,2
Décembre	6	0,67	0	0,00	6	0,67	11,
Total	1507		249		1756	-	

ni: Nombre d'individus, Moy: Moyenne. T. Moy. (°C): Température moyenne

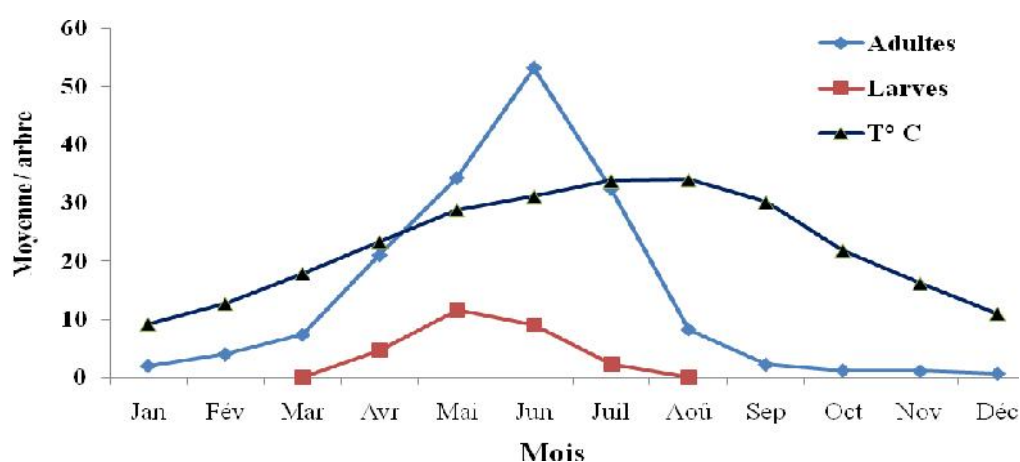


Figure. 5

Variations temporelles des populations adultes et larvaires de la coccinelle acariphage *Stethorus punctillum* dans une palmeraie à Biskra (Sud-Est algérien).

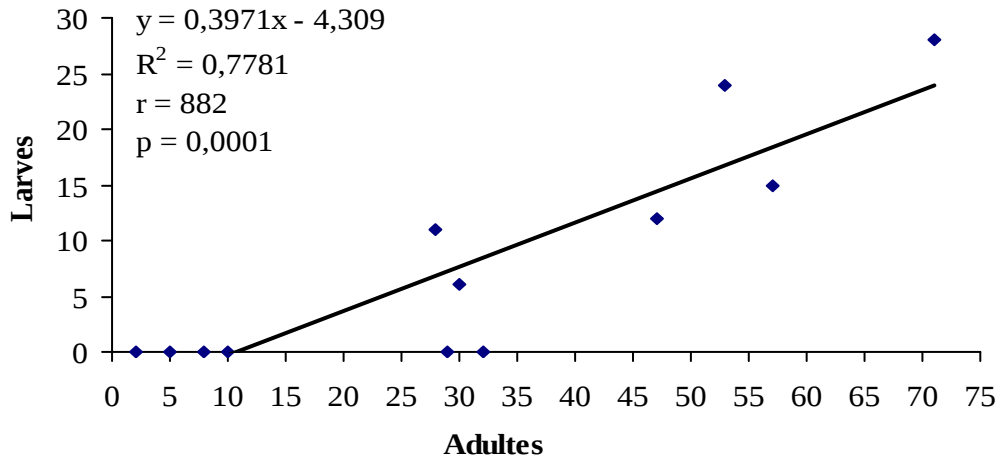


Figure 6.

Relation entre les populations adultes et larvaires des deux coccinelles *Pharocsymnus* dans une palmeraie à Biskra en 2006.

Le test One-Way Anova nous donne une probabilité hautement significative où $p = 0,0001$ et une valeur de $F = 35,07$. La figure 6 indique l'existence d'une corrélation hautement significative entre l'abondance des adultes et celle des larves avec un indice de détermination : $r = 0,882$.

Les populations de la coccinelle diminuent considérablement au mois d'août (8,22 individus par pied) en raison des fortes chaleurs où les températures moyennes dépassent les 34°C dans la région de Biskra. Elles gênent l'activité de la coccinelle et obligent les adultes à rechercher les endroits ombragés et plus frais au niveau du cœur ou les écorces de la palmeraie. Le niveau des fluctuations de l'acarien rechute progressivement en s'approchant de la période de la maturation des dattes et disparaît complètement à partir de la fin octobre. En effet, les dattes mures deviennent très sucrées et elles ne fournissent plus une alimentation convenable au Boufaroua (Khoualdia *et al.*, 2001). Nos résultats montrent une très faible densité des populations de la coccinelle durant la période automnale (récolte des dattes), ne dépassant pas 3 individus par arbre. Comme tous les insectes, *S. punctillum* marque une phase de repos durant la période hivernale sous la pression des conditions climatiques très rigoureuses et l'absence ou la rareté de sa nourriture préférentielle.

Les prospections que nous avons menées en hiver dans les régions de Biskra, Ouargla, Ghardaia et El-Oued montrent que la coccinelle ou au moins une partie de la population ne quitte pas la palmeraie. Sa petite taille lui permet de trouver facilement les gîtes d'hivernation qui se localisent au niveau des différentes parties du palmier dattier (lif, cornaf, folioles, rejets et écorces de l'arbre). Cette population qui passe l'hiver dans les palmeraies représente l'inoculum de l'année suivante. Djouhri (1994) avait récolté une forte population d'adultes de *S. punctillum*

(81 individus) durant la période hivernale dans une palmeraie à Hassi Ben Abdellah (Ouargla). Une autre partie de la population de la coccinelle peut migrer dès la maturité des dattes en suivant sa proie vers d'autres sites d'hivernation, comme les plantes adventices (*Cynodon dactylon*, *Convolvulus arvensis*) et les cultures sous jacentes se trouvant dans la palmeraie. McMurtry *et al.* (1970) rapportent que l'adulte de *S. punctillum* passe l'hiver caché sous différents abris: écorces d'arbre, litière, etc. Selon Rasplus *et al.* (1993), les adultes hivernent dans les feuilles desséchées tombées au sol ou encore accrochées au végétal.(Fig. 7).

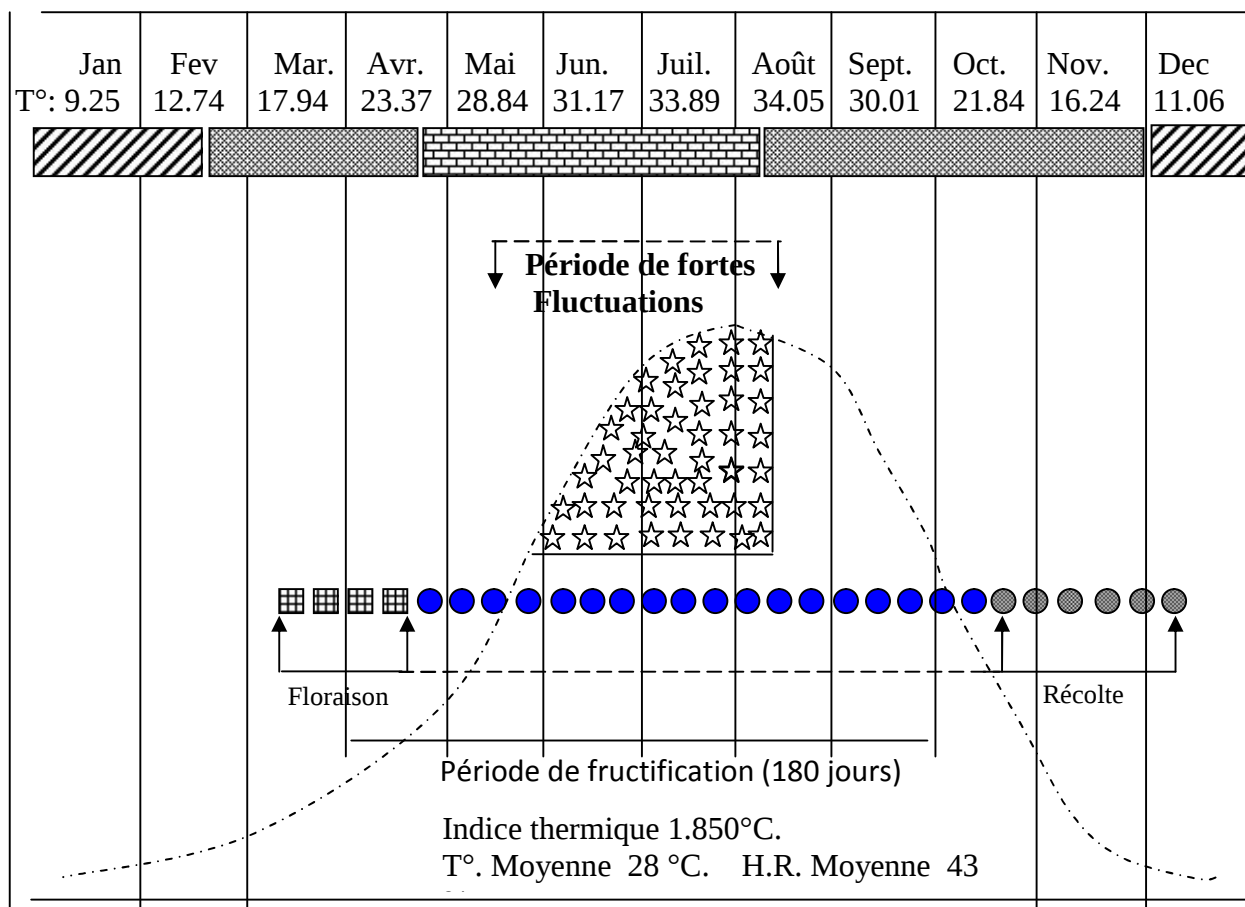


Figure 7

Activité prédatrice de la coccinelle *Stethorus punctillum* sur les populations de l'acarien *Olygonichus afrasiaticus* en palmeraie dans la région de Bikkra. en 2006.

Légende:

-  - Période d'activité intense de la coccinelle (Larves et adultes)
-  - Période de présence des adultes sur palmeraies
-  - Période d'hivernation
-  - Période de fortes fluctuations de l'acarien (7 à 10 générations).
-  - Courbe d'évolution de l'acarien

Conclusions et perspectives

Dans la perspective de mettre en place une stratégie globale de protection phytosanitaire de notre patrimoine phoenicicole, une étude de la dynamique des communautés des coccinelles s'attaquant aux principaux ravageurs du palmier dattier et leurs interactions avec leurs proies respectives et leurs guildes a été menée dans la région de Biskra (Sud-Est algérien). Trois coccinelles coccidiphages et une acariphage ont été identifiées lors de nos investigations.

Les espèces *Ph. ovoideus*, *Ph. numidicus* et *E. pubescens* sont à ce jour les seules coccinelles s'attaquant aux populations de la cochenille *P. blanchardi* sur le palmier dattier. Les résultats de nos relevés indiquent que l'espèce *Ph. ovoideus* est prédominante. Elle représente 78,42 % du peuplement global des coccinelles recensées. L'espèce *E. pubescens* est qualifiée d'accessoire car seuls des individus isolés ont été récoltés sur un nombre très limité de palmiers dattiers au mois de mai. D'un autre côté, Madkouri (1990) avait signalé la présence de deux autres *Pharoscymnus* au Maroc: *Pharoscymnus tristiculus* Sic et *Pharoscymnus semi-globosus* F

La guilda des prédateurs attaquant la cochenille *P. blanchardi* est composée, en plus des Coccinellidae citées, du Nutilidae *Cybocephalus nigriceps palmarum*, du Chrysopidae *Chrysopa vulgaris* et du parasite Aphelinidae *Aphytis mytilaspidis*. Deux principales périodes d'activité intense des coccinelles sont observées durant l'année sur le palmier dattier. L'une, qui intervient au printemps et qui est la plus importante, s'étale du mois d'avril au mois de juillet avec un pic de capture de 99 individus par arbre enregistré en mai. L'autre intervient en automne avec un maximum de captures de 77 individus par arbre enregistré au mois d'octobre. Ces deux périodes coïncident avec le développement des générations printanières et automnales de la cochenille *P. blanchardi*. Nos résultats indiquent également que les prédateurs coccidiphages répertoriés ne peuvent réguler les fortes pullulations de la cochenille.

Malgré l'abondance et la parfaite acclimatation des coccinelles et de leurs guildes dans les palmeraies, leur rôle entomophage reste insignifiant en raison de leur petite taille. La recherche d'autres prédateurs performants (coccinelles en particulier) dans le bassin méditerranéen et au Moyen-Orient est une alternative à développer.

Chez les acariphages, *S. punctillum* est l'unique prédateur de l'acarien Boufaroua. Cette coccinelle ne s'attaque qu'aux fortes populations d'acariens et se maintient dans la palmeraie aussi longtemps qu'elle trouve une nourriture abondante. Ceci permet aux larves de trouver la nourriture nécessaire car ces dernières possèdent une faible capacité de dispersion par rapport aux adultes. Elle se reproduit et conserve une activité intense durant toute la période de fructification des dattes qui s'étale dans la région de Biskra de la mi-mai à la mi-août. Ce

prédateur peut ainsi réguler les fortes fluctuations d'acariens jusqu'à un certain seuil critique. La durée moyenne du cycle de développement de l'acarien est d'autant plus courte que les températures sont élevées. Coudin & Galvez (1976) rapportent des durées moyennes de 8,5 jours à +31°C et 60 % d'humidité relative. À cela s'ajoute une grande fécondité qui varie entre 743 à 1 290 œufs pour une femelle (Murtray *et al.*, 1970).

Malgré sa grande capacité à rechercher des foyers d'*O. afrasiaticus*, sa voracité au stade larvaire comme au stade adulte et son hivernage sur le palmier dattier, on peut dire que la coccinelle *S. punctillum*, vu sa petite taille, est incapable de diminuer les fortes infestations de l'acarien qui ne développe pas moins de dix générations durant la période de fructification des dattes. Une absence totale d'acariens prédateurs a été signalée par Guessoum (1988) dans les palmeraies, tandis que Idder (2008) cite deux prédateurs de la famille des *Phytoseiidae* (*Amblyseius* sp. et *Typblodromus* sp.) et un *Anthocoridae* (*Anthocoris* sp.). Dans le but de pallier ce déficit d'ennemis naturels, il est intéressant d'étudier les possibilités d'introduire des prédateurs ou des parasites exotiques en vue de tester leurs performances. C'est le cas de l'acarien prédateur *Neoseiulus californicus* (Mc Gregor, 1954) qui a donné des effets significatifs sur le taux d'infestation et la qualité des fruits en Tunisie (Khouldia *et al.*, 2001).

Dans le but de revaloriser les ennemis naturels autochtones des ravageurs du palmier dattier, il serait judicieux de mener un vaste programme sur leur préservation et l'augmentation de leur densité. Pour y parvenir, il est nécessaire:

- d'étudier les possibilités d'introduction et d'acclimatation d'autres coccinelles étrangères jugées performantes par plusieurs chercheurs ; nous citerons *Chilocorus bipustulatus* L. variété *iranensis* qui a fait l'objet d'acclimatation en Adrar mauritanien et dans les palmeraies de Segdoud (Tunisie) où les résultats de lâchers ont été jugés très satisfaisants (Iperti, 1970, 1987; Tourneur *et al.*, 1971), et *Chilocorus cacti* L., originaire de la Guadeloupe, qui a été élevée et lâchée au Maroc en 1974 (Madkouri, 1990);
- de réaliser des élevages de masse et des lâchers inondatifs permanents (notamment pour les espèces faiblement représentées comme *E. pubescens* et *P. numidicus*);
- de rechercher d'autres prédateurs et étudier leurs performances (en particulier ceux d'acariens);
- de protéger et créer des zones de refuge pour l'hivernage et aménager des réserves de nourriture alternatives ;
- de créer des unités de quarantaine spécialisées dans l'élevage des prédateurs au niveau des stations de l'INPV et de l'INRA pour lancer des opérations de lâchers inondatifs à grande échelle dans le cadre d'un vaste programme élaboré préalablement;

– de maintenir le sol de la palmeraie propre, sans débris végétaux et mauvaises herbes susceptibles d'abriter l'acarien Boufaroua.

Références

- Abad, R., Castañera, P. & Urbaneja, A. (2006). Natural enemies of the spider mite, *Tetranychus urticae* Koch and *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) in Spanish citrus orchards. *Bull. OILB/SROP*, **29** (3), 179.
- Balachowsky, A.S. (1925). Notes sur deux prédateurs du *Parlatoria blanchardi* Targ. et son utilisation en vue de la lutte biologique contre ce Coccidé. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, **16** (6), 167-172.
- Balachowsky, A.S. (1926). Notes sur l'acclimatation des prédateurs de *Parlatoria blanchardi* dans les palmeraies de Colomb-Béchar, en vue de la lutte biologique contre ces Coccidés. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, **17** (2), 93-96.
- Balachowsky, A.S. (1954). *Les cochenilles paléarctiques de la tribu des Diaspidini*. Eds. Institut Pasteur, Paris, 450 p.
- Blanchard, E. (1845).- *Histoire naturelle des insectes, leurs mœurs, leurs métamorphoses et leur classification*, ou *Traité élémentaire d'entomologie*. Paris, Librairie F. Savy.
- Bounaga, N. & Djerbi, M. (1990). Pathologie du palmier dattier. In Dollé, V. et Toutain, G. (eds). *Les systèmes agricoles oasiens*. Montpellier : CIHEAM-IAMM, p. 127-132 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 11).
- Brun, J. & Ipert, G. (1982). Fiche coccinelle coccidiphage. *Cah. Liaison OPIE*, **16** (3/4), 46-47, 15-18.
- Coudin, B. & Galvez, F. (1976). Biologie de l'acarien du palmier-dattier *Oligonychus afrasiaticus* (MAC GREGOR) en Mauritanie. *Fruits*, **31** (9), 543-550.
- Djoughri, A. (1994). Inventaire et étude de quelques paramètres bio-écologiques des coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) dans la région de Ouargla. Thèse Ing. Agr. ITDAS-Ouargla.
- Elliott, N.C., Kieckhefer, R.W. & Kauffman, W. (1996). Effects of an invading coccinellid on native coccinellid in an agricultural landscape. *Oecologia*, **105**, 537-544.
- Fauvel, G. (1989). Les insectes prédateurs d'acariens. Colloque sur les acariens des cultures, Montpellier, 24, 25 et 26 oct. 1989, pp. 29-49.
- Guessoum, M. (1988). L'acarofaune de quelques cultures et bioécologie de *Panonychus ulmi* (KOCH) et de *Cenopalpus* (CAN & FRAN.) sur pommier au Mitidja et d'*Oligonychus afrasiaticus* (M.G.) sur palmier dattier. Essai d'efficacité de quelques insecticides et acaricides. Thèse magistère. Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 228 p.
- Gurney, B. & Hussey, N.W. (1970). Evaluation of some coccinellid species for the biological control of aphids in protected cropping. *Ann. Appl. Biol.*, **65**, 451-458.
- Hoceini, H. (1977). Étude de la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* (Homoptera Diaspididae) dans la région de Briska. Mémoire Ing. Agro. Inst. Nat. Agro. El-Harrach, 67 p.
- Hodek, I. & Honek, A. (1996). *Ecology of Coccinellidae*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 464 pages.
- Hodek, I. (1970). Coccinellids and the modern pest management. *BioScience*, **20**, 543-552.
- Honek, A. (1980). Population density of aphid at the time of settling and ovariole maturation in *Coccinella septempunctata* (Coleoptera, Coccinellidae), *Entomophaga*, **25**, 427-430.
- Idder, M.A. & Pintureau, B. (2008). Efficacité de la coccinelle *Stethorus punctillum* (Weise) comme prédateur de l'acarien *Oligonychus afrasiaticus* (McGregor) dans les palmeraies de la région de Ouargla en Algérie. *Fruits*, **63** (2), 85-92.

- Idder, M.A. (1992). Aperçu bio-écologique sur *Parlatoria blanchardi* Targ. (Homoptera, Diaspididae), en palmeraies de Ouargla et utilisation de son ennemi *Pharoscymnus semiglobosus* Karsh (Coleoptera, Coccinellidae) dans le cadre d'un essai de lutte biologique. Thèse magister, INA El-Harrach. Alger, 102 p.
- Idder, M.A. (2011). Lutte biologique en palmeraies: cas de la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi*), de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*) et du boufaroua (*Olygonychus afrasias-ticus*). Thèse Doctorat, ENSA-El-Harrach, 194 p.
- Iperti, G. & Brun, J. (1969). Rôle d'une quarantaine pour la multiplication des Coccinellidae cocci-diphages destinées à combattre la cochenille du palmier dattier (*Parlatoria blanchardi* Targ) en Adrar mauritanien. *Entomophaga*, **14** (2), 149-157.
- Iperti, G. & Laudeho, Y. (1969). Les entomophages de *Parlatoria blanchardi* Targ. dans les palme-raies de l'Adrar Mauritanien. I. Études biologiques et écologiques préliminaires. Perspectives d'acclimatation de nouveaux prédateurs Coccinellidae. *Ann. Zool.-Écol. Anim.*, **1**, 17-30.
- Iperti, G. (1970). Rôle d'une quarantaine pour la multiplication des Coccinellidae destinés à combattre la cochenille du palmier dattier en Adrar Mauritanien. *Fruits*, **25**, 619-637.
- Iperti, G. (1987). Compte-rendu de la mission effectuée en Algérie du 1^{er} mars au 15 mars 1987. Projet FAO. ALG. 81/010 : Intensification de la protection des cultures contre les insectes ravageurs du palmier dattier, INRA.
- Iperti, G., Laudeho, Y., Brun, J. & Choppin de Janvry, E. (1970). Les Entomophages de *Parlatoria blanchardi* Targ. dans les palmeraies de l'Adrar Mauritanien. *Ann. Zool.-Écol. Anim.*, **2**, 617-638.
- Kasap, L. & Aktug, Y. (2003). Studies on some biological parameters of *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on spider mites species (Acarina: Tetranychidae) at laboratory conditions, *Turk. Entomol. Derg.*, **27**, 113-122.
- Khoualdia, O., Rhouma, A., Belhadj, R., Alimi, E., Fellah, H. & Kreiter, P. (2001). Lutte biologique contre un acarien ravageur des dattes. Essai d'utilisation de *Neoseiulus californicus* (McGregor) contre *Olygonychus afrasias-ticus* (McGregor) dans les palmeraies de Djerid (Sud tunisien). *Phytoma*, **540**, 30-31.
- Khoualdia, O., Rhouma, A., Brun, J. & Marro, J.P. (1997). Lutte biologique contre la cochenille blanche : Introduction d'un prédateur exotique dans la palmeraie de Seghdoud. *Phytoma*, **494**, 41-42.
- Laudeho, Y. & Fround, J. (1970). Une méthode d'estimation de *Parlatoria blanchardi* présente sur dattier. *IFAC*, **25** (4), 247-251.
- Laudeho, Y. (1968). Aphytis mytilaspidis L., parasite de *Parlatoria blanchardi* Targ. dans les palme-raies de l'Adrar mauritanien. *Fruits*, **23** (5), 44-51.
- Laudeho, Y., Ormieres, R. & Iperti, G. (1969). Les entomophages de *Parlatoria blanchardi* Targ. dans les palmeraies de l'Adrar Mauritanien. II. Étude d'un parasite de Coccinellidae, *Gregarina katherina* Watson. *Ann. Zool.-Ecol. Anim.*, **1**, 395-406.
- Madkouri, M. (1990). Travaux préliminaires en vue d'une lutte biologique contre *Parlatoria blanchardi* (Hom., Diaspididae) au Maroc. *CIHEAM, Options méditerranéennes*, **26**, 82-85.
- Mcmurtry, J.A., Huffaker, C.B. & Van de Vrie, M. (1970). Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. I. Tetranychid enemies: Their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, **40** (11), 331-390.
- Moulai, R. (1994). Contribution à l'étude de quelques paramètres bioécologiques au laboratoire de *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera-Coccinellidae) prédatrice de tétranyques. Thèse d'Ing. Inst. Nat. Agron. El-Harrach, 91 p.

- Munier, P. (1973). *Le palmier dattier: techniques agricoles et productions tropicales*. Éd. Maisonneuve et Larousse, Paris, 221 p.
- Ramade, F. (1984). *Éléments d'écologie fondamentale*. Éd. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.
- Rasplus, J.Y., Martinez, M. & Marccone, A. (1993). Quelques auxiliaires (amis ou ennemis Apprendre à mieux connaître les insectes et les acariens des cultures pérennes et légumières). In Fraval A. (Éd.), *La lutte biologique*. Dossier Cellule Environnement, INRA Paris, D5, 219-226.
- Saharaoui, L. (1998). Les Coccinelles d'Algérie : inventaire préliminaire et régime alimentaire (Coleoptera-Coccinellidae). *Bull. Soc. ent. Fr.*, **103** (3), 213-224.
- Saharaoui, L., Gourreau, J.-M. & Iperti, G. (2001). Étude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles aphidiphages d'Algérie (Coleoptera, Coccinellidae). *Bull. Soc. zool. Fr.*, **126** (4), 351-373.
- Simberloff, D. & Stiling, P. (1996). How risky is biological control? *Ecology*, **77**, 1965-1974.
- Smirnoff, W. (1953).- Les *Pharoscyrnus* (Coleoptera-Coccinellidae) d'Afrique-du-Nord, prédateurs de *Parlatoria blanchardi* Targ. Revue de production végétale et d'entomologie agricole de France, 32 (3), 143-154.
- Smirnoff, W. (1957). La cochenille du palmier dattier (*Parlatoria blanchardi* Targ.) en Afrique-du-Nord: comportement, importance économique, prédateurs et lutte biologique. *Entomophaga*, **11**, 1-98., importance économique, prédateurs et lutte biologique. *Entomophaga*, **2** (1), 98 pp.
- Tourneur, J.C. & N'Diaye, A. (1971). Intervention bioécologique contre la cochenille blanche du palmier dattier *P. blanchardi* Targ. (Coccidae, Diaspididae) dans le Tagant mauritanien par l'introduction de la coccinelle *Chilocorus bipustulatus* var. *iranensis*. *Fruits*, **26** (42), 847-857.
- Van Driesche, R.G. & Bellows, T.S. (1996). *Biological control*. Chapman & Hall, New York. 539 p

Quatrième Chapitre

Partage des ressources trophiques chez les coccinelles

Ce chapitre a fait l'objet en 2015 d'une publication dans le bulletin de la société zoologique de France. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 2015, 140(1-4): 1-19.

Lounes SAHARAOUI, Jean Louis HEMPTINNE et Alexandra MAGRO



Partage des ressources trophiques chez les coccinelles

Résumé

La présente étude menée dans le secteur de l'algérois a permis de comprendre le phénomène de succession temporel, le partage des ressources chez les coccinelles aphidiphages et coccidiphages et de vérifier l'hypothèse selon laquelle les petites coccinelles arrivent et se servent les premières des ressources alimentaires avant les grandes. Il ressort de nos résultats, qu'en générale sur les plantes basses cultivées, les grandes coccinelles: *Coccinella (Coccinella) septempunctata* Linné et *Hippodamia (Adonia) variegata* Goeze sont les premières à se reproduire sur la culture avec un décalage temporel entre les deux espèces. En revanche, les petites coccinelles représentées surtout par les Scymninae Mulsant, interviennent au début et durant la phase décroissante des pullulations de pucerons mais pour uniquement se nourrir. Sur agrumes et autres arbres fruitiers, c'est plutôt la petite coccinelle *Scymnus (Pullus) subvillosus* (Goeze) qui s'installe la première. C'est aussi la première qui se reproduit au dépend des premières colonies de pucerons installées sur les jeunes pousses de la culture. Les autres taxons arrivent progressivement par la suite. Quand la nourriture reste disponible, certaines d'entre elles peuvent se reproduire, c'est le cas des espèces: *H. variegata*, *Oenopia dublieri* (Mulsant) et *Adalia (Adalia) decempunctata* (Linné). Chez les coccidiphages, la coccinelle *Chilocorus bipustulatus* (Linné) est prédominante et la plus active. Elle commence à pondre très tôt vers le début du printemps sur les premières colonies de cochenilles diaspines de la génération printanière. Les petites coccinelles représentées par les genres *Nephus* Mulsant, *Pharoscymnus* Bedel, *Rhyzobius* Stephens et *Scymnus* Kugelann, s'activent durant toute la période verno – estivale et se reproduisent le plus souvent en été. Parmi les consommateurs aphidiphages, les coccinelles et les parasites sont les premiers à s'installer sur les cultures. Elles sont suivies par les Ceccidomyiidae Newman puis les Anthocoridae Fieber. Les Chrysopidae Schneider et les Syrphidae Latreille interviennent par la suite durant la phase décroissante des populations des pucerons. Chez les coccidiphages, les parasites (Hyménoptères) sont souvent les premiers à investir la culture, elles sont suivies par les Coccinellidae Latreille, puis les Nitidulidae Linné et les Chrysopidae. En ce qui concerne le partage des ressources, les coccidiphages trouvent souvent une nourriture diversifiée et sélective durant toute l'année pour terminer leurs cycles. Cette abondante biomasse de nourriture va certainement exclure toute sorte de cannibalisme ou de compétition entre consommateurs. En revanche, les aphidiphages ne trouvent pas souvent une nourriture suffisante en raison des perturbations dans la disponibilité de leur proie.

Mots clés: Coccinelles, Partage des ressources, Pucerons, Cochenilles, Agrosystèmes.

Division of trophic resources in ladybirds

Abstract:

The present study led in the sector of algiers allowed to include the temporal phenomenon of succession, the sharing of resources to ladybirds aphidiphagous and coccidiphagous and to verify the hypothesis according to which the small ladybirds arrive and use the first nights of the food resources before the big. The results obtained show that, in general, the large ladybirds *Coccinella* (*Coccinella*) *septempunctata* Linné and *Hippodamia* (*Adonia*) *variegata* Goeze are the first to reproduce on low cultivated plants, with a temporal gap between the two species. On the other hand, the small ladybirds, represented especially by Scymninae Mulsant, intervene at the start and during the decline of aphid infestations, but only for feeding. On citrus fruits and other fruit trees, it is instead the small ladybird *Scymnus* (*Pullus*) *subvillosus* (Goeze) that settles first. It is also the first to reproduce at the expense of the first aphid colonies installed on the young plants of the crop. The other taxa arrive progressively thereafter. When food remains available, some of the ladybird species can reproduce, namely *H. variegata*, *Oenopia* *doublieri* (Mulsant) and *Adalia* (*Adalia*) *decempunctata* (Linné). Among the coccidiphagous species, the large ladybird *Chilocorus* *bipustulatus* (Linné) is prevalent and the most active. It starts to lay very early, towards the beginning of spring, on the first colonies of diaspine cochineals of the spring generation. The small ladybirds, represented by the genera *Nephus* Mulsant, *Pharoscymnus* Bedel, *Rhyzobius* Stephens and *Scymnus* Kugelann, are active throughout the spring-summer period and generally reproduce in summer. Among the aphid enemies, the parasites (Hymenoptera) are often the first to establish themselves, followed by ladybirds and then Cecidomyiidae Newman and Anthocoridae Fieber. Chrysopidae Schneider and Syrphidae Latreille intervene once the populations of aphids are in decline. With regards to resource sharing, the coccidiphages often find a diversified and selective food source throughout the year that enables them to complete their cycles. This abundant biomass of food certainly will certainly preclude any form of cannibalism or competition between consumers. On the other hand, the aphidophagous species often do not find sufficient food, due to fluctuations in the availability of their prey.

Key words: Ladybirds, resource sharing, aphids, scale-insects, Agrosystems.

Introduction

Les coccinelles sont habituellement regardées en termes de taille d'espèces consommables (Schoener, 1974). Pour le cas des coccinelles aphidiphages, les petites espèces ont besoin de plus faibles densités de populations de pucerons pour la reproduction que les espèces de grande taille (Dixon, 2007). Dans le but de tester cette hypothèse, Honek *et al.* (2008) ont démontré que la petite *Propylea quatuordecimpunctata* (Linné) était plus efficace lorsqu'elle exploitait une densité de proies plus faible, car elle produisait proportionnellement plus d'œufs durant les premiers stades de l'infestation de pucerons par rapport à *Coccinella septempunctata*, qui est de taille beaucoup plus grande.

Les colonies de pucerons augmentent jusqu'à atteindre, au terme d'une croissance exponentielle, des pics de grandes abondances. Elles sont exploitées par une séquence d'ennemis naturels qui est relativement constante d'année en année (Stewart *et al.*, 1991; Dixon, 2000). La gestion de l'allocation d'énergie entre la recherche de patches convenables et la reproduction est particulièrement cruciale pour le succès reproducteur des femelles (Ferrer, 2008).

Plusieurs espèces de coccinelles peuvent coexister dans une colonie de pucerons; même si les plus petites semblent être plus disposées à exploiter la ressource avant les grandes coccinelles. (Polis, 2007). La présence et l'absence de compétiteurs sont des éléments à rendre en compte, pour caractériser la qualité d'un patch. La compétition inter et intra spécifique est un élément important, influençant le comportement naturel des coccinelles en général. Lorsque les coccinelles exploitent une nourriture limitée dans le temps ou en faible quantité, le risque est que si cette ressource vient à manquer, le nombre de consommateurs augmente. A cela s'ajoute la prédation intra guildes (Martini, 2010). Afin de minimiser le risque de prédation intra guildes, différentes espèces aphidiphages auraient coévolué de façon à se partager les pontes dans le temps et l'espace (Coderre *et al.*, 1987; Musser & Sheldon, 2003).

Le cannibalisme est souvent décrit comme une adaptation au manque de nourriture, et permet à des communautés de perdurer même en cas de pénurie alimentaire (Martini, 2010). Le taux de cannibalisme est supposé être modulé par la quantité de ressources alimentaires (agarwala & Dixon, 1992), mais aussi par la densité de prédateurs présents (Pervez *et al.*, 2004). En conséquence, la ressource doit être présente suffisamment longtemps pour permettre un partage entre plusieurs prédateurs qui se succèderaient. On s'attend à ce qu'il y ait au moins une meilleure réponse numérique. La réponse au marquage des colonies, implique que les prédateurs ne développent pas de réponse numérique et en conséquence, ont peu d'impact sur l'abondance de leurs proies (Hemptinne *et al.*, 1992; Kindlmann & Dixon, 1999).

L'objectif de ce travail, est d'étudier le cas de partage des ressources par des coccinelles aphidiphages et coccidiphages. Dans ce contexte, on doit vérifier l'hypothèse que les petites espèces arrivent et exploitent les premières les ressources avant les grandes coccinelles. Nous essayerons de mettre en évidence, des patrons de successions et de partage des ressources dans deux types d'habitats (céréales et agrumes) agronomiques pour les coccinelles et leurs guildes.

Les pucerons, constituent des ressources abondantes pour les coccinelles, mais relativement limitées dans le temps. On observe cependant un gradient: les pucerons sont plus éphémères. Qu'en est-il des cochenilles ? Ces ressources attirent de nombreux consommateurs. La question est de savoir, comment se succèdent ces consommateurs dans le temps, qui arrive le premier, se reproduit le premier et pour les coccinelles qui évoluent ensemble comment se partagent les pontes dans le temps et dans l'espace ?

Matériel et méthodes.

1 - Cas des pucerons.

L'essentiel de l'étude, s'appuie sur des dénombrements simultanés et réguliers des différents stades de développement des coccinelles aphidiphages et de leurs proies sur céréales, et agrumes :

- Pour le cas des pucerons des céréales, nous avons choisi une parcelle de blé de deux hectares au sein de l'Institut Technique des grandes cultures (I.T.G.C) d'Oued Smar El-Harrach (Alger). Afin de réaliser un relevé homogène et représentatif, la parcelle a été divisée en quatre blocs homogènes de 25 m² chacun. Au total, dix neuf relevés ont été effectués à raison de trois prélèvements par mois de janvier à juillet 2007. Pour la collecte des coccinelles, un filet fauchoir a été utilisé entre 8 h et 10 h du matin, au moment où les coccinelles sont peu actives. Pour les pucerons aptères, les œufs, les larves et les nymphes de coccinelles, nous avons prélevé dans chaque carré, un échantillon d'une tige infestée de pucerons. Chaque prélèvement a été mis individuellement dans un sachet en papier pour un dénombrement en laboratoire. Pour la collecte des adultes ailés de pucerons, l'emploi de pièges attractifs (bassines jaunes) s'est avéré nécessaire pour chaque carré. Les pucerons ont été préparés selon la méthode décrite par Hille Ris Lambers (Blackman & Eastop, 1984) et l'identification a été faite par nos soins à l'aide de la clé de Remaudiere *et al.* (1997).

- Pour ce qui est des aphides des agrumes, l'étude s'est déroulée dans la région de Rouïba, située à 25 km à l'est d'Alger dans un verger de citronniers (*Citrus limon* Linné, variété *eureka*) âgé de 10 ans et d'une superficie de 2,5 ha.

Les relevés ont été effectués deux fois par mois durant l'année 2007, en adoptant une méthode d'échantillonnage basée sur des dénombrements périodiques et aléatoires des populations (Dagneli, 2003). La parcelle a été divisée en 9 unités, renfermant chacune 25 arbres où un seul sujet a été retenu et au sein duquel des battages ont été réalisés à l'aide d'un parapluie japonais à raison de deux coups par direction cardinale plus le centre.

Nos observations ont été complétées par des prélèvements d'un rameau de 15 cm infesté de pucerons sur chaque direction cardinale plus le centre. Cette méthode a permis le dénombrement des pontes et des larves de la communauté aphidiphage ainsi que celle des pucerons.

2 - Cas des cochenilles.

Concernant les cochenilles des agrumes, nous avons réalisé notre étude dans le même site que celui des pucerons et avec les mêmes techniques d'échantillonnage. Afin d'identifier des différentes espèces de cochenilles et estimer le niveau de population de chaque espèce, on a prélevé sur chaque arbre un rameau infesté de 15 cm sur chaque direction cardinale plus le centre.

3 - Analyses statistiques

Une difficulté est apparue dans la représentation graphique de la relation entre abondance des pucerons et abondance des coccinelles, du fait de la disproportion entre les effectifs des pucerons et ceux des coccinelles. Une transformation de ces valeurs en logarithme permet de tracer une droite de régression. Grâce à cette transformation il devient possible de corrélérer les densités des pucerons (en log) à celles des larves ou des adultes de coccinelles.

Pour tester l'effet de différentes variables sur les effectifs des coccinelles et leurs proies, nous avons eu recours au logiciel PAST vers. 1.37 (Hammer *et al.*, 2001). Afin d'estimer le décalage temporel de l'ordre chronologique d'arrivée de coccinelles évoluant sur différents habitats on a effectué le test crosscorrelation. C'est une méthode standard d'estimation de la mesure dans laquelle deux séries sont corrélées. Considérons deux séries (i) x et y (i) où i = 0, 1, 2 ... N - 1. Le r corrélation croisée au délai d est défini comme:

$$r = \frac{\sum_i [(x(i) - m_x) * (y(i-d) - m_y)]}{\sqrt{\sum_i (x(i) - m_x)^2} \sqrt{\sum_i (y(i-d) - m_y)^2}}$$

Où m_x et m_y sont les moyennes de la série correspondante.

Pour pouvoir comparer les successions des espèces de coccinelles nous avons calculé le barycentre pour les groupes de coccinelles de petite, de grande taille et les pucerons ayant montré

des différences dans les variations temporelles d'abondance. Pour calculer le barycentre, on a utilisé la formule :

- $B = \Sigma (M_i * \ln(1 + \text{l'abondance})) / \Sigma (\ln(1 + \text{l'abondance}))$
- $n_i = \text{Nombre d'individus} / \text{mois } i$
- Corrélations-régressions (SYSTAT vers. 7.0, SPSS 1997 et Excel™)

On a utilisé la corrélation - régression pour mesurer la relation entre les populations des prédateurs (coccinelles) et leurs proies (pucerons ou cochenilles).

Résultats

Pour mieux expliciter la succession des espèces de coccinelles et le partage des ressources, nous avons regroupé les coccinelles selon leurs régimes alimentaires. Seules les coccidiphages et les aphidiphages ont été prises en considération.

1 - Partage des ressources et succession des coccinelles aphidiphages.

1.1 - Cas des pucerons des céréales

Dans le but de vérifier l'hypothèse selon laquelle les petites coccinelles arrivent avant les grandes (Honek *et al.*, 2008). Nous avons eu recours au test de crosscorrelation pour définir par le biais des barycentres le décalage temporel des deux groupes de coccinelles.

A travers le test de crosscorrélation, nous avons tenté d'estimer le décalage temporel de l'ordre d'arrivée des espèces de coccinelles évoluant sur céréales. Il ressort que les coccinelles de grande taille, représentées par les espèces *C. septempunctata* et *H. variegata*, sont celles qui apparaissent les premières dans le champ de blé, avec un décalage temporel significatif de 25 jours (crosscorrelation test, $p = 7,46.10^{-7}$) par rapport aux espèces de petite taille du genre *Scymnus*: *S. subvillosus*, *Scymnus pallipediformis* (Gunther 1958) et *Scymnus interruptus* (Goeze 1777). En revanche, le décalage temporel entre les coccinelles et leurs proies est estimé à 9 jours pour les coccinelles de grande taille (crosscorrelation test, $p = 0,014$) et de 15 jours (crosscorrelation test, $p = 0,042$) chez celles qui sont de petite taille.

La figure 1 révèle que les espèces *C. septempunctata* et *H. variegata* sont les premières qui s'installent dans la culture. Les adultes de ces coccinelles ont été capturés vers la première décade du mois de janvier. En raison des conditions climatiques non encore favorables, et l'absence de nourriture durant la période hivernale, ces espèces n'ont pas pu débiter leurs activités

reproductrices. L'amélioration des conditions climatiques et l'élévation du seuil thermique vers le début du mois de mars ont favorisé l'installation des premières populations du puceron *Rhopalosiphum padi* (Linné) et par la suite des espèces *Sitobion fragariae* (Walker) et *Sitobion avenae* (Fabricius) sur les feuilles du blé. Cet apport de nourriture a incité la coccinelle *C. septempunctata* à déposer ses premières pontes vers la deuxième décennie du mois de mars au milieu des populations du puceron *R. padi*. Les périodes larvaire et nymphale de cette espèce s'étaleront jusqu'à fin avril. Vers la fin mars nous notons l'installation d'autres pucerons des céréales: *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) et *Metopolophium dirhodum* (Walker). Cette abondance complémentaire de nourriture a permis à une seconde espèce de coccinelle *H. variegata* de se joindre à la première et d'entamer sa reproduction vers le début avril (premières pontes notées le 03 avril) et s'étalera jusqu'à mi mai.

A travers le suivi des espèces *C. septempunctata* et *H. variegata* sur d'autres cultures herbacées (trèfle, fève et luzerne) dans le nord et le sud algérien, nous avons relevé un ordre d'arrivée similaire des deux espèces.

Les autres coccinelles, en l'occurrence *S. pallipediformis*, *S. interruptus* et *S. subvillosus*, ont été capturées vers fin mars. Néanmoins, on doit signaler l'absence des œufs et des larves de ces trois espèces. Ceci implique que ces coccinelles vivent isolément sous forme d'adultes sexuellement inactifs.

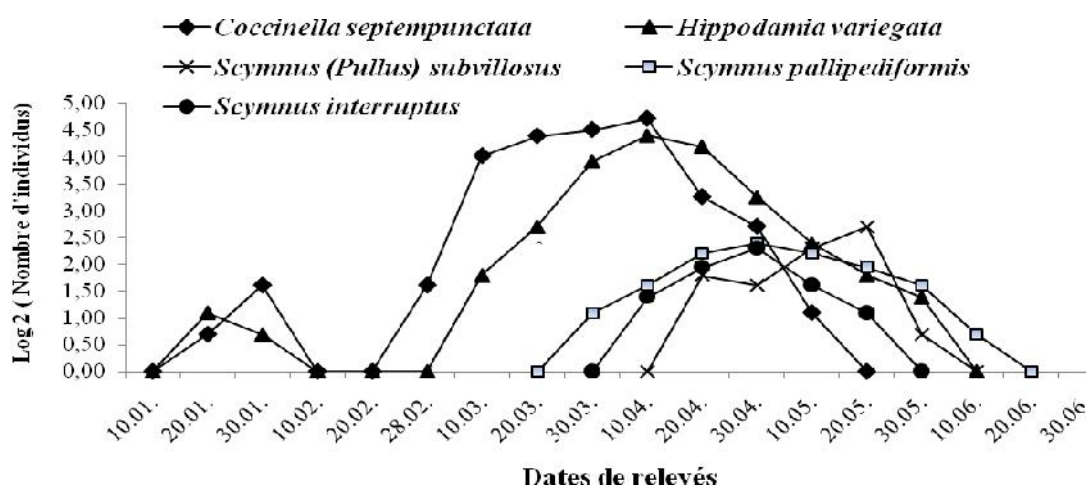


Figure 1

Succession des espèces de coccinelles aphidiphages répertoriées sur céréales à Oued Smar (secteur algérois) en 2007.

1.1.1 - Relation entre les coccinelles et les pucerons des céréales.

Les coccinelles se trouvant dans la parcelle bénéficient d'une nourriture diversifiée. Elle est constituée de pas moins de cinq espèces de pucerons inféodées aux céréales (*R. padi*, *S. avenae*, *S. fragariae*, *R. maidis* et *M. dirhodum*). L'espèce *R. padi* étant prédominante, elle constitue la proie principale des coccinelles et autres prédateurs de la même guild.

Cette importante biomasse de nourriture a permis aux coccinelles *C. septempunctata* et *H. variegata* de développer des descendance viables d'avril à mai. Elle a permis également aux autres espèces du genre *Scymnus* de s'alimenter pour développer leurs gonades en vue de migrer vers d'autres sites pour se reproduire. Durant cette période, un maximum de pucerons a été dénombré totalisant 532 individus. En comparaison avec la communauté des coccinelles, un effectif maximal de 181 individus a été enregistré vers mi avril représentant ainsi 24,30% de la population globale. Toutefois, il est à signaler que les pontes des coccinelles ont été synchronisées avec l'apparition des pucerons *R. padi*, *S. avenae* et *S. fragariae*. De ce fait, les larves ont pullulé durant la période où la ressource alimentaire était excédentaire (avril-mai). La disponibilité des pucerons en mois d'avril sur céréale a permis à la coccinelle *C. septempunctata* de compléter tout son cycle biologique. Par contre, le cycle de *H. variegata* a subi des perturbations en raison du manque de nourriture. En effet, une chute brutale des populations aptères a été notée à partir du début mai, où seuls des individus ailés ont persisté par la suite (Fig. 2).

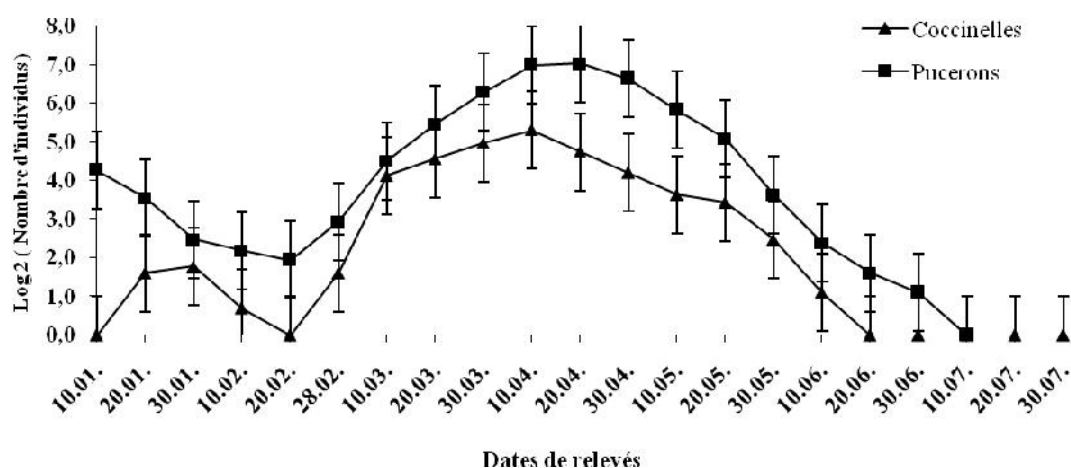


Figure 2

Evolution temporelle des coccinelles aphidiphages et leurs proies (pucerons) sur blé à Oued Smar (secteur algérois) en 2007.

La présence des coccinelles aphidiphages sur céréales est étroitement liée à la présence des pucerons qui sont représentés surtout par l'espèce *R. padi* ($r = 0,90$). Autrement dit les populations des coccinelles aphidiphages sont d'autant plus importantes que la ressource est

abondante. Dans le même ordre d'idée, l'analyse de la variance nous donne une différence hautement significative ($F=36,78$, ddl, 12,6; $Pr > F= 0,0001$), indiquant que la présence des coccinelles aphidiphages dépendent de celle des pucerons.

1.2 - Cas des pucerons des agrumes.

L'activité des aphidiphages est instable sur agrumes, en raison des variations de la disponibilité de la nourriture. Cette dernière, constitue un facteur trophique essentiel pour la reproduction et le développement des coccinelles. La présence et l'abondance des pucerons inféodés aux agrumes en l'occurrence *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe) et *Aphis citricola* (Van Der Goot) dépendent de l'importance des différentes poussées de sève (printanière, estivale et automnale).

L'analyse des données montre que la petite coccinelle *S. subvillosus* est la première qui s'installe sur agrumes. Un décalage significatif de 30 jours sépare l'apparition de cette espèce et les autres coccinelles de grande taille en l'occurrence: *O. doublieri*, *H. variegata* et *A. decempunctata* (crosscorrelation test, $p = 1.59.10^{-5}$). Le même test nous renseigne également sur le décalage de l'ordre d'arrivée des coccinelles et leurs proies: 8 jours (crosscorrelation test, $p = 1.15.10^{-3}$) pour *S. subvillosus*; 25 jours (crosscorrelation test, $p = 2.66.10^{-4}$) pour les autres coccinelles.

Les premiers adultes de l'espèce *S. subvillosus* sont observés vers la fin février. C'est aussi la seule qui se reproduit sur agrumes. Les premières pontes de cette coccinelle ont lieu vers la 3^{ème} semaine du mois d'avril au milieu des colonies des pucerons *T. aurantii* et *A. citricola* installées sur les jeunes pousses de la poussée printanière. Une intense activité de ce *Scymnus* est observée aux mois d'avril et mai. Un autre *Scymnus* fait son apparition vers la fin avril, il s'agit de *S. interruptus*. Néanmoins, sa présence sous forme adulte indique que cet aphidiphage préfère se reproduire ailleurs. Sur agrumes, les poussées verno-estivales sont souvent infestées de pucerons. Cette abondante nourriture a permis à d'autres espèces de s'installer sur agrumes, mais pour seulement se nourrir. Il s'agit par ordre des espèces: *S. pallipediformis*, *Scymnus* (*Scymnus*) *nubilus* (Mulsant), *H. variegata*, *C. septempunctata*, *A. decempunctata*, et *O. doublieri*. Ces taxons ont été récoltés seulement sous forme adulte et en état isolé.

En automne, la nourriture des coccinelles est composée seulement de quelques rares colonies de pucerons installées sur la poussée de sève automnale. Celle-ci ne permet pas à *S. subvillosus*, et les autres espèces présentes, de se reproduire mais seulement se nourrir avant d'entrer en hibernation (Fig. 3).

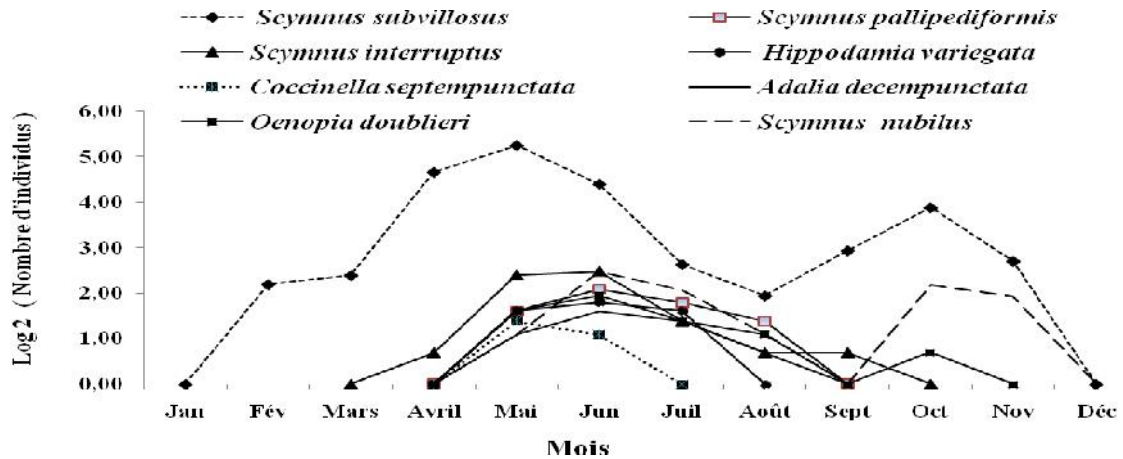


Figure 3

Evolution temporelle des coccinelles aphidiphages répertoriées sur citronnier à Rouïba (secteur algérois) en 2007.

1.2.1 - Relation entre les coccinelles et les pucerons sur agrumes

L'analyse des courbes de la figure 4 montre que l'activité des coccinelles aphidiphages est en relation avec la présence et l'abondance de leur nourriture. Sur agrumes, les poussées de sève jouent un rôle important dans l'état d'infestation des pucerons, nourriture essentielle des coccinelles. Dans le cas de ce travail, la poussée de sève printanière qui abrite les premières infestations des pucerons *A. citricola* et *T. aurantii*, a permis aux premiers adultes des coccinelles *S. subvillosus* et *S. interruptus* de se nourrir et de développer leurs gonades. Une forte infestation des pucerons a été observée à partir de la fin avril, provoquée par le chevauchement des poussées de sève verno-estivales. Un pic de 3628 individus par arbre a été noté vers la fin mai. Cette abondante nourriture a permis à l'espèce *S. subvillosus* de se reproduire et développer des descendance viables, d'une part, et l'arrivée d'autres coccinelles, d'autre part. Au cours de cette période, nous avons répertorié pas moins de six espèces de coccinelles (*S. pallipediformis*, *S. nubilus*, *H. variegata*, *C. septempunctata*, *A. decempunctata*, et *O. dublieri*) totalisant une moyenne maximale de 34 individus par arbre notée vers la fin mai.

En automne les conditions climatiques défavorables et la rareté des feuilles fraîches sur agrumes ont réduit davantage les infestations des pucerons. Cette situation, a perturbé l'activité des coccinelles, car seuls des individus adultes de quelques espèces sont restés dans le verger et ont mené une vie au ralenti avant de d'entrer en hibernation. Une moyenne de 4,6 individus par arbre a été notée vers la fin septembre. La ressource trophique est un élément essentiel dans l'évolution spatio temporel des coccinelles ($r = 0,68$). L'analyse de la variance calculée pour le cas des coccinelles évoluant sur agrumes, nous donne une différence hautement significative

($F = 36,78$, ddl, 12,6 ; $Pr > F = 0,0001$), indiquant que la présence des coccinelles aphidiphages dépendent de celle de la nourriture.

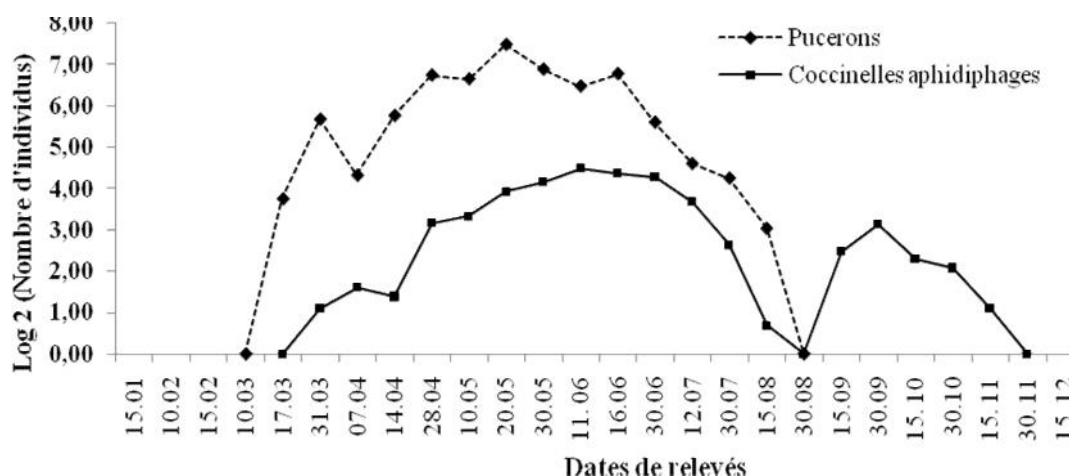


Figure 4

Variations temporelles des coccinelles aphidiphages et leurs proies (pucerons) sur citronnier à Rouïba (Mitidja) en 2007.

2 - Partage des ressources et succession des coccinelles coccidiphages sur agrumes.

Le test de croscorrelation montre que les coccinelles de grande taille représentées par les espèces *Chilocorus bipustulatus* (Linné) et *Rodolia cardinalis* (Mulsant) sont les premières à apparaître dans la parcelle, avec un décalage temporel de 8 jours par rapport aux espèces de petite taille: *Pharoscyrnus setulosus* (Chevrolat), *Rhyzobius lophantae* (Blaisdell), *Rhyzobius chrysomeloides* (Herbst), *Nephus (Nephus) peyerimhoffi* (Sicard), et *Scymnus (Mimopullus) marinus* (Mulsant) (crosscorrelation test, $P = 1,006.10^{-5}$). En revanche, le test ne désigne pas la présence d'un décalage temporel significatif entre les coccinelles et leurs proies (cochenilles) (crosscorrelation test, $p = 0,203$ et $p = 0,398$).

Comme le montre la figure 5, les espèces de grande taille *C. bipustulatus* et *R. cardinalis* sont les premières à s'installer dans le verger. Les adultes de ces coccinelles ont été observés vers le début mars, suite à l'amélioration des conditions climatiques. Les petites coccinelles en l'occurrence *P. setulosus*, et *N. peyerimhoffi* rejoignent le verger à partir de la deuxième décade du mois d'avril. Les autres interviennent un peu plus tard (*R. lophantae*, *R. chrysomeloides* et *S. marinus*).

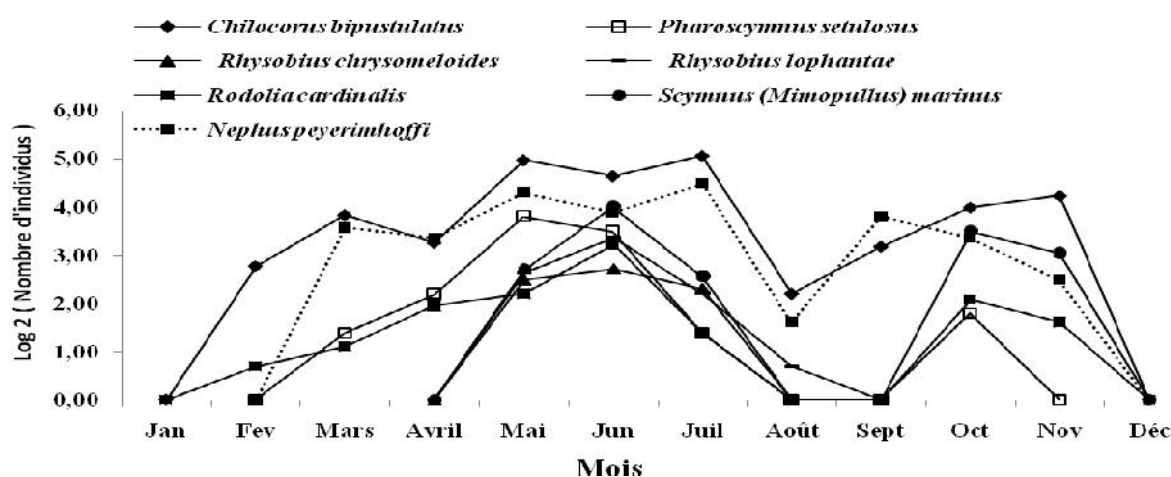


Figure 5

Evolution temporelle des coccinelles coccidiphages sur citronnier à Rouiba (secteur algérois) en 2007.

Les fortes fluctuations de cochenilles, représentées par pas moins de 10 espèces sur agrumes, ont favorisé la coccinelle *C. bipustulatus* à déposer ses premiers œufs vers le début avril. Les autres coccinelles généralistes, en l'occurrence *P. setulosus* et *R. lophantae*, pour lesquelles nous avons observé une intense activité aux mois de mai et juin, ne peuvent la concurrencer en raison de leur petite taille. L'activité des espèces spécialisées *R. cardinalis*, *S. marinus* et *N. peyerimhoffi* est très variable, en raison de l'instabilité de leur nourriture principale. En effet, la rareté actuelle de la cochenille *Icerya purchasi* (Maskell) en Algérie qui ravageait dans les années 1920 la presque totalité de nos vergers agrumicoles, ne permet pas à son prédateur, la coccinelle *R. cardinalis*, de se reproduire d'une manière permanente sur agrumes. Sa présence est souvent occasionnelle; elle développe en général une seule génération annuelle verno-estivale sur agrumes. La deuxième espèce spécialisée, *N. peyerimhoffi*, est en revanche très active; elle se reproduit à partir du début mai avec une génération supplémentaire en automne (octobre) et ceci grâce à la présence de sa nourriture essentielle composée des espèces *Pseudococcus citri* (Risso) et *Pseudococcus adonidum* (Linné).

2.1 - Relation entre les coccinelles et les cochenilles des agrumes.

Les coccidiphages, augmentent leurs effectifs entre mai et juin avec un maximum de 37.22 individus par arbre, soit 20,3 % de la population globale enregistrée en juin. Une autre période d'activité de moindre intensité est enregistrée en automne (octobre – novembre). Ceci coïncide avec le développement des trois générations des cochenilles sur agrumes (deux verno-estivales et une automnale). Selon nos observations, l'évolution des proies (cochenilles) et celle des coccinelles sont synchrones. Par ailleurs, la réponse des prédateurs est assez faible eu égard aux fortes variations des infestations des cochenilles et plus particulièrement les Diaspines:

Lepidosaphes beckii (Newman), *Lepidosaphes gloverii* (Packard), *Aonidiella aurantii* (Maskell) et *Chrysomphalus dyctyospermi* (Morgan) (Fig 6). La disponibilité de nourriture; écarte tout risque de compétition interspécifique ou de cannibalisme chez les coccinelles coccidiphages. L'analyse de la variance montre une différence non significative ($F=1,037$, ddl, 9,1; $Pr > F= 0,648$), ce qui signifie que les coccinelles coccidiphages ne peuvent en aucun cas réguler les fortes infestations des cochenilles, qui dépassent souvent le seuil tolérable. En contre partie, nous avons relevé une corrélation significative entre les populations des coccinelles coccidiphages et celles de leurs proies $r = 0.57$.

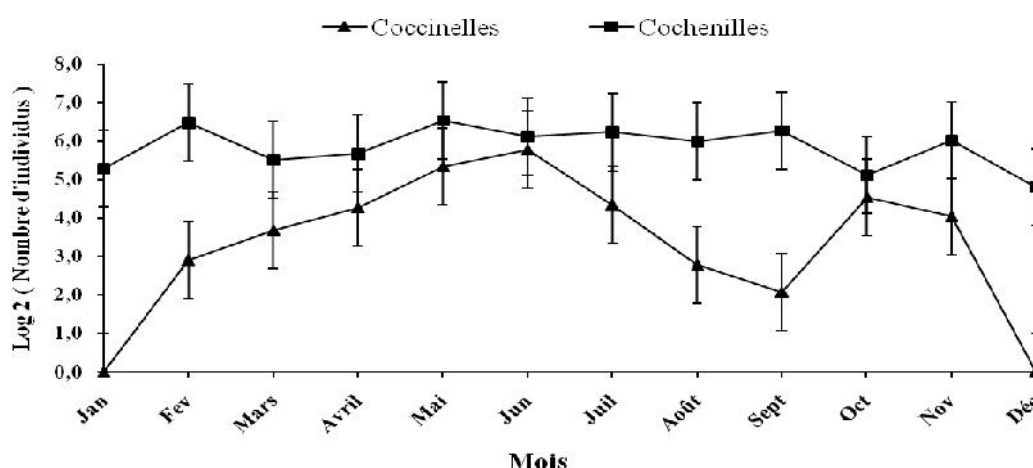


Figure 6

Evolution temporelle des coccinelles coccidiphages et leurs proies (cochenilles) sur agrumes à Rouiba (Secteur algérois) en 2007.

Parallèlement au suivi des populations de coccinelles, nous nous sommes intéressés aux autres ennemis naturels des pucerons et des cochenilles.

Le cortège des aphidiphages est représenté par douze (12) espèces réparties entre six (6) familles: les Coccinellidae et les Anthocoridae prédominent, représentant respectivement 47,57 % et 29,90 % des ennemis naturels des pucerons vivants sur agrumes. Celles-ci sont suivies par les Cecidomyiidae, les Chrysopidae et les Syrphidae, avec respectivement 11,96 %, 6,54 % et 1,95 %.

Lors de nos relevés, une seule espèce de parasite de pucerons des agrumes (*Lysiphlebus ambiguus* Haliday) a été identifiée (2,09 %).

Afin de mieux expliquer le partage des ressources et la succession entre espèces de la guildes aphidiphage, nous avons suivi l'évolution des différentes espèces sur citronnier.

Nos résultats révèlent que les coccinelles sont les premières à s'installer sur les agrumes pour se nourrir. Les adultes de *S. subvillosus* ont été observés vers février puis ont été suivis par le parasite *L. ambiguus* qui a attaqué la communauté de pucerons *T. aurantii* et *A. citricola* vers fin

mars d'une part, et la cécidomyie *Aphidolites aphidimyza* (Rondani) vers début avril d'autre part. Les larves de cette dernière partageaient sa nourriture avec la coccinelle *S. subvillosus* durant avril. Enfin, la punaise, *Anthocoris nemoralis* (Fabricius), le chrysope, *Chrysoperla carnea* (Stephens), et le syrphe, *Episyrphus balteatus* (De Geer), sont intervenus tardivement vers le début mai. Les œufs et les larves de ces espèces ont été observés durant le mois de mai sur le peuplement de pucerons de la poussée de sève estivale.

Les premières colonies de pucerons installées sur les feuilles fraîches de la première poussée de sève (printanière) ont été prédatées par *S. subvillosus*, *A. aphidimyza* et parasitées par *L. ambiguus*. Ceci peut s'expliquer, par la présence des larves de ces prédateurs au milieu les colonies des pucerons *A. citricola* et *T. aurantii*, vers la deuxième quinzaine du mois d'avril. Cette activité larvaire s'est poursuivie de mai à fin juin pour l'espèce *S. subvillosus* avec des moyennes allant de 9,11 et 5,22 individus par arbre, dénombrés au mois de mai. Les larves d'*A. nemoralis* et de *C. carnea*, ont accru leurs effectifs également en mai, grâce à la présence de fortes populations de pucerons sur la végétation fraîche des poussées de sève verno-estivale. Des pics de 11,22 et 3,22 individus par arbre, ont été relevés durant le mois de mai pour ces deux espèces. Chez les Syrphidae, malgré la présence très marquée des adultes d'*E. balteatus*, peu de larves de cette espèce ont été dénombrées sur les échantillons prélevés. Une moyenne maximale de 1,11 larve par arbre a été notée au mois de juin, et seulement quatre larves âgées ont été dénombrées durant tout le mois de mai. A partir du mois de juillet, seuls les adultes des coccinelles, des anthocorides et quelques chrysopes isolés qui sont restés dans le verger se sont alimentés à partir des rares pucerons de la poussée estivale. (Fig.7).

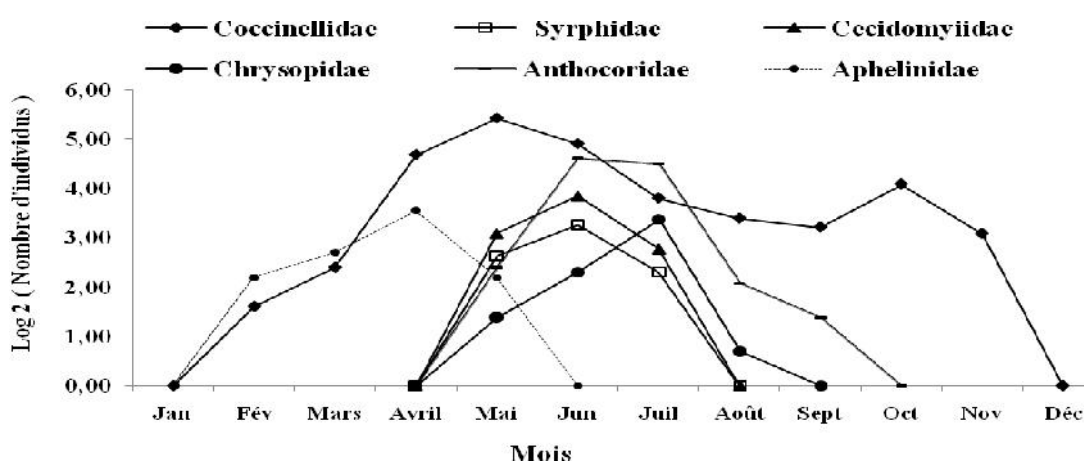


Figure 7

Evolution temporelle des coccinelles aphidiphages et leurs prédateurs associés sur agrumes à Rouiba (secteur algérois) en 2007.

2.2 - Partage des ressources dans la guilde des coccinelles coccidiphages.

Les coccidiphages inventoriés sur agrumes sont au nombre de 10 espèces (Saharaoui *et al.*, 2009) représentant trois familles. Les Coccinellidae, avec huit espèces, sont dominantes et les plus actives; elles représentent 59.26 % du peuplement des ennemis naturels des cochenilles. Elles sont suivies par les Aphelinidae Thomson et les Nutilidae avec une seule espèce chacune, représentant respectivement 22,59 % et 18,15 % du peuplement.

Nos résultats montrent que les Coccinellidae présentent une intense activité sur les générations verno-estivale et automnale des cochenilles. Toutes ces espèces se reproduisent et développent des descendances viables entre avril et juillet puis en octobre et novembre. Un pic de 14,44 individus par arbre a été noté au mois de juin. Les coccinelles sont concurrencées par le parasite, *Aphytis lepidosaphes* Compere, très actif sur les générations automnale et printanière des cochenilles diaspines. L'espèce *Cebocephalus* sp. (Nutilidae) est un prédateur non négligeable, du fait de sa densité très importante et ce, malgré sa petite taille. Cette espèce, joue un rôle de nettoyage après le passage de la grande coccinelle *C. bipustulatus*, ce qui justifie son intense activité en été. Une moyenne de 11,22 individus par arbre a été notée au mois de juillet (Fig. 8).

Malgré l'abondance des ennemis naturels des cochenilles, on peut dire que l'impact des coccinelles et des autres prédateurs reste très faible sur les populations des cochenilles. Il ne peut donc se maintenir un équilibre en raison des fortes fluctuations des cochenilles, d'où la nécessité d'associer d'autres méthodes de lutte afin de réduire les infestations de cochenilles sur agrumes à un seuil tolérable.

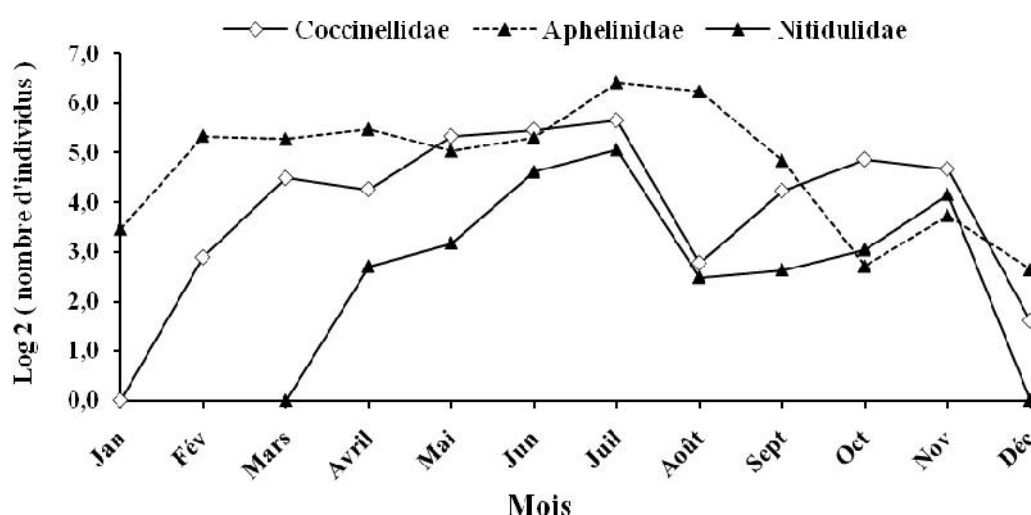


Figure 8

Evolution temporelle des coccinelles coccidiphages et leurs guildes sur citronnier à Rouiba (Mitidja) en 2007

Discussion et conclusion

A travers cette étude, nous avons mis en évidence des patrons de successions et de partage des ressources trophiques (pucerons et cochenilles), chez le peuplement de coccinelles et les autres prédateurs associés. L'interaction entre les coccinelles et leurs proies a été examinée dans le but de vérifier comment se succèdent ces consommateurs dans le temps: qui arrive le premier, se reproduit le premier. Dans ce cadre plusieurs théories et hypothèses ont fait l'objet d'une vérification.

1 - Cas des pucerons

Dans ce cadre, nous avons tenté de vérifier la théorie qui dit que les petites coccinelles arrivent avant les grandes dans la culture (honek *et al.*, 2008). Nos résultats, montrent que sur cultures herbacées (trèfle, fève, luzerne, poivron etc...), les coccinelles de grande taille, *C. septempunctata* et *H. variegata*, sont celles qui se reproduisent les premières avec un décalage temporel d'environ 15 jours (d'après le test de crosscorrelation). L'arrivée de *C. septempunctata* coïncide avec l'installation des premières colonies des pucerons aptères sur la culture. La disponibilité de la nourriture suite à l'arrivée d'autres pucerons favorise l'espèce *H. variegata* à déposer ses premiers œufs un peu plus tard. Coderre *et al.*, (1987) rapportent qu'afin de minimiser le risque de prédation intra guildes différentes espèces aphidiphages auraient coévolué de façon à se partager les pontes dans le temps et l'espace.

Les espèces de petite taille représentées par les Scymnini (*S. subvillosus*, *S. pallipediformis* et *S. interruptus*) s'installent dans la culture, soit au début de l'arrivée des premiers ailés de pucerons ou à partir de la chute de la population de proies, mais sans toutefois développer des descendance viables sur céréales. D'après nos observations, ces petites coccinelles se reproduisent sur des plantes spontanées et vont rejoindre par la suite les autres cultures pour se nourrir.

Contrairement aux cultures herbacées, la petite coccinelle *S. subvillosus* est souvent la première qui s'installe et se reproduit sur les arbres et les arbustes, nous l'avons observé sur les agrumes, les rosacées et quelques arbustes tels que *Pittosporum tobira* (Thunberg), *Ligustrum japonicum* (Thunberg) et *Nerium oleander* (Linné). Les espèces de grandes tailles en l'occurrence, *H. variegata*, *A. decempunctata*, *O. doublieri*, *C. septempunctata* et *Calvia* (*Anisocalvia*) *quatuordecimguttata* (Linné) interviennent suite à l'accroissement de la population proie. Parmi ces dernières, une seule assure la reproduction mais rarement deux sur le même arbre, les autres émigrent vers d'autres cultures pour développer des descendance viables. En effet, plusieurs

auteurs ont noté que les coccinelles s'abstiennent de pondre en présence de larves d'autres espèces conspécifiques (Doubbia *et al.*, 1998; Yasuda *et al.*, 2000; Agarwala *et al.*, 2003). A titre d'exemple l'espèce *S. subvillosus* est la première qui se reproduit sur grenadier, elle est suivie par soit *H. variegata*, *O. doublieri* ou *A. decempunctata*.

Les autres coccinelles de petite taille (*S. pallipediformis*, *S. interruptus*, et *S. nubilus*) s'installent lors de la phase décroissante des populations des pucerons mais uniquement pour s'alimenter. En effet, nous n'avons pas trouvé d'œufs ou de larves des ces espèces sur arbres fruitiers. Par contre, on a souvent rencontrés des larves de ces petites coccinelles sur veise - avoine et diverses plantes adventices se trouvent aux alentours.

2 - Cas des cochenilles

Chez les coccidiphages, pas moins de 10 espèces de cochenilles constituent l'essentiel du menu des coccinelles sur agrumes. Cette disponibilité en nourriture durant toute l'année assure le maintien et la stabilité des coccidiphages: cas des généralistes *C. bipustulatus*, *P. setulosus*, et *R. lophantae* qui s'alimentent de diaspires présentes en abondance. En revanche, les spécialistes *R. cardinalis*, *N. peyerimhoffi*, et *S. marinus* trouvent leurs proies en quantités moindre ou rare telles que la cochenille *I. purchasi* et les Pseudococcines.

L'espèce de grande taille *C. bipustulatus* prédomine dans la guildes des coccidiphages. Elle s'installe la première sur agrumes (début mars) et commence à pondre début avril. *R. cardinalis* vient en deuxième position sans se reproduire en raison de l'inaccessibilité à la ressource trophique (*I. purchasi*). Les coccinelles de petite taille interviennent en dernier (début mai) et se partagent une nourriture très abondante et sélective composée de pas moins de dix (10) espèces de cochenilles diaspires durant toutes les périodes verno-estivale et automnale. Magro *et al.* (2002) rapportent que les coccinelles coccidiphages passent moins de temps à se nourrir que les aphidiphages

3 - Partage des ressources entre les coccinelles et les autres prédateurs associés.

Les coccinelles en général partagent la nourriture avec d'autres consommateurs ayant le même régime qui peuvent parfois influencer leur développement normal en raison de la compétition qu'ils exercent avec la rareté et ou l'insuffisance de la proie.

Sur céréales et d'autres cultures herbacées, les Syrphidae et les Chrysopidae demeurent les principaux prédateurs partageant la nourriture avec les coccinelles aphidiphages, qui arrivent après les coccinelles. L'activité de ces deux compétiteurs reste très limitée dans la mesure où les larves

dénombrées sont faibles malgré la présence d'adultes. Ceci peut être expliqué par la prédation des œufs exercée par les coccinelles, donc l'hypothèse d'une prédation intra-gilde n'est pas à écarter.

Sur agrumes, les compétiteurs des coccinelles aphidiphages sont nombreux. Une forte compétition peut s'observer entre les coccinelles d'une part et les Aphelinidae, les Cecidomyiidae, les Anthocoridae, les Syrphidae et les Chrysopidae d'autre part. Il ressort de nos résultats que les parasites (*Aphytis* sp, *L. ambiguus*) arrivent les premiers en s'attaquant aux premières colonies de pucerons installées sur agrumes. Chez les prédateurs, la coccinelle *S. subvillosus* et la cécidomyie *A. aphidimyza* se succèdent après les parasites. Ces deux prédateurs vivent en sympatrie et se nourrissent des mêmes pucerons *A. citricola* et *T. aurantii*. Ils sont suivis dans l'ordre par l'anthocoridae: *A. nemoralis*, le chrysope, *C. carnea*, et le syrphe, *E. balteatus*. Ces deux dernières espèces interviennent tardivement vers début mai sur les colonies de pucerons de la poussée de sève estivale. De nos résultats, il ressort qu'une certaine organisation réside dans l'utilisation de la ressource alimentaire entre les aphidiphages. Néanmoins, les coccinelles restent les prédateurs qui prédominent et profitent amplement de la nourriture.

Comparativement aux aphidiphages, les compétiteurs des coccidiphages demeurent limités, mis à part un parasite hyménoptère et un coléoptère nutidilidae *Cybocephalus* sp. En revanche, les consommateurs coccidiphages trouvent une nourriture très abondante et diversifiée durant toute l'année constituée de pas moins de 10 espèces de cochenilles dont la quasi – totalité renferme les Diaspines: *A. aurantii*, *Parlatoria ziziphus* (Lucas), *L. beckii*, *L. gloverii*, *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan), *Parlatoria oleae* (Colvee) et *Saissetia oleae* (Olivier). Ces dernières présentent au minimum trois générations par an sur agrumes (Gharbi, 2006, 2009). En effet, selon Magro *et al.* (2007), les coccinelles coccidiphages passent moins de temps à se nourrir que les aphidiphages. En revanche, les prédateurs aphidiphages, ayant un développement asynchrone avec leurs proies, ne seront pas en mesure de réduire leurs effectifs avec ceux des prédateurs coccidiphages, qui ont un temps de développement plus rapide que celui de leurs proies (Kindlmann & Dixon, 1999).

Références

- Agarwala, B.K. & Dixon, A.F.G. (1992). Laboratory study of cannibalism and interspecific predation and ladybirds. *Ecol. Entomol.*, **17**, 303-309.
- Agarwala, B.K. & Dixon, A.F.G. (1993). Kin Recognition - egg and larval cannibalism in *Adalia bipunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.*, **90**, 45-50.
- Blackman, R.L. & Eastop, V.F. (1984). *Aphids on the world's crops, an identification guide*. John Wiley & Sons, New-York. 446 pp.
- Coderre, D., Provencher, L. & Tournier, J.C. (1987). Oviposition and niche partitioning in aphidiphagous insect on maize. *Can. Entomol.*, **119**, 195-203.
- Dagnelies, P. (2003). *Principes d'expérimentation, planification des expériences et analyse de leurs résultats*. Presse agronomique de Gembloux. 397 pp.
- Dixon, A.F.G. (2000). *Insect predator-prey dynamics. Ladybird beetles & biological control*. Cambridge University Press, Cambridge, 257 pp.
- Dixon, A.F.G. (2007). Body size and resource partitioning in ladybirds. *Popul. Ecol.* **49**, 45-50.
- Doumbia, M., Hemptinne, J.L. & Dixon, A.F.G. (1998). Assessment of patch quality by ladybirds: role of larval tracks. *Oecologia*, **113**, 197-202.
- Ferrer, A., Dixon, A.F.G. & Hemptinne, J.L. (2008). Prey preference of ladybird larvae and its impact on larval mortality, some life-history traits of adults and female fitness. *Bull. Insectology*, **61**, 5-10.
- Gharbi, R. (2006). *Le complexe, coccinelles - parasites - hyménoptères dans la population de cochenilles diaspidines (Homoptera – Diaspididae) et son interaction avec leurs guildes dans un verger de citronniers à Rouiba*. Th. Ing. Agro. I.N.A. El-Harrach. 106 pp.
- Gharbi, R. (2009). *Impact du complexe coccidiphages – parasites hyménoptères dans des peuplements de cochenilles diaspidines (Homoptera; Diaspididae) sur agrumes à Rouiba*. Mem., Magistère. Agro. E.N.S.A. El-Harrach. 87 pp.
- Hammer, O., Harper, D.A.T. & Ryan, P.D. (2001). PAST Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, **4**(1): 9pp.
- Hemptinne, J.L., Dixon, A.F.G. & Coffin, J. (1992). Attack Strategy of Ladybird Beetles Coccinellidae - Factors Shaping Their Numerical Response. *Oecologia*, **90**, 238-245.
- Honek, A., Anthony, F.G., Dixon, A.F.G. & Martinková, Z. (2008). Body size and the temporal sequence in the reproductive activity of two species of aphidophagous coccinellids exploiting the same resource. *Eur. J. Entomol.*, **105**, 421-425.
- Kindlmann, P. & Dixon, A.F.G. (1999). Generation Time Ratios–Determinants of Prey Abundance in Insect. Predator – Prey Interactions. *Biol. Control*, **16**, 133-138.
- Magro, A., Hemptinne, J-L., Codreanu P., Grosjean, S. & Dixon, A.F.G. (2002). Does the satiation hypothesis account for the differences in efficacy of coccidophagous and aphidophagous ladybird beetles in biological control? A test with *Adalia bipunctata* and *Cryptolaemus montrouzieri*. *Biol. Control*, **47**, 537-543.
- Magro, A., Tene, J.N., Bastin, N., Dixon, A.F.G. & Hemptinne, J.L. (2007). Assessment of patch quality by ladybirds: relative response to conspecific and heterospecific larval tracks a consequence of habitat similarity? *Chemoecology*, **17**, 37-45.
- Martini, X. (2010). *Evolution du cannibalisme et du comportement de ponte chez les coccinelles aphidiphages*. Thèse. Doc. Univ. Toulouse. 133 p.
- Musser, F.R. & Shelton, A.M. (2003). Factor altering the temporal and within - plant distribution of coccinellids in corn and their impact on potential intra-guild predation. *Environ. Entomol.*, **32**, 575-583.
- Mutin, L. (1977). *La Mitidja. Décolonisation et espaces géographiques*. Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 607 pp.

- Pervez, A., Omkar & Richmond, A.S. (2004). The influence of age on reproductive performance of an aphidophagous ladybird beetle, *Propylea dissecta*. *J. Insect Sci.*, **4**, 1-10.
- Polis, G.A., Myers, C.A. & Holt, R.D. (1989). The ecology and evolution of intraguild predation: Potential competitors that eat each other. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, **20**, 297-330.
- Remaudiere, G. & Remaudiere, M. (1997). *Catalogue des Aphididae du monde, Homoptera, Aphidoidea*. I.N.R.A. Editions, Collection Techniques et Pratiques, 473 p.
- Saharaoui, L. & Hemptinne, J.L. (2009). Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) sur agrumes et interactions avec leurs proies dans la région de Rouïba (Mitidja orientale) Algérie. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, **45**(2), 245-259.
- Schoener, T.W. (1974). Resource partitioning in ecological communities. *Science* **185**, 27-39.
- Stewart, L.A., Hemptinne, J.L., Dixon, A.F.G. (1991). Reproductive tactics of ladybird beetles: relationships between egg size, ovariole number and developmental time. *Funct. Ecol.*, **5**, 380-385.
- Yasuda, H., Takagi, T. & Kogi, K. (2000). Effects of conspecific and heterospecific larval tracks on the oviposition behaviour of the predatory ladybird, *Harmonia axyridis* (Coleoptera Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.*, **97**, 551-553.

Discussion générale

Discussion générale

La diversité spécifique fait référence à l'existence de plusieurs espèces différentes sur un même territoire de dimensions modestes (biotope: forêt, marécage, vallée). Une loi en écologie nous apprend qu'en règle générale, les écosystèmes sont d'autant plus stables et résistants à des perturbations extérieures qu'ils sont diversifiés (Sarthou, 2006).

Un grand nombre d'espèces différentes sur un territoire donné est le signe de la richesse d'un biotope, les interactions entre les espèces y sont nombreuses car les chaînes trophiques sont plus ou moins longues et détaillées. Par contre, la faible représentation des ordres différents alliés à un nombre limité d'espèces du même ordre fait penser à un milieu pauvre (Levêque, 1997). En outre, moins il y a d'espèces ayant la même fonction de prédation à un maillon donné de la chaîne, et plus la fragilité de celle-ci est prononcée (Rosensweig, 1996).

Dans un environnement hétérogène constitué par une mosaïque complexe d'habitats convenables, la relation prédateur-proie s'accompagne d'une certaine stabilité des populations (Ramade, 1994). La diversité d'un peuplement revêt au moins deux aspects. Le premier correspond au nombre de taxons présents, généralement des espèces. Mais, la richesse en taxons d'un peuplement n'est qu'une mesure imparfaite de la diversité et ne tient pas compte de l'autre aspect de la diversité que constitue l'importance numérique de chaque taxon (Williamson, 1973).

Dans le présent travail, nous avons tenté d'étudier les coccinelles d'Algérie. Cette famille d'insectes est connue pour être écologiquement importante dans les milieux terrestres où vivent des populations de ravageurs. En s'alimentant de divers insectes nuisibles aux cultures, elles tiennent une place non négligeable au côté de la faune des auxiliaires qui limitent considérablement les fortes pullulations des ravageurs.

Afin d'évaluer la diversité des coccinelles en Algérie, divers outils mathématiques ont été proposés: les indices de Shannon et d'équitabilité (E), basés sur la théorie de l'information, sont le plus communément utilisés (Daget, 1976, Dajoz, 1996), la similarité entre les secteurs géographiques et les régions climatiques, la distribution rangs / fréquence et abondance des espèces de coccinelles par secteur biogéographique. Enfin pour montrer si les caractéristiques des secteurs géographiques agissent sur la répartition des coccinelles, nous avons réalisé une analyse en composantes principales (A.C.P.). Par le test de cross correlation et le barycentre on a évalué le décalage temporel entre espèces de coccinelles et l'arrivée de leurs proies.

1 - Apports de l'étude

1.1 – Composition du peuplement des coccinelles algériennes

La richesse et la diversité spécifique des peuplements croissent avec la complexité structurale des milieux (Barbault, 1981). Dans la plupart des cas le rôle déterminant est attribué à la diversité structurale proprement dite, c'est-à-dire à l'hétérogénéité du milieu. Certains auteurs ont aussi suggéré que la diversité spécifique des plantes pouvait être par elle-même une cause importante de la diversité de certains peuplements d'insectes (Muedoch *et al.*, 1972; Heithaus, 1974; Lachaise, 1979). C'est le cas du palmier dattier qui héberge deux espèces de *Pharoscymnus* au sud Algérien.

En Algérie, la faune des coccinelles comprend 48 espèces dont 46 sont des agents de lutte biologique susceptibles de jouer un rôle dans la protection des plantes contre certains bioagresseurs. Les espèces répertoriées se répartissent dans huit sous-familles, 12 tribus et 23 genres. Il ressort clairement que la quasi-totalité de la faune des coccinelles d'Algérie se rattache à la région paléarctique et ce malgré le climat aride et saharien qui caractérise la plus grande partie du territoire. Dans le cadre de ce travail une nouvelle liste des coccinelles d'Algérie a été établie.

En comparant cette liste avec la littérature (travaux de Balachowsky (1925 et 1927) et Peyerimhoff (1926) qui ont travaillé sur la faune de l'Afrique du nord, on constate que de nouvelles espèces sont apparues c'est le cas des coccinelles: *P. ovoideus* (Espèce introduite d'Iran par Medkouri au Maroc), *P. numidicus*, *E. nigripennis*, *H. marmottani* et *Scymnus (Pullus) sp.*, alors que d'autres ont disparues sous l'effet des contraintes climatiques et l'utilisation abusive des pesticides notamment au sud algérien, il s'agit de *Coccinella (Thea) thuriferae* (Sicard 1923), *Novius cruantalsus* (Mulsant), *Hyperaspis (Oxynichus) gutturalatus* (Fairmaire), *Scymnus kiesenwetteri* (Mulsant), *Pharoscymnus anchorago* (Fairmaire) et *Chryptolaemus montrouzieri* (Mulsant) (espèce introduite). D'autres, par contre, sont toujours présentes mais leur aire de distribution a été soit réduite ou modifiée (*Exochomus pubescens* (Kugelann) et *Exochomus anchorifer*. Enfin, les espèces *Chilocorus bipunctatus* et *Pharoscymnus setulosus* contrairement au passé, actuellement elles montrent une large plasticité écologique dans le nord d'Algérie notamment sur les agrumes

Les autres taxons (40 espèces) sont communs à la faune des coccinelles d'Europe (Coutanceau 2011, 2014, 2015, Gourreau J.M., 1974, Iablokoff-Khznorian S.M., 1982, Duverger C., 1990 et 1991. L'inventaire nous a révélé que la faune des coccinelles est presque identique pour les pays du Maghreb sauf quelques exceptions. En effet, Madkouri (1975), avait signalé la présence de deux autres *Pharoscymnus* au Maroc: *Pharoscymnus tristicules* .Sic et *Pharoscymnus*

semiglobosus F., cette dernière n'est pas typique aux régions de l'Afrique du Nord. Si nous cherchons plus loin Abdolahi Mesbah, R et al (2016) ont inventorié 142 espèces de coccinelles en Iran réparties dans 08 sous-families, 17 tribus et 41 genres parmi cette faune coccinellide 29 taxons ont été retrouvés en Algérie. On dénombre près de 400 espèces de coccinelles en Amérique du Nord (White, 1983), dont 77 au Québec (Bousquet, 1991).

La littérature nous indique également qu'il a eu plusieurs projets d'acclimatation de coccinelles exotiques dans les pays du Maghreb. Certaines d'entre elles leur acclimatation a été un succès, c'est le cas des espèces *Rodolia cardinalis* et *Pharoscymnus ovoideus* (Algérie), d'autres par contre ont complètement disparues *Chryptolaemus montrouzieri*, *Chilocorus bipunctatus* variété *iranensis* et *Chilocorus cacti* (Madkouri 1973). D'un autre côté, Madkouri (1975), avait signalé la présence de deux autres *Pharoscymnus* au Maroc: *Pharoscymnus tristiculus* Sic et *Pharoscymnus semiglobosus* F., selon Fürsch (1990), cette dernière n'est pas typique aux régions d'Afrique du Nord.

1.2 - Répartition géographique des coccinelles

Whittaker (1998) rapporte que la distance joue un rôle de filtre progressif, avec de moins en moins d'espèces typiques du continent ou de la source, au fur et à mesure qu'on s'en éloigne.

En effet, l'éloignement des secteurs du sud par rapport à ceux du nord diminue l'immigration et le déplacement des coccinelles. Cela explique clairement la faible richesse spécifique des coccinelles répertoriées dans les secteurs du sud algérien. La théorie de Mac Arthur & Wilson (1967), affirme que l'éloignement du continent diminue l'immigration, ce qui rend la richesse spécifique plus faible. Cette même théorie peut être un outil majeur pour appréhender la diversité des coccinelles, car la fragmentation du milieu (d'origine bioclimatique et anthropique) crée une multitude de domaines de tailles variables, allant d'un domaine du tell méridional à un domaine maghrébin saharo méditerranéen entre coupé par un domaine maghrébin steppique. Nos résultats indiquent que:

- Les secteurs du nord d'Algérie sont beaucoup plus homogènes.
- La richesse spécifique est plus élevée dans le secteur algérois (41 espèces) que celui de l'oranaise (36 espèces), elle-même beaucoup plus grande que le secteur numidien (28 espèces).
- La diversité des coccinelles du secteur numidien (28 espèces) s'est avérée faible par rapport à des Hauts plateaux (30 espèces)
- L'Atlas Saharien qui est considéré comme une barrière séparant le nord du sud algérien, entraîne une richesse spécifique assez faible avec 12 espèces.

- Au sud algérien, où domine le Palmier dattier, les oasis du Sahara septentrional (16 espèces) peuvent servir de refuges pour la quasi-totalité des espèces de coccinelles constituant ainsi des îles.

- Le Sahara central et le Sahara méridional peuvent être considérés comme des îles, ce qui explique la faible richesse spécifique enregistrée dans ces secteurs désertiques (10 et 5 espèces).

- Certaines coccinelles sont de remarquables indicateurs biologiques du fait de leur répartition dans tous les secteurs géographiques et de leurs caractérisations climatiques et trophiques. C'est le cas des espèces *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia (Adonia) variegata*, *S. punctilum* et *H. argus* qui présentent en Algérie une large plasticité écologique.

1.3 - Influence des facteurs climatiques, trophiques et spatiaux sur le comportement naturel des coccinelles

Les communautés animales sont sous la dépendance du climat, des peuplements végétaux, de leur répartition spatiale et de la topographie du milieu, les coccinelles n'échappent pas à cette règle. Chaque espèce occupe une niche écologique qui lui est propre mais qui peut varier en cours de cycle (Chaubet, 1992). L'hétérogénéité spatio – temporelle de l'abondance des proies et sa prévisibilité sont déterminantes pour la distribution des coccinelles. Suivant les conditions de l'environnement et leurs cycles de vie, les coccinelles effectuent des déplacements dans le temps et dans l'espace, notamment entre les milieux d'alimentation, de reproduction et d'aestivo-hivernation (Iperti, 1983). Le degré de spécialisation des espèces vis-à-vis de leurs ressources, affecte leurs distributions géographiques ainsi que leurs capacités à coexister. Cette spécialisation détermine en grande partie la richesse et la nature des patrons de biodiversité que l'on observe au sein des écosystèmes (Futuyma, 2001). Nos résultats ont confirmé ces attentes. En effet, les caractéristiques climatiques des secteurs géographiques agissent directement sur la richesse spécifique des coccinelles algériennes.

Les secteurs du nord connus par des bioclimats humides, semi-arides et sub-humides abritent le plus grand nombre d'espèces de coccinelles, avec respectivement 28, 32 et 41 taxons. En revanche, dans les secteurs du sud la richesse spécifique demeure faible en raison du climat très rigoureux où les températures dépassent souvent 40°C. Elle n'excède pas 16 espèces dans le Sahara septentrional, 10 taxons dans le Sahara central et seulement 5 espèces dans le Sahara méridional.

Dans le cadre de ce travail six groupes trophiques ont été identifiés, ils sont distribués inégalement dans les secteurs géographiques. Cette répartition est en relation avec la diversité végétale qui abrite les proies des coccinelles dans chaque secteur. La végétation est très abondante

et diversifiée dans le nord en raison des conditions climatiques très favorables, plus particulièrement dans les secteurs algérois et oranais. Celle-ci abrite la majorité des proies des coccinelles qui leur permettent de se maintenir dans les meilleures conditions. En revanche, le désert montre une diversité de paysage et de végétation dégradée, dépendant de la nature du sol et de l'altitude (Ozenda, 1991) et reste subordonnée à l'existence de ressources permanentes d'eau d'irrigation. En conclusion, nous pouvons dire que les caractéristiques climatiques des secteurs biogéographiques agissent sur la production primaire nette, celle-ci agit directement sur le consommateur (coccinelles).

Dans le nord, les coccinelles ont tendance à prospecter beaucoup plus les bandes arborées et arbustives par contre, au sud c'est plutôt la bande herbacée qui attire le plus les coccinelles. (Chapitre II).

1.4 – Succession et partage des ressources dans trois agro systèmes

Dans une communauté équilibrée, il existe d'étroite relation entre d'une part, la quantité et la diversité des ressources disponibles et d'autre part, la densité et la diversité des espèces en présence (Mac Arthur, 1972). Il s'agit de savoir comment des espèces écologiquement voisines, qui coexistent dans un écosystème, se partagent des ressources communes. Nous avons également essayé de mettre en évidence des patrons de successions et de partage des ressources entre espèces de coccinelles dans trois types d'habitats.

Plusieurs espèces de coccinelles peuvent coexister dans une colonie de pucerons, même si les plus petites semblent être plus disposées à exploiter la ressource avant les grandes coccinelles (Polis, 2007). Dans cette partie, nous avons vérifié l'hypothèse qui disant que les petites coccinelles s'installent les premières et exploitent la nourriture avant les grandes.

Nous avons tenté de montrer comment ces espèces se succèdent et partagent la ressource dans la culture et quelle est l'espèce qui se reproduit et celles qui sont évincées faute de nourriture. Ce ci va nous conduire à définir le degré de spécificité et d'attraction de ces espèces envers la ressource trophique.

Chez les aphidiphages, les petites espèces représentées en Algérie par le groupe des Scymnini (*S. pallipediformis*, *S. interruptus*, *S. subvillosus* et *S. nubilus*) s'installent les premières dans les cultures, elles exploitent les premières pullulations des pucerons mais sans se reproduire. Cette hypothèse n'est pas toujours vraie, quand il s'agit de la reproduction et la ponte.

Pour le cas des céréales, c'est plutôt l'espèce de grande taille *C. septempunctata* qui commence à pondre, elle est suivie un peu plus tard par *H. variegata*. Les autres coccinelles en l'occurrence *S. subvillosus*, *S. pallipediformis*, *S. interruptus* ne sont attirées que par la nourriture.

Elles interviennent en générale au début et à la fin des pullulations. C'est la raison pour laquelle Ipert (1983) leur attribue le nom de prédateurs de nettoyage ou de faiblesse. Si la nourriture est insuffisante, elles sont chassées par les deux grandes coccinelles citées. Sur agrumes nous avons inventorié 21 espèces 10 aphidiphages, 8 coccidiphages, une aleurodiphage, une acariphage et une autre mycophage. Contrairement aux céréales, sur agrumes c'est la petite Scymnini *S. subvillosus* qui s'installe la première dans le verger. C'est d'ailleurs la seule qui se reproduit et développe des descendances viables au dépend des pucerons *Toxoptera aurantii* et *Aphis citricola*. Les autres espèces présentes sous formes d'adultes, viennent uniquement pour s'alimenter. En général, elles se reproduisent dans d'autres habitats se trouvant à la périphérie: cas des grandes coccinelles: *C. septempunctata*, *H. variegata* et *O. dublieri* et les petites *Scymnus*, *S. interruptus*, *S. pallipediformis*, *S. nubilus* qui interviennent à l'état adulte.

Chez les coccidiphages, l'espèce généraliste *C. bipunctatus* arrive la première sur les arbres et les arbustes et commence la première la ponte. Elle est considérée comme un prédateur de choc des cochenilles diaspiques notamment sur agrumes. Les petites espèces *P. setulosus* et *R. lophantae* qui cohabitent souvent avec elle, ne peuvent la concurrencer. Néanmoins pour le cas des agrumes, il ne peut y avoir de compétition entre ces espèces en raison de l'abondance de la nourriture représentée par pas moins de neuf cochenilles diaspiques. Chez les spécialistes *R. cardinalis*, *N. peyerimhoffi* et *S. marinus*, leur présence est liée à la disponibilité de leurs proies respectives (*Icerya purchasi* et les pseudococcines pour les deux autres). Elles ne peuvent entrer en compétition pour la ressource dans la mesure où elles ont des niches écologiques différentes. Sur le palmier dattier, la coccinelle *P. ovoideus* exerce souvent une pression sur *P. setulosus* ce qui explique son abondance dans toutes les régions du sud algérien. Néanmoins, la disponibilité de la nourriture (*P. blanchardi*), leur permet souvent de cohabiter sans aucune forme de compétition interspécifique.

1.5 – Interaction entre les coccinelles et leurs guildes

Les coccinelles en général, partagent leur nourriture avec d'autres consommateurs qui peuvent parfois influencer leur développement normal en raison de la compétition qu'ils exercent, quand la nourriture est rare ou insuffisante. Dans le cadre de ce travail, nous avons mis en évidence la relation qui existe entre les coccinelles et les autres prédateurs de la même guildes. Ainsi, sur céréales le chrysope *Chrysoperla carnea* et le syrphe *Episyrphus balteatus* sont les principaux compétiteurs des coccinelles. Nos données ont montré que ces deux prédateurs ne peuvent concurrencer les coccinelles, en raison de leur impact de prédation très limité, car seules

quelques larves isolées de ces espèces ont été dénombrées au milieu des colonies du puceron *R. padi* sur céréales. Ces deux prédateurs interviennent en générale juste après les pontes des coccinelles *C. septempunctata* et *H. variegata*. Aucune larve aussi bien de chrysope ou de syrphe n'a été dénombrée avec celles des coccinelles dans la même colonie de pucerons, ce qui prouve que ces prédateurs s'évitent entre eux, et ne veulent pas entrer en compétition interspécifique et inter guildes.

Sur agrumes, les coccinelles aphidiphages et coccidiphages partagent leur nourriture avec plusieurs consommateurs de la même guildes. Chez les aphidiphages, en plus des coccinelles, les pucerons sont attaqués par des Aphelinidae, des Cecidomyiidae, des Anthocoridae, des Syrphidae et des Chrysopidae. Nos résultats indiquent que les parasites *Aphytis* sp et *Lysiphlebus ambiguus*, sont les premiers à s'attaquer aux pucerons *Toxoptera aurantii* et *Aphis citricola* qui s'installent avec la première poussée de sève au début du printemps. Ces parasites, partagent souvent la nourriture avec la coccinelle *S. subvillosus* et la cécidomyie *Aphidolites aphidimyza*. Ces deux prédateurs vont par la suite concurrencer les parasites, ce qui explique la chute du nombre de pucerons parasités et l'apparition des larves de la cécidomyie et de la coccinelle. La disparition des larves de *A. aphidimyza*, vont céder la place à la coccinelle *S. subvillosus*. L'anthocoridae, *Anthocoris nemoralis*, le chrysope *Chrysoperla carnea* et le syrphe *Episyrphus balteatus* interviennent lors des fortes infestations des pucerons (mai – juin), mais elles ne peuvent concurrencer la coccinelle *S. subvillosus*, qui développe au moins deux générations sur la première et la deuxième poussée de sève qui interviennent durant la période hiverno-estivale. Contrairement aux aphidiphages, la guildes coccidiphage est limitée aux parasites, aux coccinelles et un miniscule nutilidae (*Cebocephalus* sp). En contre partie, ces ennemis naturels trouvent sur agrumes une nourriture très variée composée de pas moins de 10 espèces de cochenilles. Au sud algérien, les deux *Pharoscymnus*, *P. ovoideus* et *P. numidicus*, partagent leur nourriture avec le nutilidae *Cybocephalus nigriceps palmarum* (Peyerimhoff), le Chrysopidae *Chrysopa vulgaris* (Barnolai) et le parasite Aphelinidae *Aphytis mytilaspidis* (Le Baron).

2 - Conclusions et perspectives de recherche

Au terme de notre étude, il ressort clairement que la quasi-totalité de la faune des coccinelles d'Algérie se rattache à la région paléarctique, et ce malgré le climat aride et saharien qui caractérise la plus grande partie du territoire.

L'analyse des peuplements montre que les espèces se répartissent très inégalement dans les régions géographiques. Leur distribution n'est ni uniforme, ni aléatoire, et pratiquent une sélection de leur habitat qui abrite leur nourriture essentielle ou préférentielle.

Le domaine maghrébin du Tell méridional qui constitue l'extrême nord de l'Algérie, est le plus peuplé en coccinelles. On note 41 espèces dans le secteur algérois, 36 dans l'oranaï et 27 dans le numidien. Le domaine maghrébin steppique qui se localise entre l'Atlas tellien au nord et l'Atlas saharien au sud, héberge dans ses secteurs des hauts plateaux et l'Atlas saharien respectivement 30 et 12 espèces. Le domaine saharo-méditerranéen couvrant le grand désert est le moins peuplé. 16 espèces vivent dans le Sahara septentrional, 10 dans le Sahara central et seulement 5 dans le Sahara méridional.

La faible richesse des espèces par rapport à la faune des coccinelles d'Europe s'explique par le fait que l'Algérie soit isolée par des barrières aussi bien maritimes que désertiques qui empêchent l'extension des coccinelles.

En plus des espèces recensées et classées comme étant typiques aux régions sahariennes (Pharini et Epilachnini) (Iperti, 1999), le domaine saharo-méditerranéen se distingue par la présence de cinq nouvelles espèces non signalées en Afrique du nord. Il s'agit d'*E. pubescent* forme *apicalis*, *E. nigripennis*, *H. marmottani*, *P. numidicus* ainsi qu'une minuscule *Pullus* non encore identifiée. Ozenda (1958), reconnaît pour le Sahara son extrême pauvreté en individus et la monotonie du paysage et des groupements végétaux, auxquels s'ajoutent les contraintes climatiques qui gênent le développement des coccinelles.

L'analyse de la distribution des coccinelles à travers les différents secteurs géographiques, montre que les espèces *C. septempunctata*, *H. variegata*, *S. punctillum* et *H. argus* présentent une forte valence écologique. Elles montrent une large plasticité écologique et une parfaite acclimatation dans tous les secteurs géographiques de l'Algérie. En revanche, les espèces: *P. ovoideus*, *P. numidicus*, *E. pubescent* forme *apicalis*, *H. marmottani*, et *Pullus* sp semblent être spécifiques aux régions sahariennes et plus particulièrement au Sahara septentrional. Plusieurs taxons manifestent une présence très limitée dans leurs habitats respectifs. C'est le cas de : *A. bipunctata*, *O. lyncea*, *C. undecimpunctata*, *C. quatuordecimpunctata*, *H. algirica* et *H. tredecimpunctata* chez les aphidiphages et *B. quadrimaculatus* et *E. anchorifer* chez les coccidiphages pour le nord algérien et, *Exochomus pubescent* forme *apicalis*, *Hyperaspis marmottani*, *Exochomus nigripennis* et *Scymnus (Pullus)* sp. pour le Sud algérien.

L'isolement des habitats est un syndrome d'insularité chez les coccinelles. Ainsi, les secteurs géographiques du Sahara central et le Sahara méridional isolés des oasis du Sahara méridional et à mi distance des secteurs du nord, présentent une communauté de coccinelles

extrêmement pauvre. Les espèces forestières et des rosacées sont pratiquement absentes de même que le groupe des *Scymnus*. Ces constats confirment la théorie selon laquelle la richesse en espèces d'une série d'îles plus au moins distante du continent varie en fonction de leur isolement (MacArthur & Wilson, 1967). A surface égale, les îles les plus éloignées sont caractérisées par moins d'espèces que les îles les plus proches de la source, soit du continent (Blondel, 1995).

2.1 - Intérêt d'une étude plus poussée visant à renforcer et protéger le peuplement des coccinelles algériennes

En perspectives, nous dirons que la production et les lâchers massifs des coccinelles autochtones restent l'alternative la plus prometteuse tout en espérant que la biotechnologie va contribuer à résoudre les problèmes liés aux coûts très élevés de la production de la nourriture des coccinelles. En Algérie, plusieurs espèces de coccinelles peuvent contribuer efficacement à la régulation des populations de pucerons et de cochenilles. Néanmoins, elles sont généralement inégalement réparties ou absentes dans certains biotopes. Il est donc nécessaire de renforcer leurs populations par des lâchers inondatifs ou les attirer par la manipulation des agro-écosystèmes classiques, soit en le complexifiant ou en y ramenant une partie de la végétation d'origine. C'est le cas des espèces *A. bipunctata*, *O. lyncea*, *C. undecimpunctata*, *C. quatuordecimpunctata*, *H. algerica* et *H. tredecimpunctata* chez les aphidiphages et *E. quadrimaculatus* et *E. anchorifer* chez les coccidiphages.

Dans le sud, les oasis, par leurs associations culturales, induisent des conditions microclimatiques favorables au développement des coccinelles. De plus, le caractère insulaire des oasis, cernés par le désert, supprime l'existence d'une végétation refuge environnante qui joue dans d'autres régions le rôle de réservoir. Il convient donc d'être vigilant et bien renseigner sur la biocénose complexe qui gravite autour de la palmeraie afin de pouvoir gérer mieux son équilibre biologique par l'aménagement de son agro écosystème. A cet effet, nous sommes arrivés à maintenir dans la région de Biskra depuis 2005 les populations des coccinelles *C. septempunctata* et *H. variegata* dans une parcelle de trèfle entourée d'arbres de Cyprès verts. Une partie des populations de ces deux coccinelles migrent au printemps vers les champs de fève et les cultures maraîchères sous abris plastiques.

L'utilisation d'attractants peut être envisagée pour attirer les coccinelles plus hâtivement dans les cultures. Les travaux d'Ewert et Chiang (1966) ont déjà montré l'efficacité de cette technique.

Le rôle important des bordures et les haies comme zones de refuges et réservoirs permanents des coccinelles et autres prédateurs ont été démontrées par plusieurs chercheurs

(Greaves *et al*, 1987, Altieri, 1991, Alhmedi *et al.*, 2007). En Algérie, plusieurs espèces d'arbustes et d'arbres peuvent fournir des zones de refuge dès le début du printemps quand les effectifs des ravageurs dans les vergers sont encore faibles et facilitent la dissémination des coccinelles dans les cultures. Les essences suivantes ont été choisies pour leur capacité à héberger une importante faune de coccinelles: *Viburnum tinus* (L.) (Caprifoliaceae), *Nerium oleander* L, (Apocynaceae), *Arbutus unedo* (L.) (Ericaceae), *Hedera helix* (L.), (Araliaceae), *Ligustrum japonicum* (L.) (Oleaceae), *Arundo donax*, (L.) (Poaceae,) *Pittosporum tobira*, (Pittosporacées), *Fraxinus angustifolia* (L.) (Oleaceae), *Laurus nobilis* (L.) (Lauraceae), *Ziziphus lorus*, (Rhamnacées), *Myoporum leatum* (G.F.) (Myoporaceae).

La création des stations ou "cultures relais", qui permettent aux coccinelles de compléter leur cycle ou acquérir une nourriture supplémentaire, peut contribuer au renforcement des populations des coccinelles notamment les aphidiphages.

Il est important de signaler la présence de la coccinelle asiatique *Harmonia axyridis* en Algérie. Nous l'avons retrouvé en 2015 sur agrumes et sur un arbre de pacannier dans la région de Boufarik (Mitidja – Secteur algérois)

Références de la Discussion et de l'ensemble de la thèse

- Abdolahi Mesbah, R., Nozari, J., Allahyari, H., Zare Khormizi, M. (2016). Checklist and distribution of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics (IJAB)* Vol.12, No.1, 1-35, 2016
- Alhmedi A., Francis F., Bodson B. & Haubruge E. (2007). Evaluation de la diversité des pucerons et de leurs ennemis naturels en grandes cultures à proximité de parcelles d'orties. *Notes fauniques de Gembloux* 2007 **60** (4), 147-152.
- Algex. 2014. Le potentiel agricole à l'export. Revue de l'Agence Algérienne de Promotion du Commerce Extérieur (Algex), Algérie, 15 p.
- Altieri M.A. (1991). Increasing biodiversity to improve insect pest management in agroecosystems. In: Hawksworth DL (ed). *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture*. CAB. International, Wallingford, p. 165-182.
- Aggouni, M. (2004). Contribution à l'inventaire et à l'écologie des Odonates du Constantinois. Thèse de Magister: Entomologie, Univ. de Constantine. 106 p.
- Agarwala, BK. & Dixon A.F.G. (1992). Laboratory study of cannibalism and interspecific predation and ladybirds. *Ecol. Entomol.* 17: 303 - 309.
- Agarwala, BK. (1993). Kin Recognition - egge and larval cannibalism in *Adalia bipunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). *European Journal of Entomology*, **90**, 45-50.
- Agrawal, A. A., J. A. Lau et Hamback P. A. (2006). Community heterogeneity and the evolution of interactions between plants and insect herbivores. *Quarterly Review of Biology* **81**:349-376.
- Aidoud, A. (1994). Pâturage et désertification des steppes arides en Algérie. Cas de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.). *Paralelo* 37° 16 : 33-42.
- Anonyme, (2009). Statistiques agricoles 2009. Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural (MADR).
- Anonyme, (2011). Statistiques agricoles 2011. Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural (MADR).
- Anonyme (2014). Contribution du Groupe de travail II au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat « Changements climatiques: Incidences, adaptation et vulnérabilité » GIEC, 2014 30 p.
- Anonyme. (2014a). Les pays émergents investissent la Méditerranée. *Marché des fruits et légumes en Algérie*. Revue Agroligne 87, 48 p.
- Anonyme, (2014b). Institut National de la Protection des végétaux (INPV). Bulletin d'information phytosanitaire n° 34, 4 p.
- Anonyme. (2016a). Un dossier accablant : pesticides et santé. *La Recherche*, 509, mars 2016.
- Anonyme. (2016b). Pesticides: l'échec de la « ferme France ». Editorial. *Le Monde*, 09.03.2016, http://abonnes.lemonde.fr/idees/article/2016/03/09/pesticides-un-echec-accablant_4879180_3232.html
- Bedrani, S. (1994). Une modernisation à faible effet sur la production: la modernisation agricole en Algérie. In: *Economie des politiques agricoles dans les pays en développement*, 3. Les fondements micro-économiques, RFE, Paris, pp. 61-79.
- Bachelier, G. (1978). La faune des sols, son écologie et son action. Ed. Masson, Paris, 200 p.
- Balachowsky, A. (1925). Les maladies du dattier dans le Sud - Oranais. In : *Revue. Agriculture. Afrique du Nord*, 23, pp. 117-123.
- Balachowsky, A. (1927). Contribution à l'étude des Coccides de l'Afrique mineure. Note I. *Annales Société Entomologique de France*. P. 172.

- Barry, J.P., Faurel, L. et Celles, J.C. (1976). Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/1.000.000. Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord, Alger
- Bielawski, R. (1959). Coccinellidae (Coleopt.) von Sumba, Sumbawa, Flores, Timor und Bali. Wissenschaftliche Ergebnisse der Sumba Expedition des Museums für Völkerkunde und des Naturhistorischen Museums in Basel, 1949: 144-166.
- Beardsley, J. W. et Gonzalez, R. H. (1975). Biology and ecology of armored scales. Annual Review of Entomology **20**:47-73.
- Benderradji M.H., Alatou D., Arfa A .M., Benachour K. (2006). Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation Impact du phénomène en Algérie . New Medit N. 4. 22 p.
- Bennai. M. et Benabbas. B. (2007). L'amélioration des rendements des céréales par une fertilisation adaptée aux conditions pédoclimatiques algériennes. Constantine.
- Bernard, O. (2000). Etude des principaux marchés européens de la datte et du potentiel commercial des variétés non traditionnelles. FAO, 54 p.
- Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H. et Tscharrntke T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences **273**:1715-1727.
- Bommarco, R., Kleijn, D. et Potts S. G. (2013a). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. Trends Ecol Evol **28**:230-238.
- Blondel, J. (1979). Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 303 p.
- Blondel, J. (1995). Biogéographie : approche écologique et évolutive. Ed. Masson, Paris, pp. 297.
- Branquart, E., Bagnée J.Y., Mairesse J.L., Gaspar C. (1999). Inventaire de la faune des coccinelles de Wallonie (Chilocorinae, Coccinellinae et Epilachninae). Rapport final, Faculté universitaire des sciences agronomiques. U.E.R. de zoologie générale et appliquée, 5030 Gembloux. 12 p.
- Bagnée, J.Y., Branquart, E. (2001). Clef de terrain pour la reconnaissance des principales coccinelles de Wallonie (Chilochorinae, Coccinellinae & Epilachninae). Ed. Jeunes et Nature, 55 p.
- Belicek, J. (1976). Coccinellidae of Western Canada and Alaska with analyses of the transmontane zoogeographic relationship between the faune of British Columbia and Alberta. Questiones Entomol. 283 – 409.
- Barry, J.P., Celles J.C. (1974). Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Ed Presse .En A.P., U.P / 04. Alger. 42 p.
- Barry, J.P., Celles J.C. et Maniere R. (1976). Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara Algérien. Note II. Le Sahara central et le Sahara méridional. Naturalia Monspeliensia, sér. Bot. 26 :211-242.
- Barry, J.P., Celles J.C & Musso J. (1985). Les problèmes des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien, note IV : le plateau du Tademaït et ses alentours (carte de Ouargla). Ecologia Méditerranée, XI. (2-3). 123 – 181.
- Barry, J.P., Baxter, C.H., Sagarin, R.D., Gilman, S.E., (1995). Climate-related long-term faunal changes in California rocky intertidal community. Science 267 : 672-675.
- Barbault, R. (1981). Ecologie des populations et des peuplements. Ed. Masson, Paris, 12 –14 et 73 –75.
- Barbault, R. (1992). Ecologie des peuplements. Masson, Paris. 273 p.
- Barbault, R. (1995). La biodiversité : jeux et enjeux du vivant. Nature et Ressources (UNESCO), vol. 31, n°3 : 18 – 25.

- Ben Halima Kamel, M., Rebhi R., Ommezine A. (2011). Habitats et proies de *Coccinella algerica* Kovar dans différentes régions côtières de la Tunisie. *Faunistic Entomology* 2011 (2010) 63 (1), 35-45.
- Benslimane, M., Hamimed, A., Elzerey, W., Khaldi, A., Mederbal, K. (2008). Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. *Rev. Elect. Sci. Env.* 8(3), pp.231-245.
- Blackman, RL & Eastop, VF. (1984). *Aphids on the world's crops, an identification guide*. John Wiley & Sons, New - York. 446 pp.
- Bousquet, Y. (1991). Checklist of beetles of Canada and Alaska. Agriculture Canada. Ottawa. 430 pp.
- Cadi, M. (2001). SIG et zonage agro-écologique pour l'identification des zones arides. Application au Nord Algérien. Sémin. Nation. Sur la problématique de l'Agriculture des zones arides et de la reconversion (Sidi BelAbbès) : 36-49.
- Caltagirone, L.E. & Douthett, R.L. (1989). The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Ann. Rev. Entomol.* 34: 1-16.
- Callot, Y. (1987). Géomorphologie et paléo environnements de l'Atlas Saharien au Grand Erg Occidental. Dynamique éolienne et paléo lacs holocènes. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Paris VI, 502 pages.
- Campbell, C.A.M. & Cone, W.W. (1994). Influence of predators on population development of *Phomdon humili* (Homoptera: Aphididae) on hops. *Environ. Entomol.* 23: 1391-1396.
- Casman, K. G., Wood, W., Choo, P. S., Cooper, H. D., Devendra, C. J., Dixon, J., Gaskell, J., Khan, S., Lal, R., Lipper, L., Pretty, J., Primavera, J., Navin, R., Vigliizzo, E., Wiebe, K., Kadungure, S., Kanbar, N., Khan, Z., Leakey, R., Porter, S., Sebastian, K. et Tharm R. (2005). Cultivated Systems. Pages 745-794 in A. Balisacan and P. Gardiner, editors. Millenium Ecosystem Assessment. Current State and Trends Assessment. Millenium Ecosystem Assessment, <http://www.millenniumassessment.org>.
- Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M. E., Blitzer E. J. et Kremen C. (2011). A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* 14:922-932.
- Chapin, J. & Brou V. (1991). *Harmonia axyridis* (Pallas), the third species of the genus to be found in the United States (Coleoptera: Coccinellidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 93, 630-635.
- Chaubet, B. (1992). Diversité écologique, aménagement des agro – écosystèmes et favorisation de ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. *Cours Evir.*, 18: 45 – 63. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 257 p.
- Chehat, F. (2007). Analyse macroéconomique des filières. La filière blés en Algérie. Projet PAMLIM «Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation ». Alger, 7-9 avril 2007.
- Chazeau, J., Fürsch, H. & Sasaji, H. (1990). Taxonomy of Coccinellidae (corrected version). *Coccinella*, 2 (2): 4-6.
- Coderre, D., Provencher L. & Tourneur, J-C. (1987). Oviposition and niche partitioning in aphidiphagous insect on maize. *Can Entomol.* 119. 195-203.
- Connell, J.H. (1980). Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. *Oikos*, 35, 131-138.
- Connell, J.H. (1983). On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. *American Naturalist*, 122, 661-696.

- Coutanceau, J.-P. (2006). *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) : une Coccinelle asiatique introduite, acclimatée et en extension en France. Bulletin de la société entomologique de France, 111, 395-401.
- Coutanceau, J. P. (2011). Scymninae nouveaux pour la faune de France (Col.Coccinellidae). Bulletin de la Société entomologique de France 116 (2): 180.
- Coutanceau J. P. (2014). Coccinellidae, in TRONQUET M. (éd.), Catalogue des Coléoptères de France. Supplément au Tome XXIII de la Revue de l'Association roussillonnaise d'Entomologie: 503-512.
- Coutanceau J. P. (2015). Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. ZOOSYSTEMA - 2015 • 37 (1).
- Daget, J. (1976). Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris, 172 p.
- Daget, P. (1977). Le bioclimat méditerranéen: analyse des formes par système d'Emberger – Végétatio (34): 87-103.
- Dajoz R. (1985). Précis d'écologie. Ed.Bordas, Paris, 505 p. Dajoz, R. (2000). Précis d'écologie. Ed. DUNOD, 615 p.
- Dagnelies, P. (2003). Principes d'expérimentation, planification des expériences et analyse de leurs résultats. Presse agronomique de Gembloux. 397 pp.
- Dedryver, C. A., Le Ralec, A. et Fabre F. (2010). The conflicting relationships between aphids and men: A review of aphid damage and control strategies. Comptes Rendus Biologies **333**:539-553.
- Diehl, E., Sereda, E., Wolters V. et Birkhofer, K. (2013). Effects of predator specialization, host plant and climate on biological control of aphids by natural enemies: a meta-analysis. Journal of Applied Ecology **50**:262-270.
- Dixon, A. F. G. (1998). Aphid Ecology. An optimization approach. Second edition edition. Chapman & Hall, London.
- Dixon, A. F. G. (2000). Insect predator-prey dynamics. Ladybird beetles and biological control. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. Université de Hassiba Benbouali de Chlef, Revue Nature et Technologie, **1**: 45-53.
- Defaut, B. (1978). Projet de cartographie phytoclimatique en région. Midi – Pyrénées argumentaire. Entomocenotiques, 3 : 53-58.
- Dixon, A.F.G. (2000). Insect predator-prey dynamics. Ladybird beetles & biological control. Cambridge University Press, Cambridge.
- Dixon, AFG., Hemptinne J-L. (2001). Body size distribution in predatory ladybird beetles reflects that of their prey. Ecology 82:1847-1856.
- Dixon, A.F.G. (2007). Body size and resource partitioning in ladybirds. Popul. Ecol. 49: 45-50.
- Djellouli, Y. (1990). Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes. Thèse Doct. Sciences, USTHB, Alger, 210 pp.
- Djoughri, A. (1994). Inventaire et étude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles (Coleoptera – Coccinellidae) dans la région de Ouargla. Mémoire. Ingénieur. Agronome. I.T.D.A.S – Ouargla (Algérie), 94 p.
- Denno, R.F., Mc Clure, M.S., & Ott, J.R. (1995). Interspecific interactions in phytophagous insects - competition reexamined and resurrected. Annual Review of Entomology, 40, 297-331.
- Duverger, C. (1990). Catalogue des coléoptères Coccinellidae de France continentale et de Corse. Essai de mise à jour critique. Bulletin. Société. Linnéenne. Bordeaux, 18 (2): 61-87.
- Duverger C. (1991). Chilocorinae (Coleoptera Coccinellidae) de France métropolitaine et de Corse, Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux, 19-2, pp 75-95.

- Doumbia, M., Hemptinne, J. L. & Dixon, A. F. G. (1998). Assessment of patch quality by ladybirds: role of larval tracks. *Oecologia*, **113**, 197-202.
- Elliott, N.C., Kieckhefer, R.W. and Kauffman W. (1996). Effects of an invading coccinellid on native coccinellid in an agricultural landscape. *Oecologia* 105: 537-544.
- El Haidari, H. et Al Hafidh, A. (1986). Date Palm Pests in Far East and North Africa, Al Wattan Press, Lebanon, 126 pp, (en Arabe).
- Evans, E.W. and Dixon, A.F.G. (1986). Cues for oviposition by ladybird beetles (Coccinellidae): response to aphids. *J. Anim. Ecol.*, 55: 1027-1034
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., Sirami, C., Siriwardena, G. M. et Martin, J. L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* **14**:101-112.
- Feer, F. (2000). Les coléoptères caprophages et nécrophages (Scarabaeidae S. Str. Et Aphodiidae) de la forêt de Guyane française. Composition spécifique et structure des peuplements. *Ann. Soc. Entomol.*, 36 (I), 29-43.
- Fenchel, T. (1974). Intrinsic rate of natural increase – Relationship with body size. *Oecologia* **14**:317-326.
- Ferran A, (1999). La lutte biologique : définition, concept et stratégie. Les Dossiers de l'environnement, 19 : 7- 18.
- Ferran, A. et Larroque, M.M. (1977). Etude des relations hôte prédateur: la consommation et l'utilisation d'un puceron, *Myzus persicae* S par les différents stades larvaires de la coccinelle *Semiadalia11 notata* sch (Coleoptera . Coccinellidae). *Ann. Zool. Ecol. Anim*, 9, 4, .665-691.
- Ferry - Graham, L.A., Bolnick, D.I., Wainwright, P.C. (2002). Using functional morphology to examine the ecology and evolution of specialization. *Integrative and Comparative Biology*, 42, 265-277.
- Ferrer, A., Dixon, A.F.G., & Hemptinne, J.L. (2008). Prey preference of ladybird larvae and its impact on larval mortality, some life-history traits of adults and female fitness. *Bulletin of Insectology*, 61, 5-10.
- Ferrer, A. (2009). Spécialisation écologique chez les insectes prédateurs. Thèse Doctorat. Uni. Paul Sabatier. Toulouse. 130 p.
- Fischlin, A, (2007). Incidence du changement climatique sur les écosystèmes. Biodiversité et changement climatique. Forum biodiversité suisse. Hotpot 16/2007- Institut de biologie, Département des sciences de l'environnement, EPF Zurich, CH-8092 Zurich.2 p.
- Frazer, B.D. and Gill B. (1981). Hunger m B. ovement, and predation of *Coccinella californica* on pea aphids in the laboratory and in the field. *Can. Entomol.*, 113: 1025-1033.
- Fréchette, B. et Hemptinne, J.L. (2004). Coccinelles et lutte biologique: quel avenir pour ce couple mythique. *Société d'entomologie du Québec*. 8 p.
- Futuyma, D.J. & Moreno, G. (1988). The Evolution of Ecological Specialization. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 19, 207-233.
- Futuyma, D.J. (2001). Ecological Specialization and Generalization. In *Evolutionary Ecology: Concepts and Case Studies*. (eds C.W. Fox, D.A. Roff & D.J. Fairbairn), Oxford University Press, pp. 177-189.
- Fox, L.R., Morrow, P.A. (1981). Specialization - Species Property or Local Phenomenon. *Science*, 211, 887-893.
- Frontier, S. (1983). Stratégie d'échantillonnage en écologie. Ed. Masson, Paris et Les Presses de l'Université de Laval, Québec, 494 p.

- Fursch, H. (1959). Die Palaearktischen und Indomalayischen Epilachnini der Zoologischen Sammlung des Bayerischen Staates München (Col., Cocc.). Opuscula Zoologica, München, 26: 1-9.
- Fursch, H. (1985). Die Afrikanischen Sukunahikonini und Microweiseini mit Diskussion über alle Gattungen (Col., Cocc.). Deutsche Entomologische Zeitschrift, 32 (4-5): 279-295.
- Fürsch, H. (1987). Übersicht über die Genera und subgenera der Scymnini mit besonderer Berücksichtigung der Westpalaerktis (Insecta: Coleoptera: Coccinellidae). Entomologische. Abhandlungen, Staatliches Museum für Tierkunde, 51 (4): 57-74.
- Fürsch, H. (1990). Taxonomy of Coccinellids, corrected version. Coccinella 2 (1), 4-6
- Fürsch, H. (1996). Taxonomy of Coccinellids, corrected version. Coccinella 6, 28.
- Gharbi, R. (2006). Le complexe coccinelle parasites hyménoptères dans la population de cochenilles diaspiques (Homoptera – Diaspididae) et son interaction avec leurs guildes dans un verger de citronniers à Rouiba. Th. Ing. Agro. I.N.A. El-Harrach. 106 pp.
- Gharbi, R. (2009). Impact du complexe coccidiphages – parasites hyménoptères dans des peuplements de cochenilles diaspiques (Homoptera; Diaspididae) sur agrumes à Rouiba. Mem. , Magistère. Agro. E.N.S.A. El-Harrach. 87 pp.
- Grabenweger, G., Hopp, H., Jackel, B., Balder, H., Koch T. et Schmolling, S. (2007). Impact of poor host-parasitoid synchronisation on the parasitism of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera : Gracillariidae). European Journal of Entomology **104**:153-158.
- Gounot, M. (1969). Méthode d'étude quantitative de la végétation. Ed. Masson, Paris: 317 p.
- Greaves M.P. et Marshall E.J.P. 1987 – Field margins: definitions and statistics. Monograph . N.35. British Crop Protection Council, Thornton Heath, Surrey, p. 3-10.
- Gumey, B. and Hussey, N.W. (1970). Evaluation of some coccinellid species for the biological control of aphids in protected cropping. Ann. Appl. Biol. 65: 451-458.
- Gourreau. JM. (1974). Systématique de la tribu des Scymnini (Coleoptera Coccinellidae). Annales Zoologie Ecologie Animale I.N.R.A. Paris, N° hors série, 221p.
- Hadeid, M. (2006). Les mutations spatiales et sociales d'un espace à caractère steppique, le cas des Hautes Plaines sud-oranaises (Algérie), Thèse de Doctorat d'Etat en Géographie, Thèse soutenue dans le cadre de la co-tutelle entre l'Université d'Oran (Algérie) et l'Université de Franche-Comté (France), 506 p.
- Hadjlal, K. (1997). Etat de dégradation des sols en Algérie. Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale, 45 p.
- Hagen, K.S. (1987). Nutritional ecology of terrestrial insect predators. In Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates. (eds F.J. Slansky & J.G. Rodriguez), pp. 533-577. John Wiley & Sons, New York.
- Hajek, A. E. (2004). Natural enemies. An introduction to biological control. Cambridge University Press, Cambridge (U. K.).
- Hemptinne, J.-L. et Dixon A. F. G. (1991). Why ladybirds have generally been so ineffective in biological control? Pages 149-157 in L. Polgar, R. J. Chambers, A. F. G. Dixon, and I. Hodek, editors. Behaviour and impact of aphidophaga. SPB Academic Publishing, The Hague (NL).
- Hodek, I., van Emden H. F. et Honek, A. (2012). Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae). Wiley-Blackwell, Oxford (U. K.).
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P. D. (2001). PAST Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9 pp.
- Hemptinne, J.L., Dixon, A.F.G., & Coffin, J. (1992) Attack Strategy of Ladybird Beetles (Coccinellidae) - Factors Shaping Their Numerical Response. Oecologia, 90, 238-245.
- Hemptinne, J.L., Dixon, A F G., Lognay, G. (1996) Searching behaviour and mate recognition by males of the two-spot ladybird beetle, *Adalia bipunctata* Ecological Entomology 21: 24. 165-170 May.

- Hemptinne, J.L., Dixon, A.F.G., Cauthier C. (2000). Nutritive cost of intraguild predation on eggs of *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). European Journal of Entomology. 97: 39. 559-562.
- Hemptinne, J.L., Magro, A., Saladin, C A., Dixon, A.F G (2012a). Role of intraguild predation in aphidophagous guilds Journal of Applied Entomology 136: 161-170.
- Hemptinne, J.L., Magro, A., Evans, E W Dixon, A F G (2012b). Body size and the rate of spread of invasive ladybird beetles in North America Biological Invasions 14: 595-605.
- Hodek, I. (1967). Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. Ann. Rev. Entomol. 12: 79-104.
- Hodek, I. (1970). Coccinellidae and the modern pest management. Bioscience 20: 543-552.
- Hodek, I. (1973). Biology of Coccinellidae. Academie, Prague, Czechoslovakia Hughes L., 2000 - Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? Trends in Ecology and Evolution 15: 56-61.
- Hodek, I. (1993). Habitat and Food Specificity in Aphidophagous Predators. Biocontrol Science and Technology, 3, 91-100.
- Hodek, I., Honěk, A. (1996.) Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Hardbound. 480 p.
- Holt, R. (1984). Spatial heterogeneity, indirect interactions and the coexistence of prey species. The American Naturalist 124 (3): 377-406.
- Honek, A., Anthony, F.G., Dixon. & Martinková, Z. (2008). Body size and the temporal sequence in the reproductive activity of two species of aphidophagous coccinellids exploiting the same resource. Eur. J. Entomol. 105: 421 – 425.
- Honek, A. (1980). Population density of aphid at the time of settling and ovanole maturation in *Coccinella septempunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). Entomophaga 25: 427-430.
- Honek, A. (1985). Habitat Preferences of Aphidophagous Coccinellids Coleoptera. Entomophaga, 30, 253-264.
- Hutchinson, G. (1959). Hommage to Santa Rosalia or Why are there so many kinds of animals. The American Naturalist XCIII: 145-159.
- Iablokoff – Khnzorian. (1982). Les coccinelles. (Coleoptera, Coccinellidae), tribu des Coccinellini des régions paléarctique et orientales. Soc. Nouvelle des Editions Boubée, Paris, 558 p.
- Idder, A. (2010). Lutte biologique en palmeraies algériennes: cas de la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi*), de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*) et du boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*). Thèse Doc., Eco. Nat. Sup.Agro., El – Harrach, Alger: 174 pp.
- Idder, A. (2011). Lutte biologique en palmeraies algériennes: cas de la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi*), de la pyrale des dattes (*Ectomyelois ceratoniae*) et du boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*). Thèse Doc., Eco. Nat. Sup.Agro., El – Harrach, Alger: 174 p.
- Idder, M.A. & Pintureau B. (2007). Efficacité de la coccinelle *Stethorus punctillum* (Weise) comme prédateur de l'acarien *Oligonychus afrasiaticus* (Mc Gregorie) dans les palmeraies de la région de Ouargla en Algérie. Revue, Fruits. Vol. 63 (2). PP. 85 – 91.
- Idder, M.A. & Pintureau B. (2009). Efficacité de la coccinelle *Stethorus punctillum* (Weise) comme prédateur de l'acarien *Oligonychus afrasiaticus* (McGregor) dans les palmeraies de la région de Ouargla en Algérie. Revue Fruits. 63: 85 – 92.
- Iperti, G. (1965). Contribution à l'étude de la spécificité chez les principales coccinelles aphidiphages des Alpes Maritimes et des Basses Alpes. Entomophaga, 10 (2), 1965, 159 - 178.
- Iperti, G. (1983). Les coccinelles de France. Faune et faune auxiliaires en agriculture. ACTA. Journées d'études et d'informations 4 et 5 mai. Paris : 89 – 96.
- Iperti, G. (1999). Biodiversity of predaceous Coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. Agricul. Ecosy. Environ., 74 : 323 – 342.

- Iperti, G. (1986). Les coccinelles de France. Phytoma, Déf. Des cult. n° 377, 14-22.
- Iperti, G. Quilici, S. (1978). Les coccinelles en serres maraîchères. Les auxiliaires des cultures. Journées d'études. ACTA. , 261-266.
- Iperti, G., Ferran, A., Lapchin, L., Lyon, J.P., Rabasse, M. (1989). Etude de l'influence des facteurs climatiques et trophiques sur l'évolution des populations des principaux prédateurs de pucerons des céréales à paille sous le climat méditerranéen. Med. Fac. Landbouww. Rijksinv.Genet., 54 (3a): 739-746.
- Iperti G., Laudeho Y., Brun J. et Choppin de Janvry, E. (1970). Les entomophages de *P. blanchardi* Targ dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien. III. Introduction, acclimatation et efficacité d'un nouveau prédateur Coccinellidae : *Chilocorus bipustulatus* L. var. *iranensis*. Annales de Zoologie Ecologie Animale, 2: 617-638.
- Jourdheuil, P. (1978). Lutte biologique à l'aide d'insectes entomophages: présentation des problèmes et stratégie d'utilisation. I.N.R.A. Antibes: 415-419.
- Jonsson, M., Wratten, S. D., Landis, D. A. et Gurr, G. M. (2008). Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. Biological Control 45:172-175.
- Josens & Meerts, (2000). Ecologie animale et végétale. Cours de première licence de l'Université Libre de Bruxelles. Vol. 2, 123 pp.
- Karl, T.R., Trenberth, K.E. (2003). Modern global climate change. Science 302: 1719-1723.
- Katsoyannos, P., Stathas, G.J., Kontodimas, D.C. (1997). Phenology of *Coccinella septempunctata*. Entomophaga 42 (3), p. 435- 444.
- Kindlmann, P. & Dixon, AFG. (1996). Strategies of aphidophagous predator: lessons for modelling insect predator – prey dynamics. Entomophaga. 90, 443 – 450.
- Kindlmann, P. & Dixon, A. F. G. (1999a). Strategies of aphidophagous predators: lessons for modelling insect predator-prey dynamics. Journal of Applied Entomology, 123, 397-399.
- Kindlmann, P. & Dixon, AFG. (1999b) - Generation Time Ratios—Determinants of Prey Abundance in Insect. Predator – Prey Interactions. Biological Control 16, 133–138 (1999).
- Kring, T.J., Gilstrap, F.E. and Michels, G.J. (1985). Role of indigenous coccinellids in regulating greenbugs (Homoptera: Aphididae) on Texas grain sorghum. J. Econ. Entomol. 78: 269-273.
- Koch, R.L. (2003). The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. Journal of insect Science, 3, 1-16.
- Körner, C. (2007). La mesure la plus efficace contre le changement climatique est le maintien d'une biodiversité maximale. Forum biodiversité suisse. Hotpot 16/2007. 3 p.
- Kotler, B. & Brown, J. (1988). Environmental heterogeneity and the coexistence of desert rodents. Annual Review of Ecology and Systematics 19: 281-307.
- Kotler, B., Brown, J. & Subach, H. (1993). Mechanisms of species coexistence of optimal foragers: temporal partitioning by two species of sand dune gerbils. Oikos 67: 548-556.
- Kovar, I. (2005). Revision of the Palaearctic species of the *Coccinella transversoguttata* species group with notes on some other species of the genus (Coleoptera: Coccinellidae). Acta entomologica musei nationalis pragrae. Volume 45, pp. 129-16.
- Landis, D. A., Wratten, S. D. et Gurr, G. M. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual Review of Entomology 45:175-201
- Larsen, A. E. (2013). Agricultural landscape simplification does not consistently drive insecticide use. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 110:15330-15335.
- Lamotte, M. et Bourlière. F. (1969). Problème d'écologie échantillonnage des peuplements des milieux terrestres. Ed. Masson, Paris. 303 p.

- Laubertie, E., Martini, X., Cadena, C., Treilhou, M., Dixon, A. F. G. & Hemptinne, J. L. (2006). The immediate source of the oviposition-detering pheromone produced by larvae of *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera, Coccinellidae). *Journal of Insect Behavior*, **19**, 231-240.
- Lawton, J.H. & Hassell, M.P. (1981). Asymmetrical competition in insects. *Nature*, 289, 793-795.
- Laudeho, Y. (1968). *Aphytis mytilaspidis* L, parasite de *Parlatoria blanchardi* Targ. dans les palmeraies de l'Adrar mauritanien. *Revue Fruits*. Vol. 23, n°5, pp.44 – 51.
- Le Houerou H.N. (1973). Fire and vegetation in the mediterranean basin. *Proceedings Annual Tall Timbers fire Ecology Conference*, 13, 237-277.
- Le Coz, J. (1990). Espaces méditerranéens et dynamiques agraires: Etat territorial et communautés rurales, Options méditerranéennes, série B, no 2, CIHEAM IIAM, Montpellier, 393 p.
- Lévêque, Ch. (1997). La biodiversité. PUF, Que sais-je ? 128 p.
- Lohez, D. (2005). *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera Coccinellidae), une coccinelle venue d'ailleurs. *Bulletin de la société entomologique du nord de la France*, 315, 8-9.
- Mader, L. (1926). Evidenz der palaarkischen Coccinelliden und ihrer Aberrationen, In Wort und Bild, I. Epilachnini, Coccinellini, Halyziini, Synonymychini. Published in *Zeitschrift des Vereines der Naturbeobachter*, Wien, as a series: 1:1-24 . 9 : 289 – 336.
- Mader, L. (1937). Evidenz der palaarkischen Coccinelliden und ihrer Aberrationen, In Wort und Bild, I. Epilachnini, Coccinellini, Halyziini, Synonymychini. Published in *Entomologischer Anzeiger*, Wien, as a series: (1935) 5 : 337 – 372 .
- Mac Arthur, R.H., Wilson, E.O. (1967). The theory of island biogeography. Princeton University press. 18 p.
- Mac Arthur, R.H., Levins R. (1967) – The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *Amer. Nat.*, 101, 377 – 385.
- Mac Arthur, R.H. (1972). *Geographical Ecology*. Harper & Row, New York, USA.
- Madkouri, M. (1975). Travaux préliminaire en vue d'une lutte biologique contre *Parlatoria blanchardi* (Hom., Diaspididae) au Maroc. CIHEAM-IAMM. In option méditerranéen n°: 26. (1975).
- Magro, A., Araújo, J. & Hemptinne, J.L. (1999a). Coccinellids (Coleoptera : Coccinellidae) in *Citrus* groves in Portugal: listing and analysis of geographical distribution. *Bol. San. Vegetal – Plagas*, 25 (3): 335-345. (Cit: 7).
- Magro, A. & Hemptinne, J-L. (1999 b). The pool of Coccinellids (Coleoptera : Coccinellidae) to control Coccids (Homoptera : Coccoidea) in Portuguese citrus groves. *Bol. San. Vegetal – Plagas*, 25 (3): 311-320. (Cit: 9).
- Magro, A., Tene, J. N., Bastin, N., Dixon, A. F. G. & Hemptinne, J. L. (2007). Assessment of patch quality by ladybirds: relative response to conspecific and heterospecific larval tracks a consequence of habitat similarity? *Chemoecology*, **17**, 37-45.
- Magro, A., Hemptinne, J.-L., Codreanu P., Grosjean, S. et Dixon, A.F.G. (2002). Does the satiation hypothesis account for the differences in efficacy of coccidophagous and aphidophagous ladybird beetles in biological control? A test with *Adalia bipunctata* and *Cryptolaemus montrouzieri*. *Bio Control* 47: 537-543.
- Majerus, M.E.N., Sloggett, J.J., Godeau, J.F., Hemptinne, J.L. (2007). Interactions betweenants and aphidophagous and coccidophagous ladybirds. *Population Ecology*, 49, 15-27.
- Malki et Hammadache. (2002). Pratique céréalière et savoir traditionnel en Algérie: analyse du proverbe populaire relatif à la pratique céréalière à la lumière des sciencesagronomiques modernes. Institut technique des grandes cultures (Alger), 65 pp.
- Martins, D. S., Fornazier, M. J., Culik, M. P., Ventura, J. A., Ferreira, P. S. F. et Zanuncio, J. C. (2015). Scale Insect (Hemiptera: Coccoidea) Pests of Papaya (*Carica papaya*) in Brazil. *Annals of the Entomological Society of America* **108**:35-42.

- Meehan, T. D., Werling, B. P., Landis, D. A. et Gratton, C. (2011). Agricultural landscape simplification and insecticide use in the Midwestern United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **108**:11500-11505.
- Messar, E. M. (1996). Le secteur phoenicicole algérien: Situation et perspectives à l'horizon 2010. *Ciheam, Options Méditerranéennes*, 1995, 23-44.
- Munier P. (1973). Le palmier dattier. Ed. Maison Neuve et Larose, Paris, 231 pp.
- Murdoch, W. W., Briggs, C. J. et Nisbet, R. M. (2003). *Consumer-Resource Dynamics*. Princeton University Press, Princeton and Oxford.
- Marin, J. Crouau-Roy, B., Lecompte, E., Hemptinne, J.L. & Magro, A. (2010). *Coccinella septempunctata* (Coleoptera, Coccinellidae): a species complex. *Zoologica scripta*, 39 (6): 591-602.
- Martin, P. & Martin, T. (2001). Ecological and fitness cosequences of species coexistence: a removal experiment with wood warblers. *Ecology* 82(1): 189-206.
- Martini, X. (2010). Evolution du cannibalisme et du comportement de ponte chez les coccinelles aphidiphages. Thèse. Doc.Uni. Toulouse. 134 p.
- Mills, N. J. (1982). Voracity, cannibalism and coccinellid predation. *Ann. Appl. Biol.* **101**, 144–148.
- Moulai, R. (1994). Contribution à l'étude de quelques paramètres biologiques au laboratoire de *Stethorus punctillum* (Weise) (Coleoptera – Coccinellidae) prédatrice des tetranyques. *Mem. Ing. Agro. I.N.A.* pp. 91.
- Mulsant, E. (1850). Species des Coléoptères trimères sécuripalpes. *Annales des Sciences Physiques et Naturelles, d'Agriculture et d'Industrie*, Publiées par la Société Nationale d'Agriculture, etc. de Lyon, Deuxième Série 2(1): xv + 450 pp.
- Mulsant, E. (1866). Monographie des coccinellides. *Mem. Aca. Sci. Lyon* 15: 1-112.
- Musser, F.R. & Shelton, A.M. (2003). Factor altering the temporal and within-plant distribution of coccinellids in corn and their impact on potential intra-guild predation. *Environ. Entomol.* 32 : 575-583.
- Mutin, L. (1977). La Mitidja. Décolonisation et espaces géographiques. Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 607 pp.
- Nedjraoui, D. (1990). Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L) aux conditions stationnelles. Thèse Doct. Sciences, USTHB, Alger, 256p.
- Nufio, C R, Papaj, DR. (2001). Host marking behavior in phytophagous insects and parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99: 273–293, 2001.
- Quézel P. et Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, 1170 pp.
- Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of ecology*. 3d ed. Philadelphia: Saunders, A classic consideration of key issues in ecology and biogeography.
- Oueld – El Hadj, J.M.D. (2002). Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. *Science et changements planétaires / Sécheresse* 13 :37-42.
- Ozenda P. (1958). Flore du Sahara Septentrional et Central, Editions CNRS, Paris .30 p.
- Ozenda, P. (1991). Flore et végétation du Sahara (3^{ème} édition, augmentée). CNRS. Paris 661 p.
- Obrycki, J.J. &, Kring, T.J. (1998). Predaceous coccinellidae in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 295 – 321.
- Palma, B., Rodrigues, M. (2001). Diagnosing the cause of population changes: localized habitat change and the decline of the endangered St Helena wirebird. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 38, n°: 4, pp. 771-783 (13).
- Pielou, E.C. (1969). *An introduction to mathematical ecology*. Wiley – Inter- science, New York.
- Pervez, A., Omkar - Richmond A.S. (2004). The influence of ageon reproductive performance of an aphidophagous ladybird beetle, *Propylea dissecta*. *J. Insect Sci.* 4: 1–10.
- Petchey, O.L., McPhearson, T., Casey, T.M., Morin, P.J. (1999). Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* 402: 69-72.

- Peyerimoff, M.P. (1926). Notice sur la biologie de quelques coléoptères Nord – Africains. 4^o Série, Annales Société Entomologique de France., Paris, France.
- Polis, G.A., Myers, C.A. & Holt, R.D., (1989). The ecology and evolution of intraguild predation: Potential competitors that eat each other. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 20: 297-330.
- Ramade, F. (1994). *Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. Ediscience International, Paris. 579 p. 9.
- Ramade, F. (2005). *Eléments d'écologie. Ecologie appliquée*. 6^{ème} édition. Paris. 864 p.
- Rambier, A. (1974). Relation entre les acariens nuisibles et leurs ennemis naturels. Les organisations auxiliaires en verger de pommier, Broch. n°3. O.I.L.B./ S.R.O.P., Ed. ludoc. Publ., Wageningen, pp. 107 – 109.
- Ranta, E. & Vespäläinen, K. (1981). Why are there so many species? Spatio-temporal heterogeneity and northernbumblebees communities. *Oikos*, 36: 28-34.
- Redjal, H. (2003). Etude de la biodiversité des coccinelles (Coleoptera, Coccinellidae) dans les différents milieux de la région de la Soummam (Kabylie). Thèse Magister, Université. A. Mira, Bejaia (Algérie), 105 p.
- Rakimov, A., Ben-Dov, Y., White, V. et Hoffmann, A. A. (2013). Soft scale insects (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) on grapevines in Australia. *Australian Journal of Entomology* 52:371-378.
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F. et Palma, J. (2007). Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecological Engineering* 29:401- 418.
- Root, R. B. (1973). Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats - Fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43: 95-120.
- Rasmont, P. (1988). Monographie écologique et zoogéographique des bourdons de France et de Belgique (Hymenoptera, Apidae, Bombinae). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences agronomiques de l'Etat, Gembloux, 371 pp.
- Reitz, S.R. & Trumble, J.T. (2002). Competitive displacement among insects and arachnids. *Annual Review of Entomology*, 47, 435-465.
- Remaudiere, G. et Remaudiere, M. (1997). Catalogue des Aphididae du monde of the world's Aphididae, Homoptera, Aphidoidea. Techn. et prati., Ed. I.N.R.A., 473 p.
- Rosensweig, M. (1996). Species diversity in space and time. Cambridge University press.
- 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 meilleure appréciation de leur rôle entomophage. Thèse D.U.R. Université. Nice (France), 131 p.
- Saharaoui, L. (1994). Inventaire et étude de quelques aspects bioécologiques des coccinelles entomophages (Coleoptera. Coccinellidae) dans l'Algérois. *Journal of African Zoology*. 108, 6, 538 - 546.
- Saharaoui, L., Gourreau J. M., Ipert G. (2001). Etude de quelques paramètres bioécologiques des coccinelles aphidiphages d'Algérie (Coleoptera – Coccinellidae). *Bulletin. Société. Zoologique. France*. 126 (4): 351- 373.
- Saharaoui, S. & Hemptinne J.L. (2009). Dynamique des communautés des coccinelles (Coleoptera : Coccinellidae) sur agrumes et interaction avec leurs proies dans la région de Rouiba (Mitidja orientale) Algérie. *Ann. soc. entomol. Fr. (n.s.)*, 2009, 45 (2): 245-259
- Sandhu, H., et Wratten, S. (2013). Ecosystem services in farmland and cities. Pages 3-15 in S. Wratten, H. Sandhu, R. Cullen, and R. Costanza, editors. *Ecosystem services in agricultural and urban landscapes*. Wiley-Blackwell, Oxford (U. K.).
- Smirnoff, W. A. (1957). La cochenille du palmier dattier (*Parlatoria blanchardi* Targ.) en Afrique du nord. Comportement, importance économique, prédateurs et lutte biologique. *Entomophaga*, 2: 98 pp.

- Stephens, A. E. A., et Myers, J. H. (2012). Resource concentration by insects and implications for plant populations. *Journal of Ecology* **100**:923-931.
- Sarthou, J.P. (2006). Quand la biodiversité rend des services à l'agriculture, "biologique" devient le maître mot. *Alter-Agri*, 76, 65-7
- Sauvage, C. (1963). Etages bioclimatiques. Comité National de géographie du Maroc. Atlas du Maroc, notices explicatives, section II : physique du globe et météorologie, Planche n° 6b, 31 pp.
- Schoener, T.W. (1974). Resource partitioning in ecological communities. *Science* **185**:27-39
- Schoener, T.W. (1982). The controversy over interspecific competition. *American Scientist*, 70, 586-595.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of diversity « *Nature* » 163, 688.
- Skouri, M. (1984). Lutte contre la désertification et développement en zones pré -sahariennes. *Nature et Ressources*, vol. XX, janv.-mars 1984, 1: 10-20.
- Smadhi, D. (2001). SIG: base de données pour la gestion de l'environnement agroclimatique: cas des hauts plateaux semi arides. Sémin. Nation. Sur la problématique de l'Agriculture des zones arides et de la reconversion (Sidi Bel Abbès) : 50-58.
- Southward, A.J., Hawkins, S., Burrows, M.T. (1995). Seventy years' observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature. *Journal of thermic Biology* **20**: 127-155.
- Stewart, A.J.A. (1996). Interspecific competition reinstated as an important force structuring insect herbivore communities. *Trends in Ecology & Evolution*, 11, 233-234.
- Stewart, LA, Hemptinne, J-L, Dixon, AFG. (1991). Reproductive tactics of ladybird beetles: relationships between egg size, ovariole number and developmental time. *Funct Ecol* **5**:380- 385
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W. H., Simberloff, D. et Swackhamer, D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* **292**:281-284.
- Tousignat S., Coderre D. (1992). Niche partitioning by soil mites in a recent Hardwood plantation in southern Quebec, Canada. *Pedobiologia* **36**, pp. 287-294.
- Vandenberg, N.J. (2002). Coccinellidae. In' Arnett Jr, R.H., Thomas, M.C., Skelley, P.E., Frank, J.H. (Eds), *American Beetles*, Vol 2. CRC Press, Boca Raton, pp. 371-389.
- Van Lenteren, J. (2012). IOBC Internet book of biological control. Version 6. http://www.iobc-global.org/publications_iobc_internet_book_of_biological_control.html, accédé 20 mai 2015.
- Vierra Da Silva, (1979). Introduction à la théorie écologique. Ed. Masson. Paris. 110 p.
- Walther, G.R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T.J.C., Fromentin J.M., Hoegh - Guldberg O., Bairlein F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416** : 389-395.
- White, R.E. (1983). A field guide to the beetles of North America. The Peterson field guide series. Houghton Mifflin Company, Boston. 368 pp.
- Whittaker, R.J. (1998). Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation. *Journal of Ecology* **2000**, 88, 179 – 182.
- Wiens, J.A. (1977). Compétition and variable environments. *American Scientist*, 65, 590-597.
- Wratten, S., Sandhu, H., Cullen, R., et Costanza, R. (2013). Ecosystem services in agricultural and urban landscapes. Wiley-Blackwell, Oxford (U. K.).
- Yasuda, H.&Shinya, K. (1997). Cannibalism and interspecific predation on the larval performance of two predatory ladybirds in relation to prey abundance in the field. *Entomophaga*, 42: 155-165.

- Yasuda, H., Takagi, T. & Kogi, K. (2000). Effects of conspecific and heterospecific larval tracks on the oviposition behaviour of the predatory ladybird, *Harmonia axyridis* (Coleoptera Coccinellidae). *European Journal of Entomology*, 97, 551-553.
- Yasuda H., P. Kindlmann, K. Shinya, and S. Sato. (2002). Intra- and interspecific interactions on survival of two predatory ladybirds in relation to prey abundance: competition or predation. *Applied Entomology and Zoology*, in press.
- Zehnder, G., Gurr, G. M., Kuehne, S., Wade, M. R., Wratten, S. D. et Wyss, E. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* 52:57-80.

Annexes



1.



2.



3



4.



5



6.



7.



8.



9



10



11.



12.



13



14.



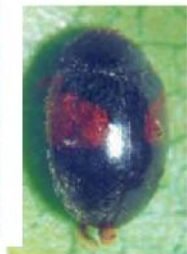
15



16



17



18



19



20.



21 .



22



23



24



25



26 a



26 b



27a



27 b



28



29



30



31



32



33



34



35



36



37



38



39



40



41



42



43

Légende des espèces de coccinelles

- 1 - *Platynaspis luteorubra*
- 2 - *Chilocorus bipustulatus*
- 3 - *Brumus quadripustulatus*
- 4 - *Brumus quadrimaculatus forma floralis*
- 5 - *Exochomus nigripennis*
- 6 - *Exochomus pubescent forme apicalis*
- 7 - *Exochomus (Parexochomus) anchanrifer*
- 8 - *Rhyzobius (Lindorus) lophantae*
- 9 - *Rhyzobius chrysomeloides*
- 10 - *Rodolia (Novius) cardinalis*
- 11 - *Clitostethus arcuatus* (Variations élytrales)
- 12 - *Scymnus (Mimopullus) marinus*
- 13 - *Nephus peyerimoffi*. (Variations élytrales)
- 14 - *Scymnus interruptus*
- 15 - *Scymnus apetzi Mulsant*, (Mâle et femelle)
- 16 - *Scymnus pallipediformis*
- 17 - *Scymnus bivulnerus*
- 18 - *Scymnus rufipes*
- 19 - *Scymnus nubilus*
- 20 - *Scymnus (Mimopullus) fulvicollis*
- 21 - *Scymnus (Pullus) subvillosus*
- 22 - *Pullus sp.*
- 23 - *Stethorus punctillum*
- 24 - *Hyperaspis algerica*
- 25 - *Hyperaspis marmottani*
- 26a - *Adalia bipunctata*
- 26b - *Adalia bipunctata* (Variation élytrale)
- 27a - *Adalia decempunctata*
- 27b - *Adalia decempunctata* (Variation élytrale)
- 28 - *Coccinella septempunctata*
- 29 - *Coccinella (Neococcinella) undecimpunctata*
- 30 - *Hippodamia (Adonia) variegata*
- 31 - *Hippodamia (Semiadalia) undecimnotata*
- 32 - *Myrrha octodecimpunctata*
- 33 - *Calvia (Anasocalvia) quatuordicimpunctata*
- 34 - *Oenopia dublieri*
- 35 - *Oenopia lyncea*
- 36 - *Propylea quatuordecimpunctata*
- 37 - *Tytaspis phalerata*
- 38 - *Psyllobora (Thea) vigintiduopunctata*
- 39 - *Pharoscymnus numidicus*
- 40 - *Pharoscymnus ovoïdeus*
- 41 - *Pharoscymnus setulosus*
- 42 - *Henosepilachna argus*
- 43 - *Henosepilachna elaterii*

Répartition des populations des coccinelles par secteur biogéographique en Algérie

Espèces de coccinelles	K	Fréq,	A	Fréq,	O	Fréq,	H	Fréq,	AS	Fréq,	SS	Fréq,	SC	Fréq,	SM	Fréq,
P. lut	132	1,34	368	2,92	172	1,62	18	0,51	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
C. bip	384	3,89	849	6,73	649	6,12	80	2,26	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ex. anc	12	0,12	24	0,19	15	0,14	8	0,23	8	0,37	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ex.nig	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	416	6,47	44	4,49	0	0,00
B.qua	0	0,00	6	0,05	3	0,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
B. qua.f	25	0,25	54	0,43	28	0,26	28	0,79	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Ex. pub	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	7	0,11	0	0,00	0	0,00
R. lop	1373	13,90	471	3,73	498	4,69	83	2,34	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
R.chry	343	3,47	202	1,60	168	1,58	72	2,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
R. car	406	4,11	536	4,25	454	4,28	42	1,19	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Cl. arc	405	4,10	560	4,44	673	6,34	168	4,74	163	7,47	203	3,16	0	0,00	0	0,00
S. mar	169	1,71	233	1,85	284	2,68	118	3,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
N. pey	172	1,74	697	5,52	540	5,09	48	1,35	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
N.qua	0	0,00	4	0,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
N. bip	0	0,00	5	0,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
S. ful	0	0,00	9	0,07	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
S. sub	1717	17,39	1799	14,25	1593	15,01	540	15,24	215	9,86	308	4,79	64	6,54	0	0,00
S. sut	0	0,00	9	0,07	3	0,03	25	0,71	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
S. sp	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	71	1,10	35	3,58	0	0,00
S. pun	213	2,16	607	4,81	425	4,00	316	8,92	281	12,88	1374	21,36	120	12,26	71	20,11
Sc. ruf	0	0,00	31	0,25	18	0,17	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Sc. Apet	0	0,00	150	1,19	108	1,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Sc. biv	0	0,00	10	0,08	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Sc. Int	394	3,99	548	4,34	376	3,54	225	6,35	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Sc. Nub	0	0,00	138	1,09	56	0,53	55	1,55	0	0,00	550	8,55	0	0,00	0	0,00
Sc. pal	287	2,91	499	3,95	375	3,53	241	6,80	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Hy. mar	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	8	0,12	0	0,00	0	0,00
Hy. alg	184	1,86	273	2,16	236	2,22	32	0,90	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Hy. sp	0	0,00	29	0,23	31	0,29	0	0,00	0	0,00	4	0,06	0	0,00	0	0,00
H. s11n	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
H. tre	0	0,00	38	0,30	26	0,24	0	0,00	0	0,00	0	0,00	25	2,55	0	0,00
H. var	1272	12,88	1409	11,16	1218	11,48	412	11,63	535	24,53	917	14,26	132	13,48	101	28,61
A. bip	20	0,20	15	0,12	20	0,19	8	0,23	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
A. dec	376	3,81	341	2,70	285	2,69	110	3,10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
C. alg	740	7,49	1329	10,53	1079	10,17	498	14,05	554	25,40	687	10,68	109	11,13	106	30,03
C. und	11	0,11	57	0,45	41	0,39	25	0,71	142	6,51	0	0,00	11	1,12	12	3,40
C. qua	93	0,94	83	0,66	71	0,67	44	1,24	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
My. oct	121	1,23	75	0,59	67	0,63	14	0,40	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
O. doub	358	3,63	250	1,98	335	3,16	62	1,75	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
O. lyn	88	0,89	124	0,98	104	0,98	15	0,42	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
P. qua	0	0,00	4	0,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
T. pha	0	0,00	8	0,06	4	0,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
P. ving	170	1,72	265	2,10	206	1,94	64	1,81	54	2,48	65	1,01	0	0,00	0	0,00
Ph. num	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	48	2,20	618	9,61	85	8,68	0	0,00
Ph. Ovo	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	81	3,71	1110	17,26	295	30,13	0	0,00
Ph. Sut	115	1,16	256	2,03	226	2,13	39	1,10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
He. arg	178	1,80	177	1,40	172	1,62	99	2,79	85	3,90	58	0,90	0	0,00	63	17,85
He. ela	117	1,18	80	0,63	54	0,51	55	1,55	56	2,57	5	0,08	0	0,00	0	0,00
Total	9875	100	12622	100	10613	100	3544	100	2181	100	6432	100	979	100	353	100

Légende : K : Secteur numidien, A : Secteur algérois, O : Secteur oranais, H : Secteur des Haut plateaux, AS : Secteur de l'Atlas saharien, Ss : Secteur du Sahara septentrional, Sc. ; Secteur du Sahara central, Sm : Secteur du Sahara méridional.

Légende

P. lut : *Platynaspis luteorubra.*, C. bip: *Chilocorus bipustulatus.*, Ex. anc: *Exochomus (Parexochomus) anchorifer.*, Ex.nig: *Exochomus nigripennis.*, B.qua *Brumus quadripustulatus.*, qua.f: *Brumus quadripustulatus var floralis.*, Ex. pub: *Exochomus (Parexochomus) pubescens forme apicalis*; R. lop: *Rhyzobius lophantae* ; R.chry: *Rhyzobius chrysomeloides*; R. car: *Rodolia (Novius) cardinalis*; Cl. arc: *Clitostethus arcuatus*; S. mar: *Scymnus (Mimopullus) marinus*; N. pey NEP: *Nephus peyerimhoffi*; N.qua: *Nephus quadrimaculatus*; N. bip : *Nephus (Bipunctatus) bipunctatus* ; S. ful: *Scymnus (Pullus) fulvicollis*; S. sub : *Scymnus (Pullus) subvillosus*; S. pun: *Stethorus punctillum*; S. sp: *Scymnus (Pullus) sp*; Sc. ruf: *Scymnus (Scymnus) rufipes*; Sc. Apet: *Scymnus (Scymnus) apetzi*; Sc. biv: *Scymnus (Scymnus) bivulnerus*; Sc. Int : *Scymnus (Scymnus) interruptus*; Sc. Nub: *Scymnus (Scymnus) nubilus*; Sc. pal: *Scymnus (Scymnus) pallipediformis*; H. s11n: *Hippodamia (Semiadalia) undecimpunctata*; Hy, mar : *Hyperaspis marmottani*; Hy. alg: *Hyperaspis algirica*; Hy. sp: *Hyperaspis sp*; H. tre: *Hippodamia (Hippodamia) tredecimpunctata*; H. var: *Hippodamia (Adonia) variegata*; A. bip: *Adalia (Adalia) bipunctata*; A. dec: *Adalia (Adalia) decempunctata*; C. qua: *Calvia (Anasocalvia) quatuordecimguttata*; C. sep: *Coccinella (Coccinella) septempunctata*; C. und: *Coccinella (Spilosa) undecimpunctata* ; My. oct: *Myrrha (Myrrha) octodecimpunctata* ; O. doub: *Oenopia doublieri*; O. lyn: *Oenopia lyncea*; P. qua: *Propylea quatuordecimpunctata*; T. pha: *Tytthaspis phalerata* ; P. ving: *Psyllobora (Thea) vigintiduopunctata*; Ph. num: *Phoroscymnus numidicus*; Ph. Ovo *Pharoscymnus ovoideus*; Ph. Sut: *Pharoscymnus setulosus*; He. arg: *Henosepilachna argus*; He. ela: *Henosepilachna elaterii*.